

# JAV

JOURNAL  
OF AVIATION

ISSN: 2587-1676



JAV is an international  
peer-reviewed published journal

**Editörler / Editors**

Prof. Dr. Mustafa Taşkın (Mersin Üniversitesi)  
Dr. Ömer Osman Dursun (Dicle Üniversitesi)

Doç. Dr. Vedat Veli Çay (Dicle Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Yusuf Er (Fırat Üniversitesi)

**Yayın Kurulu / Editorial Board**

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

Doç. Dr. Özlem Atalık (Anadolu Üniversitesi)  
Doç. Dr. Önder Altuntaş (Anadolu University, Turkey)  
Doç. Dr. Ferhan Kuyucak Şengür (Anadolu Üniversitesi)  
Doç. Dr. Uğur Soy (Sakarya Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Haşim Kafalı (Muğla Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Fatih Koçyiğit (Dicle University, Turkey)  
Yrd. Doç. Dr. Mustafa Yeniad (Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Turkey)  
Yrd. Doç. Dr. Yusuf Er (Fırat Üniversitesi)  
Dr. Hikmat Asadov (Azerbaijan National Aerospace Agency)

**Bu Sayının Hakemleri / Reviewers of This Issue**

Prof. Dr. Faruk Aras (Kocaeli Üniversitesi)  
Prof. Dr. Sermin Ozan (Fırat Üniversitesi)  
Prof. Dr. Mustafa Taşkın (Mersin Üniversitesi)  
Doç. Dr. Ferhan Kuyucak Şengür (Anadolu Üniversitesi)  
Doç. Dr. Ali Kaya Gür (Fırat Üniversitesi)  
Doç. Dr. Murat Canyılmaz (Fırat Üniversitesi)  
Doç. Dr. Asım Kaygusuz (İnönü Üniversitesi)  
Doç. Dr. Bayram ÖZER (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Ömer Ergün (Dicle Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Yavuz Güloğlu (Kastamonu Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Ahmet Sarıtaş (Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Ahmet Gökhan (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Kaya (Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Ümit Deniz Göker (İstanbul Gelişim Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. İlyas Karasu (Gaziantep Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Suat Uslu (Anadolu Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Ali Emre Sarılgan (Anadolu Üniversitesi)  
Yrd. Doç. Dr. Osman Sirkeci (Gümüşhane Üniversitesi)  
Dr. Osman Sesliokuyucu (Gaziantep Üniversitesi)  
Dr. Hakan Altunay (Fırat Üniversitesi)  
Dr. Hüseyin Erbil Özyörük (Türk Hava Kurumu Üniversitesi)  
Dr. Hüseyin Erdoğan (Dicle Üniversitesi)  
Dr. Bahri Baran Koçak (Dicle Üniversitesi)  
Dr. İnci Polat Sesliokuyucu (Gaziantep Üniversitesi)

**Journal of Aviation (JAV) TÜBİTAK ULAKBİM DERGİPARK sistemi bünyesinde faaliyet gösteren Uluslararası Hakemli bir dergidir. Dergide yayımlanan yazıların sorumluluğu yazarlara aittir.**

**İletişim / Contact**

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



## İçindekiler

Hava Savunma Sanayinde Yatırım Projelerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Ve Hedef Programlama İle Seçilmesi (Araştırma Makalesi) <i>Selection of Investment Projects in Air Defense Industry by Multi Criteria Decision Making and Goal Programming (Research Article)</i> <b>Bahri UÇAKCIOĞLU, Tamer EREN</b>	39-63
Havayolu Destinasyonlarının Sosyal Medyadaki Paylaşım Davranışına Göre Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi Kullanılarak Haritalanması (Araştırma Makalesi) <i>Mapping of Airline Destinations According to Share Behavior in Social Media Using Multi-Dimensional Scale (Research Article)</i> <b>Bahri Baran KOÇAK, Özlem ATALIK, Cem Burak KOÇAK</b>	64-73
Stratejik Yönetim Kapsamında Küresel Havayolu İşbirliklerinin SWOT Analizi (Araştırma Makalesi) <i>A Comparative Swot Analysis of Global Airline Alliances within The Scope of Strategic Management (Research Article)</i> <b>Engin KANBUR, Harun KARAKAVUZ</b>	74-86
Yatay Kuyruklarda Kıvrık Kanat Ucu Kullanımının Aerodinamik Etkileri (Araştırma Makalesi) <i>The Aerodynamic Effects of The Using Curved Wingtip Devices on Horizontal Tail Öztürk (Research Article)</i> <b>Özdemir KANAT, Durmuş Sinan KÖRPE, Ali Osman KURBAN</b>	87-98
Kablosuz Uçak İçi Eğlence Sistemi Uygulaması Ve Gömülü Sistemlere Göre Analizi (Araştırma Makalesi) <i>Application Of Wireless In-Flight Entertainment System And Its Analysis According To Embedded Systems (Research Article)</i> <b>Yusuf ATEŞ, Satılmış ÜRGÜN</b>	99-106
Düz Uçuş için Kanat Profili Eniyilemesi (Araştırma Makalesi) <i>Airfoil Optimization for Level Flight (Research Article)</i> <b>Sinan KÖRPE, Hakan DARAK</b>	107-119
Kara ve Havacılık Haberleşmeleri İle İlişkili İyonosferik HF Tahminleri Üzerine Jeomanyetik Etkiler (Araştırma Makalesi) <i>Geomagnetic Effects on the Ionospheric HF Predictions Related to Ground and Aviation Communications (Research Article)</i> <b>Erdinç TİMOÇİN, İbrahim ÜNAL</b>	120-127
Bir Uçak Ana İniş Takımı Jantının Sıvı Penetrant Kontrol Yöntemi ile İncelenmesi (Araştırma Makalesi) <i>The Liquid Penetrant Inspection of Main Landing Gear Wheel of an Aircraft (Research Article)</i> <b>Alper ULUDAĞ</b>	128-139
Hava Hukukunun Hukuk Düzeni İçerisindeki Yeri, Yapısı ve Özellikleri (Araştırma Makalesi) <i>The Position, Structure and Characteristics of Air Law in The Legal Order (Research Article)</i> <b>Eser GEMİCİ, Mehmet YEŞİLLER</b>	140-153
Türk Sivil Havacılık Sektörünün Değerlendirilmesinde Bütünleşik SWOT-AHS Yaklaşımı (Araştırma Makalesi) <i>Integrated SWOT-AHP Approach in the Assessment of Turkish Civil Aviation Sector (Research Article)</i> <b>Mahmut BAKIR, Hilal Tuğçe BAL, Şahap AKAN</b>	154-169





## Hava Savunma Sanayinde Yatırım Projelerinin Çok Ölçütlü Karar Verme ve Hedef Programlama ile Seçimi

Bahri UÇAKCIOĞLU<sup>1</sup>, Tamer EREN<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>TUSAŞ-Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş., Kahramankazan-Ankara

<sup>2</sup>Mühendislik Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Yahşihan-Kırıkkale

### Özet

Savunma sanayi alanındaki gelişmeler ve bu doğrultuda yapılan yatırım harcamaları ülkelerin savunma alanındaki konumunu göstermektedir. Ülke ekonomisi içerisinde savunma sanayi yatırım harcamaları önemli bir paya sahiptir. Bu kapsamda yatırım kararı sürecinde en uygun yatırım projesinin seçimi de önem arz etmektedir. Hatalı yatırım projesi veya projelerinin seçimi sonrasında kaynaklar boşa harcanmakta ve kuruluşlar da zarar etme boyutuna gelmektedir. Bu çalışmada, havacılık savunma sanayinde faaliyet gösteren işletme için yatırım yapılabilecek projeler arasından optimum yatırım projelerinin seçimi için çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden analitik hiyerarşi süreci (AHS) ve VIKOR yöntemleri kullanılmış; ayrıca hedef programlama ile matematiksel model kurulmuştur. Yatırım projesi seçiminde bütçe, personel sayısı, bağımlılık durumu, proje süresi, ekonomiye katkı kriterleri uygulamaya dahil edilmiştir. AHS yöntemi ile kriterlerin ve alternatiflerin ağırlıkları elde edilmiştir. Elde edilen ağırlıklar VIKOR yönteminde sıralamanın yapılması için kullanılmıştır. Hedef programlama ile de matematiksel model kurulmuştur. AHS yönteminde elde edilen ağırlıklar ve VIKOR yönteminde bulunan sıralama değerleri matematiksel modelde kullanılmıştır. Ayrıca matematiksel modelde birtakım kısıtlar çözüme katılmıştır. Farklı senaryolar matematiksel model üzerinde uygulanmıştır. Böylece karar vericiye alternatif yatırım projeleri arasından optimum projelerin belirlenmesinde yol gösterilmesi sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yatırım Projesi Seçimi, Çok Ölçütlü Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Süreci, VIKOR, Hedef Programlama

## Selection of Investment Projects in Air Defense Industry by Multi Criteria Decision Making and Goal Programming

### Abstract

The developments within defense industry and the investment expenditure made in this region points out the situation of the countries' defensive status. Defense industry investment expenditure have an important share within the country's economy. Therefore, the choice of the most appropriate investment project is also important in the investment determination process. When a wrong decision is chosen, the resources are wasted, and the foundations have an attitude of loss. In this study, analytical hierarchy process and VIKOR methods were used for multi-criteria decision-making methods for selection of optimum investment projects among the projects that can be invested for the company operating in aviation defense industry; Mathematical model was also established with goal programming. In the selection of the investment project budget, the number of personnel, dependency status, project duration, and economy contribution criteria were included in the application. Ratio of criteria and alternatives were obtained by the AHP method. The obtained ratio was used for ranking in the VIKOR method. A mathematical model was also established with goal programming. The ratio obtained in the AHP method and the ranking values in the VIKOR method were used in the mathematical model. In mathematical model, some constraints are solved. Different scenarios were used on mathematical models. Thus, the decision maker was guided to the determinate optimum projects among alternative investment projects.

**Keywords:** Investment Project Selection, Multi-Criteria Decision Making, Analytic Hierarchy Process, VIKOR, Goal Programming

\*Sorumlu Yazar: Doç. Dr. Tamer EREN e-mail: tamereren@gmail.com

## 1. Giriş

Uluslararası sahada, ülkelerin ekonomik, siyasal ve askeri alandaki kuvvetini belirleyen öğelerden birisi olan savunma sanayinde, dünyada yaşanan teknolojik gelişmeler ve buna bağlı olarak değişimlere, yeniliğe ve modernizasyona devamlı olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Ülke savunması gibi önemli bir konuyla doğrudan ilgisi ve uluslararası sahadaki belirleyici rolü, savunma sanayi sektörünün diğer sektörlerden farklı olduğunu göstermektedir. Savunma sanayi işletmeleri uzun sürede, rekabet gücünü koruyabilmesi ve varlığını sürdürebilmesi amacıyla, bilgi teknolojileri öncelikli olmak üzere bilgi altyapılı alanlarda, bilgi ve teknoloji yoğun olan özgün ürünler geliştirmeli ve üretmelidir.

Havacılık savunma sanayi de savunma sanayi sektörü içerisinde yer almaktadır. Diğer savunma sanayi dallarında olduğu gibi havacılık savunma sanayi de, risk ve belirsizlik içermekte olup büyük finansal kaynak ve yatırım gerektirmektedir. Finansal kaynakların yatırımlar arasında bölüşürülmesi veya bir tek yatırıma aktarılması işletmenin gelecek dönemleri açısından hayati öneme sahiptir. Hatalı bir yatırıma aktarılan finansal kaynaklar, işletmeleri geri dönüşü imkânsız veya zor bir duruma sürükleyebilmektedir. Dünyanın küreselleşmesi işletmeler arasındaki rekabeti artırmaktadır. İşletmelerin bu rekabet ortamında yatırım kararlarını seri bir şekilde alması ve hızlı bir şekilde hayata geçirmesi, avantaj elde etmelerini sağlayabilmektedir.

Yatırım kararların alınmasında, yatırımın veya yatırımların birbiri arasında ve kriterler arasındaki bağımlılıkları göz önüne alınması doğru ve yararlı sonuçların elde edilmesini sağlamakta bu da işletmelerin amaçları doğrultusunda yatırım yapmasını imkân tanımaktadır. Yatırım kararlarının alınmasından sonra sıradaki aşama kararların uygulamaya konulmasıdır. Bu aşamada işletmeler bütçe, arz, talep, kapasite, verimlilik ve zaman gibi kriterleri göz önünde bulundurması gerekmektedir. İşletmeler aldıkları yatırım kararının uygulanması aşamasından alınan sonuçlar, işletmelerin karar almadaki başarısını, elde edilen fırsatları, yeni ekonomik değerlerin kazanılıp kazanılmadığını göstermektedir. Yatırım kararların etkin olup

olmadığı da hedeflenen sonuçlara ulaşıp ulaşılmadığıyla ölçülebilir.

Bu çalışmada hava savunma sanayi sektöründe Ankara ilinde faaliyetini yürütmekte olan bir işletmede yatırım projesi seçimi problemi ele alınmıştır. Problemin çözümünde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden olan AHS ve VIKOR yöntemleri kullanılarak, hedef programlama yöntemi ile matematiksel model kurulmuştur. Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Yatırım projesi seçimi hakkında bilgilere ikinci bölümde değinilmiştir. ÇÖKV, AHS, VIKOR ve Hedef Programlama yöntemleri üçüncü bölümde anlatılmıştır. Literatürde yapılmış olan çalışmalara dördüncü bölümde yer verilmiştir. Beşinci bölümde ise uygulama işletmemizdeki yatırım projesi seçimi için AHS, VIKOR ve Hedef Programlama yöntemleri uygulanmıştır. Uygulamada elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, değerlendirilmesi altıncı bölümde yapılmıştır.

## 2. Yatırım Projesi Seçimi

Proje, bitiş zamanı belirli olmakla birlikte bağımsız şekilde sürdürülebilir hale getirilmiş olan planlardır. Yatırım projesi de, belirli bir amaca ulaşmak için uygun kaynakları kullanarak, belirli süre ve maliyet sınırları içinde tamamlanması gereken faaliyetler olarak tanımlanmaktadır. Yeni bir ürün üretmek için tesis kurulması, kapasite artışı için yeni tezgâhlar satın alınması, yeni teknolojilerin transfer edilmesi yatırım projeleri kapsamındadır. Yatırım projeleri, firma çalışanlarının tutarlı bir şekilde verileri toplayıp analiz ettiği bir sistem oluşturarak karar verme sürecinde etkinliği sağlamaktadır. Yatırım projesi seçimi de, bireysel ya da grup yatırım projelerinin değerlendirildiği ve işletmenin hedeflerine ulaşmak için uygulanacak olanların seçildiği süreç olarak tanımlanmaktadır.

İşletmeler yatırım projesi seçimi aşamasında büyük meblağda sermaye, işgücü, kaynak ve zaman harcamaktadır. İşletmenin yanlış yatırım projesi seçimi yaptığında kısıtlı finansal kaynak ile birden fazla yatırım projesi seçimi yapılabilecekken bir yatırım projesine tüm bütçe aktarılabilen ve büyük meblağlarda zararlara neden olabilmektedir. Üretim hattı açısından ise üretimde gecikmeye yol açacak ve de kayıpların en üst seviyesinde bulunan

müşteri kaybına da yol açabilecektir. Proje seçiminde kısıtlı olan kaynakların doğru yerlere aktarılması büyük bir öneme sahiptir [1]. Yatırım projesi seçimi kararı yöneticilerin aldığı en önemli kararlardan biridir. İşletmenin hedefini yansıtan yatırım projesinin seçilmesi önemli başarı faktörlerinden biridir. Yatırım projelerinin işletmelerin hedef ve amaçları doğrultusunda seçilmesi önem arz etmektedir. Yatırım projesi seçimindeki verilecek olan kararların tutarlı olabilmesi için seçime elverişli tüm alternatifler ve kriterler net olarak belirlenmelidir. Bu bilgiler ışığında sağlıklı seçim yapma imkânına ulaşılabilecektir.

Yatırım kararları alınırken bilimsel yöntemlerden faydalanılması, işletme yöneticilerinin isabetli kararlar almasını sağlamaktadır. Yatırım projelerinin seçimi için çeşitli bilimsel teknikler geliştirilmiştir. Birçok karar verme durumu ile karşı karşıya kalındığında kullanılan yöntemlerden olan çok ölçütlü karar verme yöntemleri, yatırım projesi seçimi uygulamalarında da kullanılmaktadır. Yoğun matematik işlemleri gerektiren bu yöntemlerin uygulanması ile elde edilen çıktılara göre, yatırım projelerinin seçilip seçilmemesi hakkında kararlar verilmekte, bunlar arasındaki öncelik sırası belirlenmekte ve en uygun projenin seçimi yapılmaktadır. Bilimsel yöntemler kullanılırken işletmenin amacını yansıtacak birtakım kriterleri yerine getiren projeler seçilmelidir. İşletmeler yatırım yapma kararı verirken, sahip oldukları kısıtlı finansal kaynağı kullanarak, yatırım projeleri alternatifleri arasından bir seçim yaparak ve belirlemiş olduğu hedefe ulaşabilecek optimal sonuca ulaşabilmeyi hedeflemektedir. Seçimi yapılacak yatırım projeleri birbirleri ve kriterleri arasında bağımlılığı göz önüne alınarak yapıldığında daha doğru ve yararlı sonuçlar elde edilerek işletmelere büyük faydalar sağlamaktadır.

### 3. Yöntemler

Çok ölçütlü karar verme, AHS, VIKOR ve hedef programlama hakkında açıklamalar bu bölümde yer almaktadır.

### Çok Ölçütlü Karar Verme

Dünyanın küreselleşmesi ile birlikte, işletmeler kar marjlarını yükseltmek, maliyetlerini azaltmak, müşteri kitlelerini artırmak ve bunlara bağlı olarak da ürünlerinin kalitelerini artırmak veya daha kaliteli hizmet vermek için bulunulan rekabet ortamında devamlı kararlar vermek durumunda kalmaktadırlar. Verilmekte olan bu kararlar, bulunulan çevreden, pazardan toplanan birçok bilgiye göre alınmakta olduğundan bilginin toplanması için işletmeler bir takım yatırımlar gerçekleştirmektedir. Bilgiyi toplamak, düzenlemek, gelişen rekabet ortamına uyum sağlamak, kaliteyi yükseltmek, taleplere yetiştirebilmek ve memnuniyeti sağlamak amacı ile problemlerin vakit kaybı olmadan ve doğru önem sırası ile çözümlenmesi gerekmektedir. Karar verme aşamasında birçok alternatif arasından seçimler yapılmaktadır. Karar verme sürecinde önemli olan üç unsur bulunmaktadır. Bunlar; karar verici, alternatifler ve kriterlerdir.

Yapılan araştırmalar, günlük alınan pek çok kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen, karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir [2]. Çok ölçütlü karar verme, karar vericinin sayılabilir sonlu ya da sayılamaz sayıda seçenekten oluşan bir küme içinde en az iki kriter kullanarak yaptığı seçim işlemi ya da diğer bir deyişle, iki veya daha çok kritere dayalı değerlendirme yaparak alternatifler arasından seçim yapma işlemi olarak tanımlanabilir [3]. Çok ölçütlü karar vermede hangi yöntem ya da teknik kullanılırsa kullanılsın insan karar verme sürecinin en önemli bileşenini teşkil etmektedir. Bu hususta çok ölçütlü karar verme yöntemleri karar vericilere en uygun karara ulaşabilmeleri için yardımcı olan bir araç niteliğindedirler [4].

Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin kullanım alanı yaygındır. Bu yöntemlerden olan AHS ve VIKOR yöntemlerine değinilmiştir.

### Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), karar verme ile ilgili problemlerin çözümü safhasında en fazla kullanılmakta olan bir yöntemdir. Yapılandırılmamış ve karmaşık kararlar ile başa çıkma süreci üzerine geliştirilen ve karar verme



problemlerinin çözümünde kullanılan AHS 1970’lerde Saaty tarafından kullanılan bir tekniktir [5]. AHS, homojen elemanların ortak bir kriter veya niteliğe göre ikili karşılaştırmalardan baskın önceliklerin türetilmesiyle ilgili bir ölçüm teorisidir [6]. AHS; karar vericinin tüm kriterlerini yakalayan en iyi alternatifi seçmekle, “Hangisini seçeceğiz?” veya “En iyisi hangisidir?” sorularına cevap bulur [7]. AHS yöntemi, insanın doğal düşüncelerini açık bir sürece dönüştürmek amacıyla nicel ve nitel yönleri benzersiz bir analiz yapısını içerir. Sonucunda farklı senaryolar altında olsa bile, objektif ve güvenilir sonuçları sunan karar destek araçları uygulanır. Önceliklendirmeyi yapanın öznel algılamasının olması, AHS yönteminde, “daima doğru, değişmez” kararının olası varlığı anlamına gelmez [8]. AHS’nin uygulama alanı çok geniş olup etkin çözümler sunmaktadır.

AHS yöntemi uygulama aşamaları aşağıda açıklanmıştır.

Aşama-1: Problem tanımlanarak karar vericinin ulaşmak isteği hedef belirlenir.

Aşama-2: Çözüme etki edecek olan kriterler belirlenir.

Aşama-3: Çözümde kullanılacak alternatifler belirlenir.

Aşama-4: Hedeften başlanarak, kriterler ve alternatifler arasında hiyerarşik yapı oluşturulur.

Aşama-5: Kriterlerin kendi arasındaki, alternatiflerinde kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisleri (nxn) boyutunda oluşturulur ve ikili karşılaştırmalar yapılır. Kriter ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmaların yapılması için kullanılan önem skalası Tablo 1’de verilmiştir [9].

Aşama-6: İkili karşılaştırma matrisinde her bir sütundaki değer ilgili sütun toplamına bölünmesiyle normalize matris elde edilir.

Aşama-7: Normalize edilmiş olan matrisin satır değerlerinin aritmetik ortalamasının alınması ile her bir kriterin ve alternatifin öz vektör yani öncelik vektör matrisi elde edilir.

Aşama-8: Aşama-7’de bulunan öncelik vektörü matrisi ile Aşama-5’te hazırlanmış olan ikili

karşılaştırma matrisinin çarpılması sonucu sütun vektör matrisi elde edilir.

**Tablo 1.** Önem Skalası

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit Önemde
3	Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük)
2, 4, 6, 8	Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)

Aşama-9: Sütun vektör matrisinin, Aşama-7’de elde edilen öncelik vektör matrisine bölünmesi ile temel değer elde edilir.

Aşama-10: Aşama-9’da elde edilen temel değerlerin aritmetik ortalamasının alınması ile  $\lambda_{max}$  değeri elde edilir.

Aşama-11: Tutarlılık indeksi aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanır.

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

CI: Tutarlılık İndeksi

n: Kriter/Alternatif Sayısı

Aşama-12: Bir önceki adımda bulduğumuz tutarlılık indeksinin, Tablo 2’de yer alan kriter/alternatif sayısı karşılığındaki ortalama rassal tutarlılık değerine bölünmesi ile tutarlılık oranı hesaplanır. Tutarlılık oranı aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanır.

$$CR = CI/RI$$

CR: Tutarlılık Oranı

RI: Ortalama Rassal Tutarlılık

Tutarlılık oranı 0,10 değerinden küçük olmalıdır. Şayet bulunan tutarlılık oranı 0,10 ‘dan büyük çıkarsa sonucun tutarlı olmadığını gösterir. Bu durumda ikili karşılaştırma matrisi tekrar gözden geçirilmeli ve düzeltmelerin sonrasında yukarıdaki adımlar tekrar edilmelidir.

Aşama-13: Kriterlerin ve alternatiflerin hesaplanmış olan özvektörlerinin aralarında çarpılması ile alternatiflerin önem değerleri belirlenir. Sonuç olarak hedefe ulaşmak için belirlenen kriterler çerçevesinde yüzdelik değeri en yüksek olan alternatifin seçilmesine karar verilir.

**Tablo 2.** Ortalama rassal tutarlılık (RI) tablosu

N	RI
1	0
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

**VIKOR**

VIKOR (Vlsekriterijumska Optimizacija i Kompromisno Resenje), karmaşık yapıdaki sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için geliştirilmiş olan çok ölçütlü karar verme yöntemidir. VIKOR, farklı kriterlere bağımlı olarak seçilen alternatifler grubundaki unsurların sıralanması ve seçilmesi üzerine yapılandırılmış bir yöntemdir. Uygulamalarda çoğu zaman ölçülemeyen ve birbirlerinden farklı değerlere sahip kriterlerle karşı karşıya kalınır. Aynı zamanda, uygulama için belirlenen çözümü tüm kriterleri aynı anda sağlayamaması da karşılaşılan bir durumdur. Bu gibi durumlarda VIKOR yöntemi karar vericiye son kararı almasında yardımcı olan uzlaşık çözümü sunar. İlk olarak Yu [10] tarafından sonra Zeleny [11] tarafından uzlaşık çözüm tabiri ortaya çıkarılmıştır. Uzlaşık çözüm; ideale en yakın olan, uygulanabilir çözüm olarak da tanımlanabilir. VIKOR yöntemi karmaşık sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için 2004 yılında ilk kez Opricovic ve Tzeng tarafından önerilmiştir [12].

Belirlenmiş m adet alternatif  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$ , n adet kriter  $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$  ve her bir  $a_j$ ,  $j=1, 2, \dots, m$  alternatifinin  $c_i$ ,  $i=1, 2, 3, \dots, n$  kriter karşılığındaki puanı  $f_{ij}$  olmak üzere VIKOR

yönteminin uygulama aşamaları aşağıda açıklanmıştır.

Aşama-1: Tüm kriterler için en iyi ( $f_i^+$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerler belirlenir. Fayda sağlayan i kriteri için;

$$f_i^+ = \max_j f_{ij} \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Aşama-2:  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri  $j= 1, 2, \dots, m$  için hesaplanır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{(f_i^+ - f_{ij})}{(f_i^+ - f_i^-)}$$

$$R_j = \max_j \left[ w_i \frac{(f_i^+ - f_{ij})}{(f_i^+ - f_i^-)} \right]$$

Formülde  $S_j$ ; j. alternatif için ortalama grup skorunu,  $R_j$ ; j. alternatif için en kötü grup skorunu göstermektedir. Formüldeki  $w_i$  görece önemleri gösteren kriter ağırlıklarını ifade etmektedir. Ağırlıklar toplamı 1'e eşit olmalıdır.

Aşama-3:  $Q_j$  değerleri tüm  $j= 1, 2, \dots, m$  için belirlenir.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^+) + (1 - v)(R_j - R^+)}{(S^- - S^+) + (R^- - R^+)}$$

Burada;

$$S^+ = \min_j S_j \quad S^- = \max_j S_j$$

$$R^+ = \min_j R_j \quad R^- = \max_j R_j$$

Formüldeki v değeri kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını yani maksimum grup faydasını ifade etmektedir. Başka bir deyişle; v değeri maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, 1-v değeri de karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir [13]. Uzlaşma  $v > 0,5$  ile konsensüs  $v = 0,5$  ile veto  $v < 0,5$  ile sağlanabilmektedir. Uygulamalarda genellikle uzlaşma değeri  $v > 0,5$  kullanılır.

Aşama-4:  $S_j, R_j$  ve  $Q_j$  değerleri artan değere göre sıralanarak alternatifler arasındaki sıralama belirlenir. Bu oluşturulan liste sonuçları göstermektedir.  $O_j$  değeri en küçük olan alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilir.

Aşama-5: Sonucun geçerli olarak kabul edilmesi için aşağıdaki iki koşulun sağlanması gerekmektedir. Ancak bu durumda minimum Q

değerine sahip alternatif en uygun olarak değerlendirilebilir.

Koşul-1 (Kabul edilebilir avantaj):

$$DQ = 1/(m-1)$$

$$Q(t'') - Q(t') \geq DQ$$

t': Q değerine göre birinci sıradaki alternatif

t'': Q değerine göre ikinci sıradaki alternatif

m: Alternatif sayısı

Koşul-2 (Kabul edilebilir istikrar):

En iyi Q değerine sahip t' alternatifi, S ve R değerlerinin en az birinde en iyi değeri elde etmelidir.

Şayet Koşul-1 ve Koşul-2'den biri sağlanmıyorsa uzlaşık çözüm kümesi şöyledir:

Koşul-2 sağlanmıyorsa, birinci sıradaki t' ve ikinci sıradaki t'' alternatiflerinin ikisi de en iyi uzlaşmış ortak çözüm olarak belirlenir.

Koşul-1 sağlanmıyorsa t', t'', ..., t(m) alternatifleri ve değeri maksimum m için  $Q(t(m)) - Q(t') < DQ$  ile belirlenir.

Q değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum Q değerine sahip alternatiflerden biridir [12].

### Hedef Programlama

Hedef programlama (HP) çok amaçlı optimizasyonun bir dalıdır. Gerçek hayatta karşılaştığımız birçok problemin yapısında birçok amacımız vardır. Bu amaçlarımız bazen birbirleriyle paralel olurken bazen de birbirleriyle çatışma içinde olabilir. Her iki durumda da bu amaçlarımızın eş zamanlı sağlanması için çok amaçlı programlama modellerinden yararlanılmaktadır. Bu çok amaçlı programlama modellerinden biri olan hedef programlama, hedeflerin hepsini birer kısıt haline dönüştürür ve önem sırasına göre hedeflerden sapmayı minimize etmeye çalışır [14].

HP üzerine, Charnes ve arkadaşları [15] ilk çalışmayı yapmıştır. HP'nin ilk olarak tanımı Charnes ve Cooper [16] tarafından yapılmıştır. Lee'nin [17] ve Ignizio'nun [18] yapmış olduğu

çalışmalar ile uygulamalar ve teknik gelişmeler artış göstermiştir.

Hedef programlamanın matematiksel gösterimi şu şekildedir.

$$\text{Min } Z = [P_1 w_1 (d_1^+, d_1^-) + \dots + P_k w_k (d_k^+, d_k^-)]$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0 \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n$$

Matematiksel gösterimdeki değişkenler;

$x_j$ : j. karar değişkeni

$a_{ij}$ : i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı

$b_i$ : i. hedef için ulaşılmak istenen değer

n: Karar değişkenleri sayısı toplamı

m: Kısıt sayısı toplamı

$P_k$ : Öncelik değeri

$W_k$ : Ağırlık değeri

$d_i^+$ : i. hedefin pozitif sapma değişkeni

$d_i^-$ : i. hedefin negatif sapma değişkeni

### 4. Literatürde Yapılan Çalışmalar

Çalışmada kullanılan yöntemlerle ilgili literatür araştırmasında bu bölümde yer verilmiştir.

Weingartner [19], yatırım projesi seçimi kriterleri üzerine çalışma yapmıştır. Mukherjee ve Bera [20], hedef programlama yöntemini kullanarak kömür madenciliği sektöründe proje seçim kararı üzerinde çalışmışlardır. Santhanamt ve Kyparisis [21], 0-1 hedef programlama ile bilgi sistemi projesi seçimi yapmışlardır. Kim ve Emery [22], Woodward yönetim şirketlerinde uçak kontrol grupları için proje seçiminde 0-1 hedef programlama modelini kullanmışlardır. Lee ve Kim [23], Analitik Ağ Süreci (ANP) ve hedef programlama ile bağımsız bilgi sistemi projesi seçimi konusunda çalışma yapmışlardır. Badri vd. [24], sağlık hizmetleri kurumları için proje seçiminde hedef programlama üzerine çalışma yapmışlardır. Yavuz ve Captain [25], çok dönemli sermaye bütçelemeye tamsayı programlama kullanmışlardır. Aras vd. [26], AHS yöntemi ile rüzgâr gözlem istasyonu yeri seçimi yapmışlardır.



Cheng ve Li [27], önceliklere göre proje seçimi konusu üzerinde çalışmışlardır. Tzeng vd. [28], seçenek yakıtların değerlendirilmesi konusunu ele alarak, VIKOR ve The Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS) yöntemlerini kullanmışlardır. Dimova vd. [29], yatırım projelerinin değerlendirilmesi için uygulama yapmışlardır. Yang ve Wang [30], ürün ömrü üzerine yaptıkları çalışmalarında AHS ve VIKOR yöntemlerini kullanmışlardır. Liu ve Yan [31], inşaat projesi tekliflerini değerlendirmek için VIKOR yöntemini ele almışlardır. Tripathy ve Biswal [32], yeni ürün geliştirme projelerinin seçimi için 0-1 hedef programlama yöntemi kullanmışlardır. Kim vd. [33], bilgi sistemi projesi seçiminde ANP ve hedef programlama yöntemlerini kullanarak çalışma yapmışlardır. Gülenç ve Bilgi [34], yeni kapı yatırımı seçimi için AHS yöntemi üzerinde çalışmışlardır. Aragonés-Beltrán vd. [35], ANP yöntemi ile fotovoltaik güneş enerjisi projesi seçimini ele almışlardır. San Cristóbal [36], VIKOR yöntemi ile yenilenebilir enerji projesi seçimi üzerine çalışma yapmıştır. Nandi vd. [37], AHS yöntemini kullanarak inşaat sektöründe proje seçimi yapmışlardır. Kuru ve Akın [38], birden fazla nitel ve nicel kriteri göz önüne alarak en uygun entegre yönetim sisteminin seçimini amaçlamışlardır. Bu amaca ulaşmak için çok kriterli karar verme tekniklerinden AHS, Elimination and Choice Translating Reality English (ELECTRE) ve VIKOR tekniklerini ayrı ayrı uygulamışlardır. Ebrahimnejad vd. [39], ANP ve VIKOR yöntemlerini kullanarak inşaat projesi seçimi üzerine çalışma yapmışlardır. Bilgen ve Şen [40], otomotiv sektöründe bulanık AHS yöntemini kullanarak proje seçimi yapmıştır. Kaplan ve Arıkan [41], bulanık AHS yöntemi ile tezgâh yatırımı projesi seçimi yapmışlardır. Aragonés-Beltrán vd. [42], güneş-termal enerji santrali yatırımı projesi seçimi için AHS ve ANP yöntemlerini kullanmışlardır. Dozic ve Kalic [43], AHS yöntemi ile uçak tipi seçimi konusunda çalışma yapmışlardır. Bedir ve Eren [44], perakende sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın satış danışmanı seçim probleminde AHS ve PROMETHEE yöntemlerini uygulamışlardır. Karaman ve Çerçioğlu [1], hedef programlama, AHS ve VIKOR yöntemleri ile hastane projeleri

seçimi yapmışlardır. Pangri [45], inşaat sektöründe proje seçimi için AHS ve TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Salehi [46], proje seçimi için AHS ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Eren ve Özder [47], bir içecek firması için tedarikçi seçiminde AHS yöntemini kullanmışlardır. Hamurcu ve Eren [48], Ankara'da monoray rotası seçiminde AHS ve TOPSIS yöntemleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Cihan vd. [49], ekokardiyografi cihazı seçiminde AHS yöntemini ele almışlardır. Gür vd. [50], hedef programlama ve AHS yöntemleri ile monoray projelerinin seçimini yapmışlardır. Taş vd. [51], kurulacak olan monoray hattı için alternatif projeler arasından en uygun projenin seçimini AHS ve hedef programlama ile yapmışlardır. Hamurcu ve Eren [52], bulanık AHS ve VIKOR yöntemini birlikte kullanarak kent için ulaşımı için proje seçimi yapmıştır. Uçakcıoğlu ve Eren [53], alternatif projeler arasından AHS, VIKOR ve hedef programlama yöntemleri ile en uygun projenin seçimini yapmışlardır. Hamurcu ve Eren [54], bulanık ANP yöntemini kullanarak kent içinde kullanılabilir raylı sistem projelerinin önceliklendirilmesini yapmışlardır.

## 5. Uygulama

Dünya havacılık sanayi içerisindeki rekabet koşulları altında faaliyet gösteren şirket, kaliteli, ucuz ve istenilen miktarda ürün üretmek ve yeni ürünler geliştirmek amacındadır. Bu amacının doğrultusunda müşteri taleplerini zamanında karşılayabilmek için farklı karar verme mekanizmalarına ihtiyaç duymaktadır. Şirketin varlığını sürdürebilmesi için yöneticilerin çok karmaşık problemler karşısında etkili ve doğru karar vermeleri önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Ankara ilinde havacılık sanayinde faaliyet gösteren bir işletmede, önceden belirlenmiş olan yatırım projeleri arasından AHS, VIKOR, hedef programlama ile seçim yapılması amaçlanmıştır.

### AHS Yöntemi

AHS yöntemi çözüm aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

Aşama-1: Problemin tanımlanması ve probleme ilişkin hedefin belirlenmesi: Ankara'da faaliyet gösteren savunma sanayi firmasının, yöneticileri ve

uzman personeli devamlı karar verme ile karşı karşıyadır. Kararların, işletmenin amaçları doğrultusunda verilmesi ve etkin olması önem arz etmektedir. Bu kapsamda ülke savunma sanayii ve işletmenin geleceği için yatırım projesi seçimi kararı verilmesi gerekmektedir.

**Aşama-2: Kriterlerin belirlenmesi:** Şirkette çalışan 20 yatırım uzmanı ile anket yapılmış olup anket sonuçlarına göre kriterler belirlenmiştir. Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler aşağıdaki belirtilmiştir.

**Proje Bütçesi (K1):** Projenin gerçekleşmesi için ihtiyaç olan giderdir.

**Proje Süresi (K2):** Projenin tamamlanabilmesi için gereken süredir.

**Bağımlılık Durumu (K3):** Projenin şirket içerisinde mi yapılacağı veya dışarıdan hizmet alımı yoluyla mı yapılacağına göstergesidir.

**Personel Sayısı (K4):** Projede çalışması gereken personel sayısıdır.

**Ekonomiye Katkı (K5):** Projenin ülke ekonomisine katkısıdır.

**Aşama-3: Alternatiflerin (seçeneklerin) belirlenmesi:** Yatırım uzmanlarından alınan bilgiler doğrultusunda 8 adet alternatif (yatırım projesi) belirlenmiştir. Belirlenen yatırım projeleri aşağıda açıklanmıştır.

**Proje-1 (P1):** AR-GE projeleridir.

**Proje-2 (P2):** Eğitim uçağı tasarımı ve imalatı projesidir.

**Proje-3 (P3):** Helikopter tasarım ve imalatını kapsayan projedir.

**Proje-4 (P4):** İnsansız hava aracı tasarımı, imalatını içeren projedir.

**Proje-5 (P5):** Nakliye uçağı tasarımı, imalat ve geliştirilmesini kapsayan projedir.

**Proje-6 (P6):** Savaş uçaklarının yapımı, geliştirilmesi gibi aşamaları kapsayan projedir.

**Proje-7 (P7):** Uydu tasarım, imalat ve geliştirme aşamalarını içeren projedir.

**Proje-8 (P8):** Yolcu taşıma için hava aracı tasarım, geliştirme ve imalatını kapsayan projedir.

**Aşama-4: Hiyerarşik yapının oluşturulması:** Oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 1’de verilmiştir.

**Aşama-5: İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması:** Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3’de oluşturulmuştur.

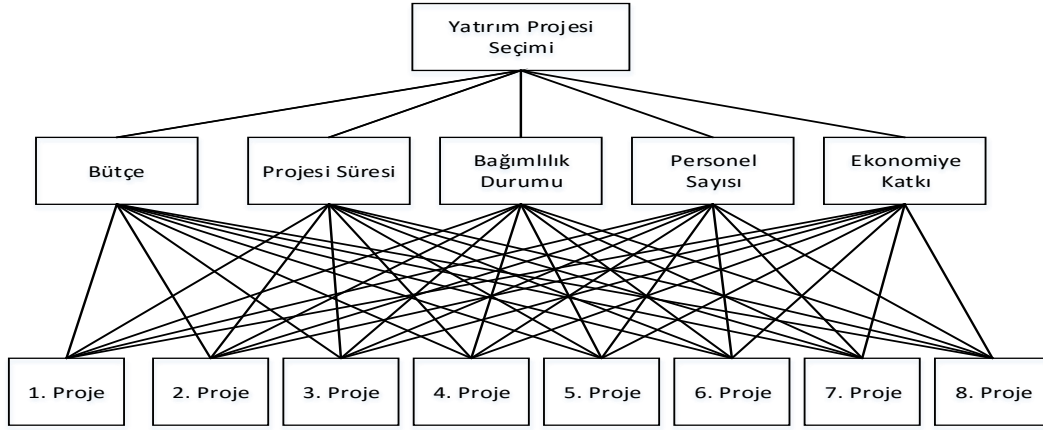
**Tablo 3.** Kriterlerin Kriterler Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
<b>K1</b>	1,00	2,00	3,00	2,00	0,33
<b>K2</b>	0,50	1,00	1,00	2,00	0,50
<b>K3</b>	0,33	1,00	1,00	0,20	0,14
<b>K4</b>	0,50	0,50	2,00	1,00	0,17
<b>K5</b>	3,00	2,00	7,00	6,00	1,00

Alternatiflerin proje bütçesi kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4.** Alternatiflerin Proje Bütçesi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
<b>P1</b>	1,00	2,00	0,11	0,11	0,33	0,11	1,00	2,00
<b>P2</b>	0,50	1,00	0,20	0,20	0,33	0,14	0,50	1,00
<b>P3</b>	9,00	5,00	1,00	1,00	5,00	0,50	9,00	5,00
<b>P4</b>	9,00	5,00	1,00	1,00	5,00	1,00	9,00	5,00
<b>P5</b>	3,00	3,00	0,20	0,20	1,00	0,14	3,00	3,00
<b>P6</b>	9,00	7,00	2,00	1,00	7,00	1,00	9,00	7,00
<b>P7</b>	9,00	7,00	2,00	0,50	5,00	0,50	9,00	7,00
<b>P8</b>	1,00	2,00	0,11	0,11	0,33	0,11	1,00	2,00



Şekil 1. Hiyerarşik Yapı

**Tablo 5.** Alternatiflerin Proje Süresi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1,00	0,50	0,14	0,14	0,33	0,11	1,00	0,50
P2	2,00	1,00	0,25	0,17	0,50	0,13	2,00	1,00
P3	7,00	4,00	1,00	0,33	3,00	0,33	7,00	4,00
P4	7,00	6,00	3,00	1,00	5,00	1,00	7,00	6,00
P5	3,00	2,00	0,33	0,20	1,00	0,13	3,00	2,00
P6	9,00	8,00	3,00	1,00	8,00	1,00	9,00	8,00
P7	7,00	7,00	2,00	0,20	7,00	0,50	7,00	7,00
P8	1,00	0,50	0,14	0,14	0,33	0,11	1,00	0,50

Alternatiflerin proje süresi kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 5’de verilmiştir.

Alternatiflerin bağımlılık durumu kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 6’da verilmiştir.

Alternatiflerin personel sayısı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 7’de verilmiştir.

Alternatiflerin ekonomiye katkı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisi Tablo 8’de verilmiştir.

Aşama-6: Normalize matrisinin oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen normalize matrisler aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

**Tablo 6.** Alternatiflerin Bağımlılık Durumu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1,00	3,00	1,00	3,00	2,00	0,50	1,00	3,00
P2	0,33	1,00	2,00	0,33	2,00	0,25	0,33	1,00
P3	1,00	0,50	1,00	0,50	2,00	0,50	1,00	0,50
P4	0,33	3,00	2,00	1,00	3,00	0,33	0,33	3,00
P5	0,50	0,50	0,50	0,33	1,00	0,25	0,50	0,50
P6	2,00	4,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	4,00
P7	5,00	4,00	3,00	2,00	3,00	0,50	5,00	4,00
P8	1,00	3,00	1,00	3,00	2,00	0,50	1,00	3,00

**Tablo 7.** Alternatiflerin Personel Sayısı Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1,00	2,00	0,25	0,20	0,50	0,13	1,00	2,00
P2	0,50	1,00	0,33	0,25	0,50	0,14	0,50	1,00
P3	4,00	3,00	1,00	0,50	2,00	0,50	4,00	3,00
P4	5,00	4,00	2,00	1,00	3,00	0,33	5,00	4,00
P5	2,00	2,00	0,50	0,33	1,00	0,25	2,00	2,00
P6	8,00	7,00	2,00	3,00	4,00	1,00	8,00	7,00
P7	7,00	6,00	3,00	2,00	3,00	0,50	7,00	6,00
P8	1,00	2,00	0,25	0,20	0,50	0,13	1,00	2,00



**Tablo 8.** Alternatiflerin Ekonomiye Katkı Kriteri Açısından İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1,00	0,33	0,17	0,14	0,25	0,11	1,00	0,33
P2	3,00	1,00	0,33	0,25	0,25	0,13	3,00	1,00
P3	6,00	3,00	1,00	1,00	3,00	0,33	6,00	3,00
P4	7,00	4,00	1,00	1,00	3,00	1,00	7,00	4,00
P5	4,00	4,00	0,33	0,33	1,00	0,17	4,00	4,00
P6	9,00	8,00	3,00	1,00	6,00	1,00	9,00	8,00
P7	9,00	8,00	3,00	0,33	5,00	0,50	9,00	8,00
P8	1,00	0,33	0,17	0,14	0,25	0,11	1,00	0,33

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 9’da oluşturulmuştur.

Alternatiflerin proje bütçesi kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 10’da oluşturulmuştur.

Alternatiflerin proje süresi kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 11’de oluşturulmuştur.

**Tablo 9.** Kriterlerin Kriterler Açısından Normalize Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0,19	0,31	0,21	0,18	0,16
K2	0,09	0,15	0,07	0,18	0,23
K3	0,06	0,15	0,07	0,02	0,07
K4	0,09	0,08	0,14	0,09	0,08
K5	0,56	0,31	0,50	0,54	0,47

Alternatiflerin bağımlılık durumu kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 12’de oluşturulmuştur.

Alternatiflerin personel sayısı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 13’de oluşturulmuştur.

**Tablo 10.** Alternatiflerin Proje Bütçesi Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,02	0,07	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02
P2	0,01	0,03	0,03	0,05	0,01	0,04	0,02	0,10
P3	0,21	0,16	0,15	0,24	0,19	0,14	0,08	0,19
P4	0,21	0,16	0,15	0,24	0,19	0,28	0,32	0,24
P5	0,07	0,10	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02
P6	0,21	0,23	0,30	0,24	0,26	0,28	0,32	0,24
P7	0,21	0,23	0,30	0,12	0,19	0,14	0,16	0,15
P8	0,07	0,02	0,04	0,05	0,11	0,06	0,05	0,05

**Tablo 11.** Alternatiflerin Proje Süresi Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,03	0,02	0,01
P2	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,04	0,02	0,03
P3	0,17	0,13	0,10	0,10	0,11	0,10	0,05	0,17
P4	0,17	0,20	0,30	0,30	0,19	0,30	0,55	0,17
P5	0,07	0,07	0,03	0,06	0,04	0,04	0,02	0,03
P6	0,22	0,26	0,30	0,30	0,30	0,30	0,22	0,33
P7	0,17	0,23	0,20	0,06	0,26	0,15	0,11	0,22
P8	0,12	0,07	0,03	0,10	0,08	0,05	0,03	0,06

Alternatiflerin ekonomiye katkı kriteri açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen normalize matris Tablo 14’de oluşturulmuştur.

Aşama-7: Öncelik vektör matrisinin oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen öncelik vektör matrisleri aşağıda tablolar halinde verilmiştir. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen öncelik vektör matrisi Tablo 15’de oluşturulmuştur.

**Tablo 12.** Alternatiflerin Bağımlılık Durumu Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,09	0,18	0,08	0,29	0,11	0,14	0,04	0,10
P2	0,03	0,06	0,17	0,03	0,11	0,07	0,05	0,10
P3	0,09	0,03	0,08	0,05	0,11	0,14	0,07	0,10
P4	0,03	0,18	0,17	0,10	0,17	0,09	0,10	0,15
P5	0,05	0,03	0,04	0,03	0,06	0,07	0,07	0,10
P6	0,19	0,24	0,17	0,29	0,23	0,28	0,41	0,20
P7	0,47	0,24	0,25	0,19	0,17	0,14	0,21	0,20
P8	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,07	0,05	0,05

**Tablo 13.** Alternatiflerin Personel Sayısı Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,04	0,08	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06
P2	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04	0,06
P3	0,14	0,12	0,10	0,07	0,14	0,16	0,07	0,11
P4	0,18	0,15	0,21	0,13	0,21	0,11	0,11	0,17
P5	0,07	0,08	0,05	0,04	0,07	0,08	0,07	0,11
P6	0,28	0,27	0,21	0,39	0,28	0,32	0,42	0,22
P7	0,25	0,23	0,31	0,26	0,21	0,16	0,21	0,22
P8	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,08	0,05	0,06

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen öncelik vektör matrisleri Tablo 16’da oluşturulmuştur.

Aşama-8: Sütun vektör matrisinin oluşturulması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen sütun vektör matrisleri aşağıda tablolar halinde verilmiştir. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen sütun vektör matrisi Tablo 17’de oluşturulmuştur.

**Tablo 14.** Alternatiflerin Ekonomiye Katkı Kriteri Açısından Normalize Matrisi

Alternatifler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,01
P2	0,06	0,03	0,03	0,06	0,01	0,04	0,02	0,01
P3	0,13	0,09	0,09	0,23	0,14	0,10	0,05	0,04
P4	0,15	0,12	0,09	0,23	0,14	0,29	0,43	0,23
P5	0,08	0,12	0,03	0,08	0,05	0,05	0,03	0,03
P6	0,19	0,23	0,28	0,23	0,28	0,29	0,29	0,31
P7	0,19	0,23	0,28	0,08	0,23	0,14	0,14	0,31
P8	0,19	0,18	0,19	0,08	0,14	0,07	0,04	0,08

**Tablo 15.** Kriterlerin Kriterler Açısından Öncelik Vektör Matrisi

Kriterler	Ağırlıklar
K1	0,21
K2	0,15
K3	0,07
K4	0,10
K5	0,48

**Tablo 16.** Alternatiflerin Kriterler Açısından Öncelik Vektör Matrisleri

Alternatifler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
P1	0,03	0,02	0,13	0,04	0,02
P2	0,04	0,03	0,08	0,04	0,03
P3	0,17	0,12	0,09	0,11	0,11
P4	0,22	0,27	0,12	0,16	0,21
P5	0,05	0,04	0,06	0,07	0,06
P6	0,26	0,28	0,25	0,30	0,26
P7	0,19	0,18	0,23	0,23	0,20
P8	0,06	0,07	0,04	0,05	0,12

**Tablo 17.** Kriterlerin Kriterler Açısından Sütun Vektör Matrisi

Kriterler	Sütun Vektörleri
K1	1,08
K2	0,76
K3	0,38
K4	0,50
K5	2,49

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen sütun vektör matrisleri Tablo 18’de oluşturulmuştur.

Aşama-9: Temel değer elde edilmesi: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen temel değerler aşağıda tablolar halinde verilmiştir. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen temel değerler Tablo 19’da oluşturulmuştur.

Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen temel değerler Tablo 20’de oluşturulmuştur.

**Tablo 18.** Alternatiflerin Kriterler Açısından Sütun Vektör Matrisleri

Alternatifler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
P1	0,23	0,18	1,19	0,33	0,16
P2	0,32	0,26	0,65	0,30	0,27
P3	1,48	0,99	0,72	0,93	0,90
P4	1,95	2,52	1,07	1,31	1,96
P5	0,41	0,36	0,47	0,59	0,49
P6	2,28	2,43	2,23	2,53	2,42
P7	1,65	1,54	2,17	1,95	1,90
P8	0,49	0,54	0,38	0,40	1,04

**Tablo 19.** Kriterlerin Kriterler Açısından Temel Değerleri

Kriterler	Temel Değerler
K1	5,15
K2	5,16
K3	5,07
K4	5,22
K5	5,25

Aşama-10: Lamda ( $\lambda$ ) değerinin elde edilmesi: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen  $\lambda$  değerleri aşağıda verilmiştir.

Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen  $\lambda$  değeri 5,169 olarak bulunmuştur. Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen  $\lambda$  değerleri Tablo 21’de oluşturulmuştur.

**Tablo 20.** Alternatiflerin Kriterler Açısından Temel Değerleri

Alternatifler	K1	K2	K3	K4	K5
P1	8,67	8,30	9,17	8,12	8,48
P2	8,65	8,24	8,34	8,15	8,27
P3	8,75	8,51	8,48	8,24	8,48
P4	8,73	9,36	8,63	8,36	9,40
P5	8,77	8,17	8,46	8,17	8,55
P6	8,81	8,77	8,91	8,44	9,32
P7	8,92	8,81	9,27	8,43	9,51
P8	8,93	8,23	8,69	8,23	8,83

**Tablo 21.** Alternatiflerin Kriterler Açısından  $\lambda$  Değerleri

Kriterler	$\lambda$ Değerleri
K1	8,78
K2	8,55
K3	8,74
K4	8,27
K5	8,85

**Tablo 22.** Alternatiflerin Kriterler Açısından Tutarlılık İndeksleri

Kriterler	Tutarlılık İndeksleri
K1	0,11
K2	0,08
K3	0,11
K4	0,04
K5	0,12

Aşama-11: Tutarlılık indeksinin hesaplanması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık indeksleri aşağıda verilmiştir. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen tutarlılık indeksi 0,042 olarak bulunmuştur. Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık indeksleri Tablo 22’de oluşturulmuştur.

Aşama-12: Tutarlılık oranının hesaplanması: Kriterlerin kriterler açısından, alternatiflerinde kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık oranları aşağıda verilmiştir. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen tutarlılık oranı 0,038 olarak bulunmuştur. Alternatiflerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarlılık oranları Tablo 23’de oluşturulmuştur.

**Tablo 23.** Alternatiflerin Kriterler Açısından Tutarlılık Oranları

Kriterler	Tutarlılık Oranları
K1	0,08
K2	0,06
K3	0,08
K4	0,03
K5	0,09

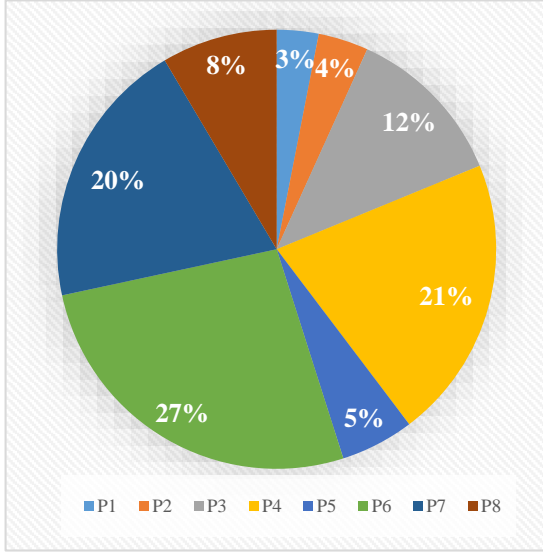
Aşama-13: Sonucun bulunması: Alternatiflerin özvektörleri (ağırlıkları) ile kriterlerin özvektörlerinin çarpılması ile elde edilen sonuçlardan en yüksek değer bizi sonuca götürmektedir. Hesaplama sonuçlarına ilişkin ağırlıklar Tablo 24’de belirtilmiştir. Ayrıca sonuç grafiği de Şekil 2’de verilmiştir. Tabloya göre en yüksek değere sahip 6. projenin seçilmesi uygun gözükmektedir.

**Tablo 24.** Ağırlıklar Tablosu

Alternatifler	Ağırlıklar
P1	0,03
P2	0,04
P3	0,12
P4	0,21
P5	0,05
P6	0,27
P7	0,20
P8	0,09

AHS yönteminde yapılan hesaplamalar sonucuna göre en yüksek ağırlık değerine sahip olan P6 (6. Proje), diğer alternatiflere göre ilk tercih edilmesi gereken proje gözükmektedir. Hesaplanan ağırlık değerlerine göre ilk tercih sırası P6’ e ait olmakla birlikte, bu projeyi sırasıyla P4, P7, P3, P8, P5, P2, P1 izlemektedir. Yatırım uzmanlarından alınan bilgiler doğrultusunda uygulama sonucunda

en uygun yatırım projesinin P6 (6. proje) çıkması, işletmenin de bu yatırım projesinin üzerinde durduğunu, bu projeye önem verildiğini ve bu proje için yatırım yapılacağını belirtmişlerdir.



Şekil 2. Sonuç Grafiği

### VIKOR Yöntemi

Öncelikle kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. AHS yönteminde kullanılan kriterler VIKOR yönteminde de kullanılmıştır. Kriterlere ilişkin açıklamalar aşağıda yapılmıştır. Çözüm aşamasında kullanılacak kriterlere ait veriler Tablo 25’de verilmiştir.

**Proje Bütçesi (K1) :** Her bir projenin gerçekleşmesi için öngörülen para değeridir.

**Proje Süresi (K2) :** Projenin tamamlanabilmesi için gereken ay bazında süredir.

**Bağımlılık Durumu (K3) :** Bağımlılık durumunda üç olay söz konusudur. 1-Projenin şirket içinde yapılacağını, 2-Projenin dışarıdan hizmet alımı ile yapılacağını, 3-Projenin şirket içi veya dışarıdan hizmet alımı ile yapılacağını gösterir.

**Personel Sayısı (K4) :** Projede çalışması gereken kaç adet personele ihtiyaç olduğudur.

**Ekonomiye Katkı (K5) :** Projenin ülke ekonomisine katkısıdır. Ekonomik katkı skalası şu şekildedir: 5-Çok yüksek, 4-Yüksek, 3-Orta, 2-Az, 1-Yok

Tablo 25’te yer alan P1,...P8, AHS yönteminde kullanılan alternatiflerdir.

Tablo 25. Uygulamada Kullanılan Veriler

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
P1	471278	25	2	137	2
P2	1230270	19	3	318	4
P3	123157842	70	3	778	3
P4	82926965	38	1	464	4
P5	792182	22	3	96	3
P6	8233158	33	3	572	4
P7	1610662	8	2	87	4
P8	3636784	66	2	504	4

VIKOR yöntemi ile problemin çözümü aşamalar halinde aşağıda verilmiştir.

**Aşama-1:** Her kriter için en iyi ( $f_i^+$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri belirlenir. Bu değerler Tablo 26’da belirtilmiştir.

Tablo 26. En iyi ( $f_i^+$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri

Kriterler	$f_i^+$	$f_i^-$
K1	471278	123157842
K2	8	70
K3	3	1
K4	87	778
K5	4	2

**Aşama-2:**  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri  $j= 1,2,...,m$  için hesaplanır. Hesaplamalardaki  $w_j$  değerleri AHS’nde hesaplanan kriterlerin ağırlık (öz vektör) değerleridir.  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri Tablo 27’de belirtilmiştir.

**Aşama-3:**  $Q_j$  değerleri tüm  $j= 1,2,...,m$  için belirlenir. Farklı “v” değerleri için hesaplanan  $Q_j$  değerleri Tablo 28’de belirtilmiştir.

**Aşama-4:**  $S_j$ ,  $R_j$  ve  $Q_j$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak alternatifler arasındaki sıralama belirlenir. Bu sıralama listesi Tablo 29’da



belirtmiştir.  $Q_j$  sıralaması  $v=0,5$  değerine sonuçlarına göre sıralama yapılmıştır.

**Tablo 27.**  $S_j$  ve  $R_j$  Değerleri

Alternatifler Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	$S_j$	$R_j$
P1	0,00	0,04	0,04	0,01	0,48	0,56	0,48
P2	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,06	0,03
P3	0,21	0,15	0,00	0,10	0,24	0,69	0,24
P4	0,14	0,07	0,07	0,05	0,00	0,34	0,14
P5	0,00	0,03	0,00	0,00	0,24	0,27	0,24
P6	0,01	0,06	0,00	0,07	0,00	0,14	0,07
P7	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04
P8	0,01	0,14	0,04	0,06	0,00	0,24	0,14

**Tablo 28.**  $Q_j$  Değerleri

Maksimum Grup Faydası / Alternatif	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Q1 ( $v=0$ )	1,00	0,00	0,46	0,24	0,46	0,08	0,01	0,24
Q2 ( $v=0,1$ )	0,98	0,00	0,52	0,27	0,45	0,09	0,01	0,24
Q3 ( $v=0,2$ )	0,96	0,01	0,57	0,29	0,44	0,10	0,01	0,25
Q4 ( $v=0,3$ )	0,94	0,01	0,63	0,31	0,43	0,10	0,01	0,26
Q5 ( $v=0,4$ )	0,92	0,01	0,68	0,33	0,42	0,11	0,01	0,26
Q6 ( $v=0,5$ )	0,90	0,02	0,73	0,35	0,41	0,12	0,01	0,27
Q7 ( $v=0,6$ )	0,88	0,02	0,79	0,37	0,40	0,13	0,01	0,28
Q8 ( $v=0,7$ )	0,86	0,02	0,84	0,40	0,39	0,13	0,00	0,29
Q9 ( $v=0,8$ )	0,84	0,03	0,89	0,42	0,38	0,14	0,00	0,29
Q10 ( $v=0,9$ )	0,82	0,03	0,95	0,44	0,37	0,15	0,00	0,30
Q11 ( $v=1$ )	0,80	0,03	1,00	0,46	0,36	0,16	0,00	0,31

Aşama-5: Her iki koşulun sağlanıp sağlanmadığının kontrolünün yapılması;

Hesaplama sonucuna göre Q değerleri içerisinde en düşük değeri barındıran P7 ( 7. Proje), öbür

alternatiflere kıyasla kabul edilebilir bir avantaja sahip gözükmemektedir.

**Tablo 29.** Sıralama Listesi

Alternatif	$S_j$	Alternatif	$R_j$	Alternatif	$Q_j$
P7	0,04	P2	0,032	P7	0,01
P2	0,06	P7	0,037	P2	0,02
P6	0,14	P6	0,067	P6	0,12
P8	0,24	P8	0,137	P8	0,27
P5	0,27	P4	0,140	P4	0,35
P4	0,34	P5	0,237	P5	0,41
P1	0,56	P3	0,237	P3	0,73
P3	0,69	P1	0,475	P1	0,90

P7 alternatifinin en iyi olarak kabul edilebilmesi için yöntemin kapsamında olan iki koşulun sağlanması önemle gerekmektedir.

Koşul-1:  $Q(t_2) - Q(t_1) \geq DQ$  eşitsizliği sağlanmalıdır.

$$DQ = 1/(8-1) = 0,143$$

Elde ettiğimizde değerleri yerine yazarsak;

$$0,016 - 0,006 \geq 0,010$$

$0,010 \geq 0,143$  bulunan sonuç Koşul-1'in sağlanmadığını göstermektedir.

Koşul-2: Elde edilen çözümün kabul edilebilir istikrarlı olması için en iyi alternatif olan t' alternatifi,  $S_j$  ve  $R_j$  değerlerinin değerlerinden en az birinde en iyi puanı elde etmelidir.

Tablo 29'daki  $S_j$  ve  $R_j$  sıralamalardan  $S_j$ 'de P7'ni ilk sırada yer aldığı görülmekte olup Koşul-2 de sağlanmıştır.

Hesaplamalar sonucuna göre P6 maksimum Q değerine sahip olan yatırım projesidir. P7 ise minimum Q değerine sahip yatırım projesidir. Uzlaşık çözüm kümesi içerisinde Q değerlerine göre sıralama yapılırsa en iyi yatırım projesi, minimum Q değerlerine sahip olan P7 ve P2 yatırım projelerinden birisidir. Bu yatırım projelerini sırasıyla P6, P8, P4, P5, P3, P1 yatırım projeleri takip etmektedir.

## Hedef Programlama

Şirket, mevcut yatırım yapılabilir projeler üzerinde, çeşitli analizler ve değerlendirmeler sonucunda bir takım elemeler yaparak, şirketin kârına olan yatırım projelerine yatırım yapma düşüncesindedir. 8 ana proje kapsamında, 37 alt projeden oluşan, yatırım yapılması düşünülen projelerin seçimi üzerinde hedef programlama ile matematiksel çözümleme yapılacaktır. Ana proje ve alt proje bilgileri Tablo 31'dedir. Bilgiler yatırım projeleri ile ilgili şirketinin bütününde çalışma yapan Yatırım Planlama Bölümü'nden sağlanmıştır.

Modelin çözümü içi belirlenen hedeflere ilişkin detay bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

Yatırım projeleri için ayrılan 160 milyon TL bütçe, Mali İşler Bölümü ve Üretim Bölümü'nde çalışmakta olan yatırım uzmanları tarafından belirlenmiştir. Yatırım projeleri için gereken değer belirlenen bütçe değerini aşmaması gerektiği belirtilmiştir.

Projeler kapsamında çalışabilecek personel sayısı 2750 olarak belirlenmiştir. Bu sayının belirlenmesinde Üretim Bölümü'ndeki saha amirleri, üretim uzmanlarından ve İnsan Kaynakları Bölümü'nden destek alınmıştır. Personel sayısı 2750'yi aşmamalıdır.

AHS yönteminde hesaplama işlemi yapılmış olan ağırlık değerleri bulunmuş ana projelerin kapsamındaki en fazla alt proje seçilmesi istenmektedir. Ana proje kapsamındaki tüm alt projelerin eşit ağırlıkta olduğu varsayılmıştır. Bundan dolayı AHS yönteminde bulunmuş olan değer ana proje kapsamındaki alt projelerin sayısına bölünerek her bir alt projesinin ağırlık değeri hesabı yapılmıştır.

VIKOR yönteminde hesaplama işlemi yapılarak sıralaması bulunmuş olan ana projelerin kapsamındaki en fazla alt proje seçilmesi istenmektedir.

Ana projeler içinden kesinlikle seçilmesi gereken alt projelere ilişkin açıklamalar aşağıda belirtilmiştir. Kısıtların belirlenmesinde ülke savunması ve ülke ekonomisinde büyük katkı sağladığı için şirket üst yönetimi tarafından onay almış kısıtlardır.

3. ana projenin 3., 4., 5. ve 8. alt projeleri kesinlikle seçilmelidir. Özellikle seçilmesi istenilen projelerin özelliği şudur: Ülke savunmasında kullanılan helikopterlerin satın alımlarındaki dışa bağımlılığı azaltmak ve milli helikopterimizin yapılması amaçlanmaktadır.

4. ana projenin 2., 3., 4. ve 5. alt projeleri kesinlikle seçilmelidir. Özellikle seçilmesi istenilen projelerin özelliği şudur: Ülke savunmasında kullanılan insansız hava aracı (İHA) satın alımlarındaki dışa bağımlılığı azaltmak ve ülkemize tümüyle ait İHA'ların yapılması amaçlanmaktadır.

6. ana projenin 1., 2., 3. ve 4. alt projesi kesinlikle seçilmelidir. Özellikle seçilmesi istenilen projelerin özelliği şudur: Ülke savunmasında kullanılan savaş uçağı satın alımlarındaki dışa bağımlılığı azaltmak ve milli savaş uçağımızın yapılması amaçlanmaktadır.

8. ana projenin 7. alt projesi yatırım yapılırsa 4. ve 6. alt projelere de yatırım yapılmalıdır. Şayet 7. alt projeye yatırım yapılmazsa 4. ve 6. alt projeye de yatırım yapılmamalıdır.

2., 5. ve 8. ana projelerin içeriğindeki alt projelerde yatırım yapılması düşünülen araç yatırımlarından en fazla biri seçilmelidir.

3. ana projenin 6. alt projesindeki yazılım yatırımı yapılırsa, 8. ana projenin 3. alt projesindeki yazılım yatırıma gerek bulunmamaktadır.

Kurulacak olan modeller kapsamında 14 farklı senaryo üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu senaryolar modelin yapısından dolayı belirlenmiştir. Modellerin kurulum kapsamında eşit ağırlıklı ve öncelikli olan hedef programlama kullanılmıştır.

Örnek olarak Senaryo-1'in açıklaması aşağıda yapılmıştır.

Senaryo-1: Bütçe hedefi, personel sayısı hedefi ve AHS ağırlık hedefi kullanılarak kurulmuş olan hedef programlama matematiksel modelidir.

Diğer senaryolardaki detay bilgiler Tablo 30'da belirtilmiştir.

Parametreler

i: Ana proje  $i=1,2,\dots,8$

j: Alt proje  $j$

- $b_{ij}$ : i. ana projenin j. alt projesinin bütçesi  $X_{43} = 1$
- $p_{ij}$ : i. ana projenin j. alt projesinin personel sayısı  $X_{43} = 1$
- Karar değişkenleri  $X_{44} = 1$
- $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{i. ana projenin j. alt projesi seçilirse} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$   $X_{45} = 1$
- $d_i^+$  = Hedeflere ait kısıtlardaki pozitif yönde sapma  $X_{61} = 1$
- değişkenleri  $X_{62} = 1$
- $d_i^-$  = Hedeflere ait kısıtlardaki negatif yönde sapma  $X_{63} = 1$
- değişkenleri  $X_{64} = 1$
- $x_{ij} \geq 0 \quad \forall_i, \forall_j$

**Hedefler İçin Oluşturulan Kısıtlar**

1- Tüm projelere ayrılan bütçe miktarının yer aldığı hedef kısıttır.

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^9 b_{ij} x_{ij} + d_1^- - d_1^+ = 160000000$$

2- Tüm projelere ayrılan personel sayısının yer aldığı hedef kısıttır.

