

**T.C.**  
**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ULUSAL DÜZEYLİ HAVA TAŞIMACILIĞI İŞLETMELERİNDE OPTİMİZASYON**  
**ÖRNEĞİ: BÖLGESEL HAVACILIK KAPSAMINDA DEĞERLENDİRME**

**Kübra KOCAKAYA**

**Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı**

**Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Programı**

**OCAK 2022**

**T.C.**  
**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ULUSAL DÜZEYLİ HAVA TAŞIMACILIĞI İŞLETMELERİNDE OPTİMİZASYON**  
**ÖRNEĞİ: BÖLGESEL HAVACILIK KAPSAMINDA DEĞERLENDİRME**

**Kübra KOCAKAYA**

**DANIŞMAN**  
**Dr. Öğretim Üyesi Taylan ENGİN**

**Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı**

**Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Programı**

**OCAK 2022**

## ONAY

Kübra KOCAKAYA tarafından hazırlanan “**Ulusal Düzeyli Hava Taşımacılığı İşletmelerinde Optimizasyon Örneği: Bölgesel Havacılık Kapsamında Değerlendirme**” adlı tez çalışması 17/01/2022 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Taylan Engin

(Danışman)

Prof. Dr. Mehmet Tektaş

(Üye)

Dr. Öğr. Üyesi Harun Yılmaz

(Üye)

### İmza

---

---

---

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah YEŞİL

Enstitü Müdürü

**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI**  
**ETİK BEYANI**

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**Ulusal Düzeyli Hava Taşımacılığı İşletmelerinde Optimizasyon Örneği: Bölgesel Havacılık Kapsamında Değerlendirme**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim.

17/01/2022

**Öğrencinin Adı Soyadı**  
**Kübra Kocakaya**  
**İmza**

# ÖNSÖZ

Ulaşım türleri arasında havayolu ulaşımı, sahip olduğu ulusal yapının yanı sıra evrensel nitelik göstermektedir. Uluslararası kurum ve kuruluşların düzenlediği mevzuatlar çerçevesinde faaliyet gösteren havayolu ulaşımı, ülkeler arası ekonomik ve siyasi dengeler üzerinde etkili olmanın yanında, ülkelerin gelişmişlik düzeyleri üzerinde de etkin rol oynamaktadır. Bu hizmet sağlanırken yüksek maliyetlerin göze alınması, sistemden elde edilecek maddi beklentileri artırmaktadır. Bu durum hem hizmet sağlayıcılar hem de hizmeti talep eden yolcular açısından önemli olan kriterlere odaklı havayolu operasyon sistemlerinin gelişmesine neden olmuştur. Bu operasyon türlerinden biri olarak bölgesel havacılık özellikle son çeyrek yüzyılda karşımıza çıkmaktadır. Bölgesel hava taşımacılığı, yapılan operasyona özgü bazı uçak tipleri ile belirli noktalar arasında veya büyük merkezler ile küçük noktalar arasında hizmet vermeyi benimsemiş bir havacılık operasyonu olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye’de bölgesel taşımacılık yapmayı hedefleyen bir havayolu işletmesi için, uçuş düzenleyebileceği havalimanları ve bu uçuşlarda kullanabileceği uçak tiplerinin seçiminde örnek oluşturacak bir karar verme süreci benimsenmektedir. Çift aşamalı karar verme sürecinde öncelikli hedef havalimanı alternatifleri arasında seçim yaparak en iyi rotayı belirlemek olup ikinci hedef ise bu rotada en faydalı hizmeti sağlayabilecek uçak tipini saptamaktır. Farklı karar verme yöntemleri arasında karşılaştırmalı analiz yapılarak, amaca en uygun kararın verilmesi yönünde değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, başladığı ilk günden son aşamaya kadar benden her türlü desteğini ve bilgisini esirgemeyip yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Taylan Engin’e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Bölüme kaydolduğum ilk günlerden itibaren bana yol gösteren yanımda olmaya çalışan Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Bölümü Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Mehmet Tektaş ve Doç. Dr. Necla Tektaş’a saygılarımı ve minnetlerimi sunarım. Yine çalışmaya başladığım ilk günden itibaren beni bilgisi ile yönlendiren, bana azim ve motivasyon sağlayan her konuda benden bilgi ve yardımını esirgemeyen hem arkadaşım hem de hocam olan Sayın Ar. Gör. Umut Aydın’a ve sevgili eşi Sayın Ar. Gör. Gizem Kaya Aydın’a sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Beni bugünlere getiren, benden sevgisini ve maddi manevi imkanını hiçbir zaman esirgemeyen bu satırları yazmamda en büyük destekçim olan babam Mehmet ve annem Ayşe’ye varlıkları ve destekleri için sonsuz teşekkür ederim. Bana kalpten destek veren, bu yoldaki her sıkıntıda yanımda olan ve varlığı ile bana motivasyon olan sevgili ablam Büşra’ya da ayrıca teşekkür ederim.

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### ULUSAL DÜZEYLİ HAVA TAŞIMACILIĞI İŞLETMELERİNDE OPTİMİZASYON ÖRNEĞİ: BÖLGESEL HAVACILIK KAPSAMINDA DEĞERLENDİRME

**Kübra KOCAKAYA**

**Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Taylan ENGİN**

**Ocak 2022, 139 sayfa**

Havayolu ulaşımı, dinamik ve evrensel yapısı ile diğer ulaşım türlerinden farklı bir konumda bulunmaktadır. Bu yönüyle sürekli yenilenmekte ve farklılaşmaktadır. Farklılıkların yönünü, işletme gereksinimleri ve yolcuların beklentileri belirlemektedir. Son 20-25 yılda değişen yolcu pazarı ve istekleri ile daha belirgin bir uçuş tipi haline gelen bölgesel havayolu taşımacılığı, çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Sahip olduğu operasyonel özellikler ile diğer havacılık faaliyetlerine entegre olması ve tamamlayıcı görev üstlenmesi, bölgesel havayolu taşımacılığını önemli kılmaktadır.

Bu çalışmada, bölgesel taşımacılık yapmayı hedefleyen bir havayolu işletmesi için operasyonel etkinliğini sağlayacak iki aşamalı bir karar verme yöntemi benimsenmiştir. Öncelikli olarak bölgesel hava taşımacılığı yapılacak havalimanı seçimi yapılarak uçuş rotasını saptamak amaçlanmaktadır. İkinci karar aşamasında, bu uçuşların gerçekleştirileceği ve bölgesel havacılıkta kullanılan uçak türleri arasından uçak tipini belirlemek hedeflenmektedir. Bu karar verme aşamalarında; ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve CODAS kullanılmıştır. Çalışmada, karar verme yöntemlerine yeni bir bakış açısı olan ve 3boyutlu bulanık küme yaklaşımlarından Küresel Bulanık Kümeler ile söz konusu karar verme yöntemlerinin entegrasyonu kullanılmıştır. Hem havalimanı seçimi hem de uçak seçimi adına

hibrit bir karar verme sistemi olarak Küresel Bulanık AHP-TOPSIS ve Küresel Bulanık AHP-CODAS yöntemleri benimsenmektedir. Her iki yöntemin karşılaştırmalı analizi yapılarak, alternatifler arasında amaca en uygun seçimi yapmak hedeflenmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Havalimanı Seçim, Uçak Seçim, Küresel Bulanık AHP-TOPSIS, Küresel Bulanık AHP-CODAS, Optimizasyon



## **ABSTRACT**

**M.Sc. THESIS**

### **EXAMPLE OF OPTIMIZATION IN NATIONAL LEVEL AIR TRANSPORT COMPANIES: EVALUATION WITHIN REGIONAL AVIATION**

**Kübra KOCAKAYA**

**Bandırma Onyedi Eylül University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Intelligence Transportation Systems and Technologies**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Taylan ENGİN**

**January 2022, 139 pages**

Airline transportation is in a different position than other modes of transport with its dynamic and universal structure. Business requirements and passengers' expectations determine the direction of the differences. Regional airline transportation, which has become a more distinct flight type with the changing passenger market and demands in the last 20-25 years, composes the subject of the thesis. With its operational features, integration with other aviation activities and undertaking complementary role make regional airline transportation important.

In this study, a two-stage decision-making method has been adopted to ensure operational efficiency for an airline company aiming to perform regional transportation. First of all, it is aimed to determine the flight route by choosing the airport where regional air transportation will be made. In the second decision stage, it is aimed to determine the types of aircraft that these flights will be operated on and used in regional aviation. In this decision making, AHP, TOPSIS and CODAS were used. In the study, Spherical Fuzzy Sets which is a new perspective on decision making methods and one of the 3 dimensional fuzzy sets approaches, with integration of these decision making methods are used. Spherical Fuzzy AHP-

TOPSIS and Spherical Fuzzy AHP-CODAS methods are adopted as a hybrid decision making system for both airport selection and aircraft selection. It is aimed to make the most suitable choice among the alternatives by making a comparative analysis of both methods.

**Keywords:** Airport Selection, Aircraft Selection, Spherical Fuzzy AHP-TOPSIS, Spherical AHP-CODAS, Optimization



## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                   |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                                                         | I    |
| ABSTRACT .....                                                                                    | III  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                 | V    |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                                                | VII  |
| TABLO LİSTESİ .....                                                                               | VIII |
| SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....                                                                    | XI   |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                    | 1    |
| 2. HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI VE SEKTÖREL GELİŞİMİ .....                                               | 4    |
| 2.1 Havayolu Taşımacılığı Tarihçesi.....                                                          | 4    |
| 2.1.1 Dünya'da Havayolu Taşımacılığının Mevcut Durumu .....                                       | 7    |
| 2.1.2 Türkiye'de Havayolu Taşımacılığının Mevcut Durumu .....                                     | 13   |
| 2.2 Havayolu Taşımacılığında Düzenleyici Otoriteler ve Kuruluşlar .....                           | 20   |
| 2.3 Havayolu İşletmeleri .....                                                                    | 22   |
| 2.3.1 Havayolu İşletmelerini Sınıflandırma Ölçütleri .....                                        | 22   |
| 3. BÖLGESEL HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI .....                                                           | 26   |
| 3.1 Bölgesel Havayolu Taşımacılığı ile İlgili Kavramlar .....                                     | 30   |
| 3.1.1 Bölgesel Havayolu İşletmesi Kavramı.....                                                    | 30   |
| 3.1.2 Bölgesel Uçak Kavramı .....                                                                 | 32   |
| 3.1.2.1 Bölgesel Taşımacılıkta Kullanılan Uçaklar ve Özellikleri .....                            | 35   |
| 3.1.3 Bölgesel Havalimanı Kavramı .....                                                           | 39   |
| 3.2 Bölgesel Havayolu İşletmelerinin Sınıflandırılması.....                                       | 39   |
| 3.2.1 Bağımsız Operasyon Yapan Bölgesel Havayolu İşletmeleri .....                                | 39   |
| 3.2.2 Büyük Havayolu İşletmelerinin Markasında Operasyon Yapan Bölgesel Havayolu İşletmeleri..... | 40   |
| 3.2.3 Besleyici Nitelikli Operasyon Yapan Bölgesel Havayolu İşletmeleri .....                     | 40   |
| 4. LİTERATÜR TARAMASI .....                                                                       | 42   |
| 4.1 Bölgesel Hava Taşımacılığı Konusunda Yapılan Çalışmalar.....                                  | 42   |
| 4.2 Uçak Seçimi Konusunda Yapılan Çalışmalar .....                                                | 46   |
| 4.3 Havalimanı Seçimi Konusunda Yapılan Çalışmalar .....                                          | 49   |

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>                            | <b>52</b>  |
| <b>5.1 Optimizasyon .....</b>                                | <b>52</b>  |
| <b>5.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri .....</b>         | <b>53</b>  |
| <b>5.2.1 AHP Yöntemi .....</b>                               | <b>55</b>  |
| <b>5.2.2 TOPSIS Yöntemi.....</b>                             | <b>59</b>  |
| <b>5.2.3 CODAS Yöntemi.....</b>                              | <b>61</b>  |
| <b>5.3 Bulanık Mantık ve Bulanık Kümelerin Gelişimi.....</b> | <b>64</b>  |
| <b>5.3.1 Küresel Bulanık Kümeler.....</b>                    | <b>68</b>  |
| <b>5.4 Kullanılan Yöntemler .....</b>                        | <b>72</b>  |
| <b>5.4.1 Küresel Bulanık AHP Yöntemi .....</b>               | <b>72</b>  |
| <b>5.4.2 Küresel Bulanık TOPSIS Yöntemi.....</b>             | <b>74</b>  |
| <b>5.4.3 Küresel Bulanık CODAS Yöntemi.....</b>              | <b>77</b>  |
| <b>6. UYGULAMA.....</b>                                      | <b>79</b>  |
| <b>6.1 Havalimanı Seçim Kararı ve Uygulaması.....</b>        | <b>79</b>  |
| <b>6.1.1 Küresel Bulanık AHP-TOPSIS.....</b>                 | <b>84</b>  |
| <b>6.1.2 Küresel Bulanık AHP-CODAS.....</b>                  | <b>96</b>  |
| <b>6.2 Uçak Seçim Kararı ve Uygulaması.....</b>              | <b>100</b> |
| <b>6.2.1 Küresel Bulanık AHP-TOPSIS.....</b>                 | <b>103</b> |
| <b>6.2.2 Küresel Bulanık AHP-CODAS.....</b>                  | <b>115</b> |
| <b>7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>                             | <b>121</b> |
| <b>8. KAYNAKÇA .....</b>                                     | <b>125</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                         | <b>139</b> |

## ŞEKİL LİSTESİ

| <u>Şekil</u>                                                                                                        | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2-1: 2020 Yılı Türkiye’de İç hatlarda Taşınan Yolcu Sayısının Havayolu İşletmelerine Göre Dağılımı [33].....  | 16           |
| Şekil 2-2: 2020 Yılı Türkiye’de Dış hatlarda Taşınan Yolcu Sayısının Havayolu İşletmelerine Göre Dağılımı [33]..... | 16           |
| Şekil 5-1: ÇKKV Yöntemlerinin Analiz Tipine Göre Sınıflandırılması [117].....                                       | 55           |
| Şekil 5-2: Analitik Hiyerarşi Prosesi Tanımlama Örneği.....                                                         | 56           |
| Şekil 5-3: Bulanık kümelerin uzantıları [132].....                                                                  | 65           |
| Şekil 5-4: SFS ve bazı diğer bulanık kümelerin 3boyutlu uzaysal gösterimi [136].....                                | 70           |

## TABLO LİSTESİ

| <u>Tablo</u>                                                                                                                     | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Tablo 2-1: 2020 Yılında Taşınan Tarifeli Yolcu Trafikinin Bölgelere Göre Dağılımı [13-14].....                                   | 10           |
| Tablo 2-2: 2020 Yılı Dünyanın En Büyük 15 Havayolu İşletmesinin Yolcu Sayısı, RPK, Uçak Sayısı ve Net Kâra Göre Sıralaması ..... | 12           |
| Tablo 2-3: Türkiye’de Bulunan Havalimanları [36-37].....                                                                         | 18           |
| Tablo 2-4: ICAO Tarafından Yapılan Havayolu İşletmelerinin Sınıflandırılması [42] ..                                             | 22           |
| Tablo 3-1: 2019 Yılı En Büyük Bölgesel Havayolu İşletmelerine Dair Ülke, Taşınan Yolcu ve Filo Bilgileri.....                    | 31           |
| Tablo 3-2: Bölgesel Havacılıkta Kullanılan Bazı Uçak Modelleri ve Teknik Özellikleri .....                                       | 37           |
| Tablo 4-1: Bölgesel Hava Taşımacılığı Konusunda Yapılan Çalışmalar .....                                                         | 42           |
| Tablo 4-2: Uçak Seçim Konusunda Yapılan Çalışmalar .....                                                                         | 48           |
| Tablo 4-3: Havalimanı Seçimi Konusunda Yapılan Çalışmalar.....                                                                   | 49           |
| Tablo 5-1: İkili Karşılaştırma Önem Ölçeği [111] .....                                                                           | 56           |
| Tablo 5-2: İkili Karşılaştırma Örneği .....                                                                                      | 57           |
| Tablo 5-3: Rassal İndeks Değerleri [114] .....                                                                                   | 59           |
| Tablo 5-4: Küresel Bulanık İkili Karşılaştırmada Kullanılan Dilsel Değerler ve Karşılık Gelen Sayılar [148] .....                | 73           |
| Tablo 6-1: Havalimanı Seçim Alternatifleri .....                                                                                 | 80           |
| Tablo 6-2: Havalimanı Seçimine Etki Eden Kriterler .....                                                                         | 83           |
| Tablo 6-3: Kriterlere Ait İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....                                                                   | 85           |
| Tablo 6-4: İkili Karşılaştırmalar Matrisinin Birleştirilmesi .....                                                               | 86           |
| Tablo 6-5: Havalimanı Seçim Kriterlerine Ait Ağırlıklar .....                                                                    | 87           |
| Tablo 6-6: Alternatiflerin Uzmanlar Tarafından Değerlendirilmesi .....                                                           | 87           |
| Tablo 6-7: Matrislerin SWAM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi .....                                                         | 89           |
| Tablo 6-8: Matrislerin SWGM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi .....                                                         | 89           |
| Tablo 6-9: SWAM Operatörü İçin Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris .....                                                             | 90           |
| Tablo 6-10: SWGM Operatörü İçin Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris.....                                                             | 91           |
| Tablo 6-11: SWAM Operatörüne Bağlı Skor Fonksiyonu ile Durulaştırma.....                                                         | 93           |
| Tablo 6-12: SWAM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS Noktaları .....                                                              | 93           |

|                                                                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Tablo 6-13: SWGM Operatörüne Bağlı Skor Fonksiyonu ile Durulaştırma .....</b>                                           | <b>94</b>  |
| <b>Tablo 6-14: SWGM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS Noktaları.....</b>                                                  | <b>94</b>  |
| <b>Tablo 6-15: SWAM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS ile Olan Uzaklıklar .....</b>                                       | <b>94</b>  |
| <b>Tablo 6-16: SWGM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS ile Olan Uzaklıklar.....</b>                                        | <b>95</b>  |
| <b>Tablo 6-17: Alternatiflerin SWAM Operatörüne Bağlı Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması.....</b>                          | <b>95</b>  |
| <b>Tablo 6-18: Alternatiflerin SWGM Operatörüne Bağlı Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması.....</b>                          | <b>95</b>  |
| <b>Tablo 6-19: SWAM Operatörüne Bağlı Durulaştırılmış Matris .....</b>                                                     | <b>97</b>  |
| <b>Tablo 6-20: SWAM Operatörüne Bağlı SF-NIS Noktaları .....</b>                                                           | <b>97</b>  |
| <b>Tablo 6-21: SWGM Operatörüne Bağlı Durulaştırılmış Matris .....</b>                                                     | <b>97</b>  |
| <b>Tablo 6-22: SWGM Operatörüne Bağlı SF-NIS Noktaları .....</b>                                                           | <b>98</b>  |
| <b>Tablo 6-23: SWAM Operatörüne Bağlı Alternatiflerin SF-NIS ile Olan Öklid ve Küresel Uzaklıkları.....</b>                | <b>98</b>  |
| <b>Tablo 6-24: SWGM Operatörüne Bağlı Alternatiflerin SF-NIS ile Olan Öklid ve Küresel Uzaklıkları.....</b>                | <b>98</b>  |
| <b>Tablo 6-25: SWAM Operatörüne Bağlı Göreli Değerlendirme Matrisi .....</b>                                               | <b>99</b>  |
| <b>Tablo 6-26: SWGM Operatörüne Bağlı Göreli Değerlendirme Matrisi.....</b>                                                | <b>99</b>  |
| <b>Tablo 6-27: SWAM Operatörüne Bağlı Değerlendirme Puanları ve Sıralama .....</b>                                         | <b>100</b> |
| <b>Tablo 6-28 SWGM Operatörüne Bağlı Değerlendirme Puanları ve Sıralama.....</b>                                           | <b>100</b> |
| <b>Tablo 6-29: Uçak Seçiminde Kullanılan Ana Kriterler ve Alt Kriterler .....</b>                                          | <b>102</b> |
| <b>Tablo 6-30: Araştırmada Kullanılan Uçak Alternatifleri .....</b>                                                        | <b>102</b> |
| <b>Tablo 6-31: Maliyet Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....</b>                         | <b>104</b> |
| <b>Tablo 6-32: Teknik Özellikler Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....</b>               | <b>104</b> |
| <b>Tablo 6-33: Emniyet Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....</b>                         | <b>104</b> |
| <b>Tablo 6-34: Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi.....</b>                                                        | <b>104</b> |
| <b>Tablo 6-35: Maliyet Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi.....</b>           | <b>105</b> |
| <b>Tablo 6-36: Teknik Özellikler Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi.....</b> | <b>105</b> |

|                                                                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Tablo 6-37: Emniyet Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi.....</b> | <b>105</b> |
| <b>Tablo 6-38: Ana Kriterler İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi .....</b>                        | <b>105</b> |
| <b>Tablo 6-39: Kriterlere Ait Ağırlıklar .....</b>                                                               | <b>106</b> |
| <b>Tablo 6-40: Alternatiflerin Uzman 1 Tarafından Değerlendirilme Matrisi .....</b>                              | <b>106</b> |
| <b>Tablo 6-41: Alternatiflerin Uzman 2 Tarafından Değerlendirilme Matrisi .....</b>                              | <b>107</b> |
| <b>Tablo 6-42 Alternatiflerin Uzman 3 Tarafından Değerlendirilme Matrisi .....</b>                               | <b>107</b> |
| <b>Tablo 6-43: Matrislerin SWAM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi .....</b>                                 | <b>109</b> |
| <b>Tablo 6-44: Matrislerin SWGM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi .....</b>                                 | <b>109</b> |
| <b>Tablo 6-45: SWAM Operatörüne Bağlı Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris.....</b>                                   | <b>110</b> |
| <b>Tablo 6-46: SWGM Operatörüne Bağlı Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris.....</b>                                   | <b>111</b> |
| <b>Tablo 6-47: SWAM Operatörüne Bağlı Skor Fonksiyonu ile Durulaştırma.....</b>                                  | <b>113</b> |
| <b>Tablo 6-48: SWAM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS Noktaları .....</b>                                       | <b>113</b> |
| <b>Tablo 6-49: SWGM Operatörüne Bağlı Skor Fonksiyonu ile Durulaştırma .....</b>                                 | <b>113</b> |
| <b>Tablo 6-50: SWGM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS Noktaları.....</b>                                        | <b>114</b> |
| <b>Tablo 6-51: SWAM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS ile Olan Uzaklıklar.....</b>                              | <b>114</b> |
| <b>Tablo 6-52: SWGM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS ile Olan Uzaklıklar.....</b>                              | <b>114</b> |
| <b>Tablo 6-53: Alternatiflerin SWAM Operatörüne Bağlı Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması.....</b>                | <b>115</b> |
| <b>Tablo 6-54: Alternatiflerin SWGM Operatörüne Bağlı Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması.....</b>                | <b>115</b> |
| <b>Tablo 6-55: SWAM Operatörüne Bağlı Durulaştırılmış Matris .....</b>                                           | <b>117</b> |
| <b>Tablo 6-56: SWAM Operatörüne Bağlı SF-NIS Noktaları .....</b>                                                 | <b>117</b> |
| <b>Tablo 6-57: SWGM Operatörüne Bağlı Durulaştırılmış Matris .....</b>                                           | <b>117</b> |
| <b>Tablo 6-58: SWGM Operatörüne Bağlı SF-NIS Noktaları.....</b>                                                  | <b>117</b> |
| <b>Tablo 6-59: SWAM Operatörüne Bağlı Alternatiflerin SF-NIS ile Olan Öklid ve Küresel Uzaklıkları.....</b>      | <b>118</b> |
| <b>Tablo 6-60: SWGM Operatörüne Bağlı Alternatiflerin SF-NIS ile Olan Öklid ve Küresel Uzaklıkları.....</b>      | <b>118</b> |
| <b>Tablo 6-61: SWAM Operatörüne Bağlı Göreli Değerlendirme Matrisi .....</b>                                     | <b>118</b> |
| <b>Tablo 6-62: SWGM Operatörüne Bağlı Göreli Değerlendirme Matrisi.....</b>                                      | <b>119</b> |
| <b>Tablo 6-63 SWAM Operatörüne Bağlı Değerlendirme Puanları ve Sıralama.....</b>                                 | <b>119</b> |
| <b>Tablo 6-64: SWAM Operatörüne Bağlı Değerlendirme Puanları ve Sıralama .....</b>                               | <b>119</b> |

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

| Simgeler | Açıklama                                                |
|----------|---------------------------------------------------------|
| U        | : Seçim evreni                                          |
| $\mu$ :  | : Küresel bulanık kümelerde kümeye üyelik derecesi      |
| $\nu$    | : Küresel bulanık kümelerde kümeye üye olmama derecesi  |
| $\pi$ :  | : Küresel bulanık kümelerde belirsizlik üyelik derecesi |
| $\Phi$   | : Eşik fonksiyonu                                       |
| $\alpha$ | : Eşik parametresi                                      |
| $\xi$    | : Yakınlık katsayısı                                    |

| Kısaltmalar | Açıklama                                                                                                            |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ÇKVV        | : Çok kriterli karar verme                                                                                          |
| AHP         | : Analitik hiyerarşi prosesi (Analytical Hierarchy Process)                                                         |
| TOPSIS      | : İdeal çözüme benzerlik yoluyla tercih sıralaması (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) |
| CODAS       | : Birleştirilebilir uzaklık tabanlı değerlendirme (Combinative Distance-based Assessment)                           |
| ICAO        | : Uluslararası sivil havacılık örgütü (International Civil Aviation Organization)                                   |
| IATA        | : Uluslararası hava taşımacılığı birliği (International Air Transport Association)                                  |
| DHMI        | : Devlet hava meydanları işletmesi                                                                                  |
| THY         | : Türk Hava Yolları                                                                                                 |
| İHT         | : İkili hava taşıma (Bilateral Agreements)                                                                          |
| LCC         | : Düşük maliyetli taşıyıcılar (Low Cost Carriers)                                                                   |
| AB          | : Avrupa Birliği                                                                                                    |
| SHGM        | : Sivil havacılık genel müdürlüğü                                                                                   |
| RASG        | : Avrupa Kuzey Atlantik bölgesel havacılık emniyet grubu                                                            |
| ECAC        | : Avrupa sivil havacılık konferansı (European Civil Aviation Conference)                                            |
| JAA-TO      | : Müşterek havacılık otoriteleri-eğitim organizasyonu (Joint Aviation Authorities – Training Organization)          |
| ACI         | : Uluslararası havaalanları konseyi (Airports Council International)                                                |

|           |                                                                                                                                                     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EASA      | : Avrupa havacılık emniyeti ajansı (European Union Aviation Safety Agency)                                                                          |
| ERAA      | : Avrupa bölgesi havayolları birliği (European Regions Airline Association)                                                                         |
| RAA       | : Bölgesel havayolu birliği (Regional Airline Association)                                                                                          |
| IFS       | : Sezgisel bulanık kümeler (Intuitionistic Fuzzy Sets)                                                                                              |
| SFS       | : Küresel bulanık kümeler (Spherical Fuzzy Sets)                                                                                                    |
| SF-AHP    | : Küresel bulanık analitik hiyerarşi prosesi (Spherical Fuzzy-Analytical Hierarchy Process)                                                         |
| SF-TOPSIS | : Küresel bulanık ideal çözüme benzerlik yoluyla tercih sıralaması (Spherical Fuzzy-Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) |
| SF-CODAS  | : Küresel bulanık birleştirilebilir uzaklık tabanlı değerlendirme (Spherical Fuzzy-Combinative Distance-Based Assessment)                           |

# 1. GİRİŞ

Günümüzde havacılık sektörü, dünyadaki ekonomik ve siyasi dengelerde rol oynayan önemli bir güç konumundadır. Her geçen gün artan ulaşım ağıyla birlikte, hizmet verdiği alanlar da artmakta ve sürekli bir büyüme göstermektedir. Değişen sosyal yapının neden olduğu alışkanlıklar yolcu potansiyelini, doğal bir etki ile düzenlenen uçuş şekillerini de revize etmektedir. Böylece havayolu ulaşım yapısı, yeni operasyon biçimleri eklenerek gelişmektedir. Değişen bu yapı ile oluşan bölgesel havayolu taşımacılığı, gelişmesi ve düzenlenmesi zaman alsa da son çeyrek yüzyılda özellikle Avrupa ve Amerika'da havacılık operasyonlarına yeni bir soluk getirmektedir. Bölgesel havacılık; genellikle büyük havalimanlarının olduğu, merkez konumdaki bölgelerle daha az ulaşım talebinin olduğu küçük yerleşim yerleri arasında, az kapasiteli bölgesel turboprop<sup>1</sup> veya turbojet<sup>2</sup> uçaklarla yapılan havayolu taşımacılığı olarak tanımlanabilmektedir.

Dünyada bölgesel havayolu taşımacılığı yapan havayolu işletmesi sayısı çok sayıda olmasına rağmen Türkiye'de henüz mevcut bir işletme bulunmamaktadır. Bölgesel nitelikli kurulan tek havayolu işletmesi olan Borajet Havayolları'nın iflası üzerine bölgesel havacılık, ülkemizde askıya alınmış bir konu olarak kalmıştır. Pek çok sebebe bağlanabilecek bu durumun, hizmet sağlayıcı olan havayolu işletmeleri ile yolcular arasında doğru tanımlamalar yapıldığı takdirde olumlu hale çevrilip etkin bir havacılık modeli olarak işletilmesi kaçınılmazdır. Henüz operasyon yapılmayan bu alanda atılacak tutarlı adımlar, Türk havacılığı açısından da önem arz etmektedir. Havacılık ekonomisine ciddi etkisi olan bölgesel havacılık ile, ABD merkezli bölgesel taşıyıcılar hem yaptığı operasyonlarla hem de sağladığı iş imkanları ile 134 milyar dolar yıllık kazanç sağlamaktadır [6]. Ekonomiye olan bu ciddi katkı, Avrupa ve ABD'de oldukça yaygın olan bu havacılık operasyonunun gerekliliğini gözler önüne sermektedir.

Bu çalışma kapsamında; havayolu ulaşımının tarihçesi, dünyada ve Türkiye'de mevcut durumun değerlendirilmesi yapılarak bazı sayısal verilere yer verilmiştir. Ayrıca havacılık alanında etkili uluslararası kuruluşlar açıklanmıştır. Havayolu işletmesi kavramına değinilmiş ve işletmeler arasında sınıflandırılma yapılmıştır.

---

<sup>1</sup> Pervaneyi döndürmek için jet motoru kullanan motordur. Turboprop'lar, tipik bir jetten daha az rakımlarda ve daha düşük hızlarda göreceli verimliliklerinden dolayı genellikle bölgesel ve ticari uçaklarda kullanılır.

<sup>2</sup> Tepkili motorlar olarak da bilinen bu motor tipi; motora giren havayı kompresörde sıkıştırarak basıncını artırıp yüksek hızda yakıt püskürtülmesi ile bu hava-yakıt karışımının motor çıkışında itme kuvveti oluşturması ile hareket prensibi ile çalışırlar. Bu sayede çok daha uzun menzillerde ve irtifalarda uçuş sağlayan motorların dezavantajı ise fazla yakıt tüketimidir.

Bölgesel havacılık bölümünde; bölgesel havacılığın gelişimi tarihsel süreç bağlamında incelenmiş olup mevcut durumu, küresel ve yerel ölçekte değerlendirilmiştir. Ayrıca Türkiye açısından bölgesel havacılık ele alınarak gelişmesinin önündeki engellere değinilmiştir. Bölgesel havayolu taşımacılığının bileşenleri olarak bölgesel havayolu işletmesi, bölgesel havalimanı ve bölgesel uçak kavramları açıklanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de faaliyet gösterecek varsayımsal bir bölgesel havayolu işletmesi için havalimanı ve uçak seçimini içeren bir karar verme aşaması olarak belirlenmiştir. Uçuş rotasını belirlemek adına; Türkiye’de faaliyet gösteren havalimanları arasından 2019 yılı taşınan yolcu sayıları baz alınarak belirlenen havalimanı alternatifleri arasından uçuş düzenlenebilecek rotaların seçimini yapmak ilk karar aşamasını oluşturmaktadır. İkinci karar aşamasında, düzenlenecek uçuşlarda kullanılabilecek bölgesel uçak modellerini belirlemek hedeflenmektedir.

Karar verme yöntemleri, işletmecilik yapılan her alanda sık kullanılan hedef-seçim yapma odaklı yöntemlerdir. ÇKKV yöntemleri ise, alternatiflere etki eden çok sayıda kriter/nitelik olduğunda kullanılan karar verme yöntemlerini içermektedir. Bu çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden AHP-TOPSIS ve AHP-CODAS yöntemleri entegre edilerek karar verme hedeflenmektedir. TOPSIS ve CODAS yönteminin her ikisinin de alternatiflerin sıralamasında çeşitli uzaklıkları baz alarak mesafeye dayalı ölçüm yapması, bu iki yöntemin çıktılarının daha rahat karşılaştırılabilmesine olanak sağlamaktadır. AHP yöntemi ise; problemi bir hiyerarşik düzende ele alarak, probleme etki eden kriter/etkenleri ve/veya alternatifleri birbiri ile karşılaştırarak çözümleme yapmaktadır. Karşılaştırmalar sonunda hem seçim alternatifleri hem de kriterler için bir ağırlık katsayısı sağlayarak önem sıralaması sunmaktadır. Çalışmada AHP yönteminden, kriterler için sağladığı katsayıları hesaplamada yararlanılmıştır.

Karar verme yöntemleri, zaman içinde farklı yorumlamalarla geliştirilmiştir. Özellikle bulanık mantığın bilim dünyasına kazandırılması üzerine hemen her ÇKKV yöntemi bu kapsamda ele alınmış ve bulanık sistemlerle entegre edilmiştir. Bulanık mantık; bir elemanın bir kümenin ya içinde kalarak üye olduğu ya da dışında kalarak üye olmadığı mantığının kullanıldığı klasik küme/Aristoteles kümesi mantığının aksine, elemanların kümeye belirli derecelerde üye olabileceği düşüncesi ile ortaya çıkarılmıştır. Dilsel anlamda tanımlanabilecek ara değerlere nümerik değerler kazandırılması ile başlayan bu yaklaşım çoğu sistemde de köklü değişikliklere neden olmuştur. Bulanık kümeler zaman içerisinde farklı biçimler kazandırılmıştır. Bu yapılardan olan ve literatüre yeni kazandırılan SFS, araştırmanın yöntemini oluşturmaktadır. Bu anlamda SF AHP-TOPSIS ve SF AHP-CODAS yöntemleri hem

havalimanı hem de uçak seçiminde kullanılarak hibrit karar verme modeli oluşturulmuştur. Yöntemlerin çıktıları, hesaplama farklılıklarını ortaya koymak amacıyla karşılaştırılacaktır.



## 2. HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI VE SEKTÖREL GELİŞİMİ

Havayolu ulaşımı sektörü, diğer ulaşım türleri arasında pek çok paydaş ile uluslararası ölçekli hizmet veren bir sektör olarak yapılanmıştır. Özellikle yaşadığımız yüzyılın son çeyreği ile değişen istek ve ihtiyaçlar, havayolu yolcu potansiyelinde de değişikliklere neden olmuştur. Bu durum havacılık sektörünün farklı modellerle gelişmesini sağlamıştır.

Sivil havacılık sektörünün geçmişten bugüne yaşadığı değişim ve evrilmeler, bu bölümde ele alınmıştır. Havayolu taşımacılık sektörünün tarihçesi, ulusal ve uluslararası ölçekli incelenerek sektörün mevcut durumu hakkında bilgi verilmiştir.

### 2.1 Havayolu Taşımacılığı Tarihçesi

Ulaşım, insanlık tarihi kadar eski bir kavram olmakla birlikte etkinliği artarak gelişim göstermiştir. İnsanların yer değiştirme kavramı olarak tanımladığı ulaşımın, o dönemlerden bugüne kadar anlamı ve yelpazesi genişlemiştir. Günümüzde ulaşım; insanların, mal ve eşyaların bir yerden başka bir yere, fayda sağlayacak ve ihtiyaçlara cevap verebilecek şekilde yer değiştirme işlemi olarak tanımlanabilmektedir. Ulaştırma ise bu ihtiyaçlara cevap vermek üzere bir araya getirilmiş fiziksel, ekonomik ve kurumsal araçların bütünü olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda; karayolu, denizyolu, demiryolu ve havayolu ile sağlanan ulaşım, sistemin sınıflandırılmasını oluşturan dört ulaşım modu olarak bilinmektedir. Ülkelere, yaşayanlarının alışkanlıklarına ve coğrafi koşullarına göre kullanım oranı değişen bu sistemler arasında havayolu ulaşımı yapısı nedeniyle en çok ilgi gören ulaşım türü olmuştur. Gerek insanların uçuş merakı gerekse gökyüzü ve daha uzakların bilinme isteği, insanları sınırsız bu alanı tanımaya ve bu yolla seyahat etmeye itmiştir.

Havacılık kavramı, havayolu kullanılarak yapılan uçuş gibi hizmet ve işlemlerin genel adını ifade etmektedir. Bununla birlikte havacılık, sivil havacılık ve askeri havacılık olarak ikiye ayrılmaktadır. Sivil havacılık ise ticari havacılık, hava çalışması ve genel havacılık olarak üç grupta incelenmektedir. Ticari havacılık; ücret karşılığında havayolu ile yolcu, kargo veya posta taşımak suretiyle gerçekleştirilen sivil havacılık faaliyetleridir. Hava çalışması ise fotoğrafçılık, arama-kurtarma, reklam gibi bazı özel nedenlerle gerçekleştirilen sivil havacılık faaliyetlerine verilen genel isimdir. Genel havacılık, tarifeli ve askeri uçuşlar hariç 5700 kg altındaki ağırlığa sahip tüm hava araçları ile yapılan havacılık faaliyetleridir. Günümüz

tanımlamasıyla ifade edilen havacılık bölümleri, zaman içerisinde meydana gelen gelişimlerle altı doldurulmuş kavramlardır.

Dünya’da sivil havacılık faaliyeti olarak anılabilecek ilk olay, 1903’te ABD’de Orville ve Wilbur Wright adlı iki kardeşin gerçekleştirdiği uçuş olarak karşımıza çıkmaktadır. Wright kardeşlerin bu uçuşu ile dünya tarihinin ilk motorlu uçuşu gerçekleştirilmiştir. Ancak bu tarihi olay, havacılıkta hızlı bir ivmeye neden olamamıştır. Teknolojinin henüz gelişmemesi ve insanların hava araçlarını güvenli bulmaması bunun en büyük nedenlerinden olmuştur. Bu olayı takiben, Birinci Dünya Savaşı’nda ilk kez askeri amaçlı uçaklar kullanılmış ve bu uçaklar daha sonra kargo uçağı olarak kullanılmaya devam edilmiştir. Bu dönemden sonra hava ulaşımının askeri ve ekonomik gücünün anlaşılması ile dünyada havacılık faaliyetlerini düzenleyen ilk adım, 1919’da 27 ülkenin imzası ile Paris Sözleşmesi’nin yapılması olmuştur. Bu sözleşme, hava seyrüseferi ile ilgili uluslararası hukukun ilk çok taraflı dokümanıdır. Bu sözleşmeyi, 1926’da imzalanan Madrid Sözleşmesi ve 1929’da imzalanan Havana Sözleşmesi izlemiştir.

İkinci Dünya Savaşı, havacılık için yeni bir kırılma noktası olmuştur. Hava araçlarının savaşta aktif kullanımı ile dünya barışını tehdit etmesi üzerine, 1944 yılında ABD’nin öncülüğünde 55 ülkenin katılımıyla Chicago’da imzalanan sözleşme tarihe Şikago Sözleşmesi olarak geçmiştir. Daha önceki uluslararası sözleşmeleri yürürlükten kaldıran bu sözleşme, uluslararası sivil havacılık faaliyetlerini düzenleme görevinin verildiği ICAO’nun kurulmasını sağlamıştır. Türkiye’nin 1945’te üyesi olduğu kurum, havacılık faaliyetlerini düzenleyen uluslararası kuralları içeren 19 Ek (Annex) ve üyesi olan 193 ülke ile günümüzde varlığını devam ettirmektedir.

Söz konusu sözleşmelerin düzenlenmesi ile daha sakin bir ortamı yakalayan havacılık sektöründe, 1958’de alanında öncü konumdaki Boeing şirketi tarafından üretilen ilk jet motorlu uçak olan B-707’nin daha sonra 1963’te B-727’nin üretilmesi ile hızla jet motorlu uçakların kullanımı yaygınlaşmıştır. Jet motorlar, hava taşımacılığına olan olumsuz bakışı kırarak uçuşların daha güvenli olmasını sağlamıştır [1-2]. İkinci Dünya Savaşı’nın etkilerinin ortadan kalkmasıyla insanların maddi olarak rahatlamaları, havayolu ulaşımına talebi gün geçtikçe arttırmıştır. Bu eğilim havacılığın daha özerk bir yapı kazanmasını sağlayan ve 24 Ekim 1978’de ABD’de çıkarılan Havayolları Serbestleşme Yasası (Airline Deregulation Act) ile taçlandırılmıştır. Havacılıkta liberalizasyon olarak da adlandırılan bu gelişme; sivil hava taşımacılığında destinasyon, kapasite, sıklık ve tarife gibi düzenlemelerin aşamalı kaldırılmasını içeren serbestleşme sürecini kapsamaktadır. Böylece diğer sektörlerle göre devletin düzenleme ve müdahaleleri altında hizmet veren havayolu taşımacılığında; devlet görevinin sadece emniyet ve hava seyrüsefer güvenliği ile sınırlandırıldığı, diğer bütün

kararların arz-talep dengesi ile verildiği etkin bir havacılık sistemi benimsenmiştir [2-3-4]. ABD’de iç hatlarda başlayan serbestleşme hareketi, kısa zamanda Avrupa’da ve tüm dünyada etkisini göstermiştir. Pek çok özel havayolu işletmesinin kurulmasıyla havacılık operasyonlarında istenilen rekabet ortamı elde edilmiştir.

Dünya tarihinde havacılık alanında bu gelişmeler yaşanırken Türkiye; geçmişten itibaren bu ulaşım modunu dikkate almış, yapılan bazı çalışmalar ile havacılık tarihini bir hayli eskiye dayandırmıştır. Tarihte bilinen ilk Türk havacılık çalışması, Osmanlı Devleti döneminde 17. yüzyılda yaşayan bilim insanı Hezârfen Ahmet Çelebi tarafından gerçekleştirilmiştir. Hezârfen, kendinin geliştirdiği kanatlar ile uçarak Türk havacılığına adını yazdırmayı başarmıştır. Yine aynı yüzyılda yaşayan Lâgari Hasan Çelebi, içi barut dolu bir fişek ile uçmayı başarmıştır. Bu çalışmaları takip eden çalışmalar görülmesine rağmen 1911-1912 yıllarında çıkan Trablusgarp Savaşı’nda uğranılan hava saldırıları, Osmanlı Devleti’ne havacılığın dünyada ne kadar geliştiğini gösteren acı bir mesaj olmuştur [5]. Dünya tarihindeki ilk hava saldırısı olarak tarihe geçen bu olaydan sonra askeri havacılık amaçlı ilk adım, bugünkü Atatürk Havalimanı’nın hemen yakınındaki Sefaköy’de, tesis olarak iki hangar ve küçük bir meydanda atılmıştır. Sonrasında meydana gelen Birinci Dünya Savaşı ve ülkenin işgali ile başlayan Kurtuluş Savaşı Dönemi sonucunda kurulan yeni devletin sermaye sıkıntısı, Türk havacılığını kısa süreli de olsa sekteye uğratmıştır.

Cumhuriyet döneminin ilk havacılık faaliyeti, 1925 yılında kurulan ve daha sonraki yıllarda Türk Hava Kurumu adını alan Türk Tayyare Cemiyeti kuruluşu olmuş ve Türk sivil havacılığının kurumsal temelleri atılmıştır. İlk sivil hava taşımacılığı ise 1933 yılında 5 uçaklık küçük bir filo ile "Türk Hava Postaları" adı ile başlatılmıştır. 1935 yılında Nuri Demirağ’ın girişimleriyle İstanbul Beşiktaş’ta uçak fabrikası, Sivas Divriği’de uçak ve motor fabrikası ile Gök Okulu kurulmuştur. Bu okul ile modern havacılık anlamında ilk adımlar atılmış ve özel sektörün havacılığa ilgisinin çekilmesi başarılmıştır. Türk Hava Kurumu, Kayseri ile Ankara Etimesgut’ta uçak ve motor üretim fabrikaları açıp üretim yaparken, Nuri Demirağ ise ilk Türk yolcu uçağını üretmeyi başarmıştır. NU/D-38 yolcu uçağı ile 1938’de “Avrupa A Klası” sınıfında birinci seçilmiş ve Türkiye bu dönemde sektörde Avrupa üçüncülüğüne yükselmiştir [2].

İkinci Dünya Savaşı’nın yaşandığı 1948-1952 yılları arası, devletler arası yaşanan siyasi çekişmeler sonucu bazı adımlar atılmıştır. Bunlardan biri olan Marshall Planı; ABD’nin ekonomik yardım politikası olup bu kapsamda Türkiye, uçak ve motor yardımı alan ülkelerden olmuştur. Bu durum, bu alanlarla üretimin durdurulmasına yol açmış ve milli havacılığın gelişimini uzun süreli bir sekteye uğratmıştır.

Milli Savunma Bakanlığı'na bağılı olarak kurulan "Havayolları Devlet İşletme İdaresi", Türkiye'de sivil havayolları kurmak ve taşıma yapmak üzere görevlendirilmiştir. 1955'te kurum, Türk Hava Yolları Anonim Ortaklığı (THY) adıyla yeniden düzenlenmiştir. 1956'da ise DHMİ Genel Müdürlüğü kurulmuş ve havalimanlarının işletmesi, hava trafik kontrol hizmeti ve havacılıkta haberleşme hizmetleri kurum bünyesinde tanımlanmıştır. Böylelikle THY'nin bayrak taşıyıcı havayolu işletmesi olması sağlanmıştır.

1954'te Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde kurulan "Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı", 1987 yılında SHGM olarak günün koşullarına göre yeniden teşkilatlandırılmıştır. 2005 tarihine kadar Ulaştırma Bakanlığının ana hizmet birimi olan SHGM, bu tarihte yürürlüğe giren kanun ile finansal açıdan özerk hale gelmiş ve şu anki yönetim yapısına ulaşmıştır.

Devlet eliyle havacılık düzenlemelerinin yaşandığı bu dönemde özel sektörde de Türk havacılığı adına olumlu gelişmeler yaşanmıştır. 1958 yılında Türkiye'nin ilk özel yer hizmetleri şirketi olan Çelebi Hava Servisi kurularak hava taşımacılığının aktif hale gelmesi adına havacılık bileşenleri bir araya gelmeye başlamıştır [7]. Ancak tüm bu gelişmelere rağmen, Türk havacılığı 1983'e kadar yavaş ilerleyen bir yapıya sahip olmuştur. Bu tarihte alınan serbestleşme kararı, havacılığa yeni bir soluk getirmiştir.

### **2.1.1 Dünya'da Havayolu Taşımacılığının Mevcut Durumu**

Dünya tarihi açısından havacılık çalışmaları daima önemli olmuş, havacılık ülkelerin birbiri ile sürekli rekabet ettiği bir alan konumunda olmuştur. Her ne kadar bireysel adımlar atılsa da havacılığın küresel bir yapıda olması ve ancak bu yapı üzerine gelişme eğilimi göstermesi, ülkelerin birlikte hareket etme zorunluluğunu getirmiştir. İkinci Dünya Savaşı sonrası ICAO'nun kurulması ile uluslararası bir standart kazanan havacılık, Şikago Sözleşmesi ile ekonomik düzenlemelerde geçerli olacak bir standart belirleyememiştir. Bu durum, bu yıllarda ortaya çıkan ülkeler arası ikili havacılık anlaşmalarına neden olmuş ve küresel havacılık farklı bir döneme girmiştir. İki ülke arasında imzalanan bu İHT Anlaşmaları ile ülkeler karşılıklı olarak; hangi pazarlara erişilebileceği ve bu pazarlara girecek havayolu işletmelerinin sayısını ve yapısını, söz konusu pazarlardaki hizmet fiyatını ve yapılacak üretimin hacmini belirleme fırsatı yakalamışlardır. Dünya'da ilk örneği 1946'da ABD ile Birleşik Krallık arasında görülmüştür. Türkiye ise yine aynı tarihte ilk İHT Anlaşması'nı Birleşik Krallık ile gerçekleştirmiştir.

Dünya'da havayolu taşımacılık sisteminin bugünkü yapısını almasında en etkili olay 1978 yılında ABD'de çıkarılan serbestleşme yasası olmuştur. Serbestleşme sonrasında;

1940’lardan beridir büyük oranda devlet denetiminde olan havacılık sisteminde, artık özel sektörde olan kurumların etkisinin daha hissedileceği yeni ve parlak bir dönem başlamıştır. Rekabet edilebilirlik açısından daha adil bir ortama kavuşan havacılıkta ilk etki, pek çok özel havayolu işletmesinin kurularak operasyonlarına başlaması olmuştur. Böylece, havayolu işletmelerinin artışı bilet fiyatlarında düşüşü sağlayarak havayolu ulaşımını daha çekici hale getirmiştir.

Deregülasyon yasası sonrası, sektörde uzun süredir var olan havayolu işletmelerinin sektöre giren yeni rakiplerine karşı ilk hamlesi, çok fazla kar elde edemediği hatlardaki uçuşlarını durdurmak olmuştur. Bu büyük işletmelerin, nispeten daha küçük ve az kar getiren hatlardan çekilmesi bölgesel havacılığın başlamasında da büyük etkiye sahiptir. Yine bir diğer etki ile noktadan noktaya yapılan uçuşlar yerine, maliyetleri azaltmak amacıyla belirli havalimanlarını merkez tahsis ederek daha çok doluluk oranına ulaşma kararı alınmıştır. Serbestleşmenin dünya havacılığına kazandırdığı bir diğer önemli açılım; pazara yeni girecek olan havayolu işletmelerinden daha önce kurulan büyük havayolu işletmelerinden istenen bazı standartların sağlanma zorunluluğunun kaldırılmasıdır [8]. Böylece esneyen kriterler bugün dünyada yapılan havacılık operasyonlarının büyük çoğunluğunu oluşturan LCC havayolu işletmelerinin kurulmasını sağlamıştır. Uçuş maliyetlerini düşürmek amacıyla sunulan hizmetlerin kalitesini düşürme politikası izleyen bu havayolu işletmeleri sayesinde, yolcuların 1977-1992 yılları arasında bilet fiyatlarına harcayacakları yaklaşık 100 milyar Amerikan dolarını tasarruf edebildiği tahmin edilmektedir [8-9].

ABD’de başlayan serbestleşme/deregülasyon hareketi Avrupa’da yaklaşık on yıl sonra görülmüş ve ilk olarak 1987’de daha sonra ise 1990 ve 1992’de çıkarılan yasalarla uygulamaya geçirilmiştir. Bu yasanın getirdiği olumlu havanın yanında, uçuş düzenlenecek rotalarda devlet garantisinin kalkması ile yoğun rekabetin yaşandığı sektörde alınan yanlış kararlar, çoğu havayolu işletmesinin iflasına neden olmuştur. 1978’de ABD’de lider konumdaki havayolu işletmesi sayısı altı iken 1991 yılında bu sayı üçe düşmüştür [8-9]. Ancak ABD pazarındaki bu kötü etki Avrupa’da yaşanmamıştır. Ortak bir havacılık pazarının sağlıklı bir yasa sistemi ile oluşturulduğu AB ülkelerinde havayolu işletmeleri arasında yapılan işbirliği anlaşmaları, işletmelerin iflasının önüne geçmiştir. Hollanda merkezli kurulan KLM havayollarının Fransa’nın bayrak taşıyıcı havayolu işletmesi olan Air France ile yaptığı işbirliği sayesinde iki işletme de varlığını hala koruyabilmektedirler [8].