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^9 p_{ij} x_{ij} + d_2^- - d_2^+ = 2750$$

3- AHS yönteminde bulunan ağırlık değerlerine göre seçilmesi istenilen alt projeleri gösteren hedef kısıttır.

$$\sum_{j=1}^4 0,01x_{1j} + \sum_{j=1}^3 0,01x_{2j} + \sum_{j=1}^9 0,01x_{3j} + \sum_{j=1}^5 0,04x_{4j} + \sum_{j=1}^3 0,02x_{5j} + \sum_{j=1}^4 0,07x_{6j} + \sum_{j=1}^1 0,20x_{7j} \sum_{j=1}^8 0,01x_{8j} + d_3^- - d_3^+ = 1$$

4- VIKOR yönteminde bulunan sıralama değerlerine göre seçilmesi istenilen alt projeleri gösteren hedef kısıttır.

$$\sum_{j=1}^4 0,90x_{1j} + \sum_{j=1}^3 0,02x_{2j} + \sum_{j=1}^9 0,73x_{3j} + \sum_{j=1}^5 0,35x_{4j} + \sum_{j=1}^3 0,41x_{5j} + \sum_{j=1}^4 0,12x_{6j} + \sum_{j=1}^1 0,01x_{7j} \sum_{j=1}^8 0,27x_{8j} + d_4^- - d_4^+ = 0$$

**Genel Kısıtlar**

1- Kesinlikle seçilmesi istenilen alt projeler için oluşturulmuş genel kısıttır.

- $X_{33} = 1$
- $X_{34} = 1$
- $X_{35} = 1$
- $X_{38} = 1$
- $X_{42} = 1$

**Tablo 30.** Senaryo Detay Bilgileri

Senaryo	Tür	Hedef-1	Hedef-2	Hedef-3
1	HP-Eşit Önem	Bütçe	Personel Sayısı	AHS Ağırlıkları
2	HP-Eşit Önem	Bütçe	Personel Sayısı	VIKOR Ağırlıkları
3	HP-Öncelikli	Bütçe	Personel Sayısı	AHS Ağırlıkları
4	HP-Öncelikli	Bütçe	AHS Ağırlıkları	Personel Sayısı
5	HP-Öncelikli	Personel Sayısı	Bütçe	AHS Ağırlıkları
6	HP-Öncelikli	Personel Sayısı	AHS Ağırlıkları	Bütçe
7	HP-Öncelikli	AHS Ağırlıkları	Bütçe	Personel Sayısı
8	HP-Öncelikli	AHS Ağırlıkları	Personel Sayısı	Bütçe
9	HP-Öncelikli	Bütçe	Personel Sayısı	VIKOR Ağırlıkları
10	HP-Öncelikli	Bütçe	VIKOR Ağırlıkları	Personel Sayısı
11	HP-Öncelikli	Personel Sayısı	Bütçe	VIKOR Ağırlıkları
12	HP-Öncelikli	Personel Sayısı	VIKOR Ağırlıkları	Bütçe
13	HP-Öncelikli	VIKOR Ağırlıkları	Bütçe	Personel Sayısı
14	HP-Öncelikli	VIKOR Ağırlıkları	Personel Sayısı	Bütçe

2- 8. ana projenin 7. alt projesine yatırım yapılırsa 4. ve 6. alt projelere de yatırım yapılmasını kapsayan genel kısıttır. Aksi durumu da kapsayan kısıttır.

$$2X_{87} - X_{84} - X_{86} \leq 0$$

3- 2., 5. ve 8. ana projeler içeriğindeki alt projelerde yatırım yapılması düşünülen araç yatırımlarından en fazla birinin seçilmesi ile alakalı genel kısıttır.

$$X_{22} + X_{52} + X_{88} \leq 1$$

4- 3. ana projenin 6. alt projesindeki yazılım yatırımı yapılırsa, 8. ana projenin 3. alt projesindeki yazılım yatırımına gerek bulunmaması ile alakalı genel kısıttır.

$$X_{36} + X_{83} \leq 1$$

Senaryolar İçin Oluşturulan Amaç Fonksiyonları

Senaryo - 1

$$\text{Min } Z = d_1^+ + d_2^+ + d_3^- + d_3^+$$

Senaryo - 2

$$\text{Min } Z = d_1^+ + d_2^+ + d_4^- + d_4^+$$

Senaryo - 3

$$\text{Min } Z = P1 (d_1^+) + P2 (d_2^+) + P3 (d_3^- + d_3^+)$$

Senaryo - 4

$$\text{Min } Z = P1 (d_1^+) + P2 (d_3^- + d_3^+) + P3 (d_2^+)$$

Senaryo - 5

$$\text{Min } Z = P1 (d_2^+) + P2 (d_1^+) + P3 (d_3^- + d_3^+)$$

Senaryo - 6

$$\text{Min } Z = P1 (d_2^+) + P2 (d_3^- + d_3^+) + P3 (d_1^+)$$

Senaryo - 7

$$\text{Min } Z = P1 (d_3^- + d_3^+) + P2 (d_1^+) + P3 (d_2^+)$$

Senaryo - 8

$$\text{Min } Z = P1 (d_3^- + d_3^+) + P2 (d_2^+) + P3 (d_1^+)$$

Senaryo - 9

$$\text{Min } Z = P1 (d_1^+) + P2 (d_2^+) + P3 (d_4^- + d_4^+)$$

Senaryo - 10

$$\text{Min } Z = P1 (d_1^+) + P2 (d_4^- + d_4^+) + P3 (d_2^+)$$

Senaryo - 11

$$\text{Min } Z = P1 (d_2^+) + P2 (d_1^+) + P3 (d_4^- + d_4^+)$$

Senaryo - 12

$$\text{Min } Z = P1 (d_2^+) + P2 (d_4^- + d_4^+) + P3 (d_1^+)$$

Senaryo - 13

$$\text{Min } Z = P1 (d_4^- + d_4^+) + P2 (d_1^+) + P3 (d_2^+)$$

Senaryo - 14

$$\text{Min } Z = P1 (d_4^- + d_4^+) + P2 (d_2^+) + P3 (d_1^+)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad (\forall_i, \forall_j)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad (i=1, 2, 3, 4)$$

Senaryolara göre oluşturulan matematiksel modellerde kullanılan kısıtlar Tablo 33'de belirtilmiştir.

Hedef programlamının matematiksel modelinin kurulumunda yararlanılacak olan veriler Tablo 32'de verilmiştir.

Senaryolara ilişkin matematiksel modellerin çözüm sonucu elde edilen sapma değerleri, değişken sayısı, kısıt sayısı, çözüm süresi ve seçilen proje sayısı Tablo 34'de belirtilmiştir. Ayrıca her bir senaryo için oluşturulan modelin çözümü sonucu seçilebilecek projelerde Tablo 35'te verilmiştir.

Tablo 30'daki senaryolara ait bilgilere göre seçilebilecek proje sayısı eşit olarak alınmış hedeflere ait kısıtlarda bir dizi değişiklikler baz alınarak modeller kurulmuştur. Kısıt ve değişken sayıları modellerle doğru orantılıdır. Senaryolara ilişkin değerlendirmeler aşağıda açıklanmıştır.

Senaryo-1'in model çözüm süresi diğer senaryolara göre daha fazladır. Bunun nedeni bütçe, personel sayısı ve AHS ağırlıklarının mümkün olduğu kadarıyla eşit olarak dağıtılması için hedef kısıtlarının olmasından dolayıdır. Bütçeye ilişkin pozitif sapma değerinin büyük olması, seçilebilecek proje sayısının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Personel sayısında ise sapma yoktur. 31 adet yatırım projesi seçimi yapılmıştır. Senaryo-2'de personel sayısında herhangi bir sapma yoktur. Seçilebilecek proje sayısı Senaryo-4, 5, 11, 13 ile aynıdır. VIKOR sapma değeri Senaryo-12, 13, 14 ile aynıdır. Senaryo-3'teki personel sayısında pozitif sapma vardır. AHS sapmasının değeri ise

Senaryo-1'e göre daha yüksektir. Bütçe sapma değeri Senaryo-4, 5, 9, 10, 11 ile aynıdır. Senaryo-4'te göze çarpan personel sayısındaki pozitif sapmanın diğer senaryolara göre yüksek olmasıdır. Senaryo-5'te ise personel sayısında sapma yoktur. Şayet personel sayısı baz alınarak proje seçilmek isteniyor ise bu senaryo tercih edilebilir. Senaryo-6 en fazla proje seçilen senaryolardan olmasıdır. Bütçede sapma Senaryo-1 ve Senaryo-8 ile aynı olup yüksektir. Senaryo-7'de bütçe sapmasının diğer senaryolara göre en yüksek olması bu senaryonun uygulanabilirliğini azaltmıştır. Şayet proje sayısı baz alınarak seçim yapılırsa en yüksek proje sayısını kapsamaktadır. Senaryo-8'de personel sayısında sapma yoktur. Şayet personel sayısı gözönüne alınarak proje seçilmesi isteniyorsa bu proje seçilebilir. Senaryo-9'da personel sayısı ve bütçe sapmalarında diğer senaryolara göre farklılık bulunmamaktadır. Fakat VIKOR sapma değeri 1'dir. Bu değerle VIKOR sapmasına göre bu senaryo değerlendirilebilir. Çünkü VIKOR'da sapmanın en büyük olması amaçtır. Senaryo-10, Senaryo-9'daki değerlerle aynıdır. Bu değerlere göre bu iki senaryodan biri seçilmek istenirse sonuçlar aynı olacaktır. Senaryo-11'de bütçe sapması yoktur. VIKOR sapmasında pozitif sapması en büyük değer olduğundan bu senaryo seçilebilir. Senaryo-12'de bütçe sapması diğer senaryolara göre biraz düşük çıkmıştır. Personel sayısında ise sapma yoktur. Senaryo-13'te diğer senaryolar ile sonuçlar yakındır. Bütçe sapması azalma göstermiştir. Bunun nedeni ise seçilebilecek proje sayısının az olmasından kaynaklanmaktadır. Senaryo-14'de personel sayısında sapma yoktur. Bütçe sapmasının olması seçilebilecek proje sayısının arttığını göstermektedir.

Personel sayısına ilişkin en büyük sapma değeri Senaryo-4'tedir. Bunun nedeni modelde personel sayısının 3. öncelikli değerli olarak atanmasından kaynaklanmaktadır. Personel sayısının optimum olduğu senaryolar ise Senaryo-1, Senaryo-2, Senaryo-5, Senaryo 6, Senaryo-8, Senaryo-11 ve Senaryo-12'dir. AHS'ye ilişkin sapma değerlerinin en küçük olması istendiğinden Senaryo-1 en küçük değeri vermektedir.

**Tablo 31.** Ana Proje ve Alt Proje Açıklaması

Ana Proje	Alt Proje	Açıklama
1. Ana Proje	1. Alt Proje	Tezgah Yatırımı
	2. Alt Proje	Taşınabilir Ekipman Yatırımı
	3. Alt Proje	Otomasyon Yatırımı
	4. Alt Proje	Tezgah Yatırımı
2. Ana Proje	1. Alt Proje	Yazılım Yatırımı
	2. Alt Proje	Araç Yatırımı
	3. Alt Proje	Test Ekipmanı Yatırımı
3. Ana Proje	1. Alt Proje	Taşınabilir Ekipman Yatırımı
	2. Alt Proje	Donanım Yatırımı
	3. Alt Proje	Yeni Tesis Yatırımı
	4. Alt Proje	Yeni Tesis Yatırımı
	5. Alt Proje	Tezgah Yatırımı
	6. Alt Proje	Yazılım Yatırımı
	7. Alt Proje	Test Ekipmanı Yatırımı
	8. Alt Proje	Test Ekipmanı Yatırımı
	9. Alt Proje	Test Ekipmanı Yatırımı
4. Ana Proje	1. Alt Proje	Test Sahası Yapımı Yatırımı
	2. Alt Proje	Test Ekipmanı Yatırımı
	3. Alt Proje	Yazılım Yatırımı
	4. Alt Proje	Tezgâh Yatırımı
	5. Alt Proje	Yeni Tesis Yatırımı
5. Ana Proje	1. Alt Proje	Test Ekipmanı Yatırımı
	2. Alt Proje	Araç Yatırımı
	3. Alt Proje	Taşınabilir Ekipman Yatırımı
6. Ana Proje	1. Alt Proje	Tezgâh Yatırımı
	2. Alt Proje	Yazılım Yatırımı
	3. Alt Proje	Taşınabilir Ekipman Yatırımı
	4. Alt Proje	Test Ekipmanı Yatırımı
7. Ana Proje	1. Alt Proje	Tezgâh ve Test Ekipmanı Yatırımı
8. Ana Proje	1. Alt Proje	Taşınabilir Ekipman Yatırımı
	2. Alt Proje	Tezgâh Yatırımı
	3. Alt Proje	Yazılım Yatırımı
	4. Alt Proje	Yeni Tesis İçin Ofis Donanımı Yatırımı
	5. Alt Proje	Test Ekipmanı Yatırımı
	6. Alt Proje	Yeni Tesis Yatırımı İçin Tezgâh Yatırımı
	7. Alt Proje	Yeni Tesis Yatırımı
	8. Alt Proje	Araç Yatırımı

**Tablo 32.** Hedef Programlama Veri Çizelgesi

Ana Proje	Alt Proje	Bütçe (TL)	Personel Sayısı	AHP Ana Proje Ağırlık Değerleri	AHP Alt Proje Ağırlık Değerleri	VIKOR Sıralama Değerleri
1. Ana Proje	1. Alt Proje	1124583	32	0,03	0,01	0,90
	2. Alt Proje	232664	76	0,03	0,01	0,90
	3. Alt Proje	602894	8	0,03	0,01	0,90
	4. Alt Proje	2111137	21	0,03	0,01	0,90
2. Ana Proje	1. Alt Proje	27004	22	0,04	0,01	0,02
	2. Alt Proje	134017	148	0,04	0,01	0,02
	3. Alt Proje	1069249	148	0,04	0,01	0,02
3. Ana Proje	1. Alt Proje	85864	38	0,12	0,01	0,73
	2. Alt Proje	86000	21	0,12	0,01	0,73
	3. Alt Proje	42300000	227	0,12	0,01	0,73
	4. Alt Proje	65149928	22	0,12	0,01	0,73
	5. Alt Proje	1447170	342	0,12	0,01	0,73
	6. Alt Proje	245700	41	0,12	0,01	0,73
	7. Alt Proje	235200	41	0,12	0,01	0,73
	8. Alt Proje	125800	34	0,12	0,01	0,73
	9. Alt Proje	137671	12	0,12	0,01	0,73
4. Ana Proje	1. Alt Proje	13381339	24	0,21	0,04	0,35
	2. Alt Proje	594843	110	0,21	0,04	0,35
	3. Alt Proje	25431	110	0,21	0,04	0,35
	4. Alt Proje	1947315	110	0,21	0,04	0,35
	5. Alt Proje	39978037	110	0,21	0,04	0,35
5. Ana Proje	1. Alt Proje	57435	23	0,05	0,02	0,41
	2. Alt Proje	46132	38	0,05	0,02	0,41
	3. Alt Proje	688615	35	0,05	0,02	0,41
6. Ana Proje	1. Alt Proje	7619593	143	0,27	0,07	0,12
	2. Alt Proje	122723	143	0,27	0,07	0,12
	3. Alt Proje	2115832	143	0,27	0,07	0,12
	4. Alt Proje	5475010	143	0,27	0,07	0,12
7. Ana Proje	1. Alt Proje	1610662	87	0,20	0,20	0,01
8. Ana Proje	1. Alt Proje	557521	28	0,09	0,01	0,27
	2. Alt Proje	750125	75	0,09	0,01	0,27
	3. Alt Proje	239844	75	0,09	0,01	0,27
	4. Alt Proje	176900	76	0,09	0,01	0,27
	5. Alt Proje	247306	38	0,09	0,01	0,27
	6. Alt Proje	685122	52	0,09	0,01	0,27
	7. Alt Proje	725829	128	0,09	0,01	0,27
	8. Alt Proje	429268	32	0,09	0,01	0,27



**Tablo 33.** Matematiksel Modellerde Kullanılan Kısıtlar

Kısıtlar	Kısıt-1	Kısıt-2	Kısıt-3	Kısıt-4	Hedef Kısıtı-1	Hedef Kısıtı-2	Hedef Kısıtı-3	Hedef Kısıtı-4
Senaryo-1	√	√	√	√	√	√	√	
Senaryo-2	√	√	√	√	√	√		√
Senaryo-3	√	√	√	√	√	√	√	
Senaryo-4	√	√	√	√	√	√	√	
Senaryo-5	√	√	√	√	√	√	√	
Senaryo-6	√	√	√	√	√	√	√	
Senaryo-7	√	√	√	√	√	√	√	
Senaryo-8	√	√	√	√	√	√	√	
Senaryo-9	√	√	√	√	√	√		√
Senaryo-10	√	√	√	√	√	√		√
Senaryo-11	√	√	√	√	√	√		√
Senaryo-12	√	√	√	√	√	√		√
Senaryo-13	√	√	√	√	√	√		√
Senaryo-14	√	√	√	√	√	√		√

**Tablo 34.** HP Çözüm Sonucu Verileri

HP Model	Seçilen Proje Sayısı	Değişken Sayısı	Kısıt Sayısı	Çözüm Süresi (sn)	Hedef 1 - Sapma	Hedef 2 - Sapma	Hedef 3 - Sapma
Senaryo-1	31	80	91	192	420777	0	-0,0001
Senaryo-2	16	80	91	178	116275	0	0,071
Senaryo-3	14	80	93	112	98964	77	-0,007
Senaryo-4	16	80	93	114	98964	-0,007	531
Senaryo-5	16	80	93	110	0	98964	-0,007
Senaryo-6	31	80	93	122	0	-0,0009	420777
Senaryo-7	31	80	91	120	-0,0009	440683	49
Senaryo-8	31	80	91	124	-0,0009	0	420777
Senaryo-9	14	80	93	108	98964	77	1
Senaryo-10	14	80	93	106	98964	1	77
Senaryo-11	16	80	93	108	0	98964	1
Senaryo-12	18	80	93	128	0	0,071	151146
Senaryo-13	16	80	93	130	0,071	123363	6
Senaryo-14	18	80	93	134	0,071	0	151146

VIKOR yönteminde ise sapma değerlerinin en büyük olması istendiğinden Senaryo-9, Senaryo-10 ve Senaryo-11 en büyük değeri göstermektedir. Senaryo-1, Senaryo-6 ve Senaryo-8 seçilebilir yatırım projesi sayısı açısından en çok projeyi kapsamaktadır. Senaryo-3, Senaryo-9 ve Senaryo-10 ise en az sayıda seçilebilecek projeyi vermektedir.

**Tablo 35.** HP Çözümü Sonucu Seçilebilecek Projeler

Ana Proje	Alt Proje	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10	Senaryo 11	Senaryo 12	Senaryo 13	Senaryo 14
1. Ana Proje	1. Alt Proje	√					√	√	√						
	2. Alt Proje	√					√	√	√						
	3. Alt Proje														
	4. Alt Proje	√					√	√	√						
2. Ana Proje	1. Alt Proje	√	√		√	√	√	√	√			√	√	√	
	2. Alt Proje		√										√	√	√
	3. Alt Proje	√	√				√	√	√					√	√
	4. Alt Proje	√					√	√	√						√
3. Ana Proje	1. Alt Proje	√					√	√	√						
	2. Alt Proje	√		√			√	√	√		√				
	3. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	4. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	5. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	6. Alt Proje	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	7. Alt Proje	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	8. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	9. Alt Proje	√		√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
4. Ana Proje	1. Alt Proje	√					√	√	√						
	2. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	3. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	4. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	5. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
5. Ana Proje	1. Alt Proje	√					√	√	√						
	2. Alt Proje	√					√	√	√						
	3. Alt Proje	√					√	√	√						
6. Ana Proje	1. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	2. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	3. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	4. Alt Proje	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
7. Ana Proje	1. Alt Proje	√					√	√	√						
8. Ana Proje	1. Alt Proje	√					√	√	√						
	2. Alt Proje												√	√	√
	3. Alt Proje		√									√	√	√	√
	4. Alt Proje	√			√	√	√	√	√			√	√	√	√
	5. Alt Proje	√			√	√	√	√	√			√	√	√	√
	6. Alt Proje	√					√	√	√						
	7. Alt Proje	√					√	√	√						
	8. Alt Proje														

## 6. Sonuç

Savunma sanayi, yapısı ve vazifesi gereği diğer sanayi sektörleriyle bir takım benzerliğinin yanı sıra birçok farklılıklar da göstermektedir. Savunma sanayinin öncelikli hedefi, diğer sektörlerde olduğu gibi kâr maksimizasyonu ya da yüksek değere sahip firmalar oluşturmak değildir. Bununla beraber, sektördeki firmaların, ülkemiz ekonomisine olumlu ya da olumsuz etkileri olduğu da görülmektedir. Savunma sanayinin ülke ekonomilerine olumlu ya da olumsuz katkısı olduğu yönünde farklı görüşler bulunmaktadır.

Ülkeler ve işletmeler için yatırım projelerinin önemi büyüktür. Bu nedenle yatırım projesine yatırım yapma kararı verilmeden önce gerçekçi bir şekilde yapılacak olan yatırım projesi seçimi ile mevcut belirsizliklerin büyük bir bölümü ortadan kaldırılarak karar vermede kolaylık sağlanmış olacaktır. Günümüzde firmalar yatırım yapmak istediklerinde birçok kriteri göz önüne bulundurmak zorundadır. Yatırıma başlamadan önce maliyet ve zaman açısından en uygun kararın verilmesi, işletmenin rekabet üstünlüğünü muhafaza etmesi veya rekabet üstünlüğü sağlaması için büyük önem arz etmektedir. Yatırımcıların karşılaştığı en büyük sorun sınırlı kaynakları ekonomik bir şekilde kullanamamalarıdır. Yatırımcıların vereceği kararın sağlıklı olması için, karar sürecinde gerekli olan bilgilerin doğru, güvenilir, hızlı olması ve sağlam bir kaynaktan gelmesi gerekir. Bu bilgi ve verilerin uygun yöntemler yardımıyla doğru bir şekilde değerlendirilip analiz edilmesi ile yatırımcıya sayısal verilerle birlikte alternatif senaryoların hızlı bir şekilde sunulabilmesini sağlamaktadır. Böylece yatırımcı kendisi için en uygun olan yatırım projesini kolayca belirleyebilecektir.

Bu çalışma, hava savunma sanayinde faaliyet gösteren şirketin yöneticilerinin, belirlenmiş olan yatırım projeleri arasından seçim yapma kararını kapsamaktadır. Karar verme, 8 ana proje ve ana projeler altındaki 37 alt projenin arasından en uygun olanının seçimi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHS, VIKOR yöntemleri ve Hedef Programlama kullanılarak karar vericilerin tatminkâr çözüme ulaşması amaçlanmıştır. Yatırım

projelerini önceliklendirmek için belirlenen kriterler tespit edilirken uzman kişilerle yapılan anket verileri kullanılarak AHS yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. AHS yönteminden bulunan ağırlıklar VIKOR ve hedef programlamada kullanılmıştır. Ayrıca VIKOR yöntemi ağırlıkları da Hedef Programlama da kullanılmıştır. AHS ve VIKOR yöntemlerine ilişkin hesaplamalar Excel programı ile hedef programlama matematiksel modeli ise ILOG CPLEX Studio IDE programında kodlanarak, CPLEX çözücüsüyle çözümlenmiştir.

Bu çalışma yatırım projesi seçimi kapsamında özgün bir niteliğe sahiptir. Uygulamada kullanılan yöntemler sadece yapılan firmaya has olmayıp başka yatırım projelerinin seçimi içinde kullanılabilir. Projelerin seçimi matematiksel işlemler ve modeller ile yapıldığından karar vericilere projeye yatırımın seçilebileceği ile ilgili değerler vermektedir. Daha sonraki çalışmalarda işletme tarafından yatırım yapılması düşünülen diğer projelere ilişkin ve ayrıca diğer sektörlerde de yatırım yapmayı planlayan işletmelerde de bu çalışmadaki matematiksel modeller kullanılarak yatırım projesi seçimi yapılabilir. Daha farklı kriterler ve yatırım projesine bağlı farklı hedefler ve farklı özel kısıtlar kullanılabilir. Yatırım projesi seçimi problemine benzer çok ölçütlü karar verme problemlerinde, karar vericilere ANP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE gibi diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin uygulanması da önerilebilir. Böylece karmaşık yapıda bulunan problemlerde etkin seçim yapmak mümkün olacaktır.

## Kaynaklar

- [1] B. Karaman and H. Çerçioğlu, "0-1 Hedef Programlama Destekli Bütünleşik AHP-VIKOR Yöntemi: Hastane Yatırımı Projeleri Seçimi," Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30 (4), 567-576, 2015.
- [2] T.L. Satty, Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with The Analytic Hierarchy Process. Pittsburgh: RWS Publications, 1994.
- [3] S. Aytürk, "Askeri savunma sistemlerinde analitik hiyerarşi ve analitik şebeke prosesi ile hafif makineli tüfek seçimi," Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), 2006.
- [4] E.A. Göze, "Analitik ağ süreci ile sürdürülebilir bir üçüncü parti lojistik servis sağlayıcı seçimi," Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.

- [5] F.Y. Partovi, "Determining What to Bechmark: An Analytic Hierarchy Process Approach," *International Journal of Operation and Production Management*, 14 (6), 25-39, 1994.
- [6] T.L. Saaty, "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process," *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26, 1990.
- [7] R.S. Russell and B.W. Taylor, *Operations Management 4th Edition*. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
- [8] H. Yılmaz, "Ürün Tasarımında Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemleriyle Ürün Optimizasyonu: Seramik Lavabo Örneği," İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [9] T.L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, USA, 1980.
- [10] P.L. Yu, "A Class of Solutions for Group Decision Problems," *Management Science*, 19, 936-946, 1973.
- [11] M. Zeleny, *Multiple Criteria Decision Making*. New York: Mc-Graw-Hill, 1982.
- [12] S. Opriovic and G.H. Tzeng, "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS," *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455, 2004.
- [13] S. Opricovic and G.H. Tzeng, "Extended VIKOR method in comparison with outranking methods," *European Journal of Operational Research*, 178, 514-529, 2007.
- [14] M. Tamiz and D.F. Jones, "Interactive Frameworks for Investigation of Goal Programming Models: Theory and Practice," *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6, 52-60, 1997.
- [15] A. Charnes, W.W. Cooper and R. Ferguson, "Optimal Estimation of Executive Compensation by Linear Programming," *Management Science*, 1, 138-151, 1955.
- [16] A. Charnes and W.W. Cooper, *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. New York: Wiley, 1961.
- [17] S.M. Lee, *Goal Programming for Decision Analysis*. Philadelphia: Auerbach, 1972.
- [18] .P. Ignizio, *Goal Programming and Extensions*. Lexington Mass: Heath.MA: Lexington Books, 1976.
- [19] H.M. Weingartner, "Criteria for Programming Investment Project Selection," *The Journal of Industrial Economics*, 15 (1), 65-76, 1966.
- [20] K. Mukherjee and A. Bera, "Application of Goal Programming in Project Selection Decision-A Case Study from The Indian Coal Mining Industry," *European Journal of Operational Research*, 82 (1), 18-25, 1995.
- [21] R. Santhanamt and J. Kyparisis, "A Multiple Criteria Decision Model for Information System Project Selection," *Computers and Operations Research*, 22 (8), 807-818, 1995.
- [22] G.C. Kim and J. Emery, "An Application of Zero-One Goal Programming in Project Selection and Resource Planning-A Case Study from the Woodward Governor Company," *Computers and Operations Research*, 27 (14), 1389-1408, 2000.
- [23] J.W. Lee and S.H. Kim, "Using Analytic Network Process and Goal Programming for Interdependent Information System Project Selection," *Computers and Operations Research*, 27, 367-382, 2000.
- [24] M.A. Badri, D. Davis and D. Davis, "A Comprehensive 0-1 Goal Programming Model for Project Selection," *International Journal of Project Management*, 19, 243-252, 2001.
- [25] S. Yavuz and T.A. Captain, "Making Project Selection Decisions: A Multi-Period Capital Budgeting Problem," *International Journal of Industrial Engineering*, 9 (3), 301-310, 2002.
- [26] H. Aras, Ş. Erdoğan and E. Koç, "Multi-Criteria Selection for A Wind Observation Station Location Using Analytic Hierarchy Process," *Renewable Energy*, 29, 1383-1392, 2004.
- [27] E.W.L. Cheng and H. Li, "Analytic Network Process Applied to Project Selection," *J. Constr. Eng. Management*, 131 (4), 459-466, 2005.
- [28] G.H. Tzeng, C.W. Lin and S. Opricovic, "Multi-Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation," *Energy Policy*, 33, 1373-1383, 2005.
- [29] L. Dimova, P. Sevastianov and D. Sevastianov "MCDM in a Fuzzy Setting: Investment Projects Assessment Application," *Int. J. Production Economics*, 100, 10-29, 2006.
- [30] C. Yang and T. Wang, "VIKOR Method Analysis of Interactive Trade in Policy-Making," *The Business Review*, 6 (2), 77-85, 2006.
- [31] H. Liu and T. Yan, "Bidding-evaluation of construction projects based on VIKOR method", In *Automation and Logistics*, August 2007, IEEE International Conference on, 1778-1782.
- [32] B.B. Tripathy and M.P. Biswal, "A Zero-One Goal Programming Approach for Project Selection," *Journal of Information and Optimization Sciences*, 28 (4), 619-626, 2007.
- [33] I. Kim, S. Shin, Y. Choi, N.M. Thang, E.R. Ramos and W.J. Hwang, "Development of A Project Selection Method on Information

- System Using ANP And Fuzzy Logic,” *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, 3 (5), 2009.
- [34] İ.F. Gülenç and G.A. Bilgin, “Yatırım Kararları İçin Bir Model Önerisi,” *Öneri*, 9 (34), 97-107, 2010.
- [35] P. Aragonés-Beltrán, F. Chaparro-Gonzalez, J.P. Pastor-Fernando and F. Rodriguez-Pozo, “An ANP-Based Approach for The Selection of Photovoltaic Solar Power Plant Investment Projects,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 249-264, 2010.
- [36] J.R. San Cristóbal, “Multi-Criteria Decision-Making in The Selection of a Renewable Energy Project in Spain: The VIKOR method,” *Renewable Energy*, 36, 498-502, 2011.
- [37] S. Nandi, S. Paul and M. Phadtare, “An AHP-Based Construction Project Selection Method,” *Decision*, 38 (1), 91-118, 2011.
- [38] A. Kuru and B. Akın, “Entegre Yönetim Sistemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımına Yönelik Yaklaşımlar ve Uygulamaları,” *Öneri*, 10 (38), 129-144, 2012.
- [39] S. Ebrahimnejad, S.M. Mousavi, R. Tavakkoli-Moghaddam, H. Hashemi and B. Vahdani, “A Novel Two-Phase Group Decision Making Approach for Construction Project Selection in A Fuzzy Environment,” *Applied Mathematical Modelling*, 36, 4197–4217, 2012.
- [40] B. Bilgen and M. Şen, “Project Selection Through Fuzzy Analytic Hierarchy Process and A Case Study on Six Sigma Implementation in An Automotive Industry,” *Production Planning and Control*, 23 (1), 2-25, 2012.
- [41] S. Kaplan and F. Arıkan, “Hava Savunma Sektörü Tezgâh Yatırım Projelerinin Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Değerlendirilmesi,” *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5 (3), 23-33, 2012.
- [42] P. Aragonés-Beltrán, F. Chaparro-Gonzalez and J.P. Pastor-Fernando, “An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-Based Multi-Criteria Decision Approach for The Selection Of Solar-Thermal Power Plant Investment Projects,” *Energy*, 66, 222-238, 2014.
- [43] S. Dozic and M. Kalic, “An AHP Approach to Aircraft Selection Process,” *Transportation Research Procedia*, 3, 165-174, 2014.
- [44] N. Bedir and T. Eren, “AHP-PROMETHEE Yöntemleri Entegrasyonu ile Personel Seçim Problemi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama,” *Social Sciences Research Journal*, 4, 46-58, 2015.
- [45] P. Pangsri, “Application of The Multi Criteria Decision Making Methods for Project Selection,” *Universal Journal of Management*, 3 (1), 15-20, 2015.
- [46] K. Salehi, “A Hybrid Fuzzy MCDM Approach for Project Selection Problem,” *Decision Science Letters*, 4, 109–116, 2015.
- [47] T. Eren and E.H. Özder, “Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Bir İçecek Firması için Tedarikçi Seçimi”, In 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016), 3-5 November 2016, Alanya/Antalya-Turkey.
- [48] M. Hamurcu and T. Eren, “A Multicriteria Decision-Making for Monorail Route Selection in Ankara,” *International Journal of Industrial Electronics and Electrical Engineering*, 4 (5), 121-125, 2016.
- [49] Ş. Cihan, E. Ayan, T. Eren, T. Topal and E.K. Yıldırım, “Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Ekokardiyografi Cihazı Seçiminin Yapılması,” *HSP*, 4 (1), 41-49, 2017.
- [50] Ş. Gür, M. Hamurcu and T. Eren, “Ankara’da Monoray Projelerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama ile Seçimi,” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23 (4), 437-443, 2017.
- [51] M. Taş, Ş.N. Özlemiş, M. Hamurcu and T. Eren, “Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama Karma Modeli Kullanılarak Monoray Projelerinin Seçimi,” *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2, 24-42, 2017.
- [52] M. Hamurcu and T. Eren, "Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım İçin Bulanık AHP Tabanlı VIKOR Yöntemi ile Proje Seçimi”, *International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET 2017)*, 21-23 Eylül 2017, 874-885, Bayburt, Türkiye.
- [53] B. Uçakcıoğlu and T. Eren, “Hava Savunma Sanayii Yatırım Projesi Seçiminde Çok Ölçütlü Karar Verme ve Hedef Programlama”, 37. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi, 5-7 Temmuz 2017, 60, İstanbul, Türkiye.
- [54] M. Hamurcu and T. Eren, "Bulanık ANP Kullanılarak Raylı Sistem Projelerinin Önceliklendirilmesi”, *Transist 10. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*, 2-4 Kasım 2017, 89-97, İstanbul, Türkiye.



## Mapping of Airline Destinations According to Share Behavior in Social Media Using Multi-Dimensional Scale

Bahri Baran KOÇAK<sup>1\*</sup>, Özlem ATALIK<sup>1</sup>, Cem Burak KOÇAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, 26470, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

<sup>2</sup> Milli Eğitim Bakanlığı, Van, PhD, Anadolu Üniversitesi

### Abstract

With digital media becoming an important position in mass communication, information is shared and spread to those who use this media. Twitter in digital media is one of the most popular social media platforms that has come up with the combination of social network sites and blogs, with millions of members and the ability to share and spread information quickly. Sharing of information via electronic word of mouth (e-WOM) is one of the important issues that attract the attention of marketers. In this respect, this behavior of social media users is very important in sharing information by favorite or share of any posts on Twitter, as it is displayed by other users on their friends lists. This study aims to find out the location of each destination according to the share and reasons for recommendation of users by looking at the destinations that are shared by a scheduled Airline operating in Turkey on its official Twitter account in 2016. The study will reveal how city based destinations are in relation to others and the tendency of Turks to other destinations to be seen in concrete terms. By using multidimensional scaling analysis, the locations of destinations according to favorite and share statistics can be displayed in two dimensional space.

**Keywords:** Social media, Twitter, marketing, online, consumer behavior

### 1. Introduction

Social media, a reflection of online discourse, is a platform that allows people to create content in a network by tagging each other [1]. In other words, social media; "Social content websites that enable participants to express themselves in online environments, communicate, participate in groups and contribute to ideas, comments and publications in these environments" [11].

The internet, designed by Tom Truscott and Jim Ellis from Duke University in 1979 as a worldwide meeting point [10], has reached a level of interest in almost everybody in 2000 with the emergence of

social media [17]. Today there are 2.789 billion social media users in the world and this number is increasing every year. For example, the number of social media users compared to the previous year showed an increase of 482 million.<sup>2</sup> When we look at these intensive user statistics of social media, it is seen that consumers especially inform each other with online contents about products, brands, people or events [14].

Unlike traditional media channels, social media channels are bringing a new breath to marketing activities in terms of businesses, with the active role

\* Sorumlu Yazar: [bbkocak@anadolu.edu.tr](mailto:bbkocak@anadolu.edu.tr)

<sup>2</sup> <https://d1ri6y1vinkzt0.cloudfront.net/media/documents/We%20Ares%20Social%20Digital%20in%202016v02-160126235031.pdf>



of consumers on these platforms. Especially, the components of the promotion mix that are personal sales, advertising, promotion, public relations and direct marketing offer several advantages in creating different strategies for businesses with the use of social media.

From a sales perspective, the fact that people or groups are more easily convinced by the information they receive from social media about the product or service; when viewed from an advertising standpoint, the fact that the desire and need for the product spread rapidly and become accessible to most users; when viewed from the point of sale promotion, making campaigns for sharing; on the basis of public relations, responding to messages written, solving problems or activating units to solve, and finally establishing new sales channels through social media in terms of direct marketing puts the power on the marketing of online social platforms [11]. In this context, many businesses operate on almost every social media channel, and they inform about their products or services from their social media platforms. In this environment where digital communication of mouth communication is digital, it is very important for informing the product or service to reach everybody in terms of business purposes. Therefore, the popularity of the social media platform, the high number of users and site traffic are important indicators.

According to the research conducted by We Are Social, Facebook is emerging as the most active social media platform in the world today with 1,871 billion users. The research shows that Youtube is the second popular platform with 1 billion users, Instagram with 600 million, Tumblr with 550 million and Twitter with 317 million active users [18].








The aim of this study is to reveal the country and city-based locations of airline destinations that are recommended by airlines in their official twitter accounts in 2016 and to visualize of trends based on Twitter users' reasons for recommendation and sharing numbers. For this purpose, we use Multi-Dimensional Scaling (MDS).

The paper first discusses Twitter, retweet behaviour and the use of social media in Turkey, then the data set and method used in the analysis is illustrated and finally the results outline the findings of this research.

### 1.1. Twitter and Share Behavior

As a different practice of communication, Twitter is a microblogging service where individuals, groups, or masses chat among themselves with 140-character sentence, and this conversation reaches far more than its counterparts [4]. The core function of this social media platform, which has millions of users worldwide, are associated with RT-retweet, like, share, or comment on messages that people follow through or are not followed by their contacts through.

The most basic feature that distinguishes Twitter from other social media platforms like Facebook and MySpace is that follow-up action is not based on reciprocity. In other words, there is no obligation to follow the follower. This is entirely left to the discretion of the user [13]. The user profile must be publicly accessible or unblocked by the user so that the user can see each other's messages and express their opinions or feelings about these messages.

The basic symbols, letters and expressions used in the posts in Twitter include @, #, , , , , , , .

Costumers consume social media content, participate in discussions, share information and contribute to the actions of other consumers. These behaviors rapidly change the media and marketing infrastructure and interfere with the marketing of businesses [2, 7]. Because Twitter is a social media platform based on information and sharing, it is very important for companies that use social media actively to know the reasons behind these behaviors.

When looking at the sharing behaviour, it should be known that users are not responsible for all posts they retweet. Nevertheless, it can be considered that retweet behavior has different meanings depending on the social media use intentions of the people. For example; while users who use social media only for daily conversation show less tendency to retweet

behavior, some users retweet posts in order to join a chat or share information on the site. Other possible reasons underlying retweet or sharing behaviour can be specified as [4],

- To make the post more powerful and to reach new viewers,
- Entertaining or informing a specific audience or exhibiting an image,
- To comment or add new content on a post,
- To show that a user is a follower, listener,
- To show people that they have joined in an ideological or ideological sense as a community,
- To approve opinions of others
- Dating, loyalty or interest,
- Raising awareness of less popular people or less visible content,
- To gain mutual followers and
- To keep the tweet to reach again in the future.

**2. Material and Methodology**

Multidimensional Scaling (MDS) is a method of visualizing similarities or disparities between object pairs by reducing them to fewer dimensions in multidimensional space, providing measurements at distances between points, [3]. This method which are behavioural characteristics such as personal preferences, attitudes, tendencies, beliefs and expectations [15, 16]. For the use of the MDS, the number of data and variables must be high enough far beyond the manually calculation. Therefore, this analytical technique provides an interdivisional classification, making complex problems more understandable. It also removes the interdependent dependency structure so that the data can be examined at a smaller scale [6].

The relation between the n points and the geometric objects of n objects and the distances between them are calculated and the optimization of adaptation is made in MDS. The process consists of six steps:

Step 1: Data and variables are created by identifying the problem. When preparing the data matrix (Xij), all the data must be prepared on the same scale.

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & x_{p2} & x_{p3} \end{bmatrix}$$

Step 2: The distance between the points I and j at T-dimensional space is expressed by the following equation [12].

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{a=1}^t (x_{ia} - x_{ja})^2}$$

Step 3: The appropriate size of the probing is determined. The stress statistics values are used as reference when the size is determined. The smallest stress value specifies the size to be used for the solution. Stress values and eligibility criteria are shown below [12].

Stress	Eligibility Criteria
$\geq 0,20$	Incompatible
$0,10 < 0,20$	Low
$0,05 < 0,10$	Good
$0,025 < 0,05$	Excellent
$0,00 < 0,025$	Full

Step 4: The estimated distance matrix is obtained by one of the regression methods.

Step 5: The correspondence between the actual distance and the estimated distance values are determined by the stress statistics. The stress statistic and compliance index (R2) account is calculated as follows, [12]

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i < j} (d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{\sum_{i < j} d_{ij}^2}}$$

From the equation, the stress statistic should approach zero and the RSQ (R2) correlation coefficient should approach 1. RSQ is the percentage of the variance in the values between the points of interest.

Step 6: Drawing and interpreting coordinates in dimensions [9, 8 , 6].

In this study, it was attempted to determine the position of airline destinations served by Turkish Airlines with respect to each other by the relations between them. Destination locations were calculated considering the like, share and retweet variables for destinations that THY recommended

to their followers on the official social media account Twitter on January 1 - December 31, 2016.

Data are collected manually. These data and the countries / cities from which they are obtained are given in Table 1. The features of airline destinations

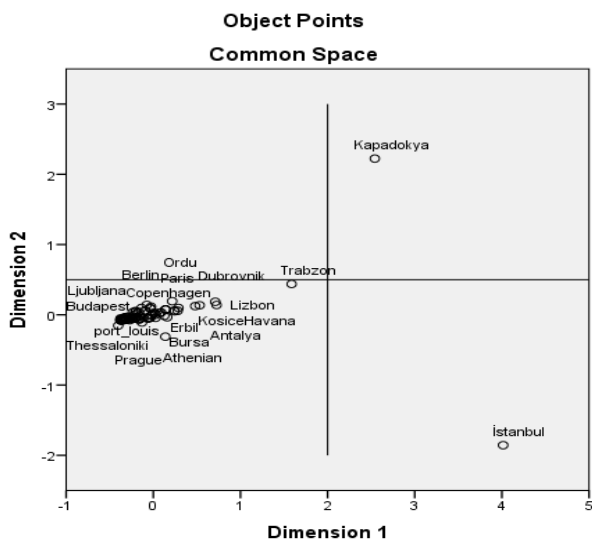
in the company's tweets are determined based on words like food, shopping, and so on.

**Table 1:** Countries and city-based destinations that THY recommended on its official Twitter account in 2016.

Country	City	Country	City
<b>Iran</b>		<b>Ukraine</b>	Kharkiv
<b>Greece</b>	Athenian	<b>Vietnam</b>	
	Thessaloniki	<b>Albania</b>	
<b>Croatia</b>	Dubrovnik	<b>Romania</b>	Cluj
<b>Slovakia</b>	Kosice	<b>Seychelles</b>	
<b>Slovenia</b>	Ljubljana	<b>Sharm El Seikh</b>	
<b>Hungary</b>	Budapest	<b>Azerbaijan</b>	Baku
<b>mauritius</b>	Port Louis	<b>Tatarstan</b>	Boiler
<b>South African Republic</b>	Cape Town		Moscow
<b>Ethiopia</b>	Addis Ababa	<b>Russia</b>	Novosibirsk
<b>Madagascar</b>	Antananarivo		Ufa
<b>Panama</b>		<b>Brazil</b>	Rio De Janerio
<b>Denmark</b>	Copenhagen	<b>Serbia</b>	Belgrade
<b>Czech Republic</b>	Prague	<b>Britain</b>	London
	Berlin		Madrid
<b>Germany</b>	Neuschwanstein	<b>Spain</b>	Barcelona
	Leipzig		Bilbao
	Cologne		San Sebastian
<b>Norway</b>	Lofoten Islands	<b>Italy</b>	Venice
<b>United Arab Emirates</b>	Abu Dhabi		Rome
	Dubai		Bologna
<b>Portugal</b>	Porto	<b>Sweden</b>	Stockholm
	Lisbon		new York
<b>Netherlands</b>	Amsterdam	<b>America</b>	Atlanta
<b>China</b>	Shanghai		Miami
	Pekin		San Francisco
<b>France</b>	Lyon	<b>Latvia</b>	Los Angeles
	Nice	<b>Cuba</b>	Riga (Latvia)
	Paris	<b>Japan</b>	Havana
	İstanbul	<b>Venezuelan</b>	Tokyo
	Nevşehir_Kapadokya	<b>Colombia</b>	Caracas (Venezuela)
	Trabzon	<b>Madagascar</b>	Bogota
	Antalya		Antananarivo
	Mardin	<b>Malta</b>	
	Kayseri	<b>Bosnia</b>	Sarajevo
	Erzurum	<b>Bulgaria</b>	Varna
<b>Turkey</b>	Pamukkale	<b>Kuwait</b>	
	Şanlıurfa	<b>Guinea</b>	Conakry
	Bursa	<b>Tanzania</b>	Zanzibar
	Ordu	<b>Sri Lanka</b>	Colombo
	İzmir	<b>Luxembourg</b>	
	Artvin	<b>Scotland</b>	Edinburgh
	Karabük	<b>Montenegro</b>	Podgorica
	Kapadokya	<b>Iraq</b>	Erbil

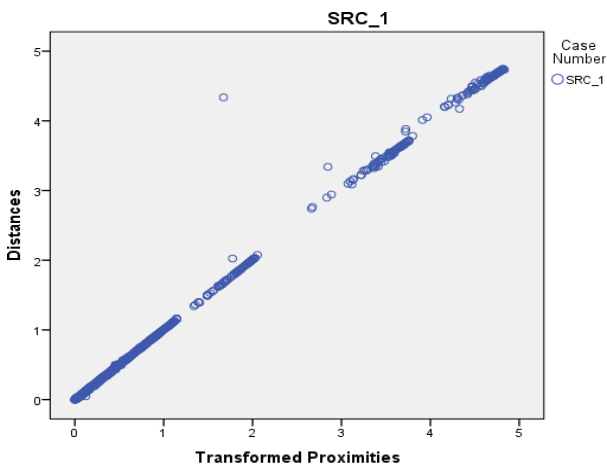
### 3. Results

Data are analysed with the PROXSCAL algorithm in the SPSS 24.00 package program. PROXSCAL is an algorithm that allows multi-dimensional objects to be displayed in less dimension in Euclidean space by taking the smallest squares of their distances to each other [5]. The country and city data generated from the sharing variables in the social media are transformed into the proximity matrix by the PROXSCAL algorithm and the map of the coordinates in the two-dimensional space based on the sharing values of countries that have been analysed by the MDS analysis (Table 2 and Figure 1) is obtained.



**Figure 1:** Two-dimensional space representation of trend cities based on likelihood, share and RT rates

The Shepard graph, which relationally describes the transformed proximities and distances among cities, is shown in Fig 2. There is a linear fit between the distance and the differences according to the graph.



**Figure 2:** Diagram of the relationship between distances and differences on city basis

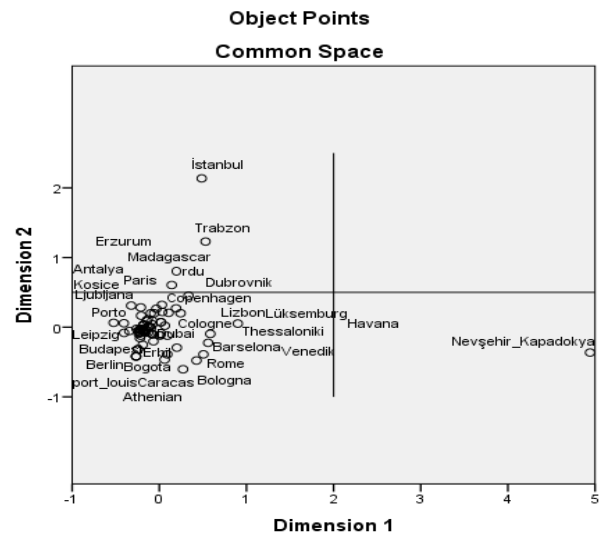
**Table 3:** Stress and reliability values.

Stress	R <sup>2</sup>
0,00243	0,99878

As a result of the analysis based on the number of likes, shares and RT on Twitter, the stress statistic in which the appropriateness of Shepard chart is determined is given in Table 3. It is seen that the analysis result shows full compliance and reliability.

Looking at Figure 1, it is seen that Cappadocia and Istanbul is sharply differentiated from other cities according to the share statistics (likes, shares and retweets) in social media.

City destinations that Turkish Airlines has recommended for various reasons in its official twitter account have been included in the scope of the study. Share numbers towards reasons for recommendations of cities were taken into consideration while preparing the data set. In this regard, the coordinates and the map of the two-dimensional space linked to the sharing values of city destinations are shown in Table 4 and Figure 3.



**Figure 3:** Two-dimensional space representation of city trends based on reasons for recommendations.

Transformed proximities and distances are shown in Figure 4. There is a close harmony between the distance and the differences according to the graph. As a result of the analysis based on the share numbers on Twitter, the stress statistics in which the appropriateness of the Shepard chart was determined are given in Table 5.

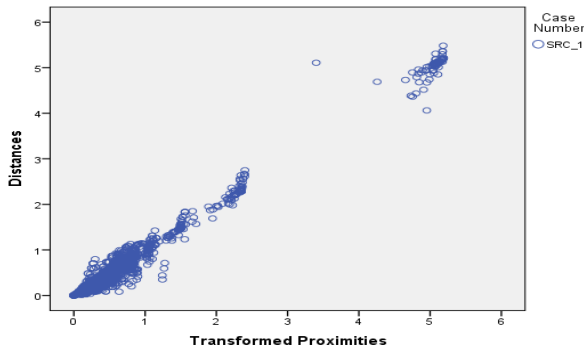
**Table2:** Coordinates of cities on two dimensional space based on likes, shares and RT.

Final Coordinates			Final Coordinates		
Cities	Dimension		Cities	Dimension	
	1	2		1	2
Athenian	0.138	-0.311	Şanlıurfa	-0.034	0.092
Thessaloniki	-0.352	-0.058	Bursa	0.126	-0.015
Dubrovnik	0.711	0.185	Ordu	0.531	0.136
Kosice	0.242	0.050	İzmir	0.245	0.062
Ljubljana	-0.234	0.038	Artvin	-0.167	-0.060
Budapest	-0.201	-0.051	Karabük_Safranbolu	-0.075	0.141
port_louis	-0.207	-0.047	Kapadokya	2.542	2.224
cape_town	-0.311	-0.069	Madrid	-0.222	-0.005
Addis_Ababa	-0.370	-0.075	Barselona	-0.243	-0.052
Madagascar	-0.367	-0.072	Bilbao	-0.031	-0.013
Podgorica	-0.370	-0.083	San_Sebastian	-0.318	-0.040
Erbil	-0.047	-0.047	Venedik	0.001	0.027
Copenhagen	0.022	0.026	Rome	-0.200	-0.037
Prague	-0.115	-0.039	Bologna	0.216	0.194
Berlin	-0.135	0.097	Stockholm	0.025	0.001
Neuschwanstein	-0.286	-0.063	New_York	-0.164	-0.070
Leipzig	-0.377	-0.052	Atlanta	0.280	0.057
Cologne	-0.155	-0.021	Miami	-0.147	-0.053
Lofoten Islands	-0.381	-0.074	San_francisco	-0.337	-0.043
Abu_Dhabi	-0.346	-0.075	Los_Angeles	-0.198	0.048
Dubai	-0.187	-0.033	Cluj	-0.225	-0.043
Porto	0.090	0.034	Baku	-0.239	-0.052
Lizbon	0.726	0.140	Boiler	0.141	0.075
Amsterdam	-0.362	-0.083	Moscow	0.141	0.075
Edinburg	-0.271	-0.077	Novosibirisk	0.141	0.075
Colombo	-0.288	-0.064	Ufa	-0.403	-0.153
Lüksemburg	0.074	0.028	rio_de_janerio	-0.341	-0.070
Sangay	-0.376	-0.075	Belgrade	-0.325	-0.067
Pekin	-0.164	0.040	London	-0.183	0.027
Lyon	-0.321	-0.066	Riga	-0.314	-0.068
Nice	0.026	-0.043	Havana	0.480	0.124
Paris	0.289	0.097	Tokyo	-0.337	-0.072
Harkiv	-0.263	-0.057	Caracas	-0.014	-0.004
İstanbul	4.015	-1.856	Bogota	-0.025	0.115
Cappadocia	-0.130	-0.109	Antananarivo	-0.372	-0.063
Trabzon	1.587	0.438	Sarajevo	-0.205	0.054
Antalya	0.159	-0.035	Varna	-0.309	-0.039
Mardin	-0.033	-0.041	Kuwait	-0.291	-0.026
Kayseri	-0.063	-0.054	Conakry	-0.326	-0.035
Erzurum	-0.062	-0.047	Zanzibar	-0.092	0.062
Pamukkale	-0.034	0.092			

**Table 4:** Coordinates of cities in two-dimensional space according to reasons for recommendations.

Final Coordinates			Final Coordinates		
Cities	Dimension		Cities	Dimension	
	1	2		1	2
Athenian	-0.067	-0.203	Şanlıurfa	-0.245	-0.316
Thessaloniki	-0.164	-0.062	Bursa	-0.221	-0.034
Dubrovnik	0.335	0.452	Ordu	0.142	0.605
Kosice	-0.212	0.283	İzmir	-0.081	0.095
Ljubljana	-0.525	0.063	Artvin	-0.131	0.113
Budapest	-0.076	-0.101	Karabük_Safranbolu	0.093	-0.122
port_louis	-0.078	-0.100	Kapadokya	-0.221	-0.034
cape_town	-0.113	0.005	Madrid	-0.146	0.092
Addis_Ababa	-0.181	-0.054	Barselona	0.560	-0.225
Madagascar	-0.221	-0.034	Bilbao	-0.261	-0.024
Podgorica	-0.184	-0.053	San_Sebastian	-0.181	0.034
Erbil	-0.227	-0.077	Venedik	0.585	-0.096
Copenhagen	0.034	0.219	Rome	0.506	-0.390
Prague	0.011	-0.118	Bologna	0.427	-0.479
Berlin	-0.221	-0.034	Stockholm	0.063	0.021
Neuschwanstein	-0.159	-0.040	New_York	0.020	0.072
Leipzig	-0.221	-0.034	Atlanta	0.091	-0.389
Cologne	-0.098	0.201	Miami	-0.081	0.041
Lofoten Islands	-0.187	-0.051	San_francisco	-0.187	0.023
Abu_Dhabi	-0.222	-0.065	Los_Angeles	0.108	0.206
Dubai	0.018	0.070	Cluj	-0.222	-0.157
Porto	-0.208	0.166	Baku	-0.100	-0.089
Lizbon	0.192	0.270	Boiler	-0.221	-0.034
Amsterdam	-0.094	-0.008	Moscow	-0.267	-0.420
Edinburgh	-0.215	-0.123	Novosibirisk	-0.267	-0.420
Colombo	-0.128	-0.077	Ufa	-0.267	-0.420
Lüksemburg	0.245	0.201	rio_de_janerio	-0.156	-0.074
Sangay	-0.186	-0.052	Belgrade	-0.122	0.003
Pekin	0.002	-0.116	London	-0.033	0.265
Lyon	-0.196	-0.023	Riga	-0.115	0.005
Nice	-0.221	-0.034	Havana	0.901	0.052
Paris	0.030	0.320	Tokyo	-0.137	-0.004
Harkiv	0.061	-0.466	Caracas	0.273	-0.604
İstanbul	0.486	2.136	Bogota	0.201	-0.294
Nevşehir_Kapadokya	4.943	-0.364	Antananarivo	-0.180	-0.055
Trabzon	0.531	1.229	Sarajevo	-0.344	-0.056
Antalya	-0.323	0.309	Varna	-0.178	0.040
Mardin	-0.060	0.199	Kuwait	-0.236	-0.094
Kayseri	-0.404	-0.082	Conakry	-0.225	-0.080
Erzurum	-0.406	0.057	Zanzibar	-0.189	-0.252
Pamukkale	-0.245	-0.316			





**Figure 4:** Transformed proximities and distances diagram.

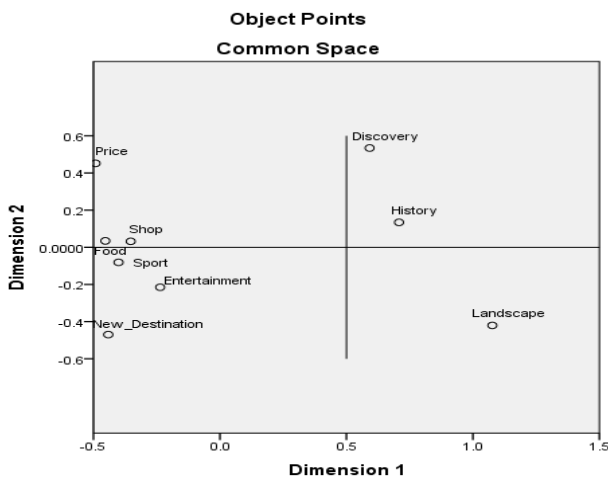
**Table 5:** Stress and reliability values

Stress	R <sup>2</sup>
0,0022	0,99892

The coordinates and the map of the two-dimensional space due to the highlighted features of the destinations are shown in Table 6 and Figure 5.

Table 6: Map of the two-dimensional space due to the highlighted features of the destinations

	Final Coordinates	
	Dimension 1	Dimension 2
History	0.708	0.134
Landscape	1.077	-0.420
Price	-0.492	0.452
Discovery	0.592	0.534
Entertainment	-0.236	-0.215
Food	-0.453	0.034
Sport	-0.401	-0.081
Shop	-0.353	0.032
New_Destinations	-0.441	-0.470



**Figure 5:** Two-dimensional space representation of reasons for recommendations.

Figure 6 shows the transformed proximities and distances among the highlighted features of the destinations.



**Figure 6:** Transformed proximities and distances diagram.

Table 7 shows the stress statistics for which the appropriateness of the Shepard chart was determined as a result of the analysis based on the number of shares.

**Table 7:** Stress and reliability values

Stress	R <sup>2</sup>
0,02459	0,99414

Looking at Figure 5, it is seen that the destinations are completely separated from the others due to the price, discovery, history and landscape.

On the other hand, food, entertainment, sports, shopping and entertainment appear to have been similarly exposed and shared by Twitter users. Depending on the reasons for the recommendation, the discovery, the history and the landscape have come close to each other.

#### 4. Conclusions and Implications

Social media, an indispensable element of digital communication, and the online behavior of people using this media are also sources of new marketing strategies for businesses. Among the increasingly popular applications of social media, Twitter is transforming into a platform where millions of active users and constantly flowing data traffic can instantly get feedback about businesses' products and services. Therefore, consumers' and customers' reactions to the visual and written content of the

companies they submit to the followers from the official Twitter addresses are very important.

The information about how businesses liked and shared their products on social media was evaluated as a reference point in the product-oriented approach in this study and tried to reveal the general tendency of social media users. In this direction, we analysed the destinations offered by Turkish Airlines on its official Twitter account to its followers in 2016, based on the reasons for the recommendation and share statistics.

According to the results of the analysis, it is seen that Cappadocia and Istanbul are sharply separated from other destinations. Thus, it is seen that the two destinations are more appreciated by Turkish users. So, it would be appropriate to concentrate social media promotional activities in these two cities, which are more popular by users. When the results are considered with the demonstration of the reasons for recommendation in the two-dimensional space, it appears that price, discovery, history and landscape elements are at the forefront. This refers to the tendency of followers to share destinations made by promoting these elements. Another insight gained from the study is the formation of a cluster of food, shopping, sports and recreational activities. It would be useful for airline companies to use these elements together when promoting destinations in their social media accounts. In addition, cities such as Trabzon and İstanbul, which stand out with price. Discovery and history, have been observed to be clustered in the same places. Landscape is separated from other reasons for recommendations. Cappadocia seems to be closer to this factor, discovery and history. Given the destinations in American continent and Europe, it appears that the reasons for food, sports and entertainment are related to sharing.

We assume that this study, which is about how share statistics in social media positions products and services in two-dimensional space, will contribute to both the data set and the multivariate statistical methods.

Similar social media data are analysed with different statistical techniques and the results put into the literature in the ongoing studies.

## 5. Symbols

@: This symbol identifies the user name. By putting this symbol at the beginning of the user's name, users can find other users they are looking for, or they can share by referencing them.

#: This symbol, referred to as a hashtag, is placed before the letters or words to allow messages to be seen by people who are not followers of the user.

↪ : It allows users to re-share each other's messages in a way that people on the follower lists can see.

♥ : Users who say that they like the messages sent.

↩ : This is the symbol that allows person who replies or comments about the entire person who is referenced by the @ symbol in the content.

📷 : This is the symbol that adds photographs or videos to the message.

📺 : It allows to add animated pictures called GIF (Graphics Interchange Format) to the message.

🗳️ : It is a symbol that allows to place small questionnaires in the message for the purpose of what other users vote.

📍 : It allows to add geographic location of the user in the message

## References

- [1] S, Asur, and B, Huberman, "Predicting The Future With Social Media," In *Web Intelligence And Intelligent Agent Technology (WI-IAT), 2010 IEEE/WIC/ACM International Conference On*, 1, p. 492-499, 2010, August.
- [2] P. R, Berthon, L, Pitt, and Campbell C, "When Customers Create The Ad," *California Management Review*, 50(4): 6-30, 2008.
- [3] I, Borg, and P. J, Groenen, *Modern Multidimensional Scaling: Theory And Applications*. New York, USA: Springer Science & Business Media, 2005.
- [4] D. Boyd, S. Golder, and G. Lotan, "Tweet, Tweet, Retweet: Conversational Aspects Of Retweeting On Twitter," In *System Sciences (HICSS), 2010 43rd Hawaii International Conference On* (p. 1-10). IEEE. (2010, January).
- [5] F. M. T. A. Busing, J. J. Commandeur, W. J. Heiser, W. Bandilla, and F. Faulbaum, "PROXSCAL: A Multidimensional Scaling Program For Individual Differences Scaling With Constraints," *Softstat*, 97, 67-74, 1997.

- [6] S. Bülbül, and A. Köse, "Türkiye'de Bölgelerarası İç Göç Hareketlerinin Çok Boyutlu Ölçekleme Yöntemi İle İncelenmesi," *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 39(1), 75-94, 2010.
- [7] K. Heinonen "Consumer Activity İn Social Media: Managerial Assroaches To Consumers' Social Media Behavior," *Journal Of Consumer Behaviour*, 10(6), 356-364, 2011.
- [8] Ş. Kalaycı, SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Teknikleri. İstanbul, Türkiye: Asil Yayın Dağıtım Ltd., 379-396, 2005.
- [9] J.F. Hair, R.E. Anderson, R. L. Tatham, W. C. Black, *Multivariate Data Analysis. (Fifth Edition)*, Prentice-Hall Inc., USA, p. 536-539, 1998.
- [10] A. M. Kaplan, and M. Haenlein, "Users Of The World, Unite! The Challenges And Ossortunities Of Social Media," *Business Horizons*, 53(1), 59-68, 2010.
- [11] Y. Köksal, and Ş. Özdemir, "Bir İletişim Aracı Olarak Sosyal Medya'nın Tutundurma Karması İçerisindeki Yeri Üzerine Bir İnceleme," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi and İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1), 2013.
- [12] J. B. Kruskal, "Multidimensional Scaling By Optimizing Goodness Of Fit To A Nonmetric Hypothesis," *Psychometrika*, 29(1), 1-27, 1964.
- [13] H. Kwak, C. Lee, H. Park, and S. Moon, "What İs Twitter, A Social Network Or A News Media?," In *Proceedings Of The 19th International Conference On World Wide Web* (pp. 591-600). ACM. 2010, April
- [14] W. G. Mangold, and D. J. Faulds, "Social Media: The New Hybrid Element Of The Promotion Mix," *Business Horizons*, 52(4), 357-365, 2009.
- [15] A. Oğuzlar, "Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi Yardımıyla Avrupa Birliği Üyelğini Etkileyen Faktörlerin Konumlandırılması", *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(1), S. 33-43, 2005.
- [16] Ş. Tüzüntürk, "Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi: Suç İstatistikleri Üzerine Bir Uygulama," *Uludağ Üniversitesi İktisadi and İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(2), 71-91, 2009.
- [17] Z. B. A. VURAL, and M. Batb, "As A New Communication Environment: A Research On Ege University Faculty Of Communication," *Journal Of Yasar University*, 20(5), 3348-3382, 2010.
- [18] We Are Social, "http://wearesocial.com/uk/blog/2017/01/digital-in-2017-global-overview". [Date of Access: 24.10.2017]



## Stratejik Yönetim Kapsamında Küresel Havayolu İşbirliklerinin SWOT Analizi†

Engin KANBUR<sup>1\*</sup>, Harun KARAKAVUZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sivil Havacılık Yüksekokulu, Kastamonu Üniversitesi.

<sup>2</sup> Sivil Havacılık Yüksekokulu, Bülent Ecevit Üniversitesi.

### Özet

Teknolojisi sürekli değişen ve gelişen havayolu işletmeleri küresel bir oyuncu olarak hayatta kalabilmek ve rekabetçi avantajını koruyabilmek için güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditlerini farkına varmalı ve stratejik analizlerini bu doğrultuda yapmalıdırlar. Bu çalışmada, küresel havayolu işbirlikleri (Star Alliance, Oneworld, Skyteam)'nin SWOT analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda küresel işbirliklerinin havayolu işletmelerinin uçuş ağlarını genişletme, riskleri paylaşma, karlılıklarını artırma, maliyetleri düşürme gibi birçok güçlü yönünün olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra taahhüt edilen kesintisiz seyahati zaman zaman sağlayamama, bilgi teknolojileri arasındaki uyum sorunları nedeniyle aksaklıklar yaşama, işbirliğinin gerçek anlamda faydasını ölçememe gibi zayıf yanlar da ortaya çıkmıştır. Çalışma kapsamında ortaya çıkan diğer bir sonuç ise küresel işbirliklerinin fırsatlarına yönelik olmuştur. Küresel havayolu işbirliklerinin havayolu işletmelerine ölçek ekonomisine ulaşmada yardımcı olmak, ortak satın alım faaliyetleri sayesinde maliyet avantajı elde etmek gibi birçok fırsat sunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, üyeler arasındaki zayıf uyum sağlama sorunları nedeni ile tüketici güveninin sarsılabileceği, düşük maliyetli taşıyıcıların her geçen gün yükselişe geçebileceği gibi tehditler de analizler sonucunda ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Stratejik Yönetim, SWOT Analizi, Küresel Havayolu İşbirlikleri.

## A Comparative Swot Analysis of Global Airline Alliances within The Scope of Strategic Management

### Abstract

Airline companies whose technology are constantly changing and evolving should identify their strengths-weaknesses and opportunities-threats and maintain their strategic analysis in this direction in order to survive as a global player and protect their competitive advantage. In this study, SWOT analysis of the global airline alliances (Star Alliance, Oneworld, Skyteam) are performed. Results of the analysis show that global airline alliances have many strengths such as, expanding their flight networks, sharing risks, increasing profitability and reducing costs. However, results also show that they have weaknesses such as, not providing uninterrupted undertaken travelling time to time, having difficulties due to compatibility problems between information technologies, not measuring the benefits of cooperation in a real sense. Another result emerged in the context of the study is related with the opportunities of global alliances. It identified that global airline alliances provide many opportunities to airline companies such as, helping airline companies to make them reach economy of scale and gaining cost advantage by means of shared purchasing activities. Moreover, some threats such as, reducing consumer confidence due to weak integration among members, rising low-cost carriers day by day are also emerged as a result of the analysis.

**Key Words:** Strategic Management, SWOT Analysis, Global Airline Alliances.

\*Sorumlu Yazar: ekanbur@kastmonu.edu.tr

† Bu çalışma, 3. Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi'nde sunulan bildirinin genişletilmiş halidir.

## 1. Giriş

Havacılık, gerçekleştirilen faaliyetlerin kapsamı ve önemi bakımından küresel, ileri teknoloji kullanan, yüksek maliyetli, rekabetin yoğun olarak yaşandığı karmaşık bir hizmet sektörüdür. Küreselleşme olgusu ile birlikte ortaya çıkan serbestleşme eğilimleri, yüksek maliyetler, düşük bilet ücretleri, kısıtlayıcı yasa ve yönetmelikler, stratejik işbirlikleri, güvenlik ihtiyaçları ve çevre bilinci havacılıkta rekabeti daha ileri seviyelere götürmektedir [1]. Havayolu işletmelerinin mevcut durumlarını korumak ve sürdürülebilir bir rekabet avantajı kazanmak için küresel stratejik işbirlikleri içerisinde bulunmaları ömürlerinin uzun olması açısından önemlidir. Maliyetlerini azaltmaları, uçuş noktalarını genişletmeleri, tecrübe, teknoloji ve bilgi paylaşımı sağlamaları, ortak bir sinerji yaratmaları, müşteri memnuniyeti sağlamaları, belirsizliği kaldırıp riski yönetebilmeleri için stratejik işbirlikleri havayolu işletmeleri için bir zorunluluk göstermektedir. Hava taşımacılığı oldukça hızlı biçimde büyüyen bir sektör olarak göze çarpmaktadır ve sektöre yönelik özelleştirme politikaları işletmelerin bu sektöre yönelme arzusunu arttırmıştır. Diğer yandan havayolu işletmeleri arasında daha rahat, daha ekonomik ve daha güvenilir biçimde yolcu taşıma konusunda artan rekabet havacılık alanında işletmeciliğe dair farklı ve modern uygulamalara yönelme, yani farklı ve doğru stratejiler oluşturma zorunluluğunu doğurmuştur [2].

Havayolu işletmelerinin günümüz iş dünyasındaki rekabetçi durumlarla başa çıkmaya çalışırken verecekleri kararların oluşmasındaki en büyük yardımcıları içinde buldukları durumu tüm yönüyle değerlendirmeleri ve analiz etmeleri olacaktır. Bu durum, teknolojileri sürekli gelişen ve sürdürülebilir rekabet ortamları değişen havayolu işletmeleri için de güçlü ve zayıf yönleri ile çevrelerindeki fırsatların ve tehditlerin farkına varmaları açısından önemli olduğu kadar küresel stratejik işbirlikleri için de oldukça önemlidir. Küresel işbirlikleri kendi mevcut gücünü ve zayıf yönlerini iyi analiz etmesi gelecekte olası krizleri fırsata dönüştürmede ve riskleri iyi yönetebilmede etkili olabilmektedir. Aynı zamanda işletmelerin çevresinde olup bitenleri, rakiplerinin rekabet gücünü, genel yasal ve ekonomik durumları iyi

analiz etmesi hem fırsatları yakalamasına hem de tehditleri fark edip ona göre strateji geliştirmelerini sağlayabilmektedir.

## 2. Literatür Taraması

### 2.1. Havayolu İşletmelerinde Stratejik Yönetim ve Stratejik Analiz

Havayolu işletmeleri, sınırların kalktığı, rekabetin acımasızlaştığı, değişim ve dönüşümün hızlı yaşandığı günümüz küresel iş hayatında sürdürülebilir rekabet avantajı sağlamak ve hayatta kalmak için yönetim anlayışına daha stratejik bakmalıdırlar. Bu bölümde, çağdaş yönetim yaklaşımlarından biri olan stratejik yönetim kavramına ve havayolu işletmelerinin sürdürülebilir rekabet avantajı sağlayabilmesi ve geleceğe dönük planlamalar yapabilmesi için gerekli olan stratejik analiz kavramına yer verilmektedir.

#### 2.1.1. Havayolu işletmelerinde stratejik yönetim

Stratejik yönetim kavramını tanımlamadan önce strateji sözcüğünün anlaşılması konunun daha iyi kavranması açısından önem arz etmektedir. Strateji, oldukça eski kökeni olan bir kavramdır ve ilk insan topluluklarının siyasi ve askeri rekabetlerinden bugüne kullanıldığı belirtilmektedir. Strateji kelimesinin kökeni Latince’de çizgi, yol ve nehir yatağı anlamlarında kullanılan “stratum” a dayanmaktadır. Kelime olarak eski Yunan generali Strategos adına atfen kullanıldığı ve onun savaştaki bilgisini ve sanatını ifade ettiği de kaynaklarda belirtilmektedir. Kelime anlamı “sevk etme, yöneltme ve götürme” olarak açıklanabilen strateji, yüzyıllarca askeri sözcük olarak ele alınmıştır [2]. Strateji, örgüt amaçlarına ulaşmak için rekabetçi çevre ile etkileşimi belirleyen büyük ölçekli geleceğe dönük planlar olarak tanımlanmaktadır. Strateji, bir örgütün oyun planıdır. Bu plan gelecekte kullanılacak her şeyi (insan, hammadde, sermaye vb.) içermekte ve yönetsel kararlar için bir temel teşkil etmektedir [3].

Zaman içindeki tutarlılık olarak belirtilen strateji sözcüğü uzun süredir var olan ve araştırmacılar tarafından sıklıkla konuşulan bir kavramdır [4]. Strateji kavramını anlamak ve tanımlayabilmek için strateji ile bağlantılı bazı kavramları (unsurları) anlamak gerekmektedir. Bu kavramlar; amaç, misyon, vizyon, ilkeler, politikalar, sektör seçimi,

hedefler, güçlü yanlar, zayıf yanlar, tehditler, fırsatlar, kritik başarı faktörleri, önemli kararlar, kritik ihtiyaçlar, çekirdek yetenekler, planlama, uygulama, sürdürülebilir rekabet avantajı olarak belirtilebilir [5,6]. Strateji kavramını, üst yönetimin örgütün misyon ve hedeflerine uygun sonuçlar elde etmek için hazırladığı planlar ve uygulamalar olarak da tanımlamak mümkündür [7]. Stratejinin özünde, rekabeti anlamak ve onunla başa çıkmak vardır [8]. Yani stratejinin temeli, örgütün yaptığı faaliyetlerdir ve bu faaliyetleri farklı şekilde yapmayı veya rakiplerinden farklı faaliyetlerde bulunmayı seçmektir [9]. Bu bağlamda strateji havacılık ve havayolu işletmeleri için kritik öneme sahiptir.

Değişen iç ve dış çevre şartlarının ortaya koyduğu küresel rekabet ortamında havayolu işletmelerinin faaliyetlerini sürdürerek hedeflediği amaçlarına ulaşabilmesi ve başarılı olabilmesi her geçen gün zorlaşmaktadır. Bu değişen ve gelişen rekabet ortamında örgütlerin başarılı olabilmesi ve sürdürülebilirliklerini sağlayabilmesi stratejik yönetimin esas konusunu oluşturmaktadır [10]. Stratejik yönetim; örgütte yürütülen tüm faaliyetlerin planlanması, uygulanması, değerlendirilmesi ve örgütün dış çevresi ile uyumunun sürdürülmesini amaçlayan, stratejilerin geleceğe uygun, planlı, değişim ve dönüşüme ayak uydurarak yenilenmesini sağlayan oldukça geniş ve kapsamlı bir süreçtir [11,12]. Stratejik yönetim, örgütün belirlediği ve ulaşmayı amaçladığı planların oluşturulması ve hayata geçirilmesiyle ortaya çıkan kararlar ve faaliyetler olarak da belirtilmektedir [3]. Diğer bir yaklaşımla stratejik yönetim, örgütün uzun vadede hayatını sürdürebilmek, rakipleri ile rekabet edebilmek ve ortalama kardan daha fazlasını sağlayabilmek için mevcut üretim faktörlerini etkili ve verimli bir biçimde kullanılmasındır [13]. Ayrıca, örgütün rekabet temelli faaliyetlerinin ve yöneticilerin bu faaliyetlerde yararlandıkları yaklaşımlarının bütününe içeren çağdaş bir yönetim yaklaşımıdır [14].

Havayolu işletmeleri amaçlarına ulaşmak için sürdürülebilir rekabet avantajı sağlamak isterler. Rekabet avantajı sağlamanın ve sürdürülebilir kılmanın yolu sadece strateji geliştirmek değil, onu yönetmek yani stratejik yönetimidir. Kısaca stratejik

yönetim, işletmelerin uzun dönemde var olabildiğini sağlayan büyük ve kritik kararlar ile ilgilidir [15]. Stratejik yönetim teorisi, örgütler tarafından oluşturulan doğru stratejilerin hem riskleri azalttığını hem de rekabet avantajı için fırsatları arttırdığını belirtmektedir [16,17]. Stratejik yönetim anlayışı bir süreçtir ve hiçbir zaman bitmez. Çünkü hızla değişen çevresel koşullar havayolu işletmeleri için yeni fırsatlar ve tehditler getirmektedir. Bu tehdit ve fırsatlara uygun çözüm yolları bulmak, davranış kalıpları sergilemek işletmelerin sahip oldukları güçlü ve zayıf yönlerine bağlıdır [13]. Havayolu işletmelerinde stratejik yönetimin başarı anahtarı, dönüşümün ne zaman gerekli olduğunu bilmek ve dönüştürme sürecini etkili bir şekilde yönetme iradesine ve yeterliliğine sahip olmaktır [5].

### 2.1.2. Stratejik analiz

Havacılıkta dinamik stratejik yönetim sürecinin ilk basamağını stratejik analiz oluşturmaktadır. Stratejik analiz; işletmenin amaçlarının yeniden tanımlanmasını, bu amaçlara uygun stratejilerin seçilmesini ve gerek işletmenin iç çevresini gerekse de dış çevresinin incelenmesine yönelik çabalarını diğer bir deyişle işletme-çevre etkileşiminin analiz edilmesini kapsamaktadır [18]. İşletmeler; stratejik analiz sonucunda elde ettikleri bulgular ışığında, sürdürülebilir rekabet avantajına sahip olmak ya da elde bulunan avantajlarını koruyabilmek amacıyla uzun dönemli planlarını hazırlayabilecek, stratejilerini geliştirebilecek, geliştirdikleri stratejileri programlar, bütçeler ve yöntemler yoluyla uygulamaya koyabilecek, değerlendirebilecek ve faaliyetlere ve sonuçlara dönüştürebileceklerdir [19]. Stratejik analiz sürecinde ilk olarak işletmenin dış çevresi devamında ise işletmenin iç çevresi yani kendisi incelenmektedir. Dış çevre analizi işletmenin faaliyetlerini sürdürdüğü işletme dışındaki çevresinde oluşan fırsat ve tehditleri, iç çevre analizi ise işletmenin kendi bünyesinde mevcut olan güçlü ve zayıf yanlarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu faktörleri aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür [20-24,13]:

**Güçlü yönler (Strength),** havayolu işletmelerinin faaliyet gösterdiği çevrede rakiplerine oranla daha etkili, verimli ve hâkim durumda olmasıdır. Havayolu işletmelerinin

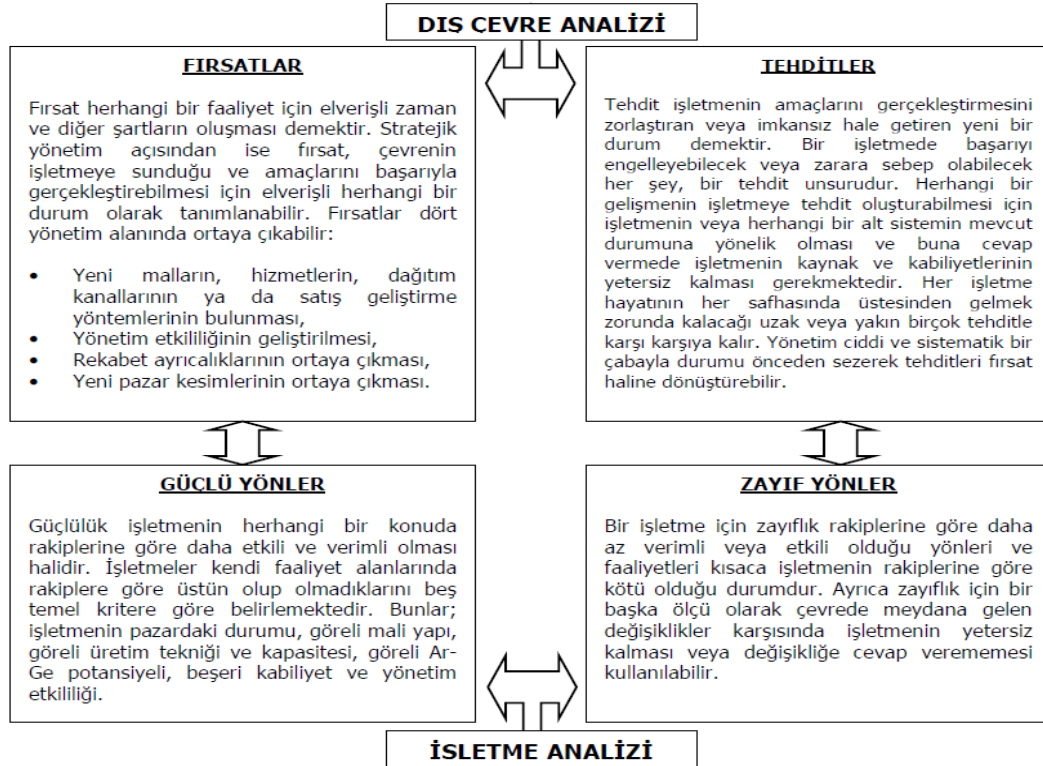
faaliyet sahalarında rakiplerine kıyasla bir üstünlük sağlayıp sağlamadığı beş temel faktöre göre belirlemektedir. Bunlar; işletmenin sektördeki durumu, mali yapısı, üretim tekniği ve kapasite durumu, Ar-Ge potansiyeli, insan sermayesi ve yönetimin kabiliyeti olarak belirtilmektedir.

**Zayıf yönler (Weakness)**, işletmenin güçlü yönlerinin tersine faaliyet gösterdiği alanlarda rakiplerinden daha etkisiz, verimsiz ve zayıf ve/veya kötü olduğu durumlardır. Buna ek olarak işletmenin çevresinde oluşan değişim ve dönüşüme ayak uyduramaması, yetersiz kalması işletmenin zayıf yönü(leri) olarak da belirtilmektedir.

**Fırsatlar (Opportunity)**, dış çevrenin analiz edilmesi sonucunda havayolu işletmeleri için olumlu ve avantajlı sonuçlar yaratabilecek unsurlardır. Ancak dış çevre şartları dinamik bir yapıya sahip olduğundan işletmelerin söz konusu fırsatları anlaması ve yakalaması bazı yeteneklere sahip olmasına ve rakiplerine üstünlük sağlamasına bağlıdır.

**Tehditler (Threat)**, havayolu işletmelerinin varlığını sürdürmesine engelleyebilecek, rekabet üstünlüğünü kaybetmesine sebep olabilecek faaliyet çevresindeki değişimler sonucu ortaya çıkan, işletme için arzu edilmeyen, istenmeyen ve sıkıntı yaratabilecek oluşumlardır.

Dış ve iç çevre analizi beraber incelendiğinde, işletme ve çevre arasındaki etkileşimi değerlendirme olanağı vermekte ve birçok işletme bu etkileşimi değerlendirmek için SWOT analizi denilen yöntemden faydalanmaktadır. SWOT analizi, işletmenin ileride yapacağı işleri öngörüp, tasarlamak ve mevcut problemleri tanımlamak amacıyla kullanılan etkin bir araçtır [25]. SWOT analizi, yöneticilere işletmenin mevcut durumu ile geleceğe yönelik rotasının belirlenmesinde mantıksal bir değerlendirme imkânı sunmaktadır. Bu değerlendirme imkânını oluşturulması, çoğunlukla yönetim ekibinin sık sık bir araya gelmesini ve grup tartışma ortamının yaratılmasını gerektirmektedir [26].



Şekil 1. İç ve Dış Çevre Analizi

Kaynak: Kanbur, A. ve Kanbur, E. (2008). İskender Dede'nin 150 Yıllık Markası Kebapçı İskender'in Stratejik Analizi. 3. Aile İşletmeleri Kongresi, İstanbul.



SWOT kelimesi bazı İngilizce kelimelerin baş harflerinden oluşturulmuş bir kısaltmadır. Bunlar; Strength, Weakness, Opportunity ve Threat kelimeleridir [27,28]. SWOT analizi oluşturulurken SW (Strength- Weakness) listesi ve OT (Opportunity-Threat) listesi olmak üzere iki farklı liste hazırlanmaktadır. SW listesi işletmelerin sahip olduğu kaynak ve kabiliyetlere bağlamında, güçlü ve zayıf olduğu başlıca yönlerini anlatmaktadır. OT listesi ise işletmeleri bir fırsat ya da tehditle karşı karşıya bırakan çevre şartları ve meydana gelen sürekli değişimleri anlatmaktadır [29]. SWOT analizi işletmeler için karar almada oldukça önemli, destekleyici bir araçtır [30,31].

	Strengths	Weaknesses
Opportunities	SO	WO
Threats	ST	WT

Şekil 2. SWOT Matrisi

SWOT analizi sırasında Şekil 2’de görülen SWOT matrisinden yararlanılabilir. SWOT matrisinde işletmenin iç ve dış çevresel faktörleri tanımlanmakta ve eşleştirilmektedir. Örneğin; yeni bir stratejik girişimi harekete geçirmek amacıyla fırsatların güçlü yönler ile eşleşmesi veya karşılaştırılmasıdır. SWOT matrisi ile ortaya çıkabilecek alternatif stratejiler yukarıdaki Şekil 1’de görülmektedir. Böylece işletmelerin kendileri için en önemli ve değerli olan stratejiyi tanımlamaları ve öncelikli stratejilerini bu doğrultuda uygulamaya geçirmeleri SO–ST–WO–WT karelerine bağlı olarak değişecektir [32].

## 2.2. Küresel Havayolu İşbirlikleri

Dinamik iş yaşamında havayolu işletmeleri; ileri teknoloji, artan rekabet ve sektördeki hızlı değişim süreci sonucunda sürdürülebilir rekabet avantajı sağlamak için yeni politikalar ve stratejiler oluşturmak ve uygulamak durumundadırlar. Havayolu işletmeleri uçuş ve yer emniyetinden taviz vermeden, hizmetlerinde kaliteyi devamlı arttırmak, rekabeti sürdürmek, maliyetlerini azaltmak, değişim ve dönüşüme ayak uydurmak

için doğru stratejiler oluşturmalı, uygulamalı ve devamlı olarak geliştirmelidirler [33]. Bu stratejilerin en önemlilerinden birisi de stratejik işbirlikleridir. Stratejik işbirlikleri, iki ya da daha fazla işletmenin yeni bir ad ve kimlik altında bir işletme kurmadan sadece belirli varlık ve yeteneklerini beraberce kullanarak önem verdikleri belirli amaçlara oluşabilmek için anlaşmaya dayalı işbirliği yapmaları olarak tanımlanabilir [13].

Havayolu işletmeleri stratejik işbirliği türleri ile birden fazla ortak ticari faaliyet gerçekleştirebilmektedir. Stratejik işbirliği, işletmeler arasında çeşitli şekillerde ortaya çıkan dayanışma ve kaynak birleştirme faaliyetinin genel adıdır [34]. Stratejik işbirliğinin amacı üretim, Ar-Ge ve pazarlama gibi konularda sinerji oluşturarak, yeni pazarlara girme, üretim maliyetlerini düşürme, yeni teknolojileri kısa sürede kullanma, yeni değer yaratma ve yasal ticari engellerin etkisini hafifletmektir [34,35]. Bu bağlamda havayolu işletmeleri arasında işbirliği yapılmasının nedenleri şu şekilde sıralanabilir; rekabetin küreselleşmesi, kısıtlamaların kaldırılması, ölçek ve kapsam ekonomilerinden faydalanmak, risk ve maliyetleri paylaşmak ve azaltmak, psikolojik nedenler [36], hizmet kalitesinin artırılması, yolcu talebinin ve işletme gelirlerinin artırılması, pazar gücünün elde edilmesi, rekabetçi üstünlük sağlanması [37]. Havayolu işletmeleri arasında farklı işbirliği türleri kullanılarak bu gelişmelerin daha hızlı gerçekleşmesi hedeflenmektedir. Havayolu işletmelerinin en sık kullandığı işbirliği türleri; kod paylaşımı (code-sharing), sık uçan yolcu programı (frequent flyer program) paylaşımı, ortak girişimler (joint venture), havuz anlaşmaları (pool agreements), pazarlama işbirlikleri [35,38,39] ve Porter [40]’ın rekabet stratejileri olarak adlandırdığı stratejilerden biri olan farklılaşma stratejisi uygulayan havayolu işletmelerinin kullanmış olduğu küresel havayolu işbirlikleri olarak sıralanabilir.

Stratejik işbirliği modellerinden en kapsamlı ve en büyüğü elbette küresel havayolu işbirlikleridir. Küresel havayolu işbirliklerinin havayolu işletmelerine esas faydaları kısıtlamalar (havayolu sahipliği, trafik hakları vb.) nedeniyle ulaşılamayan pazarlara erişim ve giriş, maliyetleri düşürme, ölçek ekonomisine ulaşabilme imkânı, talebe dayalı

fiyatlamının ve uçuş programının daha kolay yapılabilmesi, endüstrinin şeklini yeniden şekillendirebilme ve yeni oluşacak bariyerleri aşabilme imkânı sağlaması olarak sıralanabilir [41,42].

Havayolu işletmeleri için belirtilen faydaların yaratılmasının yanında küresel havayolu işbirlikleri yolculara da çeşitli faydaları beraberinde getirmektedir. Bu faydalar yolcuların daha iyi ağ yapısına erişimi, kesintisiz seyahat, üye havayolu işletmelerinin havaalanlarındaki bekleme salonlarını (lounge) kullanabilme, daha düşük bilet fiyatı ve üye havayolu işletmelerinin sık uçan yolcu programlarından yararlanabilme olarak sıralanabilir [43].

Küresel olarak faaliyet gösteren üç büyük küresel havayolu işbirliği grubu bulunmaktadır. Bunlar; Star Alliance, SkyTeam ve Oneworld işbirliği gruplarıdır. Tablo 1’de küresel olarak faaliyet gösteren havayolu işbirliği grupları ve bazı özellikleri görülmektedir.

**Tablo 1.** Küresel Havayolu İşbirlikleri ve Özellikleri

Özellikler	Küresel Havayolu İşbirlikleri <sup>1</sup>		
	Star Alliance	Sky Team	One World
Üye Sayısı	28	20	15
Uçak Sayısı	4631	4150	3500
Uçtuğu Ülke Sayısı	191	177	150
Uçuş Noktası Sayısı	1300	1062	1015
Günlük Uçuş Sayısı (bin)	18,4	17,3	14,2
Yıllık Yolcu Sayısı (milyon)	689	665	523
Çalışan Sayısı (bin)	446	482	390
Havaalanı Salon Sayısı	1100	672	650

**Kaynak:** www.skyteam.com/, www.staralliance.com/en/, www.oneworld.com/

Star Alliance işbirliği grubu 1997 yılında United Airlines ve Lufthansa öncülüğünde Air Canada, SAS ve Thai Airways havayolları tarafından kurulmuştur. 2017 yılı itibari ile 28 üye sayısı ile en büyük havayolu işbirliği grubudur. Star işbirliği grubu 1300 varış yerinde 4631 uçak ve yaklaşık 446

bin personel ile hizmet sunmaktadır. Star grubu yolcu taşımacılığında tüm hava trafiğinin yaklaşık %29’ünü kontrol etmektedir [44]. SkyTeam işbirliği grubunun temelleri ise AirFrance ile Delta havayolları arasında gerçekleşen işbirliği ile atılmıştır. Bu iki havayolu işletmesinin işbirliğine AeroMexico ve Korean Air’in de katılmasıyla grubun ismi SkyTeam olarak belirlenmiştir. SkyTeam işbirliği grubunun 2017 yılı itibari ile 20 üye havayolu işletmesi bulunmaktadır. SkyTeam 1062 varış yerinde 3054 uçak ve yaklaşık 482 bin personel ile hizmet sunmaktadır. SkyTeam grubu yolcu taşımacılığında tüm hava trafiğinin yaklaşık %24’ünü kontrol etmektedir [45]. Oneworld işbirliği grubu ise 1999 yılında American Airlines, British Airways, Cathay Pasific, Canadian Airlines ve Qantas tarafından kurulmuştur. 2017 yılı itibari ile üye sayısı 15’tir. Oneworld işbirliği grubu yolcularına 1015 varış yerinde 3500 uçak ve yaklaşık 390 bin çalışanla hizmet sunmaktadır. Oneworld grubu yolcu taşımacılığında tüm hava trafiğinin yaklaşık %20’sini kontrol etmektedir. Bu kapsamda küresel havayolu işbirlikleri tüm hava trafiğinin %60’ından fazlasını kontrol etmektedirler [46].

### 3. Metodoloji

Araştırmanın metodoloji bölümünde; araştırmanın amacı, önemi, evreni, örneklem büyüklüğü, verilerin toplanma yöntemi ve kısıtları yer almaktadır.

#### 3.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Araştırmanın amacı, üç büyük küresel havayolu işbirliği (Star Alliance, Oneworld, Skyteam)’nin stratejik analiz kapsamında SWOT analizlerini yapmak ve uygulayabilecekleri stratejileri belirleyerek önerilerde bulunmaktır. SWOT analizi örgütler için güçlü ve zayıf yanları ile fırsat ve tehditleri görebilmelerini ve stratejiler üreterek geleceğe dönük planlamalar yapabilmelerini sağlaması açısından son derece önemlidir. Küresel boyutta rekabet edebilmek ve bunu sürdürebilmek işletmelerin kendilerini ve çevrelerini en iyi şekilde

<sup>1</sup> Tabloda verilen bilgiler küresel havayolu işbirliklerinin internet sitelerinden alınmış olup bazı bilgiler yaklaşık değeri göstermekte bazıları ise değişkenlik gösterebilmektedir.

tanımları ve etkileşimde bulunmaları ile mümkün olabilmektedir.

### 3.2. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini üç büyük küresel havayolu işbirliği (Star Alliance, Oneworld, Skyteam) ve bu işbirliklerine üye 63 havayolu işletmesi oluşturmaktadır. Araştırmada tam sayım örneklem yöntemi kullanılmış olup, araştırma örneklemini üç büyük küresel havayolu işbirliğinin (üye havayolu işletmeleri dâhil) tamamı oluşturmaktadır.

### 3.3. Araştırmanın Veri Toplama Yöntemi ve Kısıtları

Küresel havayolu işbirliklerinin verileri (güçlü yönleri, zayıflıkları, tehditleri ve fırsatları) ilgili işbirliklerinin ve üye havayolu işletmelerinin web siteleri, faaliyet raporları, sürdürülebilirlik raporları, akademik yayınlar ve e-mail aracılığıyla elde edilmiştir. Araştırma kapsamında üç büyük küresel havayolu işbirliğinden (üyeler dâhil) elde edilen veriler SWOT analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Ortaya çıkarılan stratejiler araştırmacıların değerlendirmeleri sonucunda karar verilerek oluşturulmuştur. Araştırmanın kısıtları ise; araştırmanın üç büyük küresel işbirliği (üyeleri dâhil) kapsamında yapılması, verilerin toplanma yöntemi, bazı üye havayolu işletmelerinin verilerine ulaşamaması (Faaliyet raporlarının olmaması, web sitesi bilgilerinin güncel olmaması, e-maillere cevap verilmemesi vb.), işbirliği gruplarının mali yapılarının gizliliği ve stratejilerin araştırmacılar tarafından oluşturulması olarak belirtilebilir.

### 4. Bulgular

Araştırma kapsamında, küresel havayolu işbirliklerinin ve üye havayolu işletmelerinin web siteleri, faaliyet raporları, sürdürülebilirlik raporları, akademik yayınlar ve e-mail aracılığıyla elde edilen veriler ışığında SWOT analizi yapılmıştır. SWOT analizi ve oluşturulan stratejiler Tablo 2, 3 ve 4'te sunulmaktadır. Tablo 2'de Star Alliance işbirliğine yönelik stratejiler kapsamında; Asya pazarındaki 5 yıldızlı havayolu işletmesi sayısının arttırması, pazarların liberalleşmesi ile daha fazla varış noktasına hizmet verilmesi, filo sayısının ve marka tanınırlığının rekabet unsuru olarak kullanılması,

hizmet kalitesinin yüksekliği sayesinde Düşük Maliyetli Havayolları (DMH) ile rekabette avantaj sağlanması, bilgi teknoloji sistemlerinin uyumunun mükemmelleştirilmesi, üye havayolu işletmeleri arasındaki koordinasyonu sağlayacak mekanizmanın geliştirilmesi, Etihad ya da Emirates işletmelerinden birinin işbirliği içine alınması ve Avrupa pazarındaki krize karşı Asya pazarının keşfedilmesi gibi stratejilerin uygulanabileceği belirtilmiştir. Tablo 3'de SkyTeam işbirliğine yönelik stratejiler kapsamında, Asya pazarındaki etkin konumun korunması, Emirates'in birliğe üyeliğinin sağlanması, Rusya pazarındaki etkin konumun korunması, Brezilya pazarındaki Gol Airlines'ın birliğe katılmasının sağlanması, iş gücü verimliliğinin artırılması, filo genişliğinin sağlanması, üye havayolu işbirliklerinin değerlendirme araçlarından biri olan yıldız sayısını arttıracak önlemlerin alınması, zayıf olan sektör yapısına karşı yeni pazarlar keşfedilmesi, DMH'lerin uçulmayan hatlar için tamamlayıcı işletmeler olarak uçuş ağına dâhil edilmesi ve uçulmayan hatlar için hızlı trenler ile uyum sağlanması gibi stratejiler belirtilmiştir. Tablo 4'te ise Oneworld işbirliğine yönelik stratejiler kapsamında; üye havayolu işletmelerinin yıldız sayısının artırılması, Kuzey Atlantik pazarındaki konumun korunması, Latin Amerika pazarındaki konumun etkinleştirilmesi, Körfez Havayolları (Gulf Carriers) ile işbirliğinin geliştirilmesi, yaşanan siyasi krizlere karşı yeni hatların ortaya çıkarılması, Asya pazarından yeni üyeler kazanılmaya çalışılması, Hindistan pazarının gelişiminden faydalanacak stratejiler geliştirilmesi, bilgi teknolojileri sistemlerinin mükemmelleştirilmesi, yeni rotaların ve hatların açılması ile diğer işbirlikleri ile olan ortak çalışmalarının azaltılması gibi stratejilerin uygulanabileceği belirtilmiştir.

**Tablo 2.** Star Alliance SWOT Analizi

	<b>Güçlü Yönler (Strengths)</b>	<b>Zayıf Yönler (Weaknesses)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Filo sayısı en yüksek işbirliği olması</li> <li>-En fazla varış noktasına uçan işbirliği olması</li> <li>-Günlük uçuş sayısının diğer işbirliklerine göre daha fazla olması</li> <li>-Yıllık taşınan yolcu sayısının rakiplerine göre daha yüksek olması</li> <li>-İşgücü verimliliğinin yüksek olması</li> <li>-Havaalanlarında müşterilerine daha fazla lounge sunması</li> <li>-Marka tanınırlığının yüksek olması</li> <li>-3 havayolu işletmesinin 5 yıldızlı olması (All Nippon Airways, Asiana Airlines, Singapore Airlines)</li> <li>-Pazar payı en yüksek işbirliği olması</li> <li>-Australia/New Zealand pazarındaki güçlü konumu</li> <li>-Asya pazarındaki güçlü konumu</li> <li>-Afrika pazarındaki güçlü konumu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Üye havayolu işletmeleri arasındaki koordinasyon eksiklikleri</li> <li>-Üye havayolu işletmelerinin bilgi teknolojileri sistemlerinin uyum sorunları</li> <li>-Güney Amerika pazarındaki zayıf pazar payı</li> <li>-Ortadoğu'daki zayıf pazar payı</li> <li>-Hindistan pazarındaki zayıf konumu</li> </ul>
<b>Fırsatlar (Opportunities)</b>	<b>SO</b>	<b>WO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Yakıt fiyatlarının düşüşü</li> <li>-Asya pazarının gelişimi</li> <li>-Yakıt verimliliği yüksek motorların geliştirilmesi</li> <li>-Hava trafiğinin her geçen gün artması</li> <li>-Küreselleşmenin her geçen gün etkisini artırması</li> <li>-Yeni cazibe merkezlerinin ortaya çıkması ile uçuş ağlarının genişlemesi</li> <li>-Pazarların daha liberal hale gelmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Asya pazarındaki 5 yıldızlı havayolu işletmesi sayısının arttırılması</li> <li>-Düşük yakıt fiyatlarında yakıtın hedge edilmesi</li> <li>-Taşınan yolcu sayısının hava trafiğinin büyüme oranıyla paralel şekilde artması</li> <li>-Pazarların liberalleşmesi ile daha fazla varış noktasına hizmet verilmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gelişmekte olan Asya, Hindistan ve Ortadoğu pazarlarında pazar payının gerek yeni üyelikler gerekse de frekans sıklığı yoluyla artırılması</li> <li>-Bilgi teknoloji sistemlerinin uyumunun mükemmelleştirilmesi</li> <li>-Üye havayolu işletmeleri arasındaki koordinasyonu sağlayacak mekanizmanın geliştirilmesi</li> </ul>
<b>Tehditler (Threats)</b>	<b>ST</b>	<b>WT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gulf Carriers (Qatar, Emirates, Etihad) olarak adlandırılan taşıyıcıların hızlı yükselişi</li> <li>-Marka tanınırlığının yüksek olması kaynaklı tüketicilerde oluşan fiyat yüksekliği algısı</li> <li>-Hava taşımacılığı sektörünün kırılğan yapısı</li> <li>-Üye havayolu sayısının fazla olması</li> <li>-LCC'lerin yükselişinin devam etmesi</li> <li>-Avrupa ve Asya pazarında hızlı trenlerin yükselişi</li> <li>-Avrupa ekonomisinin krizle karşılaşma ihtimali</li> <li>-Teknolojinin gelişmesi ile iş toplantılarının elektronik ortamda yapılma eğiliminin artışı</li> <li>-Emisyon vergilerinin ortaya çıkması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Filo sayısının ve marka tanınırlığının rekabet unsuru olarak kullanılması</li> <li>-Hizmet kalitesinin yüksekliği sayesinde LCC'lerle rekabette avantaj sağlanması</li> <li>-Uçuş ağının genişlemesi ile hızlı trenlerin hizmet götürmediği noktalara hatlar açılması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Etihad ya da Emirates işletmelerinden birinin işbirliği içine alınması</li> <li>-LCC'leri uçulmayan hatlar için tamamlayıcı işletmeler olarak uçuş ağına dâhil edilmesi</li> <li>-Uçulmayan hatlar için hızlı trenler ile uyum sağlanması</li> <li>-Avrupa pazarındaki krize karşı Asya pazarını keşfedilmesi</li> </ul>

**Tablo 3.** Skyteam SWOT Analizi

	<b>Güçlü Yönler (Strengths)</b>	<b>Zayıf Yönler (Weaknesses)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Asya pazarında, özellikle de Çin pazarındaki güçlü konumu</li> <li>-Ortadoğu pazarındaki güçlü konumu</li> <li>-Afrika pazarındaki güçlü konumu</li> <li>-Rusya pazarındaki etkin durumu</li> <li>-Üye havayolu işletmelerinin Emirates ile yaptıkları codeshare anlaşmaları</li> <li>-Brezilya pazarında Gol Airlines ile yapılan işbirliği</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-İş gücü verimliliği en düşük işbirliği olması</li> <li>-En düşük filo genişliğine sahip işbirliği olması</li> <li>-Üye havayolu işletmelerinin bilgi teknolojileri sistemlerinin uyum sorunları</li> <li>-En fazla 3 yıldızlı havayolu işletmesine sahip olması</li> <li>-Güney Amerika pazarındaki zayıf pazar payı</li> <li>-Australia/New Zealand pazarındaki zayıf pazar payı</li> <li>-Afrika pazarındaki zayıf pazar payı</li> <li>-Hindistan pazarındaki zayıf konumu</li> </ul>
<b>Fırsatlar (Opportunities)</b>	<b>SO</b>	<b>WO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Yakıt fiyatlarının düşüşü</li> <li>-Asya pazarının gelişimi</li> <li>-Yakıt verimliliği yüksek motorların geliştirilmesi</li> <li>-Hava trafiğinin her geçen gün artması</li> <li>-Küreselleşmenin her geçen gün etkisini artırması</li> <li>-Yeni cazibe merkezlerinin ortaya çıkması ile uçuş ağlarının genişlemesi</li> <li>-Pazarların daha liberal hale gelmesi</li> <li>-Ortadoğu pazarındaki işbirliklerinin daha da artma ihtimali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Düşük fiyatlı yakıtın hedge edilmesi</li> <li>-Asya pazarındaki etkin konumun korunması</li> <li>-Emirates'in birliğe üyeliğinin sağlanması</li> <li>-Rusya pazarındaki etkin konumun korunması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-İş gücü verimliliğinin artırılması</li> <li>-Filo genişliğinin sağlanması</li> <li>-Üye havayolu işbirliklerinin değerlendirme araçlarından biri olan yıldız sayısını arttıracak önlemlerin alınması</li> <li>-Güney Amerika, Australia/New Zealand ve Hindistan pazarlarında yeni üyelerin kazanılması</li> </ul>
<b>Tehditler (Threats)</b>	<b>ST</b>	<b>WT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hava taşımacılığı sektörünün kırılgan yapısı</li> <li>-LCC'lerin yükselişinin devam etmesi</li> <li>-Gulf Carriers (Qatar, Emirates, Etihad) olarak adlandırılan taşıyıcıların hızlı yükselişi</li> <li>-Avrupa ve Asya pazarında hızlı trenlerin yükselişi</li> <li>-Grubun kurucularından olan AirFrance- KLM ortaklığının 2014 ve 2015 yıllarında büyük zararlar yaşaması</li> <li>-Avrupa ekonomisinin krizle karşılaşma ihtimali</li> <li>-Ortadoğu'da yaşanan siyasal belirsizlikler ve yaşanan savaşlar</li> <li>-Teknolojinin gelişmesi ile iş toplantılarının elektronik ortamda yapılma eğiliminin artışı</li> <li>-Emisyon vergilerinin ortaya çıkması</li> <li>-Rusya ile Avrupa ülkeleri arasında yaşanan siyasal krizler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hizmet kalitesinin yüksekliği sayesinde LCC'lerle rekabette avantaj sağlanması</li> <li>-Uçuş ağının genişlemesi ile hızlı trenlerin hizmet götürmediği noktalara hatlar açılması</li> <li>-Etihad ile işbirliğinin geliştirilmesi</li> <li>-Brezilya pazarındaki Gol Airlines'ın birliğe katılmasının sağlanması</li> <li>-Siyasi krizlere karşı yeni pazarlar keşfedilmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-AirFrance-KLM ortaklığının işgücü maliyetlerini düşürmesi</li> <li>-Zayıf olan sektör yapısına karşı yeni pazarlar keşfedilmesi</li> <li>-Gulf Carriers ile rekabet için filonun büyütülmesi</li> <li>-LCC'leri uçulmayan hatlar için tamamlayıcı işletmeler olarak uçuş ağına dâhil edilmesi</li> <li>-Uçulmayan hatlar için hızlı trenler ile uyum sağlanması</li> </ul>

**Tablo 4.** Oneworld SWOT Analizi

	<b>Güçlü Yönler (Strengths)</b>	<b>Zayıf Yönler (Weaknesses)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ortadoğu pazarının 3 güçlü havayolu işletmesinden biri olan Qatar Airways'ın üyeliği</li> <li>-Emirates ve Etihad'ın üye havayolu işletmeleri ile işbirliği yapmaları</li> <li>-Kuzey Atlantik pazarındaki güçlü konumu (American Airlines-British Airways)</li> <li>- 3 havayolu işletmesinin 5 yıldızlı olması (Cathay Pacific, Malaysia Airlines, Qatar Airways)</li> <li>-Ortadoğu pazarındaki güçlü konumu</li> <li>-Güney Amerika pazarındaki güçlü konumu</li> <li>-Australia/New Zealand pazarındaki güçlü konumu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Asya pazarında özellikle de Çin pazarındaki zayıf konumu</li> <li>-En az ülkeye uçan işbirliği olması</li> <li>-Uçulan rota sayısının azlığından dolayı üyelerin birbirleri ile uyum sağlayamaması</li> <li>-Üye havayolu işletmeleri arasındaki koordinasyon eksiklikleri</li> <li>-Üye havayolu işletmelerinin bilgi teknolojileri sistemlerinin uyum sorunları</li> <li>-Hindistan pazarındaki zayıf konumu</li> </ul>
	<b>SO</b>	<b>WO</b>
<b>Fırsatlar (Opportunities)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Düşük fiyatlı yakıtın hedge edilmesi</li> <li>-Üye havayolu işletmelerinin yıldız sayısının artırılması</li> <li>-Kuzey Atlantik pazarındaki konumun korunması</li> <li>-Ortadoğu pazarındaki konumun güçlendirilmesi</li> <li>-Latin Amerika pazarındaki konumun etkinleştirilmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Asya pazarından yeni üyeler kazanılmaya çalışılması</li> <li>- Bilgi teknoloji sistemlerinin uyumunun mükemmelleştirilmesi</li> <li>-Yeni üye kazanımı ile uçuş ağının genişletilmesi</li> <li>-Hindistan pazarının gelişiminden faydalanacak stratejiler geliştirilmesi</li> </ul>
<b>Tehditler (Threats)</b>	<b>ST</b>	<b>WT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Yakıt fiyatlarının düşüşü</li> <li>-LAN ve TAM birleşerek Latin Amerika trafiğine yön verebilmesi</li> <li>-American Airlines'ın ABD'deki ayrıcalıkları</li> <li>-Yakıt verimliliği yüksek motorların geliştirilmesi</li> <li>-Hava trafiğinin her geçen gün artması</li> <li>-Küreselleşmenin her geçen gün etkisini artırması</li> <li>-Yeni cazibe merkezlerinin ortaya çıkması ile uçuş ağlarının genişlemesi</li> <li>-Pazarların daha liberal hale gelmesi</li> <li>-Hainan Airlines'ın birliğe katılma ihtimali</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Üye havayolu işletmelerinin diğer işbirliği üyesi havayolu işletmeleri ile ortaklık yapması</li> <li>-Hava taşımacılığı sektörünün kırılğan yapısı</li> <li>-LCC'lerin yükselişinin devam etmesi</li> <li>-Avrupa pazarında hızlı trenlerin yükselişi</li> <li>-Avrupa ekonomisinin krizle karşılaşma ihtimali</li> <li>-Ortadoğu'da yaşanan siyasi belirsizlikler ve yaşanan savaşlar</li> <li>-Teknolojinin gelişmesi ile iş toplantılarının elektronik ortamda yapılma eğiliminin artışı</li> <li>-Emisyon vergilerinin ortaya çıkması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gulf Carriers ile işbirliğinin geliştirilmesi</li> <li>-Hizmet kalitesinin yüksekliği sayesinde LCC'lerle rekabette avantaj sağlanması</li> <li>-Uçuş ağının genişlemesi ile hızlı trenlerin hizmet götürmediği noktalara hatlar açılması</li> <li>-Yaşanan siyasi krizlere karşı yeni hatların ortaya çıkarılması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Yeni rotaların ve hatların açılması ile diğer işbirlikleri ile olan ortaklıklarının azaltılması</li> <li>-LCC'leri uçulmayan hatlar için tamamlayıcı işletmeler olarak uçuş ağına dâhil etmek</li> <li>-Uçulmayan hatlar için hızlı trenler ile uyum sağlanması</li> <li>-Siyasi krizlere karşı yeni pazarlar keşfedilmesi</li> </ul>

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, stratejik analiz kapsamında Star Alliance, SkyTeam ve Oneworld havayolu işbirliklerinin SWOT analizi birbirleri ile karşılaştırma yapılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, üç büyük küresel havayolu işbirliği grubunun iç ve dış çevrelerinden kaynaklanan faktörler tespit edilmeye çalışılmıştır. İç ve dış faktörlerin incelenmesi sonucunda havayolu işbirliği gruplarının sektördeki fırsatları ve tehditleri belirlenmiştir. İç ve dış çevre analizleri ile ayrıca havayolu işbirliği gruplarının güçlü ve zayıf yanlarını da ortaya konulmuştur. Analiz sonucunda görülmektedir ki bütün işbirliği gruplarının kendilerine özgü güçlü ve zayıf yanları bulunmaktadır. Ancak yine yapılan analiz sonucunda bütün işbirliği grupları için ortak bazı tehdit ve fırsatların olduğu da görülmektedir.

Ortak fırsatlar son dönemde yakıt fiyatlarında ortaya çıkan düşüşler [47], hava trafiğinin her geçen gün artması ve artmaya yönelik beklentilerin yüksek olması [48], Asya ve Hindistan pazarının gelişmesi [49], pazarların daha liberal hale gelmesi ve küreselleşmenin etkisiyle yeni cazibe merkezlerinin ortaya çıkması şeklinde sıralanabilir. Ancak, sektörün tamamını etkileyen fırsatların ortaya çıkması işletmeler için bazen bir fırsat değil, tehdit olarak da değerlendirilebilir.

Ortak tehditlerden en fazla dikkat çeken ise şüphesiz Gulf Carriers olarak adlandırılan Emirates, Etihad ve Qatar Airways'in son dönemde hava taşımacılığında artan etkisidir. Oneworld işbirliği grubu Qatar Airways'i bünyesine katarak bu etkiden en az etkilenme potansiyeline sahiptir. Ancak yine de Emirates ve Etihad gibi iki güçlü havayolu işletmesinin grup için potansiyel tehlike arz ettiği düşünülmektedir. Hava taşımacılığı sektörünün kırılğan yapısı, Avrupa ile Rusya ve ABD ile Rusya arasındaki siyasi krizler, emisyon vergilerinin yaygınlaşma ihtimali ve Ortadoğu'da yaşanan siyasal belirsizlikler de diğer ortak tehditler olarak sıralanabilir. Nitekim hava taşımacılığı hizmetine olan talep türev bir taleptir [50]. Yani hava taşımacılığına olan talep tek başına ortaya çıkmamakta, diğer ürün ya da hizmetlere olan talep, hava taşımacılığı talebini de etkilemektedir. Bahsedilen krizlerin ortaya çıkması durumu da

elbette küresel havayolu işbirlikleri için birer tehdit unsuru olarak belirginleşmektedir.

Küresel işbirlikleri kendi mevcut gücünü ve zayıf yönlerini iyi analiz etmesi gelecekte olası krizleri fırsata dönüştürmede, en zararlı atlatılabilmede, riskleri iyi yönetebilmede ve bunları fırsata çevirebilmede etkili olabilmektedir. Tüm işbirliği gruplarının belirli güçlü ve zayıf yanları, fırsatları ve tehditleri bulunmaktadır. Bunların yanında tüm işbirliği gruplarının ortak fırsat ve tehditleri de bulunmaktadır. İşbirliği grupları zayıf yanlarını geliştirmeye çalışırken ortaya çıkan tehditleri de ortadan kaldırmaya çalışmaktadırlar. İşbirliği grupları uçuş ağlarına yönelik zayıf yanlarını geliştirmek için genellikle yeni üye elde etme yöntemini tercih etmektedirler [51,52]. Ancak yeni üye elde etme yöntemi beraberinde bazı sorunları da ortaya çıkarabilmektedir. Bu sorunların temeli elbette üye havayolu işletmeleri arasındaki bilgi sistemlerinin uyum sorunudur [53]. Bilgi sistemlerinde ortaya çıkan bir eksiklik yolcuların ve taşıyıcıların beklemiş olduğu kesintisiz ve sorunsuz uçuş beklentisinin uzağında kalınmasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla işbirlikleri yeni üye kazanma yoluna gittiklerinde bu noktayı gözden kaçırmamalıdır.

Çalışmanın analizi sonucunda küresel havayolu işbirlikleri için en büyük tehdidin Gulf Carriers olarak adlandırılan taşıyıcıların olduğu düşünülmektedir. Bu taşıyıcıların özellikle son 10 yılda gözle görünür şekilde büyümeleri ve adlarından söz ettirmeleri işbirliği gruplarının da sorgulanmasına neden olmaya başlamıştır. Bu taşıyıcılar genellikle üstün hizmet, lüks kabin içi tasarımları ve yüksek müşteri memnuniyetini hedefleyerek çalışmaktadırlar. Bundan dolayı havayolu işbirliği grupları ilk hedef olarak bu taşıyıcıları bünyelerine katmaya çalışmalı, mümkün olmadığı durumda ise benzer hedeflerle rekabeti artırmaları gerekmektedir. Çalışmada küresel havayolu işbirliği gruplarının güçlü ve zayıf yanları, fırsatları ve tehditleri ortaya konulmuştur. İşbirliği gruplarının karşılaştırılmasına yönelik olarak yapılmış çalışmaların yazında olmaması veya çok az düzeyde olması bu çalışmanın önemini arttırmaktadır. Bu çalışma ile yazında görülen araştırma eksikliğinin giderilmesine katkı sağlamak ve daha sonra yapılacak benzer çalışmalara bir



temel hazırlamak çalışmanın diğer amaçları arasında gösterilebilir.

### Kaynakça

- [1] Kuyucak, F. ve Şengür, Y. (2009). Değer Zinciri Analizi: Havayolu İşletmeleri İçin Genel Bir Çerçeve. *KMU İİBF Dergisi*, 11(16), 132-147.
- [2] Kanbur, A. (2017). *Havacılıkta Stratejik Yönetim*. (Editör: E. Kanbur ve U. Turhan) içinde, *Havayolu Yönetimi*, Atatürk Üniversitesi AÖF Yayınları, Erzurum.
- [3] Barca, M. (2015). *Stratejik Yönetime Genel Bir Bakış*. (Pearce, A. J. ve Robinson, B. R.) *Stratejik Yönetim*, Ankara: Nobel Yayınları.
- [4] Mintzberg, H., Ahlstrand, B. ve Lampel, J. (1998). *Strategy Safari: A Guided Tourthrough The Wilds of Strategic Management*. The Free Press, New York.
- [5] Sadler, P. (2003). *Strategic Management*. Kogan Page Limited, Great Britain.
- [6] Jones, R. F. (2003). *Strategic Management for the Plastics Industry*. CRC Press LLC, United States of America.
- [7] Wright, P., Pringle, O. ve Kroll, M. (2008). *Strategic Management Text and Cases*. Allyn and Bacon.
- [8] Porter, M. (2008). *Rekabet Üzerine*. Optimist, İstanbul.
- [9] Kaplan, S. R. ve Norton, P. D. (2006). *Strateji Haritaları: Gayrimaddi Varlıkları Maddi Sonuçlara Dönüştürmek*. Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- [10] Erol, Y., İnce, A. R. ve Aras, M. (2013). Türk Sanayi Sektöründe Stratejik Yönetim Yaklaşımları Tercihi: ISO 1000 Firmalarında Bir Araştırma, *Business and Economics Research Journal*, 4(3), 75-92.
- [11] Poister, T. H. (2005). Strategic Planning and Management in State Departments of Transportation. *International Journal of Public Administration*, 28(13), 1035-1056.
- [12] Yücel, E. ve Kanbur, E. (2014). Misyon ve Vizyon İfadelerine Göre Türkiye'nin İlk 100 Büyük Şirketinin Girişimcilik Özellikleri. *Business and Economics Research Journal*, 5(3), 149-165.
- [13] Ülgen H. ve Mirze, K. (2013). *İşletmelerde Stratejik Yönetim*. Beta Kitap, İstanbul.
- [14] Demirdizen, Ö. (2012). Stratejik Planlama, Stratejik Planlama Süreci, Hukuki Altyapısı ve Kamuda Gelişimi, *Akademik Bakış Dergisi*, 31, 1-23.
- [15] Barca, M. (2002). *Stratejik Açılı: Stratejik Düşünme Düzeyi, Tarzı ve Gerekliliği*. (Editör: Dalay, İ., R. Coskun ve R. Altunısık), içinde *Stratejik Boyutuyla Modern Yönetim Yaklaşımları*, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- [16] Baum, J. A. C., Rowley, T. J., Shipilov, A. ve Chuang, Y. T. (2005). Dancing with Strangers: Aspiration Performance and the Search for Underwriting Syndacate Partners. *Administrative Science Quarterly*, 50, 536-575.
- [17] Soda, G., Zaheer A. ve Carlone, A. (2008). *Imitative Behavior: Network Antecedents and Performance Consequences*. In (J. A. C. Baum ve T. J. Rowley (Eds). *Network Strategy: Advances in Strategic Management Vol. 25*, Emerald Group Publishing Limited, UK.
- [18] Dinçer. Ö. (2004). *Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası*. 7. Baskı, Beta Yayınları, İstanbul.
- [19] Efil, İ. (2004). *İşletme Yönetimi*, Alfa Kitapevi, Bursa.
- [20] Bernroider, E. (2002). Factors in SWOT Analysis Applied to Micro, Small-to Medium, and Large Software Enterprises: An Austrian Study. *European Management Journal*, 20(5), 562-573.
- [21] Houben, G., Lenie, K. ve Vanhoof, K. (1999). A Knowledge-Based SWOT-Analysis System as an Instrument for Strategic Planning in Small and Medium Sized Enterprises. *Decision Support Systems*, 26, 125-135.
- [22] Panagiotou, G. (2003). Bringing SWOT into Focus. *Business Strategy Review*, 14(2), 8-10.
- [23] Chang, H. H. ve Huang, W. C. (2006). Application of a Quantification SWOT Analytical Method. *Mathematical and Computer Modelling*, 43, 158-169.
- [24] Kanbur, A. ve Kanbur, E. (2008). *İskender Dede'nin 150 Yıllık Markası Kebapçı İskender'in Stratejik Analizi*. 3. Aile İşletmeleri Kongresi, İstanbul.
- [25] Terrados, J. A. G. ve Hontoria, L. (2007). Regional Energy Planning Through SWOT Analysis and Strategic Planning Tools, Impact on Renewables Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 1275-1287..
- [26] Seçkin, N. Ş. ve Deniz, M. (2015). *İşletme Analizi*. (Pearce, A. J. ve Robinson, B. R.) *Stratejik Yönetim*. Nobel Yayınları, Ankara.

- [27] Valentine, E. K. (2001). Swot Anaysis From Resource-Based View. *Journal of Marketing Theory and Practice*, Spring, 54-68.
- [28] Shinho, H., Yoshioka, H., Marpaung, S. ve Hachiga, S. (2006). Quantitative SWOT Analysis on Global Competitiveness of Machine Tool Industry. *Journal of Engineering Design*, 17, 251-258.
- [29] Kotler, P. (2009). *Kotler ve Pazarlama*. Çev. Özyağcılar, A., Sistem Yayıncılık, İstanbul.
- [30] Yüksel, İ. ve Dağdeviren, M. (2007). Using the Analytic Network Process (ANP) in a SWOT Analysis – A Case Study for a Textile Firm. *Information Sciences*, 177, 3364-3382.
- [31] Kajanus, M., Leskinen, P., Kurttila, M. ve Kangas, J. (2012). Making Use of MCDS Methods in SWOT Analysis-Lessons Learnt in Strategic Natural Resources Management. *Forest Policy and Economics*, 20, 1-9.
- [32] Dyson, R. G. (2004). Strategic Development and SWOT Analysis at the University of Warwick. *European Journal of Operational Research*, 152, 631-640.
- [33] Kanbur, E., Çökük B. ve Sunar, N. O. (2014). *Havacılıkta Değer Yaratmak ve Yönetmek: Türkiye ve Dünya'dan Örnekler*. II. International Aviation Management Conference, Ankara.
- [34] Koçel, T. (2010). *İşletme Yöneticiliği* (12. Baskı), Beta Kitap, İstanbul.
- [35] Aşık, A. N. (2008). Şirket Birleşmeleri ve Sivil Havacılık Sektöründeki Uygulamaları. *Mevzuat Dergisi*, 11(26), 1-9.
- [36] Karakavuz, H. (2017). *Havayolu İşbirlikleri*, (Editör: E. Kanbur ve U. Turhan) içinde, *Havayolu Yönetimi*, Atatürk Üniversitesi AÖF Yayınları, Erzurum.
- [37] Gerede, E. (2002). *Havayolu Taşımacılığında Küreselleşme ve Havayolu İşbirlikleri; THY A.O'da Bir Uygulama*. (Doktora Tezi), Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- [38] İplik, N. F. (2008). *Uluslararası Stratejik İşbirlikleri: Türkiye'de Konaklama Sektöründe Faaliyet Gösteren Uluslararası Stratejik İşbirliklerinin Başarı Faktörlerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi SBE, Adana.
- [39] Des, G. G., Lumpkin, G. T. ve Eisner, A. B. (2005). *Strategic Management, Text and Cases*. Second Edition, McGraw Hill Companies Inc., New York.
- [40] Porter, E. M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Nova Publishing Company, New York.
- [41] Goh, K. ve Uncles, M. (2003). The Benefits of Airline Global Alliances: An Empirical Assessment of The Perceptions of Business Travellers. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(6), 479-497.
- [42] IATA. Annual Report 2005. Tokyo.
- [43] IATA. [www.iata.org/events/agm/2015/Documents/air-pax-forecasts-executive-summary.pdf](http://www.iata.org/events/agm/2015/Documents/air-pax-forecasts-executive-summary.pdf).
- [44] Star Allianace. [www.staralliance.com](http://www.staralliance.com).
- [45] Skyteam. [www.skyteam.com](http://www.skyteam.com).
- [46] Oneworld. [www.oneworld.com](http://www.oneworld.com).
- [47] Uzmanpara, <http://uzmanpara.milliyet.com.tr/haber-detay/gundem2/14/25000/25511/>.
- [48] Boeing, [http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/assets/downloads/Boeing\\_Current\\_Market\\_Outlook\\_2015.pdf](http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/assets/downloads/Boeing_Current_Market_Outlook_2015.pdf).
- [49] IATA. [www.iata.com](http://www.iata.com).
- [50] Gerede, E. (2015). *Havayolu İşletmeciliğine Ait Temel Kavramlar*. (Editör: E. Gerede) içinde, *Havayolu Taşımacılığı ve Ekonomik Düzenlemeler Teori ve Türkiye Uygulaması*. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [51] Garcia-Tugores, A. (2008). *Analysis of Global Airline Alliances as a Strategy for International Network Development*. (Yüksek Lisans Tezi), Massachusetts Institute of Technology.
- [52] CAPA, <https://centreforaviation.com/insights/analysis/global-airline-alliances-transformed-by-antitrust-immunity-but-confronted-by-uncertainty--part-1-54369>.
- [53] Belobaba, P., Odoni, A. ve Barnhart, C. (2009). *The Global Airline Industry*. Wiley, UK.



## Yatay Kuyruklarda Kıvrık Kanat Ucu Kullanımının Aerodinamik Etkileri

Öztürk Özdemir Kanat<sup>1\*</sup>, Durmuş Sinan Körpe<sup>2</sup>, Ali Osman Kurban<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Uçak Gövde-Motor Bölümü, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Kastamonu Üniversitesi

<sup>2</sup> Uçak Mühendisliği Bölümü, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi

<sup>3</sup> Uçak Gövde-Motor Bölümü, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Erciyes Üniversitesi

### Özet

Bu çalışmada, NACA 0012 simetrik kanat profiline sahip, ticari amaçlı bir yolcu uçağının yatay dengeleyicisi ve bu yatay dengeleyicinin ucuna yerleştirilen iki farklı kıvrık kanat ucu yapısının üzerinde farklı hücum açılarında oluşan aerodinamik kuvvetler incelenmiştir. Yatay dengeleyici, SolidWorks tasarım programında 200 noktadan oluşan kanat profili eğrisi ve belirlenen V açısı, ok açısı ve sivrilme oranları kullanılarak tasarlanmıştır. Bu tasarım C<sub>1</sub> olarak tanımlanmıştır. C<sub>1</sub> tasarımının uç kısmına, aynı ok açısına, bükme açısına, sivrilme oranına, açıklığa, yüksekliğe sahip; fakat uç kısmındaki kanat profili kalınlığı farklı olan iki kıvrık kanat ucu yapısı tasarlanarak toplamda üç kanat tasarımı elde edilmiştir. Bu tasarımlar sırası ile C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> olarak adlandırılmıştır. Üç farklı tasarımın aerodinamik analizi, bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı olan Fluent kullanılarak yapılmıştır. On üç farklı hücum açısında gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre tasarımların üzerindeki sürüklenme (C<sub>D</sub>) ve taşıma (C<sub>L</sub>) katsayılarındaki değişimler gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, C<sub>2</sub> tasarımı için analizlerin yapıldığı bütün hücum açılarında daha yüksek taşıma kuvvetinin sürüklenme kuvvetine oranına (C<sub>L</sub>/C<sub>D</sub>) sahip olduğu görülmüştür. C<sub>3</sub> tasarımı için ise -1 derece hücum açısındaki sonuç haricinde aynı sonuç elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yatay Dengeleyici, Kıvrık Kanat Ucu, NACA 0012, HAD

## The Aerodynamic Effects of The Using Curved Wingtip Devices on Horizontal Tail

### Abstract

In this study, aerodynamic forces on a horizontal stabilizer of commercial aircraft that has NACA 0012 airfoil and new horizontal stabilizers that are designed by mounting two different curved wingtip devices (winglet) to the preliminary horizontal stabilizer at different angle of attack values. The preliminary horizontal stabilizer is designed by the airfoil shape that is composed of 200 points and determined span, root chord, dihedral angle, sweep angle and taper ratio values. This design is defined as C<sub>1</sub>. Two curved wingtip devices that have the same sweep angle, cant angle, taper ratio, span and height but different airfoil thickness ratio at tip are designed and mounted to the C<sub>1</sub>. These are named as C<sub>2</sub> and C<sub>3</sub>, respectively. The aerodynamic analyses of these designs are done by using Fluent that is a well-known computational fluid dynamics program. The analyses are performed at 13 different angle of attack values and the alterations on drag (C<sub>D</sub>) and lift (C<sub>L</sub>) coefficients of the designed horizontal tails are observed. According to the results, C<sub>2</sub> has higher lift to drag ratio (C<sub>L</sub>/C<sub>D</sub>) values at all angle of attack values. For the C<sub>3</sub> design, the same result has been seen except for the result of -1 degree angle of attack.

**Keywords:** Horizontal Stabilizer, Curved Wingtip Devices (Winglet), NACA 0012, CFD

\* Sorumlu Yazar: ozturkkanat@gmail.com

## 1. Giriş

Dünyadaki buluşların ve teknolojik gelişmelerin ilk uygulama alanı olan havacılık sektörünün en hızlı büyüyen sektörlerden biri olmasının başlıca sebebi taşımacılıktır. Hava taşımacılığı denildiğinde sadece yolcu taşımacılığı akla gelmeyip, kargo ve askeri taşımacılık işlemleri de düşünülmelidir. Hava taşımacılığının dünya ekonomisindeki yeri her geçen gün giderek artmaktadır. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliğinin (International Air Transport Association-IATA) verilerine göre 2015 yılında hava taşımacılığı % 2,3 uzun vadede ücretli yolcu sayısındaki artış ortalama % 5,5 olarak tahmin edilirken 2015 yılı sonunda ücretli yolcu sayısındaki artış % 7,4 olarak meydana gelmiştir. Gelecek yirmi yıl için yapılan tahminler için hava taşımacılığına olan talebin katlanarak artacağı öngörülmektedir [1]. Havacılık sektörüne artan talep nedeniyle yeni şirketler kurulmakta ve uçak sayısı giderek artmaktadır. Bu durum daha da rekabete dayalı ortam oluşturmaktadır. Üretici ve işletmeci firmaların bu zorlu rekabet ortamında birbirleriyle mücadele edebilmeleri için her geçen gün teknolojik yenilikleri takip etmeleri gerekmektedir. Uçak üreticisi bir firma tarafından üretilen uçağın işletmeci firmalar tarafından satın alınıp kullanılabilmesi için öncelikle ihtiyaçları en az masrafla karşılayan bir model olması gerekmektedir. Kısacası bir uçak modelinin işletme maliyetleri ve güvenilirliği en önemli faktörlerdir. İşletme maliyetini oluşturan parametreler arasında uçağın yakıt sarfiyat değerleri en başlarda gösterilebilmektedir. Gerçekte bir uçağın üretilip test uçuşunda incelenmesi çok maliyetli ve uzun zaman alan bir süreçtir. Bu sebepten dolayı uçakların küçük modelleri yapılarak uçağın gerçekte maruz kalacağı ortam şartlarının oluşturulabildiği rüzgar tünellerinde deneysel incelemesi yapılmaktadır. Buna ek olarak, son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde akış çözücü programlar kullanılarak deneysel sonuçlara oldukça yakın olan sayısal veriler elde edilebilmektedir. Uçaklarda yakıt sarfiyatının azaltılabilmesi için uçak üzerinde meydana gelen sürüklenme kuvvetinin en düşük hale getirilmesi gerekmektedir. Sürüklenme kuvvetinin sıfır olması mümkün değildir; fakat uçuşun tüm evrelerinde en düşük seviyede tutulacak şekilde tasarım

yapılabilmesi halinde yakıt sarfiyatı azaltılabilecektir. Bunun için üretici firmalar uçaklar üzerinde üretim esnasında ya da sonradan aerodinamik iyileştirmeler gerçekleştirmektedirler. Bu durum için en uygun örnek bazı uçak modellerinin kanatlarına sonradan kıvrık kanat ucu yapılarının eklenmesidir. Böylelikle kanat uç kısımlarında taşıma kuvveti artarken, kanat alt ve üst kısmından akan havanın kanat uç kısımlarında karşılaşarak aralarındaki basınç farkı nedeniyle meydana getirdikleri girdaplar sonucu oluşan indüklenmiş sürüklenme kuvvetinde azalma tespit edilmiştir. Kanat yapısına bağlı olarak çeşitli kıvrık kanat ucu yapıları en iyileme süreci ile tasarlanarak sayısal ve deneysel incelemeler sonucunda uçaklarda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde kıvrık kanat ucu yapıları indüklenmiş sürüklenmede azalma meydana getirmelerinden dolayı, uçaklarda ana taşıyıcı görevini gören kanatlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise ilk defa bir yolcu uçağının yatay dengeleyicisi olabilecek ölçütlerdeki bir kanat için kıvrık kanat ucu tasarlanmış ve aerodinamik etkileri incelenmiştir.