Havayolu taşımacılığı sektörünün gelişiminde, pek çok ülke paydaş konumunda olmaktadır. Bu durum küresel nitelikli bu sektörü; yaşanan askeri, siyasi veya olağanüstü her duruma karşı oldukça kırılgan bir yapıda kılmaktadır. Serbestleşme ile başlayan sektörel atılım;

1991’de yaşanan Körfez Savaşları, 1998’de yaşanan Asya Krizi, 2001’de ABD’de gerçekleşen 11 Eylül terör saldırıları gibi saldırılar ve savaşlarla ciddi duraklamalar yaşamıştır. Ayrıca dünya genelini etkileyen; 2003 yılında ortaya çıkan Asya kökenli SARS virüsü, 2005-2008 yılları arasında etkili olan Kuş Gribi (H5N1) ve son olarak 2019 yılının sonunda Çin’de ortaya çıkan ve tüm dünyaya yayılan COVID-19 pandemisi havacılık sektörünü olumsuz etkilemiştir. Bu duraklamaların en büyüğü, COVID-19 salgınına kadar 11 Eylül saldırısındaki 5 milyon yolcu kaybı olarak bilinirken salgınla birlikte havacılık tarihinde görülmemiş bir duraklama yaşanmıştır. 2020 Nisan ayı ile birlikte başlayan uçuş yasakları ve kısıtlamalar sektörün içinde bulunduğu durumu daha da içinden çıkılmaz hale getirmiştir. Havacılıkla ilgili uluslararası kuruluşların üzerine düşeni yapmasına rağmen, havacılık operasyonlarında çok ciddi oranlarda azalma yaşanması engellenememiştir. Bu küresel krizin bir çıktısı olarak; taşınan yolcu sayısı 2019 yılında 4,486 milyon kişi iken 2020 yılında bu sayı %59,7’lik bir kayıpla 1,807 milyon kişi olmuştur. 2019 yılında RPK<sup>3</sup> 8,685 milyar km iken 2020 yılında %65,6’lık bir düşüşle 2,986 milyar km olarak kaydedilmiştir [14-16]. Pek çok havayolu işletmesinin iflasına neden olan pandemi, 2019 yılında havayolu taşımacılığı operasyonlarından elde edilen gelir 841 milyar Amerikan doları iken 2020 yılı sonu itibari ile 469 milyarlık kayba neden olarak elde edilen gelir 372 milyar olarak açıklanmıştır [13]. Durma noktasına gelen havacılık sektörünü hayatta tutma adına her ülke, taşıyıcılarına mali yardımlar sağlamıştır. Bu kapsamda havayolu işletmeleri Kuzey Amerika’da bir önceki yıl elde ettikleri gelirlerin %25’i, Avrupa’da ise %15’i kadar yardım almışlardır. Bu durum Latin Amerika, Orta Doğu ve Afrika gibi az gelişmiş ülkelerin olduğu bölgelerde ise %1’i geçememiştir [10-11]. Ayrıca 2020 yılında 16,900 milyon uçak trafiği kaydedilmiştir. Taşınan toplam yük (kargo+posta+bagaj) ise 55,900 milyon ton olarak gerçekleşmiştir [13].

Dünya hala COVID-19 pandemisinin etkileri altında iken toparlanma dönemine giren havacılık sektörü, sağladığı ekonomik ve sosyal faydalarla hem bireysel hem de küresel etki yaratmaya devam etmektedir. Bu durum havacılığın özerk ve bağımsız değil aksine paydaş olduğu sektörlerle gelişmesinin bir sonucudur. ATAG<sup>4</sup> tarafından yayınlanan 2020 yılı havacılık sektörü verilerine göre COVID-19’un sebep olduğu olumsuz etki göz ardı edilirse; 2020 yılı itibariyle hava taşımacılığı operasyonlarının dünya ekonomisine olan; doğrudan katkısı 961,3 milyon dolar, dolaylı katkısı 816,4 milyon dolar, uyarılmış katkısı 692,8 milyon

---

<sup>3</sup> Revenue Passenger Kilometres (RPK), ücretli yolcu-km anlamına gelip ücretli olarak taşınan yolcu sayısı ile uçulan km’nin çarpılmasıyla elde edilir.

<sup>4</sup> Ticari havacılık faaliyetlerinin müşterek yürütülmesi adına uzmanlar tarafından kurulmuş bir platformdur. Üyeleri arasında Boeing, Airbus, ATR gibi uçak üretimi yapan şirketler ile IATA gibi uluslararası havacılık kuruluşları yer almaktadır.

dolar ve katalizör katkısı 1 trilyon dolar olup toplam etkisi 3,5 milyar dolardır [12]. Havacılığın ekonomiye doğrudan katkısı havacılık operasyonlarından elde edilen direkt gelir olup; hava taşıyıcılarından, havalimanı/yer/seyrüsefer hizmetlerinden ve sivil hava aracı üretiminden (gövde, motor veya ekipman) kaynaklanan getiridir. Havacılığın ekonomiye olan dolaylı katkısı, yolcu ve taşıyıcıların direkt havalimanlarındaki uçuş harcamaları dışındaki yiyecek/içecek, konaklama gibi faaliyetleri ile elde edilen gelirlerdir. Uyarılmış ekonomik etki, doğrudan ve dolaylı ekonomik etkinin içinde olup yararlananların bu hizmetleri verebilmek adına yaptıkları harcamaların sebep olduğu bir katkıyı ifade eden gelirlerdir. Havacılığın katalizör etkisi ise en az havacılığın direkt getirileri kadar önemli olup etkilediği sektörlerden elde edilen gelirleri ifade etmektedir.

Hava ulaşımı sektörü ekonomiye olan domino etkisi ile istihdam açısından da önem arz etmektedir. Hava taşımacılığı sektörü günümüzde (normal dönem koşulları altında); 11,3 bin kişiye doğrudan, 18,1 bin kişiye dolaylı, 13,5 bin kişiye uyarılmış etki ile ve 44,8 bin kişiye ise katalizör etkisi ile iş imkânı sağlayarak toplamda 87,7 bin kişiye istihdam sağlamaktadır [12].

Havayolu işletmelerinin 2020 yılı taşınan yolcu sayısı, RPK ve operasyonel gelir değerlerinin bölgelere göre dağılımı Tablo 2-1 ile aşağıda verilmiştir.

**Tablo 2-1:** 2020 Yılında Taşınan Tarifeli Yolcu Trafikinin Bölgelere Göre Dağılımı [13-14]

| Bölgeler      | Taşınan Yolcu Sayısı |                          | RPK    |                          | Operasyonel Gelir                |                                         |
|---------------|----------------------|--------------------------|--------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
|               | Kişi (milyon)        | Dünya trafiğinde yüzdesi | Milyar | Dünya trafiğinde yüzdesi | Net kâr (Milyar Amerikan doları) | Faaliyet kâr marjı <sup>5</sup> (yüzde) |
| Kuzey Amerika | 402                  | 22,2                     | 672    | 22,5                     | -35.1                            | -30                                     |
| Avrupa        | 390                  | 21,6                     | 716    | 24                       | -34.5                            | -30                                     |
| Asya-Pasifik  | 781                  | 43,2                     | 1.145  | 38,4                     | -35.0                            | -27                                     |
| Ortadoğu      | 77                   | 4,3                      | 228    | 7,6                      | -7.9                             | -19                                     |
| Latin Amerika | 123                  | 6,8                      | 166    | 5,6                      | -11.9                            | -33                                     |
| Afrika        | 34                   | 1,9                      | 59     | 1,9                      | -0.3                             | -19                                     |
| Toplam        | 1.807                | 100                      | 2.986  | 100                      | -126.4                           | -28                                     |

<sup>5</sup> EBIT (Faiz ve vergi öncesi kazanç) marjı olarak da bilinen hesaplama ile işletmelerin ana faaliyetlerinin karlılığı ölçülür. İşletme net gelir/kârından faiz ve vergi giderleri düşülerek toplam satışa bölünmesi ile bulunur ve yüzde ile ifade edilir.

Tablo 2-1 ile görüldüğü üzere; 2020 yılında dünyada havayolu ile taşınan yolculardan 781 bini Asya-Pasifik bölgesi tescilli havayolu işletmeleri tarafından gerçekleştirilirken bölge %43'lük hacim ile en fazla trafiğin gerçekleştirildiği bölge olmuştur. Sıralamayı, %22 yolcu trafiği ile Kuzey Amerika'da ve %21 yolcu trafiği ile de Avrupa izlemiştir. Söz konusu yolcu sayıları RPK değerlerinde de aynı sıralamayı sağlamıştır ve Asya-Pasifik 1,145 milyarlık hacimle havacılıkta zorlu geçen pandemi etkilerini bertaraf etmeyi başarmıştır. Özellikle bölgede yer alan Çin, 2020 yılı mart ayına kadar düşüş yaşadığı uçuş sayılarında bu ay sonrası özellikle yurt içi uçuşlarında artışı yakalamıştır [17]. Ayrıca gerçekleşen RPK'nın %72'si geleneksel havayolu işletmeleri (Traditional/Legacy Carriers), %25'i LCC havayolu işletmeleri ve %2'si ise tarifeli, tarifesiz veya charter sefer yapan tatil/eğlence veya iş amaçlı uçuş düzenleyen havayolu işletmeleri (Leisure Airline) tarafından gerçekleştirilmiştir [14]. Son 5 yıl içinde ücretli yolcu-km başına düşen gelir olan RRPK<sup>6</sup>, ortalama 8 dolar iken 2020 yılı itibarıyla yolcu başına 71,7 dolarlık kayıp olarak kaydedilmiştir. Bu kayıp ise sektöre toplamda 126,4 milyonluk bir ekonomik kayba ve %28'lik havayolu taşımacılık faaliyetleri kâr marjında düşüşe karşılık gelmiştir [13].

Tablo 2-2 ile 2020 yıl sonu ICAO istatistiklerine göre dünyanın en büyük 15 havayolu işletmesine ait taşınan yolcu sayısı, RPK, filo bilgisi ve net karları verilmiştir [14-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31].

---

<sup>6</sup> İngilizce Revenue per Revenue Passenger Kilometres (RRPK), toplam yolcu gelirinin RPK ile bölünmesiyle hesaplanır.

**Tablo 2-2:** 2020 Yılı Dünyanın En Büyük 15 Havayolu İşletmesinin Yolcu Sayısı, RPK, Uçak Sayısı ve Net Kâra Göre Sıralaması

| Sıra | Havayolu İşletmeleri                             | Yolcu Sayısı (bin) | Sıra | Havayolu İşletmeleri | RPK (Milyon) | Sıra | Havayolu İşletmeleri  | Uçak sayıları <sup>7</sup> | Sıra | Havayolu İşletmeleri | Net Kâr (Milyon Amerikan Doları) |
|------|--------------------------------------------------|--------------------|------|----------------------|--------------|------|-----------------------|----------------------------|------|----------------------|----------------------------------|
| 1    | China Southern                                   | 96.856             | 1    | China Southern       | 153.440      | 1    | American <sup>8</sup> | 1.399                      | 1    | American             | 17.337                           |
| 2    | American <sup>9</sup>                            | 95.324             | 2    | American             | 147.778      | 2    | United                | 1.287                      | 2    | Delta                | 17.095                           |
| 3    | China Eastern                                    | 74.621             | 3    | United               | 118.903      | 3    | China Southern        | 851                        | 3    | Lufthansa Group      | 15.945                           |
| 4    | Air China                                        | 68.687             | 4    | Delta                | 118.145      | 4    | Lufthansa Group       | 757                        | 4    | United               | 15.355                           |
| 5    | United                                           | 57.760             | 5    | Air China            | 109.830      | 5    | China Eastern         | 734                        | 5    | China Southern       | 14.311                           |
| 6    | Delta                                            | 55.069             | 6    | China Eastern        | 107.723      | 6    | Southwest             | 718                        | 6    | THY                  | 13.248                           |
| 7    | Southwest                                        | 54.088             | 7    | AF-KLM               | 91.040       | 7    | Air China             | 707                        | 7    | AF-KLM               | 11.482                           |
| 8    | Lufthansa Group                                  | 36.354             | 8    | Southwest            | 87.260       | 8    | Delta                 | 561                        | 8    | Air China            | 10.746                           |
| 9    | Air France-KLM (AF-KLM)                          | 34.065             | 9    | IAG                  | 72.262       | 9    | AF-KLM                | 540                        | 9    | IAG                  | 9.162                            |
| 10   | International Airlines Group (IAG) <sup>10</sup> | 31.275             | 10   | Lufthansa Group      | 69.462       | 10   | IAG                   | 533                        | 10   | China Eastern        | 9.080                            |
| 11   | Aeroflot <sup>11</sup>                           | 30.200             | 11   | Aeroflot             | 68.000       | 11   | Aeroflot              | 342                        | 11   | Southwest            | 9.048                            |
| 12   | LATAM Airlines Group                             | 28.300             | 12   | Hainan Airlines      | 64.000       | 12   | THY                   | 341                        | 12   | Emirates             | 8.230                            |
| 13   | THY                                              | 27.950             | 13   | THY                  | 53.249       | 13   | LATAM                 | 300                        | 13   | Hainan               | 4.467                            |
| 14   | Hainan Airlines                                  | 18.697             | 14   | LATAM                | 42.624       | 14   | Emirates              | 259                        | 14   | LATAM                | 4.335                            |
| 15   | Emirates                                         | 6.600              | 15   | Emirates             | 28.400       | 15   | Hainan Airlines       | 214                        | 15   | Aeroflot             | 763                              |

<sup>7</sup> Verilere, havayolu işletmelerinin filolarında bulunan kargo uçakları dahil edilmemiştir.

<sup>8</sup> Uçak sayılarına geçici olarak depoda bulunan 22 adet B737-800 yolcu uçağı dahil edilmiştir.

<sup>9</sup> American, United, AF-KLM ve Lufthansa havayolu işletmelerine ait veriler, işletme markası altında operasyon veren bölgesel ve LCC havayolu işletmelerinin verilerini de içeren toplam rakamları ifade etmektedir.

<sup>10</sup> IAG; British Airways, Aer Lingus, Iberia ve Vueling havayollarının birleşmesi ile oluşan çok uluslu havayolu işletmesidir ve veriler bu havayolu işletmelerinin verilerini de içermektedir.

<sup>11</sup> Veriler Aeroflot Grup İştiraki adına LCC hizmet veren Pobeda ile bölgesel ve charter operasyonlar düzenleyen Rossiya havayolu işletmeleri verilerini de içermektedir.

ICAO tarafından açıklanan resmi verilere göre 2019 yılı sonu itibariyle ticari havacılık operasyonlarında toplam 31.023<sup>12</sup> uçak kullanılmıştır. Kullanılan uçakların %10,4'ü turboprop motorlu uçaklar olup 3.233 adet iken %89,6'sı jet motorlu uçaklardan oluşmaktadır ve sayısı 27.790'dır [15]. Bu uçakların yanında; bölgesel havacılık operasyonlarında kullanılan jet motorlu bölgesel uçakların (Regional Jets/RJ) sayısı 3.222'dir.

Havacılığın diğer taşımacılık modlarına göre sağladığı mobiliteye rağmen çevreye olan olumsuz etkileri daima tartışılmıştır. Ancak günümüzde gelişen teknoloji ile bu etkiyi en aza indirebilmek mümkün olmaktadır. 1950'lerdeki ilk jet uçağının kullanımından bugüne, koltuk kilometre başına düşen CO<sub>2</sub> emisyonları %80 oranda azaltılmıştır. Yine ilk jetlerin kullanıldığı dönemlerle karşılaştırılırsa; havacılık operasyonlarının neden olduğu gürültü kirliliğinde %75 oranda azalma yaşanmıştır [12]. Bu gelişmelerle birlikte küresel bir sektör olarak havayolu ulaşımı, dünya üzerindeki etkisini artırarak hızla büyümeye devam edeceği mesajını vermektedir.

### **2.1.2 Türkiye'de Havayolu Taşımacılığının Mevcut Durumu**

Türk sivil havacılığının ivme kazanması ve bugünkü yapısını alması uzun zaman almıştır. Özellikle Cumhuriyetin ilk yıllarından sonra daha dikkate alınan Türk havacılık sektöründe ilk önemli adım, 1933'te temelleri atılan THY'nin kurulması olmuştur. Türkiye'nin ilk havayolu işletmesi olan THY 1947'de Ankara-İstanbul-Atina seferleri düzenleyerek ilk kez tarifeli dış hat seferlerini gerçekleştirmiştir [7]. Kurulduğu tarihten bugüne dünyanın en çok bölgeye uçuşu olan havayolu işletmesi olarak THY; 127 ülke, 319 şehir ve 324 destinasyona sahip uçuş ağı ile dünyanın pek çok noktasını birbirine bağlamaya devam etmektedir [27].

1950'li yıllardan sonra çok ciddi gelişme gösteremeyen Türk sivil havacılığında bir diğer önemli gelişme 1973'te kurulan Türk Uçak Sanayii A.Ş.'nin (TUSAŞ) kurulması olmuştur. Kurum, Türk savunma sanayisinde dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla kurulmuş ve böylece yerli havacılık sanayisinin temelleri atılmıştır. Daha sonra Türk Hava Kuvvetleri'nde savaş uçağı olarak kullanılacak F-16 uçaklarının üretimi yapmak üzere TUSAŞ tarafından 1984'te Ankara'da TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. (TAI), Türk-ABD ortak yatırım şirketi olarak kurulmuş ancak 2005'te tamamen Türk hissedarlar tarafında satın alınarak iki kurum TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. adı ile birleştirilmiştir. Yine 1985'te

---

<sup>12</sup> Maksimum kalkış ağırlığı (Maximum Take-off Weight/MTOW) 9.000 kg ve üzerinde olan aktif kullanılan ve park halinde bekletilen ticari uçakların sayısını ifade etmektedir.

Eskişehir’de kurulan TUSAŞ Motor Sanayii A.Ş. (TEI), uçak motor ve parçaları üretmeyi amaçlamış ve günümüzde bu görevini başarıyla yerine getirmektedir.

THY’nin kurulmasından sonra her ne kadar sivil havacılıkta atılımlar olsa da rekabetin yeteri kadar olmaması nedeniyle yaşanan sektörel tekelleşme, gelişmeyi engellemiştir. Bu nedenle Türk havacılığı 1983’te 2920 sayılı ‘Türk Sivil Havacılık Kanunu’ ile serbestleşmeyi yasalaştırmıştır. Yasa üzerine sektöre çok sayıda özel havayolu işletmesi girerken bu işletmeler daha çok yurt dışı charter uçuş pazarına yönelmişlerdir [7]. Ancak henüz yeni ve sağlam olmayan bir sistem üzerine kurulan pek çok havayolu işletmesinin iflası kaçınılmaz olmuştur. Yurt içi uçuşlarda THY ile rekabet edemeyen havayolu işletmelerinin borçlanma ve akabinde gelen iflaslarının sektöre daha fazla zarar vermemesi adına ‘SHY 6A Yönetmeliği’nde pazara giriş için yeni düzenlemeler getirilmiştir. 1990’lı yılların başında yaşanan bu düzenleme ile serbestleşme hareketi 2003 yılına kadar kısmen gölgede kalmıştır. Bu yılda yapılan yeni düzenlemeler ile ilk kez Fly Havayolları ile özel sektörün iç hatlarda yolcu taşımacılığı başlamıştır. Daha sonra Onur Air Taşımacılık, Atlasjet Havayolları ve Pegasus Havayolları gibi havayolu işletmelerinin de sektöre girişi ile 1995 yılında %82,4’ü THY’nin elinde olan iç hat taşımacılığında özel sektör hâkim olmaya başlamıştır [32-7]. Özellikle 2000’li yıllarla başlayan bu değişim sonucunda 2020 yılı itibariyle; Türkiye’de havayolu sektöründe taşımacılık yapan 10 havayolu işletmesi, 40 hava taksi işletmesi, 85 genel havacılık işletmesi ve 47 balon işletmesi bulunmaktadır [33]. Böylece hava taşıma işletmesi olarak toplamda 182 işletme görev almaktadır. Söz konusu 10 havayolu işletmesinden; MNG Havayolları ve Taşımacılık A.Ş., ULS Havayolları Kargo Taşımacılık A.Ş. ve MyCARGO Havayolları A.Ş. (eski adı ACT Havayolları) iç ve dış hatlarda tarifeli ve tarifesiz seferlerle hava kargo hizmeti vermektedir. 2019 yılında iflas eden Borajet ve 2020 yılı ile iflasını açıklayan Atlasjet Havayolları’nın kaybı ile geriye kalan 7 havayolu işletmesi olan; THY A.O., SunExpress Havacılık A.Ş., Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş., Onur Air Taşımacılık A.Ş., Free Bird (Hürkuş) Havayolu Taşımacılık ve Ticaret A.Ş., Corendon (Turistik) Hava Taşımacılık A.Ş. ve Tailwind Havayolları A.Ş. iç ve dış hatlarda tarifeli ve tarifesiz seferlerle yolcu ve yük taşımacılığı yapmaktadırlar. Bu havayolu işletmelerinden Onur Air ve Pegasus, LCC olarak hizmet vermektedir.

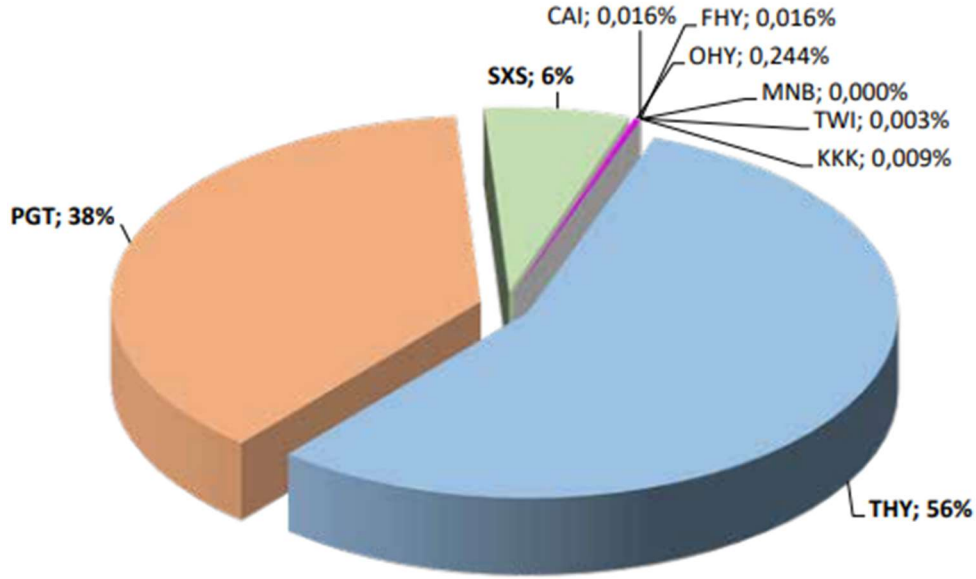
Sivil havacılık sektöründe taşımacılık yapan 10 havayolu işletmesinin operasyonlarında kullandıkları toplam 554 uçak bulunmaktadır. Bu uçakların 523’ü yolcu uçağı iken, 31’i ise kargo uçağıdır. Söz konusu uçaklar;

- THY:341
- Pegasus:93
- SunExpress:58

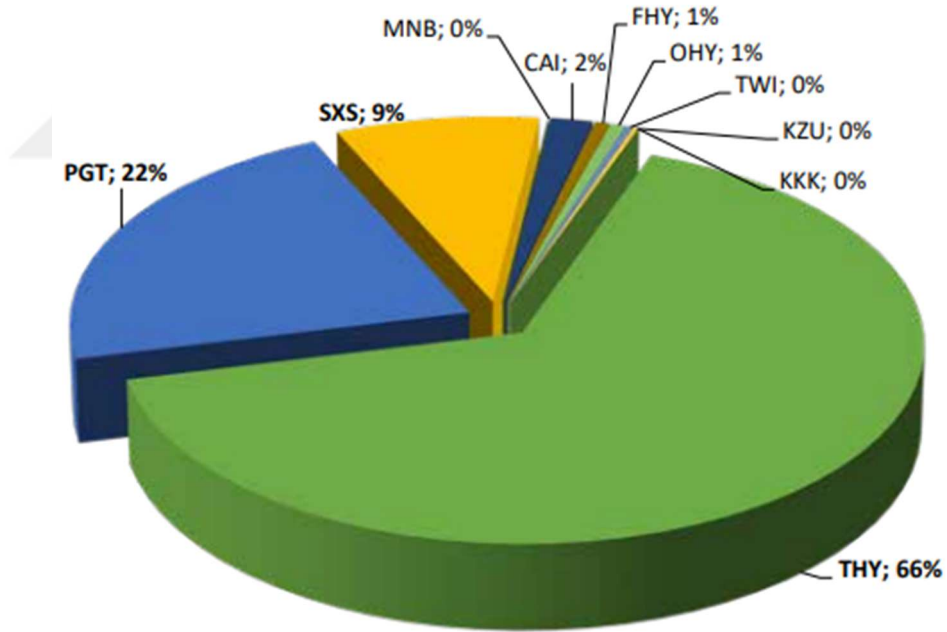
- Onur Air:23
- Free Bird (Hürkuş):8
- Corendon:13
- Tailwind:5
- MNG:5
- MyCARGO:5
- ULS:3 adet olarak havayolu işletmelerinin filolarında bulunmaktadır [34].

2020 yılı DHMİ verilerine göre Türkiye’de 2019 yılında 208.911.338 olarak kaydedilen yolcu sayısı 2020 yılında %60,83 düşüş ile 81.616.140 olmuştur. Taşınan yolcuların 49.740.303 (%50,23 düşüş) iç hatlarda 31.875.837 (%70,60 düşüş) ise dış hatlarda taşınmıştır. Ayrıca taşınan yolcu sayısına dahil edilmeyen direkt transit yolcu sayısı 87.745 olup bu sayı ile birlikte yıl sonu yolcu sayısı 81.703.685 olmaktadır. Türkiye yolcu taşımacılık adına kaydettiği bu rakamlar ile havacılık sektörü adına zor geçen 2020 yılında, ACI tarafından verilen kesinleşmemiş verilere göre dünya yolcu trafiği sıralamasında 9., Avrupa’da ise 3. sırada yer almıştır [33].

Aşağıda 2020 yılı için Şekil 2-1 ile iç hatlarda ve Şekil 2-2 ile dış hatlarda taşınan yolcu sayısının havayolu işletmelerine göre dağılımını gösteren grafikler verilmiştir. Grafiklerde ifade edilen dağılım, direkt transit yolcu sayısı haricinde ifade edilerek 81.616.140 yolcunun iç ve dış hatlardaki dağılımını göstermektedir.



**Şekil 2-1:** 2020 Yılı Türkiye’de İç Hatlarda Taşınan Yolcu Sayısının Havayolu İşletmelerine Göre Dağılımı [33]<sup>1314</sup>



**Şekil 2-2:** 2020 Yılı Türkiye’de Dış Hatlarda Taşınan Yolcu Sayısının Havayolu İşletmelerine Göre Dağılımı [33]

<sup>13</sup>Şekil 2-1 ve 2-2 için; THY-Türk Hava Yolları, KKK-AtlasGlobal, CAI-Corendon, FHY-Freebird (Hürkuş), MNB-MNG, OHY-Onur, PGT-Pegasus, SXS-Sun Express ve TWI; Tailwind havayollarını ifade etmektedir. AtlasGlobal (Atlasjet) havayolları 2020 içinde uçuşlarını durdurup iflas bildirdiği için 2020 yılı verilerinde yer almıştır.

<sup>14</sup>Şekil 2-1 ve 2-2 için; THY’nin verileri, LCC olarak hizmet veren alt marka taşıyıcısı AnadoluJet ile birlikte verilmiştir.