Maughmer [2], yüksek performanslı bir planör için kıvrık kanat ucu tasarlamıştır. Bir planöre göre kıvrık kanat ucu tasarımı için başlangıçta sınırlı parametreler biliniyor olmasına rağmen, planör performansını artıran kıvrık kanat ucu tasarımı için kolay metotlar kullanmıştır. Elde ettiği bu kazanımlar genel anlamda kıvrık kanat ucu tasarımları için de yöntem oluşturmuştur. Maughmer ve arkadaşları [3], tarafından bir planör için PSU 94-097 profilini kullanarak kıvrık kanat ucu yapısı tasarlanmış ve test edilmiştir. Tasarlanan kanadı düşük hızlı ve düşük türbülanslı rüzgar tüneline farklı Reynold sayılarında test edilmiştir. Aynı zamanda taşıma katsayısının farklı uçuş evrelerindeki değişimi iki kanat tasarımı için de karşılaştırmalı grafiksel olarak sunulmuştur. Deneysel olarak elde edilen sonuçları bilinen iki bilgisayar kodu ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyduğu görülmüştür. Menter ve arkadaşları [4] tarafından dış akış çözümleri için kullanılabilen bir türbülans modeli olan SST türbülans modelinin gelişimine yönelik incelemeler yapılmıştır. Bu incelemelere göre duvar üzerindeki akışın meydana getirmiş olduğu değişimler grid duyarlılığına daha

az hassasiyet oluşturacak şekilde formüle edilmiştir. Kıvrık kanat ucu yapıları, kanat uç kısmında yer alan dikey eksenle uzantıya sahip olan ve uçağın yakıt sarfiyatını azaltarak düz uçuş performansına olumlu katkı sağlaması amacıyla tasarlanan küçük kanatlardır. Uçağın hava içinde yüzmesi sonucunda kanat uçlarındaki girdaplar nedeniyle oluşan aerodinamik sürüklemeleri en aza indirmek amacıyla tasarlanmışlardır. Sürüklemenin azalmasının sonucunda yakıt sarfiyatı düşmekte ve uçağın menzili uzamaktadır. Nicolosi ve arkadaşları [5], yapmış oldukları çalışmada kıvrık kanat ucu tasarlanan küçük gövdeli çift motorlu bir uçak için yapılan analizler sonucunda kalkış ve iniş mesafesinin kısalacağı ve dolayısıyla yer performansında önemli derecede artış olduğu gözlemlenmiştir. En küçük uçaktan en büyüğüne kadar hepsi kıvrık kanat ucu yapısıyla uçuşunu gerçekleştirebilmektedir. Günümüzde yolcu taşımacılığı için kullanılan bazı uçak modellerine üreticinin önerisi ile işletmeciler firmalar olumlu katkılarından dolayı uçaklarına sonradan kıvrık kanat ucu yapısı taktırmışlardır [6]. 1970' lerin ilk yıllarında Dr. Richard Whitcomb uçak yakıt fiyatlarındaki artış nedeniyle ortaya çıkan yakıt sarfiyatının azaltılması gerekliliğinin kıvrık kanat ucu yapılarıyla sağlanabileceğini düşünerek tekrar bu konu üzerine çalışmalar yapmıştır. Whitcomb NASA' da havacılık mühendisi olarak çalışmış, kıvrık kanat ucu yapılarıyla ilgili hem rüzgar tüneli deneyleri hem de bilgisayar çalışmaları yürütmüştür. Whitcomb tarafından yapılmış olan bazı araştırmalara göre uçaklarda kıvrık kanat ucu tasarımının verimliliği % 6 ila % 9 arasında artırdığı belirlenmiştir [7]. Elham ve Tooren [8] tarafından var olan bir uçak tasarımına winglet eklenmesi için optimizasyon tekniklerinin kullanımıyla ilgili bir çalışma yapılmıştır. Orta ve uzun menzilli yolcu uçakları için optimizasyon yöntemleri kullanılmıştır. Kanat dış şeklinde değişiklik yapılmamış; fakat uç kısmında farklı gerilme ve ağırlık yüklemeleri olacağı için kanat içinde yapıyla ilgili kısımlarda değişiklikler yapılmıştır. Optimizasyon sonucuna göre winglet kullanımıyla sürüklemeye azalma belirlenmesine rağmen, yakıt tasarrufu olduğunun daha çok uzun mesafe uçakları olan geniş gövde uçak modelleri için düşünülebileceğini belirtmişlerdir. Bunun temel

sebebinin yakıt ağırlığıyla kanat ağırlığı arasındaki farklılığın olduğu söylenmiştir. Bu çalışma sonucunda, dar gövde kısa mesafeli uçaklar için bu oranın birbirine yakın olması nedeniyle yakıt tasarrufunun geniş gövde uçaklar kadar olamayacağı ortaya konulmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

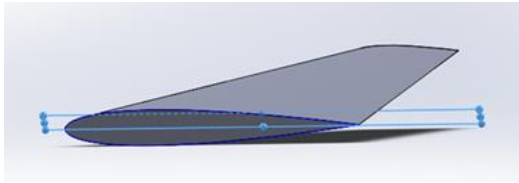
Bu çalışmada, yatay dengeleyici açıklığının fazla olduğu geniş gövdeli bir yolcu uçağının yatay dengeleyicisini oluşturabilecek değerlerde bir kanat tasarlanmış ve bu tasarımın uç kısımlarına kıvrık kanat ucu yapıları eklenerek karşılaştırmalı olarak farklı hücum açılarında sayısal incelemesi yapılmıştır. Sayısal incelemeyle amaçlanan kıvrık kanat ucu tasarımlarının yalın tasarıma göre taşıma ve sürüklenme kuvvetlerinde meydana getirmiş oldukları değişimlerin karşılaştırılmasıdır. Dolayısıyla taşıma kuvvetinin artırılıp; sürüklenme kuvvetinin azaltılarak uçuş performansının olumlu etkilenmesi amaçlanmıştır. Uçak kuyruk takımı profil yapıları farklı kamburlukta yapılara sahip olabildikleri gibi simetrik yapıya da sahip olabilmeleri nedeniyle kanat profil yapısı olarak, simetrik bir yapıya sahip olan NACA 0012 profili kullanılmıştır. Kıvrık kanat profil yapısı olarak aynı profil kullanılmış ve iki farklı kalınlıkta uç kısmına sahip kıvrık kanat ucu tasarımı oluşturulmuştur. Elde edilen bu üç farklı tasarımın, geniş gövdeli bir uçağın düz uçuşunu gerçekleştirdiği irtifadaki ortam şartları belirlenmiş ve sayısal incelemeleri bu değerlere göre yapılmıştır. Kıvrık kanat ucu yapısına sahip olmayan normal kanat profili ve diğer iki tasarım için de uygulanan analizler sonucunda elde edilen taşıma ve sürüklenme kuvvetleri hesaplanmıştır.

**Tablo 1.** Normal kanat tasarımı için kullanılan değerler

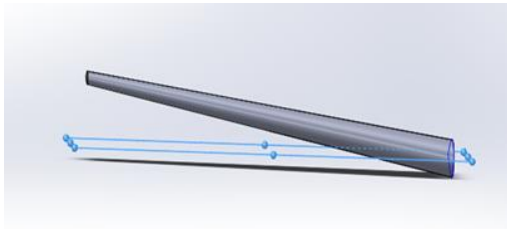
Parametre İsmi	Sayısal Değerler
V açısı	6,5 derece
Ok açısı	33 derece
Sivrilme oranı	0,35
Kök veter uzunluğu	7 metre
Açıklık oranı	4,25
Kanat açıklığı	10 metre

Kanat tasarımı için kullanılan NACA 0012 kanat profilinin koordinatları iki yüz noktadan oluşacak şekilde tanımlanmıştır. Tanımlanmış olan bu koordinatlar bir çizim programı olan SolidWorks'e aktarılarak uzunluğu 7 metre olan kök veter oluşturulmuştur. Yatay stabilizatör diğer tasarım parametreleri **Tablo 1**'de gösterilmiştir.

**Şekil 1** ve **Şekil 2**'de tasarlanan yarım yatay dengeleyicinin yandan ve önden görüşleri gösterilmektedir.



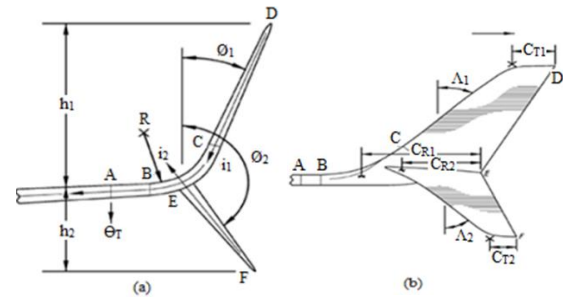
**Şekil 1.** C<sub>1</sub> konfigürasyonu sivrilme oranı ve ok açısı



**Şekil 2.** C<sub>1</sub> konfigürasyonu V açısı

Kıvrık kanat ucu tasarımlarına sahip olan C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konfigürasyonları C<sub>1</sub> konfigürasyonunun uç kısmından başlanarak tasarlanmıştır. Kıvrık kanat ucu tasarımında bazı tanımlamalar kullanılmakta ve tasarım bu tanımlamalara göre yapılmaktadır.

Kıvrık kanat ucu tasarımı yapılırken çift taraflı (altlı ve üstlü) olarak yapılmasına karar verilmiştir. Sürüklenme kuvvetindeki azalış standart kıvrık kanat ucu tasarımına göre çift taraflı tasarımda daha fazla olduğu daha önce yapılan bir çalışma ile ortaya konulmuştur [9]. Araştırmacılar bu çalışmada, çift taraflı tasarımın standart kıvrık kanat ucu tasarımına göre % 2 ya da daha az sürüklenme meydana getirebilmesi için alt yüzeyle üst yüzey arasında yükseklik oranı olarak en uygun değer 0,4 kat olduğunu belirtmişlerdir. Tasarım esnasında bu oran göz önünde bulundurulduğunda uçakların düz uçuş yüksekliğine en kısa zamanda tırmanabildiği ve çıkarmış oldukları gürültüde azalma görülmüştür. Bunun yanında uçağın kontrol edilebilirliğine ve kumandalara cevap verme süresinde herhangi bir olumsuz etkisi görülmemiştir [10].



**Şekil 3.** Referans alınan kıvrık kanat ucu tasarımı [10]

**Şekil 3**'te görüldüğü gibi, üst kısım kök veter uzunluğu kanat uç veter uzunluğu ile aynıyken, alt yüzey kök kısmı veter uzunluğu her ikisinin veter uzunluğundan kısadır. Geçiş bölgesi (B-C) oluşturulurken bir eğrinin yarıçapı kullanılmıştır. Bu yarıçap değişkenlik gösterebilmektedir. Uç kısım (C-D) ise bu eğriye düzlemsel olarak bağlanmaktadır. Alt yüzey geçiş bölgesine dik açılı olacak şekilde oluşturulmuştur. Bu şekilde oluşturulurken kanat eğilme momenti düşünülmüştür. R yarıçapı geçiş bölgesindeki veter uzunluğu değişimlerine uyumluluk gerektirmektedir. R hesaplanırken, K<sub>R</sub> eğrilik kriteri göz önünde bulundularak bazı parametrelerden yararlanılmıştır. K<sub>R</sub> değeri 0,35 ile 0,50 aralığında olacak şekilde kabul edilmiştir. Diğer bir göz önünde bulundurulan parametre ise cant (Ø) açısıdır. Bu değer üst ve alt yüzey için aşağıdaki gibi olacak şekilde tasarlanmıştır. Modern yolcu



uçakları için ana taşıyıcı görevi gören kanatların kökten uca doğru bir sivrilme oranı olduğu gibi, kıvrık kanat ucu için de sivrilme oranları ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) bu parametre göz önünde bulundurulmuştur. Bu parametre için tasarım yapılırken aşağıdaki değerler referans alınmıştır [10].

$$h_2 = 0,4xh_1 \quad (1)$$

$$0^\circ < \Theta_1 < 50 \quad (2)$$

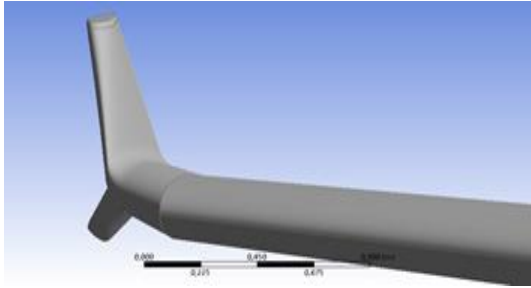
$$90^\circ < \Theta_2 < 180 \quad (3)$$

$$0,28 < \lambda_1 < 0,33 \quad (4)$$

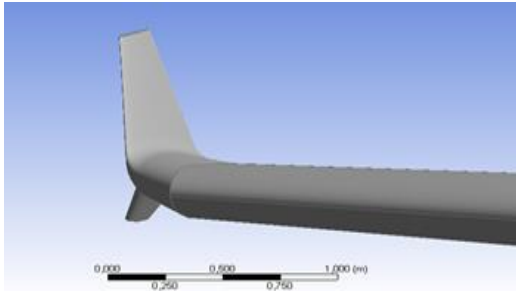
$$0,33 < \lambda_2 < 0,4 \quad (5)$$

Kıvrık kanat ucunun alt ve üst yüzeyleri ayrıca ok açısına sahiptirler. Ok açısı değeri en fazla  $65^\circ$  olacak şekilde tasarlanmıştır. Yarıçapın yüksekliği oranı belirlenirken daha önceden yapılan bir çalışmada belirlenen formülden yararlanılmıştır [11].

$$R/h = K_R \cos(\Theta/2 + \pi/4) / \cos\Theta \quad (6)$$



Şekil 4. C<sub>2</sub> konfigürasyonu kıvrık kanat ucu görünümü



Şekil 5. C<sub>3</sub> konfigürasyonu kıvrık kanat ucu görünümü

Dolayısıyla kıvrık kanat ucu tasarımlarının kök kısımları C<sub>1</sub> konfigürasyonun tip kısmına eş değer olacağından; değişkenlik gösteren ve kullanılan tüm değerlere **Tablo 2’de** yer verilmiştir. Değişkenlik gösteren değerler kıvrık kanat ucu maksimum tip kalınlıkları ile veter ( $C_{T1}$ ) uzunluklarıdır. Elde edilen kıvrık kanat ucu görselleri **Şekil 4 ve Şekil 5’teki** gibidir.

**Tablo 2.** C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konfigürasyonlarının tasarımında kullanılan parametreler

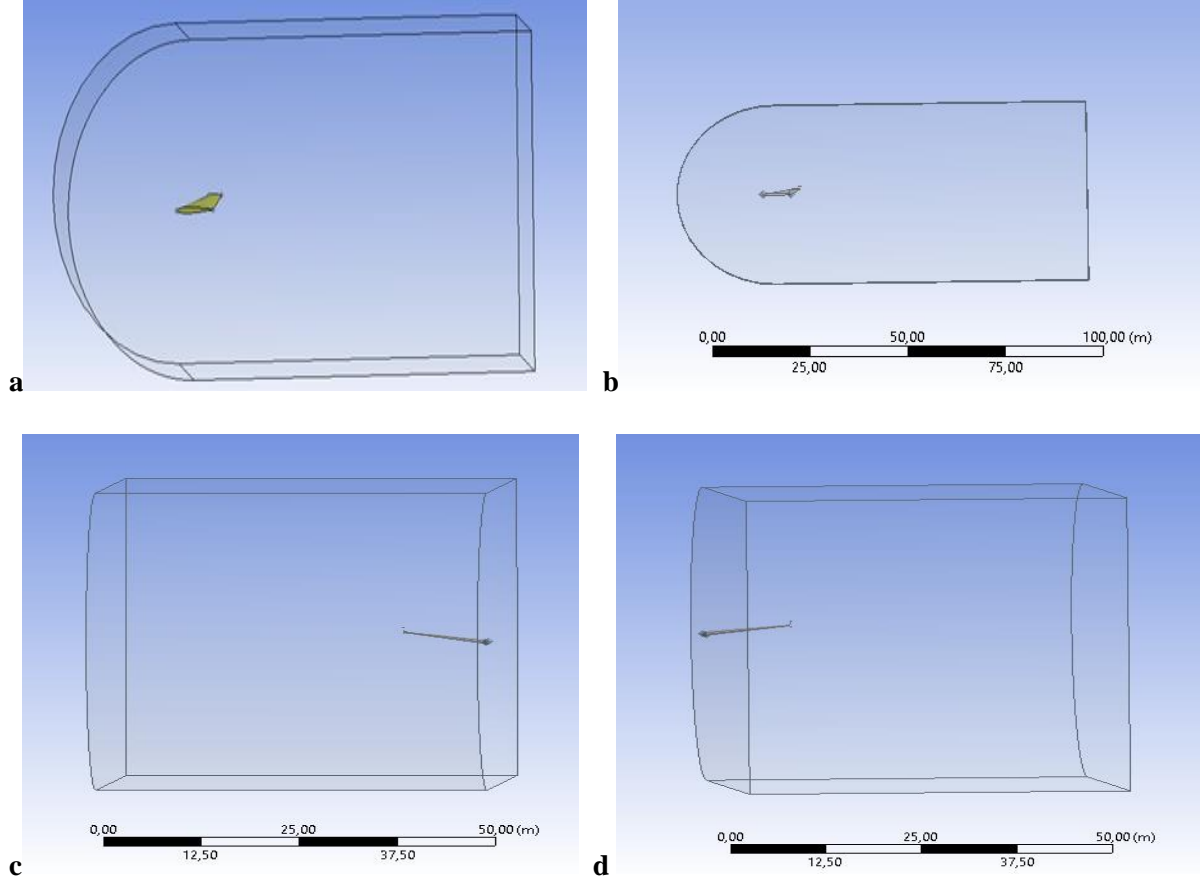
Konfigürasyon İsmi	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Parametre İsmi		
h <sub>1</sub>	0,76 metre	0,76 metre
h <sub>2</sub>	0,30 metre	0,30 metre
$\Lambda_1$	$\cong 45^\circ$	$\cong 45^\circ$
$\Lambda_2$	$\cong 45^\circ$	$\cong 45^\circ$
$\Theta_T$	$0^\circ$	$0^\circ$
C <sub>T1</sub>	0,8 (0,73) metre	0,8 (0,81) metre
C <sub>T2</sub>	0,86	0,86 metre
C <sub>R1</sub>	2,45 metre	2,45 metre
C <sub>R2</sub>	1,92 metre	1,92 metre
i <sub>1</sub>	$90^\circ$	$90^\circ$
i <sub>2</sub>	$90^\circ$	$90^\circ$
$\lambda_1$	0,32	0,32
$\lambda_2$	0,44	0,44
l	0,45	0,45
R	0,168 metre	0,168 metre
Üst Kıvrık Kanat Uç Kalınlığı	0,086 metre	0,022 metre
Alt Kıvrık Kanat Uç Kalınlığı	0,1 metre	0,035 metre

SolidWorks programı ile tasarlanan kanat çizimi parasolid dosyası olarak kaydedilerek Fluent Programında tanımlanabilecek bir dosya haline getirilmiştir. Fluent programında ağ yapısı oluşturulmadan önce hesap bölgesinin belirlenmesi gerekmektedir ve bu nedenle ilk olarak Workbench kısmında **Şekil 6’dakiler** gibi hesap bölgeleri oluşturulmuştur. Hesap bölgesi oluşturulurken



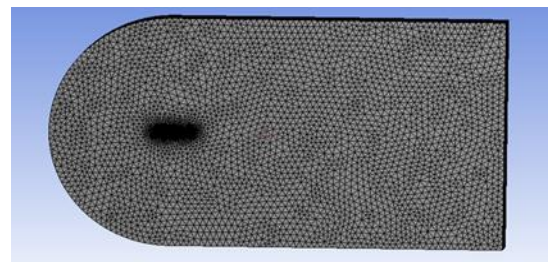
kullanılan bilgisayarın özellikleri de belirleyici olmuştur. Çünkü çok büyük bir hesap bölgesi oluşturulduğu takdirde hücre sayısı çok olacak dolayısıyla çözüm süresi çok uzun olacaktır. Hesap

bölgesinin küçük olması durumunda ise akış etkilenecek ve analiz sonuçlarında değişikliklere neden olacaktır.

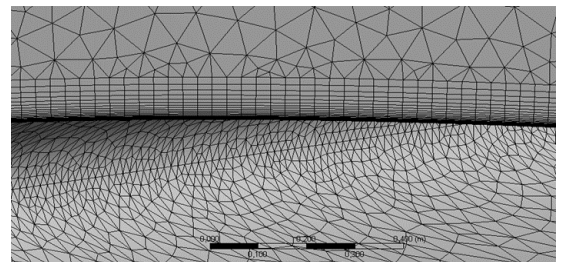


**Şekil 6.** Analizler için oluşturulan hesap bölgelerinin farklı bakış açılarından görünümü (boyutları)

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği çözümünde ilk adım olarak hesap bölgesindeki hücrelerin tanımlanması gerekmektedir. Hücrelerin şekli ve hücreler arası geçiş ne kadar düzgün tanımlanabilirse çözümde bulunan sonuçlar o kadar gerçeğe yakınlık göstermektedir. Hücrelerin tanımlanabilmesi için **Şekil 7'den** anlaşılabilirdiği gibi ağ yapılarının oluşturulması gerekmektedir. Ağ yapıları yapılandırılmış ve yapılandırılmamış olmak üzere iki türden oluşmaktadır. Tasarımda olduğu gibi 3 boyutlu şekiller için yapılandırılmış ağ kullanılarak oluşturulan bir hücre altı yüzden oluşmaktadır. Bir de bu iki ağ yapısının birlikte kullanıldığı melez ağ yapısı vardır. Bu çalışmada melez ağ yapısı **Şekil 8'deki** gibi kullanılmıştır. Kanat üzerinde yapılandırılmış ağ yapısı, diğer bölgelerde ise yapılandırılmamış ağ yapısı kullanılmıştır.



**Şekil 7.** Ağ yapısı



**Şekil 8.** Yapılandırılmış ve yapılandırılmamış ağ görünümü

Ağ yapısı tanımlandıktan sonra uçağın on bin metre olarak düşünülen uçuş irtifasındaki ortam şartları belirlenerek programa girilmiştir. Buna göre akışkanın hava olması nedeniyle bu irtifadaki havanın sıcaklık, yoğunluk gibi özellikleri referans alınarak sınır değerler belirlenmiş ve gerçek uçuşla aynı ortam oluşturulmaya çalışılmıştır. Havanın o irtifadaki özellikleri **Tablo 3'teki** gibidir [12].

**Tablo 3.** 10000 metre irtifada havanın yoğunluk, sıcaklık ve basınç değerleri

İntensif Özellik	İrtifadaki Değerler
$\rho$ (yoğunluk)	0,4135 kg/m <sup>3</sup>
T (sıcaklık)	223,26 K
P (basınç)	26500 N/m <sup>2</sup>

Çözümde belirleyici olan diğer önemli bir kıstas ise analizin hangi model ile yapılacağına karar verilmesidir. Model kararının verilebilmesi için akışın türbülanslı mı yoksa düz akış mı olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Akışın, düz akışlı mı yoksa türbülanslı mı olup olmadığına Reynolds sayısına bakılarak karar verilebilmektedir [13]. Bunun için akışın Reynolds sayısı hesaplanmıştır ve çıkan sonuca göre türbülanslı bir akış olduğuna karar verilmiştir [14]. Reynolds sayısı, bir akışkanın atalet kuvvetlerinin viskozite kuvvetlerine olan oranı olarak tanımlanmaktadır. Hava hızı olarak 210 m/s kabul edilmiştir.

$$Re = \frac{\rho L v}{\mu} \quad (7)$$

Formülü yukarıdaki gibi tanımlanmaktadır. Buna göre yapılmış olan bu çalışma için:

$$Re = \frac{210 \times 7 \times 0,4135}{1,469 \times 10^{-5}} = 413 \times 10^5 \quad (8)$$

Dış akışlar için  $Re > 5 \times 10^5$  olduğu durumlarda akış türbülanslıdır. Analizde ise  $Re = 413 \times 10^5$  olmasından dolayı türbülanslı bir akış söz konusudur [15]. Çözümde kullanılacak model olarak, türbülanslı bir akış için uygunluğu nedeniyle k- $\omega$  SST (Shear-Stress Transport) türbülans modeli tercih edilmiştir [16]. Bu model Menter tarafından geliştirilmiştir. Özellikle duvar

üzerindeki (bu çalışmada kanat ismi olarak tanımlan) çözümlenmeleri ve farfield (hesap bölgesi) alanındaki çözümlenmeleri en iyi şekilde yapabilen türbülans modelidir [17, 18].

**Tablo 4.** Ağ yapısı doğrulaması

Konfigürasyon İsimleri	C <sub>1</sub> C <sub>L</sub> -C <sub>D</sub>	C <sub>2</sub> C <sub>L</sub> -C <sub>D</sub>	C <sub>3</sub> C <sub>L</sub> -C <sub>D</sub>
Mesh Sayısı			
2 600 000	0,007453 0,008161	0,008318 0,008510	0,008586 0,008345
3 800 000	0,007420 0,008188	0,008224 0,008390	0,008691 0,008233
4 900 000	0,007374 0,008143	0,008347 0,008329	0,008679 0,008297

Ağ sayısından bağımsızlığın sağlanabilmesi amacıyla çeşitli sayılarda ağlar oluşturulmuş. Farklı ağ sayılarına göre yapılan analizler sonucunda elde edilen C<sub>L</sub> ve C<sub>D</sub> katsayı değerlerine **Tablo 4'te** yer verilmiştir. Buna göre her bir konfigürasyon için C<sub>L</sub> ve C<sub>D</sub> değerlerindeki değişimin en az olduğu ve yine işlem zamanından kazanılabilmesi amacıyla en az sayıdaki mesh değerleri tercih edilmeye çalışılmıştır. Analiz sonuçlarının net sonuçlara dönüşebilmeleri için uygun iterasyon sayısına, aynı ağ sayıları ile farklı iterasyonda yapılan analizler sonucunda karar verilmiş ve C<sub>L</sub> ile C<sub>D</sub> değerlerindeki değişimler 1/10000 'lere düştüğünde 1000 iterasyonun yeterli olduğu düşünülmüştür. Bundan sonraki her analiz için **Tablo 5'te** yer alan ağ değerleri kullanılarak oluşturulan her bir konfigürasyon için 1000 iterasyon yapılması sağlanarak farklı hücum açılarında sonuçlar elde edilmiştir.

**Tablo 5.** Analizlerin yapıldığı ağ sayısı değerleri

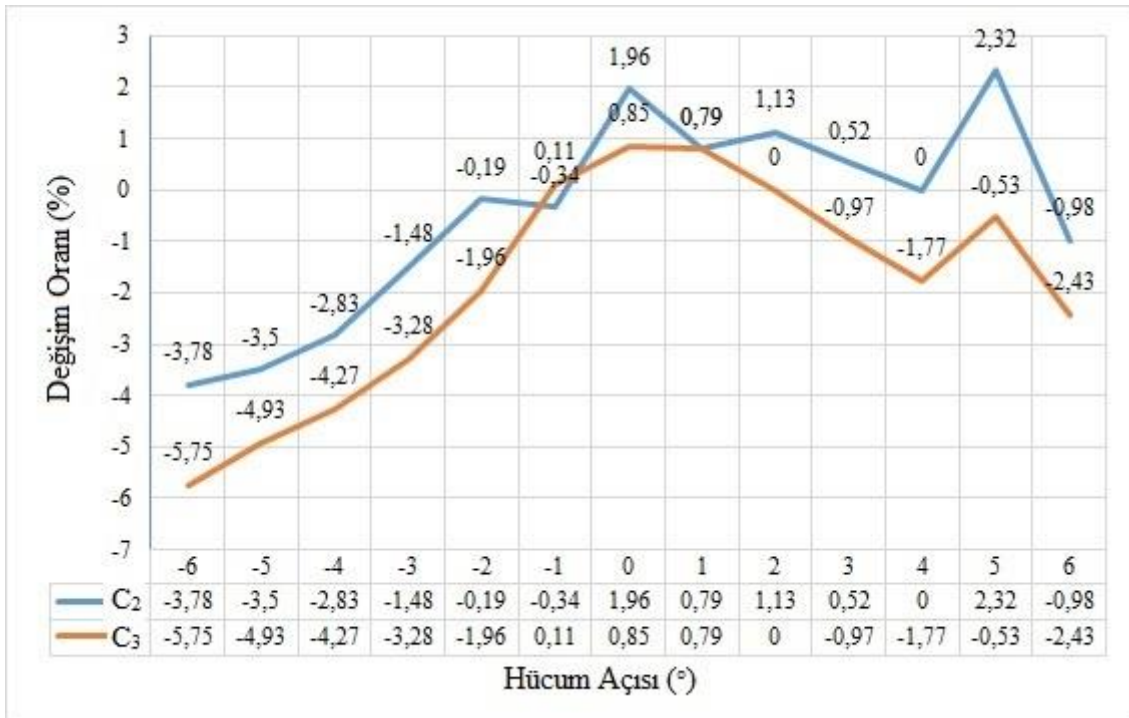
Konfigürasyon	Mesh Sayısı	İterasyon Sayısı
C <sub>1</sub>	2680873	1000
C <sub>2</sub>	4917464	1000
C <sub>3</sub>	3883581	1000

### 3. Bulgular ve Tartışmalar

Boyutsuz duvar mesafesi anlamına gelen  $y^+$  değeri elde edilen analiz sonuçlarının doğruluğu için önem arz etmektedir. **Tablo 6’ da** sayısal analize başlamadan önce istenilen ve elde edilen  $y^+$  değerleri görülmektedir.

**Tablo 6.**  $Y^+$  değerleri

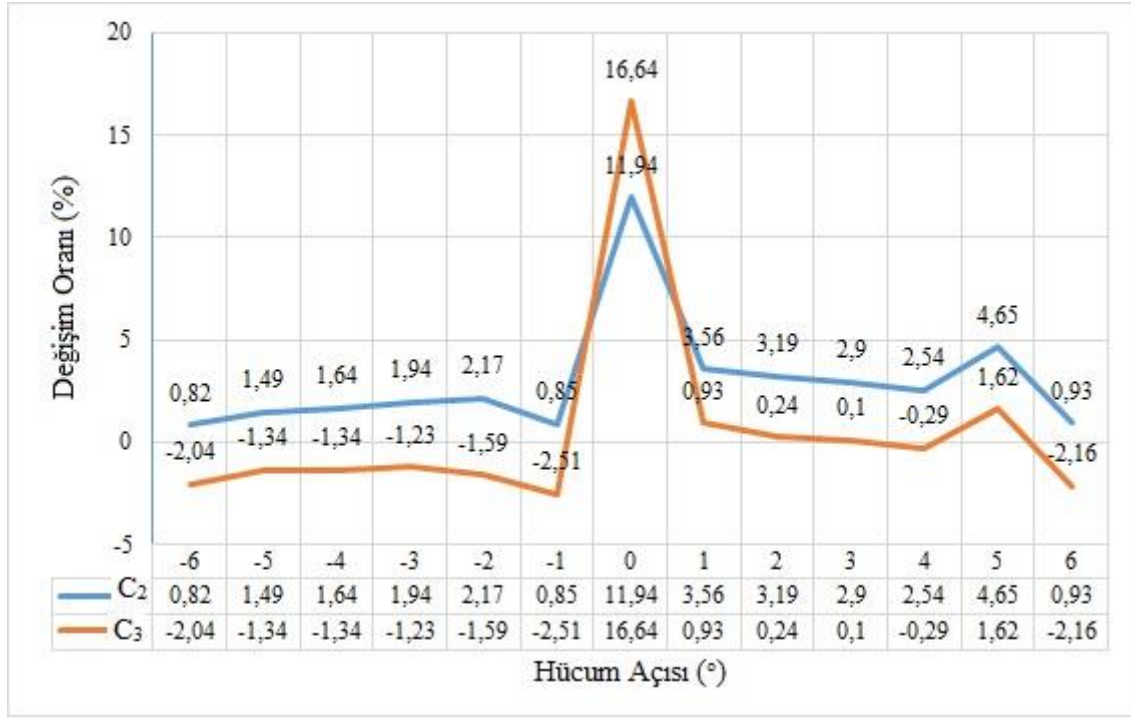
Konfigürasyon	İstenilen Değer	Elde Edilen Değer
C <sub>1</sub>	1	0,68
C <sub>2</sub>	1	5,99
C <sub>3</sub>	1	56,11



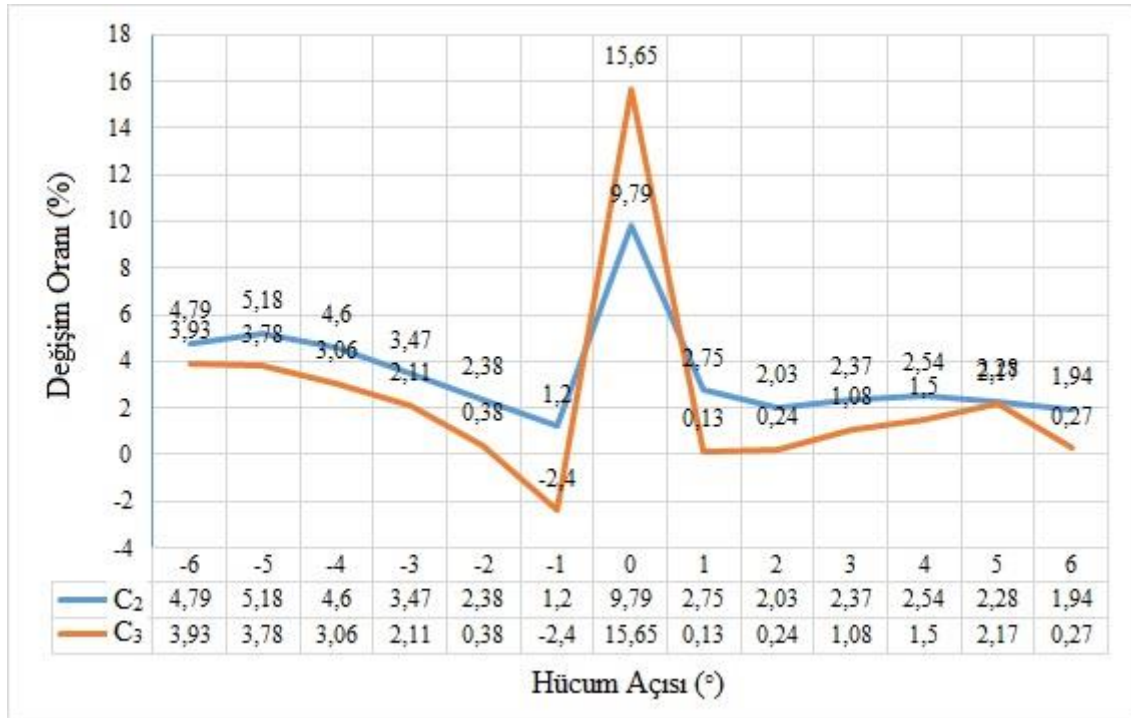
**Şekil 9.** Farklı hücum açılarında C<sub>1</sub> konfigürasyonuna göre % C<sub>D</sub> değişim miktarları

C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konfigürasyonlarının farklı hücum açılarında meydana gelen sürüklenme katsayılarındaki değişimler C<sub>1</sub> konfigürasyonuna göre yüzde olarak **Şekil 9’da** yer almaktadır. Özellikle negatif hücum açılarında % 5,75’ lere kadar azalma meydana geldiği görülebilmektedir. Buna rağmen bazı hücum açılarında sürüklenme katsayılarında artışlar da meydana gelmiştir.

C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konfigürasyonlarının farklı hücum açılarındaki taşıma katsayısı sonuçları, C<sub>1</sub> konfigürasyonu sonuçlarına göre yüzde değişim olarak karşılaştırıldığında **Şekil 10’daki** grafik elde edilmiştir. C<sub>3</sub> konfigürasyonu için sıfır derece hücum açısında taşıma katsayısı değerinde % 16,64’ lük bir artış meydana gelirken eksi bir derece hücum açısında % 2,51’ lik bir azalış meydana gelmiştir.



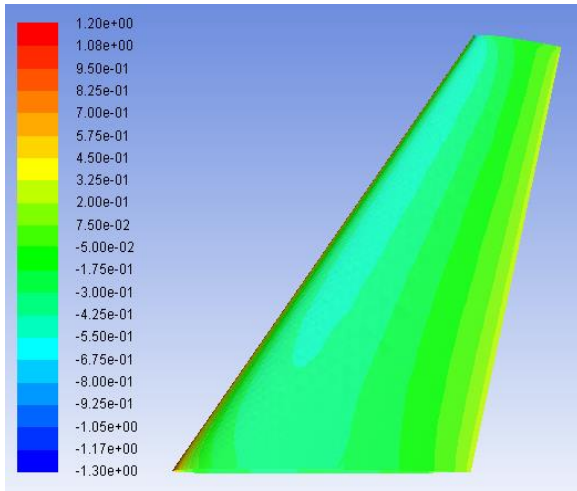
Şekil 10. Farklı hücum açılarında C<sub>1</sub> konfigürasyonuna göre % C<sub>L</sub> değişim miktarları



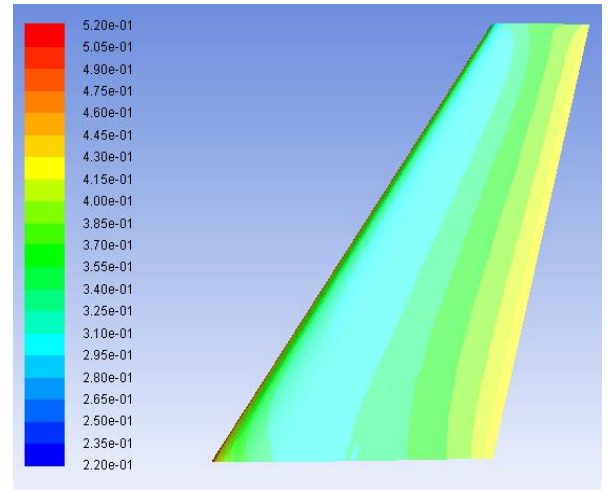
Şekil 11. Farklı hücum açılarında C<sub>1</sub> konfigürasyonuna göre C<sub>L</sub>/C<sub>D</sub> oranındaki % değişim miktarları

Farklı hücum açılarında C<sub>1</sub> konfigürasyonu C<sub>L</sub>/C<sub>D</sub> oranındaki değişimin C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konfigürasyonlarının C<sub>L</sub>/C<sub>D</sub> oranlarındaki değişimlere göre yüzde olarak hesaplanmış halleri Şekil 11’de yer almaktadır. C<sub>3</sub> konfigürasyonunun

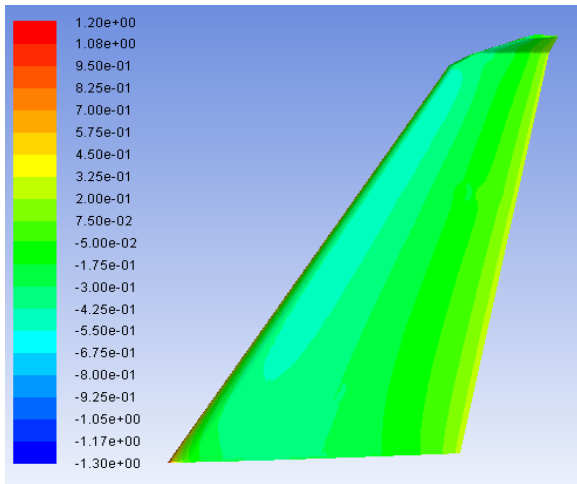
eksi bir derecedeki taşıma katsayısının sürüklenme katsayısına olan oranı hariç diğer bütün hücum açılarında arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum kanat finesinin yani veriminin artması olarak açıklanabilmektedir.



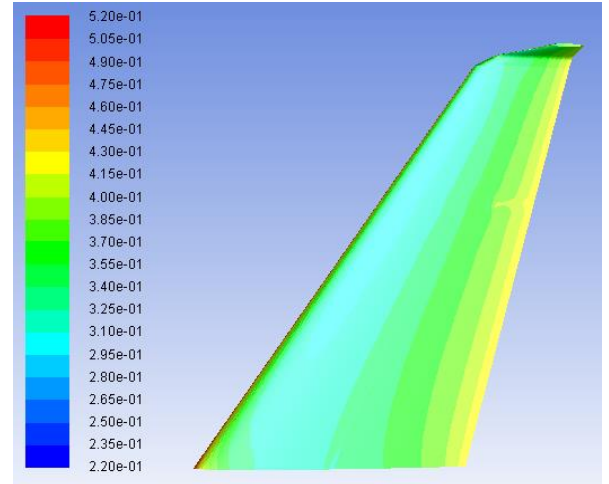
Şekil 12.  $C_1$  konfigürasyonu üzerindeki basınç katsayısı



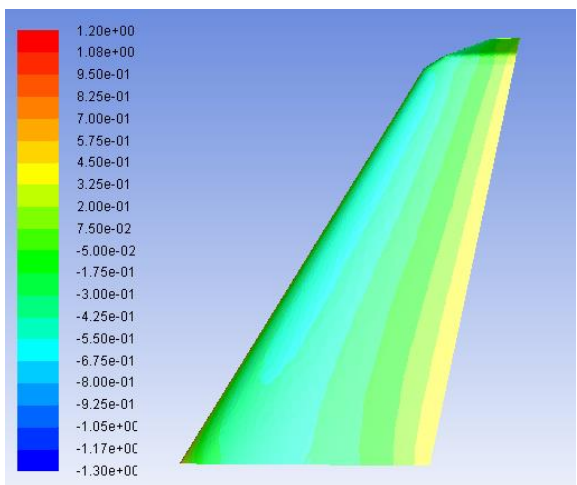
Şekil 15.  $C_1$  konfigürasyonu üzerindeki yoğunluk gösterimi



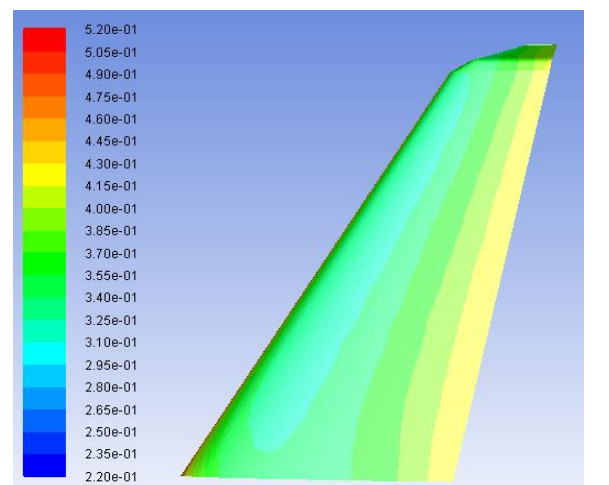
Şekil 13.  $C_2$  konfigürasyonu üzerindeki basınç katsayısı



Şekil 16.  $C_2$  konfigürasyonu üzerindeki yoğunluk gösterimi



Şekil 14.  $C_3$  konfigürasyonu üzerindeki basınç katsayısı



Şekil 17.  $C_3$  konfigürasyonu üzerindeki yoğunluk gösterimi



#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada  $C_1$ ,  $C_2$  ve  $C_3$  konfigürasyonları özellikle de  $C_3$  konfigürasyonunun farklı hücum açılarındaki sonuçları incelendiğinde sürüklenme katsayısında azalma meydana geldiği görülmüştür. Sürüklemeye azalma görülebildiği gibi taşıma katsayısında da artış gözlemlenmiştir. NACA 0012 gibi simetrik bir profile sahip kanatlar için sıfır derece hücum açısında taşıma oluşmaması gerekirken yapılmış olan bu çalışmada bir miktar taşıma meydana gelmiştir. Bu durum kısaca tasarlanan kanadın sahip olduğu dihedral ve ok açısı ile açıklanabilmektedir. Kanat yapıları üzerlerindeki bazı akışkan değişkenleri görsel olarak sunulmuştur. Kanat verimi yani kanat üzerinde meydana gelen taşıma katsayısının sürüklenme katsayısına oranı incelendiğinde % 15,65' lere kadar artış gözlemlenmiştir. **Şekil 12**, **Şekil 13** ve **Şekil 14** incelendiğinde kanat hücum kenarlarında havayla ilk karşılaşan bölge olması nedeniyle basınç katsayılarında ve **Şekil 15**, **Şekil 16** ve **Şekil 17** incelendiğinde benzer şekilde basınç katsayısı ile paralel olarak kanat hücum kenarlarında yoğunluk artışı gözlenmiştir.

#### 5. Simgeler

$C_D$	: Sürüklenme katsayısı
$C_L$	: Taşıma katsayısı
$C_r$	: Kanat kök veter uzunluğu
$C_t$	: Kanat uç veter uzunluğu
$\epsilon$	: Epsilon
HAD	: Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
$h_1$	: Üst kıvrık kanat yüksekliği
$h_2$	: Alt kıvrık kanat yüksekliği
$K_R$	: Eğrilik kriteri
$l_w$	: Ağırlık merkezi ile taşıma kuvveti arası uzaklık
R	: Kıvrık kanat geçiş bölgesi eğrilik yarıçapı
Re	: Reynolds sayısı
$T_0$	: Kelvin cinsinden referans sıcaklık
U	: Hız
$\alpha$	: Hücum açısı
$\mu$	: Dinamik viskozite
$\mu_0$	: Referans sıcaklığında referans viskozite
$k$	: Türbülans kinetik enerji
$r$	: Yayılım
$\kappa$	: Von Karman sabiti

$\mu_t$	: Türbülans viskozite
$\rho$	: Yoğunluk
$\sigma_\omega$	: $k-\omega$ türbülans model sabiti
$\omega$	: Açısal hız
$Y_k - Y_\omega$	: Enerji yitimi
$G_k$	: Türbülans kinetik enerji üretimi
$\theta_1 - \theta_2$	: Cant açılı
$\Lambda_1 - \Lambda_2$	: Ok açıları (sweep angle)
$\Theta_T$	: Burulma açısı (twist angle)
$C_{T1} - C_{T2}$	: Kıvrık kanat uç kısımları uzunluğu
$C_{R1} - C_{R2}$	: Kıvrık kanat kök kısımları uzunluğu
$i_1 - i_2$	: Kanat geliş açısı (incidence-toe angle)
$\lambda_1 - \lambda_2$	: Sivrilme oranı (taper ratio)
$l$	: Kıvrık kanat ucu açıklığı (span)

#### Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan Fluent ve SolidWorks Programları ile iş istasyonları kullanım izinleri için yazarlar, Türk Hava Kurumu Üniversitesi İnsansız Hava Aracı Merkezi' ne (THKÜ İHAMER) teşekkür ederler.

#### Kaynaklar

- [1] Tyler T. (2016). "International Air Transport Association Annual Review," 72nd Annual General Meeting, Dublin.
- [2] Maughmer, D. M. (2001). The Design of Winglets for High-Performance Sailplanes, The American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2406, 1-11.
- [3] Maughmer, D. M., Swan, T. S., Willits, S. M. (2001). The Design and Testing of a Winglet Airfoil for Low-Speed Aircraft, The American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2478, 1-10.
- [4] Menter, F. R., Kuntz, M., Langtry, R. (2003). Ten Years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model, Turbulence, Heat and Mass Transfer, 4, 1-8.
- [5] Nicolosi, F., Marco, A. D., Vecchia, P. D. (2011). Flight Tests, Performance, and Flight Certification of a Twin-Engine Light Aircraft, Journal of Aircraft, 48 (1), 177-192.
- [6] Curry, M (2008). Winglets. <http://www.nasa.gov/centers/dryden/about/Organizations/Technology/Facts/TF-2004->

- [15-DFRC.html](#). Erişim tarihi Mayıs 18, 2016.
- [7] Whitcomb, R. T. (1976). A Design Approach and Selected Wind-Tunnel Results at High Subsonic Speeds for Wing-Tip Mounted Winglets, NASA Langley Research Center Hampton, Washington, 33.
- [8] Elham, A., Tooren, M. J. L. V., 2014. Winglet multi-objective shape optimization. *Aerospace Science and Technology*, 37: 93-109.
- [9] Reddy, S. R., Sobieczky, H., Abdoli, A., Dulikravich, G. S., Multi-Winglets: Multi-Objective Optimization of Aerodynamic Shape, 53rd AIAA Aerospace Sciences Meeting, AIAA.
- [10] Gratzer, L.B. "Split blended winglet," US patent 0 312 928, Dec. 13, 2012.
- [11] L.B. Gratzer, "Blended winglet," US patent 5 348 253, Sep. 20, 1994.
- [12] Anderson, J.D. (1999). *Aircraft Performance and Design*, The McGraw-Hill Companies, United States of America, pp. 302.
- [13] Snorri, G. (2014). *General Aviation Aircraft Design: Applied Methods and Procedures*. Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, USA.
- [14] Bertin, J. J., Russell, M. C. (2014). *Aerodynamics for Engineers Sixth Edition*, Pearson Education Limited, London.
- [15] Ansys CFX-Solver Theory Guide, 2009.
- [16] Nichols, R. H., *Turbulence Models and Their Application to Complex Flows*. University of Alabama, Birmingham, Revision 14.1.
- [17] Celik, I. B. (1999). *Introductory Turbulence Modeling*. Mechanical and Aerospace Engineering Department, West Virginia University.
- [18] Ansys Fluent Theory Guide, 2013.





## Kablosuz Uçak İçi Eğlence Sistemi Uygulaması Ve Gömülü Sistemlere Göre Analizi

Yusuf ATEŞ<sup>1\*</sup> , Satılmış ÜRGÜN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uçak Teknisyeni(Hat Bakım, IFE), Turkish Technic, 34149, İstanbul.

<sup>2</sup> Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Elektrik- Elektronik, Kocaeli Üniversitesi, 41285, Kocaeli.

### Özet

Büyük bir rekabetin yaşandığı havacılık sektöründe uçuş güvenliğinden sonra en önemli faktörler ikram ve uçak içi eğlence sistemi(IFE) olmuştur. Birçok uçak içi eğlence sistem (IFE) firması çeşitli tasarımlarla piyasaya çıkmış fakat yetki, tasarım veya farklı nedenlerle piyasaya hakim olamamışlardır. Dünya piyasasına hakim olan sınırlı sayıda firma bulunmaktadır. Şu anda kullanılan uçak içi eğlence sistemleri oldukça geniş bir komponent çeşitliliğine sahiptir. Bakımı, maliyetleri, kablolu sistem olmaları ve ağırlıkları en önemli dezavantajlardır. Gelişen ve değişen teknoloji farklı ihtiyaçları ortaya çıkarmaktadır. Buna istinaden, bu çalışmada kablosuz uçak içi eğlence sistemi geliştirilmiş ve mevcut gömülü sistemlere göre avantajları incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** KUIES(IFE); Kablosuz uçak içi eğlence sistemi, LRU; Değiştirilebilir ünite, Komponent; Elektronik malzeme

## Application of Wireless In-Flight Entertainment System and Its Analysis According To Embedded Systems

### Abstract

In aviation, which is in a major competition, the most important factors after flight safety, have always been the catering and in-flight entertainment system (IFE). Many of the in-flight entertainment systems (IFEs) have been on the market with various designs, but they have not been successful due to authority, design and for other reasons. Numbered companies are dominant in the world market. Currently, in-flight entertainment systems have a wide variety of components. Maintenance, cost, wired system and weight are the most important disadvantages. In this regard, the wireless in-flight system has been developed in this study and its advantages, compared to the existing embedded systems, have been examined.

**Keywords:** KUIES(IFE); Wireless In-flight entertainment System, LRU; Line Replaceable Unit, Component; Electronic Device

\*Sorumlu Yazar: Yusuf ATEŞ, yates081@gmail.com

## 1. Giriş

1960'dan itibaren uçak içi eğlence sistemi (IFE) dikkat çekmeye başlamıştır ve film projektörü ile birlikte ses kayıtları kullanılmaya başlanmıştır. Uçak içi eğlence sisteminde donanımsal ve yazılımsal gelişmeler yaşanmıştır. Donanımsal gelişmeler; ses kayıtlarından müziğe, müzikten canlı radyoya, film projektöründen kabin baş üstü CRT ekranlara, CRT ekranlardan yolcuya özel kişisel ekranlara şeklinde hızla gelişmiştir. Yazılımsal ve interaktif (çok amaçlı) gelişmeler ise yeni teknolojilerin yayınlanmasıyla fark oluşturmaya başlamıştır. Uçuş sırasında yolcular, telefonlarıyla iletişim kurabilir, kendine özel ekranlarda istedikleri seçimleri yaparak müzik dinleyebilir, film izleyebilir, dergi okuyabilir, gideceği yerin bilgilerine ulaşabilir, oyun oynayabilir ve uçuş bilgilerini gözlemleyebilir. Bunların yanında internet ve diğer servisleri kullanabilmektedir [1].

Uçak içi eğlence sisteminin ilk amacı, uzun menzilli uçuşlarda özellikle okyanus ötesi uçuşlarda yolcu, gökyüzünden başka bir şey göremediği için yiyecek ve içecek ikramı ile yolcu konforunu sağlamaktır. Yolcuların hizmet taleplerinin artması, havayolu şirketlerinin rekabeti ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte havayolu şirketleri daha fazla hizmet sunmaya başlamıştır, bu hizmetlerde elektronik cihazlar büyük rol oynamışlardır. Bu da uçak içi eğlence sisteminin sadece ikram ve fiziksel rahatlık dışında çok amaçlı bir sistem olmasına neden olmuştur. Uçak içi eğlence sistemleri yolcuya uçuş boyunca film izleme, müzik dinleme, oyun oynama gibi olanakların dışında işini takip edebileceği bağlantı olanakları da sağlamaktadır [1].

Uçak içi eğlence sisteminin kullanımı havacılık şirketleri için son yıllarda farklılık oluşturan unsurlardan olmuştur. Özellikle uzun uçuşlarda UIES(IFE) çeşitli olanaklar sağlamaktadır.2003 yılında kısa uçuşlar için yürütülen araştırmada, bu unsurların yerli ve yabancı yolcular için UIES (IFE), havayolu şirketi tercihinde kilit faktör olduğu ortaya konmuştur. Yolcuların daha çok dikkate aldıkları, telefonla iletişim kurma, film izleme, canlı televizyon izleme,uçuşu canlı takip edebilme ve

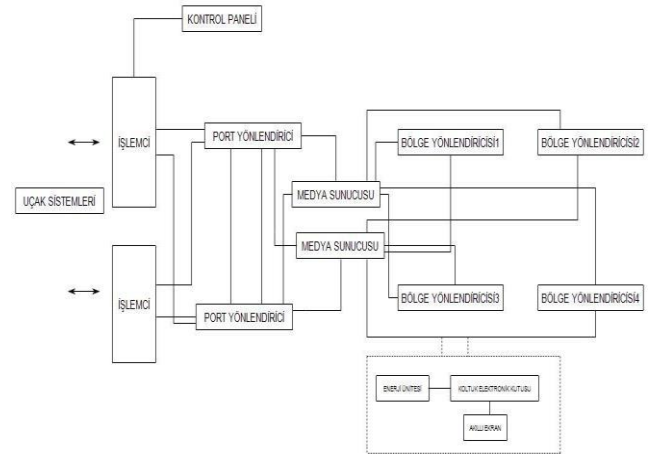
müzik dinleme hizmetleri olmuştur. Araştırmaya göre yolcular en çok yiyecek ve servise yani ikrama, daha sonra personel hizmetlerine, kabin donanımına ve UIES(IFE) sistemine önem vermektedir [2].

Türk Hava Yolları, Lufthansa, Air France, British Airways, KLM, American Airlines, Delta Airlines ve Japan Airlines uçaklarındaki mevcut uçak içi eğlence sistemleri araştırılmıştır. Araştırmaya göre, Panasonic ve Thales şirketlerinin, bu havayolları şirketlerinde uçak içi eğlence sistemine hakim oldukları görülmüştür [3].

Bugünkü IFE sistemlerinde kullanılan ve World Airline Entertainment Association (WAEA) tarafından tanımlanan teknolojiler belirlenmiştir. Dijital içerik yönetimi, akıllı kartlar, uydular, ekranlar, kablosuz iletişim, fiber kanal ve gigabit ethernet, internet bağlantısı ve oyun teknolojileridir [4].

## 2. Gömülü Sistemler

Sistem komponentleri genellikle karmaşık yapılarıdır, yolcuya basit kullanım sağlarken sistemin de sorunsuz çalışması amaçlanmaktadır [5]. Kabinin güvenlik ve alan açısından kısıtlamaları da sistem komponentlerinin yapısını belirlemektedir. Bu özelliklere göre sistem çoklu teknoloji kullanılarak en iyisini yakalamak için tasarlanmış ve buna uygun komponentler kullanılmıştır.



Şekil 1: Uçak içi eğlence sistemi blok diyagramı

Uçak içi eğlence sistemi işlemcisi, uçakların tüm UIES (IFE) sistemini kontrol eden, genellikle LRU (Line Replaceable Unit) olarak adlandırılan küçük bir bilgisayardan başka bir şey değildir. Sistemin türüne göre değişkenlik gösterebilir fakat windows ve linux işletim sistemleri kullanılmaktadır. Filmler, genelde Dijital Veri Sunucuları veya Medya Sunucuları (MS) dizisi olan diğer LRU' larda veya sabit sürücülerde depolanır. Bunlar bir LAN ağında bağlanır ve tüm uçak sisteminde ethernet IP adresi kullanılır.

Veriler, ilk etapta optik fiber üzerinden ve normal ethernet ağı üzerinden belirli koltuklara dağıtılır. İşlemci, port yönlendiriciler vasıtasıyla ortam sunucusundan bölge yönlendirici kutusuna, oradan koltuk elektronik kutusuna ve son olarak akıllı ekrana veri yönlendirerek işlemi tamamlar.

Günümüzde kullanılan uçak içi eğlence sistemlerinin (IFE), genel yapısı bu şekildedir. Sistem, küçük bir bilgisayar mantığıyla çalışsa da hizmet ettiği kişi sayısı oldukça fazladır. Sistemin en can alıcı noktası da burasıdır, tüm yolcuların aynı hizmeti almasını sağlamak. 180 yolcu kapasiteli dar gövde ticari bir uçak düşünüldüğünde 1 sunucudan ve aynı port üzerinden tüm yolcuların aynı anda veri çektiği düşünüldüğünde sistemin verimsiz çalışacağı aşikârdır. Bu yüzden port yönlendiricileri ve bölge yönlendiricileri kullanılmıştır.

Port yönlendiriciler, uçağın kapasitesine göre veriler değişkenlik göstermekle birlikte ortalama 24 port kapasitelidir. Bunların 12 portu 10/100/1000 BASE-T bakır port ve diğer 12 si ise 1000 BASE-SX fiber optik portlardır. Kısaca bir portu saniyede 1000 megabit veri aktarımı yapabilme kapasitesine sahiptir.

Yukarıda bahsedilen değerler sistemin kurulduğu ilk anda son teknoloji değerleri olsa da teknoloji hızla gelişmektedir. Gelişen teknolojiyi yakalamak bir yana, havacılık, teknolojinin öncüsü konumundadır.

## 2.1 Gömülü Sistemlerin Sınırlılıkları

### 2.1.1 Kurulum

Gömülü uçak içi eğlence sistemi(IFE) kurulumu oldukça zahmetli ve uzun süreler alan bir işlemdir. Hali hazırdaki sistemlerin ise kurulum ve bakımının zor ve maliyetli olması, değişen ve gelişen teknolojiyi yakalaması açısından dezavantaj oluşturmaktadır. 180 kişilik yolcu uçağında, her koltuğa akıllı ekran, koltuk elektronik

kutusu ve metrelerce kablo kurulumu yapmak hem tasarım açısından hem de yer tasarrufu açısından oldukça zorluk oluşturmaktadır. Özetlemek gerekirse, sistem ilk kurulduğunda son teknolojiyle kurulsada dahi bir uçağın ömrü ortalama 20 yıl olarak düşünüldüğünde, uçağın ömrü daha dolmadan eğlence sisteminin teknolojik ömrü tamamlanmış olacaktır.

### 2.1.2 Maliyet

Bir 330 uçağının uçak içi eğlence sistemi (IFE) kurulumu 3 milyon dolar civarındadır. Birde uçak içi eğlence sistemi komponentlerinin uçak üzerinde oluşturduğu ağırlığın da maliyete büyük etkisi vardır.

**Tablo 1:** Uçak İçi eğlence Sisteminin Oluşturduğu Ortalama Ağırlık Değerleri

Koltuk Adeti	Koltuk Tarafı IFE Komponentleri	Komponentlerin Ortalama Ağırlıkları (kg)	Toplam Ağırlık (kg) (Toplam koltuk sayısı*ortalama 1 koltuğa düşen ağırlık)
180	Akıllı Ekran	2.5-5	1215
	Koltuk Elektronik Kutusu	0.5-1	
	Kablo	1,5-3	

Yukarıdaki tabloda kablosuz uçak içi eğlence sisteminde de kullanılacak koltuk tarafı komponentleri harici hesaplama yapılmıştır. (Koltuk güç ünitesi gibi)

A320 uçağı ele alındığında, uçak 100 kilometre kadar kat edilen mesafede ortalama 424 litre yakıt yakmaktadır. Aynı zamanda bu uçak toplamda 180 adet yolcu taşıyabilmektedir. Toplam tüketilen yakıt miktarını yolcu sayısına böldüğümüzde kişi başına düşen yakıt, 2.35 litre olmaktadır. Bir yolcu ortalama 100 kg olarak düşünüldüğünde uçak içi eğlence sisteminin koltuk tarafı toplam ağırlığı 12 kişiye bu da  $12 \times 2.35 = 28,2$  lt yakıtı tekabül etmektedir. İST-ESB (350 km) seferi yapan yolcu uçağı için kablolu uçak içi eğlence sisteminin yakıt

tüketimine olan etkisi hesap edilirse,  $3,5 \times 28,2 = 98,7$  lt gibi bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Bu sonuç, 250 üzeri uçağa sahip havayolu şirketi için büyük bir değerdir [6,7].

Bakım maliyeti olarak da 1 yıl içerisinde değişen komponent ve malzemelerin ortalama değerleri aşağıda gösterilmektedir. Burada özellikle ana komponent ve koltuk tarafı komponentlerinin bakım maliyetleri ayrı ayrı gösterilmektedir. Kablolu uçak içi eğlence sistemi ile kablosuz uçak içi eğlence sistemi arasındaki fark koltuk tarafında ortaya çıkmaktadır. Kablosuz uçak içi eğlence sisteminde koltuk tarafı tüm komponentler yolcunun kullanacağı kendi cihazına indirgenmiştir.

**Tablo 2:** Yıllık Uçak İçi Eğlence Sistemi Bakım Bütçesi

Havayolu	Uçak Adeti	Toplam İfe Giderleri (Yıllık) (\$)
1	250 üzeri	20 Milyon

**Tablo 3:** Koltuk Tarafı ve Head-End (Ana Komponent) Tarafı Gider Değerleri

Malzeme Grubu	Maliyet(\$)	Malzeme Grubu	Maliyet(\$)
Sarf	9 Milyon	Ana Komponent	2 Milyon
Tamir	4 Milyon	Software	1 Milyon
Devre Elemanları	3 Milyon	Diğer	1 Milyon

Tablolarda da görüldüğü üzere koltuk tarafı (seat-end) gider ile ana komponent (head-end) tarafı gideri arasında çok büyük bir fark vardır. Bu maliyet farkı havayolu şirketi için büyük yük oluşturmaktadır.

### 2.1.3 Kullanılabilirlik

Yolcular için gömülü sistemlerin kullanımı çok kullanışlı olmamaktadır. Dokunmatik hassasiyet yolcuların kendi cihazlarında 45,67,75ms gibi hızlı değerlerdeyken uçak içi eğlence sisteminin ekranlarında bu 100ms, 200ms hatta 300ms'leri

aşmaktadır. Bu durum, yolcular ve kabin amiri için sinir bozucu hal almaktadır.

### 3. Uçak İçi Eğlence İnovasyonu

Amerikan Havayolları'nın, her koltuk sırtında uçak içi eğlence (IFE) ekranları olmaksızın yeni Boeing 737 uçaklarının teslimini kabul etmektedir. Günümüzde, Southwest ve United dahil olmak üzere Amerika'nın en büyük taşıyıcılarından bazıları, yolcuların cihazlarında uçak içi internet seçeneklerinin bir parçası olarak filmler ve TV şovları yayınlıyor. Uçak içi eğlencenin uçuş deneyiminin vazgeçilmez bir parçası olmasına rağmen ve yolcuların her koltukta görmeye alıştığı koltuk arkası ekranlar kayboluyor.

Ekranların uçaklardan kaldırılması için önde gelen argümanlardan biri, teknolojinin acımasız ilerlemesidir. Southwest, 2012 yılında Wi-Fi donanımlı Boeing 737 uçaklarının kişisel cihazları aracılığıyla canlı televizyon hizmeti sunmaya başladığında, havayolu şirketi bir dijital ortak aracılığıyla oluşturduğu sistemin esnekliğinden memnun kaldıklarını açıkladı. Üç yıl sonra, United Airlines, eğlence araçlarını doğrudan yolcuya katmanın yolcu deneyimine katkıda bulunduğunu söyleyerek, yeni Embraer E-175 uçaklarında iOS ve Android cihazları için uçak içi eğlence imkânı sunmaya başlamıştır.

Mobil teknolojideki büyüme ile havayolları, hedef müşteriler arasında akıllı telefon ve tablet kullanımının artacağını öngörmektedir. Daha çok Amerikalı, akıllı telefonu, tabletleri ve kişisel bilgisayarları gündelik yaşamlarının bir parçası olarak kullanmaktadır. Pew Araştırma Merkezi'ne göre Amerikalı yetişkinlerin % 68'i akıllı telefona, % 45'i tablet bilgisayara sahiptir. En yüksek kullanım, havayollarının hedef müşteri tabanı arasında yer almaktadır: 18 ila 49 yaşları arasında, eğitimli ve hane geliri 50.000 dolardan fazla olan kişiler tarafından kullanılmaktadır.

2014 yılında uçakta bulunan kablosuz iletişim sağlayıcısı Gogo, yolcularının havadaki eğlence alışkanlıkları hakkında araştırma yaptı ve yolcuların % 76'sının kişisel bir cihaz taşıdıklarını, % 33'ü uçuş sırasında birden fazla cihaz kullandıkları sonucuna

varmıştır. Dahası, yolcular IFE sistemini kullanmak yerine kablosuz internete bağlanmak için kendi cihazlarını kullanmayı tercih etmektedirler.

2016 yıllık Global Yolcu Anketi'nde Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği(IATA), uzun menzilli uçuşlar için yapılan en iyi aktiviteleri belirlemiştir ve sırasıyla: film izleme, uyku veya yeme içme. Filmler hala yolcuların eğlence listelerinin en üstünde yer aldığından, IATA'ya göre çoğunluk (% 51), 2015'te % 12 artışla filmleri koltuk arkası ekrandan izlemek yerine kendi cihazlarından izlemeyi tercih etmektedirler.

Uçak içi eğlence sistemi (IFE) sağlayıcısı VTX, tek bir koltuk arkası ekranın 6.000 \$ 'a mal olabileceğini tahmin etmektedir, bu yüzden maliyet açısından ekranların olmaması önem kazanmaktadır. 380 koltuğa ulaşan uçaklarda, bakım maliyetleri uçak başına 2.2 milyon dolardan fazla miktara ulaşmaktadır [8].

#### 4. Kablosuz Uçak İçi Eğlence Sistemi Uygulaması (Kuies, Ife)

Bu sistemde donanım ve yazılım olarak, bir adet Windows işletim sistemine sahip DELL dizüstü bilgisayar, bir adet HUAWEI marka modem ve android işletim sistemine sahip cihazlar kullanılmıştır.

Kablosuz IFE çalışma şekli, amaç ve işleyiş açısından gömülü sistemlere benzese de sonuç ve verim açısından çok daha avantajlıdır. Kablosuz IFE' de sunucu ile kullanıcı arasındaki bağlantı modem üzerinden yapılmaktadır. Bir adet ip adresi mevcuttur. Gömülü sistemlerde sistemin her koltuğu tanınması için her birine ayrı ayrı IP atanmaktadır. Bu sistemde, sistemin koltuğu değil yolcu cihazının wireless üzerinden sistemi ve IP'yi görmesi yeterlidir. En önemli farklılık ise gömülü sistemde bağlantı ethernet üzerinden sağlanırken bu sistemde kablosuz olarak sağlanmaktadır. Sistemin olası sınırlılıkları şunlardır;

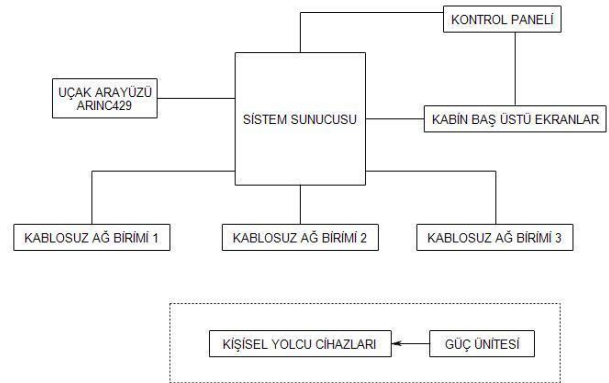
- sinyal gücü
- kişi sayısı

- yayılan sinyalin uçak sistemlerini etkileme ihtimali.

(Son madde için do160 adı verilen test aşamalarından geçmesi gerekmektedir.)

Uygulamanın geliştirilmesi ve kullanılışı aşağıdaki gibidir:

Kullanıcılar tablet, telefon ve bilgisayar aracılığıyla modem de açılan port üzerinden sunucuya bağlanabilecek ve yayınlanan film, müzik ,okuma ve çeşitli eğlence içeriklerine ulaşabileceklerdir. Bu içeriklerin yayınlandığı bir web sayfası geliştirilmiş olup tüm içerikler buraya yüklenmiştir. Tablet ve telefonlar için uygulama geliştirilmiştir. Uygulamanın yüklü olduğu telefonlardan ve tabletlerden içeriğe ulaşılabilir. Bu uygulama örnek uygulama olduğu için google play store'da mevcut değildir. Uygulama yüklendikten sonra kurulum gerçekleştirilerek uçak içi eğlence sistemi kullanılacaktır.



**Şekil 2:** Kablosuz uçak içi eğlence sistemi blok diyagramı

Uygulama şu sıraya göre gerçekleştirilmiştir;

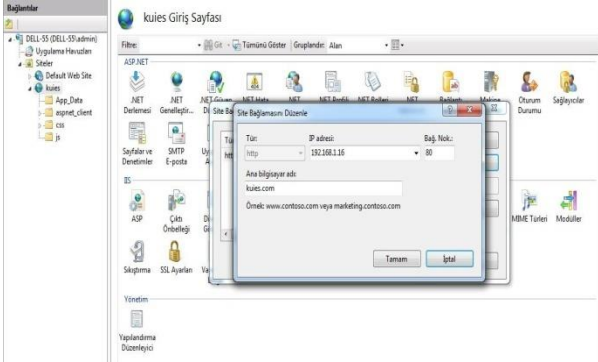
- Sunucu kurulumu
- Ağ birimi üzerinden port açma
- Yayın yolu belirleme
- Web (html) oluşturma
- İçerik ekleme
- Kullanıcılar için android apk oluşturma

Öncelikli yayın yapılacak sunucu (server) kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bunun için windows işletim sistemi kullanılmıştır.



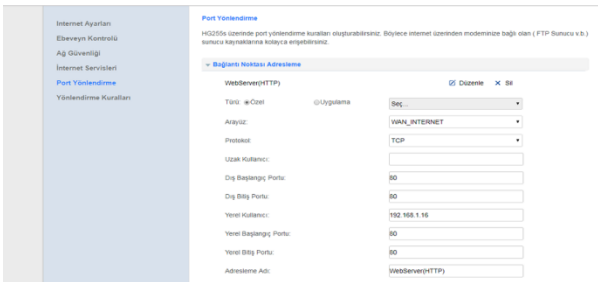
Kurulum için Windows'da asp (active server pages) dosyaları aktif hale getirilmiştir. Asp bir microsoft yazılımıdır. Asp dosyalarını aktif etmek için ise internet bilgi servisleri (iss) ayarları yapılmıştır. Asp, iss altında çalışan bir programdır [9].