2020 yılı dış hat yolcu trafiğinin %68'i yerli havayolu işletmeleri tarafından taşınırken, %32'si yabancı havayolları tarafından taşınmıştır. Şekil 2-2 ile yerli havayolu işletmelerinin gerçekleştirdiği taşıma payları ifade edilmiştir. 2019'da %67 olan yerli havayolu işletmelerinin dış hatlarda yaptığı taşıma paylarının gitgide arttığı görülmektedir. Türkiye'ye operasyon yapan yabancı havayolu işletmelerinin 2020 yılı dış hat yolcu trafiği payları incelendiğinde ise en fazla yolcunun %6,9 ile Azur Air (Rusya) ve %5 ile Azur Air Ukraine tarafından taşındığı görülmüştür. Bu havayolu işletmelerinin takiben, en fazla yolcu sırayla Ukraine (%4,5/Ukrayna), Aeroflot (%4,4/Rusya), Ural (%4,4/Rusya), Jet2 (%4,2/İngiltere) ve Royal Flights (%4,1/Rusya) havayolları tarafından taşınmış olup Türkiye'ye sefer düzenleyen havayolu işletmelerinin ağırlıklı olarak Rusya'ya ait olduğu görülmektedir [33].

Şekil 2-1 ve 2-2 incelendiğinde; 2020 yılı iç ve dış hatlarda taşınan yolcu sayısında en fazla paya sahip havayolu işletmesinin sürpriz olmayacak şekilde THY olduğu görülmektedir. Türkiye'nin bayrak taşıyıcı havayolu işletmesi olan THY; iç hat yolcu trafiğinin %56'sını taşırken dış hatlarda ise %66'sını taşımıştır. Pegasus; iç hatlardaki trafiğin %38'ini, dış hatlarda ise %22'sini taşıyarak en fazla paya sahip ikinci havayolu işletmesi olmuştur.

2020 yılı ile iç hat yolcu trafiği havalimanları açısından değerlendirildiğinde; önemli bir bölümü Türkiye'de bulunan operasyonel hacmi en fazla olan havalimanlarından Sabiha Gökçen (%23), İstanbul (%15), Esenboğa (%9) ve İzmir Adnan Menderes (%9) Havalimanlarında gerçekleşirken dış hat yolcu trafiği ise benzer şekilde İstanbul (%50), Antalya (%21) ve Sabiha Gökçen (%17) Havalimanlarından gerçekleşmiştir [33].

2019 yılında 1.556.417 olan toplam uçak trafiği 2020 yılında %45,15 düşüş ile 853.750 olarak gerçekleşmiştir (Overflight<sup>15</sup> uçuşlar hariç). İç hat uçak trafiği önceki yıla göre %31,78 düşerek 572.994 ve dış hat uçak trafiği ise %60,82 düşerek 280.756 olarak kaydedilmiştir. Overflight uçak trafiği ise 2019 yılında 478.013 gerçekleşirken 2020 yılında %57,86 düşüş göstererek 201.418 olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılı ticari uçak trafiği dikkate alındığında; 2019 yılında 1.308.970 olan toplam ticari uçak trafiği %53,4 düşerek, 2020 yılında 610.449 olarak gerçekleşmiştir. Bu sayının 358.317'si (%42,5 düşüş) iç hat ticari uçak trafiği iken 252.132'si (%63,2 düşüş) dış hat ticari uçak trafiği olarak gerçekleşmiştir. Ticari sefer başına yolcu sayısı ise 2019 yılında 159 kişi iken 2020 yılında %16,01 azalışla 134 kişi olmuştur [33].

2020 yılı Covid-19 pandemisinin Türk havacılık sistemini de oldukça olumsuz etkilediği ifade edilebilir. Salgının yayılma ihtimaline karşı alınan tedbirler kapsamında Türkiye; dış hat uçuşlarını 27 Mart 2020 tarihinde, iç hat uçuşları ise 3 Nisan 2020 tarihinde

<sup>15</sup>Overflight: Transit (üst geçiş) uçuş anlamına gelip bir hava aracının bir ülke hava sahasını, herhangi bir yere inmeksizin kat etmesidir.

durdurmuştur. Bu durum ile ciddi hasar alan havacılıkta salgının bir an önce giderilerek normale dönülmesi adına hava kargo ile ülkeler arası tıbbi malzeme ve ekipman taşınması sağlanmaya çalışılmıştır. Bu durum transfer nokta konumunda olan Türkiye’de gerekli önlemleri alınarak, yolcu taşıyan havayolu işletmelerince kargo taşınmasına olanak sağlamıştır. Bu düzenleme ile Türkiye’nin dünya kargo pazarında payı artmıştır. Böylece; 2019 yılında 4.090.168 ton olarak gerçekleşmiş olan yük (kargo+posta+bagaj) taşıma 2020 yılında %39,11 düşüş ile 2.491.521 ton olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılında taşınan yükün 500.551 tonu iç hatlarda (%38,89 düşüş), 1.989.970 tonu (%39,97 düşüş) dış hatlarda gerçekleşmiştir. Taşınan yük içindeki kargo trafiğine bakıldığında; 2020 yılında toplam kargo trafiği iç hatlarda 51.043 ton ve dış hatlarda 1.317.553 ton olarak toplamda 2019 yılına göre %10,10 düşüş ile 1.368.577 ton olarak gerçekleşmiştir [33].

Türkiye’de 2020 yılı itibarıyla 56 havalimanı, 80 heliport bulunmaktadır [34]. Havalimanlarına dair uçuş ve işletme bilgileri Tablo 2-3 ile verilmiştir. Özellikle İstanbul’da bulunan İstanbul ve Sabiha Gökçen Havalimanları, en fazla trafik hacmine sahip havalimanlarındandır. Bu durum EUROCONTROL tarafından yayınlanan 2020 yılı sektör analizinde vurgulanarak Avrupa’da bulunan en iyi 10 havalimanı sıralamasında İstanbul Havalimanı 5.sırada yer alırken Sabiha Gökçen ise 8.sıradan listeye dahil olmuştur [35]. Havayolu ulaşımının herkes adına daha rahat kılınması için özellikle havalimanlarında teknolojinin tüm imkanlarının kullanılması gerekmektedir. Bu anlamda SHGM tarafından başlatılan Engelsiz Havalimanı projesi kapsamında 38 havalimanı “Engelsiz Havaalanı Kuruluşu” unvanı almıştır. Ayrıca Aile, Çalışma ve Sosyal Politikalar Bakanlığı tarafından yürütülen “Erişilebilirlik İzleme ve Denetleme Yönetmeliği” kapsamında yer alan gereklilikleri yerine getirerek 25 havalimanı “Erişilebilirlik Belgesi” almaya hak kazanmıştır.

**Tablo 2-3:** Türkiye’de Bulunan Havalimanları [36-37]

| Havalimanları                   | Düzenlenen Uçuşların Niteliği | İşletim Sahipliği          |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Adana Havalimanı                | Uluslararası                  | DHMI                       |
| Van Ferit Melen Havalimanı      | Ulusal                        | DHMI                       |
| Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı    | Ulusal                        | DHMI                       |
| Amasya Merzifon Havalimanı      | Ulusal                        | DHMI                       |
| Ankara Esenboğa Havalimanı      | Uluslararası                  | DHMI                       |
| Antalya Havalimanı              | Uluslararası                  | DHMI                       |
| Alanya Gazipaşa Havalimanı      | Uluslararası                  | DHMI denetimli özel şirket |
| Aydın Çıldır Havalimanı         | Ulusal                        | DHMI denetimli özel şirket |
| Balıkesir Koca Seyit Havalimanı | Uluslararası                  | DHMI                       |
| Balıkesir Merkez Havalimanı     | Ulusal                        | DHMI                       |

**Tablo 2-3: Türkiye’de Bulunan Havalimanları [36-37] (devamı)**

|                                                |              |                                                            |
|------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|
| Batman Havalimanı                              | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Bingöl Havalimanı                              | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Bursa Yenişehir Havalimanı                     | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Çanakkale Havalimanı                           | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Çanakkale Gökçeada Havalimanı                  | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Denizli Çardak Havalimanı                      | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Diyarbakır Havalimanı                          | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Elâzığ Havalimanı                              | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Erzincan Havalimanı                            | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Erzurum Havalimanı                             | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı            | Uluslararası | Eskişehir Teknik Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksek Okulu |
| Gaziantep Havalimanı                           | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Hakkâri Yüksekova Selahaddin Eyyubi Havalimanı | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Hatay Havalimanı                               | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Iğdır Şehit Bülent Aydın Havalimanı            | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Isparta Süleyman Demirel Havalimanı            | Uluslararası | DHMI                                                       |
| İstanbul Havalimanı                            | Uluslararası | DHMI denetimli özel şirket (İGA)                           |
| İstanbul Atatürk Havalimanı                    | Uluslararası | DHMI                                                       |
| İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı              | Uluslararası | Savunma Sanayii Başkanlığı denetiminde özel şirket (HEAŞ)  |
| İzmir Adnan Menderes Havalimanı                | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Kahramanmaraş Havalimanı                       | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Kars Harakani Havalimanı                       | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Kastamonu Havalimanı                           | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Kayseri Havalimanı                             | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı                | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Konya Havalimanı                               | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Malatya Havalimanı                             | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Mardin Havalimanı                              | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Muğla Dalaman Havalimanı                       | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Muğla Milas-Bodrum Havalimanı                  | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Muş Sultan Alparslan Havalimanı                | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Nevşehir Kapadokya Havalimanı                  | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Ordu Giresun Havalimanı                        | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Samsun Çarşamba Havalimanı                     | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Siirt Havalimanı                               | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Sinop Havalimanı                               | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Sivas Nuri Demirağ Havalimanı                  | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Şanlıurfa Havalimanı                           | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı              | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanı              | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Tokat Havalimanı                               | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Trabzon Havalimanı                             | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Uşak Havalimanı                                | Ulusal       | DHMI                                                       |
| Van Ferit Melen Havalimanı                     | Uluslararası | DHMI                                                       |
| Zafer Havalimanı                               | Uluslararası | DHMI denetimli özel şirket                                 |
| Zonguldak Çaycuma Havalimanı                   | Uluslararası | DHMI denetimli özel şirket                                 |

Havayolu taşımacılığı istihdam açısından da en önemli sektör grupları arasındadır.

Türkiye’de 2020 yılı itibariyle sektörde istihdam edilen lisanslı teknik personel sayısı

15.565'tir. Bu personelden 11.840'ı pilot (helikopter ve uçak pilotları ile öğrenci pilotlarda dahil) iken 1.754 tanesi hava trafik kontrolörü olarak görev yapmaktadırlar [34].

Havacılık sektörü, olduğu ilk zamanlardan itibaren küresel nitelikli bir sektör olmuştur. Bu evrensel yapısı pek çok işbirliğini de beraberinde getirmiştir. Ülkelerin havayolu taşımacılığında pazar payını artırmak amacıyla imzaladığı Şikago Sözleşmesi ile çerçevelendirilmiş İHT anlaşmaları bunun en önemli örneklerindendir. Bu anlaşmalar ile alınan kararlar hava hakları (freedom of air) olarak ifade edilmekte olup toplamda 9 trafik hakkı bulunmaktadır. 2020 ile Türkiye ile arasında hava ulaştırma anlaşması bulunan ülke sayısı 173'tür [34]. Bu anlaşmalardan sadece ABD ile gerçekleştirilen İHT anlaşmasının "Açık Semalar/Open Skies"<sup>16</sup> özelliği taşıdığı söylenebilir [7-38].

## 2.2 Havayolu Taşımacılığında Düzenleyici Otoriteler ve Kuruluşlar

Havayolu taşımacılığının ulusal ve evrensel düzeyde devamlılığını sağlamak, denetlemek bazı ulusal/uluslararası nitelikli kurumların varlığını zorunlu kılmaktadır. Bu kurumlardan ilki olan ICAO, uluslararası sivil havacılık faaliyetlerinin emniyetli ve güvenli bir şekilde gerçekleştirmesini sağlamak amacıyla kararlar almak ile görevlidir. 1944'te ABD'nin öncülüğü ile uluslararası sivil havacılık faaliyetlerini düzenlemek amacıyla Chicago'da gerçekleşen Şikago Sözleşmesi ile kurulması kararı alınmıştır. 1947'de ise 52 ülkenin taraf olmasıyla kurulmuştur. Merkezi Montreal'dir (Kanada). Türkiye'nin 1945'te üyesi olduğu kuruluşa halihazırda üye olan ülke sayısı 193'tür.

Diğer bir uluslararası kuruluş olan IATA; uçuşların emniyetli, güvenli ve daha ekonomik olmasını sağlamak amacıyla 1945'te kurulmuştur. Merkezi Montreal'dir. Havayolu işletmeleri adına; tarifelerin belirlenmesi, uçuş frekanslarının saptanması gibi kararları alan kurumun günümüzde 140 ülkeden 270 havayolu işletmesi üyesi bulunmaktadır. Türkiye'nin de ilişkide olduğu kuruluşlar arasında bulunan IATA'ya üye olan Türk havayolu işletmeleri arasında; THY, Onurair ve Pegasus Havayollarının yanı sıra SunExpress gerekli kriterleri sağlayarak dördüncü üye olmuştur.

RASG, ICAO'nun havacılık emniyeti ile ilgili aldığı kararların Avrupa bölgesindeki uygulamalarını izlemekle görevli olan uluslararası bir kuruluş olup 57 üyeye sahiptir.

---

<sup>16</sup> Bu anlaşma, Soğuk Savaş döneminden sonra Doğu ve Batı blokları arasında güven ve istikrarı geliştirmek amacıyla açıklık ilkesinden hareketle 1992 yılında Helsinki'de imzalanmıştır. Bu anlaşmalar çerçeve olarak 5-9 arasındaki trafik haklarını içermekte olup hava taşıyıcısının kendi ülkesi dışında 2. ve 3. ülkeler arasında yaptığı hat/frekans gibi sınırlamaların bulunmadığı uçuşlardır.

Görevi havacılık emniyeti alanında mevzuat geliştirmek ve üye ülkelerde emniyet denetimleri yapmak olarak tanımlanan ECAC, 1955'te kurulmuştur. Türkiye'nin ise aynı tarihte üyesi olduğu kurumun şuanda 44 üyesi bulunmaktadır. Kurum bu özelliği ile ICAO'nun belirli bir bölgede (Avrupa) sivil havacılık ile ilgilenen en fazla üye sayısına sahip organizasyonu konumundadır [33].

JAA-TO; Avrupa havacılık emniyetinin sağlanması için duyulan eğitim ihtiyacını karşılamak amacıyla ECAC'ın bir alt organizasyonu olarak 1955'te Fransa'da kurulan uluslararası bir kuruluştur. ECAC üyesi olan 44 ülke aynı zamanda bu organizasyona da üyedir [33].

Bir diğer uluslararası havacılık kuruluş olan EUROCONTROL; Avrupa'da hava trafik yönetimini geliştirmek ve emniyeti sağlamak amacıyla Brüksel'de 1960'da kurulmuştur. Türkiye ise kuruluşa 1989'da üye olmuştur.

ACI; havalimanlarını modernize etmek ve bilgi/eğitim olanakları sağlayarak standartlarını yükseltmek amacıyla 1991'de kurulmuştur. Türkiye ile ACI arasında işbirliğini geliştirme protokolü imzalanmıştır.

Bir diğer uluslararası kuruluş olan EASA; Avrupa hava sahasında gerçekleşen uçuşların güvenliğini sağlamak amacıyla her türlü hava aracı, uçuş, üretim, denetleme ile ilgili mevzuatının oluşturulması ve uygulanmasını kontrol etme ile görevlidir [33]. 2002'de Almanya'da kurulmuştur. AB'ye üye ülkeler tarafından oluşturulan ajans ile AB'ye üye olmayan devletler arasında İkili Havacılık Güvenliği Anlaşması imzalamaktadır.

Kısa adıyla D8 olarak bilinen Sivil Havacılık Komisyonu; D8 ülkeleri arasında sivil havacılık alanında iş birliğinin geliştirmek amacıyla 2007'de İstanbul'da kurulmuştur. Üyesi olan Türkiye; güvenlik görev gücü başkanlığı, eğitim ve kapasite geliştirme görev gücü başkanlığı ve ticari hususlar görev gücü başkan yardımcılığı görevlerini yerine getirmektedir [37].

Uluslararası kuruluşların dışında Türkiye'de ulusal düzeyli sivil havacılığı düzenleyen kuruluşların ilki olan SHGM, 1954'te Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na bağlı Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı adıyla kurulmuştur. Kurum, 1987'de günümüzdeki ismini almıştır. 2005'te ise finansal açıdan özerk bir yapıya kavuşturulan kurum, belirli kurallar çerçevesinde Türk sivil havacılık sektörünün emniyetini ve güvenliğini sağlamayı kendine misyon edinmiştir.

Türkiye'de ulusal düzeyli bir diğer havacılık kuruluşu olan DHMİ; havalimanlarının işletilmesi ile Türkiye hava sahasındaki hava trafiğinin düzenlenmesi ve kontrolü ile görevlidir. Kurum, ilk kurulduğu tarihten itibaren farklı isimlerle bu görevi yerine getirse de günümüzde tüzel kişiliğe sahip bir Kamu İktisadi Kuruluşudur [39].

## 2.3 Havayolu İşletmeleri

Havayolu işletmeleri, belirli kurallara bağlı şekilde havayolu aracılığıyla yolcu ve yük taşıyan işletmeler olarak kısaca tanımlanabilir. Bu operasyonları, filosunda bulunan uçaklarla gerçekleştiren işletmeler aynı zamanda diğer havayolu işletmeleri ile de çeşitli işbirlikleri içinde hizmet verirler. Tarihte kurulan ilk havayolu işletmesi olan DELAG (Almanya), 1919'da ilk uçuşunu uçaktan daha ağır bir hava aracı olan zeplinle gerçekleştirmiştir. Yine o dönemlerde kurulan Hollanda'nın bayrak taşıyıcı havayolu KLM (günümüzde Air France ile birleşti), Kolombiya'nın bayrak taşıyıcı havayolu Avianca, Avusturalya'nın bayrak taşıyıcı havayolu Qantas ve Çek Cumhuriyeti'nin bayrak taşıyıcı havayolu olan Czech Havayolu günümüzde hala operasyonlarına devam etmektedir. Günümüzde ise sayısı 5.000'den fazla sayıda olan havayolu işletmelerinden yaklaşık 1.000 tanesi çoğunluğu tarifeli olmak üzere yolcu taşımacılığı yapmakta ve bu işletmeler 110 adet ile en fazla sayıda ABD'de bulunmaktadır [40].

### 2.3.1 Havayolu İşletmelerini Sınıflandırma Ölçütleri

Havayolu işletmeleri; sahip oldukları operasyon büyüklükleri, benimsedikleri operasyon tipi veya pazardaki ekonomik stratejileri gibi farklı pek çok kriterle bağlı olarak sınıflandırılabilir.

Tablo 2-4 ile aşağıda ICAO tarafından havayolu işletmelerinin sınıflandırılması verilmiştir [41].

**Tablo 2-4: ICAO Tarafından Yapılan Havayolu İşletmelerinin Sınıflandırılması [42]**

|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Yaptıkları Operasyon Tipine Göre</b>                                                         | <ul style="list-style-type: none"><li>• Tarifeli Havayolu İşletmeleri</li><li>• Tarifesiz Havayolu İşletmeleri</li><li>• Charter Havayolu İşletmeleri</li></ul>                                                  |
| <b>Taşıdıkları Trafiğin Tipine Göre</b>                                                         | <ul style="list-style-type: none"><li>• Yolcu Taşıyan Havayolu İşletmeleri</li><li>• Kargo Taşıyan Havayolu İşletmeleri</li></ul>                                                                                |
| <b>Ulusal veya Uluslararası Pazarda Üstlendikleri Role veya Operasyonların Büyüklüğüne Göre</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Büyük Havayolu İşletmeleri</li><li>• Bölgesel Havayolu İşletmeleri</li><li>• Besleyici Havayolu İşletmeleri</li><li>• Commuter Havayolu İşletmeleri</li></ul>            |
| <b>Pazardaki ve Ekonomik Önemlerine Göre</b>                                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Niş Havayolu İşletmeleri</li><li>• Yeni Kurulmuş Havayolu İşletmeleri</li><li>• Yeni Giren Havayolu İşletmeleri</li><li>• Düşük Maliyetli Havayolu İşletmeleri</li></ul> |

**Tablo 2-4:** ICAO Tarafından Yapılan Havayolu İşletmelerinin Sınıflandırılması [42] (devamı)

|                                                       |                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ticari Ortaklıklara Üye Olup Olmamalarına Göre</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• IATA Üyesi Havayolu İşletmeleri</li><li>• IATA Üyesi Olmayan Havayolu İşletmeleri</li></ul>                                               |
| <b>Sahiplik ve Kontrol Edilebilirliklerine Göre</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Devlet Sahipliğindeki Havayolu İşletmeleri</li><li>• Özel Havayolu İşletmeleri</li><li>• Ortaklaşa Kurulan Havayolu İşletmeleri</li></ul> |

- ✓ ICAO tarafından havayolu işletmelerinin yaptıkları operasyon tipi baz alınarak gerçekleştirilen sınıflandırmada, havayolları üçe ayrılarak şu şekilde isimlendirilmiştir:
- Tarifeli Havayolu İşletmeleri (Scheduled Air Carriers): Bazı tarifesiz uçuşlar düzenlese de temelde tarifeli olarak uçuş düzenleyip, uçuş zamanlarını daha önceden yayınlayarak bildiren ve uçuşları belirli sıklıklarla gerçekleşen havayolu işletmeleri bu grupta yer almaktadır.
- Tarifesiz Havayolu İşletmeleri (Non-scheduled Air Carriers): Birincil faaliyeti tarifesiz operasyonlar olan hava taşıyıcılarını ifade etmektedir.
- Charter Havayolu İşletmeleri (Charter Carriers): Yaptıkları operasyonlar genel havacılık faaliyetleri altında değerlendirilen bu havayolu işletmeleri, tarifesiz bir şekilde charter uçuşlar düzenlemektedirler. Dünya genelinde yaklaşık 84 tane bulunan bu havayollarından Türkiye’de FreeBird, Corendon ve Tailwind olarak üç tane bulunmaktadır.
- ✓ ICAO’ya göre taşıdığı trafik tipine göre havayolu işletmeleri ikiye ayrılarak şu şekilde tanımlanırlar:
- Yolcu Taşıyan Havayolu İşletmeleri (Passenger Air Carriers): Yaptıkları uçuş operasyonlarında genellikle yolcu taşıyan havayolu işletmeleridir.
- Kargo Taşıyan Havayolu İşletmeleri (Cargo Air Carriers): Temel faaliyeti olarak hava kargo hizmetini benimsemiş, kargo taşıyıcı havayolu işletmeleri bu grupta yer almaktadır.
- ✓ Havayolu işletmeleri ICAO’ya göre ulusal ve uluslararası pazarda üstlendikleri role veya operasyonların büyüklüğüne göre dörde ayrılarak aşağıdaki şekilde ifade edilmişlerdir:
- Büyük Havayolu İşletmeleri (Major Air Carriers): Tarifeli olarak ulusal veya uluslararası hatlarda taşıma hizmeti veren ve operasyon bölgesi/alanı oldukça geniş olan hava taşıyıcılarıdır.
- Bölgesel Havayolu İşletmeleri (Regional Carriers): Genellikle kısa mesafelerde küçük veya orta büyüklükteki yerleşim yerleri ile büyük merkezler arasında bağlantıyı sağlamak amacıyla tarifeli yolcu/yük taşımacılığı yapan ve bu operasyonları turboprop veya turbojet motorlu koltuk sayısı ve kapasitesi daha az olan uçaklarla gerçekleştiren havayolu işletmeleridir.

- Besleyici Havayolu İşletmeleri (Feeder Carriers): Bölgesel havayolu işletmeleri gibi küçük yerleşim yerleri ile büyük toplanma merkezi konumundaki havalimanlarını bağlayacak şekilde uçuşlar düzenleyen havayolu işletmeleridir. Bu operasyon biçimi bölgesel havayolu işletmeleri tarafından da benimsenmiştir.
- Commuter Havayolu İşletmeleri (Commuter Carriers): Daha sık olarak noktadan noktaya tipte, genellikle maksimum 30 koltuk kapasiteli uçaklarla besleyici ve/veya bölgesel hizmet sunmayı benimsemişlerdir. Günümüzde kullanılan uçakların yolcu kapasitesi 50 koltuğa kadar yükselmiştir.
- ✓ ICAO tarafından yapılan sınıflandırmada havayolu işletmeleri pazardaki ve ekonomik önemlerine göre dört sınıfa ayrılarak şu şekilde tanımlanmıştır:
  - Niş Havayolu İşletmeleri (Niche Carriers): Bu tür hizmeti benimsemiş havayolu işletmeleri genellikle belirli bir rotada veya pazarın belirli bir bölümünde uzmanlaşmışlardır.
  - Yeni Kurulmuş Havayolu İşletmeleri (Start-Up Carriers): Yeni kurulmuş havayolu işletmeleri bu gruba dahil edilmektedir.
  - Yeni Giren Havayolu İşletmeleri (New Entrant Carriers): Kendi hizmet pazarından farklı olarak diğer havayollarının hizmet verdiği pazara yeni kurulmuş veya önceden var olan bir havayolu işletmesinin dahil olmasıdır.
  - Düşük Maliyetli Havayolu İşletmeleri (Low Cost Carriers): Genellikle uçuş sırasında verilen hizmetlerden bazılarını vermeyerek veya kısararak operasyonel giderlerini düşürmüş ve böylece çok daha ucuz hizmet vermeyi benimsemiş havayolu işletmeleridir. Dünya genelinde 140 tane bulunan bu havayolu işletmelerinden olan Pegasus, Türkiye merkezli olup önemli bir uçuş hacmine sahiptir.
- ✓ ICAO'ya göre havayolu işletmeleri bazı uluslararası ticari ortaklıklara üye olup olmamasına göre de şu şekilde sınıflandırılabilir:
  - IATA Üyesi Havayolu İşletmeleri: IATA'ya üye olan havayolu işletmeleridir.
  - IATA Üyesi Olmayan Havayolu İşletmeleri: IATA'ya üye olmayan havayolu işletmelerini ifade etmektedir.
- ✓ ICAO'ya göre havayolu işletmeleri sahiplik ve kontrol edilebilirliklerine göre şu şekilde üç sınıfta ifade edilebilmektedir:
  - Devlet Sahipliğindeki Havayolu İşletmeleri (State-Owned Carriers): Sermayesinin tamamı ya da büyük kısmı devlet sahipliğinde olan havayolu işletmeleridir.
  - Özel Havayolu İşletmeleri (Private Carriers): Sermayesinin tamamının özel şirketlere ait olduğu havayolu işletmeleridir.