Asp ayarları ve iss kurulumu yapıldıktan sonra sunucunun yayın yapacağı yol belirlenmelidir. Bu işlem için port açmak gerekmektedir.



Şekil 3: Kablosuz uçak içi eğlence sistemi yayın platformu yolu

Port açma işlemi, bu çalışmada kullanılan modem üzerinden yapılmıştır. Modem ara yüzüne tarayıcı üzerinden 192.168.1.1 yazarak ulaşılmıştır. Modemin sağladığı port yönlendirme bölümünden yeni port açılmıştır.

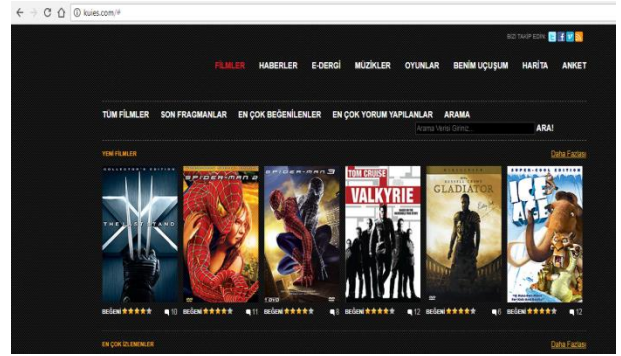


Şekil 4: Ağ erişim birimi (modem) arayüzü

Buraya sabitlenen IP adresi ve port bilgileri girilmiştir. Bu işlemlerden sonra sunucu ve kablosuz iletişim hazır hale gelmiştir.

Yayın platformu ya da web sayfası yolu oluşturulduktan sonra yayının yapılacağı web sayfası (html) oluşturulmuştur. Bu yayın platformu, yolcu için ergonomik, kolay kullanılabilir ve tüm yolcu profillerine hitap eden bir yapı olması gerekmektedir. Bunun için hazırlanan web sayfası

(html) daha çok film tabanlı daha sonra müzik, harita ve diğer eğlence sistemi içeriklerine sahiptir. Yukarıda da yapılan araştırmaların sonuçlarına göre yolcular daha çok film izleme eğilimindedirler. Bu sonuçlara göre aşağıdaki yapı tasarlanmıştır [10].



Şekil 5: Uçak içi eğlence sistemi web sayfası

Hazırlanan web sayfasının html kodları (bir kısım) ise aşağıdaki resimde gösterilmiştir.

```

4 <title>Uçak İçi Eğlence Sistemi</title>
5 <link rel="icon" href="favicon.ico" type="image/x-icon"/>
6 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
7 <link rel="stylesheet" href="css/style.css" type="text/css" media="all" />
8 <script type="text/javascript" src="js/jquery-1.4.2.min.js"></script>
9 <script type="text/javascript" src="js/jquery-func.js"></script>
10 <!--[if IE 6]><link rel="stylesheet" href="css/ie6.css" type="text/css" media="all" /><![endif]-->
11 </head>
12 <body>
13 <!-- START PAGE SOURCE -->
14 <div id="shell">
15 <div id="header">
16 <div class="social"> <span>BİZİ TAKİP EDİN:</span>
17 <ul>
18 <li><a class="twitter" href="#">twitter</a></li>
19 <li><a class="facebook" href="#">facebook</a></li>
20 <li><a class="vimeo" href="#">vimeo</a></li>
21 <li><a class="rss" href="#">rss</a></li>
22 </ul>
23 </div>
24 <div id="navigation">
25 <ul>
26 <li><a class="active" href="index.html">FILMLER</a></li>
27 <li><a href="#">HABERLER</a></li>
28 <li><a href="#">E-DERGI</a></li>
29 <li><a href="#">MÜZİKLER</a></li>
30 <li><a href="#">OYUNLAR</a></li>
31 <li><a href="#">BENİM UÇUŞUM</a></li>
32 <li><a href="#">HARITA</a></li>
33 <li><a href="#">ANKET</a></li>
34 </ul>
35 </div>
36 <div id="sub-navigation">
37 <ul>

```

Şekil 6: Web Sayfası Html kodları

Android cihazlar için de aşağıdaki uygulama (apk) geliştirilmiştir.



**Şekil 7:** Android işletim sistemine sahip mobil cihaz uygulaması (apk)

Bu sistem, uçağa modlanmak istendiğinde, yukarıda blok diyagramında da gösterildiği şekilde uygulanacaktır. Kurulumu kolay ve yolcu odaklı bu sistem günümüzün ve geleceğin havayolu şirketlerinin tercihi olacaktır.

Uçakta güvenlik videosu, harita (airshow) yayını zorunlu olduğu için bu sisteme ayrı olarak baş üstü ekranlar yerleştirilecektir. Ayrıca tüm koltuklarda güç ünitesi olacaktır. Enerji ihtiyacının çok fazla olduğu ve hala mobil cihazlar için çözümler arandığı bu zamanda bu sistemin de kullanılabilir olması için güç üniteleri koltuklarda bulunmak zorundadır. Sistemin genel yapısı ve çalışma mantığı bu şekildedir.

## 5. Sonuçlar ve Çıkarımlar

İki sistem, ergonomiklik, maliyet, bakım ve ağırlık açılarından incelenmiştir. İncelemelere göre kablosuz uçak içi eğlence sistemi (kuies), gömülü sistemlere göre birçok avantaja sahiptir. Bunlar aşağıdaki gibidir;

- Daha az ağırlık
- Kolay kurulum
- Az yakıt tüketimi
- Daha az bakım maliyeti
- Yenilenebilir ve yolcuya yönelik olması

**Daha az ağırlık ;** Kablolu ile kablosuz uçak içi eğlence sistemi arasındaki en büyük fark koltuk tarafında ortaya çıkmaktadır. Maliyet kısmında bu durum incelenmiştir.

**Kolay kurulum ;** Koltuk tarafında bir kurulum gerekmediği için sadece ana komponentlerin kurulumu, baş üstü ekranların kurulumu ve güç ünitesi kurulumu gerekmektedir. Kablolu sisteme göre daha hızlı ve kolay gerçekleşecektir.

**Az yakıt tüketimi ;** Maliyet bölümünde detaylı incelemesi yapılmıştır.

**Daha az bakım maliyeti;** Tablo 3 ' de özellikle ana komponent ve koltuk tarafı malzemelerin yıllık bakım maliyetleri verilmiştir. Kablosuz sistemde koltuk tarafı olmayacağı yada sadece güç ünitesinden ibaret olacağı için kablolulu sisteme göre daha az bakım maliyeti oluşturacaktır.

**Yenilenebilir ve yolcuya yönelik olması;** Kablolulu sistemlerde cihazlar üretici firmanın yazılım mantığına göre üretilmektedir. Her firma farklı mantıkta ara yüz geliştirdiğinden dolayı yolcuya yabancı sistemler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sistemlerin tepki süreleri çok yavaştır. Kablosuz uçak içi eğlence sisteminde yolcu kendi android veya ios cihazını kullanabileceği için zaten aşına olduğu cihazında rahatça sisteme bağlanarak eğlence sisteminin keyfini sürebilecektir. Yenilenebilir olması ise, gelecekte uçaklarda görülebilecek 3D teknolojisine kolayca geçiş imkânı sağlayacaktır.

Hava yolu şirketlerinin, uçak içi eğlence sistemi tercihinde yukarıdaki durumlar etken olacağından bu çalışmanın havayolu şirketleri için faydalı olacağı düşünülmektedir.

Mobil cihazlarda jiroskop sensörü bulunmaktadır. Kablosuz uçak içi eğlence sistemi mobil cihazlarla çalıştığı için 3D teknolojisine de uyumludur. Sanal gerçeklik ve 360 video uygulamaları da geleceğin uçaklarında görülebilecektir.



**Kaynaklar**

- [1] Ahmed Akl, Thierry Gayraudand, Pascal Berthou (2012). Key Factors in Designing In-Flight Entertainment Systems, Recent Advances in Aircraft Technology, Dr. Ramesh Agarwal (Ed.), ISBN: 978-953-51-0150-5.
- [2] Aksoy, S.,Atilgan, E.&Akinci, S. (2003). Airline services marketing by domestic and foreign firms: differences from the customers' viewpoint, *Journal of Air TransportManagement*, 9(6): 343–351.
- [3] H. Liu,(2007) "In-flight Entertainment System: State of the Art and Research Directions", Second International Workshop on Semantic Media Adaptation and Personalization, Computer Society,241-244.
- [4] B.Parhizka, A.Mehanovic, E. Ng Giap Wen, Y. Sing Nian, A. Ramachandran, H. Babaei (2010) Developing In-Flight Entertainment System using Flex technologies, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 10,181-184.
- [5] Available:<http://ignitetechnologies.in/embedded-system-design.php>. Ignite Technologies. (Embedded System Design, 03-12-2017).
- [6] <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=jet-fuel> (US Energy Information Administration ,18-09-2017)
- [7] [https://www.muhendisbeyinler.net/ucaklar-nekadar-yakit-tuketir/\(2017\)\(Mikail Bayram,16-Eylül-2017\)](https://www.muhendisbeyinler.net/ucaklar-nekadar-yakit-tuketir/(2017)(Mikail Bayram,16-Eylül-2017))
- [8] [https://thepointsguy.com/2017/05/are-in-flight-screens-endangered/\(Joe Cortez,13-Mayıs-2017\)](https://thepointsguy.com/2017/05/are-in-flight-screens-endangered/(Joe Cortez,13-Mayıs-2017))
- [9] Md. Sarwar Jahan," Developing an ASP.NET MVC 3 web application using Windows Communication Foundation (2009)
- [10] Purushottam Panta," Web Design, Development and Security (2009):16-21.



## Düz Uçuş için Kanat Profili Eniyilemesi

Hakan Darak<sup>1</sup>, Durmuş Sinan Körpe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Anova Proje ve Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.

<sup>2</sup> Uçak Mühendisliği Bölümü, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi

### Özet

Yapılan bu çalışmada, deniz seviyesinde düz uçuş yapan bir hava aracının kanat profili için üç boyutlu panel metot ve iki boyutlu tek yönlü sınır tabakası çözümlerinden oluşan hızlı aerodinamik çözücü ile dört farklı hız değeri için elde edilen taşıma kuvveti ve sürüklenme kuvveti değerlerinden yola çıkılarak, eniyileme problemleri çözülmüştür. Bu hız değerleri sırası ile; perdövites hızı, en uzun menzil hızı, en uzun havada kalma süresi hızı ve en yüksek hızdır. Eniyileme problemlerinin çözülebilmesi için MATLAB programı ve Xfoil programının bir arada çalışması sağlanmış, Xfoil programında hesaplanan taşıma kuvveti katsayısı ve sürüklenme kuvveti katsayısı değerleri, MATLAB programında bulunan ardışık ikinci derece programlama metodunun ihtiyaç duyduğu hedef fonksiyonunun gradyan vektörleri ile kısıtlamaların Jakoben matrisinin oluşturulması sağlanmıştır. İlk aşamada, belirtilen hızda düz uçuşu sağlayan hücum açısında sürüklenme kuvvetinin en düşük hale getirilmesi hedef fonksiyon olarak tanımlanırken o hücum açısında taşıma kuvvetinin değişmemesi eşitlik kısıtlaması olarak tanımlanmıştır. İkinci aşamada ise yukarıdaki tanımlanan problemlere ek olarak kanat profilinin perdövites açısında sağladığı taşıma kuvvetinin değişmemesi eşitlik kısıtlaması olarak tanımlanmış ve bu şekilde eniyileme problemleri çözülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kanat profili, Eniyileme, Ardışık İkinci Derece Programlama, Xfoil, MATLAB

## Airfoil Optimization for Level Flight

### Abstract

In this study, the optimization problems that are based on  $C_l$  and  $C_D$  values, which are obtained by a fast aerodynamic solver consisting of three dimensional panel method and one-way two dimensional boundary layer solver, are solved for four different speed values in level flight. These values are stall speed, the highest range speed, the highest endurance speed and the maximum speed. In order to solve the optimization problems, the combination of MATLAB program and Xfoil program has been provided. Lift and drag force coefficients are calculated in Xfoil program for the Jacobian matrix of the constraints and the gradient vector of the objective function that are required by the sequential quadratic programming method in MATLAB. In the first phase, minimization the drag coefficient at the determined angle of attack is defined as the objective function while the lift coefficient at that angle of attack is defined as the equality constraint. In the second phase, in addition to the above defined problem, the lift coefficient provided by the airfoil at the stall angle of attack is defined as the equality problem and the optimization problems are solved.

**Keywords:** Airfoil, Optimization, Sequential Quadratic Programming, Xfoil, MATLAB

## 1. Giriş

Thomas [1] tarafından yapılan Kanat Profili/Kanat Eniyilemesi çalışması, hava taşıtları üzerindeki aerodinamik karakteristiklerin, araç şeklinin iyileştirilmesi ile bu karakteristiklerin geliştirilmesine yönelik teknikler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada izlenen yol; eniyileme işlemcisi ile şekil belirleme bileşenine tasarım değişkenleri sağlanmakta, daha sonra sağlanan bu değişkenler ile kanat profili yüzeyinin matematiksel olarak tanımı yapılmaktadır. Yapılan yüzey tanımı aerodinamik analiz bileşeni tarafından kullanılmak üzere ağ üretim işlemcisi tarafından işlenerek çözüm ağı oluşturulmaktadır. Yapılan analiz sonucunda hedef fonksiyonun gradyanları elde edilir. Bu çalışma aerodinamik şekil eniyilemesi için HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) araçlarından yararlanmaktadır. Eniyileme işlemi hali hazırda var olan bir tasarımı iyileştirmeye yönelik olarak kısıtlanmıştır, bu sebeple eniyilemeye başlayabilmek için bu çalışmada, var olan temel bir tasarıma ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılan hesaplamalı metot, basitliğinden dolayı panel metot olarak seçilmiştir. Bu basit metot, viskozite, sıkıştırılabilirlik, vortisite gibi birçok önemli etkeni görmezden gelmekte fakat aerodinamik şekil eniyilemesi için yeterli sonucu sağlayabilmektedir. Yapılan bu çalışmada tasarım değişkenleri en fazla kambur, hücum kenarından itibaren en fazla kamburun bulunduğu mesafe ve en fazla kalınlık ile tanımlanmış, kanat hücum açısı ise  $\alpha = 1^\circ$  sabit tutulmuştur. Kanat profili eniyileme çalışmaları taşıma kuvveti katsayısı ( $C_l$ ), sürüklenme kuvveti katsayısı ( $C_d$ ) ve yunuslama momenti katsayısı ( $C_m$ ) değerlerinin değişimi üzerinedir. Kanat profilinin eniyilemesi için ise 4 senaryo belirlenmiştir. Bunlar; taşıma kuvvetinin en yüksek değerinin elde edilmesi, yunuslama momenti ve sürüklenme kuvveti kısıtlamaları ile taşıma kuvvetinin en yüksek değerinin elde edilmesi, yunuslama momenti ve taşıma kuvveti kısıtlamaları ile sürüklenme kuvvetinin en düşük değerinin elde edilmesi ve Yunuslama momenti ve taşıma kuvveti kısıtlamaları ile taşıma kuvveti/sürüklenme kuvveti oranının en yüksek değerinin elde edilmesi olarak tanımlanmıştır. Eniyileme problemi çözümlerinin sonucunda elde edilen kanat profilleri, birinci

durum için  $C_l = 1,529$ , ikinci durum için  $C_l = 0,436$ , üçüncü durum için  $C_d = 0,0019$  ve dördüncü durum için  $\frac{C_l}{C_d} = 366$  sonuçlarını sağlamıştır.

Garcia, v.d. [2] tarafından yapılan HAD Tabanlı, Gradyan Tabanlı Metot Aracılığı ile Kanat Profili Eniyilemesi çalışmasında, aerodinamik şekil eniyilemesi yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada hedef olarak, verilen kanat profili üzerinde bulunan taşıma kuvvetini kabul edilebilir bir aralık içerisinde tutarak sürüklenme kuvvetinin düşürülmesi amaçlanmıştır. Kanat profili geometrisinin belirlenebilmesi için bir dizi nokta kullanılarak B-spline eğrisi parametrik olarak oluşturulmuştur. Bu noktalar HAD analizleri aracılığı ile otomatik olarak yenilenmiştir. HAD analizi için kullanılacak hacimsel alan, kullanıcı tarafından tanımlanmış olan bu düzlemsel şekil kullanılarak bir dizi kullanıcı tanımlı parametre ile oluşturulmaktadır. Tanımlama süreci 2 boyutlu ve 3 boyutlu ağ algoritmaları kullanılarak yapılmaktadır. Kanat profili etrafını sarmakta olan akış alanı da aynı zamanda kanat profilini oluşturan parametrelere bağlı olarak oluşturulmaktadır. Navier-Stokes denklemleri, türbülanslı sıkıştırılabilir akış için, k-epsilon türbülans modeli ve SIPMLE algoritması kullanılarak çözülmüştür. Simülasyon çözüldükten sonra taşıma kuvveti ve sürüklenme kuvveti sonuçları eniyileme çözücüsüne aktarılmıştır. Her kontrol noktasının yön ve büyüklüğünü tanımlayabilmek için, gradyan tabanlı eniyileme metodu olan dik iniş yöntemi kullanılmıştır. Kontrol noktaları tasarım değişkenleri olarak tanımlanmış ve en uygun değere ulaşabilmek için yinelenmiştir. Eniyileme sürecinde kullanılan konfigürasyon ve sonuçlar aşağıda belirtilmiştir. Alt ve üst yüzey için 6 adet kontrol noktası kullanılmıştır. Giriş hızı için  $50 \text{ m/s}$ , kanat hücum açısı  $0^\circ$ , türbülans çözümleri için  $0^\circ\text{C}$ 'de k-epsilon türbülans modeli, giriş ve çıkış koşulu dışındaki duvarlar için ise simetri koşulu ve her HAD alanı için 4000 ile 5000 eleman arasında ağ bileşeni tanımlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda sürüklenme kuvveti değeri yinelenmelere bağlı olarak 0,3804 değerinden 0,2815 değerine kadar gerilemiş ve %26'lık bir iyileşme sağlanmıştır.

Bu çalışmada düz uçuş esnasında kanat profilinde oluşan sürüklenme kuvvetini en düşük değere indirmek amaçlanmıştır. Bu kuvveti en düşük değerine indirmek için Havacılık Ulusal Danışma Kurulu'na (National Advisory Committee for Aeronautics) ait NACA4412 kanat profili başlangıç profili olarak kullanılmıştır. NACA profillerinde kanat profilini oluşturan en yüksek kanat kalınlığı, en yüksek kambur oranı ve en yüksek kambur konumu tasarım değişkenleri olarak belirlenmiş ve en düşük sürüklenme kuvvetinin elde edilebilmesi için bu üç tasarım değişkeni kullanılarak eniyileme problemleri çözülmüştür. İki aşamadan oluşan bu çalışmada, ilk aşamada belirlenen hız değerinde düz uçuşu sağlayan hücum açısında sürüklenme kuvvetinin en düşük hale getirilmesi hedef fonksiyonu olarak tanımlanırken, o hücum açısında taşıma kuvvetinin değişmemesi eşitlik kısıtlaması olarak tanımlanmıştır. İkinci aşamada ise yukarıdaki tanımlanan probleme ek olarak kanat profilinin perdövites açısında sağladığı taşıma kuvvetinin değişmemesi eşitlik kısıtlaması olarak tanımlanmış ve bu şekilde eniyileme problemleri çözülmüştür.

## 2. Materyal ve Yöntem

NACA serisinde profil hattını oluşturmak için ilk önce kamburluk çizgisine dik olarak kalınlık sınırı, veter boyunca belirlenir. Kanat profili kalınlık dağılımı hesaplanırken Denklem 1 kullanılır.

$$y_t = \frac{t}{0.2} (a_0 x^{0.5} + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4) \quad (1)$$

Bu denklemde  $t$  değeri en yüksek kalınlık oranını ifade eder.  $a_0 = 0,02969$ ,  $a_1 = -0,126$ ,  $a_2 = -0,3516$ ,  $a_3 = -0,1015$  ve  $a_4 = -0,1015$  değerlerine sahiptir. Profilin firar kenarını kapalı hale getirmek için  $a_4$  değeri,  $a_4 = -0,1036$  değeri ile değiştirilir. Bu çalışmada firar kenarı kapalıdır.  $a_0$  ve  $a_4$  sabitleri %20 kalınlıkta bir kanat profili için geçerlidir.  $y_t$  değeri kalınlık değerinin yarısıdır ve kanat profilinin oluşturulabilmesi için bu değerlerin veter göre simetriğine de ihtiyaç duyulmaktadır. Kamburluk hattı, en fazla kamburun bulunduğu pozisyonun sağ ve sol tarafı için farklı denklemler kullanılarak oluşturulmaktadır [3].

Kanat profilinin ön kısmı için denklem ( $0 < x < p$ )

$$y_c = \frac{m}{p^2} (2px - x^2) \quad (2)$$

Kanat profilinin arka kısmı için denklem ( $p < x < 1$ )

$$y_c = \frac{m}{(1-p)^2} (1 - 2p + 2px - x^2) \quad (3)$$

Yukarıdaki denklemlerde  $m$  değeri en yüksek kamburluk oranını,  $p$  değeri ise en yüksek kamburluk oranının veter üzerindeki yerin ifade eder. Dış geometrinin oluşturulabilmesi için bu denklemlerin türevlerine ihtiyaç vardır.

Kanat profilinin ön kısmı için denklem ( $0 < x < p$ )

$$\frac{dy_c}{dx} = \frac{2m}{p^2} (p - x) \quad (4)$$

Kanat profilinin arka kısmı için denklem ( $p < x < 1$ )

$$\frac{dy_c}{dx} = \frac{2m}{(1-p)^2} (p - x) \quad (5)$$

Kanat profiline ait üst ve alt yüzeylerin konumları, kamburluk hattına dik olarak hesaplanabilmesi için kamburluk eğiminin açı değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

$$\theta = \text{atan} \left( \frac{dy_c}{dx} \right) \quad (6)$$

Denklem 1, Denklem 2, Denklem 3 ve Denklem 6 kullanılarak kanat profilinin dış geometrisi elde edilir.

Üst yüzey

$$x_u = x_c - y_t \sin(\theta) \quad (7)$$

$$y_u = y_c + y_t \cos(\theta) \quad (8)$$

Alt yüzey

$$x_l = x_c + y_t \sin(\theta) \quad (9)$$

$$y_l = y_c - y_t \cos(\theta) \quad (10)$$

Veter boyunca  $x$  noktalarının dağılımı,  $\beta$  açısında eşit aralıklarla kosinüs yerleşimi yapılarak sağlanır. Bu sayede hücum ve firar kenarlarındaki  $x$  noktaları birbirine daha yakın olur ve bu sayede kanat profili geometrik olarak daha düzgün bir şekilde tanımlanabilir.

$$x = \frac{(1 - \cos(\beta))}{2} \quad 0 \leq \beta \leq \pi \quad (11)$$

Yapılan çalışmada eniyileme metodu olarak gradyan tabanlı bir eniyileme metodu olan ardışık ikinci derece programlama metodu kullanılmıştır. Bu metotta, hedef fonksiyonun ve kısıtlamaların tasarım değişkenlerine göre kısmi türevlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu türevlerin hesaplanabilmesi için sonlu farklar yöntemi

kullanılmıştır. Bu metot; Bir  $y(x)$  fonksiyonuna ait,  $y'(x)$  türevinin  $x$  noktasında hesaplanması gerektiğinde  $x$  eksenini eşit  $h$  aralıklarına bölerek, ileri fark yöntemi ile  $x$  değerinin sağ tarafında kalan eğim ile türeve dair bir yaklaşım uygular.

$$y'(x_i) \approx \frac{y(x_i + 0,01x_i) - y(x_i)}{0,01x_i} \quad (12)$$

Aynı şekilde geri fark yöntemi ile  $x$  değerinin sol tarafında bulunan eğim kullanılarak fonksiyonun türevine yaklaşım uygulanır.

$$y'(x_i) \approx \frac{y(x_i) - y(x_i - 0,01x_i)}{x_i + 0,01x_i} \quad (13)$$

Bu iki formül ile elde edilen sonucun ortalaması alınarak, bu iki yöntemden daha az hata oranı ile sonuç elde eden merkezi fark yöntemi elde edilir [4].

$$y'(x_i) \approx \frac{1}{2} \left[ \frac{y(x_i + 0,01x_i) - y(x_i)}{0,01x_i} + \frac{y(x_i) - y(x_i - 0,01x_i)}{0,01x_i} \right] \quad (14)$$

Denklemin düzeltilmiş hali Denklem 15'de gösterilmiştir.

$$y'(x_i) \approx \frac{y(x_i + 0,01x_i)}{0,002x_i} - \frac{y(x_i - 0,01x_i)}{0,002x_i} \quad (15)$$

Körpe ve Özgen tarafından şekil değiştirebilen kanat eniyileme çalışması için geliştirilen 3 boyutlu panel metot ve 2 boyutlu tek yönlü sınır tabaka çözümleri kullanılarak [5], 0,35 m. veter boyu ve 1,6 m. kanat açıklığında NACA4412 kanat profiline sahip ve 120 N ağırlığındaki İHA'nın deniz seviyesindeki düz uçuş görevini yerine getiren kanat üzerinde farklı hızlarda üzerinde oluşan taşıma ve sürüklenme kuvveti katsayıları belirlenmiş, bu sonuçlardan yola çıkılarak pervaneli motora sahip bir İHA için dört kritik hücum açısı belirlenmiştir. Bu dört kritik hücum açısı, perdövites hızı ile uçuş esnasındaki hücum açısı,  $\alpha_1$ , en uzun havada kalma süresi (maksimum  $C_l^{1.5}/C_d$ ) uçuşu esnasındaki hücum açısı,  $\alpha_2$ , en uzun menzil (maksimum  $C_l/C_d$ ) uçuşu esnasındaki hücum açısı,  $\alpha_3$ , ve en yüksek hızla uçuş esnasındaki hücum açısıdır,  $\alpha_4$ . Bu değerler sırası ile  $12,92^\circ$ ,  $1,31^\circ$ ,  $0,26^\circ$  ve  $-2,91^\circ$ 'dir [6].

Belirtilen çalışmadaki tek yönlü sınır çözücü, çözümleri elde ederken sınır tabakayı modellemek

için viskoz olmayan panel kenar hızlarını kullanır. Dolayısı ile yüksek açı değerlerinde ayrışma noktasının bulunması ve sürtünme sürüklenmesi katsayısı değerlerinin doğru hesaplanması mümkün olmamaktadır. Bu çalışmada Xfoil programında iki yönlü sınır tabaka çözücüsü ile sonuçlar elde edilmektedir. İki yönlü çözücüde sınır tabaka modeli için, sıfır normal hız şartı sağlanana kadar viskoz olmayan panel kenar hızları sınır tabaka modeline uygulanır. Bu sayede sınır tabakası kalınlığı da hesaba katılarak hem taşıma kuvveti katsayısı hem de sürüklenme kuvveti katsayısı değerlerinde deney sonuçları ile daha uyumlu sayısal sonuçlar elde edilir. Tablo 1'deki sonuçlara göre belirtilen hücum açılarındaki tekli ve çoklu kısıtlanmalı eniyileme problemleri çözülmüştür.

**Tablo 1.** NACA4412 Kanat profili için hesaplanan değerler.

$\alpha$	Re	Mach	$C_d$	$C_l$
12,92	407420	0,050	0,03860	1,4198
1,31	695011	0,085	0,00653	0,6433
0,26	766908	0,094	0,00653	0,4901
-2,91	1342090	0,165	0,00696	0,1588

Kanat profili eniyilemesi için problemin yapısı gereği çözücü olarak MATLAB programının Ardışık İkinci Derece Programlama tekniği kullanılmıştır. Bu teknik bir başlangıç noktasına ihtiyaç duymasından dolayı NACA4412 profili, başlangıç profili olarak belirtilmiştir. tek kısıtlanmalı kanat profili eniyilemesi çalışması için Denklem 16 ve Denklem 17 tanımlanmıştır.

$$\min C_d \quad (16)$$

$$C_{l_{ist}} = C_{l_{4412}} \quad (17)$$

Bu problem, Reynolds ve Mach sayıları dikkate alınarak sırası  $12,92^\circ$ ,  $1,31^\circ$ ,  $0,26^\circ$  ve  $-2,91^\circ$  hücum açıları için çözülmüştür. Denklem 16 eniyileme probleminin çözüldüğü hücum açısındaki  $C_d$  değerinin en düşük hale getirilmesini hedeflerken, Denklem 17 o hücum açısında eniyilenmiş kanat profili taşıma kuvveti katsayısı değerinin ( $C_{l_{ist}}$ ) NACA4412 kanat profilindeki taşıma kuvveti katsayısı değeri ile ( $C_{l_{4412}}$ ) eşit olmasını sağlar.

İkinci aşamadaki eniyileme probleminin çözümü için Denklem 18, Denklem 19 ve Denklem 20 kullanılır.

$$\min C_d \quad (18)$$

$$C_{l_{ist}} = C_{l_{4412}} \quad (19)$$

$$C_{l_{ist\alpha_1}} = C_{l_{4412\alpha_1}} \quad (20)$$

Bu aşamada, ilk aşamadan farklı olarak problemin çözüldüğü hücum açısındaki taşıma kuvveti katsayısı eşitlik kısıtlamasına ek olarak  $12,92^\circ$ 'de elde edilen taşıma kuvveti katsayısı değerinin ( $C_{l_{ist\alpha=12,92^\circ}}$ ), aynı hücum açısında NACA4412 kanat profili taşıma kuvveti katsayı değerine ( $C_{l_{4412\alpha=12,92^\circ}}$ ) eşit olması sağlanmıştır.

Ardışık İkinci Derece Programlama tekniği en uygun çözümü ararken hedef fonksiyonunun türevine ihtiyaç duymaktadır. İhtiyaç duyulan türev MATLAB'da sonlu farklar metodu ile elde edilmiştir. Fark olarak  $h = x * (1 \pm 0,01)$  değeri kullanılarak her değerde, %1 fark ile türevin hesaplanması sağlanmıştır. Eniyileme sürecinde sonuçların daha kolay yakınsayabilmesi ve çözüm arayışının daha hızlı bir şekilde sonuç bölgesine yönlendirilebilmesi amacı ile ölçekleme yapılmıştır. Tasarım değişkenlerinde eniyileme bölgesinin alt ve üst limitleri, kalınlık için veterin %9'u ve %18'i aralığı, kamburluk oranı için veterin %0'ı ile %10 aralığı, kambur pozisyonu içinde veterin %16'sı ile %80 aralığı verilmiştir.

Eniyileme probleminde başlangıç profili olarak NACA4412 kanat profili kullanılmıştır. NACA 4 haneli kanat profili, hesaplama yönteminin MATLAB programında yazılması ile oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kod ile, NACA 4 haneli kanat profili bileşenleri olan kalınlık, kambur ve kambur konumu tasarım değişkenleri olarak yazılan algoritma ile tanımlanmıştır. Geometri üzerinde oluşan kuvvetlerin elde edilebilmesi için panel metot yöntemi ile aerodinamik hesaplamaları yapabilen Xfoil programı kullanılmış, yapılan bu çözümlerde panel sayısı 300 olarak uygulanmıştır. Oluşturulan geometrinin Xfoil programına aktarılması ve Xfoil programından elde edilen sonuçların geri MATLAB programına çağırılabilmesi için Edelman [7] tarafından hazırlanan Xfoil-MATLAB ortak ara yüz kodları

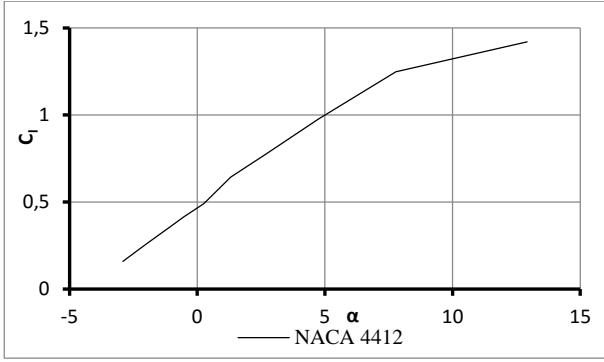
kullanılmıştır. Her analizin 300 panel ile çözüme yakınsayamamasından dolayı, çözüm elde edilemediği takdirde panel sayısı 10 arttırılarak çözüm tekrarlanmış ve sonuç elde edilene kadar bu yöntem uygulanmıştır. 300 panel ile elde edilemeyen çözümler 320-330 panel ile çözüme ulaşmıştır. Panel sayısının arttırılması çözümlüğü arttıracığı için elde edilen sonuçlarda farklılık oluşabilecektir. Bu farkın ne mertebede olduğunu görebilmek için, NACA4412 kanat profili 300 panel ve 350 panel ile çözümlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan 300 panel ile 350 panel çözümü arasındaki farkın göz ardı edilebilir olduğu çıkarımı yapılmıştır [6].

### 3. Bulgular ve Tartışmalar

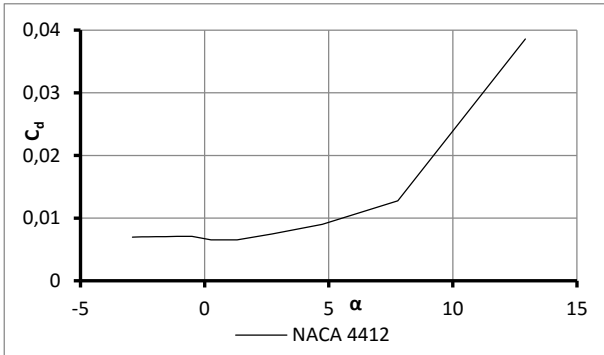
Eniyileme problemi için kodlanan program MATLAB R2014a ile çalıştırılmıştır. Aerodinamik sonuçlar ise Xfoil 6.97 ile elde edilmiştir. Eniyileme yapılırken, 2.4 GHz İ7 İntel işlemci, 8 GB 1600 MHz DDR3 RAM ve OS X El Capitan V. 10.11.6 sürümüne sahip Macintosh dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Eşitlik sağlama ve durma değerleri olarak MATLAB R2014a programında daha önceden tanımlanan değerler kullanılmıştır.

Eniyileme probleminde başlangıç koşulu olan NACA4412 kanat profiline ait değerler ile eniyileme sonuçlarının karşılaştırılabilmesi için ilk olarak NACA 4412 kanat profiline ait değerler hesaplanarak  $\alpha - C_l$  ve  $\alpha - C_d$  grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler ile, eniyileme sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sürüklenme kuvveti katsayısı değerini, en düşük değere indirme konusunda çözümlerin ne kadar etkili olduğu gözlenmiştir. NACA4412 kanat profiline ait sonuçlar ile elde edilen  $\alpha - C_l$ , ve  $\alpha - C_d$  grafikleri Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

İlk aşamadaki tek kısıtlanmalı kanat profili eniyilemesinde, belirtilen hücum açıları için çözümler yapılmış ve sonuçlar Tablo 2, Tablo3, Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 1. NACA4412 Kanat profiline ait  $\alpha - C_l$  eğrisi



Şekil 2. NACA4412 Kanat profiline ait  $\alpha - C_d$  eğrisi.

Sonuçlar incelendiğinde,  $C_l$  değeri için eşitlik kısıtlamasının  $1,31^\circ$  değeri için oluşan %1.6'lık fark haricinde sağlandığı görülmektedir. Bu fark

MATLAB R2014a programında daha önceden tanımlanan değerler içerisinde yer almaktadır.  $C_d$  değerindeki azalma %39 ile %16 arasında değişmektedir. Tek kısıtlanmalı eniyileme problemlerinin çözüm süresi yaklaşık olarak üç dakika ile 10 dakika arasındadır.

Elde edilen eniyilenmiş kanat profillerinin farklı hücum açılarında sahip olduğu  $C_l$  ve  $C_d$  sonuçları incelendiğinde,  $12,92^\circ$  için eniyilenen kanat profiline daha yüksek hücum açısında kaldırma kuvveti katsayısının sıfır olduğu ve kaldırma kuvveti katsayısının farklı hücum açılarındaki değerinin NACA4412 kanat profili ve diğer hücum açılarında çözülen eniyileme problemleri sonucunda elde edilen kanat profilleri ile elde edilen değerlerden farklı olduğu gözlenmektedir. Fakat hücum açısı arttıkça bu fark azalmaktadır. Bunun sebebi ise bu kanat profiline en yüksek kamburluk konumunun hücum kenarına yakın olmasıdır.  $-2,91^\circ$ 'de eniyilenmiş kanat profiline yüksek hücum açılarında daha az kaldırma kuvveti ve en yüksek sürüklenme kuvvetini ürettiği görülmektedir. Bunun sebebi ise bu kanat profiline en yüksek kamburluk konumunun firar kenarına yakın olması sebebiyle yüksek hücum açılarında bu bölgede ayrışmanın gözlenmeye başlamasıdır. Eniyilenmiş kanat profilleri Şekil 5 ve Şekil 8 arasındaki şekillerde gösterilmektedir.

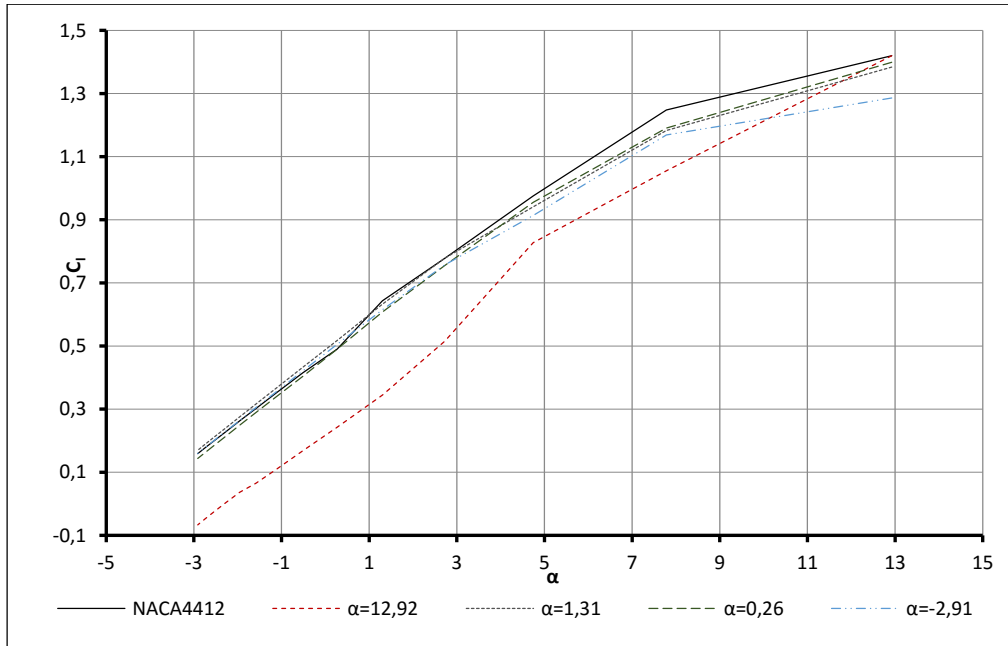
Tablo 2. Tek kısıtlanmalı kanat profili eniyilemesinde elde edilen sonuçlar

Kısıt	$\alpha$	$C_{l_{ist}}$	NACA4412 $C_d$	Eniyilenmiş $C_d$	$C_d$ Azalma (%)	Çözüm Süresi (s)	Yineleme Sayısı
$C_l = 1,4198$	$12,92^\circ$	1,4198	0,03860	0,02343	39	237	11
$C_l = 0,6433$	$1,31^\circ$	0,6329	0,00653	0,00501	23	386	3
$C_l = 0,4901$	$0,26^\circ$	0,4901	0,00653	0,00491	24	192	9
$C_l = 0,1588$	$-2,91^\circ$	0,1594	0,00696	0,00582	16	595	6

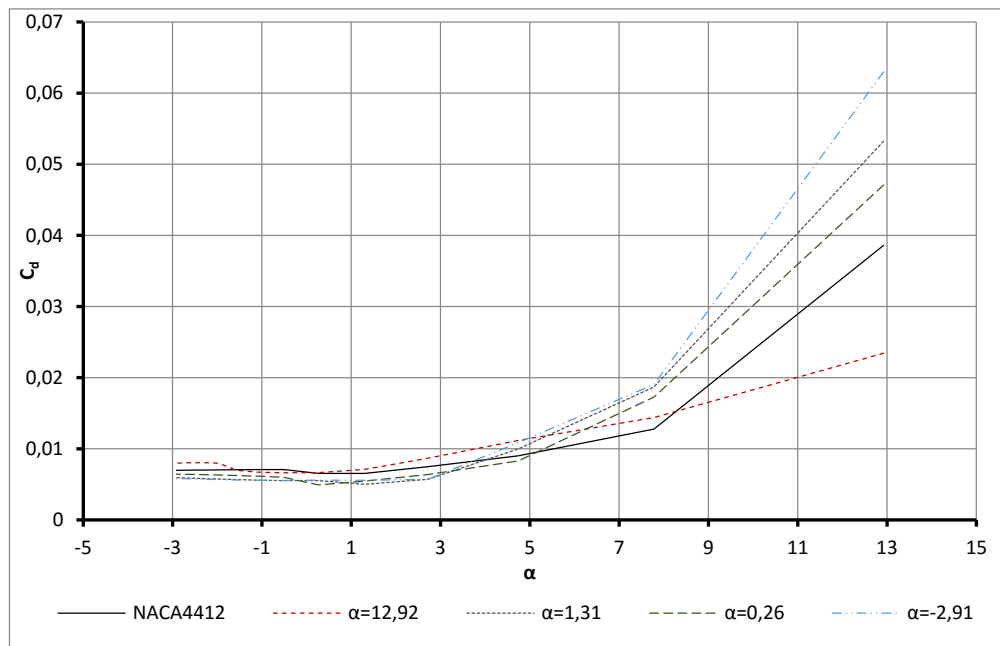
Tablo 3. Tek kısıtlanmalı kanat profili eniyilemesi için profil değişimi

Değişken	NACA4412	$C_l = 1,4198$ Eniyilenmiş Kanat	$C_l = 0,6433$ Eniyilenmiş Kanat	$C_l = 0,4901$ Eniyilenmiş Kanat	$C_l = 0,1588$ Eniyilenmiş Kanat
Kambur Konumu	%40	%16	%58	%44	%64
Kambur Miktarı	%4	%2,2	%3,4	%3,7	%3,1
Kanat Kalınlığı	%12	%13,8	%9	%9	%9

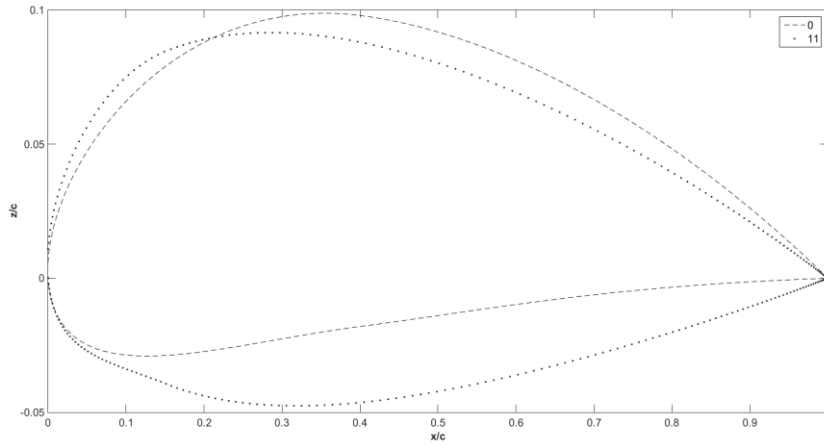




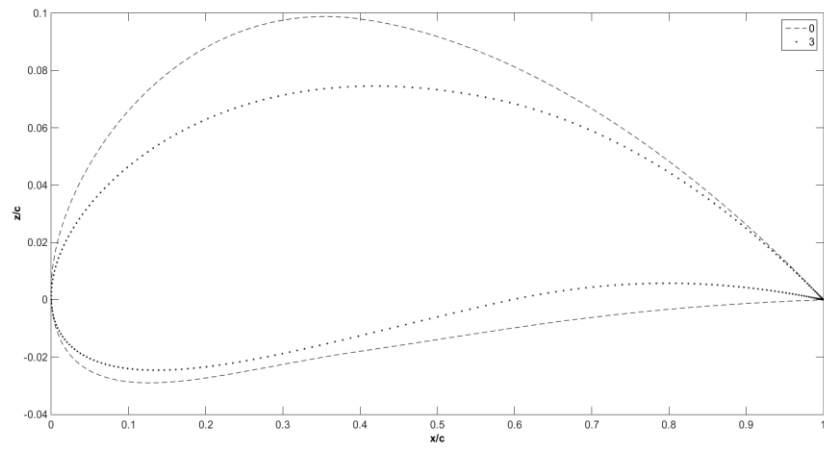
Şekil 3. NACA4412 ve tek kısıtlımalı eniyileme probleminin çözümü sonrasında elde edilen eniyilenmiş kanat profilleri için  $\alpha - C_l$  karşılaştırılması



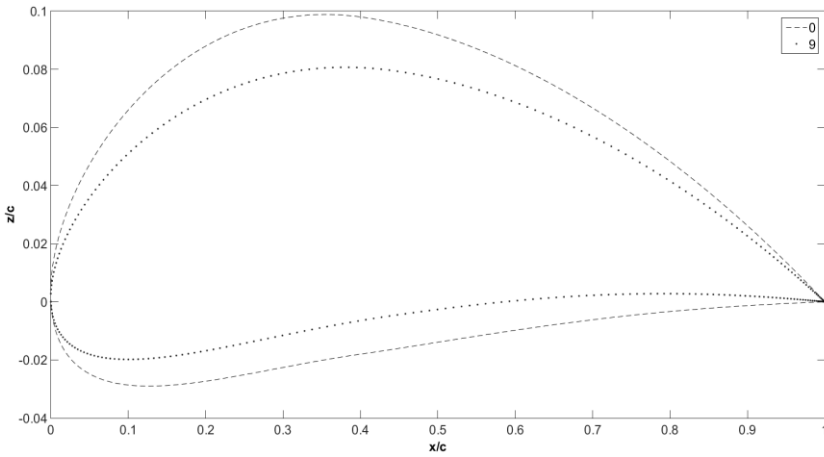
Şekil 4. NACA4412 ve tek kısıtlımalı eniyileme probleminin çözümü sonrasında elde edilen eniyilenmiş kanat profilleri için  $\alpha - C_d$  karşılaştırılması



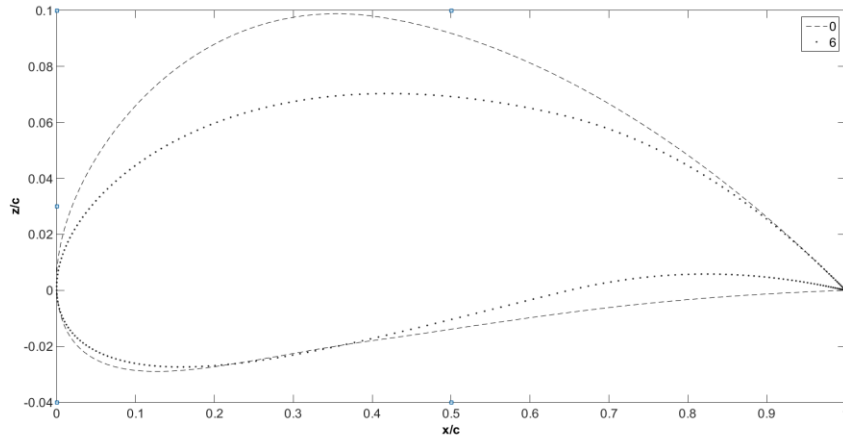
Şekil 5. NACA4412 profili ile  $C_l = 1,4198$  kısıtlaması için eniyilenmiş kanat profilin karşılaştırılması



Şekil 6. NACA4412 profili ile  $C_l = 0,6433$  kısıtlaması için eniyilenmiş kanat profilin karşılaştırılması



Şekil 7. NACA4412 profili ile  $C_l = 0,4901$  kısıtlaması için eniyilenmiş kanat profilin karşılaştırılması



Şekil 8. NACA4412 Profil ile  $C_l = 0,1588$  kısıtlaması için eniyilenmiş kanat profilin karşılaştırılması

Çalışmanın ikinci bölümünü oluşturan iki kısıtlamalı eniyileme probleminde ise  $\alpha_1 = 12,92^\circ$  hücum açısında elde edilen taşıma kuvveti katsayısı  $C_l = 1,4198$  birinci kısıtlama olarak verilmiş ve her problem çözümü için sabit kısıtlama olarak tutulmuştur. Diğer üç kritik hücum açısına karşılık gelen taşıma kuvvetleri ise teker teker kısıtlama olarak verilmiş ve iki kısıtlamalı olarak problem çözülmüştür. Yapılan çözümlerde elde edilen sonuçlar Tablo 4, Tablo 5, Şekil 9 ve Şekil 10’da gösterilmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, en düşük eniyileme oranı  $-2,91^\circ$  hücum açısı değeri için çözülen eniyileme probleminde elde edilmiştir.  $0,26^\circ$  hücum açısı değeri için çözüm süresi 80 saniye iken

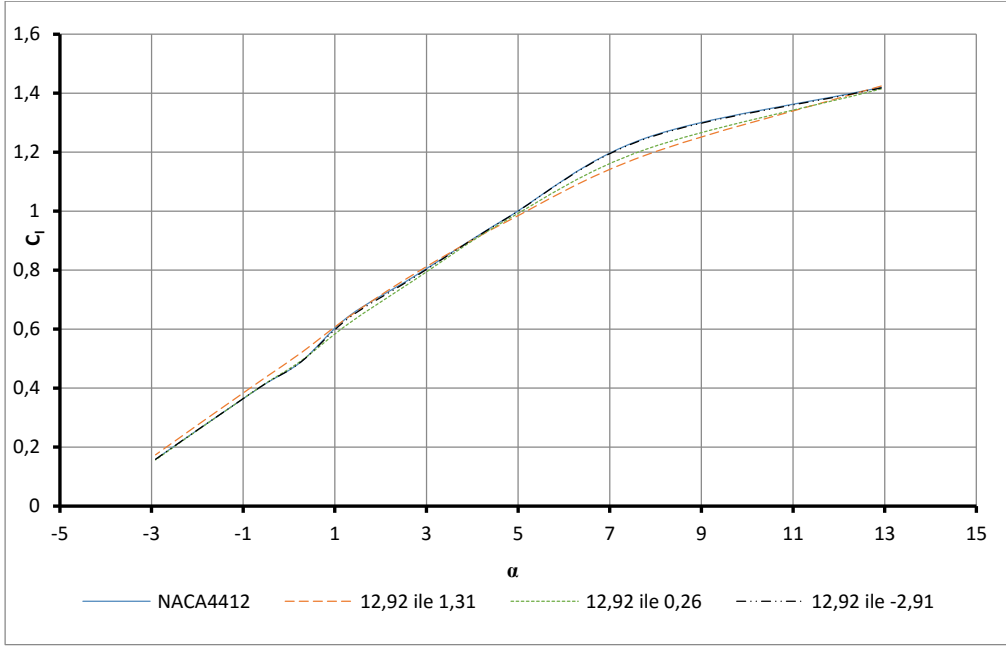
diğer eniyileme problemlerinin çözüm süresi bu sürenin ortalama 10 katı kadar daha uzundur. Eniyileme probleminin çözüldüğü hücum açısı azaldıkça, en yüksek kambur oranı ve en yüksek kamburunun bulunduğu konumdaki değişim azalmaktadır. Eniyilenmiş kanat profillerinin kaldırma kuvveti katsayısı eğrilerinin eğimleri birbirlerine oldukça yakındır. Ayrıca  $-2,91^\circ$  hücum açısı için eniyilenmiş kanat profili ile NACA4412 kanat profilinin sürüklenme kuvveti katsayısı eğrisinin birbirine oldukça benzediği ve bu durumun  $0,26^\circ$  ile  $1,31^\circ$  hücum açıları için eniyilenmiş kanat profilleri için de geçerli olduğu görülmektedir. Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13’te eniyilenmiş kanat profilleri görülmektedir.

Tablo 4. Birden çok kısıtlamalı kanat profili en iyilemesinde elde edilen sonuçlar.

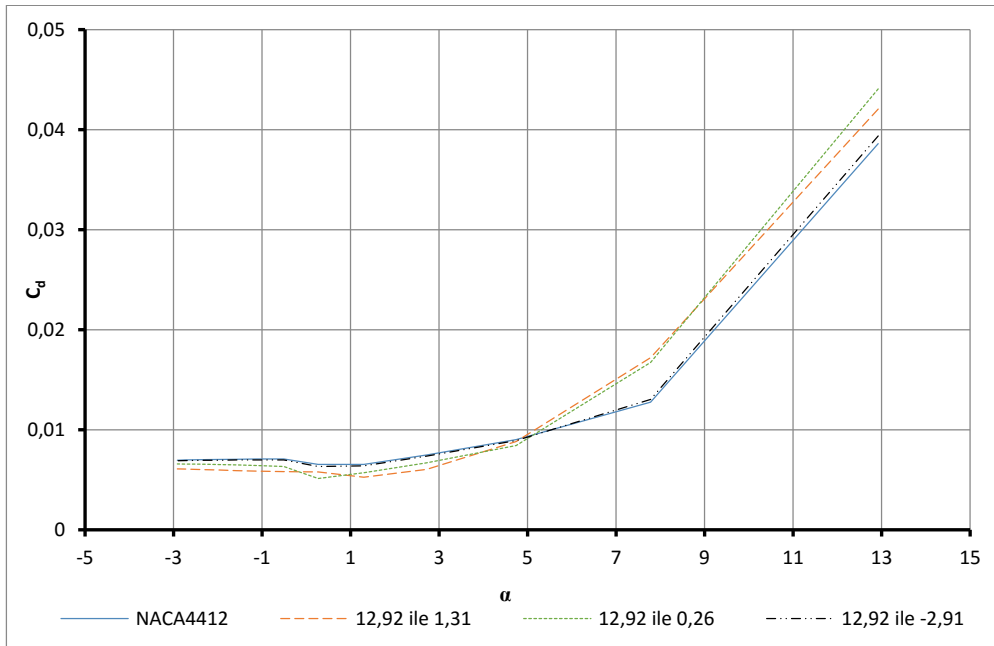
Kısıt	$C_{l_{ist\alpha_1}}$	$\alpha$	$C_{l_{ist}}$	NACA4412 $C_d$	Eniyilenmiş $C_d$	$C_d$ Azalma (%)	Çözüm Süresi (s)	Yineleme Sayısı
$C_l = 1,4198$ ve $C_l = 0,6433$	1,4244	$1,31^\circ$	0,6415	0,00653	0,00526	19	765	11
$C_l = 1,4198$ ve $C_l = 0,4901$	1,4146	$0,26^\circ$	0,4929	0,00653	0,00513	21	80	4
$C_l = 1,4198$ ve $C_l = 0,1588$	1,4179	$-2,91^\circ$	0,1589	0,00696	0,00691	0,729	929	7

Tablo5. Birden çok kısıtlamalı kanat profili en iyilemesi için, profil değişimi.

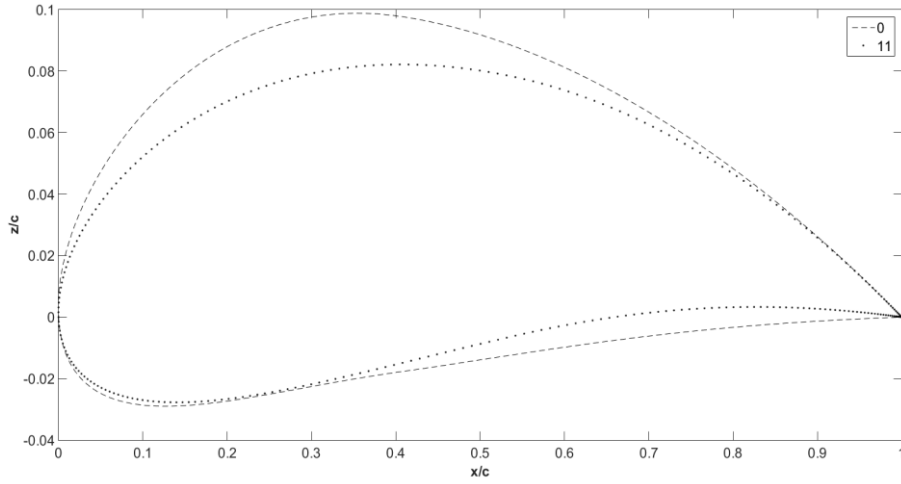
Değişken	NACA4412	$C_l = 1,4198$ ve $C_l = 0,6433$ için Eniyilenmiş Kanat	$C_l = 1,4198$ ve $C_l = 0,4901$ için Eniyilenmiş Kanat	$C_l = 1,4198$ ve $C_l = 0,1588$ için Eniyilenmiş Kanat
Kambur Konumu	%40	%54	%41	%40
Kambur Miktarı	%4	%3,5	%3,9	%3,98
Kanat Kalınlığı	%12	%10	%9	%11,5



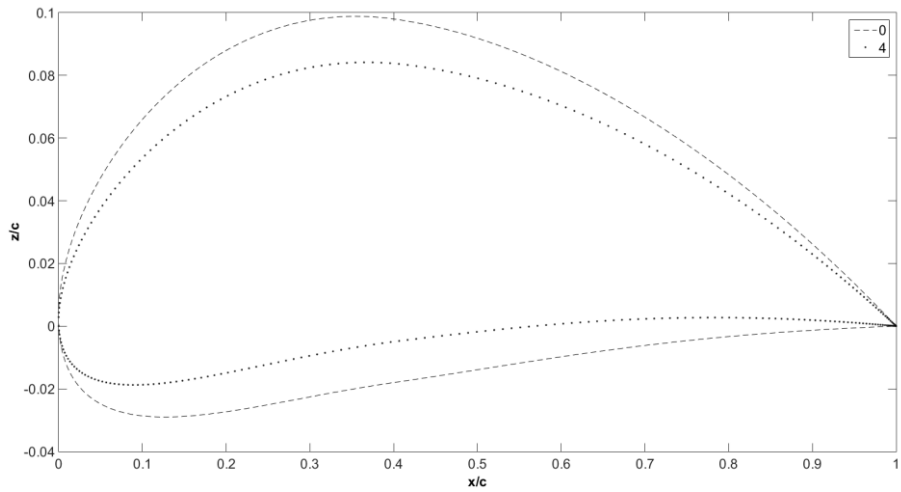
Şekil 9. NACA4412 ve iki kısıtlamalı eniyileme probleminin çözümü sonrasında elde edilen eniyilenmiş kanat profilleri için  $\alpha - C_l$  karşılaştırılması



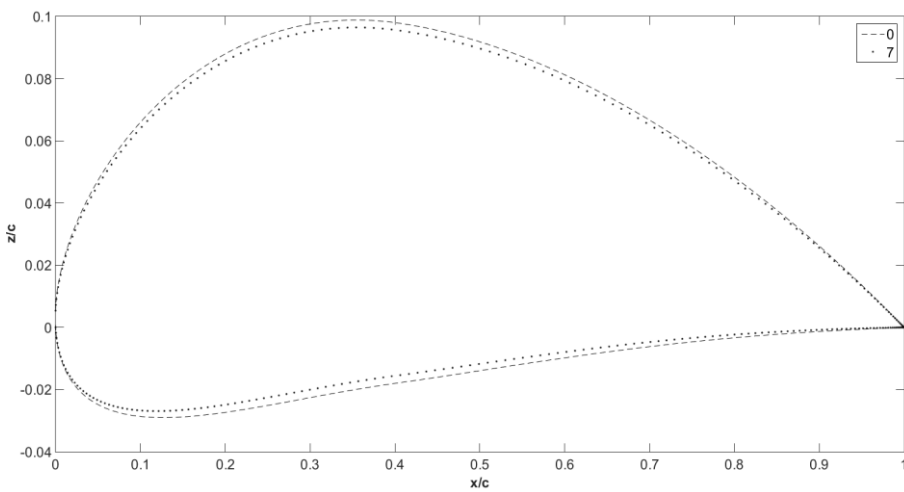
Şekil 10. NACA4412 ve tek kısıtlamalı eniyileme probleminin çözümü sonrasında elde edilen eniyilenmiş kanat profilleri için  $\alpha - C_d$  karşılaştırılması



**Şekil 11.** NACA4412 Profili ile  $C_l = 1,4198$  ve  $C_l = 0,6433$  kısıtlamaları için eniyelenmiş kanat profilin karşılaştırılması



**Şekil 12.** NACA4412 Profili ile  $C_l = 1,4198$  ve  $C_l = 0,4901$  kısıtlamaları için eniyelenmiş kanat profilin karşılaştırılması



**Şekil 13.** NACA4412 Profili ile  $C_l = 1,4198$  ve  $C_l = 0,1588$  kısıtlamaları için eniyelenmiş kanat profilin karşılaştırılması

#### 4. Sonuçlar

Eniyileme problemlerinin amacı olan sürüklenme kuvvetinin en düşük değerine indirgenmesi durumu incelenir ve sonuçlar karşılaştırılır ise, tek kısıtlamalı eniyileme problemlerinde perdevites açısında yapılan eniyileme probleminin çözümü sonunda, sürüklenme kuvveti katsayısında %39 azalma ile en başarılı sonucun elde edildiği görülmektedir. Bu değeri ise sırası ile, %24 iyileşme bulunan en uzun menzilin olduğu açı değerine ait  $C_l$  kısıtlaması ile yapılan eniyileme, %23 iyileşme elde edilen en uzun havada kalma süresinin sağlandığı açı değerine ait  $C_l$  kısıtlaması ile yapılan eniyileme ve en az iyileşmenin olduğu %16 iyileşme ile en yüksek hıza çıkılabilen açı değerine ait  $C_l$  kısıtlaması ile yapılan eniyileme sonucu izlenmektedir. Birden çok kısıtlamanın aynı anda uygulandığı eniyileme problemlerinde ise, uygulanan kısıtlamalara ait  $C_l$  değerlerinin birbirine yakınlık durumuna göre, eniyilemesi yapılan kanat profilinde oluşan geometri değişim miktarlarında farklılıklar gözlenmiştir. Yakın  $C_l$  değerlerinin kısıtlama olarak uygulandığı durumda kanat profilinde ilk duruma göre büyük değişiklikler oluşurken, iki uç  $C_l$  değeri kısıtlama olarak uygulandığında elde edilen geometrinin başlangıç koşuluna çok yakın bir geometri ile sonuç verdiği görülmüştür. Perdevites açısında elde edilen  $C_l$  değeri sabit tutularak yapılan birden çok kısıtlamalı eniyileme problemlerinde, ikinci kısıtlama olarak belirlenen en uzun havada kalma süresini sağlayan açı değerinde elde edilen  $C_l$  değerinin uygulandığı problemde sürüklenme kuvveti katsayısında %21 azalma sağlanarak en başarılı sonuç elde edilmiştir. Kanat profili eniyileme problemlerinin çözümünde kanat profilin geometrisini yaratan tasarım değişkeni sayısı arttıkça sürüklenme kuvvetindeki azalma oranının daha da artacağı ön görülmektedir.

#### 5. Simgeler

- $C_l$ : Kanat profili için taşıma kuvveti katsayısı  
 $C_d$ : Kanat profili için sürüklenme kuvveti katsayısı  
 $C_{l4412}$ : NACA 4412 için kaldırma kuvveti katsayısı değeri  
 $C_{l4412\alpha_1}$ : NACA 4412 için  $12,92^\circ$  hücum açısında taşıma kuvveti katsayısı değeri

- $C_{l_{ist}}$ : İstenen taşıma kuvveti katsayısı değeri  
 $C_m$ : Kanat profili için yunuslama momenti katsayısı  
h: Fark değeri  
m: En yüksek kamburluk oranı  
p: En yüksek kamburluk oranının veter üzerindeki yeri  
Re: Reynolds Sayısı  
t: En yüksek kalınlık oranı  
 $x_u$ : Kanat profili üst yüzeyi x koordinatı  
 $x_l$ : Kanat profili alt yüzeyi x koordinatı  
 $y_c$ : Kambur eğrisi koordinatı  
 $y_u$ : Kanat profili üst yüzeyi y koordinatı  
 $y_t$ : Kanat profili kalınlık değerinin yarısı  
 $y_l$ : Kanat profili alt yüzeyi y koordinatı  
 $\alpha$ : Hücum açısı  
 $\alpha_1$ : Perdevites hızı ile uçuş esnasındaki hücum açısı  
 $\alpha_2$ : En uzun havada kalma süresi uçuşu esnasındaki hücum açısı  
 $\alpha_3$ : En uzun menzil uçuşu esnasındaki hücum açısı  
 $\alpha_4$ : En yüksek hızla uçuş esnasındaki hücum açısı  
 $\beta$ : Kosinüs dağılımı açısı

#### Kaynaklar

- [1] T. A. Zang, "Airfoil/Wing Optimization," *Encyclopedia of Aerospace Engineering*. Wiley Online Library, DOI: 10.1002/9780470686652.eae500, 2010.  
[2] M. J. Garcia, P. Boulanger, ve S. Giraldo, "CFD Based Wing Shape Optimization Through Gradient-Based Method," *EngOpt 2008 - International Conference on Engineering Optimization*, Rio de Janeiro, Brazil, 01 - 05 June 2008.

- [3] "AirfoilTools.",  
<http://airfoiltools.com/airfoil/naca4digit>,  
[Erişim tarihi: 29.12.2016].
- [4] G. C. Everstine, "gwu.geverstine.com.",  
<http://gwu.geverstine.com/pdenum.pdf>,  
[Erişim tarihi: 05.01.2016].
- [5] D. S. Körpe, ve S. Özgen, "Morphing Wing Optimization for Steady Level Flight", Proc IMechE Part G: J Aerospace Engineering, 231(13) 2317–2330, 2017.
- [6] H. Darak, "Düz Uçuş için Kanat Profili Eniyilemesi", Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2017.
- [7] L. Edelman, "MathWorks",  
<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/49706-xfoil-interface-updated>  
[Erişim tarihi: 10.11.2016].





## Kara ve Havacılık Haberleşmeleri İle İlişkili İyonosferik HF Tahminleri Üzerine Jeomanyetik Etkiler

*Erdinç TİMOÇİN<sup>1,\*</sup>, İbrahim ÜNAL<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Teknik Bilimler MYO, Mersin Üniversitesi, 33343, Mersin, Türkiye

<sup>2</sup> Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Eğitim Fakültesi, İnönü Üniversitesi, 44280, Malatya, Türkiye

### Özet

Bu çalışmada, 23. Güneş döngüsünün maksimumu boyunca orta enlemlerde IRI-2016'nın foF2 tahminleri üzerine jeomanyetik fırtınaların etkisi araştırılmıştır. Bunun için, 2000 yılı boyunca Roma ve Juliusruh iyonsonda istasyonlarından alınan ve aynı konumlar için IRI-2016'dan hesaplanan saatlik foF2 verileri kullanılmıştır. 3 saatlik gezegensel jeomanyetik aktivite indisi (3h-K<sub>p</sub>) jeomanyetik aktivite göstergesi olarak kullanılmıştır. Jeomanyetik fırtınalı dönemler boyunca IRI-2016'nın performansını test etmek için iyonsonda istasyonlarından ölçülen gerçek foF2 verileri ve IRI-2016'dan hesaplanan tahmini foF2 değerleri kullanılarak yüzdeler sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu analizler, ekinokslar (21 Mart, 23 Eylül) ve gündönümleri (21 Haziran, 21 Aralık) civarında jeomanyetik fırtınalı günler temel alınarak dört mevsim için yapılmıştır. Analiz sonuçlarından, jeomanyetik fırtınalı dönemler boyunca IRI-2016 foF2 tahminlerinin, iyonsonda istasyonlarından ölçülen gerçek foF2 değerlerinden büyük ölçüde saptığı ve bu sapmaların mevsimlere ve enlem değerine bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İyonosfer, Kritik frekans, IRI-2016, Jeomanyetik fırtınalar, Yüzdeler sapma

## Geomagnetic Effects on the Ionospheric HF Predictions Related to Ground and Aviation Communications

### Abstract

In this study, the effect of geomagnetic storms on the IRI-2016 foF2 predictions is investigated at middle latitudes during the maximum of the solar cycle 23. For this purpose, hourly foF2 data measured from the ionosonde stations Rome and Juliusruh for the year 2000 and hourly foF2 data calculated from IRI-2016 for the same locations and year are used. Planetary geomagnetic activity "3h-K<sub>p</sub>" indices are used as a geomagnetic activity indicator. In order to test performance of the IRI-2016 for disturbed geomagnetic conditions, the percentile deviations is calculated using the estimated foF2 data from IRI-2016 and the real foF2 data from the ionosonde stations during the geomagnetic storms. This analysis is done for four seasons based on geomagnetic stormy days around equinoxes (March 21, September 23) and solstices (June 21, December 21). From these results, it is found that IRI-2016 foF2 predictions deviate considerably from the real foF2 data the ionosonde stations during geomagnetic disturbed periods and this deviations differ according to the seasons and latitude value.

**Keywords:** Ionosphere, Critical frequency, IRI-2016, Geomagnetic storms, Percentile deviation.

\* Sorumlu Yazar: erdinctimocin@mersin.edu.tr

## 1. Giriş

Jeomanyetik fırtına, Güneş rüzgârları ile büyük miktarlarda enerji girişinin Dünya'nın manyetosferinde meydana getirdiği düzensizliktir. Bir jeomanyetik fırtına boyunca, Güneş rüzgârlarındaki yüksek enerjili parçacıklar manyetik alanlar boyunca taşınarak Dünya'nın kutup bölgelerine büyük miktarda kütle ve enerji girişine neden olurlar [1, 2]. Manyetosferde tutulan enerjili parçacıklar Dünya'nın manyetik alanını, iyonosferdeki iyonlaşmayı, radyasyondaki değişiklikleri ve ısınmayı beraberinde getirir. Bu da atmosferin büyük ölçekli dinamiklerine yön verir. Bu dinamikler; uyduları, uzaydaki insan etkinliklerini, haberleşmeyi, iklimi, elektrik hatlarını ve dolayısıyla raylı taşıma ve boru hatları gibi sistemleri etkilemektedirler. Böylece manyetosferik ve iyonosferik değişimler, havacılık sektöründeki biyolojik ve teknolojik sistemler üzerindeki muhtemel etkilerin tahminini yapmada son derece önem taşımaktadır [1-4].

Bunlara ek olarak, jeomanyetik fırtınalar süresince iyonosferin F2 bölgesindeki elektron yoğunluğunun nasıl değiştiğini bilmekte çok önemlidir. Çünkü iyonosferin bu bölgesi, yüksek frekanslı dalgalar ile yapılan sivil ve askeri haberleşmelerde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Jeomanyetik fırtınaların yoğunluğu ve zamana bağlı değişimi, farklı enlemlerde ve farklı yüksekliklerde farklılıklar göstermektedir. Jeomanyetik fırtınalar boyunca günün farklı zamanlarında elektron yoğunluğu değerlerini doğru ve etkili bir şekilde tahmin etmek için birtakım deneysel iyonosferik modeller geliştirilmiştir. İyonosferin maksimum elektron yoğunluğuna sahip F2 bölgesinden yansıyabilen kritik frekansı (foF2) tahmin etmek için kullanılan en yaygın model, Uzay Araştırmaları Komitesi (COSPAR) ve Uluslararası Radyo Bilimleri Birliği (URSI) tarafından desteklenen International Reference Ionosphere (IRI) Modeli'dir. Bu kuruluşlar, mevcut tüm veri kaynaklarından yola çıkarak, iyonosferin deneysel standart bir modelini üretmek için 1960'dan itibaren çalışmaktadırlar. IRI modeli, herhangi bir coğrafik konum, yer, saat ve tarihte 50 km ile 2000 km arasındaki herhangi bir yükseklik için, elektron yoğunluğu, elektron

sıcaklığı, iyon sıcaklığı ve iyon bileşenleri gibi iyonosferik parametrelerin değerlerini tahmin etmesine rağmen, en etkili olduğu bölge orta enlem (30°-60° coğrafik enlemler arası) bölgesidir [5-13]. İyonosferik modeller için en önemli problemlerden biri, jeomanyetik fırtına koşullarında iyonosferik parametrelerin doğru bir şekilde tahmin edilmesidir. Fırtına koşullarında meydana gelen manyetosfer, iyonosfer ve termosfer sistemindeki süreçlerin karmaşıklığı, iyonosferik parametrelerin modellenmesini oldukça zor hale getirmektedir [14]. Jeomanyetik aktif koşullar için iyonosferik parametreleri tahmin eden modellerden biri, son jeomanyetik aktivite parametreleri eklenerek geliştirilen IRI-2016 modelidir. IRI-2106, jeomanyetik aktif koşullar boyunca iyonosferdeki fırtına değişikliklerini hesaba katmak için, 33 saat boyunca  $a_p$  indisinden elde edilen yeni bir jeomanyetik indisi kullanılmaktadır. IRI'nın ilk oluşturulmasından bu yana, tahmin kabiliyetini geliştirmek için periyodik değişiklikler yapılmıştır. IRI-2016, şu anda modelin en son sürümüdür [15-21].

Bu çalışmanın amacı, maksimum Güneş aktivitesinin gözlemlendiği 2000 yılının değişik mevsimleri için jeomanyetik aktif durumlar boyunca IRI-2016 foF2 tahminlerinin orta enlemlerdeki performansı üzerinde jeomanyetik fırtınaların etkilerini araştırmaktır. Sonuçlar, jeomanyetik aktif durumlar boyunca mevsimlere ve enlemlere bağlı olarak IRI-2016 foF2 tahminlerinin performansı hakkında önemli bilgiler verebilir ve IRI modelin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Orta enlemlerde IRI-2016 saatlik foF2 tahminlerinin performansı üzerine jeomanyetik fırtınaların etkisini araştırmak için, orta enlemlerde bulunan Roma ve Juliusruh iyonosonda istasyonlarından alınan saatlik gerçek foF2 verileri ve aynı konumlar için IRI-2016 modeli kullanılarak hesaplanmış tahmini saatlik foF2 verileri kullanılmıştır. Bu istasyonların coğrafik enlemleri ve boylamları Tablo 1'de verilmiştir. Buna ek olarak, aynı yıl için jeomanyetik aktivite seviyesini belirleyen 3 saatlik gezegensel jeomanyetik aktivite indisi ( $K_p$ ) verileri kullanılmıştır.

**Tablo 1.** İstasyonların coğrafik enlem ve boylam değerleri.

İstasyon Adı	Coğrafik Enlem	Coğrafik Boylam
Roma	41,8° K	12,5° D
Juliusruh	54,6° K	13,4° D

İyonosdallardan ölçülen saatlik foF2 verileri ile 3 saatlik K<sub>p</sub> verileri, etkileşimli fizik veri merkezinden (SPIDR) alınmıştır [22]. Aynı yıl ve konumlar için IRI-2016 modeli kullanılarak hesaplanan tahmini saatlik foF2 değerleri ise uzay fiziği veri kuruluşundan (SPDF) elde edilmiştir [23]. 2000 yılı, maksimum güneş lekisine sayısına sahip olması ve özellikle Ekinokslar (21 Mart, 23 Eylül) ve gündönümleri (21 Haziran, 21 Aralık) civarında büyük jeomanyetik fırtınaların gözlemlenmesinden dolayı analizlerde bu yıla ait veriler kullanılmıştır. Ayrıca bu yıl, istasyonlardan en doğru ve eksiksiz foF2 verilerinin alındığı yıldır.

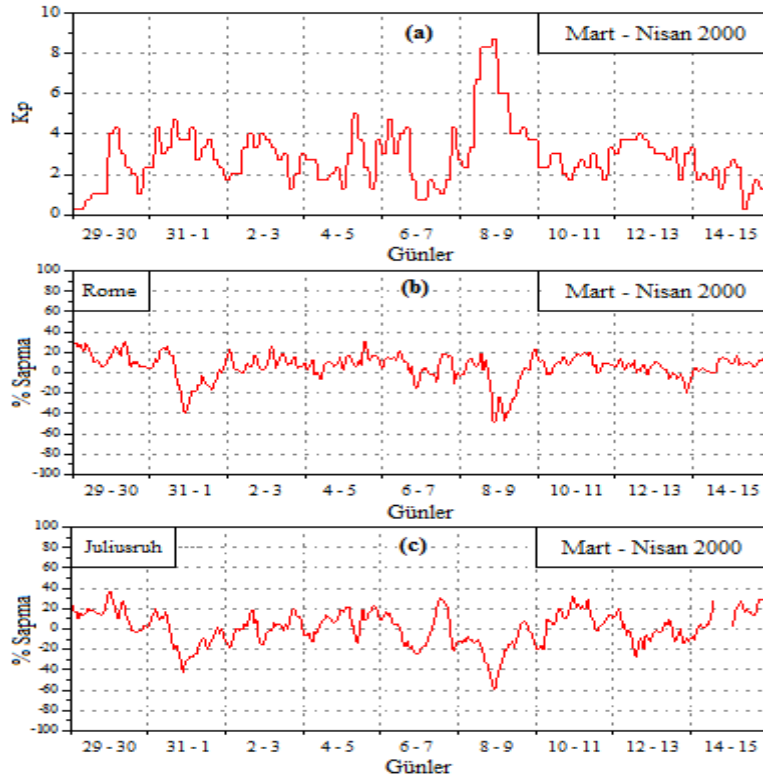
IRI-2016'nın jeomanyetik fırtınalar boyunca performansını test etmek için yüzdelik sapmalar,

### 3. Bulgular ve Tartışma

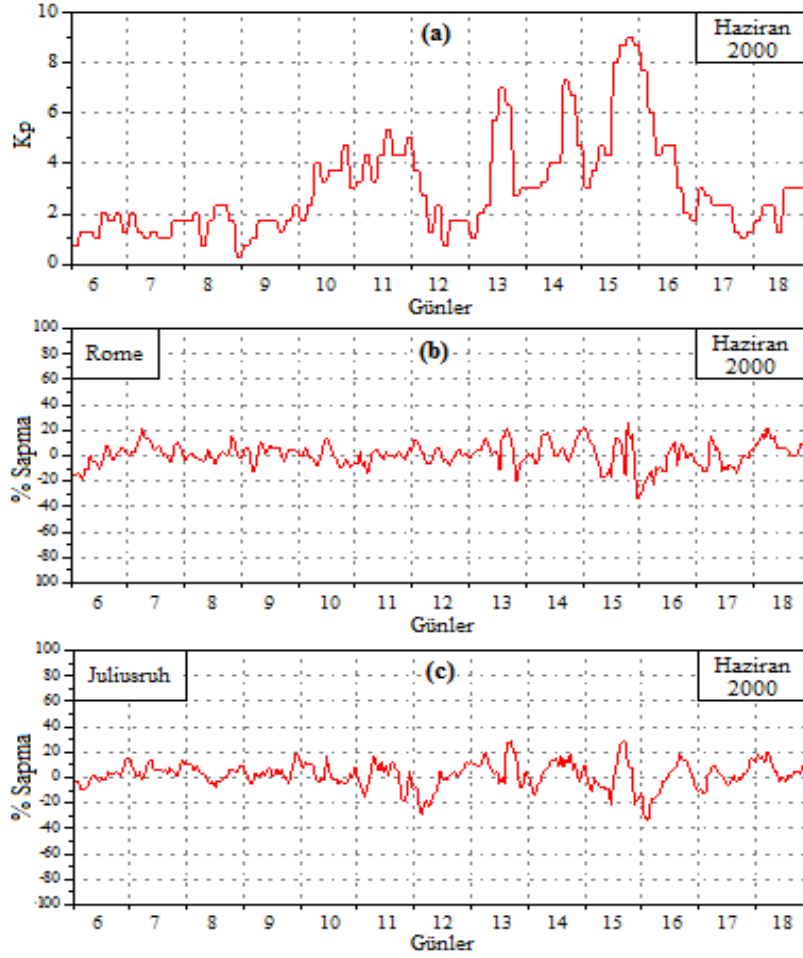
farklı mevsimlerde iyonosonda istasyonlarından alınan saatlik foF2 verileri ve aynı konumlar için IRI-2106 modelinden hesaplanmış foF2 değerleri denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Sapma} = \frac{X_{foF2}^G - X_{foF2}^T}{X_{foF2}^T} \times 100 \quad (1)$$

Denklemdaki  $X_{foF2}^G$  ve  $X_{foF2}^T$  sırasıyla, iyonosdallardan ölçülen gerçek foF2 değerlerini ve IRI-2016'dan hesaplanan tahmini foF2 değerlerini göstermektedir. Bu analiz, her bir istasyon için ekinokslar (21 Mart, 23 Eylül) ve gündönümleri (21 Haziran, 21 Aralık) civarında jeomanyetik fırtınalı günler temel alınarak dört mevsim için yapılmıştır. Farklı mevsimlerde her bir istasyon için hesaplanan yüzdelik sapma değerlerinin grafikleri çizdirilmiştir. Sonuçlar, enlemsel ve mevsimsel değişikliklere göre birbirleriyle karşılaştırılmıştır.



**Şekil 1.** 29 Mart-15 Nisan 2000 boyunca; (a) gezegensel jeomanyetik aktivite indisinin (K<sub>p</sub>) değişimi (b) Roma için hesaplanan yüzdelik sapmaların değişimi (c) Juliusruh için hesaplanan yüzdelik sapmaların değişimi.



**Şekil 2.** 6-18 Haziran 2000 boyunca; (a) gezegensel jeomanyetik aktivite indisinin ( $K_p$ ) değişimi (b) Roma için hesaplanan yüzdelik sapmaların değişimi (c) Juliusruh için hesaplanan yüzdelik sapmaların değişimi.

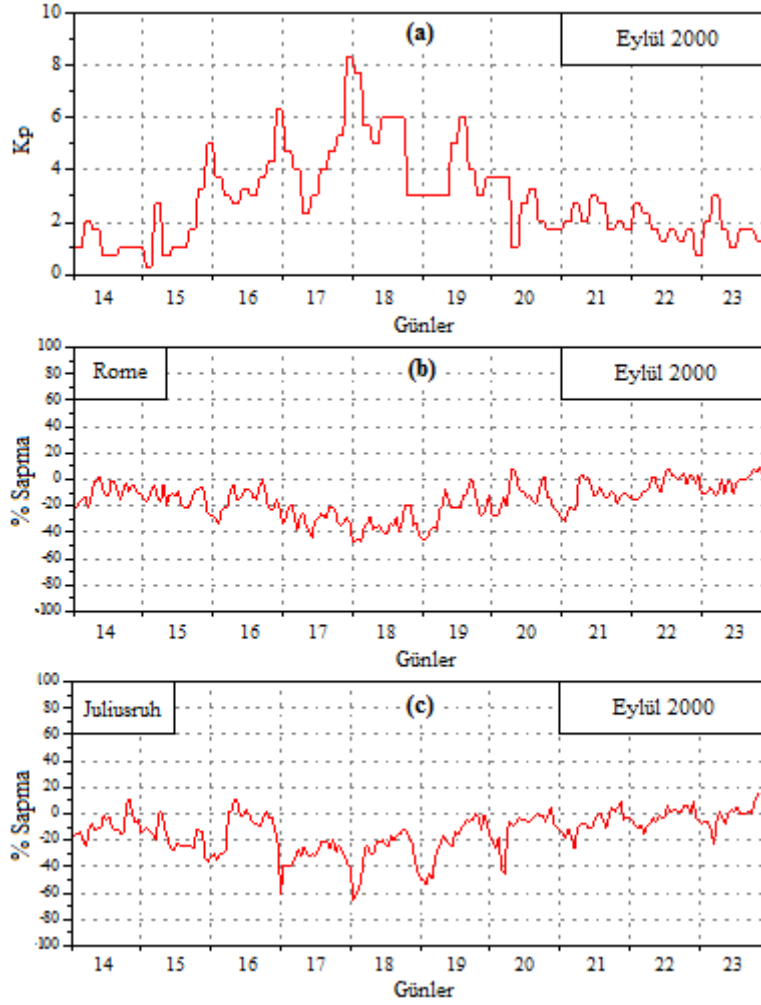
Şekil 1-4, sırasıyla 2000 yılının Mart, Haziran, Eylül ve Kasım dönemleri için jeomanyetik aktivite indisinin, Roma ve Juliusruh iyonsonda istasyonları için hesaplanan yüzdelik sapma değerlerinin değişimlerini göstermektedir.

Şekil 1(a)'dan, 8-9 Nisan arasında çok şiddetli bir jeomanyetik fırtınanın meydana geldiği ve  $K_p$  değerinin 9'a kadar ulaştığı görülmektedir. Şekil 1 (b) ve (c)'deki yüzdelik sapma değerlerini incelediğimizde, her iki istasyon için de IRI-2016 foF2 tahminlerindeki en büyük sapmaların jeomanyetik fırtınanın en şiddetli olduğu 8-9 Nisan arasında meydana geldiği görülmektedir.

Bu tarihler boyunca, enlem değeri daha büyük olan Juliusruh istasyonunun konumu için IRI-2016'nın foF2 tahminlerinde yaklaşık % 60'lık negatif maksimum sapma meydana gelirken, daha düşük enlemden bulunan Roma istasyonunun

konumu için IRI-2016 foF2 tahminlerinde yaklaşık % 48'lik negatif maksimum sapma meydana gelmiştir. Bu sonuçlar, jeomanyetik aktivitenin çok büyük olduğu bu dönemler boyunca iyonsondalar tarafından ölçülen gerçek foF2 değerlerinin, IRI-2016'nın tahmini foF2 değerlerinden küçük olduğunu göstermektedir. Ayrıca, jeomanyetik fırtınalı günlerde IRI-2016 foF2 tahminlerindeki yüzdelik sapma değerlerinin, düşük enlemlerden yüksek enlemlere doğru gidildikçe önemli derecede arttığı ve IRI-2016 foF2 tahminlerindeki maksimum sapmaların gözlemlenme süresinin arttığı Şekil 1(b) ve (c)'de net bir şekilde görülmektedir.

Şekil 2 (a)'dan, 13-16 Haziran arasında çok şiddetli bir jeomanyetik fırtınanın meydana geldiği ve  $K_p$  değerinin 15-16 Haziran arasında yaklaşık 9'a kadar ulaştığı görülmektedir.

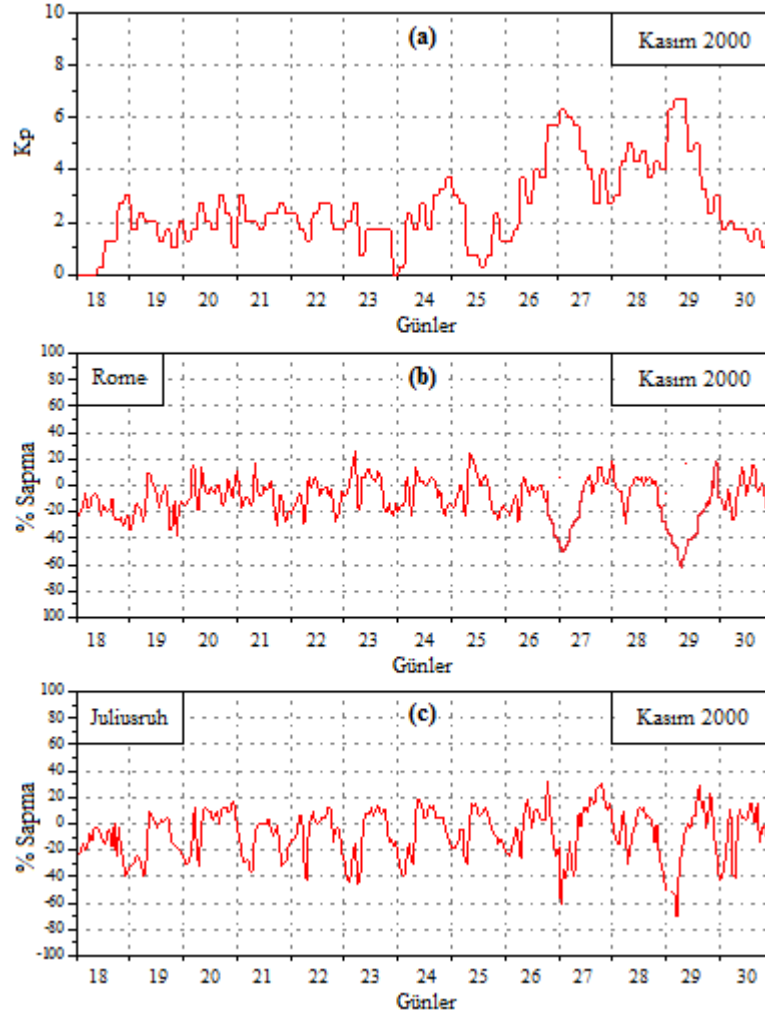


**Şekil 3.** 14-23 Eylül 2000 boyunca; (a) gezegensel jeomanyetik aktivite indisinin ( $K_p$ ) değişimi (b) Roma için hesaplanan yüzdeler sapmaların değişimi (c) Juliusruh için hesaplanan yüzdeler sapmaların değişimi.

Yüzdeler sapmaların değişimleri incelendiğinde, jeomanyetik fırtına boyunca her iki istasyon konumu için yüzdeler sapmaların yaklaşık  $\pm\%$  30'luk aralıkta değerlere sahip oldukları görülmektedir. Yani, diğer mevsimlere göre Haziran dönemindeki jeomanyetik fırtınalar boyunca, IRI-2016 modelinin tahmini foF2 değerleri, iysonda istasyonlarından ölçülen gerçek foF2 değerlerine yakındır.

Şekil 3 (a) incelendiğinde, 15-19 Eylül arasında çok şiddetli bir jeomanyetik fırtınanın meydana geldiği ve  $K_p$  değerinin 17-18 Eylül arasında yaklaşık 8,3'e kadar ulaştığı görülmektedir. Her iki istasyon için yüzdeler sapmaların değişimleri incelendiğinde en büyük sapmaların jeomanyetik fırtınanın en büyük değerine ulaştığı günlerde meydana geldiği görülmektedir. Bu tarihler

boyunca, enlem değeri daha büyük olan Juliusruh istasyonunun konumu için IRI-2016'nın foF2 tahminlerinde yaklaşık % 65'lik negatif maksimum sapma meydana gelirken, daha düşük enlemlerde bulunan Roma istasyonunun konumu için IRI-2016 foF2 tahminlerinde yaklaşık % 50'lik negatif maksimum sapma meydana gelmiştir. Yani, Mart dönemine benzer şekilde jeomanyetik fırtınalı günlerde, IRI-2016 foF2 tahminlerindeki yüzdeler sapma değerlerinin, düşük enlemlerden yüksek enlemlere doğru gidildikçe önemli derecede arttığı bulunmuş ve yüksek enlemlere doğru gidildikçe IRI-2016'nın foF2 tahminlerinde büyük sapmaların gözlemlenme süresinin de arttığı tespit edilmiştir.



**Şekil 4.** 18-30 Kasım 2000 boyunca; (a) gezegensel jeomanyetik aktivite indisinin ( $K_p$ ) değişimi (b) Roma için hesaplanan yüzdelik sapmaların değişimi (c) Juliusruh için hesaplanan yüzdelik sapmaların değişimi.

Şekil 4 (a) incelendiğinde, 26-29 Kasım arasında iki tane şiddetli jeomanyetik fırtınanın meydana geldiği ve bu dönem boyunca  $K_p$  değerinin 29 Kasım da yaklaşık 7'ye kadar ulaştığı görülmektedir. Her iki istasyon için de yüzdelik sapmaların değişimleri incelendiğinde, Mart ve Eylül dönemlerine benzer şekilde en büyük sapmaların, jeomanyetik fırtınanın en büyük değerine ulaştığı günlerde meydana geldiği görülmektedir. Jeomanyetik sakin günler boyunca yüzdelik sapmalar yaklaşık  $\pm\% 40$  arasındaki değerlerde değişirken, jeomanyetik fırtınanın meydana geldiği günler boyunca Juliusruh istasyonunun konumu için IRI-2016'nın foF2 tahminlerinde yaklaşık % 70'lik negatif maksimum sapma, daha düşük enlemde bulunan Roma istasyonunun konumu için yaklaşık % 60'lık

negatif maksimum sapma meydana gelmiştir. Mart ve Eylül dönemlerine benzer şekilde jeomanyetik fırtınalı günlerde, IRI-2016 foF2 tahminlerindeki yüzdelik sapma değerlerinin, düşük enlemlerden yüksek enlemler doğru gidildikçe önemli derecede arttığı bulunmuştur. Ayrıca, yüksek enlemlere doğru gidildikçe, IRI-2016'nın foF2 tahminlerindeki büyük sapmaların gözlemlenme sürelerinin de arttığı tespit edilmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, 2000 yılının farklı mevsimleri için jeomanyetik fırtınalı dönemler boyunca orta enlemlerde IRI-2016 foF2 tahminlerinin performansı üzerine jeomanyetik fırtınaların etkileri araştırılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre, jeomanyetik fırtınalı dönemler için IRI-2016 foF2 tahmini değerlerinin, iyonsonda istasyonları tarafından ölçülen gerçek foF2 değerlerinden büyük ölçüde saptığı ve bu sapmaların mevsimlere ve enlemlere göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Her iki istasyon konumu için de, IRI-2016 foF2 tahminlerinde tespit edilen en büyük sapmaların tüm mevsimler için jeomanyetik fırtınanın en şiddetli olduğu günlerde meydana görülmüştür. Jeomanyetik aktivitenin çok büyük olduğu bu dönemler boyunca IRI-2016'nın tahmini foF2 değerlerinin iyonsondalar tarafından ölçülen gerçek foF2 değerlerinden küçük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, foF2 tahmini yapılan enlem arttıkça IRI-2016 foF2 tahminlerindeki yüzdelik sapmaların arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç, yüksek derecede dinamik olan yüksek enlem bölgelerinin doğru şekilde modellenmesinin IRI gibi veri tabanlı modeller için hala büyük bir zorluk olduğunu göstermektedir. Çünkü Dünya'nın yüksek enlem bölgesindeki iyonosfer-termosfer sisteminin kimyasal ve dinamik yapısını önemli şekilde değiştiren açık manyetik alan çizgileri ve parçacık yağışı gibi fiziksel süreçler henüz tam olarak anlaşılamamış ve modellenememiştir. Jeomanyetik fırtınalı günler boyunca IRI-2016 foF2 tahminlerinin performansı, mevsimsel değişime bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Haziran dönemi, yüzdelik sapmaların en küçük değerlere sahip olduğu mevsim iken, Aralık dönemi ise yüzdelik sapmaların en büyük değerlere sahip olduğu mevsimdir.

Bu sonuçlar, foF2 fırtına modelini içeren son IRI-2016 modelinin jeomanyetik fırtınalar boyunca iyonosferin gerçek koşullarını tam olarak modellemekte yeterli olmadığını ve jeomanyetik fırtınalı dönemler için iyonosferik parametrelerin daha doğru tahmin edilebilmesi için IRI-2016 modelinin hala geliştirilmeye ihtiyacı olduğunu ortaya koymaktadır.

## Kaynaklar

- [1] R. W. Schunk, and A. F. Nagy, *Ionospheres*. New York, USA: Cambridge University Press, 2000.
- [2] G. W. Prölss, *Physics of the Earth's Space Environment*. New York, USA: Springer-Verlag Press, 2004.
- [3] A. J. Mannucci, B. T. Tsurutani, B. A. Iijima, A. Komjathy, A. Saito, W. D. Gonzalez, F. L. Guarnieri, J. U. Kozyra, and R. Skoug, "Dayside global ionospheric response to the major interplanetary events of October 29-30, 2003 Halloween Storms", *Geophys. Res. Lett.*, 32, L12S02-L12S06, 2005.
- [4] B. Zhao, W. Wan, L. Liu, K. Igarashi, K. Yumoto, and B. Ning, "Ionospheric response to the geomagnetic storm on 13-17 April 2006 in the West Pacific region", *J. Atmos. and Solar-Terr. Phys.*, 71, 88-100, 2009.
- [5] D. Bilitza, "International Reference Ionosphere-Status 1995/96", *Adv. Space Res.*, 20(9), 1751-1754, 1997.
- [6] M. L. Zhang, J. K. Shi, X. Wang, S. Z. Wu, and S. R. Zhang, "Comparative study of ionospheric characteristic parameters obtained by DPS-4 digisonde with IRI-2000 for low latitude station in China", *Adv. Space Res.*, 33, 869-873, 2004.
- [7] D. Bilitza, and B. W. Reinisch, "International Reference Ionosphere 2007: Improvements and new parameters", *Adv. Space Res.*, 42, 599-609, 2008.
- [8] X. Wang, J. K. Shi, G. J. Wang, and Y. Gong, "Comparison of ionospheric F2 peak parameters foF2 and hmF2 with IRI2001 at Hainan", *Adv. Space Res.*, 43, 1812-1820, 2009.
- [9] D. Bilitza, and B. Reinisch, "Representation of the auroral and polar ionosphere in the International Reference Ionosphere (IRI)", *Adv. Space Res.*, 51, 535, 2013.
- [10] I. E. Zakharenkova, A. Krankowski, D. Bilitza, I. V. Cherniak, I. I. Shagimuratov, and R. Sieradzki, "Comparative study of foF2 measurements with IRI-2007 model predictions during extended solar minimum", *Adv. Space Res.*, 51, 620-629, 2013.



- [11] D. Bilitza, "The International Reference Ionosphere: Rawer's IRI and its status today", *Adv. Radio Sci.*, 12, 231-236, 2014,
- [12] S. Kumar, A. K. Singh, and J. Lee, "Equatorial Ionospheric Anomaly (EIA) and comparison with IRI model during descending phase of solar activity (2005-2009)", *Adv. Space Res.*, 53(5), 724-733, 2014.
- [13] P. P. Chaitanya, A. K. Patra, N. Balan, and S. V. B. Rao, "Ionospheric variations over Indian low latitudes close to the equator and comparison with IRI-2012", *Ann. Geophys.*, 33, 997-1006, 2015.
- [14] Y. J. Chuo, "Variations of ionospheric profile parameters during solar maximum and comparison with IRI-2007 over Chung-Li, Taiwan", *Ann. Geophys.*, 30, 1249-1257, 2012.
- [15] D. Bilitza, "International Reference Ionosphere 2000", *Radio Sci.*, 36(2), 261-275, 2001.
- [16] T. J. Fuller-Rowell, M. V. Codrescu, and E. A. Araujo-Pradere, "Capturing the storm-time ionospheric response in an empirical model in Space Weather", AGU, 321 Washington, D. C., 393-401, 2001.
- [17] E. A. Araujo-Pradere, T. J. Fuller-Rowell, and M. V. Codrescu, "STORM: An empirical storm-time ionospheric correction model: 1. Model description", *Radio Sci.*, 37(5), 269 1070-1082, 2002.
- [18] E. A. Araujo-Pradere, T. J. Fuller-Rowell, M. V. Codrescu, and D. Bilitza, "Characteristics of the ionospheric variability as a function of season, latitude, local time, and geomagnetic activity", *Radio Sci.*, 40, RS5009, 1-15, 2005.
- [19] A. O. Adewale, E. O. Oyeyemi, A. B. Adeloye, and M. B. Adedokun, "Ionospheric effects of geomagnetic storms at Hobart and comparisons with IRI model predictions", *J. Sci. Res. Dev.*, 14, 98-105, 2013.
- [20] S. Kumar, E. L. Tan, and D. S. Murti, "Impacts of solar activity on performance of the IRI-2012 model predictions from low to mid latitudes", *Earth, Planets and Space*, 67, 42-59, 2015.
- [21] P. P. Chaitanya, A. K. Patra, N. Balan, and S. V. B. Rao, "Ionospheric variations over Indian low latitudes close to the equator and comparison with IRI-2012", *Ann. Geophys.*, 33, 997-1006, 2015.
- [22] Space Physics Interactive Data Resource, "SPIDR", <http://spidr.ngdc.noaa.gov/spidr>.
- [23] Space Physics Data Facility, "SPDF", <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri201vitmo.html>.



## Bir Uçak Ana İniş Takımı Jantının Sıvı Penetrant Kontrol Yöntemi ile İncelenmesi

Alper ULUDAĞ

Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Gövde-Motor Bakım Bölümü, Anadolu Üniversitesi,  
TR-26470, Eskişehir

### Özet

Hasar kavramı, mühendislik komponent ve yapılarının özelliklerini yitirmeleri ile istenen işlevlerini başarılı bir şekilde yerine getirememesi olarak tanımlanabilir. Özellikle kritik olan mühendislik komponent ve yapılarında meydana gelen hasarların bazıları önemli olup, kazalar gibi ciddi sonuçlara yol açabilir. Uçak ana iniş takımı jantları bu kritik komponentlerden biridir. Serviste kullanımları sırasında bu kritik parçalarda hasarlanmalarına yol açabilen farklı kusurlar oluşabilmekte ve uçakların yapısal bütünlüğünü, uçuş emniyetini olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Bu yüzden bu kusurların serviste kullanımları sırasında komponentlerde hasarlara yol açmalarından önce etkin bir şekilde tespit edilmesi oldukça önemlidir. Bu kusurlar tahribatsız muayene yöntemlerinin uygulanmasıyla etkin ve ekonomik bir şekilde tespit edilebilmektedir. Tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan sıvı penetrant yöntemi ile gözeneksiz malzemeler dışındaki malzemelerin yüzeye açık süreksizlikler veya kusurlar etkin bir şekilde tespit edilebilmektedir. Bu çalışmada küçük uçaklarda kullanılan ana iniş takımı jantlarının uçak bakım faaliyetleri bünyesinde, sıvı penetrant yöntemi ile tahribatsız muayenesi incelenmiştir. Sıvı penetrant yöntemi ile kontrol işlemi sonucunda bir jantta korozyon hasarı ve çeşitli çatlak şeklindeki kusurlar tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tahribatsız muayene, Sıvı penetrant kontrol yöntemi, İniş takımı jantı, Kusurlar

## The Liquid Penetrant Inspection of Main Landing Gear Wheel of an Aircraft

### Abstract

Failure(s) may be defined as the incapability of engineering components and structures to satisfactorily perform their intended function(s). Some of the failures of critical engineering components and structures may be significant and lead to serious results such as accidents. One of those critical components is aircraft main wheels. Defects may occur in service life of these components and result in failures and affect structural integrity and flight safety of aircraft. Therefore, defects should be detected effectively before they cause failure of components in their service life. These defects can be detected effectively and economically by the application of non-destructive inspection methods. Liquid penetrant inspection method, which is one of the non-destructive inspection methods, can be used effectively for detecting surface discontinuities or defects in all materials except porous ones. In this study, non-destructive inspection of main wheels of main landing gear of small aircraft was investigated by use of liquid penetrant inspection. Some corrosion damage and cracks were detected on the wheel at the end of liquid penetrant inspection.

**Keywords:** Non-destructive inspection, Liquid penetrant inspection, Landing gear wheel, Defects

## 1. Giriş

Havacılıktaki uçuş faaliyetlerinde bir uçağın uçuşa elverişliliğin, yeterli ve gerekli seviyelerde emniyet ve güvenilirliğin sağlanması yapılan uçak bakım faaliyetleri ile gerçekleştirilmektedir. Uçak bakımı bir uçağın, uçak motorunun veya uçak komponentlerinin uçuş elverişliliğini sağlamak veya çalışır durumda tutabilmek amacıyla servis, onarım, tadilat, yenileme, kontrol ve durum tespiti gibi yapılan işlerin tümü olarak tanımlanmaktadır [1].

Uçak bakım faaliyetleri, yapıldıkları süreye ve yapıma zamanlamalarına göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadırlar. Yapılma zamanlarına göre uçak bakım faaliyetleri programlı ve programsız bakım faaliyetleri olmak üzere iki tipte olmaktadır. Programlı bakım faaliyetleri, uçak bakım el kitabında belirtilen belirli aralıklarla uygulanmaktadır. Bu bakımlarda uçak motor ve komponentlerinin uçak bakım el kitaplarında belirtilen belirli koşul ve durumlara uygunluğu kontrol edilmektedir. Programsız bakımlar ise uçak motor ve komponentlerinin çeşitli sebeplerden dolayı arızalanması veya hasara uğraması durumunda uygulanan bakımlardır. Uçak motor ve komponentlerinin arızalanmasına veya hasara uğramasına sebep olan faktörler tasarımlarındaki veya üretim sürecindeki hatalardan, uygun olmayan malzeme seçiminden ve/veya servisteki çalışma koşullarından dolayı meydana gelmektedir [2, 3].

Bir uçağın uçuş elverişliliğini, emniyet ve güvenilirliğini etkileyerek uçak bakım faaliyetlerinin yapılmasını gerektiren nedenlerden biri de uçak motor ve komponentlerinde meydana gelen hasarlardır. Meydana gelen hasarlar sonucunda uçak motor ve komponentleri fonksiyonlarını kaybederek beklenen performanslarını sergileyemeyebilir ve kullanılamaz hale gelebilir veya arızalı, hasarlı bir şekilde kullanılmaya devam edilmeleri halinde kazalara yol açabilir. Uçuş faaliyetlerinde bir uçağın uçuşa elverişliliğin, yeterli ve gerekli seviyelerde emniyet ve güvenilirliğin sağlanması açısından uçak motor ve komponentlerinde meydana gelebilecek bu hasar ve/veya arızaların kazalar gibi ciddi sonuçlara yol açmadan daha önce belirlenmesi, tespit edilmesi oldukça önem arz etmektedir. Uçak motor ve

komponentlerinde meydana gelebilecek bu hasar ve/veya arızaların belirlenmesinde veya tespit edilmesinde kullanılan yöntemlerden birisi uçak bakım faaliyetleri bünyesinde uygulanan tahribatsız muayene yöntemleridir [3].

Tahribatsız muayene yöntemleri ile adından da anlaşılacağı gibi malzemelerin yapı ve özellikleri tahrip edilmeden yani herhangi bir zarar verilmeden malzemelerin içyapılarındaki ve/veya yüzeylerindeki hatalar, süreksizlikler tespit edilebilmektedir. Bu yöntemlerin hızlı, güvenilir ve ekonomik bir şekilde uygulanabilmesi gibi sahip oldukları avantajları uçak bakım faaliyetlerinin de içinde bulunduğu birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmalarını sağlamıştır. Uçak bakım faaliyetlerinde yaygın olarak uygulanan tahribatsız muayene yöntemleri; göz ve optik aletlerle kontrol yöntemi, sıvı penetrant kontrol yöntemi, manyetik parçacık ile kontrol yöntemi, girdap akımları ile kontrol yöntemi, ultrasonik kontrol yöntemi, radyografik kontrol yöntemi ve termografi yöntemi şeklinde sıralanabilir. Tahribatsız muayene yöntemlerinde kontrol edilecek olan parçalardan veya malzemelerden herhangi bir örnek numune alma gerekliliğinin bulunmaması, bu yöntemlerin uçak bakım faaliyetlerinde etkin ve yaygın bir şekilde kullanımına yol açmıştır. Bu yöntemlerin etkinlikleri ve verimlilikleri kontrol edilecek parçanın malzemesine ve incelenen hata türüne göre değişmektedir [3, 4].

Bu çalışmada küçük uçaklarda kullanılan ana iniş takımı jantlarının uçak bakım faaliyetleri bünyesinde gerçekleştirilen sıvı penetrant kontrol yöntemi ile tahribatsız muayenesi incelenmiştir. Bu doğrultuda önce uçak iniş takımı jantları hakkında genel bilgiler verilmiş, jantlarda oluşan hasarlar ve hasarların tespit edilmesi kısaca açıklanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem olan sıvı penetrant kontrol yöntemi açıklandıktan sonra uygulama işlemi ve elde edilen bulgular verilmiştir.

## 2. Uçak İniş Takımı Jantları ve Oluşan Hasarların Tespit Edilmesi

Uçak iniş takımları, uçakların iniş, kalkış ve yerdeki hareketleri sırasında ağırlıklarını taşıyan ve yer ile temasını sağlayan önemli komponentlerdir.

Uçak tasarımlarına ve kullanım amaçlarına, şartlarına bağlı olarak birçok tipte iniş takımı bulunmaktadır. Küçük bir uçağın iniş takımları ve ana iniş takımı parçaları sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir.



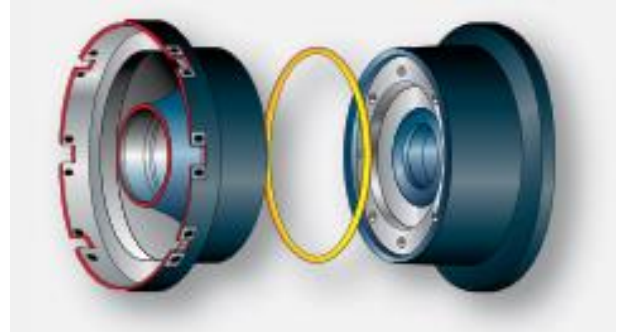
Şekil 1. Küçük bir uçağın iniş takımları



Şekil 2. Ana iniş takımı parçaları

Şekil 2’de gösterilen bir iniş takımı sisteminde birçok parça bulunmakla beraber en temel parçalar dikme, fren, lastik ve jant şeklinde sıralanabilir. Özellikle jant ve lastiklerin görevlerini yerini getirmesi ve sağlamlıkları emniyet açısından çok önemlidir. Jant ve lastiklerde oluşabilecek problemler uçağın yerdeki manevraları sırasında dengesini bozarak kazalar gibi büyük hasarların meydana gelmesine yol açabilmektedir [5].

Uçak jantları hafif ve mukavemetli olmaları açısından genellikle dökme veya dövme alüminyum, magnezyum alaşımı malzemelerden yapılmışlardır. Modern uçaklarda genellikle iki parçalı jantlar kullanılmaktadır (Şekil 3). Jantların bu iki parçası birbirlerine civatalar vasıtasıyla monte edilmekte ve lastiklerle olan teması sağlamaktadırlar. Şekil ve boyut açısından aynı olmayan bu iki jant parçasının fonksiyonları da farklıdır. İç kısımda bulunan yarım jantlara fren komponentleri yerleştirilmektedir [6].



Şekil 3. İki parçaya sahip bir jant yapısı [6]

Uçak jantları ve parçalarında serviste kullanımları sırasında çeşitli sebeplerden dolayı çatlaklar, korozyon, çizikler ve şekil bozuklukları gibi çeşitli kusur ve/veya hasarlar oluşabilmektedir. Bu kusur ve/veya hasarlar uçakların yapısal bütünlüğünü ve emniyetini olumsuz yönde etkileyebilmektedirler [7-12]. Şekil 4’te serviste kullanımı sırasında hasara uğramış olan bir uçak ana iniş takımı jantı gösterilmektedir [7]. Bu jantın hasara uğramasından sonra gerçekleştirilen metalürjik hasar analizi işlemleri sonucunda; jantın düzgün bir şekilde monte edilmemesinden kaynaklanan sürtünmelerden dolayı meydana geldiği düşünülen yorulma çatlaklarının ilerlemesi sonucunda kırıldığı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda bu jantların her 100 saatlik uçuştan sonra sökülmesi ve tahribatsız kontrol yöntemleri ile yüzey çatlaklarının varlığı açısından kontrol edilmesi gerektiği tavsiye edilmiştir [7].



Şekil 4. Hasara uğramış olan bir uçak jantı [7]

Şekil 5’te bir uçağın kalkışı sırasında kırılarak ikiye ayrılan bir uçak jantı gösterilmektedir. Bu olay uçağın kalkışı sırasında yaşanmış olup, jantın kırılması sonucunda uçak kalkıştan vazgeçip geri dönmüştür. Jantın kırılması sırasında uçak gövde yapısında Şekil 6’da gösterilen yapısal hasar

meydana gelmiştir. Kırılan jantın incelenmesi sonucunda ilerleyen yorulma çatlaklarının jantın kırılmasına neden olduğu ifade edilmiştir [8].



Şekil 5. Kalkış sırasında kırılan bir uçak jantı [8]



Şekil 6. Kırılan uçak jantının uçak gövde yapısı üzerinde meydana getirdiği hasar [8]

Şekil 4 ve Şekil 5'te verilen olaylarda jantlar kırılarak hasara uğramış, uçuş emniyetini tehlikeye sokmuştur. Yeterli ve gerekli uçuş emniyetinin ve güvenirliliğin sağlanması açısından jantlarda hasarlara yol açabilecek olan çatlak veya korozyon gibi kusurların serviste kullanımları sırasında hasarlara yol açmalarından önce etkin bir şekilde tespit edilmesi oldukça önemlidir. Uçak jantlarında ve ilgili diğer parçalarda hasarlara yol açabilecek olan çatlak veya korozyon gibi kusurlar genel olarak göz ve optik aletlerle, manyetik parçacık, girdap akımları ve sıvı penetrant kontrol yöntemi gibi tahribatsız muayene yöntemleri kullanılarak tespit edilebilmektedir [11-14]. Manyetik parçacık, girdap akımları ve sıvı penetrant kontrol yöntemlerinde sırasıyla malzemelerin manyetiklik, elektriksel iletkenlik ve sıvıların kılcallık özelliklerinden faydalanılmaktadır. Bu yöntemlerin yapılarıdaki kusurların tespit edilmesindeki etkinlikleri ve verimlilikleri kontrol edilecek parçanın malzemesine, incelenen hata türüne ve hatanın yerine göre değişmektedir. Örneğin jantların birleştirilmesinde kullanılan cıvatalar genellikle

çelik alaşımından imal edilmekte olup, manyetize edilmeleri kolay olduğundan cıvataların kontrolünde manyetik parçacık ile kontrol yöntemi kullanılmaktadır. Yüzeyle açık ve yüzey altı süreksizliklerin tespit edilmesinde verimli olan bir yöntemdir. Jantların birleştirilmesinde kullanılan bir cıvata manyetik parçacık kontrol yöntemi ile tespit edilmiş bir çatlak Şekil 7'de gösterilmektedir [11]. Aynı cıvata manyetik parçacık kontrol yöntemi ile tespit edilmiş korozyon hasarı ise Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Cıvata üzerinde manyetik parçacık kontrol yöntemi ile tespit edilmiş bir çatlak [11]



Şekil 8. Cıvata üzerinde manyetik parçacık kontrol yöntemi ile tespit edilmiş korozyon hasarı [11]

Manyetize edilemeyen fakat elektrik iletkenliği yüksek olan parçaların kontrolünde girdap akımları yöntemi kullanılabilir. Yüzeyle açık ve yüzey altı süreksizliklerin tespit edilmesinde verimli olan bir yöntemdir. Şekil 7'de gösterilen cıvataların takıldığı deliklerin çevrelerinin veya jantın kenar kısımların kontrolünde girdap akımları yöntemi kullanılabilir. Şekil 9'da cıvataların takıldığı deliklerin çevresinin girdap akımları kontrol yöntemi ile incelenmesi gösterilmektedir.





**Şekil 9.** Cıvata delik çevresinin girdap akımları kontrol yöntemi ile kontrol edilmesi [11]

Uçak jantı ve ilgili parçalarındaki kusurların tespit edilmesinde manyetik parçacık ve girdap akımları yöntemlerinin yansıra sıvı penetrant ile kontrol yöntemi de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin kusurluların tespit edilmesindeki etkinlikleri ve verimlilikleri daha önce de ifade edildiği gibi kontrol edilecek parçanın malzemesine, incelenen hata türüne ve hatanın yerine göre değişmektedir. Bazı durumlarda birden fazla yöntem bir arada kullanılabilir. Fakat programlı veya programsız uçak bakım faaliyetleri bünyesinde uçak parçalarına uygulanması gereken tahribatsız muayene yöntemi uçak bakım el kitaplarında belirtilmiş olup, bu uygulamalar ilgili talimatlar doğrultusunda gerçekleştirilmektedir [16, 17]. Bu çalışmanın konusunu oluşturan jantların incelenmesinde sıvı penetrant kontrol yönteminin kullanılması gerektiği bu uçağın bakım el kitabında belirtilmiştir [18]. Bu doğrultuda çalışmada programlı bakım faaliyetleri bünyesinde uçaktan sökülen bir jantın sıvı penetrant kontrol yöntemi ile tahribatsız muayenesi incelenmiştir.

### 3. Sıvı Penetrant Kontrol Yöntemi

Sıvı penetrant kontrol yöntemi, metal ve ametal (metal olmayan) gözeneksiz malzemelerden üretilmiş komponentlerdeki yüzeye açık süreksizliklerin belirlenmesinde kullanılan tahribatsız muayene yöntemidir. Sıvı penetrant kontrol yönteminde temel olarak sıvıların kılcallık veya kapillarite özellikleri kullanılmaktadır [16].

Sabit veya taşınabilir test teçhizatları ile uygulanabilen penetrant sistemleri; penetrant sıvıların ihtiva ettikleri boya türüne göre (renklerine), temizlenme özelliklerine ve hassasiyetlerine göre farklı şekillerde

sınıflandırılmaktadır [16]. Penetrant sistemlerinin sınıflandırılması Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Penetrant sistemleri [16]

Teçhizat özelliği	
Sabit	
Taşınabilir	
Sınıf	İhtiva ettikleri boya türüne göre
Tip I	Floresan
Tip II	Renkli boya
Tip II	Floresan ve renkli boya
Sınıf	Temizlenme özelliği
Metot A	Su ile yıkanabilir
Metot B	Yağ bazlı-sonradan seyreltilen
Metot C	Solvent ile yıkanabilen
Metot D	Su bazlı-sonradan seyreltilen
Sınıf	Hassasiyet özelliği
Level 1/2	Çok düşük
Level 1	Düşük
Level 2	Orta
Level 3	Yüksek
Level 4	Çok yüksek

Kontrol edilen parça yüzeyinde bulunan süreksizliklerin içine uygun viskoziteye sahip

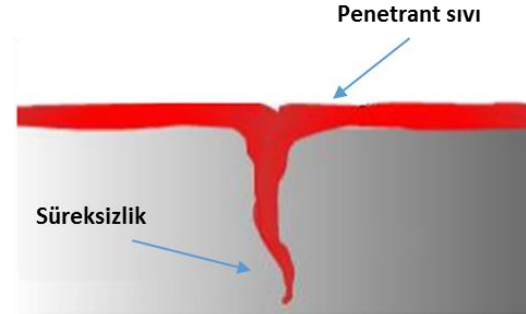
penetrant sıvısının girmesi, daha sonra geliştirici (developer) adı verilen bir madde ile tekrar yüzeye çıkması sonucunda süreksizliklerin bulunduğu kısımlar ile süreksizliklerin bulunmadığı kısımlar arasında görülebilir kontrast farkı oluşturmak bu yöntemin temel amacıdır [16]. Sadece yüzeye açık süreksizliklerin tespit edilmesinde kullanılan bu yöntem, gözenekli, yüzeyi pürüzlü ve boyalı olan parçaların kontrolünde verimli değildir. Pratik, ekonomik olma ve kolay uygulanabilme gibi avantajları bulunan bu yöntemde kontrol sonuçları hızlı bir şekilde alınabilmektedir. Sıvı penetrant kontrol yöntemi temel olarak altı aşamada uygulanmaktadır. Bu aşamalar:

- Kontrol öncesi yüzey hazırlığı,
- Penetrant sıvısının yüzeye uygulanması,
- Fazla penetrant sıvısının kontrol yüzeyinden temizlenmesi,
- Geliştiricinin parça yüzeyine uygulanması,
- Parça yüzeyinin incelenmesi ve değerlendirilmesi,
- Kontrol sonrası temizlik işlemi şeklindedir.

Kontrol öncesi yüzey hazırlığı: Sıvı penetrant kontrolünden önce yüzey hazırlığı aşamasında penetrant sıvısının olası süreksizliklere nüfuz etmesini engelleyebilecek olan boya veya kaplamalar sökülmeli ve yüzeydeki yağ, gres, kir veya pas gibi kirlenici bütün malzemeler uygun temizleyici yöntem ve malzemeler kullanılarak yüzeyden uzaklaştırılmalıdır. Temizleme işlemi ile parça malzemesine zarar vermemeli, sadece kirlilikleri temizleyecek şekilde yapılmalıdır.

Penetrant sıvısının yüzeye uygulanması: penetrant sıvısı temizlenen parça yüzeyine farklı yöntemlerle uygulanabilmektedir. Penetrant sıvısının sprej şeklinde püskürtülmesi, bir fırça yardımı ile sürülmesi veya parçanın içinde penetrant sıvı bulunan bir tanka daldırılması uygulama yöntemlerinden bazılarıdır. Tablo 1’de verilen penetrant sistemlerinden kontrol işlemi yapılan parça için uygun olan penetrant sıvı parça yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde uygulanır. Penetrant sıvısının parça yüzeyindeki süreksizliklere nüfuz edebilmesi yani içerisine girebilmesi için belirli sürelerde beklenir. Penetrant sıvısının bir yüzey süreksizliğine nüfuz etmesi şematik olarak Şekil 10’da gösterilmektedir. Şekil

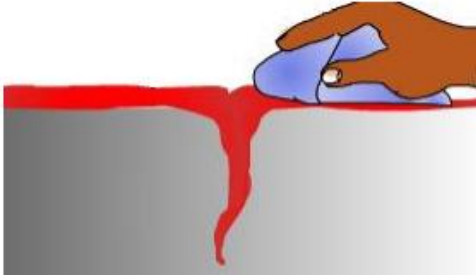
10’da kırmızı renkli göz ile görülebilme özelliğine sahip Tip II şeklinde sınıflandırılan penetrant sıvı kullanılmıştır. Bu tip penetrantlar gün ışığında çıplak göz ile görülebilmektedir.



Şekil 10. Penetrant sıvısının bir yüzey süreksizliğine nüfuz etmesi

Fazla penetrant sıvısının kontrol yüzeyinden temizlenmesi: Penetrant sıvısının yüzeye uygulanması aşamasından sonraki aşama parça yüzeyindeki fazla penetrant sıvısının temizlenmesidir. Temizleme işleminde kullanılan malzemeler temizlenecek olan penetrant sıvısının tipine göre değişmektedir. Tablo 1’de verilmiş olan penetrant sistemleri temizleme özelliklerine göre dört grupta sınıflandırılmaktadır. Penetrant sıvısı, yüzeyden temizleme özelliklerine göre, su ile yıkanabilir (Metot A), yağ bazlı sonradan seyreltilebilen (Metot B), solvent ile temizlenebilen (Metot C) ve su bazlı sonradan seyreltilebilen (Metot D) olarak sınıflandırılmaktadır. Parça yüzeyindeki fazla penetrant sıvı, su veya uygun seyrelticiler bir sprej tabanca ile püskürtülerek, bir bez yardımıyla elle silinerek veya içinde su bulunan bir tanka daldırılarak temizlenmektedir [16,17]. Şekil 11’de parça yüzeyindeki fazla penetrant sıvısının bir bez yardımıyla elle silinerek temizlenmesi şematik olarak gösterilmektedir.





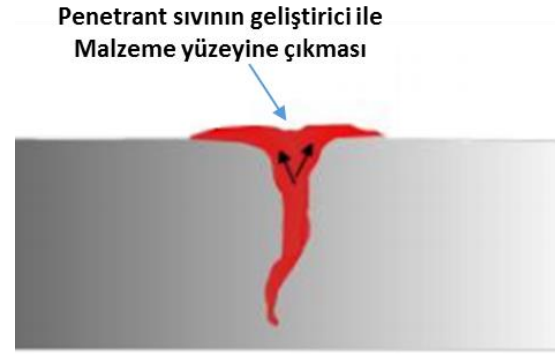
**Şekil 11.** Fazla penetrant sıvısının kontrol yüzeyinden el ile temizlenmesi

Geliştiricinin kontrol yüzeyine uygulanması: Fazla penetrant sıvısının kontrol yüzeyinden temizlenmesi aşamasından sonraki aşama geliştiricinin kontrol yüzeyine uygulanması aşamasıdır. Geliştirici malzemesi, sıvı penetrant kontrol yöntemi ile tespit edilmesi muhtemel süreksizliklerin içine nüfuz eden penetrant sıvısının ters kapiler hareket ile tekrar yüzeye çekilmesini ve böylece süreksizliklerin görülebilmesini sağlamaktadır. Tablo 2’de verilen çeşitleri verilen geliştirici malzemelerden kontrol işlemi için uygun olanı sprey şeklinde püskürtülerek, bir fırça yardımı ile sürülerek veya parçanın içinde geliştirici malzeme bulunan bir tanka daldırılarak parça yüzeyine uygulanabilir [16, 17].

**Tablo 2.** Geliştirici malzeme tipleri [16]

Sınıf	Cinsi
Form a	Kuru toz
Form b	Suda çözülebilen
Form c	Suda asılı kalan
Form d	Susuz yağ
Form e	Özel uygulamalar

Geliştirici malzemenin uygulanmasından sonra süreksizliklerin içine nüfuz eden penetrant sıvısının ters kapiler hareket ile tekrar yüzeye çekilmesi için belirli sürelerde beklenir. Geliştirici malzemenin uygulanmasından sonra penetrant sıvısının yüzeye çekilmesi şematik olarak Şekil 12’de gösterilmektedir.



**Şekil 12.** Penetrant sıvısının geliştirici malzeme ile malzeme yüzeyine çıkması

Kontrol yüzeyinin incelenmesi ve değerlendirilmesi: Geliştiricinin kontrol yüzeyine uygulanması aşamasından sonraki aşama kontrol yüzeyinin incelenmesi ve değerlendirilmesi aşamasıdır. Bu aşamada kontrol edilecek parça yüzeyi uygun ışık altında incelenmekte ve yüzeydeki olası süreksizliklerin varlığı açısından değerlendirilmektedir. Penetrant sıvı olarak renkli boyalı penetrant sıvı kullanılan sistemlerdeki inceleme işlemi yeterli şiddete sahip gün ışığında gerçekleştirilmektedir. Penetrant sıvı olarak floresan penetrant sıvı kullanılan sistemlerdeki inceleme işlemi karanlık bir ortamda uygun ışık şiddetine sahip siyah ışık (ultraviyole ışık) şeklinde adlandırılan bir ışık ile gerçekleştirilmektedir. Kontrol edilen parça yüzeyindeki inceleme işlemi sonucunda süreksizlik görüntüsü olduğu düşünülen görüntüler, uygun bir temizleyici çözelti ile ıslatılmış bir bez veya yumuşak bir fırça ile silinir. Daha sonra kuruması için beklenir ve silinen bölgelere tekrardan geliştirici uygulanarak bekleme süresi kadar beklenir. Bu süreç gerekmesi halinde üç defa tekrarlanır ve eğer her defasında görüntü alınıyorsa süreksizlik olarak kabul edilir. İnceleme işleminde tespit edilen olası süreksizliklerin değerlendirilmesi kıyaslama yoluyla mevcut referans veya kriterler doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Ortamın penetrant sıvı kalıntılarında ve kirliliklerden temizlenmiş olması oldukça önemlidir. Çünkü inceleme işleminde hatalı görüntü elde edilmesine yol açabilir.

Kontrol sonrası temizlik işlemi: Kontrol yüzeyinin incelenmesi ve değerlendirilmesi aşamasından sonraki aşama kontrol sonrası temizlik işlemi aşamasıdır. Bu aşama kontrol edilen parçadan sadece ilgisiz görüntüler elde edilmesi

durumunda ya da hiçbir görüntü elde edilememesi durumunda uygulanmaktadır. Kontrol işlemi sonucunda son temizlik yapılarak penetrant ve geliştirici malzeme kalıntıları giderilir ve parça tekrar kullanılmak üzere servise verilir [16, 17].

#### 4. Deneysel Metod

Bu çalışmada küçük bir uçağın ana iniş takımı jantının sıvı penetrant kontrol yöntemiyle incelenmesi sabit penetrant muayene teçhizatı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 13’de gösterilen sabit penetrant muayene teçhizatı, kontrol işleminin gerçekleştirilmesi için gerekli olan bölümleri veya istasyonları ihtiva etmektedir. Bu bölümler, penetrant uygulama bölümü, penetrant bekleme bölümü, fazla penetrant temizleme bölümü, kurutma (fırın) bölümü, geliştirici uygulama bölümü ve kontrol bölümü (karanlık oda) şeklinde sıralanabilir. Sıvı penetrant kontrol yöntemi ASTM E-1417 (Standart Practices of Liquid Penetrant Inspection) standartı uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bu kontrol işleminde su ile yıkanabilir (Method A), yüksek hassasiyete (Level 3) sahip floresan penetrant sıvı (Type I), geliştirici olarak ise suda asılı kalan tip (Form c) geliştirici malzeme kullanılmıştır.



Şekil 13. Sabit sıvı penetrant muayene teçhizatı

Uçaktan sıvı penetrant yöntemi ile kontrol işlemi için sökülen Şekil 14’de gösterilen jant ikinci bölümde açıklanan altı temel aşamaya tabi tutulmuştur. Bu aşamalar:

- Kontrol öncesi yüzey hazırlığı,
- Penetrant sıvısının yüzeye uygulanması,
- Fazla penetrant sıvısının kontrol yüzeyinden temizlenmesi,
- Geliştiricinin parça yüzeyine uygulanması,

- Parça yüzeyinin incelenmesi ve değerlendirilmesi
- Kontrol sonrası temizlik işlemi şeklindedir.



Şekil 14. Kontrol işlemi için uçaktan sökülmüş jant

Kontrol öncesi yüzey hazırlığı: Kontrolü yapılan uçak jantlarının üzerinde herhangi bir kaplama ve boya bulunmadığından yüzey hazırlığı aşamasında jantların bütün yüzeyi yağ, gres veya kir gibi kirleticilerden uçak bakım el kitabında belirtilen temizleyici malzemeler kullanılarak temizlenmiştir. Temizleme işleminden sonra basınçlı hava veya kurutucu fırın kullanılarak jantların bütün yüzeyi kurutulmuştur.

Penetrant sıvısının yüzeye uygulanması: Kontrol öncesi yüzey hazırlığı yapılmış olan jant, tüm yüzeyi penetrant sıvı ile kaplanacak şekilde penetrant sıvısının içinde bulundurulduğu tankın içine daldırılmış, daha sonra tanktan çıkarılmış ve penetrant bekleme bölümüne bırakılmıştır. Yaklaşık yirmi dakika bekleme süresi kadar beklenilmiştir. Yüzeyine penetrant sıvı uygulanmış olan jant Şekil 15’de gösterilmektedir.



Şekil 15. Yüzeyine penetrant sıvı uygulanmış olan jant

Fazla penetrant sıvısının kontrol yüzeyinden temizlenmesi: Penetrant sıvısının yüzeye uygulanması aşamasından sonraki aşama parça yüzeyindeki fazla penetrant sıvısının

temizlenmesidir. Temizleme işleminde kullanılan malzemeler temizlenecek olan penetrant sıvısının tipine göre değişmektedir. Bu çalışmadaki kontrol işleminde su ile yıkanabilen, floresan penetrant sıvısının temizlenmesi su kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bekleme süresinin geçmesinden sonra jant penetrant teçhizatının yıkama bölümünde manuel su tabancası kullanılarak minimum 30 cm mesafeden siyah ışık altında yıkanmıştır. Manuel su tabancası kullanılarak yapılan temizleme işleminde basınçlı su kullanılmıştır. Su ile temizleme işleminin siyah ışık (ultraviyole ışık) altında yapılmasının nedeni parça yüzeyi üzerindeki penetrantın yüzeyden yeteri kadar temizlenip temizlenmediğinin ve aşırı yıkama yapıp yapılmadığının belirlenebilmesi içindir. Fazla penetrant sıvısının yüzeyden temizlenmesi işleminden sonra parça yüzeyinde flu renkte floresan penetrant görüntüsü olmalıdır. Parça yüzeyinde flu renkte floresan penetrant görüntüsünün olmaması temizleme işleminin gereğinden fazla, aşırı yapıldığını gösterir. Aşırı temizleme işlemi, tespit edilmesi muhtemel süreksizliklerin içine nüfuz etmiş olan penetrant sıvısının süreksizliklerden çıkartılmasına sebep olur. Bu durum, sıvı penetrant yöntemi ile kontrol sonuçlarının yanıltıcı olmasına sebep olabilir. Aşırı temizleme işleminin yapılması durumunda parça kontrol yüzeyi kurutulurak proses ilk aşamadan itibaren tekrar uygulanmalıdır. Temizleme işleminden sonra hava tabancası kullanılarak jantın kavisli bölgelerinde toplanan su yüzeyden uzaklaştırılır. Bu doğrultuda jantın yüzeyindeki fazla penetrant sıvı uygun şekilde temizlenmiştir. Jantın yüzeyindeki fazla penetrant sıvısının temizlenmesinden sonraki durumu Şekil 16'da gösterilmektedir.



Şekil 16. Yüzeyindeki fazla penetrant sıvı temizlenmiş olan jant

Geliştiricinin kontrol yüzeyine uygulanması: Fazla penetrant sıvısının kontrol yüzeyinden temizlenmesi aşamasından sonraki aşama geliştiricinin kontrol yüzeyine uygulanması aşamasıdır. Geliştirici malzemenin uygulanması, sıvı penetrant kontrol yöntemi ile tespit edilmesi muhtemel süreksizliklerin içine nüfuz eden penetrant sıvısının ters kapiler hareket ile tekrar yüzeye çekilmesini ve böylece süreksizliklerin uygun ışık altında görülebilmesini sağlamaktadır. Geliştirici malzeme parça yüzeyine farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Bu kontrolde, içerisinde suda askıda kalan geliştirici malzeme (form c) bulunan tanka kontrol edilecek parçanın daldırılması yöntemi kullanılmıştır. Jant, penetrant hattının geliştirici tankına daldırılarak, bütün yüzeyinin homojen bir şekilde de geliştirici malzeme ile kaplanması sağlanmıştır. Geliştirici malzeme uygulandıktan sonra geliştirici sıvısının süzülmesi için bir süre beklenmiş ve sonra jant kuruması için kurutma fırınına yerleştirilmiştir. Geliştirici malzemenin işlevini yerine getirebilmesi için yaklaşık on dakika geliştirici bekleme süresi kadar beklenmiştir. Geliştirici malzeme uygulanmış olan jantın durumu Şekil 17'de gösterilmektedir.



Şekil 17. Geliştirici malzeme uygulanmış olan jant

Kontrol yüzeyinin incelenmesi ve değerlendirilmesi: Bu aşamada kontrol edilecek parça yüzeyi uygun ışık altında incelenmekte ve değerlendirilmektedir. Bu çalışmadaki kontrol işleminde yapılan inceleme işlemi, floresan (Type I) penetrant sıvı kullanılmasından dolayı siyah ışık altında gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme işlemi ise uçak bakım el kitaplarında belirtilen kriterlere göre yapılmıştır. İnceleme işleminde elde edilen görüntülerin muhtemel süreksizliklere ait olup olmadıklarının belirlenmesi veya herhangi bir süreksizlik türü ile ilgisi olup olmadıklarına karar



verilmektedir. Kontrol edilen parça yüzeyindeki inceleme işlemi sonucunda süreksizlik görüntüsü olduğu düşünülen görüntüler, uygun bir temizleyici çözelti ile ıslatılmış bir bez veya yumuşak bir fırça ile silinir. Daha sonra kuruması için beklenir ve silinen bölgelere tekrardan geliştirici uygulanarak bekleme süresi kadar beklenir. Bu süreç gerekmesi halinde üç defa tekrarlanır ve eğer her defasında görüntü alınıyorsa süreksizlik olarak kabul edilir. Bu çalışmadaki jantın kontrol yüzeyinin incelenmesi ve değerlendirilmesi belirtilen şekilde yapılmıştır. Fotoğraf tekniği kullanılarak elde edilen resimler ile elde edilen görüntüler kayıt altına alınmıştır.

Kontrol sonrası temizlik işlemi: Kontrol yüzeyinin incelenmesi ve değerlendirilmesi aşamasından sonraki aşama kontrol sonrası temizlik işlemi aşamasıdır. Bu aşama kontrol edilen parçadan sadece ilgisiz görüntüler elde edilmesi durumunda ya da hiçbir görüntü elde edilememesi durumunda uygulanmaktadır. Kontrol işlemi sonucunda son temizlik yapılarak parça servise verilir. Servise verilecek parçaların son temizliklerinin yapılması oldukça önem arz etmektedir. Çünkü sıvı penetrant yöntemi ile kontrol edilen parçaların yüzeylerinde kalan penetrant ve geliştirici malzeme artıkları bu parçalarda korozyon oluşmasına neden olabilir.

## 5. Bulgular ve Tartışma

Tahribatsız muayene incelemeleri için kullanılacak olan yöntem, kontrol edilecek parçanın malzemesine, incelenen hata türüne ve hatanın yerine göre değişmektedir. Bazı durumlarda bir parça veya komponentin tahribatsız muayene incelemesi birden fazla yöntem kullanılarak gerçekleştirilmekte ve incelemenin güvenilirliği arttırılmaktadır. Literatürde uçak jantları ve ilgili diğer parçalarının tahribatsız muayene incelemelerinde manyetik parçacık ve girdap akımları yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır [11, 12].

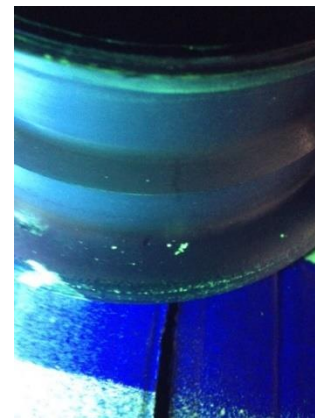
Bu çalışmada tahribatsız muayene incelemesi yapılan jantın malzemesi 2024 alüminyum alaşımı olduğundan manyetik parçacık kontrol yönteminin kullanılması uygun değildir. Çünkü bu malzeme manyetik parçacık kontrol yöntemi için gerekli olan manyetize edilme özelliğine sahip değildir. Mevcut

jant için tahribatsız muayene inceleme sürecinin güvenilirliğini arttırmak için girdap akımları ile kontrol yöntemi ve sıvı penetrant kontrol yöntemleri beraber uygulanabilir. Bu yöntemlerden iletken malzemelerden üretilmiş parçaların kontrolünde kullanılan girdap akımları ile kontrol yöntemi, faal girdap akımı teçhizatı bulunmadığı için uygulanamamıştır. Dolayısıyla bu çalışmada programlı bakım faaliyetleri bünyesinde uçaktan sökülen bir jantın, bu uçağın bakım el kitabında belirtilen yöntem olan sıvı penetrant kontrol yöntemi ile tahribatsız muayenesi incelenmiştir.