- Ortaklaşa Kurulan Havayolu İşletmeleri (Joint Venture Carrier): Aynı veya farklı ülkelerde bulunan iki veya daha fazla girişimcinin ortaklaşa kurduğu havayolu işletmeleridir.

ICAO tarafından yapılan sınıflandırmanın yanı sıra havacılıkta önemli bir paya sahip ABD’de de havayolu işletmeleri büyük, ulusal ve bölgesel havayolu işletmeleri olarak üç grupta sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmada temelde havayolu işletmelerinin operasyonel gelirleri baz alınmıştır. Böylece yıllık operasyon gelirleri 1 milyar dolardan fazla olan havayolu işletmeleri büyük havayolu işletmesi (Alaska Airlines, American Airlines, Southwest Airlines gibi) olarak isimlendirilirken, 1 milyar ile 100 milyon arasında olanlar ulusal (Frontier Airlines, JetBlue gibi) ve 100 milyondan az olanlar ise bölgesel havayolu işletmesi (American Eagle Airlines, Atlantic Southeast Airlines gibi) olarak ifade edilmektedir [42].

Türkiye’de havayolu taşıyıcılarına dair düzenleme 1984’te ICAO Annex (Ek) 6 baz alınarak çıkarılan ‘Ticari Hava Taşıma İşletmeleri Yönetmeliği/SHY-6A’ ile yapılmıştır. Böylece havayolu işletmeleri tarifeli/tarifesiz şekilde iç/dış hat yolcu taşımacılığı ve tarifesiz iç/dış hat yük taşımacılığı yapanlar ile hava taksi işletmeleri olarak gruplandırılmıştır. Hava taksi işletmeleri, genel havacılık faaliyetleri altında tarifesiz bir şekilde yapılan yolcu/yük/posta taşımacılığı hizmeti veren havayollarıdır. Bu uçuşlar yaralı/hasta naklini veya kiralama yoluyla yapılan özel uçuşları kapsamaktadır.

### 3. BÖLGESEL HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI

Dünya havacılık tarihi incelendiğinde, ABD ve Avrupa'nın öncü konumda olduğu ve pek çok yeniliği havacılığa kazandırdığı görülebilmektedir. Bölgesel havacılık kavramı ise bunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bölgesel havacılık her ne kadar 1983 yılı havayolu serbestleşmesinden sonra daha dikkate alındı ise de tarihçesi bakımından Birinci Dünya Savaşı dönemlerine kadar geriye gitmektedir. Zira bu dönemlerde üretilen uçakların menzillerinin kısa olması ve kullanılan motor tipleri nedeniyle yapılan havayolu taşımacılığı, bölgesel havacılık kapsamında değerlendirilmektedir.

1938'de yasa ile oluşturulan ABD Sivil Havacılık Kurulu (Civil Aeronautics Board/CAB) tarafından hava taşıyıcıları 'Ana Hat Taşıyıcıları/Büyük Taşıyıcılar (Trunk/Major Carriers)' ve 'Tarifesiz Taşıyıcılar' olarak iki sınıfa ayrılmıştır. 1945 yılında ise bölgesel havayolu işletmelerinin temelini oluşturan yeni bir hava taşıyıcı kategorisi olarak 'Ulusal/Yerel Taşıyıcılar (Local Carriers)' tanımlanmıştır. Söz konusu taşıyıcılar; büyük havayollarının operasyonel olarak kar edemediği daha küçük bölgeler ile büyük şehirler arasında, daha az kapasiteli uçaklarla operasyon düzenlemişlerdir. 1969 yılına gelindiğinde, CAB tarafından diğer sınıflardan ayrı ve küçük havayolu işletmelerini kapsayan 'Bölgesel/Banliyö Taşıyıcılar (Regional/Commuter Carriers)' adıyla yeni bir hava taşıyıcı kategorisi tanımlanmış ve bugünün bölgesel havayolu işletmeleri oluşmuştur. Böylece ilk havayolu işletmeleri bu tarihten hemen bir yıl kadar sonra kurulmaya başlamış ve hızla yaygınlaşmıştır [43]. Bu tarihlerde; genelde piston<sup>17</sup> veya turboprop motorlu, bağımsız ve küçük aile işletmeleri olarak kurulmuşlarsa da günümüzde havayolu taşımacılığında büyük paya sahip, çok sayıda uçağın yer aldığı filolarıyla pek çok havayolu işletmesinden oluşmaktadır [42].

Bölgesel havacılığın gelişimi ve bugünkü yapısını kazanmasında 1978'de alınan serbestleşme kararının etkisi büyüktür. Bu tarihten sonra özel işletmelerin hızla çoğalması eski geleneksel taşıyıcıları zor durumda bırakmış, kendileri için artık ekonomik olmayan kısa mesafeli ve küçük bölgelerden uçuş hizmetini çekme kararı almışlardır [43]. Böylece bu durum bölgesel taşıyıcıların bu açığı kapatması yönünde gelişmelerini sağlamıştır. Özellikle bu dönemden sonra etkinlikleri artan bölgesel havayolu işletmeleri, yine serbestleşme sonrası havayolu taşımacılığına girerek bir operasyon modeli olan 'topla&dağıt/hub&spoke' uçuş ağı ile etkinliklerini daha da artırmıştır. Bu uçuş ağı sistemi geleneksel havayolu işletmelerince

---

<sup>17</sup> Pistonlu motor; genellikle basıncı dönen bir harekete dönüştürmek için bir veya daha fazla piston kullanan bir motordur. Kimyasal enerjiyi (benzin, mazot, LPG vb.) mekanik enerjiye çeviren düzenek olarak açıklanabilir.

kullanılan ‘noktadan noktaya’ uçuşlar yerine büyük bir merkez havalimanını toplanma merkezi seçerek bu noktada uçuşları toplayıp daha sonra küçük/yerel bölgelere dağıtmayı kapsamaktadır. Böylece bölgesel taşıyıcıların operasyon biçimlerinden en yaygını olan besleyici bölgesel taşımacılık köklü hale gelmiştir. Ayrıca serbestleşme ile gelen dönemde ücret ve tarife kısıtlamalarının da büyük ölçüde kaldırılması, bölgesel uçakların kapasitelerinin artırılması (yolcu kapasitesi 30’dan 60’a çıkarılmıştır) ile bölgesel taşımacılık, özellikle ABD hava taşımacılığının önemli bir operasyon türü olmuştur.

ABD bölgesel havacılığını düzenlemek adına Kuzey Amerika’da 1975’te Commuter Havayolları Birliği (Commuter Airline Association) kurulmuş ve kurum 1981’de Bölgesel Havayolu Birliği adı ile yenilenmiştir. RAA, günümüzde bünyesindeki Kuzey Amerika merkezli 22 bölgesel havayolu işletmesini sektörel işbirlikçi kurumlarla birleştirerek güçlü bir uçuş ağı sağlamaktadır. Benzer şekilde Avrupa’da bölgesel hava taşımacılığını düzenlemek amacıyla da 1980’de Avrupa Bölgesi Havayolları Birliği kurulmuştur. ERAA, 57 bölgesel havayolu üyesi ile işbirlikçi kurumlarla birlikte Avrupa hava sahasında bölgesel havacılığı geliştirmek adına çalışmalar yürütmektedir.

Bölgesel havacılığın geliştirilmesi adına atılan bu adımlarla birlikte bölgesel havacılık günümüzde;

RAA tarafından “küçük yerleşim merkezleri ile büyük şehirler ya da toplanma merkezleri arasında yolcu taşımacılığı yapan, 9-68 yolcu kapasiteli turboprop, 30-100 yolcu kapasiteli bölgesel jetler ile yapılan havacılık operasyonları” olarak tanımlanmaktadır [44-8].

Diğer bir tanımlama ise ERAA tarafından; “bölgesel iki nokta ya da merkezi bir havalimanı ile bölgesel bir nokta arasında 19 ila 120 yolcu arasında turboprop veya jet motorlu uçaklar ile yapılan taşımacılık” olarak yapılmıştır [45-8].

Bölgesel taşımacılık konusunda öncü olan ABD için RAA verilerine göre; 2019 yılında FAA tarafından sertifikalandırılmış toplam 66 bölgesel havayolu işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmeler ile yapılan 3,81 bin uçuş operasyonu ile 165,17 bin yolcu taşınmıştır. ABD’de bulunan havalimanlarından 629 tanesinde bölgesel operasyonlar gerçekleşirken bunlardan 436’sında sadece bölgesel operasyonlar düzenlenmektedir. Aynı zamanda ABD’de bulunan ve dünyanın en fazla uçuş trafiğine sahip Chicago O’Hare Havalimanı, toplam kalkış içinde 304.591 bölgesel nitelikli kalkış ile en fazla bölgesel uçuşun gerçekleştiği havalimanıdır. Bu havalimanı sırayla Dallas/Fort Worth, Charlotte, Houston Bush Havalimanları izlemektedir [46].

Yaklaşık son 20 yıldır hızla büyüyen hava taşımacılığı sektörünün en hızlı büyüyen alt segmentlerinden biri olan bölgesel havayolu taşımacılığının bu hızlı gelişmesinin altındaki

sebepler Sarılgan (2007)'nın çalışmasında; “yolcu taleplerinde meydana gelen değişiklikler, insanların gelirlerinin artması, büyük havayolu işletmelerinin desteği, bölgesel uçakların bazı hatlar için ekonomik olması, yeni hatların açılması, büyük havayolu işletmelerinin rekabet stratejileri, bölgesel uçakların kullanım kolaylıkları, düşük havaalanı ücretleri, yerel ve merkezi yönetimler tarafından desteklenmesi ve teknolojiadaki gelişmelerin bölgesel uçaklara uygulanması” olarak sıralanmaktadır [8].

Dünyada büyük bir havacılık operasyon türü olan bölgesel havacılık adına Türkiye’de ilk adımlar; 2008 yılında atılmıştır. Borajet, Türkiye’nin ilk bölgesel havayolu işletmesi olarak 7 Mayıs 2010 yılında uçuş hizmetini başlatmıştır. İlk uçuşunu hemen aynı ayda İstanbul-Tokat arasında gerçekleştiren Borajet; operasyonlarında ilk uçakları olan ATR 72-500 turboprop uçakları kullanmıştır. Sonraki dönemlerde bu turboprop uçaklarla yaşadığı sıkıntı nedeniyle filosuna 2014’te Embraer 190-E2 ve 2016’da Embraer 195-E2 tipi jet motorlu uçakları dahil ederek filo sayısını 13’e çıkarmıştır. Böylece Borajet 2014 yılı itibarıyla yurt içinde 15 noktaya 156 uçuş gerçekleştirmiştir. Aynı tarihte dış hat uçuşları için de gerekli izinleri tamamlayarak 4 ülkede toplam 4 noktaya aylık 43 uçuş düzenlemiştir [7]. Ancak tüm bu girişimlere rağmen kuruluşundan itibaren neredeyse kar edemeyen işletme, bu duruma daha fazla direnemeyerek 2016 yılının aralık ayında satışa çıkarılmıştır. İşletme adına yapılan bu atılımında faydasız kalması üzerine, Borajet’in uçuş serüveni kısa sürerek 24 Nisan 2017 itibarıyla uçuşlarını durdurma kararını bildirmiştir. O dönemde her ne kadar yeniden yapılanma sürecine girildiği ifade edilse de işletme, 7 Kasım 2019 yılında resmen iflasını açıklayarak 2003 serbestleşmesi sonrası hızla kurulup iflas eden pek çok işletmenin akıbetini yaşamıştır.

Türkiye’de bölgesel havacılığın tek girişimi olan Borajet’in de iflasından sonra bölgesel havacılık adına büyük girişimler olmamıştır. Bu önemli havacılık kolunun gelişmemesindeki başlıca nedenler arasında kişi başına düşen milli gelirin düşük olması gelmektedir. Bu ülkemizde genel anlamda havacılık sektörünün gelişmesi önündeki en büyük engellerden sayılabilir. Zira refah düzeyi yüksek ülkelerin hava taşıma sisteminin gösterdiği gelişme bunun bir örneğidir. Yine iç hat taşımacılığının uzun süredir tekelleşmesi nedeniyle rekabetçiliğin azalması bir diğer etkidir. Özellikle serbestleşmeye kadar bayrak taşıyıcı havayolu işletmesi olan THY’nin neredeyse Türkiye geneli uçuş hacmini toplaması, bu dönemden sonra pazara giren işletmelerin varlığını zorlaştırmış ve iflaslar ardı ardına yaşanmıştır. Bir diğer önemli etken, bölgesel havacılığı geliştirmek için atılan adımların azlığı/yokluğu ile yasal bir çerçeve oluşturulmamasıdır [8].

Havacılık sektöründe mali giderler/vergi ve harçların yüksek oluşu, sektöre girişi zorlaştırmaktadır [8]. Özellikle operasyonel giderlerin azaltılması adına koltuk başına düşen

yolcu maliyetinin azaltılması gerekmekte ve bu da uçaktaki koltuk sayısının artması ile doğru orantılı olmaktadır. Ancak daha düşük kapasiteli uçaklarla hizmet veren bölgesel havayolu işletmelerinin bu yapısı, koltuk başına maliyetlerin azalmasını engelleyerek bilet fiyatlarının yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bu sektörün geliştiği ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de devlet desteği ve bazı teşvikler gerekmektedir. Bölgesel havacılığın lideri konumundaki ABD’de “Essential Air Service (EAS)”<sup>18</sup> adıyla ve AB’de ise “Public Service Obligation (PSO)”<sup>19</sup> adı altında yapılan düzenlemeler sonucunda uçuş yapılmayan küçük yerleşim birimlerinin büyük merkezlerle bağlanması için devlet söz konusu hatları ihale ile tek bir havayolu işletmesine vererek işletme kârını garanti altına almaktadır. Bu tür uygulamaların ülkemizde yapılması, sektörün yeniden oluşması adına önem arz etmektedir [47].

Bir diğer önemli faktör, havayolu işletmelerinin belirli bir uçak tipi ile hizmet vermesi ve bölgesel havacılık adına kullanılan uçakları tercih etmemesidir. Türkiye’de operasyon yapan havayolu işletmeleri filolarında genelde B737 ve A320 gibi dar gövdeli, kısa ve orta menzilli jetleri bulundurmaktadır. Bölgesel havacılık kapsamında kullanılan CRJ-700/ CRJ-900 ve E170/E175 gibi bölgesel jetleri kullanmaya ise sıcak bakmadıkları görülmektedir. Bir diğer olumsuz neden; ekonomik ve siyasi istikrarsızlık ve bunun bir sonucu olarak geçmişten beridir Türkiye merkezli havayolu işletmelerine karşı negatif bir bakışın oluşmasıdır [8].

Tüm bu olumsuzluklara rağmen Türkiye’de bölgesel havacılığın yeniden aktif olması sanıldığı kadar zor olmayacaktır. Zira coğrafi yapısının bu havacılığı destekleyeceği görülmektedir. Dağlık ve engebeli yapısı nedeniyle küçük noktalar ile büyük yerleşim yerleri arasında sağlanacak bölgesel havacılık, bu bölgeleri birbirine çok daha kısa sürelerle bağlayarak daha yaşanılabilir kılacaktır. Özellikle sert iklimlerin yaşandığı Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi açısından bir merkez havalimanı belirlenerek sağlanacak bir hava ulaşımı, bu bölgelerde zor şartlarla gerçekleştirilen karayolu ulaşımı olumsuzluklarından da kurtulmayı sağlayacaktır. Böylece karayolu ulaşımının getirdiği ve azımsanmayacak kaza/kırım olayları minimuma indirgenebilir. Aynı zamanda, ulaşımın zor olduğu bu bölgelerin ülkenin her yerine rahat bağlanması ile gelişmişlik düzeyinde yaşanan farklılıklar da en aza indirilebilecektir.

---

<sup>18</sup> 1978'deki deregülasyondan önce sertifikalı havayolları tarafından hizmet verilen ABD'deki küçük havayolu işletmelerinin ticari hizmetlerini sürdürmelerini garanti etmek amacıyla yürürlüğe giren bir ABD hükümeti programıdır.

<sup>19</sup> AB kapsamında hizmet veren hava taşıyıcılarını korumak amacıyla üye devletler tarafından desteklenmesi içeren bir programdır.

### 3.1 Bölgesel Havayolu Taşımacılığı ile İlgili Kavramlar

Bu bölümde bölgesel havayolu taşımacılığı sisteminin paydaşları olan bölgesel havayolu işletmesi, bölgesel uçak ve bölgesel havalimanı kavramları açıklanmıştır.

#### 3.1.1 Bölgesel Havayolu İşletmesi Kavramı

Bölgesel havayolu işletmesi olarak hizmet veren havayolu sayısının günümüzde 360'a kadar ulaşmasına rağmen hala net bir tanım aralığı çizilememektedir. İlk ortaya çıktıkları 1970'li yıllarda yaptıkları operasyondan çok kullandıkları uçakların yapısı ile tanımlanırlarken, bugün kullanılan uçakların yapısının ve koltuk kapasitesinin değişmesi (özellikle serbestleşme sonrası kapasitelerinin artması) ile bu kısıt da ortadan kalkmıştır. Bir önceki bölümde RAA ve ERAA tarafından yapılan tanımları verilen bölgesel havayolu işletmeleri, özellikle 1990 sonrası jet motorların bu işletmelerin kullandığı uçaklara entegresi ile farklı yapılar kazanmıştır. Böylece RAA tarafından yapılan 100 koltuk kapasitesi sınırı, ERAA tarafından daha geniş aralıklarda tutularak; bazı dar gövdeli, kısa ve orta menzilli uçaklar olan Airbus 320 ailesi (koltuk kapasitesi 150-220 arasında değişen) ve Boeing 717/737 (koltuk kapasitesi 118-220 arasında değişen) ailesini de bölgesel havacılık kapsamında değerlendirmektedir.

Tam bir tanımlı yapılamayan bölgesel havayolu işletmelerini günümüzde; genelde büyük/geleneksel havayolu işletmelerinin tarafından yeteri kadar talep olmaması nedeniyle operasyon düzenlenmediği düşük yoğunluklu küçük yerleşim yerleri ile büyük havalimanları/toplanma merkezleri arasında, nispeten daha düşük kapasiteli ve menzilli, turboprop veya jet motorlu uçaklarla operasyon düzenleyen havayolu işletmeleri olarak ifade edilebilmektedir. Diğer geleneksel veya LCC taşıyıcılardan ayrılan en önemli yönleri; kendilerini havayolu sektöründe açıklanan belirli bir coğrafik ağ ile ve pazarın belirli bir bölümüne hitap eden havayolu işletmeleri olarak belirlemeleridir [8].

Bölgesel havayolu işletmeleri yaptıkları operasyona veya belirledikleri stratejilere göre farklı şekillerde isimlendirilebilmektedirler. Besleyici taşıyıcılar/ havayolları (feeder carriers/airlines) ve özellikle ABD'de ortaya ilk çıkışlarında kullanılan banliyö/günübirlik yolcu taşıyıcıları/havayolları (commuter carriers/airlines) bunlardan bazılarıdır [8].

Aşağıda Tablo 3-1 ile 2019 yılının en iyi bölgesel havayolu işletmeleri olarak seçilmiş işletmeler için tescili olan ülke, taşıdığı yolcu sayısı ve filo bilgileri verilmiştir.

**Tablo 3-1: 2019 Yılı En Büyük Bölgesel Havayolu İşletmelerine Dair Ülke, Taşınan Yolcu ve Filo Bilgileri**

| Havayolları                    | Ülke       | Taşınan yolcu sayısı | Kullanılan Turboprop Uçaklar                                            | Kullanılan Jet Uçaklar                                                         |
|--------------------------------|------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| SkyWest Airlines <sup>20</sup> | ABD        | 35.866.120           |                                                                         | Embraer E175<br>Bombardier CRJ-200<br>Bombardier CRJ-700<br>Bombardier CRJ-900 |
| Republic Airways <sup>21</sup> | ABD        | 16.961.576           |                                                                         | Embraer E170<br>Embraer E175                                                   |
| Envoy Air                      | ABD        | 15.050.000           |                                                                         | Embraer E175<br>Embraer ERJ-135<br>Embraer ERJ-145<br>Bombardier CRJ-700       |
| Olympic Air <sup>22</sup>      | Yunanistan | 14.990.000           | ATR 42-600<br>Bombardier Dash 8-100<br>Bombardier Q400                  |                                                                                |
| Jazz (Jazz Aviation LP)        | Kanada     | 10.600.000           | Bombardier Dash-8<br>Bombardier Q400                                    | Bombardier CRJ-200<br>Bombardier CRJ-900                                       |
| Lufthansa CityLine             | Almanya    | 8.100.000            |                                                                         | Airbus A319-100<br>Bombardier CRJ-900                                          |
| Bangkok Airways                | Tayland    | 5.860.000            | ATR 72-600                                                              | Airbus A319-100<br>Airbus A320-200                                             |
| KLM Cityhopper                 | Hollanda   | 5.000.000            |                                                                         | Embraer E175<br>Embraer 190<br>Embraer 195-E2                                  |
| Iberia Regional <sup>23</sup>  | İspanya    | 4.724.500            | ATR 72-600                                                              | Bombardier CRJ-200<br>Bombardier CRJ-900<br>Bombardier CRJ-1000                |
| BA CityFlyer                   | İngiltere  | 2.830.000            |                                                                         | Embraer E170<br>Avro RJ100 (BAe 146)<br>Avro RJ85 (BAe 146)                    |
| Widerøe                        | Norveç     | 2.800.000            | Bombardier Dash 8-100<br>Bombardier Dash 8-200<br>Bombardier Dash 8-400 | Embraer 190-E2                                                                 |
| Aurigny                        | Fransa     | 530.000              | ATR 72-500<br>ATR 72-600<br>Dornier 228                                 | Embraer 195                                                                    |

Skywest, ilk kurulduğu 1972'den itibaren uçuş ağını genişleterek bugün dünyanın ve ABD'nin en büyük bağımsız bölgesel havayolu işletmesi konumundadır. Havayolu; Delta Air Lines, United Airlines, American Airlines ve Alaska Air Group olarak ABD'nin en büyük havayolu işletmelerinin bölgesel markaları adı altında, filosunda bulundurduğu toplamda 417

<sup>20</sup> Skywest Airlines; United Express, Delta Connection, American Eagle ve Alaska Airlines havayollarının markası altında bölgesel havayolu olarak çalışmakta ve yolcu sayısı bu dört havayolu adına taşıdığı toplam yolcu sayısını yansıtmaktadır.

<sup>21</sup> Republic Airways; United Express, Delta Connection ve American Eagle havayollarının markası altında bölgesel havayolu olarak çalışmakta ve yolcu sayısı bu üç havayolu adına taşıdığı toplam yolcu sayısını yansıtmaktadır.

<sup>22</sup> 2016'dan sonraki veriler Aegean Airlines ile birlikte verildiği için 2015 yolcu sayısı verilmiştir.

<sup>23</sup> Air Nostrum, İspanya'nın bayrak taşıyıcı havayolu olan Iberia'nın Ayrıcalıklı Satış (Franchising) hizmeti veren havayolu olarak Iberia Regional adını almıştır.

bölgesel uçak ile hizmet vermektedir. Aynı zamanda Tablo 3-1 ile ifade edildiği üzere, bölgesel hava taşımacılığı uçuş hacmi açısından ilk sıralarda yine ABD merkezli işletmeler yer almaktadır. Balkanlar'da Yunanistan'ın en büyük havayolu işletmesi olan Aegean bölgesel markası Olympic Air, Avrupa'da ise özel iştirak olarak kurulan Kanada merkezli Jazz 2019 yılının en fazla yolcu hacmine sahip havayolu işletmesi olmuştur.

### 3.1.2 Bölgesel Uçak Kavramı

Bölgesel havacılığın bir diğer önemli bileşeni olan bölgesel uçaklar ile bu havacılık operasyonları genel olarak diğerlerinden ayırt edilmektedir. Bölgesel uçak denilince genellikle; yolcu kapasitesi en fazla 100 olan, menzili daha kısa, turboprop veya jet motorlu uçaklar ifade edilmektedir. Ancak Boeing 717 ve 737 ile Airbus 318 gibi dar gövdeli jetlerin de bölgesel havacılık kapsamında kullanıldığı görülmektedir. Bölgesel uçak bu çalışmada, yolcu kapasiteleri 30 (ERJ-135) ila 100 (ERJ-195/Max koltuk kapasitesi 124) arasında sınırlandırılmış jet motorlu uçaklar olarak değerlendirilmiştir.

Bölgesel uçaklar tarihte ilk kez 1950'li yılların sonunda Hollandalı uçak üretici firma olan Fokker tarafından üretilen 48-56 yolcu kapasiteli, turboprop uçak olan F27 uçağı olarak bilinmektedir [48]. Sonraki dönemlerde; 1960'ların sonunda İsveçli havacılık ve uzay şirketi Saab tarafından, 34 yolcu kapasiteli turboprop Saab340 uçağı ile yine Fokker tarafından üretilen F28 kullanıma girmiştir [42-48]. Fransız asıllı Dassault firmasının aynı yıllarda Falcon 30'u bölgesel jet olarak kullanıma sunma projesi, her ne kadar başarısız da olsa, Falcon 20 iş jetinin yolcu kapasitesi artırılarak üretilen bu jet ile bölgesel uçuşlarda iş jetlerinin kullanılması fikri doğmuştur [42].

Günümüzde havacılık ve savunma sanayisindeki en büyük şirketlerden olan İngiliz asıllı British Aerospace (BAe); 1977'de Hawker Siddeley Aviation (HSA), Hawker Siddeley Dynamics, Scottish Aviation ve British Aircraft Corporation olarak dört şirketin birleşmesi ile kurulmuştur [48]. Özellikle Scottish Aviation tarafından geliştirilen Jetstream turboprop uçağı geliştirilerek yeniden üretilmiştir. Şirket, HSA tarafından ilk kez üretilen HS 146 bölgesel jet yolcu uçağını BAe 146 programı kapsamında geliştirerek 1981'de uçuşa çıkarmıştır.