Sıvı penetrant kontrol yönteminin kontrol yüzeyinin incelenmesi ve değerlendirilmesi aşamasında jant yüzeylerinin ultraviyole altında incelenmesi sonucunda jant yüzeyinde farklı yerlerde çeşitli süreksizliklerinin varlığı tespit edilmiştir. Bu süreksizliklerin fotoğraf tekniği kullanılarak elde edilen fotoğraf kayıtları Şekil 18'de verilmiştir.



(a)



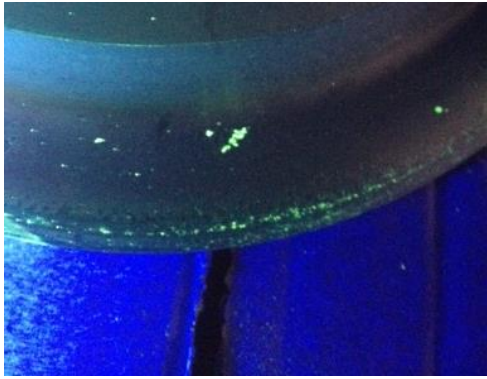
(b)

**Şekil 18.** Jant yüzeyinde tespit edilen süreksizlikler

Şekil 18'de verilen fotoğraf kayıtları incelendiğinde jant yüzeyinde bazı noktalarda

floresan renkte yerlerin olduğu görülebilir. Floresan renkte görülen bu yerler, penetrant sıvı etkisiyle süreksizliklerin bulunduğu kısımlar ile süreksizliklerin bulunmadığı kısımlar arasında ultraviyole ışık altında görülebilir kontrast farkı oluşturulması sonucunda ortaya çıkmıştır.

Şekil 19'da büyütülmüş olarak verilen görüntüdeki süreksizliklerin, inceleme işlemi sonucunda korozyon ve çatlak formundaki süreksizlere ait olabilecekleri belirlenmiştir. Mevcut uçak bakım el kitabında verilmiş olan kriterler doğrultusunda değerlendirme işlemi sonucunda jant kullanımdan kaldırılmış, servise verilmemiştir. Tahribatsız muayene inceleme süreçlerinde yapılan değerlendirme işlemleri kıyaslama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. İnceleme işlemi ile ilgili referans dokümanlarda tespit edilebilecek süreksizlik veya hata türleri belirtilmekte ve bunların değerlendirilmesi ilgili süreksizlerin varlığına, boyut veya yerlerine göre yapılmaktadır. Mevcut uçak jantı için sıvı penetrant kontrol yöntemi ile ilgili referans dokümanı jant üzerinde herhangi bir çatlak ve/veya korozyon gibi süreksizliklerin varlığına izin vermemektedir. Bu doğrultuda jant kullanımdan kaldırılmış, servise verilmemiştir.



**Şekil 19.** Jant yüzeyinde tespit edilen süreksizlikler

Sıvı penetrant kontrol yöntemiyle muayene edilen uçak jantının tespit edilen korozyon ve çatlaklar nedeniyle kullanımdan kaldırılmasıyla, bu jantın kullanılması durumunda oluşabilecek katastrofik hasar ve kazaların oluşması önlenmiştir. Böylelikle uçuş emniyeti ve güvenirliliği istenen seviyede korunmuştur.

## Teşekkür

Çalışmanın uygulama kısmındaki değerli katkılarından dolayı Tuğba Burçin Uludağ'a teşekkürlerimi sunarım.

## Kaynaklar

- [1] Technical Abbreviations and Acronyms, IATA Technical Reference Manual (ITRM), Edition 1, Revision 1, International Air Transport Association, p 41, 2009.
- [2] Anadolu University Technical Training Course for Avionics and Airframe and Powerplant Maintenance Degree Programs Module 15.21 Engine Operating and Ground Operations, 2012.
- [3] Anadolu University Technical Training Course for Avionics and Airframe and Powerplant Maintenance Degree Programs Module 7.18 Disassembly, Inspection, Repair and Assembly Techniques, 2012.
- [4] Aviation Maintenance Technician Handbook– General, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration (FAA-H-8083-30), Chapter 8. Inspection Fundamentals, 8.20, 2008.
- [5] Ramp Hizmetleri, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Yayınları, HAD/T-21, 1. Baskı Kasım, 43, 2014.
- [6] Aviation Maintenance Technician Handbook–Powerplant Volume 2, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration (FAA-H-8083-31), Chapter 13. Aircraft Landing Gear Systems, 13-41, 2012.
- [7] V. Ramachandran, A. C. Raghuram, R. V. Krishnan, and S. K. Bhaumik, Failure Analysis of Engineering Structures: Methodology and Case Histories, ASM International, 72, 2005.
- [8] Final Report On Aircraft Incident Investigation, General Civil Aviation Authority Air Accident Investigation Department Abu Dhabi, UAE, 09/2009.

- [9] N. A. Siddiqui, M. S. Khan, A. Munir, K. M. Deen and M. A. Amin, "Failure investigation of wheel gear hub assembly of an aircraft," *Engineering Failure Analysis*, 22, 73-82, 2012.
- [10] T. Kobayashi and D. A. Shockey, "Analysis of failed aircraft wheel assembly", *Engineering Failure Analysis*, 13 (1), 65-74, 2006.
- [11] J. K. Jose, "Analysis of aircraft wheel hub assembly using NDT techniques", *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 3 (5), 17-20, 2016.
- [12] G. Kosec, G. Kovacic, J. Hodolic and B. Kosec, "Cracking of an aircraft wheel rim made from Al-alloy 2014-T6", *Metabk* 49 (4), 357-360, 2010.
- [13] X. Guirong, G. Xuesong, Q. Yuliang and G. Yan, "Analysis and innovation for penetrant testing for airplane parts", *Procedia Engineering*, 99, 1438-1442, 2015.
- [14] A. U. Khan, "Non-destructive testing applications in commercial aircraft maintenance" *NDT.net*, 4 (6), 1999.
- [15] Federal Aviation Regulations, *Acceptable Methods, Techniques, and Practices - Aircraft Inspection and Repair*, Chapter 9. *Aircraft Systems And Components*, Section 1. *Inspection And Maintenance Of Landing Gear*, FAA, 1998.
- [16] Federal Aviation Regulations, *Acceptable Methods, Techniques, and Practices - Aircraft Inspection and Repair*, Chapter 5. *Nondestructive Inspection (NDI)*, FAA, 1998.
- [17] ASTM E1417 / E1417M-16, *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing*, ASTM International, West Conshohocken, PA, ASTM, 2016.
- [18] Socata TB 20 Model, *Maintenance Manual*, 20-00-14, 1, 1998.



## Hava Hukukunun Hukuk Düzeni İçerisindeki Yeri, Yapısı ve Özellikleri

Eser GEMİCİ<sup>1\*</sup>, Mehmet YEŞİLLER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Havacılık Yönetimi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Kastamonu Üniversitesi,

<sup>2</sup> Ticaret Hukuku Ana Bilim Dalı, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi,

### Özet

Hava hukukunun derin bir geçmişinin olmadığı, ilk balonlu uçuş denemelerinin ardından ortaya konulan hukuk kurallarının varlığı ile anlaşılmaktadır. Havacılık alanındaki hukuk kurallarının oluşumundan bugüne değin yaklaşık olarak 100 yıl geçmiş ve hava hukuku, uluslararası sivil havacılık faaliyetlerinin düzenlenmesi adına çok çeşitli sözleşmelerin, anlaşmaların ve protokollerin ortaya konulduğu modern yapısına kavuşmuştur. İlgili tüm düzenlemelerin hangilerinin uluslararası hava kamu hukukuna, hangilerinin uluslararası hava özel hukukuna ilişkin olduğu; diğer yandan hava hukukunun tanımının, özelliklerinin ve kapsamının tam anlamıyla nelerden ibaret olduğu hususları doktrinde halen tartışılan ve üzerinde fikir birliği bulunmayan konular arasında yer almaktadır. Bu anlamda tüm bu hususların daha anlaşılır kılınabilmesi adına çalışmada hava hukukunun yapısının ortaya konulması amaçlanmış ve kendisine has muhtariyetinin olup olmadığı irdelenerek, özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır. Hava hukukunun kendi içerisinde hava kamu hukuku ve hava özel hukuku ayrımının belirgin olmadığı anlaşılmakla birlikte; diğer tüm hukuk dalları ile olan ilişkisinin karmaşıklığı da göz önüne alındığında, tüm ilgili hukuk dallarından ayrı düşünülemediği görülmektedir. Bununla birlikte herhangi bir havacılık faaliyeti birçok ülkenin hukukunu ilgilendirmesi nedeniyle, hava hukukunun uluslararası olma özelliğini belirgin bir şekilde gözler önüne sermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hava Hukuku, Havacılık Hukuku, Uluslararası Hava Hukuku, Hava Hukukunun Özellikleri

## The Position, Structure and Characteristics of Air Law in The Legal Order

### Abstract

The absence of a deep history of air law is understood by the existence of the rules of law which are introduced after the first balloon flight experiments. For about 100 years, air law has reached a modern structure in which a wide range of agreements and protocols are laid out in the name of the regulation of international civil aviation activities. All these which are related to the international air public law or the international air private law and definition, characteristics and scope of the air law are among the issues discussed in the doctrine. In this sense, in order to make all these matters more understandable, it is aimed to reveal the structure of the air law in this study and it is tried to reveal its characteristics by examining whether it has its own autonomy. Because it is understood that in air law the difference between air public law and air private law is not clear, the complexity of the relationship with all the branches of law is taken into consideration and it seems that it can not be considered separately from all relevant branches of law. Taking into account all of these, the fact that any aviation activity becomes a legal subject of many countries clearly demonstrates the international character of air law.

**Keywords:** Air Law, Aviation Law, International Air Law, Characteristics of Air Law

\* Sorumlu Yazar: [esergemici@gmail.com](mailto:esergemici@gmail.com)



## 1. Giriş

Hukuk, toplumun genel yararını sağlamak adına, kabul edilebilir bir idare veya yönetim tarafından ortaya konulan hak, kural ve kanunların bütünü olarak tarif edilmektedir. Aynı zamanda kamu düzeninin bir ürünü olarak görülen hukukun, sosyal ilişkilerde ortaya çıkabilecek kargaşanın önlenmesinde kullanılan bir vasıta olduğu ifade edilmektedir [1].

Montgolfier kardeşler 5 Haziran 1783 yılında Fransa’da ketenden bir torba içerisine sıcak hava doldurarak yaklaşık 2 kilometre civarında bir yolculuk gerçekleştirmişlerdir. Bu etkinlik, hem sivil havacılık faaliyetlerinin başlaması, hem de sivil havacılığı düzenleyen hukuk kurallarının ortaya çıkması bakımından büyük önem arz etmektedir [1-2, 4]. Diğer yandan ilk havacılık hukuku kuralları bu girişimden sadece 1 yıl sonra hayata geçirilirken [1], Wright kardeşlerin 1903 yılında havadan ağır ve motor gücü ile uçabilen hava aracını uçurmayı başarmalarından [3] sadece 7 yıl sonra ise uluslararası ilk havacılık konferansı Paris’te toplanmıştır [1, 5].

Hava hukukunun doğum aşamalarını oluşturan bu süreç, hava hukukunu ulusal ve uluslararası anlamda şekillendirmiş olup; söz konusu hukuk alanının gelişimi günümüze kadar devam etmiş ve halen gelişimini sürdürmektedir. Hava hukukunu ortaya çıkaran bu süreç, hava hukukunun tüm akademik doktrinde tatmin edici bir tanımının ortaya konulamamasını da beraberinde getirmiştir [6]. Buradan hareketle, bu çalışmada da hava hukukunun tartışmalı olan tanımının dar ve geniş anlamda ortaya konulması amaçlanmıştır. Ayrıca uluslararası hava hukukunun yapısı, karakteristik özellikleri ve hava hukukunun kamu ve özel hukuk ayrımı irdelenerek ilgili konular açıklığa kavuşturulmaya çalışılmıştır.

### 1.1. Hava Hukuku’nun Tanımı

Doktrinde, havacılık alanındaki faaliyetleri düzenleyen ilgili alan hakkında hangi terimin kullanılması gerektiği konusunda fikir birliği bulunmamaktadır. Bu tartışmalarda, hava hukukuna ilişkin yapılacak çalışmalarda hangi terimin kullanılmasının doğru olacağı üzerine odaklanılmıştır. Seyrüsefer hukuku, hava taşıma

hukuku ve havacılık hukuku gibi terimlerin de hava hukukunun yerine kullanıldığı çeşitli kaynaklarda görülmekte fakat Diederiks-Verschoor (2006) bu terimlerin hepsinin geçmişte kullanıldığını ve günümüze uygun olmadığını ileri sürmektedir [6]. Aynı zamanda avukatlar arasında havacılık adına ortaya konulan hukuki metinlerde, havacılık hukuku (aviation law) başlığının mı yoksa hava hukuku (air law) başlığının mı kullanılması gerektiği üzerine tartışmaların 1930’lardan itibaren başladığı görülmektedir [7]. Buna karşılık Günel (2010), havacılık hukuku kavramının doktrinde daha fazla kullanıldığını, bu nedenle sadece havacılık faaliyetlerini konu edinen eserlerde havacılık hukuku kavramının kullanılmasının daha doğru olacağını belirtmektedir. Aynı zamanda havanın kendine mahsus özelliği nedeni ile bu hususta yazılacak eserlerde hava hukuku başlığının kullanılması gerektiği, fakat sadece havacılık faaliyetleri sonucu oluşan hukuki konuları içeren eserlerin “Havacılık Hukuku” başlığı altında irdelenmesinin daha doğru olacağı ifade edilmektedir. Tüm bu tartışmaların yanı sıra havacılık hukuku ve hava hukuku başlıklı eserlerin genel olarak farklı olmadıkları ve her birinin havacılık faaliyetleri sonucu doğan hukuki sorunları konu edindikleri görülmektedir [9]. Hava hukukunun terminolojisinde uluslararası kaynaklarda da air law, aviation law, aeronautical law, civil aeronautical law, civil air law, civil aviation law gibi başlıkların kullanıldığı [12] ve ülkemizdeki düzenlemelerde de hava hukuku ve havacılık hukuku terimlerinin kullanıldığı; aynı zamanda yaygın olarak ise hava hukuku teriminin literatürümüze yerleştiği gözlenmektedir [8, 10].

Hava hukukunun tanımına ilişkin doktrinde önemli farklılıklara sahip düşüncelerin mevcut olduğu görülmektedir. Fakat genel kabul gören şekli ile hava hukuku, hava sahasının kullanılması ve bu sahadan havacılık adına faydalanılması için [11], hava sahasının idare edilmesi, yönetilmesi adına oluşturulmuş kurallar bütünü olarak tanımlamaktadır [6].

#### 1.1.1. Dar ve Geniş Anlamıyla Hava Hukuku

Kendine has niteliği nedeniyle neredeyse hukuk sistemi içerisindeki tüm hukuk dalları ile ilişki içerisine girmiş olan hava hukukunun, tüm hukuk

sisteminin içerisindeki yerinin belirlenmesinin zorluğunun yanında, kapsamı hususunda da geniş ve dar anlamda tanımlanmakta olduğu görülmektedir [13]. Hava hukukunun tanımının tam anlamıyla verilebilmesi adına bazı yazarlar dar ve geniş anlamda hava hukuku ayrımı yoluna gitmiş ve hava hukukunun dar veya geniş anlamda neleri kapsadığını ortaya koymaya çalışmışlardır [9].

Dar anlamıyla hava hukuku, modern hava araçları vasıtasıyla meydana gelen seyrüseferlerin (kamusal, özel, ulusal, uluslararası) doğurduğu çeşitli hukuki ilişkilerin incelenmesini ve bu ilişkileri düzenleyici ilkelerin ve kuralların ortaya konulmasını sağlayan hukuk dalı olarak tanımlanmaktadır [14-15]. Yine hava hukukunun, hava araçları vasıtasıyla hava sahasından yararlanılması sonucu ortaya çıkan hukuki ilişkileri düzenleyen kuralların bütünü olduğu belirtilmektedir [16]. Başka bir deyişle hava yolu ile gerçekleşen seyrüseferlere bağlı meydana gelen ilişkileri düzenleyen hukuk dalı olarak tanımlanmaktadır [15]. Ayrıca hava hukukunun yalnızca havacılık faaliyetlerini düzenleyen ve bu faaliyetlerin sonuçlarını bir yaptırıma bağlayan hukuk dalı olduğu ifade edilmektedir [9].

Diğer bir tanımda ise hava hukukunun, sadece havacılık faaliyetleri amacı ile kullanılan hava sahasında meydana gelen sosyal ilişkileri belli bir düzene koymayı amaçlayan yasal düzenlemeler bütünü olduğu belirtilmektedir [17]. Başka bir ifadeyle ise hava hukuku, uluslararası hukukun sivil havacılık ile ilgili olan bir parçası olarak gösterilmektedir [12]. Bir başka tanımda hava hukuku, havada gerçekleşen seyrüseferlere ilişkin ilişkilerin düzenlenmesi için özel olarak ortaya konulmuş olan hukuk kurallarının bütünü şeklinde tanımlanmaktadır [10].

Son olarak diğer bir tanımda ise hava araçlarının seyrüseferlerini, bunlardan faydalanılmasını ve hava araçlarının ortaya çıkardığı ilişkileri düzenleyen kanun ve hukuk kurallarını inceleyen ve açıklayan hukuk dalı ya da havaya, hava araçlarına, bunlar ile yapılan ulaştırma faaliyetlerine ve ilgili havacılık faaliyetlerinde bulunan kişilere uygulanan ulusal ve uluslararası hukuk kurallarının bütünü olarak ifade edilmektedir [8].

Hava hukukunun ulusal ve uluslararası alanda ilk olarak ortaya çıktığı sıralarda bazı yazarların ve kanun koyucuların geniş anlamda hava hukukunun, hava sahasında kablosuz iletişimi, elektromanyetik dalgaların yayılımını ya da elektrik üretmek için kullanılacak olan rüzgar enerjisini düzenleyecek kuralları da içerebileceğini öngöremedikleri anlaşılmaktadır. Bunun nedenle hava hukukunun dar anlamda sadece havacılık ile ilgili faaliyetleri içerdiğini ifade eden tanımlamalar yaptıkları görülmektedir [17].

Geniş anlamda hava hukuku ise, hava sahasının ve sağladığı faydaların, ulusal ve uluslararası anlamda havacılık, kamu yararı ve insanlık için kullanılmasını sağlayan kurallar bütününden oluşmuş bir alan olarak ifade edilmektedir. Bu tanıma ek olarak geniş anlamda hava hukuku, hava sahasını, hava ulaşım ve taşımacılığı ile ilgili hukuk kurallarının tümünü içine alan bir hukuk dalı olarak tanımlanmaktadır [6, 10, 18].

Hava hukukunun geniş anlamda diğer bir tanımında ise, hava sahasını ve onun faydalarının yanı sıra ses ve elektrik dalgalarının iletimini sağlayan cihazlar ile meteoroloji ile ilgili kuralları ve hatta küresel hava kirliliğinin önlenmesi için yapılan düzenlemeleri bile kapsadığı görülmektedir [9]. Fransa’da hava hukuku için “Droit Aerien” ya da “Droit de l’air” tabirlerinin kullanılması da, hava hukukunun tanımında bu tabirlerin radyo, telemekanik, telsiz telgraf, telsiz telefon ve telsiz makine ilişkilerini de kapsamı nedeni ile çok genel kaldığı ifade edilmiştir [14, 19]. Fakat Şerif (1934) telsiz ve aynı zamanda seyrüsefer hizmetlerinin ortak faaliyet alanı olan hava sahasının telsiz faaliyetleri için bir sınır teşkil etmemesi nedeniyle seyrüsefer ve telsiz hizmetlerinin ayrı iki bilim olduklarını ve bu duruma istinaden “Droit Aerien” tabirinden havacılık faaliyetlerinin anlaşılması gerektiğini dile getirmektedir [19].

Geniş anlamda hava hukuku, havacılık adına yapılan seyrüsefer hizmetlerini ve bu hizmetlere bağlı ilişkilerin düzenlenmesi ile incelenmesi için gerekli hukuk kurallarını kapsamaktadır. Buna ek olarak havada ses ve elektrik dalgalarını aktaran telsiz, telgraf, telefon, radyo ve televizyon gibi her türlü iletişim ve haberleşme araçlarına ve bunların

kullanımına yönelik kuralları da içinde barındıran bir hukuk dalı olarak tanımlanmaktadır [20].

Tüm bu tanımlamalardan anlaşılmalıdır ki, dar anlamda hava hukuku, sadece havacılık faaliyetleri ile sınırlı hukuk kurallarını içermekteyken, geniş anlamda hava hukuku ise, hava sahası ve bu hava sahasından yararlanma ile ilgili tüm hukuk kurallarını kapsamakta olduğu görülmektedir [11, 15, 20].

Geçmişte hava hukukunu geniş anlamından kurtarabilmek için hava seyrüsefer hukuku, havacılık hukuku, tayyare hukuku, hava yolu ile ulaştırma hukuku, hava ulaştırma hukuku gibi birçok başlığın önerildiği bilinmektedir [16]. Ancak günümüzde hava hukukuna ilişkin literatür tarandığında görülmektedir ki, hava hukuku terimi sadece dar anlamda, hava seyrüseferine ve havacılık faaliyetlerine ilişkin düzenlemeler için kullanılmaktadır. Terminolojik açıdan da “Hava Hukuku” terimi ilk günden itibaren dilimize yerleşmiş ve bu dar anlamıyla kullanılmaktadır [13, 15].

## 1.2. Uluslararası Hava Hukuku

Günümüzde hukukçular, gerçek anlamda uluslararası hukukun olup olmadığını sorgulamaktadırlar. Bu sorunu gündeme getirirken, tek bir hukuk kaynağının, hukuku yorumlayacak tek bir mahkeme ya da yargı organının ve uluslararası hukukun gereklerini uygulamakta yetkili bir yürütme organının olmadığını ileri sürmektedirler. Fakat bu sorun ya da soruların dışında dünyanın bugünkü küresel haline hızlıca uyum sağlayan ve genel anlamda kabul görmüş bir uluslararası hukukun varlığının şüphe götürmez bir biçimde mevcut olduğu görülmektedir.

Dünya ülkeleri tarafından genel kabul görmüş uluslararası hukukun kaynakları olarak ise;

- Anlaşmalar
- Sözleşmeler
- Uluslararası Örf ve Adet Kuralları
- Mahkeme Kararları
- Genel Hukuk

gösterilmektedir. Anlaşmalar, karşılıklı iki ülke arasındaki ikili anlaşmalar (bilateral) olduğu gibi birçok taraf ülkenin katılımı ile yapılan çok taraflı (multilateral) anlaşmaları da kapsamaktadır. Uluslararası bir organizasyon tarafından akdedilmeleri nedeniyle birçok ülke tarafından imzalanan sözleşmeler ise anlaşmaların farklı bir şeklidir. Uluslararası örf ve adet kuralları ise, devletlerin birbirleriyle olan ilişkilerindeki fiili davranış ve tutumları ile ortaya çıkmakta olup, uluslararası hukukun düzeyini yükseltmeyi amaçlamaktadır. Mahkeme kararları ise, davanın özel durumuna göre karar verebilmek adına uluslararası anlamda daha önceki mahkeme kararlarını ve uzmanlar tarafından ortaya konulmuş hukuk kurallarını dikkate almaktadır. Son olarak genel hukuk ise, anlaşmaların, sözleşmelerin ya da uluslararası örf ve adet kurallarının yokluğu durumunda uluslararası anlamda somut ilişkileri bütüncül bir yaklaşımla düzenleyen ve birçok özel norma kaynaklık teşkil eden soyut, genel, evrensel yazılı ve yazılı olmayan hukuk kurallarını oluşturmaktadır [21].

Uluslararası hukukta genel kabul gören anlayışa göre ülkelerin hem kara üzerindeki hem de karasuları üzerindeki hava sahalarına ilişkin her türlü hak, ilgili ülkelerin egemenlik hakkı olarak kabul edilmektedir. Bu durum ilk olarak yürürlükten kalkmış olan 13 Ekim 1919 tarihli Paris Konvansiyonu’nda (Hava Seyrüsefer Antlaşması – Convention sur La’navigation aeriennne) ele alınmış olup; konvansiyonun ilk maddesinde “Her devlet ülkesi üzerindeki hava sahasında mutlak ve münhasır egemenliğe sahiptir” şeklinde ifade edilmiştir [22-25]. Uluslararası hava sahası hiçbir ülkenin kontrolü altında olmayıp; ABD’nin, Pasifik’in büyük bir bölümünde hava trafik hizmeti vermesi ya da İngiltere, Kanada ve İzlanda’nın kuzey Atlantik hava sahasında hizmet vermeleri gibi bazı özel durumdaki hava sahaları, uluslararası anlaşmalar ile belli ülkelerin kontrolüne bırakılmıştır. Tüm bunların yanında ülkelerin hava sahalarının dikeyde sahip olduğu sınırlara ilişkin henüz uluslararası bir anlaşma bulunmamaktadır [26]. Böyle bir uluslararası hukuk zemininde gelişen uluslararası hava hukuku ise hem uluslararası havacılık faaliyetlerini düzenleyerek hem de ülkelerin kendi havacılık yasaları

içerisindeki ihtilafları ve tutarsızlıkları gidererek hukuki anlamda uyumlu uluslararası bir sistem ortaya koymayı amaçlayan, temelde uluslararası hava kamu ve özel hukukunun birleşimi olarak ortaya çıkan bir hukuk dalı şeklinde tanımlanmaktadır. Hukukun bir dalı olarak uluslararası hava hukukunun tüm havacılık faaliyetlerini geliştiren ve değiştiren pratikleri ve kuralları kapsadığı ifade edilmektedir. Uluslararası hava hukuku genel anlamda sivil havacılık faaliyetlerine ilişkin olup, askeri uçaklar ve askeri havacılık faaliyetleri bu alanın dışında tutulmuştur.

Uluslararası hukukun kaynakları olduğu gibi uluslararası hava hukukunun da kaynaklarının mevcut olduğu dile getirilmektedir. Uluslararası hava hukukunun en önemli kaynakları olarak;

- Uluslararası anlaşmalar ve sözleşmeler

- İkili ve çok taraflı hava hizmetleri ile güvenlik anlaşmaları

- Ulusal havacılık hukuku

- Havacılık faaliyetlerine ilişkin diğer hukuk kuralları ve uluslararası anlaşmaların yorumlanmasına ilişkin yargı kararları

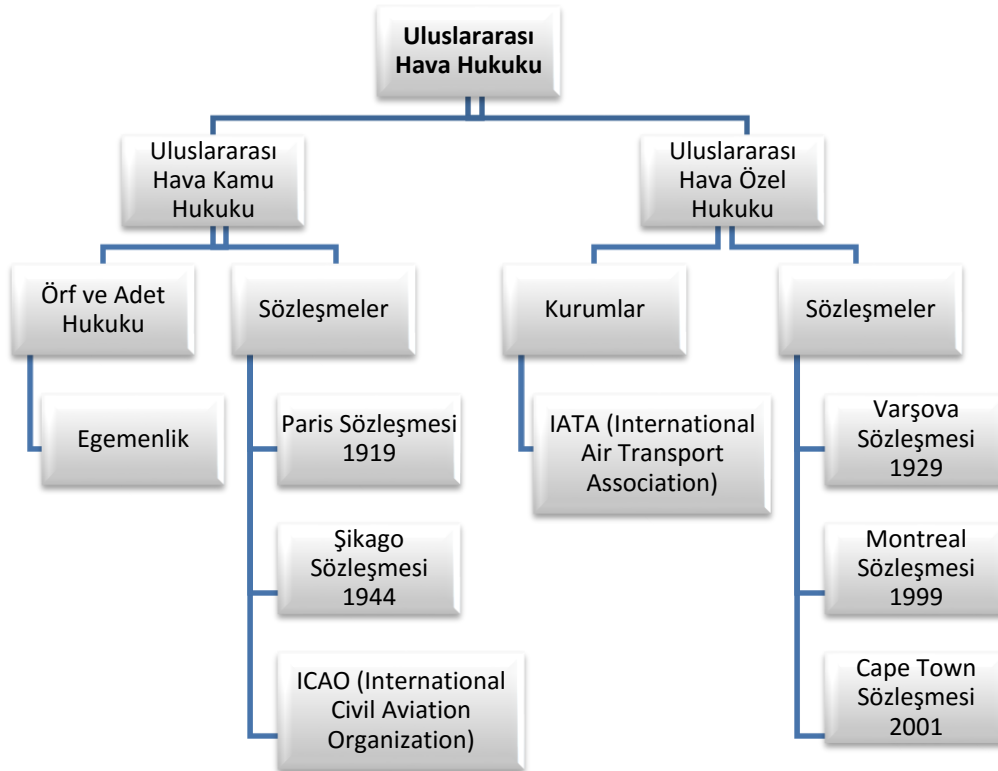
- Ülkeler ve havayolu şirketleri arasındaki sözleşmeler

- Havayolu şirketleri arasındaki ticari ittifaklar ve diğer anlaşmalar

- Bölgesel güvenlik programları ve diğer girişimler gösterilmektedir.

Uluslararası hava hukukunun yapısının, yapılan sınıflandırmalar arasındaki ilişki gözetilerek ele alındığı tablo 1’de, uluslararası hava hukukunun kaynakları ile bileşenleri gösterilmektedir [6, 27].

**Tablo 1.** Uluslararası hava hukukunun yapısı [27].



Uluslararası hava hukukunun, küresel anlamda hava taşımacılığını etkileyen tüm iki ve çok taraflı anlaşmaların sonuçlarını ve ulusal hukuk kurallarını kapsayan bir yapıda olduğu; sadece uluslararası hukuk düzenlemelerini içermekle kalmayıp aynı zamanda ülkelerin politik ve yasal kültürlerini de kendisinde barındırdığı

görülmektedir. Uluslararası hukuk zemininde uluslararası hava hukukunun havacılığa ilişkin çok taraflı anlaşmalar vasıtasıyla, ülkelerin kendi hava sahalarını kontrol edebilmeleri adına egemenlik haklarına ve yükümlülüklerine ilişkin düzenlemelerin yanı sıra havayolu şirketlerinin emniyetini, güvenliğini, sorumluluklarını ve hatta

son zamanlarda hava araçlarının finansmanını da içerir şekilde ortaya konulan yasal düzenlemelerin tümünü barındıran bir yapıya sahip olduğu ifade edilmektedir [28].

### **1.3. Hava Kamu Hukuku ve Hava Özel Hukuku Ayrımı**

Günümüzde halen geçerli olan ve hukukun bilinen en yaygın ayrımı, Roma hukukçusu Ulpianus'un yapmış olduğu Kamu Hukuku (jus publicum) - Özel Hukuk (jus privatum) ayrımıdır [29-30, 32]. Söz konusu ayrıma göre, kamu hukuku devletin çıkarlarına; özel hukuk ise bireyin çıkarlarına ilişkin hukuk olduğu ifade edilmekte olup henüz bu ayrım üzerine bir görüş birliği bulunmamaktadır [29, 31].

Ulpianus'un yapmış olduğu özel hukuk – kamu hukuku ayrımı egemenlik, eşitlik, menfaat gibi ölçütlere dayanmaktadır. Devletin kişiler ile yapmış olduğu herhangi bir hukuki ilişkide, taraflardan birinin kamu gücünü kullanması ve bu gücün kaynağını devlet ya da kamu kurum ve kuruluşlarından alıyor olması nedeniyle bu gibi durumlarda uygulanan hükümler kamu hukuku kurallarını oluşturmaktadır. Bunun dışında toplumu oluşturan kişilerin ve kuruluşların eşit haklar ve yükümlülükler altında aralarındaki tüm hukuki ilişkiler özel hukuk kuralları çerçevesinde sürdürülmektedir [33].

Özel hukuk – kamu hukuku ayrımı gibi hava hukukunda da, hava kamu hukuku ve hava özel hukuku şeklinde doktrinde birçok yazar tarafından sınıflandırıldığı görülmektedir. Fakat Günel (2010) hava hukukunun diğer hukuk dalları ile ilişkileri sebebi ile böyle bir ayrıma tabi tutulamayacağını ileri sürmekte ve hava sahasında tam ve sınırlı (münhasır) egemenlik yetkisi nedeniyle uluslararası hukuk kapsamında olduğunu, bu durumun dışındaki hallerde ise Devletler Özel Hukuku'ndan ve ilişki derecesine göre diğer hukuk dallarından yararlanılabileceğini belirtmektedir [9]. Bunun yanında Çağa (1963) da temel konusu hava özel hukuku olan bir bilimsel çalışmada dahi hava kamu hukukuna ilişkin hükümlerin göze çarptığını belirtmekte ve hava kamu ve hava özel hukuk ayrımının yapılamayacağını ifade etmektedir [8].

### **1.3.1. Hava Kamu Hukuku**

Uluslararası hukukta sadece devletlerin, uluslararası teşkilatların ve kısmen de özel kişilerin uluslararası hukuk kişiliklerinin varlığının mevcut olduğu görülmektedir. Ayrıca uluslararası hukukta kabul gören tanıma göre devlet, belirli bir ülke parçası üzerinde sürekli bir nüfusu, teşkilatlanmış olan bir siyasi otoritesi ve diğer devletleri ile ilişkilere girebilme adına bağımsızlığı olan milletlerarası hukuk kişisi olarak tanımlanmaktadır [34-35].

Uluslararası hukuk kişiliğine sahip ülkelerin havacılık hizmetlerinde sorumlulukları, iki veya çok taraflı anlaşmalar ile kabul ettikleri kurallar ve usuller, hava hukukunun devletler hukuku özelliğini teşkil eden parçasını oluşturmaktadır. Bu sebeple hava hukukunun, devletler hukukuna ilişkin olan kuralları hava kamu hukuku olarak tanımlanmaktadır [34]. Yine hava ülkesi ve hava ulaştırma düzeni gibi uluslararası faaliyetlere konu olan ve bu anlama uluslararası kamu düzenini ilgilendiren konuları içeren alan için hava kamu hukuku tanımı yapılmaktadır [9]. Hava hukukunun kişiler arasındaki ilişkileri düzenleyen kısmı dışında kalan tüm hükümlerinin hava kamu hukukunu oluşturduğu anlaşılmaktadır [8].

Hava kamu hukukunun içeriği, hükümetler ve uluslararası iki veya daha fazla tarafa sahip önemli uluslararası havacılık anlaşmaları, diğer uluslararası anlaşmalar ve hava kamu hukukuna ilişkin sözleşmeler [21] ile oluşan uluslararası kamu hukuku tarafından belirlenmektedir. Bu anlamda iniş hakları, üst geçiş (overflight) izinleri, güvenlik ve kayıt, iletişim, uçaklara karşı işlenen suçlar, havayolu şirketlerinin başka ülke pazarına girişleri gibi birçok konunun hava kamu hukukunun alanına girdiği görülmektedir [21, 28].

### **1.3.2. Hava Özel Hukuku**

Havacılık alanındaki hızlı gelişmeye paralel olarak uluslararası alanda iki taraflı veya çok taraflı anlaşmalar ile sözleşmeler yapılarak havacılık ile ilgili uluslararası hukukun ihtiyaç duyduğu düzenlemelerin yürürlüğe girdiği görülmektedir. Diğer taraftan uluslararası özel hukuk ve kanunlar arasında ortaya çıkan ihtilafların giderilmesi gerektiği açıkça görülmektedir. Havacılığın

uluslararası boyutu nedeni ile farklı ülkeler arasında seyahat eden yolcuların haklarının yanı sıra yapılan taşımalara ilişkin hukuki kuralların, taşımanın yapıldığı ülkelerde farklı olması ya da farklı yorumlanması, bunların yanında ilgili ülkelerin mahkemelerinin kendilerini yetkili sayması, aynı olaya farklı hukuki sonuçların uygulanması gibi sorunların hava aracı üreticilerini, hava yolu şirketlerini olumsuz etkilediği görülmüştür. Tüm bu sebepler nedeniyle, hava özel hukukuna ilişkin hukuki sorunların, mahkeme kararlarının, iç hukuki düzenlemelerin bir bütünlük içerisinde çözüme kavuşabilmesi amacıyla, ulusal iç hukuk düzenlemelerinin yanı sıra uluslararası sözleşmeler ile ilgili ülkelerin çeşitli düzenlemeler yaptıkları görülmektedir [34].

Hava özel hukukunun, hava hukukuna ilişkin özel kişiler arasında meydana gelecek hukuki ilişkileri düzenleyen kısmını içermekte olduğu görülmektedir. Bu anlamda hava özel hukuku, havacılık faaliyetlerinde bulunan kişilerin arasındaki söz konusu alana ilişkin tüm ilişkileri düzenlemektedir [8].

Dolayısıyla, havacılık konusunda hava ülkesi ve uluslararası hava ulaşım rejimi gibi uluslararası düzeni ilgilendiren konular hava kamu hukuku tarafından incelenirken; hava araçlarının mülkiyeti, hava taşımacılığı sözleşmeleri, hava araçlarının sigortası gibi konular bu tür sorunları inceleyen hava özel hukukuna bırakılmaktadır [20].

Bu ayrımlar ile birlikte genelde hava özel hukukunun, hava araçlarına ilişkin olarak hava araçlarının kavramsal tanımı, tasnifi, mahiyeti, tescili, terkin ve ipoteği gibi konuların yanı sıra hava taşıma sözleşmesinin unsurlarını da içeren alan olduğu görülmektedir [34].

## 2. Hava Hukuku'nun Özellikleri

### 2.1.1. Otonomisi

Hukuk, emredildiği ya da kurulduğu gibi kalması beklenen kurallar bütünü olarak tanımlanırken, aynı zamanda bir kural veya metot olarak birbirini takip eden ya da eylemler ile birlikte var olan olgu şeklinde de ifade

edilmektedir. Genel anlamda hukuk, eylemleri düzenleyen kuralların vücut bulmuş hali ya da yasal olarak yaptırım gücüne sahip otorite tarafından kurallarla belirlenmiş yapının idare edilmesi olarak tanımlanmaktadır [21]. Yine bir başka tanımda hukuk, kişinin varlığını korumayı ve kişilerin oluşturduğu topluluğun düzenini sağlamayı amaçlayan ve devlet tarafından yaptırım gücüne sahip kural, emir veya yasaklardan teşekkül etmiş kurallar bütünü olarak [36] ya da müeyyidelere bağlı kurallardan oluşmuş bir düzen şeklinde ifade edilmektedir [37]. Bilinçli bir iradenin ürünü ya da irade dışı olarak ortaya çıktığı varsayılan hukukun kaynağının din, güçlünün iradesi, toplumun genel iradesi veya pozitivist düşünce olduğu ileri sürülmekte ve bunların haricinde hukukun irade dışı olarak kendi kendisine halihazırda var olduğu da belirtilmektedir [38]. Tüm bu tanımlamalar ile adalete yönelmiş toplumun yaşamını düzenleyen kurallardan oluşan hukuk olgusunun varlığı ortaya konulmaktadır [39].

Hukukun tanımına ilişkin tam bir fikir birliği bulunmamakla birlikte hukukun dalları konusunda da herkesçe kabul gören bir tanımlama bulunmamaktadır. Genelde hukukun dallarına ilişkin kamu hukuku ve özel hukuk şeklinde ikili ayırım bulunmaktadır [37]. Fakat bu ayrıma ek olarak üçüncü bir ayırım, karma nitelikli hukuk ayırımıdır. Bu noktada hukuk, Kamu Hukuku (Anayasa Hukuku, İdare Hukuku, Ceza ve Ceza Usul Hukuku, İnfaz Hukuku, Medeni Usul Hukuku, İcra ve İflas Hukuku, Vergi Hukuku ve Uluslararası Kamu Hukuku), Özel Hukuk (Medeni Hukuk, Borçlar Hukuku, Ticaret Hukuku, Uluslararası Özel Hukuk), Karma Nitelikli Hukuk (İş Hukuku, Fikir ve Sanat Eserleri Hukuku, Toprak Hukuku, Çevre Hukuku, Bankacılık Hukuku ve Hava Hukuku) olmak üzere üç ana dala ayrılmaktadır [39].

Temel ayırım olan özel hukuk – kamu hukuku ayırımı Roma Hukuku'na dayanmakta olup; söz konusu ayırımın hukuki ilişkilerde tarafların eşit olan kişilerden veya taraflardan birinin kamu gücüne sahip kurumlardan oluşmasını esas aldığı görülmektedir. Özel hukuk ayırımında kişilerin eşitlik ilkesi esas alınırken; kamu hukuku

ayrımında ise üst - ast ilişkisi bulunmaktadır [36]. Bunların dışında gelişen teknoloji tüm hukuk düzeni içerisinde yeni faaliyet alanları ortaya çıkarmakta ve bu durum da karma nitelikli hukuk olarak üçüncü bir ayrımı ortaya koymaktadır [39].

Hava hukukunun, hukukun dallarından biri olarak kabul edilen karma nitelikli hukuk dalı içerisinde yer aldığı görülmektedir [39]. Fakat ulusal ve uluslararası doktrinde tartışılan husus tam da burada ortaya çıkmaktadır. Tartışmaların odaklandığı nokta hava hukukunun kendisine ait muhtariyetinin (otonomi) bulunup bulunmadığıdır. Bu tartışmaların bir kısmında hava hukukunun otonomisinin ya da bağımsızlığının bulunduğu ve hukuk sistemi içerisinde ayrı bir hukuk dalı olarak kabul edildiği görülmektedir. Fakat ilgili tartışmaların bir kısmı tarafından ise tam tersi kabul edilmekte ve hava hukukunun hukuk sistemi içerisinde ayrı bir yere sahip olmadığı ileri sürülmektedir. Hava hukuku içerisinde bulunan tüm dava konusu olayların, kişilerin veya nesnelerin çeşitliliği ile özel hukuk, iş hukuku, idare hukuku, ceza hukuku, uluslararası kamu hukuku ve uluslararası özel hukuk gibi birçok hukuk dalı arasında ortaya çıktığı görülmektedir. Bu nedenden dolayı, hava hukukunun kaynaklarda hukuk sistemi içerisinde ayrı bir hukuk dalı olarak düşünülmesinin imkansız olduğu belirtilmektedir [40]. Tüm bu sonuçlar dolayısı ile, hava hukukunun niteliğinin, ulusal ve uluslararası hukuk kurallarının kendi içerisinde ve birbirleri ile karşılaştırmalı olarak bir arada bulunacak şekilde bir kaynaktan toplanmasının mümkün olmadığı görülmektedir [17]. Hava hukukunun hukuk sistemi içerisinde kendine özgü (sui generis) bir hukuk dalı olup olmadığının ya da karayolu, demiryolu ve deniz gibi diğer taşıma türlerine benzer bir hukuki zeminde bulunup bulunmadığının sorusu tartışılırken; Diederiks-Verschoor (2006), 1942 yılında İtalya'nın, Il Codice della Navigazione adlı kanun ile deniz ve hava hukukunun her ikisinin de birlikte düzenlendiği ilk ülke olduğunu ifade etmektedir. Hava hukukunun bulunduğu yere ilişkin iki farklı yaklaşımı da savunanların bulunduğunu belirten Diederiks-Verschoor (2006)'un, hava hukukunun muhtariyetine (otonomi) ilişkin olarak biraz daha farklı yaklaştığı anlaşılmaktadır. Kendisi bu iki

karşıt görüşün bir denge içerisinde tutularak bir arada bulunabileceğini varsaymaktadır. Hava hukukunun, havacılığın talepleri ve kendine has karakteri nedeni ile özel bir alanı kapsadığını, ayrıca havacılık adına yapılacak düzenlemelerin genel hukuk kurallarından ayrılma konusunun çok iyi bir şekilde değerlendirilmesi ve tartılması gerektiğini belirtmektedir. Diederiks-Verschoor (2006) ayrıca tüm bu tartışmaların ve hava hukukunun bulunduğu noktaya ilişkin oluşan kutuplaşmanın arasında hava hukukunun kendi kapsadığı alanı ve bu hususta limitlerini bulmak zorunda olacağını belirtmektedir [6].

Hava hukukunun genel hukuk sistemindeki tasniflere sığmadığı ifade edilmekle birlikte, tıpkı deniz hukukundakine benzer şekilde ilgili alanın ve bu alanda kullanılan vasıtanın özelliği gereği özel kuralların oluşturulmasının zorunluluğunun birinci planda tutulduğu görülmektedir. Bu tespiti ek olarak, kamu hukuku ve özel hukuk ayrımının ikinci planda olduğu belirtilmektedir [6]. Fakat Diederiks-Verschoor (2006)'un belirttiği gibi Göknil (1947) de, hava hukukunun havacılık faaliyetlerinin sürdürülebilmesi adına uluslararası hukuk, kamu hukuku, medeni hukuk, ticaret hukuku, ceza hukuku ve vergi hukuku gibi hukuk dalları ile sürekli olarak ilişki içerisinde olmasından dolayı; bu hukuk dallarından ayrı bir yere sahip olduğunun iddia edilmesinin zor olduğunu ve bu hukuk dallarının birbirinden tamamen bağımsız olarak düşünülmesinin kolay olmadığını ve bir bütünlük halinde irdelenmesi gerektiğini belirtmektedir [14].

Hava hukukunun otonomisinden çıkan sonuç, kara ve deniz gibi diğer taşıma sistemlerinin düzenlenmesi için hazırlanmış hukuk kurallarının hava hukukuna doğrudan uygulanmasının doğru olmadığı, bu kuralların hava hukukuna ilişkin olarak hazırlanmış özel hukuki durumlara aykırı olmayacak şekilde ancak istisnai durumlarda uygulanabileceği, hava hukukunun kendine has özel bir durum arz ettiği ve tüm hukuk sisteminin dışında düşünülmesinin de mümkün olmadığıdır [8].

### 2.1.2. Politik Özelliği

Hava hukukunun "politik" bir yapıda olduğu ve diğer hukuk dallarına göre en önemli ayırt edici



özelliğinin de bu politik yapısı olduğu belirtilmektedir. Göknil (1947)'in de belirttiği gibi “*Hava hukukunun baş farikası politikliğıdır.*” Hava hukukuna bu niteliği veren hususun hava aracının ve havanın sahip olduğu özellikten kaynaklandığı ifade edilmektedir [14]. Yine temel hukuki normlar ve felsefi düşünce farklılıkları göz önünde bulundurulduğu zaman hava hukukunun ulusal menfaatleri üstün tutan “realist okulu” temsil ettiği dile getirilmektedir [41-42].

Sosyal yaşamın düzenlenmesi ve kamu düzeninin sağlanması amacı ile ortaya konulan her hukuk kuralının da politik bir özellik içerdiği öne sürülmekte, ayrıca özellikle hava kamu hukukunda politik düşüncelerin hakimiyetini korumakta olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin ise hava sahasının ve hava araçlarının ülkelerin iç ve dış tehlikelerine ilişkin çok büyük bir önem arz etmelerinden kaynaklandığı belirtilmektedir [8]. Aynı zamanda ülkelerin havada hakim konumda olduklarında, sivil havacılığın ve hava yolu şirketlerinin denetlenmesi ile sivil havacılık sektöründeki girişimlerin korunması gibi konularda dünya ekonomisi için bu ülkelerin lider konumda olmalarını sağlayacak bir enstrümana sahip olmaları düşünülmektedir [15].

Havacılık faaliyetlerinin ekonomik bir anlam içerdiği gibi politik bir anlam da içerdiği ve bu açıdan havacılık faaliyetlerinin bir düzen içinde uygulanması için ortaya konan hukuk kurallarının da politik özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Hukuk ve politikanın ayrılmaz bir bütün, aynı zamanda politikanın temel enstrümanının da hukuk olduğu düşünüldüğünde; bu anlamda kanunların meydana getirilme ve uygulanış şekli politik düşüncelerin sonucu olarak ortaya konulmaktadır.

20. yüzyılda sivil havacılığın politik, stratejik, ekonomik, finansal ve sosyal yönleri ülkelerin dış politikalarının bir alanı haline geldiği gibi, uluslararası sivil havacılık politikaları açısından da havacılık faaliyetlerinin yönetilmesinin öncelik teşkil etmeye başladığı ve bu anlamda ülkelerin hava sahalarını politik bir baskı ve ekonomik pazarlık aracı olarak kullanmaya başladıkları görülmektedir [43].

Hava hukukunun uluslararası niteliği nedeni ile deniz hukukundan ayrı bir özelliğe sahip olduğu

göze çarpmaktadır. Deniz araçları sadece kıyıları olan ülkeleri birbirine bağlayan alan içerisinde faaliyet gösterirken; hava araçları bugün yargılama sınırlarını aşmakta, dünyanın herhangi bir köşesine, deniz kıyısı olsun ya da olmasın tüm ülkeler üzerinden sınırları aşarak ulaşmaktadır. Tek bir uçuş bile birbirinden birden fazla ülke üzerinden geçerek birçok yargısal alanın konusunu oluşturmaktadır [7]. Bu durum da ülkelerin güvenliği sağlama adına kara hudutlarında ya da deniz kıyılarında konuşlandırdıkları askeri oluşumların bu ülkeleri havadan gelebilecek herhangi bir tehlikeye karşı korumaya yeterli olmayacağını göstermektedir [14]. Tüm bu nedenler göz önüne alındığında gökyüzünün serbestliği (Open Skies), devletlerin havada hakimiyetin sağlanması, sivil havacılığın ve sivil havacılık alanında faaliyet gösteren havayollarının kontrolü, denetlenmesi ve desteklenmesi, rekabetin makul düzeyde tutulması gibi konular ülkelerin ekonomik, siyasi ve politik açılardan göz ardı edemeyecekleri alanları oluşturmuş ve buradan hareketle hava hukuku kurallarının ortaya konmasında müdahil olmamalarını imkansız kılmıştır [10, 44].

Fırat (2010)'ın politik bir kuruluş olarak belirttiği Birleşmiş Milletler'in ICAO (International Civil Aviation Organization) ile 13.05.1947 tarihinde yaptığı anlaşma sonucu ICAO'yu kendine bağlı hale getirdiğini ifade etmektedir [44]. Bu anlaşma ile Birleşmiş Milletler ICAO'yu uzman bir kuruluş olarak tanımış ve birlikte uluslararası sivil havacılık hizmetinin, ortak iş gücü durumunun ve personel standartlarının geliştirilmesi için işbirliği yapmışlardır. Böylece ICAO, Birleşmiş Milletler ailesinin bir üyesi haline almıştır. Milde (2012), Birleşmiş Milletler'in uzman kuruluşlarının sadece teknik anlamda yetkili organlarının olduklarını ve politik bir faaliyet içerisinde olmadıkları görüşünü kabul etmemekte ve ülkelerin egemenlikleri söz konusu olduğunda, diğer ülkelere karşı kendi ilgi alanlarını politik olarak savunmakta olduklarını belirtmektedir. Bu anlamda ülkelerarası ortak ilişkilerde politik bir yaklaşımın olmadığına addedilmesinin imkansız olduğunu dile getirmektedir [17]. Tüm bu yaklaşımlar ile bütün dünyada sivil havacılık faaliyetlerinin

düzenlenmesi ve denetlenmesinde hukuki normları ortaya koyan ICAO'nun durumu da göz önüne alındığında, hava hukukunun ne denli politik bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

### 2.1.3. Uluslararası Olma Özelliği

Düzenli uçuşların başlamasından günümüze kadar yüz yılı aşkın bir süre geçmiş ve sivil havacılık dünyada çok önemli bir sektör haline almıştır. Özellikle 11 Eylül saldırılarının ardından sivil havacılık uluslararası anlamda daha da karışık bir hal almıştır [45]. Hava taşımacılığı endüstrisi dünyanın muhtemelen en bilinen hizmet sektörü olmakla birlikte küreselleşmenin temel taşı olarak faaliyetlerin sürdürüldüğü alan olarak da karşımıza çıkmaktadır. Bu açıdan havacılık hukukunun yargısal alanının küresel perspektif ile özel olarak belirlenmesinin tesadüfi olamayacağı belirtilmiştir. Günümüzde ülkelerin uluslararası havacılık faaliyetlerinden elde ettikleri gelirlerinin yine aynı ülkelerin iç hatlarında kazandıklarını gölgede bıraktığını ve gelecek on yıl içerisinde iç ve dış hat gelirlerinde oluşan bu farkın daha da artacağı düşünülürse; gelecekte sivil havacılığın uluslararası faaliyetlerinin ne denli artacağını ve karmaşık hale geleceğini tahmin etmek zor değildir. Bu anlamda sivil havacılık faaliyetlerinin uluslararası anlaşmalar, sözleşmeler, kanunlar, yönetmelikler, talimatlar, genelgeler ve bunların yanında sivil havacılığın düzenlenmesine ilişkin benzer yasal düzenlemeler ile karmaşık bir hal almış hukuki yapısı, sektörün içinde bulunduğu durumu ve hava hukukunun uluslararası boyutunu ortaya koymaktadır [28].

Hava hukukunun uluslararası niteliği aslında daha havacılık adına başlayan ilk faaliyetler ile kendini göstermiş, ülkelerin sınırları gözetilmeksizin balon uçuşları gerçekleştirilmiş ve bu durum ilgili ülkelerin ilk yasaları ile ortaya konulmuştur. Örneğin, Rhoades (2014)'in Glines (1968)'den aktardığına göre, 7 Ocak 1785 yılında İngiltere'nin Dover kıyısından, Fransa'nın Calais kıyısına Fransız Jean Pierre Blanchard ve John Jeffries tarafından insanlı ilk balon uçuşu gerçekleştirilmiştir [46]. İlk başlarda tehdit olarak algılanmayan bu gibi durumların savaşlar zamanında ne kadar tehlikeli olabileceği görülünce yasal düzenlemeler ile bu uçuşlar yasaklanmıştır.

Yine havacılığın daha ilk yıllarında bile milli sınırlara sığmadığı ve düzenli posta seferleri için faaliyetlerin sürdürüldüğü ilk rotaların dahi uluslararası rotalar olduğu görülmektedir [16]. Havacılığın doğal yapısından kaynaklanan bu uluslararası özelliğinin, bir anlamda havacılığın faaliyetlerini şekillendiren hava hukukuna da yansıdığı görülmektedir. Çünkü günümüzde havacılık faaliyetlerinin sadece ulusal olmasının imkansız olduğu düşünülürse, hukuki düzenlemelerin de mutlaka uluslararası olması gerektiği anlaşılmaktadır. Ülkeler, ulusal mevzuat düzenlemeleri yaparak ülkelerine has bir sivil havacılık mevzuat sistemi oluşturabilir, ülke içerisinde faaliyet gösteren havayolu şirketlerinin faaliyet alanlarını belirleyebilir. Örneğin, A.B.D. ve İngiltere gibi ülkelerde uluslararası ve deniz aşırı olmayan görerek uçuşlarda (VFR, Visual Flight Rules) izin alınmaksızın uçuş gerçekleştirilebilirken; Türkiye ve Rusya gibi ülkelerde gerçekleştirilecek her uçuş faaliyeti için izin alınması zorunluluk olarak belirlenmiştir [10, 44].

Hava hukukunun uluslararası olma özelliğini, tek bir hava aracının yaptığı operasyon ile birden çok devletin hava sahasından geçmesi ve bununla birlikte hiçbir ülkenin egemenliğinde olmayan uluslararası denizler üzerindeki hava sahalarında uçuş gerçekleştirilmesi ile kazandığı görülmektedir [44, 47]. Bir uçağın çok kısa bir süre içerisinde birçok ülke hatta açık denizler üzerinden geçerek çok farklı hukuk kurallarına konu olması söz konusudur. Bu nedenle hava hukukunun bir düzene kavuşmasının, çok farklı hukuk kurallarının bir tertip içerisinde birleştirilerek yerel olmaktan çıkmasının ve uluslararası olmasının zorunluluğu ortaya çıkmış ve bu anlamda ülkelerin hava hukukunun uluslararası olması için adım attıkları görülmüştür [8].

Bu adımların en önemlisi olan ve hava hukukunun temelini oluşturan metin, 1919 Versay Barış Konferansı'nda savaş sonrası bütün teknik ve hukuki havacılık sorunlarının incelemesi ve bu incelemeler neticesinde, uluslararası hava seyrüseferleri hakkında bir anlaşma metninin hazırlanması için görevlendirilen komisyon tarafından hazırlanmıştır. Hazırlanan metin,

13.10.1919 tarihinde Paris Havacılık Konferansı'nda imzalanacak olan uluslararası hava hukukunun temeli oluşturan metin olup, Paris Konvansiyonu olarak imzalandığı görülmektedir. [34].

Tüm bu adımlar dikkatle atılmış ve gökyüzü hukuk kurallarının sınırları içerisine alınmaya çalışılmıştır. Göknil (1951)'in Giannini'den aktardığı üzere “gök bir muazzam Okyanus'tur ki, sahildarları bütün dünya milletleridir, o halde göklerin kanunu da mutlaka bir olmalıdır”. Bu durumda oluşan ihtiyaç sebebi ile hava hukukunun yerel olmaktan ziyade uluslararası bir renk alması gerekliliği ortaya konulmaktadır [15].

### 3. Sonuç

Dünyada sivil havacılık sektöründe meydana gelen büyük gelişim, uluslararası sivil havacılık sisteminin hukuki anlamda ortak bir zemin olmadan yürütülemeyeceğini açıkça göstermektedir. Çünkü sivil havacılık sektörü, sadece bir devletin faaliyet alanı olmamakla birlikte; tüm devletleri bu anlamda birbirine bağımlı hale getirmekte ve ortaya çıkabilecek olumsuz durumlara karşı uluslararası ortak bir eylem planının gerekliliğini zorunlu kılmaktadır. Ancak hava hukukunun tanımı konusunda tartışmalar halen sürmektedir. Dar anlamıyla hava hukuku, hava araçları marifetiyle yapılan seyrüsefer hizmetlerine ilişkin tüm ilişkiler için kullanılırken; dünya üzerindeki hava sahasında cereyan eden tüm olaylar ve ilişkiler için ise geniş anlamda kullanılmaktadır. Bu noktada gelecekte yaşanacak teknolojik gelişmeler ile birlikte insanların kişisel hava araçları ile neler yapabileceklerinin öngörülemediği ya da ilgili teknolojiler ile hava olaylarına müdahale edilip edilemeyeceğinin ve benzeri durumların bilinemediği ve bu tür girişimlerin de hava seyrüsefer hizmetlerini doğrudan etkileyeceği düşünülmektedir. Bu nedenle, sivil havacılık faaliyetlerini sadece ekonomik tabanlı olarak görmek hava hukuku ifadesini dar bir yapı içerisine hapsedecek olup, ifadenin geniş anlamı ile kullanılmasının daha uygun olacağı açıktır.

Doktrinde birçok yazarın hava kamu hukuku ve hava özel hukuku ayırımına gittikleri görülmektedir. Tam bir fikir birliği bulunmamakla birlikte, özellikle Günel (2010) ve Çağa (1963) gibi yazarlar hava hukukunun diğer hukuk dalları ile ilişkilerinin yoğun olması nedeni ile hava hukukunun böyle bir ayırma tabi tutulamayacağını ileri sürmektedirler. Ancak iniş hakları, üst geçiş (overflight) izinleri, güvenlik ve kayıt, iletişim, uçaklara karşı işlenen suçlar, havayolu şirketlerinin başka ülke pazarına girişleri gibi birçok konunun hava kamu hukukunun alanına; hava araçlarının kavramsal tanımı, tasnifi, mahiyeti, tescili, terkin ve ipoteği gibi konuların yanı sıra hava taşıma sözleşmesinin unsurlarının da hava özel hukuku alanına girdiği anlaşılmaktadır. Tüm bunlarla birlikte hava hukukunun yapısı ve karakteristik özelliği gereği diğer tüm hukuk dalları ile ilişki içerisinde olduğu ve bu nedenle hava kamu ve özel hukukuna ilişkin olarak keskin bir ayırımın ortaya konulmadığı görülmektedir.

Hava hukukunun otonomisi, politikliği ve uluslararası olma özelliği ise kendisine has durumların anlaşılması bakımından önem arz etmektedir. Hava hukukunun otonomisinden ortaya çıkan sonuç, kara ve deniz gibi diğer taşıma sistemlerinin düzenlenmesi için hazırlanmış hukuk kurallarının hava hukukuna doğrudan uygulanmasının doğru olmadığıdır. Bu kuralların hava hukukuna ilişkin olarak hazırlanmış özel hukuki durumlara aykırı olmayacak şekilde ancak istisnai durumlarda uygulanabileceği belirtilmektedir. Ayrıca bu tespitlerden hareketle hava hukukunun kendine has özel bir duruma sahip olduğu ancak tüm hukuk sisteminin dışında düşünülmesinin de mümkün olmayacağı anlaşılmaktadır. Göknil (1947)'in “*Hava hukukunun baş farikası politikliğidir*” söyleminden de anlaşıldığı üzere hava hukukunun en önemli ayırt edici özelliğinin politik yapısı olduğu; hava hukukuna bu özelliğini veren hususun hava aracının ve havanın sahip olduğu nitelikten kaynaklandığı ifade edilmektedir. 20. yüzyılda sivil havacılığın politik, stratejik, ekonomik, finansal ve sosyal yönleri, ülkelerin hava sahaslarını politik bir baskı ve ekonomik pazarlık aracı olarak kullanmalarının önünü açtığı görülmektedir. Bunun sonucunda ulusal ve uluslararası havacılık

faaliyetlerinin yönetilmesi ve bu faaliyetlere ilişkin hukuk kurallarının ortaya konması ülkelerin önceliği haline gelmiştir. Diğer yandan ülkelerin sınırları gözetilmeksizin gerçekleştirilen ilk balon uçuşları, ilgili ülkelerin ilk yasaları ortaya koyması ile birlikte hava hukukunun uluslararası olma özelliğinin de temelini oluşturmuştur. İlk posta uçuşları ve daha sonra da tarifeli - tarifersiz uçuşlar gibi faaliyetlerin uluslararası rotaları oluşturması, havacılığın doğal yapısından kaynaklanan uluslararası faaliyetler olarak ortaya çıkmıştır. Havacılık faaliyetlerinin uluslararası olma özelliğinin, bir anlamda havacılığın faaliyetlerini şekillendiren hava hukukuna da yansdığı görülmektedir. Tek bir hava aracının yaptığı operasyon ile birden çok devletin hava sahasından geçmesi, hiçbir ülkelerin egemenliğinde olmayan uluslararası denizler üzerindeki hava sahalarında uçuş gerçekleştirmesi, hava hukukunun karmaşık bir hukuk sistemine dahil olmasını beraberinde getirmekle birlikte; söz konusu hukuk dalına uluslararası olma özelliğini kazandıran faaliyetler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Son olarak hava hukukunun dar ve geniş anlamda tanımı, uluslararası hukukun bir parçası olması, hava kamu hukuku ve özel hukuku ayrımı, otonomisi, politik ve uluslararası olma özellikleri üzerinde doktrinde fikir birliğine varılmadığı görülmektedir. Ayrıca hava hukukunun diğer tüm hukuk dalları ile ilişki içerisinde olması nedeniyle de karmaşık yapıda olan karaktere sahip, karma nitelikli hukuk dalları içerisinde yer alan bir hukuk dalı olarak karşımıza çıktığı anlaşılmaktadır.

### Kaynaklar

- [1] Dempsey, P. S. (2008). Public International Air Law. Montreal: McGill University.
- [2] Anderson, D., Graham, I. ve Williams, B. (2011). "Flight and Motion, The History and Science of Flying". Dr. Richard P. Hallion. (Haz./Ed.). New York: Myron E. Sharpe Inc.
- [3] Wittmer, A. ve Bieger, T. (2011). "Fundamentals and Structure of Aviation Systems". Andreas Wittmer, Thomas Bieger, Roland Müller (Haz./Ed.). Aviation Systems, Management of Integrated

Aviation Value Chain (s. 5-38). Berlin: Springer-Verlag.

- [4] Kılınç, S. U. (2011). Avrupa Birliği-Eurocontrol Sivil Havacılık Düzenlemeleri ve Türkiye. İstanbul: On İki Levha Yayıncılık A.Ş.
- [5] Hazeltine, H. D. (1911). The Law of The Air. London: University of London Press, LTD.
- [6] Diederiks-Verschoor, I. H. Pb. (2006). An Introduction to Air Law. Netherlands: Kluwer Law International B.V.
- [7] Banner, S. (2008). Who Owns The Sky? The Struggle to Control Airspace From The Wright Brothers On. London: Harvard University Press.
- [8] Çağa, T. (1963). Hava Hukuku. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 996. Hukuk Fakültesi Yayın No: 206. İstanbul: Doğan Kardeş Matbaacılık A.Ş.
- [9] Günel, R. V. (2010). "Açık Semalar" Antlaşmaları Sürecinde Uluslararası Havacılık Hukuku (eleştirel yaklaşım). İstanbul: Beta Basım A.Ş.
- [10] Öztürk, Y. (2010). Hava Hukuku 1. Samsun.
- [11] Ulusoy, Ü. H. (2013). "Uluslararası Hukuk Açısından Ege Hava Sahasında Türkiye ve Yunanistan Arasındaki Sorunlar". Türkiye Barolar Birliği Dergisi, Sayı: 109: 303-334.
- [12] Cheng, B. (1989). "Air Law". Rudolf, D., Robert, E. H., Steven, L. ve Peter, M-S. (Ed.). Encyclopedia of Public International Law. Volume 11. (s. 5-12). Amsterdam: Elsevier Science Publishing Company Inc.
- [13] Ünal, M. S. (2009). Sivil Havacılık ve Uluslararası Hukuk. Galatasaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [14] Göknil, M. N. (1947). Hava Hukuku Notları. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 339. Hukuk Fakültesi Yayın No: 74. İstanbul: İbrahim Horoz Basımevi.