Havacılığın pek çok alt dalında olduğu gibi bölgesel havacılıkta kullanılan uçakların üretiminde de pazara hâkim ve güçlü rakip olan firmalar bulunmaktadır. Sektörün öncüsü iki şirketten ilki; Kanada merkezli bir şirket olarak 1942'de kurulan Bombardier olmuştur. Kurulduğu tarihten sonra farklı taşımacılık alanlarında var olsa da şirket, uçak üretimi yapan çoğu firmanın askeri havacılık ve savunma sanayisi alanında da üretim yapmasının aksine

özellikle sivil taşımacılık alanına odaklanmıştır. 1986'da Canadair'ın satın alınmasıyla havacılık endüstrisine giriş yapan şirket, 1989'da Kuzey İrlandalı bir bölgesel jet uçak üretici olan Short Brother Ltd. ile birleşmiştir. Yine 1990'da Learjet (ABD) ve 1992'de de Havilland (Kanada'da bulunan Boeing'e ait firma) satın alınması ile bölgesel jet üretiminde çok güçlü bir yere sahip olmuştur. de Havilland üretimi olan DHC-8 (Dash-8)'in geliştirilmesi ile 1995'te Q400 serisi üretilmeye başlanmıştır. Yine satın alınan şirketlerden olan Canadair tarafından üretilen Canadair Challenger iş jeti model alınarak tasarlanan, Bombardier iş jeti serisi olan CRJ programının (Canadair Regional Jet/CRJ) ilki CRJ-100'ün (30-50 koltuk kapasiteli) üretimine 1987'de başlanmıştır [52-48]. Bu adım ile bölgesel jet üretiminin devamı olarak CRJ-700 ve 900 uçakları üretilmiştir [48]. Challenger iş jeti ailesi, Bombardier'ın günümüzde de ürettiği Challenger 350 ve Challenger 650 gibi modellerle geliştirilmiştir. Serinin en son modeli, 2021'de piyasaya sürülen Challenger 3500 uçağı olmuştur [49].

2000 yılı CRJ jet ailesi adına önemli bir dönem olmuş ve bölgesel havacılık tarihindeki en fazla sayıda uçak siparişi olan Comair (Delta Connection) ve ASA (Atlantic Southeast Airlines) havayolları tarafından 500 adet (406'sı opsiyonlu 94'ü kesin) olmak üzere toplamda 2,2 milyar dolar tutarında CRJ 200 ve CRJ 700 uçağı istenmiştir. Yine 2004 yılı ile 1.174 CRJ teslim edilmiş ve toplam 1.410 adet daha sipariş alınmıştır [42-49]. Ayrıca işletme, 2008 yılında C Serisi beşli ticari uçak ailesi olarak piyasaya sürdüğü bölgesel iş jetleri olan CS100 ve 300 uçakları ile de ileriye dönük ihtiyaçları karşılayacak bir dizayn elde etmiştir. Uçak serisi, 110 ve 130 koltuklu olarak üretilmiş olup ilk olarak Lufthansa tarafından 60 adet sipariş edilmiş 2016'da Delta havayolu tarafından 50 adet ile filosuna katılmıştır [49]. Tüm bu başarıları ile şirket, bölgesel uçak üretimi sektörünün lideri olmaya devam etmektedir.

Bölgesel uçak üretiminde diğer rakip şirket olan Embraer, Brezilya merkezli bir uçak firması olarak 1969'da kurulmuştur. Şirket 1994'te özelleştirilince bazı finansal sıkıntılarla karşı karşıya da kalsa zamanla oturan yapısı ile uçak üretiminin devlet eliyle gerçekleşme süresine oranla çok daha da kısa sürede üretimler gerçekleştirmiştir. Böylece kurulduğunda ürettiği ilk uçak, pervaneli küçük bir turboprop olan EMB-110 iken özelleşmeden sonra EMB-120 daha kısa süre ile 1997'de üretilerek 1985'te piyasaya sürülmüştür. Saab 340, Bombardier Dash-8 ve ATR-42 ile aynı dönemde üretilen uçak; 30 yolcu kapasiteli turboprop olarak üretilmiş daha sonra yolcu kapasitesi azaltılarak farklı modelleri üretilmeye çalışılmıştır. Bölgesel uçak pazarı, 1980'lerin sonları-1990'ların başında ağırlıklı olarak 30-50 koltuklu uçaklara odaklanmış durumda idi. Bu da sektörün iki devi Bombardier ve Embraer'in bu aralıkta yolcu kapasitesine sahip uçaklar üretmesine neden olmuştur. 1989 yılında ise şirket, aldığı önemli bir karar ile Bombardier'in uzun süredir neredeyse tekelleştiği jet motorlu

bölgesel uçak sektörüne giriş yapmıştır [50-48]. 50 koltuk kapasiteli ERJ-145 ile başlayan Embraer ERJ (Embraer Regional Jets/ERJ) ailesinin serüveninin, başta Bombardier'in CRJ'leri karşısında başarı oranı zayıf görülse de şirket, aynı yıl 100'den fazla sipariş almıştır. Ancak siparişlerin gecikmesi ve Bombardier tarafından Canadair bölgesel jet uçağının piyasaya sürülmesi gibi nedenlerle ERJ-145 girişimi şirketi mali sıkıntılı bir döneme götürse de şirket, bu durumu kısa zamanda atlatarak aynı yıl yine ERJ serisinin daha az koltuk kapasiteli (37) modeli ERJ-135'i üretmiştir [51-48]. 1998 yılına gelindiğinde ise şirket daha büyük jet uçak modelleri gerekliliğini fark ederek 70 ve üzeri yolcu kapasiteli, jet serisinin son modelleri olan E-170/190 ailesinin üretimine başlamıştır. Bu seri kanat yapısının ve motor tipinin geliştirilmesi ile 2013'te Paris Havacılık Fuarı'nda E2 ailesi olarak yenilenmiştir [48].

Türkiye, bölgesel uçak üretimi konusunda ilk adımı 2015 yılında atmıştır. ABD merkezli Türk Eren-Fatih Özmen çiftinin sahip olduğu havacılık ve uzay teknolojileri şirketi olan Sierra Nevada Corporation (SNC), Türkiye'nin de motivasyonu ile Alman asıllı Dornier 328 uçağının tescilini ve bütün haklarını satın almıştır. Söz konusu uçak; turboprop motorlu bir bölgesel uçak olarak, ilk üretimi Alman Dornier Luftfahrt GmbH tarafından gerçekleştirilirken 1996'da Fairchild Aircraft şirketi tarafından satın alınmıştır. Daha sonra SNC şirketinin devraldığı uçak modeli, o dönemin ve geçmiş yılların bölgesel operasyonlarında çok kullanılan bir uçağı konumda bulunmaktadır. SNC ile dönemin Türkiye Savunma Sanayii Müsteşarlığı (Savunma Sanayii Başkanlığı) arasında imzalanan protokol ile uçağın TR 328 adıyla hem turboprop hem de jet motorlu bölgesel bir uçak olarak geliştirilip Türkiye'de üretiminin yapılacağı duyurulmuştur. Üretimi yapılacak uçakların ilk uçuş tarihi olarak ise 2019 yılı belirlenmiştir. Ayrıca bu uçaklara ek olarak söz konusu modelin, 70-90 yolcu sayısına sahip olacak şekilde geliştirilerek TRJ628 adı ile bir modelinin daha üretiminin yapılacağı açıklanmıştır. Söz konusu üretimleri gerçekleştirmek amacıyla SNC tarafından "TRJet" isimli bir şirket kurularak uçağın yasal hakları bu şirkete verilmiştir. Türkiye'nin 50 adet sipariş verme niyeti ile başlayan ilk görüşmelerde; SNC tarafından belirtildiği üzere SNC ile Türkiye tarafı arasında uçağın yerlilik oranında yaşanan görüş ayrılıkları nedeniyle 2017 yılı itibarıyla projenin rafa kalktığı yönünde bazı haberler ortaya atılmıştır. 2019'a kadar sessizlik hakim olan projede; 21 Ağustos'ta SNC tarafından yapılan açıklama ile projenin Almanya tarafından desteklenerek D328 uçağının yeniden Alman asıllı olarak üretiminin yapılmaya başlandığı bildirilmiştir. 85 ülkede sertifikası olan söz konusu uçağın; yeni adının D328NEU olacağı, hali hazırda operasyonlarda kullanılan D328 modellerinin yenilenmesi ve aynı zamanda yeni kullanıcılar edinmek gibi bir hedef pazar için üretimlere başlanacağı ifade edilmiştir [162-163].

Bölgesel havacılıkta kullanılan uçakların gelişimini etkileyen en önemli olaylardan biri ise uçak motorlarında yaşanan gelişim olmuştur. Bölgesel uçaklar tarihi serüvenine pistonlu motorlarla başlamış, turboprop motorlarla devam etmiş ve jet motorların geliştirilmesi ile jet motorlarla sonlandırmıştır [42]. Bu nedenle özellikle 1980 ile 1990 yılları arası Bombardier Dash-8, Saab-340, EMB-120 ile ERJ-135/140/145, ATR-42/72 gibi pervaneli, turboprop uçakların kullanıma sunulduğu dönemler olmuştur [47-48]. 1990 sonrası jet motorlu uçakların, ilk üretiminden yaklaşık 40 yıl sonra bölgesel uçaklarda kullanımı ile sektör, çok daha farklı bir konuma getirilmiştir. Turboprop motorlu uçaklarla kıyaslandığında; daha hızlı, en önemlisi daha çevreci olan bu motorlarla koltuk kilometre başına CO2 emisyonları %80 azalmış, gürültü kirliliği ise %75 azalmıştır [12]. Ancak son dönemlerde yaşanan yakıt fiyatlarındaki artış, kısa mesafeler için operasyon yapan bölgesel havayolları açısından jet motor tipini dezavantajlı kılmaktadır. Öyle ki 70 koltuk kapasiteli turboprop motorlu bir uçakla yapılan 500 nm'lik bir uçuşun aynı şartlarda yapılan jet motorlu bir uçaktan yaklaşık %30'luk daha az maliyetli olduğu ifade edilmektedir [42]. Bu durum; gelişen teknoloji ile yapısı, dizaynı, yolcu kapasitesi açısından çok çekici görülen bölgesel jetlerin yerine turboprop uçaklara bir yönelim olacağının bir işaretidir. Zira yakıt fiyatlarından kaynaklı maliyetin bilet fiyatlarını artırışı yolcu açısından da istenmeyen bir durum olacaktır.

### ***3.1.2.1 Bölgesel Taşımacılıkta Kullanılan Uçaklar ve Özellikleri***

Ticari havacılıkta kullanılan uçaklar motor tiplerine göre; piston, turboprop ve jet motorlu olarak üç grupta incelenmektedir. Jet motorlu uçaklar ise; bölgesel, dar gövdeli (tek koridorlu) ve geniş gövdeli (çift koridorlu) olmak üzere kendi içinde üç grupta ifade edilmektedir. Bölgesel havacılık söz konusu olduğunda, bu motor tiplerinden turboprop ve jet motorlu uçakların kullanıldığı görülmektedir. Başlıca bölgesel turboprop uçak üreticileri; Embraer, Bombardier, ATR, Saab ve Raytheon gibi firmalardır. Mevcut olarak üretim yapan ise ATR, Bombardier (Dash-8 ve Q serisi) ile Embraer'dir (EMB-120).

Bölgesel jet üreten şirketlerin başında Embraer ve Bombardier gelirken Fokker tarafından üretilen F28 gibi uçak modelleri de vardır. Özellikle Hollanda asıllı F28 uçağı, şuan bölgesel havacılık operasyonları yapan işletmelerde kullanılmamasına karşın THY tarafından, 1973'te 5 adet alınarak filoya katılmıştır. Ancak bu uçakların kullanımı THY açısından hüsrana sonuçlanmış, 1974 yılı itibarıyla 5 uçak da peş peşe düşmüştür. Söz konusu kazaların üçü ulusal hava sahasında; 1974'te İzmir'de, 1975'te İstanbul'da, 1979'da Ankara'da gerçekleşirken diğer ikisi ise 1989'da Kanada'da ve 1994'te İran'da meydana gelmiştir [53]. Bu ölümlü kazalardan

geriye, THY'nin söz konusu uçak modeli ile yaşadığı acı deneyimi kalırken olaylara ilişkin net bir sebep bulunamamıştır.

Aşağıda Tablo 3-2 ile bölgesel havacılıkta kullanılan uçak modelleri ve teknik özellikleri verilmiştir.



**Tablo 3-2:** Bölgesel Havacılıkta Kullanılan Bazı Uçak Modelleri ve Teknik Özellikleri

| Üretici Şirket | Uçak Modeli           | Kullanılan Bölgesel Havayolu <sup>24</sup>                               | Yolcu Kapasitesi | MTOW (kg)     | Motor Tipi | Seyir/ Düz Uçuş Hızı (km/s) | Uçuş Menzili (nm) |
|----------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|------------|-----------------------------|-------------------|
| ATR            | ATR42-500             | -Aer Lingus Regional<br>-Alliance Air<br>-Ohana by Hawaiian<br>-Loganair | 42-50            | 18.600        | Turboprop  | 560                         | 840               |
| ATR            | ATR 72-500/ 72-600    | -Iberia Regional<br>-TAP Express<br>-Loganair                            | 64-72            | 22.500        | Turboprop  | 510                         | 900               |
| Boeing         | B717/ B717-200        | QantasLink                                                               | 106              | 49.900-54.900 | Turbojet   | 822                         | 2060              |
| Boeing         | B737-600/<br>B737-200 | Alliance Air                                                             | 110-132          | 66.000        | Turbojet   | 833                         | 3050              |
| Bombardier     | Q 100 (Dash 8)        | WestJet Encore                                                           | 37-39            | 16.470        | Turboprop  | 500                         | 1174              |
| Bombardier     | Q 300                 | Jazz Aviation                                                            | 50-56            | 19.500        | Turboprop  | 528                         | 968               |
| Bombardier     | Q 400                 | -Horizon Air<br>-Jazz Aviation                                           | 68-78            | 29.260        | Turboprop  | 667                         | 1567              |
| Bombardier     | CRJ 100/200           | -Jazz Aviation<br>-Iberia Regional<br>-Air Wisconsin                     | 50               | 24.041        | Turbojet   | 860                         | 987-2005          |
| Bombardier     | CRJ 700               | -Alliance Air<br>-SkyWest<br>-HOP!<br>-GoJet<br>-Mesa                    | 63-78            | 34.019        | Turbojet   | 876                         | 2000              |
| Bombardier     | CRJ 900               | -Jazz Aviation<br>-Iberia Regional<br>-Lufthansa CityLine<br>-CityJet    | 76-90            | 38.330        | Turbojet   | 860                         | 1798              |
| Embraer        | ERJ 135               | Loganair                                                                 | 30-37            | 20.000        | Turbojet   | 833                         | 1750              |

<sup>24</sup> Havayolu işletmeleri, uçak modellerini kullanan bazı büyük bölgesel havayolları baz alınarak listelenmiştir.

**Tablo 3-2:** Bölgesel Havacılıkta Kullanılan Bazı Uçak Modelleri ve Teknik Özellikleri (devamı)

|            |                      |                                                                                                                         |         |        |           |     |           |
|------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-----------|-----|-----------|
| Embraer    | ERJ 140              | Envoy Air                                                                                                               | 44      | 21.100 | Turbojet  | 833 | 1750      |
| Embraer    | ERJ 145              | -Envoy Air<br>-HOP!<br>-CommutAir<br>-ExpressJet<br>-Loganair                                                           | 50      | 22.100 | Turbojet  | 833 | 1550      |
| Embraer    | ERJ 170              | -HOP!<br>-Republic Airways<br>-Envoy Air<br>-J-Air                                                                      | 66-78   | 38.600 | Turbojet  | 870 | 2150      |
| Embraer    | ERJ 175              | -Horizon Air<br>-Alitalia CityLiner<br>-Jazz Aviation<br>-SkyWest<br>-Republic Airways<br>-Envoy Air<br>-KLM Cityhopper | 76-88   | 40.370 | Turbojet  | 870 | 2250      |
| Embraer    | ERJ 190              | -Aerolitoral<br>-Alitalia CityLiner<br>-HOP!<br>-J-Air<br>-KLM Cityhopper<br>-Lufthansa CityLine<br>-TAP Express        | 96-114  | 51.800 | Turbojet  | 870 | 2450      |
| Embraer    | ERJ 195              | -KLM Cityhopper<br>-Lufthansa CityLine<br>-Air Dolomiti<br>-TAP Express                                                 | 100-124 | 52.290 | Turbojet  | 870 | 2300      |
| Fokker     | F100                 | Virgin Australia                                                                                                        | 107-122 | 43.090 | Turbojet  | 833 | 1500      |
| Saab       | 340                  | Pacific Coastal                                                                                                         | 30-35   |        | Turboprop | 530 | 1000      |
| Cessna     | Cessna 208           | Azul Conecta                                                                                                            | 9       | 3.538  | Turboprop |     |           |
| Mitsubishi | SpaceJet<br>M90/M100 | -J-Air<br>-SkyWest<br>-Mesa                                                                                             | 76-88   | 42.000 | Turbojet  | 829 | 1910-2040 |

Tabloda verilen uçak modellerinden ERJ 135 sırasıyla; 135ER, 135LR, 135 KL olarak uçak boyutlarında değişiklik yapılarak geliştirilmiştir. Yine ERJ 145, 135 modelinde olduğu gibi pek çok modele sahiptir. Modeller, operasyon verilen bölgeye göre revize edilerek gerek yolcu kapasitesi gerekse yakıt kapasitesi ve MTOW gibi özellikleri değiştirilerek yeniden yapılandırılmıştır.

### **3.1.3 Bölgesel Havalimanı Kavramı**

DHMI tarafından hazırlanan terimler sözlüğüne göre havalimanı; ulusal veya uluslararası düzeyde taşımacılık yapan hava araçlarının içinde iniş, kalkış ve yer hareketlerini tamamı ya da bir bölümü gerçekleştirebilmeleri için karada veya suda oluşturulmuş alanlar olarak tanımlanmaktadır [54]. Bu tanım gereği havalimanının içerisinde; uçuş operasyonunu, yolcu/yük taşıma işlemlerini sağlayacak gerekli tüm eleman, bina ve teçhizatı da barındırması gerekmektedir. Böylece bir havalimanı; uçakların operasyonunu gerçekleştirdiği pist, apron, taksi yolu (PAT sahası) ile yolcuların uçuş işlemlerini gerçekleştireceği terminal binaları ve diğer binalardan oluşmaktadır.

Bölgesel nitelikli bir havalimanı; nispeten küçük veya az nüfuslu coğrafi bölgelerde uçuş trafiğine hizmet veren, büyük havalimanlarının yoğunluğunu azaltmak amacıyla besleyici olarak görev yapan ve bu yoğun havalimanlarına oranla pist uzunluğu, terminal binalarının büyüklüğünün daha az olduğu havalimanları olarak açıklanabilir. Yine bölgesel havalimanları, yıllık taşıdıkları yolcu sayılarına göre de ifade edilirken yaklaşık olarak 5 milyon yolcu taşıyan havalimanları olarak da belirtilmektedirler [55-56].

## **3.2 Bölgesel Havayolu İşletmelerinin Sınıflandırılması**

Bölgesel havayolu işletmeleri; sahiplik yapısı, benimsedikleri operasyonel model veya yaptıkları işbirlikleri gibi bazı kriterler baz alınarak çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Bölgesel havayolu işletmeleri bu çalışmada, yaptıkları operasyon türüne göre üç sınıfta incelenmiştir.

### **3.2.1 Bağımsız Operasyon Yapan Bölgesel Havayolu İşletmeleri**

Bu operasyon biçimini benimseyen bölgesel bir havayolu işletmesi; herhangi bir büyük havayolu işletmesi ile değil bağımsız olarak, kendi uçuş ağlarını tanımlayarak operasyonlarını

gerçekleştirmektedir [42]. Bu havayolu işletmelerinin sayısı az olmasına karşın Türkiye’de kurulmuş olan Borajet bağımsız operasyon yapmaktaydı.

### **3.2.2 Büyük Havayolu İşletmelerinin Markasında Operasyon Yapan Bölgesel Havayolu İşletmeleri**

Tamamı veya büyük çoğunluğunun büyük bir havayolu işletmesine ait olduğu ve bu marka adı altında operasyon yapan bölgesel havayolu işletmeleridir. Avrupa ve ABD’deki büyük havayolu işletmelerinin neredeyse hepsinin kendi markaları altında operasyon yapan bölgesel havayolu işletmesi bulunmaktadır. ABD’de örnek olarak; American Airlines adına Envoy Air, Mesa Airlines, Piedmont Airlines, PSA Airlines, Republic Airways, SkyWest Airlines operasyonlar yaparken Delta Airlines adına Air Wisconsin, CommutAir, ExpressJet Airlines, Inc ile GoJet Airlines örnek verilebilmektedir. Avrupa’da ise Lufthansa adına operasyon yapan Lufthansa CityLine, Air Dolomiti, Ausburg Airways ve Contact Air ile AF-KLM adına uçuş yapan KLM Cityhopper örnek verilebilmektedir.

### **3.2.3 Besleyici Nitelikli Operasyon Yapan Bölgesel Havayolu İşletmeleri**

Besleyici bölgesel havayolu işletmeleri, genellikle büyük havayolu işletmelerinin operasyon düzenlediği büyük havalimanları ile daha küçük noktalar arasında taşımacılık yapan havayollarıdır. Özellikle büyük havayollarının operasyonel açıdan karlı bulmaması nedeniyle çekildiği veya uçuş düzenlemediği noktalara uçuş yaparlar. Söz konusu büyük havayollarının yolcularını hedef aldıkları için uçuş saatlerini ve rotalarını bu işletmelere göre ayarlarlar ve bu nedenle besleyici adını alırlar. Böylece kendilerine seçtikleri yolcu pazarı, büyük havayolu işletmelerinin yolcuları olup bu havayollarının uçuş düzenlemediği noktalara bu yolcuları iletirler. Benimsedikleri bu model ile hem rekabetin daha az olduğu hatlarda var olurlarken hem de bu büyük işletmelerle çeşitli işbirlikleri yaparak operasyonel giderlerini minimuma indirebilirler.

Türkiye açısından Borajet, bu iş modeli üzerinden uçaklarını Anadolujet’e kiralayarak Ankara merkez olmak üzere Bursa, Çanakkale, Dalaman gibi noktalara uçuşlar düzenlemiştir [8]. Bu çalışma kapsamında, Türkiye’de genellikle uçuşların belirli bazı büyük havalimanlarında toplanması ve buralardan dağıtılması göz önüne alınarak, kurulacak olan yeni bir bölgesel havayolu işletmesinin bu nitelikte uçuşlar yapması karlı görülmüştür. Zira rekabetin yoğun yaşandığı veya geleneksel havayolu işletmeleri tarafından uzun süredir

kullanılan hatlara yeni girişlerin doğru stratejilere sahip olmadığı müddetçe iflasları getirdiği son dönemlerde görülmektedir.



## 4. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, çalışmanın konusu olan bölgesel havacılık alanında daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir. Aynı zamanda bölgesel hava operasyonu düzenlenebilecek havalimanları ve operasyonun düzenlenebileceği uçak tiplerinin belirlenmesi adına havalimanı seçim ve uçak seçim konusunda yapılan çalışmalar verilmiştir.

### 4.1 Bölgesel Hava Taşımacılığı Konusunda Yapılan Çalışmalar

Bölgesel hava taşımacılığı, gerekli yasal düzenlemelerin 1960'ların sonunda yapılması ile birlikte dikkate alınmaya başlanmıştır. Sadece pratikte değil aynı zamanda uygulanma biçiminin araştırılması ve çeşitli yöntemlerle denenmesi adına çoğu akademik araştırmanın da konusu olmuştur.

Tablo 4-1 ile aşağıda bölgesel hava taşımacılığı konusunda yapılan çalışmalar verilmiştir.

**Tablo 4-1: Bölgesel Hava Taşımacılığı Konusunda Yapılan Çalışmalar**

| Yazar                        | Bölge/Ülke                                           | Konu                                                                |
|------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Truitt ve Haynes (1994)      | ABD                                                  | Bölgesel Havayolu İşletmesi Tercih Analizi                          |
| Graham (1997)                | Avrupa Birliği Ülkeleri                              | Bölgesel Havacılık Analizi                                          |
| Jefferson (1997)             | Avrupa                                               | Bölgesel Havayolu ile Havalimanlarında Sıkışıklığının Giderilmesi   |
| Belina ve Bush (1977)        | ABD                                                  | Bölgesel Havacılık Analizi                                          |
| Hensher (2002)               | Avustralya                                           | Uçuş Noktası Tanımlama                                              |
| Babikian vd. (2002)          | ABD                                                  | Bölgesel Uçakların Yakıt Giderleri                                  |
| Correnti vd. (2006)          | Avrupa                                               | Bölgesel Uçaklara Alternatif Uçak Tipi                              |
| Oktal ve Küçükönel (2007)    | Türkiye                                              | Bölgesel Havacılık Analizi                                          |
| Dennis vd. (2008)            | Avrupa, Kuzey Amerika                                | Bölgesel Havacılığın Karşılaştırılması                              |
| Wang vd. (2011)              | Çin                                                  | Bölgesel Havacılığın Optimizasyonu                                  |
| Herchko (2012)               | ABD                                                  | Bölgesel Havacılıkta Pilot Başarısını Etkileyen Faktörler           |
| Tunç (2012)                  | Türkiye                                              | Bölgesel Havayolu İşletmesi Kurulması                               |
| Baker vd. (2015)             | Avustralya                                           | Bölgesel Havacılık ve Ekonomik Etkisi                               |
| Gillen vd. (2015)            | ABD                                                  | Bölgesel Havayolu İşletmelerinin Büyük Havayolları ile İşbirlikleri |
| Gillen ve Hazledine (2015)   | Avustralya, Kanada, Yeni Zelanda, Norveç, İsveç, ABD | Bölgesel Havacılığın Ekonomik Yapısının Analizi                     |
| Sarılgan (2015)              | Türkiye                                              | Bölgesel Havacılığın Geliştirilmesi                                 |
| Bjerke (2018)                | ABD                                                  | Bölgesel Hava Araçları ile Havalimanlarında Kapasite Azaltma        |
| Sedláčková ve Švecová (2018) | Slovakya                                             | Bölgesel Havacılık Analizi                                          |

Bölgesel hava taşımacılığı konusunda yapılan ilk çalışma Truitt ve Haynes'in (1994) olup; ABD'nin Kaliforniya eyaletinde bulunan San Luis Obispo Havalimanı'nda operasyon yapan bölgesel havayolu işletmeleri SkyWest ve Wings West (tamamıyla American Eagle ait) yolcu memnuniyeti açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla havayolu işletmeleri için etkinlik analizi yapılmış, Hizmet Kalitesi Modeli ve verimliliğinin/üretkenliğinin kullanılan uçaklar baz alınarak ölçüldüğü Hizmet Verimlilik Modeli oluşturulmuştur. Değerlendirmede, bölgede en fazla uçulan nokta olan San Luis Obispo-Los Angeles şehir çifti dikkate alınarak bu uçuşlarda yolculuk yapan 124 kişiden anket yöntemiyle veriler elde edilmiştir. Yolcuların hizmet kalitesi adına büyük oranda Wings West'i tercih ettiği görülürken verimlilik açısından ise her iki havayolunun filosunda bulunan turboprop motorlu bölgesel uçaklar olan Metroliner III, Embraer Brasilia 120 ve SAAB 340B arasından en fazla Metroliner III ile yolculuk yapmayı tercih ettikleri görülmüştür [57]. Bir diğer çalışma olarak Graham (1997), serbestleşme sonrası tek bir sektör haline gelen havacılığın önemli bir parçası olan bölgesel havacılığın yapısını incelemiştir. Özellikle AB bölgesel havayolu işletmelerinin gelişen teknoloji ile kullandığı uçak yapıları, ağ yapılarını ve bu işletmelerin zaman içinde büyük havayollarına entegre oluşunu incelemektedir [58].

Jefferson (1997) çalışmasında; ERAA tarafından 1991'de oluşturulan ve bölgesel havayolu işletmelerinin kullandığı uçak tipleri sayesinde trafik sıkışıklığı olan büyük havalimanlarında operasyon yaparak buradaki sıkışıklığı rahatlatmasına imkan tanıyan operasyonel yolların anlatıldığı 'Hayati Bağlantı (The Vital Link)' adlı prosedürün, Avrupa'nın en fazla trafiğe sahip ve en sıkışık havalimanları olan Manchester, Zurich ve Gatwick Havalimanlarında uygulanabilirliğini test etmiştir. Anket yoluyla gerçekleştirilen çalışmada, söz konusu prosedürün sıkışıklığı azaltsa da trafiğin en yoğunlaştığı saatlerde etkisiz kaldığı sonucuna varılmıştır [59]. Bir diğer çalışma ise Belina ve Bush (1977) tarafından yapılarak, ABD'de ilk çıkış adı ile Commuter Havayolu olarak bilinen bölgesel havacılık ve bölgesel havayolu işletmelerinin yapısı ortaya konularak sektörün mevcut durumu ifade edilmiştir [60].

Hensher (2002) çalışmasında, Avustralya merkezli bölgesel bir havayolu olan Hazelton Havayolunun yine ülkenin önemli bir havalimanı olan Canberra Uluslararası Havalimanı'na uçuş düzenlemesi araştırılmıştır. Bu amaçla havalimanında yolcu talebini analiz etmeye yönelik ekonometrik bir model kurulmuştur. Modelde; 'fiyat', 'hizmet kalitesi', üretim-çekim analizi için 'GSYİH' ve taşıyıcının diğer uçuş merkezleri ve rotadaki diğer altı bölgesel havayolu işletmesini analiz adına 'rekabet' model değişkenleri olarak belirlenmiştir. Böylece yolcu talebinin rotada var olan rakiplere karşı duyarlı olduğu ifade edilmiştir [61]. Babikian ve diğerleri (2002) çalışmasında; bölgesel uçakların ABD havacılık sistemi üzerindeki etkisine

odaklanmakta, turboprop ve bölgesel jet uçaklarının teknolojik, operasyonel ve maliyet yapılarını incelemektedir. Araştırma sonucunda; bölgesel uçaklar daha büyük dar ve geniş gövdeli muadillerinden %40-60 daha az yakıt verimliliğine sahipken, jetlerin turboproplardan %10-60 daha az yakıt verimliliği olduğu görülmüştür. Aynı zamanda RRPK değerlerinin, daha düşük yük faktörlerinde çalışmaları ve sabit maliyetleri dağıtmak için daha az mil uçuş gerçekleştirmeleri nedeniyle bölgesel uçaklar için 2,5-6 kat daha yüksek olduğu ifade edilmiştir [62].

Bir diğer bölgesel havacılık çalışması Correnti ve diğerleri (2006) tarafından gerçekleştirilmiş olup, Avrupa’da bölgesel havacılıkta kullanılan turboprop ve jet motorlu uçaklar yerine alternatif olarak kullanılabilecek tiltrotor olarak bilinen hava aracı çalışmada önerilmiştir. Söz konusu hava aracı döner kanatlı hava araçları gibi dikey iniş/kalkış yapabilme özelliğine sahip iken (VTOL/Vertical Take-offs and Landings) aynı zamanda sabit kanatlı olup kısa pistlere iniş/kalkış yapabilen hava taşıtlarının (STOL/Short Take-offs and Landings) hız ve menzilini birleştiren bir taşıttır. Böylece sıkışık Avrupa hava ve yer trafiğinde/pistte daha çok verim elde edilerek kapasitenin artırıldığı sonucuna ulaşılmıştır [63]. Oktal ve Küçükönal (2007) ise çalışmasında, bölgesel hava taşımacılığı kavramının tanımı yaparak ABD ve Avrupa’daki gelişimi hakkında bilgi vermiştir. Aynı zamanda Türkiye’de bu hava taşımacılığının mevcut durumunu analiz ederek, uygulanabilirliği açısından bazı temel önerilerde bulunmuşlardır [47].

Avrupa ve Kuzey Amerika’daki bölgesel havayolu endüstrisinin kullanılan uçaklar, uçuş ağı ve maliyet yapıları dikkate alınarak karşılaştırıldığı Dennis ve diğerlerinin (2008) çalışmasında; Kuzey Amerika bölgesel havayolu işletmelerinin Avrupa’dakilere göre daha uzun rotalarda, daha fazla yükle ve daha düşük maliyetlerle operasyon gerçekleştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Avrupa bölgesel havacılık operasyonlarında daha çok turboprop uçaklar tercih edilirken Kuzey Amerika’da ise 50 koltuk kapasiteli jet uçakların kullanıldığı saptanmıştır [64]. Dünya’da mevcut durumu analiz ederek Çin’de bölgesel havacılığın gelişmesi adına bu alanın optimize edilmesini konu alan Wang ve diğerlerinin (2011) çalışmasında, ulusal nitelikli havacılığı geliştirmek yönünde öneriler sunulmaktadır. Aynı zamanda atılan yasal adımlarla birlikte Çin’in bölgesel havacılığını dünyada söz sahibi olmuş ülkelerle aynı konuma getirme adına yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir [65].

Herchko (2012) çalışmasında, ABD’nin havacılık otoritesi FAA tarafından verilen ‘14 CFR Part 121 Hava Taşıyıcısı Sertifikası’ ile sertifikalandırılmış ve bu kapsamda faaliyet gösteren bölgesel hava taşıyıcılarını konu edinmiştir. Bu taşıyıcılardan bölgesel havacılık işletmesi olan Colgan Air’in Şubat 2009’da yaptığı kaza üzerine bu sertifika ile hizmet veren

bölgesel havayolu işletmeleri pilotlarının eğitimlerine dair düzenleme yapılması kararını incelemektedir. Böylece çalışmada, 2005-2010 yılları arasında eğitim almış 420 bölgesel havayolu pilotunun kayıtları analiz edilerek bölgesel havayolu başlangıç eğitimi, ilk işletme deneyimi, birinci yıl hat gözlemleri ve birinci yıldaki başarıyı etkileyen pilot kaynaklı faktörler saptanmaya çalışılmıştır [66]. Tunç (2012) çalışmasında, Türkiye’de bölgesel nitelikli uçuşlar yapan bir havayolu işletmesi kurulmasını ‘SHY-6A Ticari Hava Taşıma İşletmeleri Yönetmeliği’ kapsamında değerlendirmiş ve yasal olarak kurulum aşaması hakkında çalışmıştır [67]. Baker ve diğerlerinin (2015) çalışmasında; Avustralya’da bulunan bölgesel nitelikli havalimanlarını baz alarak, bölgesel havacılık ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi olup olmadığını araştırmıştır. Analiz, 1985/86–2010/11 dönemi için 88 bölgesel havaalanında toplam yolcu hareketleri sayısı ve gerçek toplam vergilendirilebilir gelire ilişkin yıllık veriler kullanılarak yapılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlamak adına Vektör Hata Düzeltme Modeli (Vector Error Correction Model/VECM) kullanılmış ve bölgesel havacılık ile ekonomi arasında kısa ve uzun vadeli yüksek bir nedensellik olduğu görülmüştür [68].

Gillen ve diğerlerinin (2015) çalışmasında, bölgesel havayolu işletmeleri ile geleneksel ağ taşıyıcıları arasındaki işbirliği biçimleri (ayrıcalıklı satış vb.) ile kurulabilecek ilişki kararını ve gerekliliğini oyun teorisi modellerinden olan Eşzamanlı ve Sıralı Seçim Modelleri (Simultaneous and Sequential Choice Models) kapsamında ele alınmıştır. Bu amaçla üç aşamalı bir oyun olarak kurulan modelde ilk aşamada, ağ havayolu belirlenen hattaki kaç bölgesel havayolu ile işbirliği kuracağını belirlenmiştir. İkinci aşamada, ağ havayolları kendi filoları ile söz konusu pazarın hangi bölümüne hizmet vereceklerini ve son aşamada ise bölgesel havayollarının her birinin ağ havayolları adına verilen hizmetten bağımsız olarak kaç yolcuya hizmet vereceği belirlenmiştir. Kurulan ekonometrik modeller sonucunda işbirliği kararında; pazar büyüklüğünün, ağ havayolları arasındaki maliyet farklılıkları ile birlikte ağ ve bölgesel havayolları arasındaki maliyet farklılıklarının belirleyici olduğu kadar ağ havayollarının kendi filoları ile bir pazara hizmet verip vermeme kararlarının da belirleyici olduğunu ortaya konmuştur [69]. Gillen ve Hazledine (2015) tarafından yapılan çalışmada; Avustralya, Kanada, Yeni Zelanda, Norveç, İsveç ve ABD’nin bölgesel havacılık pazarı kapsamında gerçekleşen bölgesel nitelikli uçuşlarının ekonomik etkisini araştırmak amacıyla belirlenen 16 değişken arasındaki ilişki, regresyon ile ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu ilişki için, uçuş öncesinde beş farklı bilet fiyatlandırması ile rekabetin fiyatlar üzerindeki etkisi ortaya konulmuş ve aynı zamanda en ideal bilet fiyatlandırması sağlayabilecek bir model ortaya konmaya çalışılmıştır [70].

Benzer bir çalışma olarak Sarılgan'ın (2015) çalışmasında, bölgesel hava taşımacılığını Türkiye kapsamında ele alarak bölgesel hava taşımacılığının tarihçesi, Türkiye'de ve dünyadaki mevcut durumu/geleceği hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Çalışma sonunda; DHMİ, SHGM ve bazı havayolu işletmelerinde görevli 8 kişi ile 25 soruluk bir anket yapılarak Türkiye'de bölgesel havacılık konusunda görüş belirtilmiştir [42]. Başka bir çalışma olarak Bjerke (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; ABD'de bulunan John F. Kennedy (JFK) and LaGuardia (LGA) havalimanlarında kapasite fazlalığı nedeniyle oluşan gecikmelerin, yine havalimanında operasyon yapan bölgesel havayolu işletmeleri ile ortadan kaldırılma fikri analiz edilmiştir. Bu kapsamda havalimanlarında operasyon yapan bölgesel havayolu işletmelerine ait 2 yıllık veri kullanılarak operasyonel hacim (bağımsız değişken) ile zamanında performans (bağımlı değişken) arasındaki ilişki doğrusal ve çoklu regresyon ile belirlenmeye çalışılmıştır. Operasyonel hacim; blok saatleri, uçak kullanımı ve tarifeli kalkış sayısı olarak üç bağımsız değişken ile ifade edilirken zamanında performans ise gecikmeler, önemli gecikmeler ve operasyonların tamamlanma faktörü olarak yine üç değişken ile tanımlanmıştır. Araştırma sonucunda değişkenlerin aralarındaki yüksek ilişki ifade edilirken doğrusal regresyonun bu ilişkiyi daha net ortaya koyduğu görülmüştür [71]. Sedláčková ve Švecová'nın (2018) çalışmasında ise; Slovak Cumhuriyeti'nde bölgesel havalimanlarının durumunu analiz ederek; ekonomik, operasyonel ve finansal gösterge analizi, mikro ve makro iş ortamı analizi sonuçlarına dayalı olarak yeniden canlandırılması adına alınabilecek önlemleri belirtmek amacıyla önemli havalimanlarından olan Piešťany Havalimanı kapsamında inceleme yapılmıştır [72].

#### **4.2 Uçak Seçimi Konusunda Yapılan Çalışmalar**

Havacılıkta kullanılan uçak tipleri yapılan operasyonlara göre farklılık göstermektedir. Farklı yapısal özelliklere sahip bu uçaklar arasında en doğru kararı vermek işletmenin karlılığı ve doğal sonuç olarak devamı için önem arz etmektedir. Çalışma konusu olan bölgesel hava taşımacılığı sistemi adına kullanılan uçaklar daha çok motor tipleri ile diğer uçaklardan ayırt edildiği için gelişmesi de motorların gelişmesi ile paralellik göstermiştir. 1960'larda pervaneli turboprop motorlarla başlayan bölgesel havacılık operasyonları 1980-1990 yılları ile jet motorlarla daha hızlı ve uzun menzilli hale gelmiştir.

Tablo 4-2'de havacılık operasyonlarında kullanılacak uçak tipi seçimine dair yapılan çalışmalar verilmiştir.

**Tablo 4-2: Uçak Seçim Konusunda Yapılan Çalışmalar**

| Yazar                     | Uygulan Ülke/Bölge | Araştırma Yapılan Havacılık Operasyonu |
|---------------------------|--------------------|----------------------------------------|
| Yılmaz (2006)             | Türkiye            | Ticari Havayolu (THY)                  |
| Wang ve Chang (2007)      | Tayvan             | Hava Kuvvetleri Akademisi              |
| Yeh ve Chang (2009)       | Tayvan             | Ticari Havayolu                        |
| Ozdemir vd. (2011)        | Türkiye            | Ticari Havayolu (THY)                  |
| Sun vd. (2011)            |                    | Varsayımsal Ticari Havayolu            |
| Gomes vd. (2014)          | Brezilya           | Bölgesel Charter Havayolu              |
| Dožić ve Kalić (2014)     | Güneydoğu Avrupa   | Bölgesel Havayolu                      |
| Gürün (2015)              | Türkiye            | Bireysel Kullanıcı için İş Jeti        |
| Kıracı ve Bakır (2018)    |                    | Varsayımsal Ticari Havayolu            |
| Akyurt ve Kabadayı (2020) | Türkiye            | Kargo Taşıyıcı Havayolu                |

Uçak seçim konusunda Yılmaz (2006) tarafından yapılan çalışmada; THY'nin mevcut filosunu genişletme kararı alması halinde 5 uçak modeli olarak A321-200, A320-200, B737-800, B737-900 ve B737-900X uçakları arasından hangilerini tercih edebileceğine dair kararın verilmesi amacıyla ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Alternatif uçaklar arasında en iyi modeli belirlemek adına 9 ana kriter altında tanımlı alt kriterler ile yapılan değerlendirmede, B737-800 en iyi alternatif olarak belirlenmiştir [73]. Wang ve Chang (2007) tarafından yapılan başka bir çalışmada, Tayvan'da bir okul olan Uçuş Kuvvetleri Akademisi'nde eğitim uçağı olarak kullanılmak üzere uçak seçimi yapılmıştır. Eğitim amaçlı kullanılan 7 pervaneli uçak toplamda 16 kriter baz alınarak bulanık ÇKKV yöntemi ile değerlendirilmiştir [74]. Yeh ve Chang (2009) çalışmasında ise yine Tayvan'da ulusal uçuşlar düzenleyen ticari bir havayolu işletmesi adına operasyonlarında kullanabileceği en doğru uçak tipini belirlemeyi amaçlanmıştır. Alternatifler; ticari havacılıkta en çok kullanılan uçaklar olan B757-200, A-321, B767-200, MD-82 ve A310-300 olarak saptanmıştır. Bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak 11 kritere göre değerlendirilen uçaklar arasında en avantajlı modelin B757-200 uçağı olduğu görülmüştür [75].

Ozdemir ve diğerlerinin (2011), çalışmasında ise THY'nin operasyonlarında kullanabileceği uçak tiplerinin belirlenmesi adına ÇKKV yöntemi olan Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process/ANP) ile alternatifler incelenmiştir. Alternatif uçaklar olarak A319, A320 ve B737 belirlenmiş; uçaklar maliyet, zaman, fiziksel özellikler olarak 3 ana kriter altında tanımlı 10 kriter baz alınarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda THY adına en iyi uçak modeli olarak B737 belirlenmiştir [76]. Sun ve diğerleri (2011), varsayımsal bir havayolu için uçak seçiminde verilecek ilk kararın güçlülüğünü artırmak amacıyla Sağlamlık Analizi (Robustness Analysis) uygulamış ve B747-400, B747-200 ve A340-400 uçak modelleri arasında seçim yapmıştır. Farklı üç karar verme yöntemi kullanılan seçim sonucunda, B747-400 uçağı en iyi alternatif olarak saptanmıştır [77]. Bir diğer çalışma Gomes ve diğerleri (2014)

tarafından yapılmış olup çalışmada, Brezilya’da lojistik sektöründe faaliyet gösteren bir şirketin havacılık sektörüne hava taksi işletmesi olarak girmesi ve ardından bölgesel charter taşımacılık yapması için gerekli uçak tipi seçimini gerçekleştirmek amaçlanmıştır. Uçak seçiminde ÇKKV yöntemlerinden NIADE (Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments/Değerlendirme ve Karar Ortamlarını Kısıtlamaya Yönelik Yeni Yaklaşım) yöntemi kullanılırken, 11 uçak alternatifi arasından seçim 13 kriter baz alınarak yapılmıştır. Uçak alternatifleri belirlenirken Brezilya Havacılık Yönetmelikleri (Brazilian Regulations of Aeronautic) dikkate alınmış aynı zamanda havayolu işletmesi açısından da avantajlı olabilecek, maksimum 20 yolcu kapasiteli uçaklar olarak saptanmıştır. Araştırma kapsamında değerlendirilen uçaklar arasından 19 koltuk kapasiteli turboprop Let L-410 tipi uçak, söz konusu operasyon açısından en iyi model olarak belirlenmiştir [78].

Dožić ve Kalić’in (2014) çalışmasında, Güneydoğu Avrupa’da bulunan Belgrade Havalimanını merkez olarak kullanacak ve 27 rotada nispeten küçük uçaklarla operasyon düzenleyecek varsayımsal bir havayolu için uçak seçim kararını AHP yöntemi kullanarak değerlendirilmiştir. Operasyonlarda kullanılmak üzere bölgesel jetlerden E-190, CRJ-700, CRJ-900 ve CRJ-1000 alternatif olarak seçilirken turboprop uçaklardan ise ATR 72-500, ATR 72-600, Bombardier Q400 NextGen alternatif olarak belirlenmiştir. Alternatifler 6 kriterle değerlendirilmiş ve ATR 72-600 uçağının en doğru karar olacağı ifade edilmiştir [79]. Gürün (2015) çalışmasında; Türkiye’de bireysel kullanım amaçlı bir iş jeti kullanıcısının seçebileceği, maksimum 20 yolcu kapasiteli Bombardier Challenger 300, Dassault Falcon 2000, Citation X ve Gulfstream G450 uçak alternatifleri arasında karar vermesini sağlayan ÇKKV çalışması yapılmıştır [80]. Kiracı ve Bakır (2018) çalışmasında; bir havayolu açısından uçak seçim kararını A320, A321, B737-800 ve B737- 900ER uçak alternatifleri arasından ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilerek en iyi tercihin B737-800 uçağı olduğu ifade edilmiştir [81]. Bir diğer çalışma olan Akyurt ve Kabadayı (2020), Türkiye’de İstanbul Atatürk Havalimanı merkezli bir hava kargo işletmesi için uçak seçim kararını bulanık ÇKKV yöntemleri ile değerlendirmiştir. B777F, A330-200F, B747-400F ve A310-300F tipi geniş gövdeli alternatif uçaklar arasında yapılan seçim ile B777F tipi uçağın en doğru seçim olacağı görülmüştür [82].

Bu çalışmada ise, Türkiye’de bölgesel hava taşımacılığı alanında operasyon yapacak bir havayolu işletmesinin kullanabileceği uçak modellerinin seçimi amaçlanmaktadır. Söz konusu havacılık dalında operasyon yapan bir Türk havayolunun olmayışı çalışmanın özgünlüğü artırmaktadır. Aynı zamanda uçak seçim konusunda yapılan çalışmalarda seçimin genellikle ÇKKV veya bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmada ise

bulanık sistemlere yeni bir yaklaşım olarak literatürde henüz uçak seçiminde kullanılmamış SFS sisteminin yöntem olarak belirlenmesi çalışmayı diğerlerinden ayırt etmektedir.

#### 4.3 Havalimanı Seçimi Konusunda Yapılan Çalışmalar

Havayolu işletmelerinin karlılığı seçilen uçuş noktalarına ve uçuş ağlarına doğrudan bağlıdır. Bu nedenle, rota veya diğer bir deyişle operasyon yapılacak havalimanının seçimi bu işletmeler açısından hayati önem taşımaktadır. Zira talebin az olacağı noktalara alınan yanlış kararlar ile düzenlenen uçuşlar, ekonomik hassasiyeti yüksek olan günümüz havacılık sektöründe zincirleme kayıplara hatta iflaslara neden olabilmektedir.

Aşağıda Tablo 4-3 ile hava operasyonları için önem arz eden havalimanı seçimi konusunda yapılan çalışmalar verilmiştir.

**Tablo 4-3:** Havalimanı Seçimi Konusunda Yapılan Çalışmalar

| Yazar                       | Bölge                      | Araştırma Yapılan Havacılık Operasyonu |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
| Janic & Reggiani (2002)     | Avrupa Birliği hava sahası | Varsayımsal Havayolu İşletmesi         |
| Gardiner vd. (2005)         |                            | Hava Kargo İşletmesi                   |
| Gupta vd. (2008)            | ABD                        | Yolcu Tercihi                          |
| Menou vd. (2010)            | Fas                        | Hava Kargo İşletmesi                   |
| Ssamula (2010)              | Afrika                     | Ticari Havayolu İşletmesi              |
| Postorino & Praticò (2012)  | İtalya                     | Çoklu Havalimanı                       |
| Dobruszkes vd. (2017)       | ABD-Avrupa                 | LCC                                    |
| Özcan vd. (2018)            | Orta Asya-Orta Doğu        | Varsayımsal Havayolu İşletmesi         |
| Sennaroglu ve Celebi (2018) |                            | Askeri Havalimanı Seçimi               |
| Özcan (2018)                | Türkiye                    | Ticari Havayolu İşletmesi              |

Havayolu işletmelerinin önemli karar aşamalarından olan havalimanı seçim adına yapılan Janic & Reggiani'nin (2002) çalışmasında; Avrupa Birliği'nin serbestleştirilmiş hava sahasında hizmet verdiği varsayılan bir havayolu için, yeni bir merkez olarak seçilecek havalimanı ÇKKV metotlarından SAW (Simple Additive Weighting/ Basit Toplamlı Ağırlıklandırma) ve TOPSIS kullanılarak aralarındaki ölçüm farkını saptamak amacıyla analiz edilmiştir. Kriterlere ait ağırlıkların ise AHP yöntemi ile elde edildiği çalışmada, yeni rota olabilecek 7 havalimanı alternatifi 12 kriter ile değerlendirilerek yöntemlerin çıktıları karşılaştırılmıştır [83]. Gardiner ve diğerlerinin (2005) yaptığı bir diğer havalimanı seçim çalışmasında; dünyada hava kargo işletmelerinin rotalarını planlarken uçuş düzenleme kararı aldığı havalimanları arasında yapılacak seçimlerde etkili olan kriterler araştırılmıştır.

Araştırma, Mart 2004 tarihinde 9 dünya bölgesinde operasyon yapan 118 kargo işletmesine anket gönderimi ile gerçekleştirilmiştir. 39 geri dönüş anketi ile, kargo işletmelerinin havalimanı seçimi yaparken 9 kriteri baz aldığı görülmüştür [84].

Gupta ve diğerleri (2008) çalışmasında, New York Metropolüne bağlı 54 bölgede bulunan 9 havalimanı arasından merkez olarak kullanılabilecek en uygununun ve bu havalimanlarına ulaşım modları arasından yolcular açısından en doğru olanının seçimini yapmak amacıyla çok değişkenli lojistik regresyon yöntemine başvurmuştur. Yöntemde; havalimanı seçim için tanımlanmış 6 değişkenden her biri ulaşım modu seçimi adına tanımlanan 9 değişken ile analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda; havaalanına uzaklık, ortalama verim ve bölgede nehir geçişi olup olmaması havaalanı seçimini etkileyen kriterler iken havalimanı ulaşım modu seçiminde ise ulaşım süresi ve ulaşım ücretlerinin belirleyici olduğu saptanmıştır [85]. Menou ve diğerlerinin (2010) çalışmasında ise; Fas'ta çok-modlu hava kargo taşımacılığı yapılabilmesi için Fas havalimanları; stokastik bir karar verme yöntemi olan, farklı türdeki (nicel/nitel), belirsiz, kesin olmayan veya eksik bilgi ve kriterlerin birlikte kullanılması ve değerlendirilmesine izin veren SMAA (Stochastic Multi-Criteria Acceptability Analysis/Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi) ile analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda; kriterler olarak belirlenen yatırım maliyeti, üreticilere yakınlık, konumun potansiyeli, taşıma maliyeti, hizmet seviyesi ve çevrenin analizi ile alternatif havalimanlarından olan Ben Slimane geliştirilerek hava kargo taşımada potansiyel merkez olarak kullanılabileceği belirlenmiştir [86].

Bir diğer çalışma Ssamula (2010) tarafından yapılmış olup, Afrika hava taşımacılığında hizmet veren havayolu işletmeleri için faydalı olacak topla&dağıt operasyon biçiminin kullanılabileceği merkez bir havalimanı seçimi amaçlanmıştır. Bu amaçla; 4 bölgeye ayrılan kıtada 4 önemli havalimanı alternatif olarak seçilmiş ve 3 ana kriter altında tanımlı 7 kriterle ÇKKV yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir [87]. Postorino & Praticò'nun (2012) çalışmasında, İtalya'nın kuzeyinde pek çok havalimanının bağlı olduğu bölgesel bir Çoklu-Havalimanı Sistemi (Multi-airport System/MAS) kurulması test edilmiştir. Bölgede faaliyet gösteren havalimanlarının etkinliğini denetlemek amacıyla belirli bir dönemi kapsayarak yapılan araştırmada yolcular tarafından havalimanının seçim kriterleri hava ücretleri (air rates), havalimanı etkinlik seviyesi, hizmet kalitesi, park alanı, uçuş/hizmet sıklığı olarak saptanmıştır [88]. Dobruszkes ve diğerleri (2017) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, Avrupa ve ABD'de operasyon yapan LCC işletmelerin havalimanı seçim tercihi incelenmektedir. Zaman içerisinde değişen şartlarla artık LCC işletmelerin de ikincil havalimanları yerine büyük/merkez havalimanlarına da operasyon düzenleyebileceği fikri ile yürütülen çalışmada; operasyon

yapılan bölgelerin nüfusa göre ayrılarak birden fazla havalimanı olup olmaması ile modellenen havalimanları, LCC havayollarının tercihini etkileyen kriterler ile değerlendirilmiştir [89].