- [15] Göknül, M. N. (1951). Hava Hukuku. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 484. Hukuk Fakültesi Yayın No: 107. İstanbul: Fakülteler Matbaası.
- [16] Belbez, H. (1943). "Hava Hukuku Konusu ve Mahiyeti". Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt: 01, Sayı: 4: 743-746.
- [17] Milde, M. (2012). International Air Law and ICAO. Netherlands: Eleven International Publishing.
- [18] Şahiner, O. (2006). Hava ve Uzay Hukukunun Gelişimi Açısından Türkiye'nin Yeri. Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.
- [19] Şerif, R. (1934). Hava Hukuku. İstanbul: Akşam Matbaası.
- [20] Pazarıcı, H. (1989). Uluslararası Hukuk Dersleri. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi ve Basın-Yayın Yüksekokulu Basımevi.
- [21] Speciale, C. R. (2006). Fundamentals of Aviation Law [Elektronik Sürüm]. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- [22] Bilge, S. A. (1951). "Şikago Havacılık Anlaşmaları ve Milletlerarası Sivil Havacılık Teşkilatı (O.I.A.C.)". Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi. Cilt: 6, Sayı: 1: 196-214. <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/42/358/3750.pdf> Erişim tarihi Ekim 2, 2017.
- [23] Cooper, C. J. (1952). "International Air Law, Roman Law and The Maxim Cujus Est Solum In International Air Law". McGill Law Journal. Vol: 1: 23-65. <http://www.lawjournal.mcgill.ca/userfiles/other/39679-1.1.Cooper.pdf> Erişim tarihi Ekim 2, 2017.
- [24] Köksal, T. (2011). Uluslararası Sivil Havacılık Hukuku (International Civil Aviation Law). Ankara: Adalet Yayınevi.
- [25] Milde, M., Abeyratne, R., Bunker, D., Faller, E., Thaker, S. J., Haanappel, P. C. P., Jakhu, R., Janda, R. Margo, D. R., Matte, M. N., Schubert, F., Dam, V. R. ve Vlastic, A. I. (2005). "Annals of Air and Space Law". P. S. Dempsey (Ed.). Vol. XXX., Part I. Montreal: The Carswell Company Ltd.
- [26] Pearson, W. M. ve Riley, S. D. (2015). Foundation of Aviation Law. İngiltere: Ashgate Publishing Limited.
- [27] Bartsch, R. I. C. (2012). International Aviation Law A Practical Guide. [Elektronik Sürüm]. İngiltere: Ashgate Publishing Limited.
- [28] Havel, B. F. ve Sanchez, G. S. (2014). The Principles and Practice of International Aviation Law. New York: Cambridge University Press.
- [29] Güriz, A. (1999). Hukuk Başlangıcı. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- [30] Gözübüyük, A. Ş. (2007). Hukuka Giriş ve Hukukun Temel Kavramları. Ankara: Turhan Kitabevi.
- [31] Görgün, Ş. (1996). Hukukun Temel Kavramları. Ankara: Yetkin Basım Yayım ve Dağıtım A. Ş.
- [32] Sancakdar, O. (2006). "Özelleştirmenin Kamu Hukuku-Özel Hukuk Ayırımına Etkileri ve Bu Bağlamda Güncel Özelleştirme Tartışmalarındaki Başlıca Görüşler". Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt: 8, Sayı: 1: 241-270.
- [33] Siyahhan, M. (2009). "Turizm ve Otel İşletmeciliği Öğrencileri İçin Hukuka Giriş, İşletme Hukuku ve Turizm Hukuku Dersleri" Ders Notları. [https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiSy\\_iFs8XLAhVlfHIKHUrOC9EQFgg aMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.satm.bi lkent.edu.tr%2F~siyahhan%2Flecture%2520notes%2520february%25202009.doc&usg=AFQjCNHcOua3tnJDo42Tmm84FXdH MG\\_HgA&sig2=nBPlqIDXqYYVeCXMi3hkt](https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiSy_iFs8XLAhVlfHIKHUrOC9EQFgg aMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.satm.bi lkent.edu.tr%2F~siyahhan%2Flecture%2520notes%2520february%25202009.doc&usg=AFQjCNHcOua3tnJDo42Tmm84FXdH MG_HgA&sig2=nBPlqIDXqYYVeCXMi3hkt)

- A&bvm=bv.116954456,d.bGQ&cad=rja  
Erişim tarihi Ekim 2, 2017.
- [34] Sorgucu, A. (2012). Hava ve Uzay Hukuku (Air and Space Law). Ankara: Adalet Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
- [35] Şimşek, G. E. (2012). "Uluslararası Hukukta Kişilik". Tütüncü, A. N. ve Uzun, E. (Ed.). Uluslararası Hukuk I. (s. 66-87). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset.
- [36] Adal, E. (1985). Hukukun Temel İlkeleri. Marmara Üniversitesi Yayın No: 428. Marmara Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayın No: 372. İstanbul: Fatih Yayınevi Matbaası.
- [37] Gözler, K. (2008). Meslek Yüksekokulları İçin Genel Hukuk Bilgisi. Bursa: Ekin Basım Yayın ve Dağıtım.
- [38] Ünsal, A. (2010). "Hukukun Temeli İle İlgili Yaklaşımlar". Hitit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, Cilt: 9, Sayı: 18: 5-23.
- [39] Önen, M. (2005). Hukuka Giriş. İstanbul: Arıkan Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.
- [40] Fong, T. U. "Air Law". The People's University. Beijing. [http://www.dsaj.gov.mo/iis/EventForm/ContentFileGen.aspx?Rec\\_Id=4947](http://www.dsaj.gov.mo/iis/EventForm/ContentFileGen.aspx?Rec_Id=4947) Erişim tarihi Ekim 2, 2017.
- [41] Bal, A. (2014). "Hava-Uzay Araçlarının (Aerospacecraft) Hukuki Rejimi". Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt: 16, Özel Sayı: 1465-1528.
- [42] Abeyratne, R. I. R. (2002). Frontiers of Aerospace Law. London: Ashgate Publishing.
- [43] Wassenbergh, H. A. (1962). Post-War International Civil Aviation Policy and The Law of The Air. [Elektronik Sürüm]. Netherlands: The Hague Martinus Nijhoff.
- [44] Fırat, N. C. (2010). Havayolu Kazalarından Doğan Kanunlar İhtilafı. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [45] Güneysu, G. (2011). "Uluslararası Sivil Havacılığa İlişkin Hukukta Aykırı Eylemlerin Bastırılması Hakkındaki 2010 Pekin Sözleşmesi". Bahçeşehir Üniversitesi Hukuk Fakültesi Kazancı Hakemli Hukuk Dergisi, Sayı: 83-84: 7-20.
- [46] Rhoades, L. D. (2014). Evolution of International Aviation (Third Edition). İngiltere: Ashgate Publishing Limited.
- [47] Demirkıran, M. H. (2007). "Varşova/Lahey Konvansiyonu Uyarınca Uluslararası Yolcu Taşımalarından Hava Taşıyıcısının Sorumluluğu ve Manevi Tazminat Meselesi". Prof. Dr. Hüseyin Ülgen'e Armağan, (ss. 1-17), İstanbul. [http://www.demirkıran.av.tr/wp-content/uploads/2013/02/UluslararasıC4%B1\\_Yolcu\\_Tasimalarında\\_Hava\\_Tasiyicisinin\\_Sorumlulugu.pdf](http://www.demirkıran.av.tr/wp-content/uploads/2013/02/UluslararasıC4%B1_Yolcu_Tasimalarında_Hava_Tasiyicisinin_Sorumlulugu.pdf) Erişim tarihi Ekim 2, 2016.



## Türk Sivil Havacılık Sektörünün Değerlendirilmesinde Bütünleşik SWOT-AHS Yaklaşımı

*Mahmut BAKIR<sup>1\*</sup>, Hilal Tuğçe BAL<sup>1</sup>, Şahap AKAN<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi, Anadolu Üniversitesi

### Özet

Sivil havacılık sektörü, Türkiye’de en hızlı gelişim gösteren sektörler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, Türk sivil havacılık sektörünün güçlü ve zayıf yönleri ile fırsatlar ve tehditler, sayısal temelde kurgulanmış SWOT analizi ile sistematik olarak irdelenmiştir. Bu amaçla alanyazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak, Türk sivil havacılık sektörünün mevcut durumu faktörlerin önem derecelerinin de belirlenmesine izin veren SWOT-AHS bütünleşik yöntemi ile ele alınmaya çalışılmıştır. Çalışmada öncelikle alanyazından hareketle SWOT matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra SWOT matrisinde yer alan faktörler AHS hiyerarşisine entegre edilmiş, Türk sivil havacılık sektörünün mevcut durum değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın bulguları, sektör açısından en önemli faktörün turizm potansiyeli olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Türk Sivil Havacılık Sektörü, SWOT, AHS, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

## Integrated SWOT-AHP Approach in the Assessment of Turkish Civil Aviation Sector

### Abstract

The civil aviation sector is one of the fastest growing sectors in Turkey. In this study, the strengths and weaknesses, opportunities and threats of the Turkish civil aviation sector were examined systematically by SWOT analysis, which was constructed on a numerical basis. For this purpose, unlike other studies in the literature, the current situation of the Turkish civil aviation sector has been tried to be addressed by the SWOT-AHS integrated method, which allows the importance levels of factors to be determined. In the study, firstly SWOT matrix was created with reference to the literature. The factors in the SWOT matrix were then integrated into the AHP hierarchy and the current situation of the Turkish civil aviation sector was assessed. The findings of the study indicated that the most important factor in terms of the sector is tourism potential.

**Keywords:** Turkish Civil Aviation Sector, SWOT, AHP, Multi-criteria Decision Making Methods

\* Sorumlu Yazar: mahmutbakir@anadolu.edu.tr



## 1. Giriş

Türkiye, sekiz farklı ülke ile sınırını paylaşan ve üç kıtada (Avrupa, Afrika ve Asya) stratejik olarak konumlanmış bir ülkedir. Kıta Avrupa'sında Rusya'dan sonraki en büyük yüzölçümüne sahip ülke olması dolayısıyla Türkiye'deki iç ve dış yolcu talebinin havayolu ile sağlanmasının değişen hayat şartları ile birlikte artık ihtiyaca dönüştüğü bir döneme girilmiştir. Bundan dolayı, son zamanlarda hızlı nüfus artışının ve kentleşmenin yaşandığı, yüksek turizm potansiyeline sahip olan ve bölgesel bir ticaret merkezi olmaya başlayan Türkiye'deki sivil havacılık sektörünün sürdürülebilir bir gelişim göstermesi oldukça önemli hale gelmiştir [1].

Türkiye'deki havacılık faaliyetlerinin geçmişi I. Dünya Savaşı'na dayanmasına karşın, faaliyetlerin geliştirilmesine yönelik ilk girişimler ancak cumhuriyetin ilan edilmesinin ardından başlamış ve bu kapsamda havacılığa ilişkin çeşitli yasal düzenlemeler yapılarak havacılık altyapı sistemlerinin geliştirilmesi yönünde çaba sarf edilmiştir [2]. 1933 yılına geldiği zaman Türkiye ve Ortadoğu'nun ilk sivil havayolu işletmesi olan Hava Yolları Devlet İşletme İdaresi kurulmuş ve posta taşımacılığı faaliyetlerinde bulunmuştur. Değişen şartlar ile birlikte 1955 yılına geldiğinde kurum, faaliyetlerini daha etkin sürdürebilmek adına farklı bölümlere ayrılmış ve farklı kurumsal yapılar oluşturulmuştur. Bu dönemde Türk Havayolları (THY) ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI) gibi Türk sivil havacılık endüstrisi için önemli kuruluşlar kurumsallaştırılmıştır [3].

Gerede [4], 1980'li yılların ortalarına kadar geçen süreçte Türk havayolu taşımacılığının yükselen bir gelişim eğilimi göstermediğini ifade etmektedir. Bu dönemde birkaç istisna dışında havayolu taşımacılığı faaliyetleri THY tekelinde yürütülmüş ve devlet tarafından sivil havacılık faaliyetleri ile ilgili kısıtlayıcı politikalar güdülmüştür. 1983 yılına geldiği zaman Türkiye'deki ekonomik politikalarda yaşanan köklü değişiklikler Türk sivil havacılık sektörünü de etkilemiş ve 2920 sayılı Sivil Havacılık Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle Türk sivil

havacılık sektöründe serbestleşme süreci başlamıştır. Bu kanun, özel sektöre ticari amaçla hem ulusal hem de uluslararası alanda havayolu taşımacılığı ve havaalanı işletmeciliği hakkı vermiştir [5]. Bu kanunla birlikte başlayan süreçte özel işletmelerin mevcut sektördeki payı giderek artmış ve geçmiş yıllara kıyasla kapasite ve yolcu talebinde önemli artışlar görülmüştür [6]. Öte yandan 2003 yılında özel havayolu işletmelerinin de iç hatlarda faaliyet gösterebilmeleri yönünde yapılan düzenlemeler, Türk sivil havacılığı tarihi açısından bir dönüm noktası olmuştur. Bu tarihten itibaren hava taşımacılığı sektörü daha rekabetçi bir pazar yapısına kavuşmuş, fiyatlar düşmüş ve sunulan hizmetlerin kalitesi artmıştır [7]. Günümüze geldiğinde ise 2016 yılında Türk sivil havacılık sektörünün büyüklüğü 156 hava taşıma işletmesi, 125 bakım ve eğitim işletmesi, 55 havalimanı, 47 yer işletmesi ve 1417 hava aracına ulaşmış ve bu dönemde 173.624.000 yolcuya hizmet verilirken, 2.942.784 milyon ton kargo taşınmıştır [8].

Sivil havacılık endüstrisi; ileri teknolojinin kullanıldığı, yoğun rekabetin yaşandığı, özellik olarak küresel, ekonomik açıdan ise önemli bir karakteristik yapıya sahiptir ve günümüz ulaştırma türleri arasında en fazla ilgiyi gören sektörlerden biridir [9]. Türkiye'nin son yıllarda dışa açılma politikası izlemesi sonucunda artan ticaret ve turizm potansiyelini yönetebilmesi için sivil havacılık sektörüne kilit bir misyon yüklenmiş ve bu endüstri yürütülen politikalarda stratejik bir unsur olarak görülmüştür [10]. Buna paralel olarak, ülkemizdeki havacılık politikalarının belirlenmesi sürecinde içsel (güçlü ve zayıf yönler) ve dışsal (fırsatlar, tehditler) faktörlerin neler olduğunun ortaya çıkarılması bir gereklilik olarak görülmektedir. Türk sivil havacılık sektörünün içsel ve dışsal faktörlerinin belirlenmesi ve analize tabi tutulmasının ülkemizin hedeflerine uygun stratejiler belirlenmesine ve ülkemizdeki havacılık endüstrisini değerlendirme fırsatı vererek, mevcut hatalı ve yanlış uygulamaların düzeltilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir [11].

Bu bakımdan bu çalışmada da, Türk sivil havacılık sektörünü etkileyen içsel ve dışsal faktörlerin belirlenmesi amacıyla SWOT analizi

kullanılmış, elde edilen faktörler AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi ile sayısallaştırılarak sektör açısından en önemli faktörlerin neler olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu yaklaşımla önceki çalışmalardan farklı olarak, sivil havacılık sektörünü etkileyen faktörlerin ve faktörlerin etki derecelerinin belirlenmesi çalışmanın özgün yönünü oluşturmaktadır.

## 2. Literatür İncelemesi

Bir sektörü, kuruluşu vb. etkileyen içsel ve dışsal faktörlerin belirlenmesi aynı zamanda organizasyonlara ilişkin mevcut durumun ortaya konması anlamına da gelmektedir. Bundan dolayı SWOT analizine “mevcut durum analizi” de denmektedir. Öte yandan, organizasyonların gelecekteki durumlarına ilişkin tahmin ve tespitte bulunması bakımından “gelecek durum” analizi

olarak da adlandırılmaktadır. Bu kapsamda SWOT analizi hem mevcut durum hem de gelecekteki durum hakkında çeşitli bilgiler sağlaması yönüyle organizasyonlara ilişkin kapsamlı planlar oluşturma süreci olarak açıklanabilir [12].

SWOT analizi geleneksel olarak işletmeler düzeyinde kullanılan bir analiz yöntemi olmasına karşın çeşitli kurumlarda ve daha yüksek düzeydeki ulusal ve uluslararası kuruluşlarda da kullanılan bir analiz yöntemidir [13]. Havacılık endüstrisinde de sıklıkla kullanılan bu yöntemin havacılık sektöründe birçok farklı alanda uygulandığı görülmektedir. Havayolu işletmelerinden havaalanlarına, bölgesel uçak türünden lojistik stratejilerinin belirlenmesine kadar pek çok alanda SWOT analizinin uygulandığı Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Sivil Havacılık Sektöründe Yapılmış Çeşitli SWOT Analizi Çalışmaları

Araştırma Konusu	Yazarlar
Türk Havayolu Endüstrisi	(Şevkli, ve diğerleri, 2012)
Türk Hava Yolları	(Sezgin & Yüncü, 2016)
Bayrak Taşıyıcı Havayolları	(Fett, 2009)
Havaalanı Ekonomi Gelişimi	(Tan & Luo, 2011)
Bölgesel Uçak Tipi	(Xu, 2015)
Bölgesel Havaalanı	(Rankin, 2008)
Havaalanı şehir gelişimi	(Wang & Hong, 2011)
Havaalanı Lojistik Stratejisinin Geliştirilmesi	(Yang, 2010)
Malezya Havayolu sistemi	(Jewczyn, 2010)
Havaalanı Yer Seçimi	(Issa & Elham, 2010)
Tayvan Hava Kargo Endüstrisi	(Chen & Chou, 2006)
Air China	(Ahmed, Zairi, & Almarr, 2006)

SWOT analizi, havacılık endüstrisinin de içinde bulunduğu birçok endüstride kullanılmasına rağmen bir takım kısıtlılıklara sahiptir. Özellikle SWOT faktörlerinin öneminin niceliksel olarak ölçümlenememesi stratejik planlamalara ilişkin değerlendirmeleri güçleştirmektedir. Ancak, SWOT yöntemi AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi gibi çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile birlikte kullanıldığı zaman her SWOT faktörünün önemi için niceliksel bir ölçüm imkânı sağlamaktadır. AHS stratejik planlama ve

karar verme süreçlerinde faktörler arasında karşılaştırma yapma yoluyla her bir faktöre göreceli öncelik verilmesine olanak tanımaktadır [25]. SWOT analizinin etkinliğinin artırılması için AHS yöntemi ile birlikte kullanılması objektif ağırlıklandırma sağlayan yeni bir hibrit yöntem sağlamaktadır [26].

Alanyazın incelendiğinde, bu kapsamda ilk çalışma Kurttila ve diğerleri [27] tarafından yapılmakla birlikte SWOT ve AHS yöntemlerinin bütünleşik olarak bir arada kullanıldığı birçok

çalışma mevcuttur. Yöntemlerin turizmden denizciliğe, sağlıktan pazarlamaya kadar birçok sektörde stratejilerin belirlenmesi ve

değerlendirilmesi amacıyla kullanıldığı görülürken, bu kapsamda bazı çalışmaların yer aldığı tablo, Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** SWOT+AHS Bütünlük Yaklaşımının Kullanıldığı Bazı Çalışmalar

Alan	Araştırma Konusu	Yazarlar
<b>Turizm</b>	En Uygun Stratejinin Belirlenmesi	(Doğan & Sözbilen, 2014)
<b>Turizm</b>	Medikal Turizm Sektörünün Değerlendirilmesi	(Görener, 2016)
<b>Finans</b>	Yapılan Düzenlemelerin Bankacılık Sektörüne Etkisi	(Afşar & Topal, 2013)
<b>Pazarlama</b>	Spor Pazarlamasında Dış Kaynak Kullanımı	(Lee & Walsh, 2011)
<b>Yönetim</b>	İmalatçı Firmanın Stratejik Faktörlerin Belirlenmesi	(Görener, Toker, & Uluçay, 2012)
<b>Sağlık</b>	En Uygun Stratejinin Belirlenmesi	(Osuna & Aranda, 2007)
<b>Tüketici Elektronik Endüstrisi</b>	Tüketici Elektroniği Endüstrisinin Değerlendirilmesi	(Şeker & Özgürler, 2012)
<b>Denizcilik</b>	Kıyı Emniyetinin Değerlendirilmesi	(Özcan Arslan, 2009)
<b>Coğrafi Bilgi Sistemleri</b>	Gelişmekte Olan Ülkelerdeki Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Değerlendirilmesi	(Taleai, Mansourian, & Sharifi, 2009)
<b>Madencilik</b>	İran’daki Mermer Ocaklarına İlişkin Değerlendirme	(Tahernejad, Khalokakaie, & Ataei, 2013)
<b>Ziraat</b>	Tarımsal Mekanizasyonda Stratejilerinin Değerlendirilmesi	(Wang, Bai, & Zang, 2010)
<b>Ulaştırma</b>	Karayolu Trafığı Güvenlik Stratejisini Geliştirilmesi	(Weidong, Binxia, Zhiqiang, & Xinyou, 2009)
<b>Yönetim</b>	Yeşil Üretim Stratejisinin Geliştirilmesi	(Li, Liu, Wang, & Li, 2010)
<b>Kadastro</b>	2034 Kadastro Vizyonuna İlişkin Stratejilerin Belirlenmesi	(Polat, Alkan, & Sürmeneli, 2017)

### 3. Yöntem

Bu çalışmada öncelikli olarak Türk sivil havacılık sektörünü etkileyen içsel ve dışsal faktörlerin belirlenerek AHS yöntemiyle önem derecelerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bununla birlikte;

- Havacılık sektörünün güncel koşullar dâhilinde SWOT analizinin yapılması,
- AHS yöntemiyle en önemli faktörlerin öne çıkarılması,
- Kullanılan yöntemlerin havacılık sektörüne etki eden faktörlerin belirlenmesi bakımından ilk defa kullanılması sebebiyle literatüre katkı sağlanması gibi alt amaçlar benimsenmiştir.

Dolayısıyla, bu kısımda çalışmada uygulanacak olan SWOT yöntemi ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci hakkında bilgi verilecektir.

#### 3.1. SWOT Analizi

İçsel ve dışsal faktörlerin belirlenmesi ve belirli kategorik özellikler göre sınıflandırılmasında kullanılan SWOT analizi, stratejik planlamanın yapılmasında kullanılan en önemli analiz yöntemlerinden biri olarak görülmektedir [12]. SWOT analizi Albert S. Humphrey tarafından yürütülen çalışmalar sonucunda geliştirilmiş olup stratejik planlamanın en önemli aşamasını oluşturmaktadır [28].

Türkçe şekliyle GZFT olarak da bilinen SWOT; Strengths (Güçlü yönler), Weaknesses (Zayıf yönler), Opportunities (Fırsatlar), Threats

(Tehditler) kelimelerinin baş harflerinden üretilmiş bir kısaltmadır [18, 19]. SWOT analizi, işletmeler, sektörler, ülkeler hatta bireyler bazında kullanılabilen mevcut durumu ortaya koyan bir analiz türüdür [20].

SWOT analizi, işletmenin dış çevresindeki unsurların incelenmesi sonucunda işletme için fırsatlar ve tehditler, işletmenin iç çevre analizi sonucunda ise işletmenin üstünlükleri ve zayıflıkları belirlenmesini sağlamaktadır [21]. Stratejik yönetimin temeli olan SWOT matrisi her ifadeyi içeren mutlak bir listeden ziyade, çevresel fırsat ve tehditleri karşılayabilecek, rekabeti olumlu olarak etkileyebilecek belirli sayıdaki önemli güçlü yönleri ve zayıf yönleri kapsamaktadır [22]. Fırsatlar, dış çevrenin analizi sonucunda işletme için olumlu sonuçlar yaratabilecek unsurlardır. Tehditler, fırsatların aksine ve işletmenin varlığını sürdürmesine engel olabilecek veya rekabet üstünlüğü kaybetmesine neden olabilecek uzak veya yakın çevredeki değişimler sonucu ortaya çıkan, işletme için arzu edilmeyen oluşumlardır. Güçlü yönler, işletmenin dış çevresinin analizi sonucunda ortaya çıkartılan, rakiplerine karşı üstünlük sağlayabildiği varlık ve yeteneklerini kapsamaktadır. Zayıf yönler, işletmenin mevcut varlık ve yetenek kapasitelerinin rakiplerine oranla güçsüz ve düşük olduğu durumları belirtmektedir [22].

### 3.2. Analitik Hiyerarşi Süreci

1970'li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci, karmaşık karar verme problemlerinde kriterler ve alternatiflerin ikili karşılaştırılmasına dayanan ve bu sayede en iyi çözümün elde edilmesinde sıklıkla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir [23, 24]. AHS yönteminin temel amacı, mevcut karar verme problemlerinde yer alan kriterler, alt kriterler ve alternatifleri bir arada ele alarak çözüme katkı sağlamaktır [25].

AHS yönteminin temel özellikleri karar vericinin objektif veya sübjektif değerlendirme yapabilmesine olanak tanınması ve hiyerarşik yapı aracılığıyla karar verme probleminin detaylı bir şekilde ele alınabilmesidir [26, 27]. Yöntemde hiyerarşik yapı kurulmasına karşın yapı içerisinde

aynı seviyedeki unsurların birbirlerinden bağımsız oldukları varsayılır.

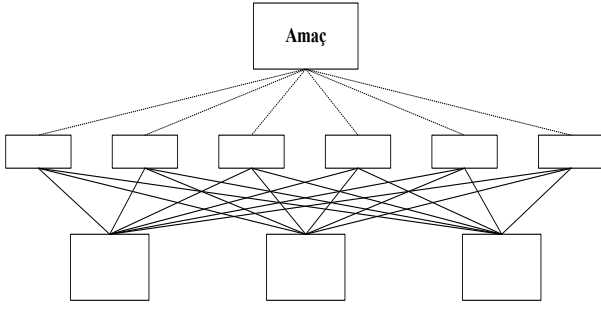
AHS yöntemi bir veya daha fazla karar vericinin içerisinde yer aldığı, belirlilik ve belirsizlik içeren ortamlarda bireysel ve grup kararları verilebilmesine olanak tanımakla birlikte nitel ve nicel faktörlerin kullanımına izin vermektedir [25]. Yöntemin gücü, farklı yaklaşımlarla ele alınması mümkün olmayan veya oldukça zor olan fakat kararları da etkileyen unsurları ele alabilmesinde yatmaktadır [28].

AHS yöntemi ile karar verme problemlerinin çözümünde izlenecek adımlar şu şekilde sıralanabilir [23, 29, 30]:

#### **Adım 1: Karar Probleminin Formülize Edilmesi ve Hiyerarşik Yapının Kurulması**

AHS yönteminin ilk adımı ayrıştırma süreci olarak bilinmekle birlikte bu süreç, problemin kurulan karar hiyerarşisi içerisinde alt problemlere ayrılmasını ifade eder. Bu noktada karar sürecini etkilediği düşünülen her bir öge uzman görüşü veya literatür yardımıyla tespit edilir. Elde edilen bu ögeler nitel ve nicel özellikler taşıyabilirler. Daha sonra elde edilen bilgiler ışığında amaç, kriterler ve alternatifler belirlenerek problemi açıklayan hiyerarşik yapı oluşturulur. Kurulan hiyerarşik yapının en üstünde amaç yer alırken, bir alt seviyede karar üzerinde etkisi olduğu düşünülen kriterler, bir alt seviyede alt kriterler ve yapının en alt seviyesinden ise karar alternatifleri yer alır. Yapıda yer alan seviye ve öge sayısı problemin karmaşıklığı ile doğru orantılıdır [26].

Karar verme probleminin ele alınmasında kullanılan en basit hiyerarşik yapı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Saaty & Vargas, 2012, s.3

**Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Elde Edilmesi**

Yöntemin ikinci adımında kriterler, varsa alt kriterler ve alternatifler ikili olarak karşılaştırılır ve böylelikle öğelerin karşılaştırıldıkları diğer öğeye göre görece önem dereceleri bulunur. Karşılaştırma sonucunda köşegen üzerinde yer alan değerlerin 1'e eşit olduğu bir kare matris elde edilir. Uzman kişiler yardımıyla yapılan karşılaştırma işlemi sonucu elde edilen ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3'de görülmektedir.

**Tablo 3.** Kriterlere İlişkin İkili Karşılaştırma Matrisi (1)

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>n</sub>
A <sub>1</sub>	w <sub>1</sub> /w <sub>1</sub>	w <sub>1</sub> /w <sub>2</sub>	...	w <sub>1</sub> /w <sub>n</sub>
A <sub>2</sub>	w <sub>2</sub> /w <sub>1</sub>	w <sub>2</sub> /w <sub>2</sub>	...	w <sub>2</sub> /w <sub>n</sub>
...	...	...	...	...
A <sub>n</sub>	w <sub>n</sub> /w <sub>1</sub>	w <sub>n</sub> /w <sub>2</sub>	...	w <sub>n</sub> /w <sub>n</sub>

**Kaynak.** Sarıçalı ve Kundakçı, 2016, s.48

Tablo 3'de yer alan terimler, karşılaştırma ölçeği yardımıyla kriterlerin ikili karşılaştırmaları sonucu oluşur. Saaty tarafından önerilen ikili karşılaştırma ölçeği Tablo 4'de görülmektedir [30].

**Tablo 4.** İkili Karşılaştırma Ölçeği

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit önemli
3	Bir kriter diğeri üzerinde orta derece önemli
5	Bir kriter diğerdinden fazla önemli
7	Bir kriter diğerdinden çok fazla önemli
9	Bir kriter diğerdinden tamamıyla önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

**Adım 3: Kriter Ağırlıkları ve Alternatif Skorlarının Hesaplanması**

İkili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulmasının ardından bir sonraki aşamada sırasıyla kriterlerin önem dereceleri ve alternatiflerin skorları hesaplanır. Bu amaçla Tablo 3'de yer alan matriste her bir sütun değeri, sütun toplamına bölünür ve böylece matris normalize edilir. Daha sonra normalize matriste yer alan satır elemanlarının aritmetik ortalaması alınarak kriter ağırlıkları elde edilir.

**Adım 4: Sonuç Geçerliliği İçin Tutarlılık Oranının (CR) Hesaplanması**

AHS yöntemi karar vericilerinin subjektif değerlendirmelerini yansıttığı için uygulamada birtakım tutarsızlıklar ortaya çıkabilir. AHS yönteminde bu tutarsızlıkların tespiti için tutarlılık oranının hesaplanması gerekir. Bu amaçla öncelikle Tutarlılık İndeksi (CI) değerinin hesaplanması gerekir. (CI) değeri için öncelikle en büyük özvektörün hesaplanması gerekmektedir birlikte ilgili indeksin hesaplanmasında kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{2}$$

Yukarıdaki formülde CI tutarlılık indeksini, λ<sub>max</sub> matristeki en büyük özvektörü ve n değeri ise matristeki eleman sayısını belirtir. Tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için gerekli bir diğereğer ise Rassallık indeksidir(RI). RI değerini elde etmek için rassal indeks tablosunda n'e karşılık gelen değere alınır. Matriste yer alan kriter sayısına göre belirlenen RI değeri için Tablo 5'de yer alan indeks kullanılır.

**Tablo 5.** Rassal İndeks Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

**Kaynak.** Saaty ve Vargas, 2012, s.9

Tutarlılık oranının hesaplanmasında son aşamada RI değerinin CI değerine bölünmesi ile CR değeri elde edilir [24].

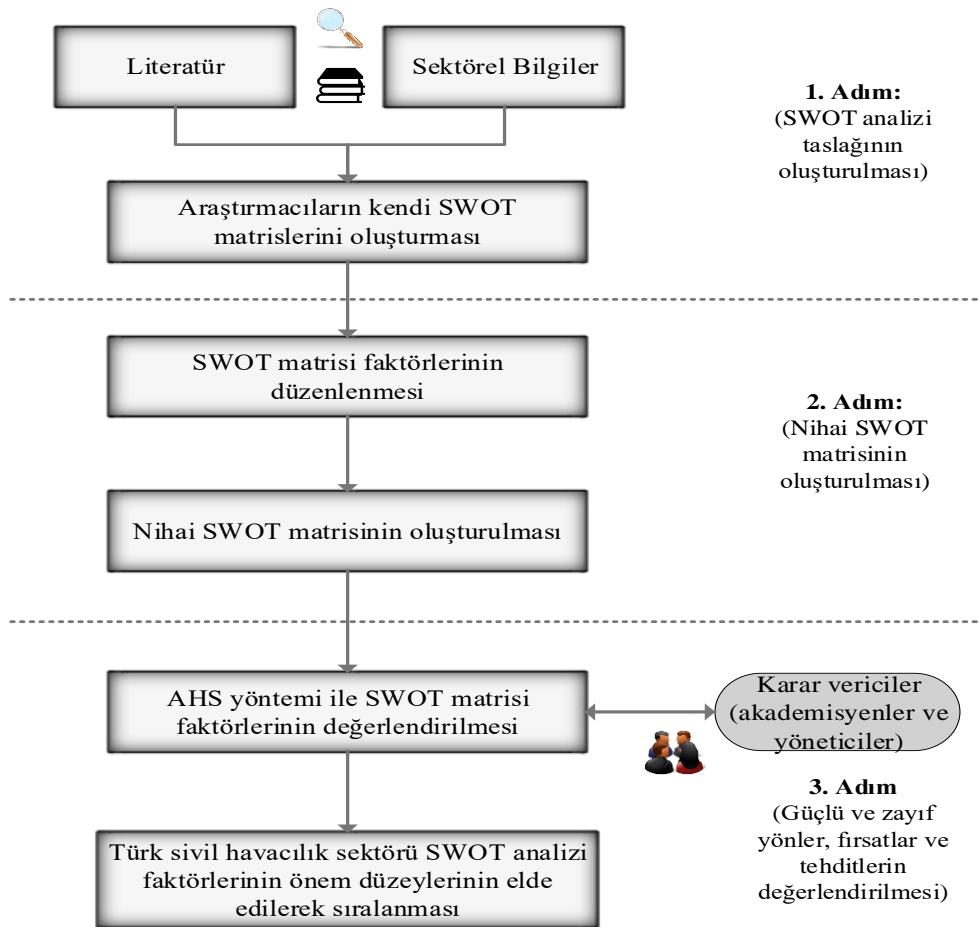
$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{3}$$

Tutarlı sonuçlar için son adımda elde edilen CR değerinin 0,10'dan küçük olması beklenir [31, 27]. CR değerinin 0,10'dan büyük olması durumunda tutarsızlık oluşur ve böyle bir durumda karşılaştırma matrisinin tekrar gözden geçirilerek yargıların iyileştirilmesi gerekir [29].

Tüm bu adımların gerçekleştirilmesinin ardından sentez işlemi gerçekleştirilebilir. Başka bir deyişle karar hiyerarşisinde alt kriterler ve alternatiflerin yer alması durumunda bu öğelerin önem katsayıları hiyerarşide bağlı oldukları bir üst ögenin önem katsayısı ile çarpılır ve böylece her bir alternatif veya alt kriterin global önem katsayısı elde edilir. Böylece yapı içerisinde yer alan öğelerin tümünün yapının tamamı içerisindeki nihai önem derecesine ilişkin bilgi edinilebilir.

#### 4. Uygulama

Araştırmanın temelinde öncelikle Türk sivil havacılık sektörünün sahip olduğu güçlü ve zayıf yönler, fırsatlar ve tehditlerin belirlenmesi yer almaktadır. Alanyazında sivil havacılık sektörü başta olmak üzere birçok sektör, işletme ve ülke için SWOT analizi örneğine rastlanırken [32], analizde yer alan faktörlerin görece önemlerine ilişkin herhangi bir bilgi edinilememektedir. Bu sebeple araştırmada AHS yöntemi kullanılarak Türk sivil havacılık sektörünü etkileyen faktörleri belirlemenin ötesinde bu faktörlerin önem derecelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Diğer yandan AHS yöntemi, SWOT analizinin hiyerarşik bir yapı biçiminde modellenebilmesine de olanak tanımaktadır. Araştırma kapsamında benimsenen metodoloji Şekil 2'de özetlenmiştir.



Şekil 2. SWOT-AHS Bütünleşik Yaklaşımı Kapsamında Benimsenen Metodoloji

Şekil 2'de de özetlendiği gibi çalışmada ilk olarak mevcut alanyazında Türk sivil havacılık

sektörüne ilişkin yapılmış SWOT analizi çalışmaları incelenmiştir (DPT, 2006; SHGM,

2017; TOBB, 2012; Demirtaş, 2013; Erel, Fırtına, Uzunoglu, & Özkan, 2017). Bu işlemin ardından yazarlar literatür ve sektörel bilgiler ışığında bireysel olarak SWOT matrislerini oluşturmuşlar ve beyin fırtınası tekniği ile SWOT matrisi unsurları düzenlenip tek bir analiz formunda birleştirilmiştir (Ek A). Bu çalışmada, Türk sivil havacılık endüstrisine ilişkin SWOT analizi faktörlerinin AHS yöntemi ile görece önemini sıralanmasını amaçlanmıştır.

Bir sonraki aşamada ise araştırmaya uzman niteliğinde katkı sağlayan akademisyen görüşleri neticesinde Türk sivil havacılık sektörüne ilişkin nihai SWOT analizi matrisi elde edilmiştir. AHS yönteminde kriter sayısının artması durumunda tutarsızlık yaşama ihtimali arttığı için, çalışma kapsamında ortaya konulan SWOT analizi en önemli olduğu düşünülen faktörlerden oluşturulmuştur.

Araştırmanın üçüncü adımında SWOT analizi içerisinden yer alan unsurların AHS ile değerlendirilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada sivil havacılık alanında akademik ve/veya sektörel tecrübeye sahip 6 uzmanın SWOT faktörlerini ikili olarak karşılaştırması istenmiştir. Karşılaştırmada Saaty tarafından geliştirilen ikili karşılaştırma ölçeği kullanılmıştır. Her bir faktörün açıklamasını içeren anket formları uzmanlara ulaştırılmış ve geri dönüşü sağlanan anket formları işleme alınmıştır. İkili karşılaştırmalar yoluyla

kriterlerin görece önemlerinin elde edilmesi sürecinde karar verme sürecinde yer alan uzmanların görüşleri bütünleştirilerek dikkate alınmıştır. Bütünleştirme işlemi ise geometrik ortalama yöntemi kullanılmıştır [44]. AHS yöntemi ile gerçekleştirilen hesaplama işlemlerinde Super Decisions ve Microsoft Excel programları kullanılmıştır.

## 5. Bulgular

Türk sivil havacılık sektörünün güçlü ve zayıf yönlerinin, tehdit ve fırsatlarının önem derecelerinin belirlenerek sıralanmasına amacıyla yapılan bu çalışmanın bulguları aşağıda açıklanmıştır. Araştırmada AHS yönteminin kullanılmasının ana sebebi faktörlerin önem derecelerinin belirlenebilmesi ve bu sayede tespit edilen faktörlerin sıralama olanağına erişmektir. Öncelikle SWOT analizindeki güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditlere (Tablo 6) ilişkin olarak grupların önem derecelerini gösteren katsayılar 0.25 olarak belirlenmiştir. Önem derecelerinin her bir grup için eşit alınması SWOT matrisini oluşturan temel grupların birbirini etkilememesi ve yanlılık durumunun söz konusu olmamasından kaynaklanmaktadır. Gruplar arası önem derecesi belirlendikten sonra her bir grupta yer alan faktörlerin önem derecelerinin belirlenmesi aşamasına geçilmiştir.

**Tablo 6.** Türk Sivil Havacılık Sektörü SWOT Matrisi

İÇSEL FAKTÖRLER	
GÜÇLÜ YÖNLER (+)	ZAYIF YÖNLER (-)
✓ Diğer ulaşım modlarına göre hızlı ve konforlu olması (S1)	✓ İşletme maliyetlerinin yüksek olması (W1)
✓ İç pazarın büyüme potansiyeli (S2)	✓ Mevzuat eksikliği (W2)
✓ Mevcut demografik ve işgücü yapısı (S3)	✓ Paydaşlar arası eşgüdüm eksikliği (W3)
✓ Devlet teşvikleri (S4)	✓ Sektörel masterplan eksikliği (W4)
✓ Ülkemizin konum avantajı (S5)	✓ Ülke ekonomisinin kırılgan yapısı (W5)



DIŞSAL FAKTÖRLER	
FIRSATLAR (+)	TEHDİTLER (-)
✓ Teknolojik gelişmelerle maliyetlerin azalması (O1)	✓ Bölgedeki terör unsurlarının varlığı (T1)
✓ Turizm Potansiyeli (O2)	✓ Diğer ulaşım modlarında yaşanan gelişmeler (T2)
✓ Ulaşım modlarının birbirlerini destekleme potansiyeli (O3)	✓ Petrol fiyatlarında yaşanan artışlar (T3)
✓ Ülkemize yapılan yabancı yatırımlar (O4)	✓ Yakın çevredeki ülkelerin havacılık sektöründe gelişmesi (T4)
	✓ Ülkedeki politik gelişmeler (T5)

Nihai SWOT analizi matrisinin elde edilmesinin ardından faktörlerin önem derecelerinin elde edilmesi amacıyla güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler kendi içlerinde ikili olarak karşılaştırılmıştır. Araştırmada ana gruplara ilişkin önem derecelerinin elde edilmesinde ikili karşılaştırmalar yapılmamış, her bir ana grup (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler) eşit önemde kabul edilerek önem katsayıları 0,25 olarak dikkate alınmıştır. AHS yöntemi uygulamasında ana gruplar eşit düzeyde önemli kabul edildiği için her bir grupta yer alan faktörlerin önem katsayılarının elde edilmesi aşamasına geçilmiştir. Bu doğrultuda aynı grup altında yer alan faktörler uzmanlar tarafından ikili olarak karşılaştırılmış ve öğelerin önem derecelerini ve matris tutarlılığını gösteren AHS matrisleri aşağıda görülmektedir (Tablo 7-8-9-10).

**Tablo 7.** Güçlü Yönlere Ait Faktörlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

G.Y.	S1	S2	S3	S4	S5	Önem Düz.
S1	1	0,83	1,73	1,11	0,56	0,1764
S2	1,2	1	2,67	1,62	0,45	0,2189
S3	0,58	0,37	1	0,47	0,24	0,0860
S4	0,9	0,62	2,13	1	0,89	0,1881
S5	1,79	2,22	4,17	1,12	1	0,3306
					$\Lambda_{max}=5,10703$	CR=0,024

**Tablo 8.** Zayıf Yönlere Ait Faktörlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

Z.Y.	W1	W2	W3	W4	W5	Önem Düz.
W1	1	3,73	2,69	1,35	0,35	0,2332
W2	0,27	1	0,48	0,36	0,21	0,0662
W3	0,37	2,08	1	0,79	0,39	0,1281
W4	0,74	2,78	1,27	1	0,43	0,1691
W5	2,86	4,76	2,56	2,33	1	0,4034
					$\Lambda_{max}=5,10673$	CR=0,024

**Tablo 9.** Fırsatlara Ait Faktörlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

F.	O1	O2	O3	O4	Önem Düz.	
O1	1	0,27	0,98	0,41	0,1176	
O2	3,7	1	4,06	3,05	0,5267	
O3	1,02	0,25	1	0,44	0,1172	
O4	2,44	0,33	2,27	1	0,2385	
					$\Lambda_{max}=4,04966$	CR=0,018

**Tablo 10.** Tehditlere Ait Faktörlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

T.	T1	T2	T3	T4	T5	Önem Düz.
T1	1	5,1	5,28	5,28	1,86	0,4487
T2	0,2	1	0,82	0,53	0,24	0,0693
T3	0,19	1,22	1	1,05	0,26	0,0844
T4	0,19	1,89	0,95	1	0,22	0,0906
T5	0,54	4,17	3,85	4,55	1	0,307
					$\Lambda_{max}=5,07275$	CR=0,016

SWOT analizinde yer alan tüm faktörlerin bütünlük önem dereceleri ise Tablo 11’de verilmiştir

**Tablo 11.** SWOT Analizi Faktörlerinin Önem Katsayılarına Göre Sıralanması

SWOT Grupları	Grupların Önem Katsayıları	Alt Kriter Lokal Ağırlıkları	Alt Kriter Nihai Ağırlıkları	Sıralama
<b>Güçlü Yönler</b>	0,25			
S1: Diğer ulaşım modlarına göre hızlı ve konforlu olması		0,1764	0,0441	10
S2: İç pazarın büyüme potansiyeli		0,2189	0,0547	8
S3: Mevcut demografik ve işgücü yapısı		0,0860	0,0215	16
S4: Devlet teşvikleri		0,1881	0,0470	9
S5: Ülkemizin konum avantajı		0,3306	0,0826	4
<b>Zayıf Yönler</b>	0,25			
W1: İşletme maliyetlerinin yüksek olması		0,2332	0,0583	7
W2: Mevzuat eksikliği		0,0662	0,0165	19
W3: Paydaşlar arası eşgüdüm eksikliği		0,1281	0,0320	12
W4: Sektörel masterplan eksikliği		0,1691	0,0423	11
W5: Ülke ekonomisinin kırılgan yapısı		0,4034	0,1009	3
<b>Fırsatlar</b>	0,25			
O1: Teknolojik gelişmelerle maliyetlerin azalması		0,1176	0,0294	13
O2: Turizm Potansiyeli		0,5267	0,1317	1
O3: Ulaşım modlarının birbirlerini destekleme potansiyeli		0,1172	0,0293	14
O4: Ülkemize yapılan yabancı yatırımlar		0,2385	0,0596	6
<b>Tehditler</b>	0,25			
T1: Bölgedeki terör unsurlarının varlığı		0,4487	0,1122	2
T2: Diğer ulaşım modlarında yaşanan gelişmeler		0,0693	0,0173	18
T3: Petrol fiyatlarında yaşanan artışlar		0,0844	0,0211	17
T4: Yakın çevredeki ülkelerin havacılık sektöründe gelişmesi		0,0906	0,0226	15
T5: Ülkedeki politik gelişmeler		0,3070	0,0768	5

Tablo 7 incelendiğinde, Türkiye'nin Asya, Avrupa ve Afrika kıtaları arasında stratejik bir konumda yer almasını ifade eden, ülkemizin konum avantajı (S5) faktörü, önem sıralamasına göre Türk sivil havacılık sektörünün en güçlü yönünü oluşturmaktadır. Ülkemizin havayolu talebinin büyüme potansiyeli faktörü (S2) ise en önemli ikinci güçlü yön olarak karşımıza çıkmaktadır. Üçüncü faktör, havacılık sektörünün gelişmesi için uygulanan devlet teşvikleri (S4) faktörüdür. Aynı tablodan elde edilen bulgular sonucunda havayolunun demiryolu, denizyolu ve karayolu taşımacılığına göre daha hızlı ve konforlu olması (S1) faktörü dördüncü faktör olarak değerlendirilmiştir. Son olarak mevcut demografik ve işgücü yapısı (S3) faktörü güçlü yönler arasında önem derecesi en düşük olan faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Tablonun tutarlılık oranı

0,024 olduğu için matris tutarlı kabul edilmiştir( $0,024 < 0,10$ ).

Tablo 8 incelendiğinde, Türk sivil havacılık sektörünün sahip olduğu zayıf yönler içerisinde en önemli faktörün ülke ekonomisinin kırılgan yapısı (W5) faktörü olduğu belirlenmiştir. Yine sektöre giriş maliyetlerinin ve operasyon maliyetlerinin yüksek olmasını ifade eden işletme maliyetlerinin yüksek olması (W1) faktörü, en önemli ikinci zayıf yöndür. Ülkemizde havacılık sektöründeki geleceğe yönelik olarak hazırlanan ulaştırma ana planlarının olmamasını ifade eden, sektörel masterplan eksikliği (W4), üçüncü zayıf yön olarak belirlenmiştir. Bir sonraki sırada gelen paydaşlar arası eşgüdüm eksikliği (W3) faktörü ise dördüncü zayıf yönü oluşturmaktadır. Sivil havacılık faaliyetlerini düzenleyen mevzuatın sektörde

yaşanan hızlı büyümeye cevap verememesini ifade eden mevzuat eksikliği (W2) faktörü, faktörler arasındaki en düşük önem derecesine sahip olan faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Tablonun tutarlılık oranı 0,024 olduğu için matris tutarlı kabul edilmiştir(0,024<0,10).

Tablo 9 incelendiğinde ülkemizin birçok farklı turistik faaliyet bakımından ziyaret edilme potansiyelini ifade eden turizm potansiyeli (O2), fırsatlar içerisindeki en önemli faktör olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre ülkemize yapılan yabancı yatırımlar (O4) faktörü ise en önemli ikinci fırsattır. Gelişen teknolojiyle birlikte havacılık maliyetlerinin giderek düşmesini işaret eden teknolojik gelişmelerle maliyetlerin azalması (O1) faktörü üçüncü fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır. Son olarak hızlı tren başta olmak üzere ulaşım modlarının havayolu ile entegre edilerek daha fazla yolcuya ulaşma potansiyelini ifade eden ulaşım modlarının birbirlerini destekleme potansiyeli (O3) faktörü, fırsat faktörleri arasındaki en düşük önem derecesine sahip olan faktör olarak değerlendirilmiştir. Tablonun tutarlılık oranı 0,018 olduğu için matris tutarlı kabul edilmiştir(0,018<0,10).

Tablo 10 incelendiğinde PKK, IŞİD ve DHKP-C gibi terör örgütlerinin gerçekleştirebileceği olası terör saldırılarının oluşturduğu tehdidi ifade eden, bölgedeki terör unsurlarının varlığı (T1) faktörü, tehditler içerisinde en önemli faktör olarak belirlenmiştir. Diğer yandan iç ve dış politikada yaşanabilecek olası istikrarsızlık potansiyelinin ifade edildiği ülkedeki politik gelişmeler (T5) faktörü en önemli ikinci tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır. Gerek İran'a uygulanan ambargonun hafifletilmesiyle havacılığın gelişim eğilimine girmesi gerek körfez ülkelerinin havayolu taşımacılığındaki pazar paylarını artırmaya devam etmesini ifade eden yakın çevredeki ülkelerin havacılık sektörünün gelişmesi (T4) faktörü üçüncü tehdit olarak sıralanmıştır. Küresel olarak petrol fiyatlarındaki olası artış riskini ifade eden petrol fiyatlarında yaşanan artışlar (T3) faktörü ise dördüncü tehdit olarak sıralanmıştır. Son olarak Türkiye'de son yıllarda demiryolu ve karayoluna yapılan yatırımların havayolu iç hat talebini etkileme potansiyelini ifade eden diğer ulaşım

modlarında yaşanan gelişmeler (T2) faktörü, tehdit faktörleri arasındaki en düşük önem derecesine sahip olan faktör olarak değerlendirilmiştir. Tablonun tutarlılık oranı 0,016 olduğu için matris tutarlı kabul edilmiştir(0,016<0,10).

## 6. Sonuç

Sivil havacılık sektörü günümüzde gerek toplumsal, gerek ekonomik rolü itibariyle oldukça önemli bir sektör olarak kabul edilmektedir. Diğer yandan sivil havacılık sektörü rekabetin yoğun bir şekilde yaşandığı, iç ve dış etkenlere karşı oldukça hassas olan sektördür. Dolayısıyla sektör üzerinde etkili olan içsel ve dışsal faktörlerin belirlenmesi ve bunlara karşı gerekli stratejilerin oluşturulması faaliyetlerin başarılı bir şekilde yürütülmesi noktasında oldukça büyük bir önem arz etmektedir. Bu çalışmada, bu ihtiyaçtan hareketle Türk sivil havacılık sektörü üzerinde etkili olan faktörler SWOT analizi ile ele alınmıştır. Bununla birlikte daha önceki çalışmalardan farklı olarak, elde edilen faktörlerin Türk sivil havacılık sektörü üzerinde ne kadar etkili olduğu AHS yönteminin kullanılmasıyla nicel olarak ortaya konulmuştur. Çalışmada, sivil havacılık sektörünü etkileyen faktörlerin önem derecelerinin bütünlük yöntemleri kullanılarak belirlenmesi ve bu sayede gelecekte yapılacak planlamalar ve uygulanacak stratejilere katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında Türk sivil havacılık sektörü 19 faktörden oluşan yapıyla SWOT analizine tabi tutulmuş, ardından alanda çalışmalarını sürdüren 6 uzmanın katkılarıyla faktörlerin önem dereceleri AHS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. SWOT matrisinin her bir grubunu oluşturan faktörler ikili olarak karşılaştırılmış ve her bir grupta öne çıkan faktörlerin ülkemizin konum avantajı (S5), ülke ekonomisinin kırılgan yapısı (W5), turizm potansiyeli (O2) ve bölgedeki terör unsurlarının varlığı (T1) olduğu görülmüştür. SWOT analizinde yer alan faktörlerin önem katsayıları göz önüne alındığında, Tablo 11'da gösterilen nihai önem derecelerine en önemli faktörlerin sırasıyla;

1. Turizm potansiyeli (O2),
2. Bölgedeki terör unsurlarının varlığı (T1),
3. Ülke ekonomisinin kırılgan yapısı (W5),

4. Ülkemizin konum avantajı (S4)
5. Ülkedeki politik gelişmeler (T5) olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular ülkemizin sivil havacılık sektörü üzerinde en etkili olan faktörlerin turizm potansiyeli, terör tehdidi, ekonomik yapı, jeopolitik konum ve politik gelişmeler olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla geleceğe yönelik planlamalarda ve uygulanacak stratejilerde bu faktörlerin dikkate alınması önerilmektedir.

Sivil havacılık sektörünün mevcut durumunun klasik yöntemlerden farklı olarak AHS yöntemiyle ele alındığı bu çalışmanın alanyazına ve sektöre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Diğer yandan, gelecek çalışmalarda konunun ele alınmasında daha çok paydaşın yer aldığı veya daha farklı yöntemlerin uygulandığı yaklaşımlar kullanılabilir.

#### Kaynaklar

- [1] M. Şevkli, A. Öztekin, Ö. Uysal, G. Torlak, A. Türkyılmaz ve D. Delen, «Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey,» *Expert Systems with Applications*, cilt 39, no. 1, pp. 14-24, 2012.
- [2] M. Bakırcı, «Ulaşım Coğrafyası Açısından Türkiye’de Havayolu Ulaşımının Tarihsel Gelişimi Ve Mevcut Yapısı,» *Marmara Coğrafya Dergisi*, no. 25, pp. 340-377, 2012.
- [3] E. Gerede ve G. Orhan, Türk Havayolu Taşımacılığındaki Ekonomik Düzenlemelerin Gelişim Süreci. E. Gerede (Editör) Hava Taşımacılığı ve Ekonomik Düzenlemeler Teori ve Türkiye Uygulaması içinde (s. 163-196), Ankara : Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Yayınları, 2015.
- [4] E. Gerede, «Türkiye’deki Havayolu Taşımacılığına İlişkin Ekonomik Düzenlemelerin Havayolu İşletmelerine Etkisinin Değerlendirilmesi,» *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, cilt 9, no. 2, pp. 505-537, 2011.
- [5] Ü. Battal, H. Yılmaz ve S. S. Ateş, «Türkiye’de İç hatlarda Serbestleşme ve Geleceği» içinde *Kayseri VI. Havacılık Sempozyumu*, Nevşehir, 2006.
- [6] H. Gökırmak, «Türk Hava Yolları’nın Havacılık Sektöründeki Konumu,» *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, cilt 2, no. 4, pp. 1-29, 2014.
- [7] H. Sarıbaş ve İ. Tekiner, «Türkiye Sivil Havacılık Sektöründe Yoğunlaşma,» *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, cilt 52, no. 610, pp. 21-33, 2015.
- [8] SHGM, «Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu 2016,» 2017.
- [9] J. Hine, «Integration, integration, integration... Planning for sustainable and integrated transport systems in the new millennium,» *Transport Policy*, no. 7, pp. 175-177, 2000.
- [10] V. Korul ve H. Küçükönal, «Türk Sivil Havacılık Sisteminin Yapısal Analizi,» *Ege Academic Review*, cilt 3, no. 1, pp. 24-38, 2003.
- [11] S. G. Taşcıoğlu ve N. Akpınar, «A’wot Analizi Tekniği İle Turizm Alanlarının Değerlendirilmesi: Kuzey Antalya Kültür Ve Turizm Koruma Ve Gelişim Bölgesi Örneği,» *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, cilt 9, no. 42, pp. 1974-1985, 2016.
- [12] S. Başak, İ. Küllük, M. Korkmaz ve F. Kayadelen, «Tedarikçi İlişkileri Yönetimi: Tedarikçi İlişkilerini Ahp Metodu İle Analiz Ve Aksiyon Planı Oluşturma Uygulaması,» içinde *IV. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, Gümüşhane , 2015.
- [13] A. Görener, K. Toker ve K. Uluçay, «Application of Combined SWOT and AHP: A Case Study for a Manufacturing Firm,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, cilt 58, pp. 1525-1534, 2012.
- [14] E. Sezgin ve D. Yüncü, «The SWOT Analysis of Turkish Airlines Through Skytrax Quality Evaluations in the Global Brand Process,»

- Development of Tourism and the Hospitality Industry in Southeast Asia*, pp. 65-81, 2016.
- [15] M. Fett, «A SWOT Analysis for the “flag-carriers»,» GRIN Verlag, Lugano, 2009.
- [16] S. Tan ve Y. Luo, «SWOT Analysis of Airport Economy Development in Dalian,» içinde *Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC)*, Dengleng, 2011.
- [17] H. Xu, «SWOT Analysis on Chinese New Regional Jet ARJ21,» içinde *15th COTA International Conference of Transportation*, Beijing, 2015.
- [18] W. Rankin, «Waco Regional Airport: A case study for strategic airport business planning,» *Journal of Airport Management*, cilt 2, no. 4, pp. 345-354, 2008.
- [19] K. Wang ve W. Hong, «Competitive advantage analysis and strategy formulation of airport city development-The case of Taiwan,» *Transport Policy*, cilt 18, no. 1, pp. 276-288, 2011.
- [20] L. Yang, «SWOT Analysis & Strategy of Airport Logistics: A Case Study in Hangzhou,» içinde *E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE)*, Henan, 2010.
- [21] N. Jewczyn, «Integrative Business Policy With a SWOT Analysis of Southwest Airlines: What Are They Doing Right in Today's Economy?,» *Journal of Business Leadership Today*, cilt 1, no. 8, pp. 1-12, 2010.
- [22] E. Issa ve I. Elham, «An Analysis Of The Location Of Beheshti International Airport Using A Strategic Model (SWOT),» *Journal of Geography And Regional Development*, no. 13, pp. 237-260, 2010.
- [23] C. Chen ve S. Chou, «A BSC Framework for Air Cargo Terminal Design: Procedure and Case Study,» *Journal of Industrial Technology*, cilt 22, no. 1, pp. 1-11, 2006.
- [24] A. Ahmed, M. Zairi ve K. Almarr, «SWOT analysis for Air China performance and its experience with quality,» *Benchmarking: An International Journal*, cilt 13, no. 1/2, pp. 160-173, 2006.
- [25] R. K. Shrestha, J. R. Alavalapati ve R. S. Kalmbacher, «Exploring the potential for silvopasture adoption in south-central Florida: an application of SWOT-AHP method,» *Agricultural Systems*, cilt 81, no. 3, pp. 185-199, 2004.
- [26] N. T. Rochman, E. Gumbira-Sa'id, A. Daryanto ve N. Nuryartono, «Analysis of Indonesian Agroindustry Competitiveness in Nanotechnology Development Perspective Using SWOT-AHP Method,» *International Journal of Business and Management*, cilt 6, no. 8, pp. 235-244, 2011.
- [27] M. Kurttila, J. Pesonen, M. Kangas ve M. Kajanus, «Utilizing the Analytic Hierarchy Process (AHP) in SWOT Analysis-A Hybrid Method and Its Application to A Forest-certification Case,» *Forest Policy and Economics*, cilt 1, no. 1, pp. 41-52, 2000.
- [28] E. Ağaoğlu, Y. Şimşek ve Y. Altınkurt, «Endüstri Meslek Liselerinde Stratejik Planlama Öncesi SWOT analizi Uygulaması,» *Eğitim ve Bilim*, cilt 31, no. 140, pp. 43-55, 2006.
- [29] N. Pahl ve A. Richter, *SWOT Analysis-Idea, Methodology And A Practical Approach*, Norderstedt: GRIN Verlag, 2007.
- [30] D. Leigh, «SWOT Analysis,» içinde *Handbook of Improving Performance in the Workplace*, Kaliforniya, Pfeiffer, 2010, pp. 115-140.
- [31] A. Görener, «Türkiye’de Medikal Turizm Sektörünün Değerlendirilmesinde Bütünleşik SWOT-AHS Yaklaşımı,» *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, cilt 4, no. 2, pp. 159-170, 2016.
- [32] F. Yavuz ve T. Baycan, «Use of swot and analytic hierarchy process integration as a participatory decision making tool in watershed management,» *Procedia*

- Technology, cilt 8, no. 2013, pp. 134-143, 2013.
- [33] H. Ülgen ve S. K. Mirze, İşletmelerde Stratejik Yönetim, İstanbul: Beta Yayınları, 2013.
- [34] G. Sarıçalı ve N. Kundakçı, «AHP ve COPRAS yöntemleri ile otel alternatiflerinin değerlendirilmesi,» *International Review of Economics and Management*, cilt 4, no. 1, pp. 45-66, 2016.
- [35] M. Kwiesielewicz ve E. Van Uden, «Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP,» *Computer & Operations Research*, cilt 31, no. 5, pp. 713-719, 2004.
- [36] N. Ömürbek ve M. Z. Tunca, «Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemlerinde Grup Kararı Verilmesi Aşamasına İlişkin Bir Örnek Uygulama,» *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt 18, no. 3, pp. 47-70, 2013.
- [37] A. Kuruüzüm ve N. Atsan, «Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları,» *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimleri Fakültesi*, cilt 1, no. 1, pp. 83-105, 2001.
- [38] A. Ishizaka ve A. Labib, «Review of the main developments in the analytic hierarchy process,» *Expert systems with applications*, cilt 38, no. 11, pp. 14336-14345, 2011.
- [39] M. S. Özdemir, «Bir işletmede analitik hiyerarşi süreci kullanılarak performans değerlendirme sistemi tasarımı,» *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, cilt 13, no. 2, pp. 2-11, 2002.
- [40] A. A. Supçiller ve O. Çapraz, «AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması,» *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, no. 13, pp. 1-22, 2011.
- [41] T. Ustasüleyman, «Bankacılık sektöründe internet sitesi kalitesi boyutlarının (kriterlerinin) önem derecesinin belirlenmesi,» *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, cilt 11, no. 1, pp. 146-162, 2013.
- [42] Ö. Atalık ve E. Özdemir, «A Hybrid Method Using Factor Analysis and AHP on Passenger Purchase Decisions: The Case of Domestic Airlines in Turkey,» *International Business Research*, cilt 8, no. 1, pp. 14-23, 2014.
- [43] A. Görener, «Türkiye’de Medikal Turizm Sektörünün Değerlendirilmesinde Bütünleşik SWOT-AHS Yaklaşımı,» *Alphanumeric Journal*, cilt 4, no. 2, pp. 159-170, 2016.
- [44] Ö. Öztürk ve G. Çekerol, «Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Bürosu Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Belirlenmesi,» *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, no. 50, pp. 148-161, 2015.
- [45] N. Ö. Doğan ve G. Sözbilen, «Kaya Otel İşletmeleri İçin En Uygun Stratejinin Belirlenmesi: Bir SWOT/AHP Uygulaması,» *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, cilt 14, no. 4, pp. 95-112, 2014.
- [46] M. Afşar ve H. Topal, «Basel II Düzenlemelerinin Türk ve AB Bankacılık Sektörü Üzerine Etkilerinin SWOT-AHP Modeli ile Karşılaştırmalı Analizi,» *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, cilt 13, no. 4, pp. 133-150, 2013.
- [47] S. Lee ve P. Walsh, «SWOT and AHP hybrid model for sport marketing outsourcing using a case of intercollegiate sport,» *Sport Management Review*, cilt 14, no. 4, pp. 361-369, 2011.
- [48] A. Görener, K. Toker ve K. Uluçay, «Application of Combined SWOT and AHP: A Case Study for a Manufacturing Firm,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, cilt 58, pp. 1525-1534, 2012.
- [49] E. E. Osuna ve A. Aranda, «Combining SWOT And AHP Techniques For Strategic Planning,» içinde *Economic journal*.

*Instituto de Estudios Superiores de Administración (IESA) Avenida IESA, Caracas, 2007.*

- [50] Ş. Şeker ve M. Özgürler, «Analysis of the Turkish Consumer Electronics Firm using SWOT-AHP Method,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, cilt 58, pp. 1544-1554, 2012.
- [51] O. T. Özcan Arslan, «Analytical investigation of marine casualties at the Strait of Istanbul with SWOT-AHP method,» *Maritime Policy & Management*, cilt 36, no. 2, p. 131-145, 2009.
- [52] M. Taleai, A. Mansourian ve A. Sharifi, «Surveying general prospects and challenges of GIS implementation in developing countries: a SWOT-AHP approach,» *Journal of Geographical Systems*, cilt 11, no. 3, p. 291-310, 2009.
- [53] M. M. Tahernejad, R. Khalokakaie ve M. Ataei, «Determining proper strategies for Iran's dimensional stone mines: a SWOT-AHP analysis,» *Arabian Journal of Geosciences*, cilt 6, no. 1, p. 129-139, 2013.
- [54] Z. Wang, R. Bai ve L. Zang, «Application of SWOT + AHP Method in Strategy Selection of Agricultural Mechanization Development in Henan Province,» *Chinese Agricultural Mechanization*, cilt 5, 2010.
- [55] Q. Weidong, L. Binxia, L. Zhiqiang ve G. Xinyou, «Application of AHP-SWOT method in the improving of road traffic safety strategy,» *China Safety Science Journal (CSSJ)*, cilt 19, pp. 121-126, 2009.
- [56] C. Li, F. Liu, Q. Wang ve C. Li, «AHP Based SWOT Analysis for Green Manufacturing Strategy Selection,» *Key Engineering Materials*, Cilt 1 / 431-432, pp. 249-252, 2010.
- [57] Z. A. Polat, M. Alkan ve H. G. Sürmeneli, «Determining strategies for the cadastre 2034 vision using an AHP-Based SWOT analysis: A case study for the turkish cadastral and land administration system,» *Land Use Policy*, cilt 67, p. 151-166, 2017.
- [58] TOBB, «Türkiye Sivil Havacılık Meclisi Sektör Raporu 2011,» 2012.
- [59] Ö. Demirtaş, «Havacılık Endüstrisinde Stratejik Yönetim: SWOT Analizi ile Durum Değerlendirmesi,» *NEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, cilt 2, no. 2, pp. 207-226, 2013.
- [60] C. Erel, E. Fırtına, Ö. Uzunoğlu ve O. Özkan, «Türk Sivil Havacılık Sektörünün GZFT (SWOT) Analizi,» 6 11 2017. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.canerel.com/v2/images/publication/201112TurkHavacilikSektoruSWOT.pdf>
- [61] DPT, «9. Kalkınma Planı Havayolu Ulaşımı Özel İhtisas Komisyonu,» Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Ankara, 2006.
- [62] T. L. Saaty ve L. G. Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process*, Boston: Springer, 2012.



**EKLER:**

Ek A: Araştırmada kullanılan ifadelerin tanımları

<b>GÜÇLÜ YÖNLER</b>	
<b>Diğer ulaşım modlarına göre hızlı ve konforlu olması</b>	Havayolunun demiryolu, denizyolu ve karayolu taşımacılığına göre daha hızlı ve konforlu olmasıdır.
<b>İç pazarın büyüme potansiyeli</b>	Türkiye'deki havayolu ulaşımının taşınan yolcu bakımından payı karayolu ve demiryoluna göre oldukça düşükken gelişmiş ülkelerde bu durum tam tersidir. Bu durum gelişmekte olan ülkemizin havayolu talebinin büyüme potansiyelini göstermektedir.
<b>Mevcut demografik ve işgücü yapısı</b>	Ülke içerisindeki genç nüfusun fazla olması, havayolu ulaştırmasında ortaya çıkan hızlı büyüme doğrultusunda oluşacak insan kaynağı ihtiyacını karşılayabileceğini ifade etmektedir.
<b>Devlet teşvikleri</b>	Türkiye'de havacılık sektörünün gelişmesi için devletin teşvik mekanizmalarını devreye alması faaliyetleridir.
<b>Ülkemizin konum avantajı</b>	Türkiye'nin Asya, Avrupa ve Afrika kıtaları arasında stratejik bir konumda yer almasını ifade etmektedir.
<b>ZAYIF YÖNLER</b>	
<b>İşletme maliyetlerinin yüksek olması</b>	Sektöre giriş maliyetlerinin ve operasyon maliyetlerinin yüksek olmasını ifade etmektedir.
<b>Mevzuat eksikliği</b>	Sivil havacılık faaliyetlerini düzenleyen mevzuatın sektörde yaşanan hızlı büyümeye cevap verememesi ve hava hukuku ile ilgili mevzuatın yetersizliğini ifade etmektedir.
<b>Paydaşlar arası eşgüdüm eksikliği</b>	Sektörde yer alan tüm paydaşların aldıkları kararlar ve uygulamalar arasındaki eşgüdüm eksikliğini ifade eder.
<b>Sektörel masterplan eksikliği</b>	Ülkemizde havacılık sektöründe geleceğe dönük yatırımların uzun vadeli olarak hazırlanan ulaştırma ana planlarının olmamasını ifade etmektedir.
<b>Ülke ekonomisinin kırılgan yapısı</b>	Türkiye'nin gelişmekte olan ekonomiler içerisinde yer almasının içsel ve dışsal birçok faktörden olumsuz yönde etkilendiğini ifade etmektedir.
<b>FIRSATLAR</b>	
<b>Teknolojik gelişmelerle maliyetlerin azalması</b>	Gelişen teknolojiyle birlikte havacılık maliyetlerinin giderek düştüğünü ifade etmektedir.
<b>Turizm potansiyeli</b>	Ülkemizin birçok farklı turistik faaliyet bakımından ziyaret edilme potansiyelini ifade etmektedir.
<b>Ulaşım modlarının birbirlerini destekleme potansiyeli</b>	Hızlı tren başta olmak üzere ulaşım modlarının havayolu ile entegre edilerek daha fazla yolcuya ulaşma potansiyelini ifade etmektedir.
<b>Ülkemize yapılan yabancı yatırımlar</b>	Son yıllarda gerek Arap gerekse de uzak doğulu yatırımcıların yaptıkları yatırımların havacılık sektörünü geliştirme potansiyelini ifade etmektedir.
<b>TEHDİTLER</b>	
<b>Bölgedeki terör unsurlarının varlığı</b>	PKK, IŞİD ve DHKP-C terör örgütlerinin gerçekleştirebileceği olası terör saldırılarının oluşturduğu tehdidi ifade etmektedir.
<b>Diğer ulaşım modlarında yaşanan gelişmeler</b>	Türkiye'de son yıllarda demiryolu ve karayoluna yapılan yatırımların bu ulaşım modlarındaki talebi artırarak havayolu iç hat talebini etkileme potansiyelini ifade etmektedir.
<b>Petrol fiyatlarında yaşanan artışlar</b>	Küresel olarak petrol fiyatlarındaki olası artış potansiyelidir.
<b>Yakın çevredeki ülkelerin havacılık sektöründe gelişmesi</b>	Gerek İran'a uygulanan ambargonun hafifletilmesiyle havacılığın gelişim eğilimine girmesi gerekse de körfez ülkelerinin havayolu taşımacılığındaki pazar paylarını artırmaya devam etmesini ifade etmektedir.
<b>Ülkedeki politik gelişmeler</b>	İç ve dış politikada yaşanabilecek olası istikrarsızlık potansiyelidir