Özcan ve diğerlerinin (2018) çalışmasında, varsayımsal bir havayolu için yeni uçuş noktası seçiminde etkili olan kriterler bir havayolu firmasında çalışanlar önderliğinde saptanmıştır. Havalimanı seçiminde önem arz eden maliyet, ülkenin siyasal/ekonomik durumu, havalimanı ağ potansiyeli olarak belirlenen 3 ana kriter altında tanımlı 11 kritere dair sıralama ÇKKV yöntemlerinden AHP ile yapılmıştır. Kriter ağırlıkları elde edildikten sonra, Orta Asya ve Orta Doğu'da bulunan alternatif 5 havalimanı arasında TOPSIS yöntemi ile yapılan sıralamada Abu Dabi Havalimanı en iyi alternatif olarak belirlenmiştir [90]. Bir diğer havalimanı seçim çalışması olarak Sennaroglu ve Celebi (2018); askeri havalimanı için rota seçimi yapmak amacıyla 9 kriter altında tanımlı 32 alt kriter, ÇKKV yöntemlerinden AHP ile ağırlıklandırılmış ve 4 alternatif havalimanı PROMETHEE ve VIKOR ile ayrı ayrı değerlendirilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır [91]. Özcan (2018) ise çalışmasında; bir havayolu için yeni bir uçuş noktası belirlenmesinde dikkate alınacak 8 kriter, bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve uçuş ağına dahil edilmesi planlanan alternatif 5 havalimanı/uçuş noktası Gri İlişki Analizi (Grey Relational Analysis/GRA) yöntemi ile sıralanmıştır [92].

## 5. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, çalışmanın yöntemini oluşturan SFS'den bahsedilmiştir. Bu amaçla, öncelikle kullanılan ÇKKV yöntemleri ve uygulama adımları anlatılmıştır. Daha sonra; SFS'lerin daha iyi anlaşılması adına ortaya çıkışından, oluşturulma mantığından bahsedilmiş ve çalışmada kullanılan SF-ÇKKV yöntemleri ve uygulama adımları açıklanmıştır.

### 5.1 Optimizasyon

Optimizasyon, optimum kelimesinden gelmekte ve en iyiyi aramak anlamında kullanılmaktadır. Optimizasyon, bir problemin var olan sonsuz sayıdaki çözümleri arasından en iyisini bulma işlemidir. Başka bir deyişle optimizasyon, mevcut şartlar altında çözümler arasında en doğru olanın tercih edilmesi işlemlerinin tamamı olarak ifade edilebilmektedir. Pek çok yöntemden oluşan optimizasyon işlemi; özellikle satın alma, iş gücü planlama gibi iş dünyasının kilit noktalarında alınan kararlarda yardımcı olmaktadır. Ancak sadece bu alanlarla kısıtlı olmayan optimize etme işlemi, günlük hayatta dahi farkında olmadan uygulanmaktadır.

Bir problemin çözümünde uygulanabilecek temel optimizasyon teknikleri; Sezgisel Algoritmalar (Heuristics Algorithm), Metasezgisel Algoritmalar (Meta-Heuristics Algorithm), Analitik Yöntemler (Analytical Methods), Matematiksel Programlama (Mathematical Programming) olarak ifade edilebilir. Matematiksel Programlama ise, Doğrusal Programlama (Linear Programming), Doğrusal Olmayan Programlama (Nonlinear Programming) olarak iki alt teknikten oluşur. Doğrusal Programlama, özellikle taşımacılık problemlerinde kullanılabilecek pek çok yöntemi barındıran, bir amaç fonksiyonu ve bu amacı gerçekleştirmek için mevcut durumda oluşmuş sınırların/kısıtların tanımlanabildiği iki bölümden oluşan matematiksel ifadedir. Bu ifade ile amaç fonksiyonun özelliğine göre ya da minimize ya da maksimize edilmesi beklenir.

Optimizasyonda temel amaç, en iyi ve doğru seçeneğin seçilmesinin sağlanmasıdır. Bu nedenle; her ne kadar literatürde optimizasyon teknikleri yukarıda ifade edildiği gibi de olsa optimize etme işleminin alanı sadece bu yöntemlerle sınırlanamaz. Kişilerin gerek günlük hayatta gerekse çoğu kritik noktalarda verdikleri kararlarda en doğru seçeneği/alternatifi seçme eğilimleri de aynı zamanda bir optimizasyon işlemidir. Bu durumdan hareketle; karar verme problemlerine çözüm olması amacıyla geliştirilen ÇKKV yöntemleri, belirli kısıt/nitelikler çerçevesinde bir amacı gerçekleştirmek adına var olan seçim alternatifleri arasında en

iyiyi/optimumu seçme işlemleri olarak tanımlanabilmektedir. Bu anlamda ÇKKV yöntemlerinden olan ve sonraki bölümde daha ayrıntılı ifade edilecek, çok amaçlı karar verme teknikleri arasında doğrusal programlama gibi optimizasyon teknikleri de yer almaktadır. Bu durum karar verme işlemlerinin aslında birer optimizasyon mantığına dayandığını gösterir. Burada önemli ayrım, optimizasyon yaparken birbirine zıt iki amacın gerçekleştirilememesinin getirdiği sınırlandırmadır [160]. Örneğin; optimizasyon açısından bir kriterin maksimize edilirken diğerinin minimize edilmesi zor iken ÇKKV tekniklerinden bazıları ile bu mümkündür ve bu durum en iyiyi değil en iyiye yakını seçmeye neden olur. Ancak geliştirilen hibrit yöntemler ile ÇKKV yöntemleri daha sağlam kılınmaktadır.

ÇKKV yöntemleri; alternatifler üzerinde etkili ve sıralamayı sağlayacak kriterlerin her birinin kendi içinde veya birbirleri arasında bir denge kurma hedefine sahip bir nevi optimizasyon süreci olarak da tanımlanabilmektedir. ÇKKV yöntemleri, kriterleri tanımlayan/sahip oldukları niteliklerin ele alınması adına iki temel nokta ile ayrılmışlardır. Bu ayrım, Telif Edici Modeller (Compensatory Models) ve Telif Edici Olmayan Modeller (Non-Compensatory Models) olarak ifade edilmektedir [158]. Telif edici modellerde; bir kriterin sahip olduğu pozitif veya negatif değer, bir diğer kriterdeki pozitif veya negatif değer ile kapatılıp dengelenebilmektedir [158-161]. Başka bir deyişle, problemin çözümünde tanılanmış kriterlerden bazılarının çözüm aşamasında katsayısal etkisinin zayıf olması, diğer bazı kriterlerdeki yüksek performanslarla telif edilebilir; böylece, toplu performansın elde edildiği sonuçta, bir kriterin zayıf alanlarını ortaya çıkarmayabilir [161]. Bu yöntemlere örnek olarak AHP ve TOPSIS verilebilir. Telif edici olmayan modeller ise, probleme konu olan ve nihai kararı belirleyen kriterler arasında bir sağlama yani optimizasyon işlemine imkan tanımazlar. Başka bir ifade ile, bir kriterde var olan negatif bir etki yine başka bir kriterin sahip olduğu pozitif etki ile dengelenemez [158]. Böylece her bir karar kriteri, toplu performanstan ziyade bireysel olarak karar üzerinde doğrudan önemli bir rol oynar. Bu durum ise niteliklere göre sıralanacak alternatifler arasında en iyiyi seçmeyi daha zor kılmaktadır.

Bu çalışmada; telif edici ÇKKV yöntemlerinden AHP-TOPSIS ve AHP-CODAS entegrasyonu bulanık mantık açısından yeni bir yaklaşım olan SFS ile birleştirilerek karar verme amaçlanmıştır.

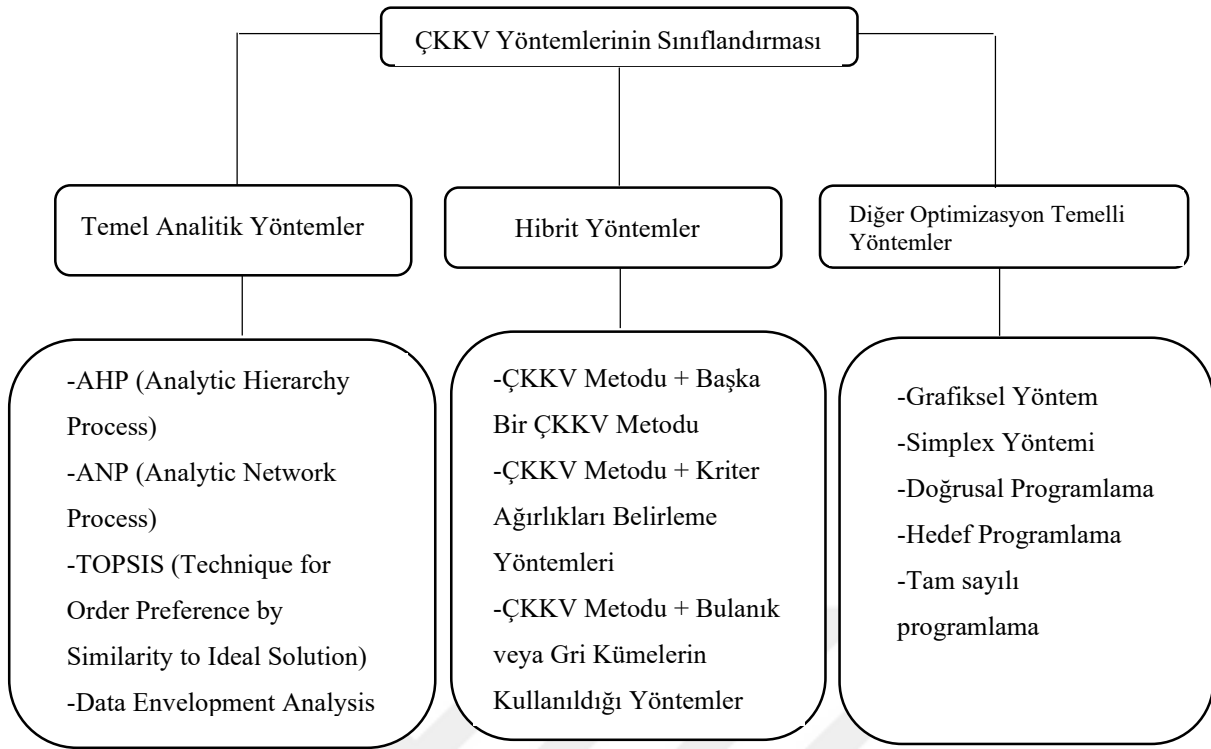
## 5.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Karar verme, insan hayatının doğal bir parçası olmuş ve yapılan seçimler bazen bireysel nitelikli değişikliklere yol açarken bazen de kitlesel etkilere neden olmuştur. İnsanlığın

gelişmesi, modern yaşamla birlikte hayatımızda daha rasyonel adımlar atmamızın getirdiği zorunluluk, bu derece büyük etkiye sahip kararların modellenmesi gereksinimini doğurmuştur. Böylece karar verme yöntemlerinden biri olan ÇKKV yöntemleri, 1940'lı yıllarda özellikle işletmelerde seçim yapmada kullanılmaya başlanmış ve geliştirilerek bugünlere gelmiştir. Pek çok alternatif arasında en doğru kararı vermek amacıyla nicel ve nitel sonuçların değerlendirilmesi mantığına dayanan ÇKKV yöntemlerinde, uygulama ve problemi ele alış biçimi arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Ancak hepsinde temel mantık, problemde karar noktaları olan alternatiflere etki eden kriterlerin her birine göre alternatiflerin uğradığı değişimle birlikte nihai sıralamanın yapılmasıdır. Karar verici açısından en etkin alternatif bu şekilde belirginleştirilerek süreci kolaylaştırmak hedeflenmektedir.

ÇKKV yöntemleri çeşitli şekillerde gruplandırılabilir. Literatüre kazandırılan her yeni ÇKKV yöntemi ile sınıflandırma çeşitlenmekte ve farklılık kazanmaktadır. Ancak temelde ÇKKV yöntemleri deyince; Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ve Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) olarak iki sınıf oluşturulabilmektedir. ÇNKV, bir karar probleminde hesaplama dahil edilen alternatiflerin sonlu sayıda olduğu karar verme sürecini ifade etmektedir. Bu ÇKKV yöntemleri daha çok; alternatifler arasından seçim, alternatiflerin sıralanması veya kıyaslanması gibi karar aşamalarında sıklıkla kullanılan AHP, TOPSIS gibi yöntemleri içermektedir [159]. ÇAKV ise, ÇNKV tekniklerinin aksine alternatif sayısının sonsuz olduğu durumlarda alternatifler arasından en uygun olanı seçmeyi sağlayan yöntemler olarak ifade edilebilmektedir. Bu yöntemlerde problemin amacı önceden belirlenmiş ve alternatiflerin seçimi ise bu amaç ile yapılmıştır [158]. Birden çok amacı sağlamaya çalışan bu yöntemlerin başlıcaları ise; Doğrusal Programlama, Hedef Programlama, Step Metodu (STEM), Zincirleme Çok Amaçlı Optimizasyon Yöntemi (Sequential Multiobjective Problem Solving/SEMOPS) gibi yöntemler olarak sıralanabilmektedir.

Yukarıda ifade edildiği üzere pek çok sınıflandırması yapılabilen ÇKKV yöntemleri bu çalışmada, kullanılan analizlerin türüne göre sınıflandırılmış ve aşağıda Şekil 5-1 ile gösterilmiştir. Gruplandırmada temel ayrım olarak problemin çözüm yolunun özelliği dikkate alınmaktadır. Optimizasyon Temelli Yöntemler ile daha çok, birden fazla amaç içeren karar verme problemlerinin modellenerek çözüm optimizasyonu hedeflenmektedir. Temel Analitik Yöntemler, bilinen ve yaygın kullanılan ÇKKV yöntemlerini içermekte olup birden fazla kriter ve bunların alternatifler üzerinde olan etkisini ağırlıklandırarak çözüm alternatifleri arasında sıralama yapmayı sağlamaktadır. Hibrit Yöntemler ise ÇKKV yöntemleri ile bazı yöntemlerin birlikte kullanımı ile oluşan entegre yöntemlerdir.

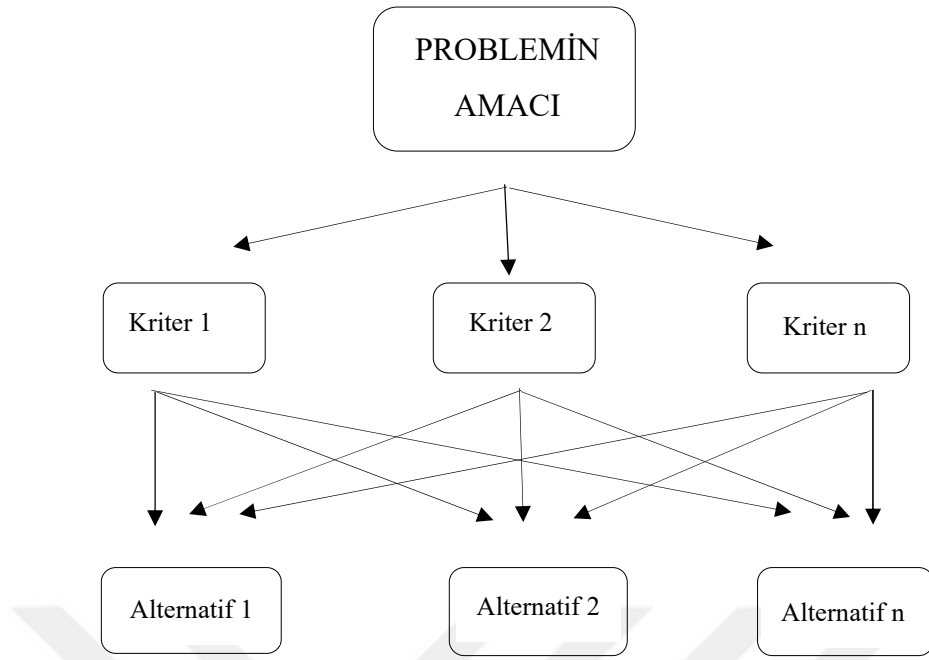


**Şekil 5-1:** ÇKKV Yöntemlerinin Analiz Tipine Göre Sınıflandırılması [117]

ÇKKV yöntemleri, alternatifler arasındaki sıralamayı belirlemede farklı yaklaşımlar içermektedir. Bu çalışmada, bölgesel bir havayolunun operasyon yapabilmesi amacıyla havalimanı seçim ve uçak seçim kararında AHP-TOPSIS ve AHP-CODAS yöntemlerinin entegrasyonu ile karar verme benimsenmiştir. Ayrıca bu yöntemler uygulanırken bulanık kümelerle yeni bir yaklaşım olan SFS yönteminden yararlanılmıştır.

### 5.2.1 AHP Yöntemi

AHP, ÇKKV yöntemlerinin en çok kullanılanlarından biridir. AHP; çok sayıda karar vericinin sürece katılmasına olanak sağlaması, çok sayıda alternatife etki eden çok sayıda kriterle çalışabilmesi ve kriterlerin alternatifler üzerindeki etkisini ağırlıklandırabilmesi gibi çoğu yönüyle diğer ÇKKV yöntemlerinden ayrılmaktadır. AHP ile bir problem tanımlanarak, mantıksal bir hiyerarşik yapı içerisinde katmanlara ayrılır. Katmanlardan aşağı inerek çözümü belirlemek için her kriter varsa alt kriterler ve alternatifler birbiri içerisinde ikili karşılaştırılır. Hiyerarşinin son basamağı olan çözümde ise en fazla ağırlığa sahip alternatif karar alternatifi olmaktadır. Aşağıda Şekil 5-2’de AHP ile bir problemin tanımlanma aşamaları belirtilmiştir.



**Şekil 5-2:** Analitik Hiyerarşi Prosesi Tanımlama Örneği

Şekil 5-2’de ifade edildiği gibi AHP için ilk aşamada seçim amacının belirlenmesi, problemin açıklanması gerekmektedir. Daha sonra probleme etki eden kriterler ve varsa alt kriterler tanımlanmaktadır. En son aşamada ise seçim yapılacak alternatifler belirlenir ve sıralama elde edilen ağırlıklar ile sağlanır. Çalışmada, AHP yönteminden sadece kriterlere ait ağırlıkları belirlemede yararlanılmıştır. Aşağıda klasik AHP yöntemi işlem adımları verilmiştir.

1. *Problemin tanımlanması:* ÇKKV yöntemlerinde ilk adım, problemin açıkça tanımlanarak etki eden kriterler ve alternatiflerin saptanması aşamasıdır.
2. *İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması:* Problem belirlendikten sonra karar vericilerin kriter ve alternatifleri değerlendirmesi aşamasına geçilir. Değerlendirmede, AHP yöntemini ilk kez bulup literatüre kazandıran Prof. Thomas L. Saaty’nin tanımladığı karşılaştırma ölçeğinden yararlanılmaktadır. Kullanılan ikili karşılaştırmalar önem ölçeği aşağıda Tablo 5-1 ile verilmektedir.

**Tablo 5-1:** İkili Karşılaştırma Önem Ölçeği [111]

| Önem Derecesi | Tanım                                       | Açıklama                                                                 |
|---------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1             | Eşit Önemli                                 | İki faaliyet amaca eşit derecede katkı sağlar.                           |
| 3             | Birinin Diğereine Göre Çok Az Önemli Olması | Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğereine çok az derecede tercih ettirir. |

**Tablo 5-1:** İkili Karşılaştırma Önem Ölçeği [111] (devamı)

|         |                          |                                                                                                  |
|---------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5       | Güçlü Derecede Önemli    | Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettirir.                     |
| 7       | Belirgin Derecede Önemli | Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür.        |
| 9       | Aşırı Derecede Önemli    | Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir. |
| 2,4,6,8 | Ortalama Değerler        | Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler.        |

Tablo ile tanımlanan önem dereceleri kullanılarak, karar vericilerin/uzmanların cevaplaması adına ikili karşılaştırmalar anketleri oluşturulur. Aşağıda Tablo 5-2 ile üstünlüklerin belirlenmesi amacıyla her kriterin ve alternatif diğerleri ile karşılaştırılmasını içeren ikili karşılaştırma örneği verilmiştir.

**Tablo 5-2:** İkili Karşılaştırma Örneği

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Örnekte; A kriteri/alternatifi, B'den 7 kat önemli görülmüştür. Burada iki kriter arasındaki önem değerlerinde ters mantık söz konusudur. Örnekteki gibi eğer A, B'den 7 kat önemli ise B de, A'nın 1/7'si kadar önemli olmaktadır.

Tablo kullanılarak uzmanlar tarafından doldurulan anket cevapları ikili karşılaştırmalar matrisine işlenir. Oluşturulacak ikili karşılaştırmalar matris örneği aşağıda Eşitlik 1 ile verilmiştir.

$$(A) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & \dots & a_{2n} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nn} \end{pmatrix}_{n \times n} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{2n} \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & 1 \end{pmatrix}_{n \times n} \quad (1)$$

3. *İkili karşılaştırmalar matrisinin normalize edilmesi:* Matris normalizasyonu, ikili karşılaştırmalar matris öğelerini aynı forma dönüştürmek amacıyla yapılan bir işlemdir. Bu aşamada farklı yöntemler önerilse de en çok kullanılan yaygın uygulamada vektör normalizasyonu olarak bilinen ve matris sütunlarının toplanarak sütundaki her bir ögenin bu toplama bölünmesi ve sonucun ilgili matrise yazılması ile yapılan normalizasyon kullanılmıştır. Böylece normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir.
4. *Kriterlerin göreceli önem derecelerinin/ağırlıklarının bulunması:* Bu aşamada normalize edilmiş matris kullanılarak, kriterlerin alternatifleri sıralanmada etki düzeylerini ifade eden göreceli önem değerlerinin (kriterlerin ağırlıklarının) hesaplanması yapılmaktadır. Bu amaçla,

normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırı için aritmetik ortalama hesaplanmalıdır. Elde edilen kriter ağırlıkları ( $w_i$ ) ile en önemli karar kriteri ortaya çıkmaktadır. Kriterlerin ağırlıkları toplamı 1'e eşit olmaktadır.

5. *Tutarlılık analizinin yapılması*: Uzmanların cevapları ile kriter ağırlıklarının elde edilmesi, kriterler arasında nihai sıralamanın hesaplanan şekilde olması adına yeterli değildir. Burada karar vericilerin yaptığı karşılaştırmaların ve verdiği cevapların tutarlı olması gerekmektedir. Uzmanların, kriterleri değerlendirirken verdikleri puanlar birbiri ile çelişmemelidir. Tutarlılık kontrolünde amaç sadece A, B'den daha önemli; B'de C'den daha önemliyse A, C'den de önemlidir şeklindeki matematikte geçişkenlik olarak bilinen özelliği sağlamak değil, aynı zamanda A, B'den iki kat daha önemli ve B'de C'den üç kat daha önemliyse; A, C'den altı kat daha önemlidir şeklinde oransal bir tutarlılığı da saptamaktır [112-113]. Tutarlılık analizi aşağıdaki formülle bulunmaktadır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Bu oranın 0,10'dan küçük olması gerekmektedir. Aksi halde matrisler tutarsızdır ve kararların gözden geçirilmesi gerekmektedir. CI değeri Tutarlılık İndeksini belirtmekte olup aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Formüldeki  $\lambda_{max}$  ifadesi en büyük özdeğer olup hesaplanması şu şekildedir:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \quad (4)$$

Formüldeki  $\lambda_{max}$  hesaplanırken; ikili karşılaştırmalar matrisindeki kriterlere ait her bir satır değeri ile bu matris kriterine ait göreceli önem değeri/kriter ağırlıkları ( $w_i$ ) ile çarpılır, her bir satır için işlem tekrarlanır ve elde edilen matrisin satırları toplanır. Böylece ağırlıklaştırılmış toplam vektörü ( $a_{ij} * w_j$ ) elde edilir. Bu vektörün her bir ögesi, göreceli önem vektöründe karşılık gelen ağırlığa bölünür. Elde edilen değerlerin bulunduğu sütun toplamının aritmetik ortalaması alınarak  $\lambda_{max}$  elde edilir. Böylece Tutarlılık İndeksi,  $\lambda_{max}$  değerinden kriter sayısı çıkarılıp kriter sayısının bir eksiğine bölünmesi ile hesaplanır.

Formüldeki RI değeri, Rassallık İndeksini ifade etmektedir. RI, kriter sayısına göre değer alan Rassallık indeksi, ikili karşılaştırma matrislerinin ortalama tutarlılık indeksini ifade etmekte olan ve 1-15 boyutundaki matrisler için hesaplanmış değerlerdir. Rassallık İndeksi, aşağıda Tablo 5-3'te verilmiştir.

**Tablo 5-3:** Rassa İndeks Değerleri [114]

| Boyut(n) | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI       | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,25 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

6. *Kararların birleştirilmesi ve grup kararı:* AHP yönteminde, karar verici sayısı 1’den fazla ise bu grup karar verme anlamına gelmektedir. Bu durumda her bir karar vericiden gelen matrislerin birleştirilerek tek bir matrise indirgenmesi gerekmektedir. Yapılacak birleştirmede geometrik ortalama kullanılmaktadır. Karar vericilerden gelen matrislerin aynı vektör cevaplarının geometrik ortalaması alınarak ilgili alana yazılır. Söz gelimi, cevaplardaki a11 matris sütunundaki değerlerin geometrik ortalaması alınarak yine a11 vektörüne yazılır. Bu işlemden sonra grup kararı adına kriter ağırlıklarının hesaplanması ve tutarlılık analizinin yapılması için işlem adımları, 3’ten itibaren yinelenir.

### 5.2.2 TOPSIS Yöntemi

TOPSIS metodu adını, isminde geçen en ideal çözüm noktasının saptanmasından almaktadır. Burada ideal çözümden kasıt, probleme etki eden kriterlerin durumuna göre pozitif ideal çözüme (Pozitive Ideal Solution/PIS) en yakın iken aynı zamanda negatif ideal çözümden (Negative Ideal Solution/NIS) en uzak olmasıdır. Alternatifleri sıralayacak olan kriterler, problem için fayda veya zarar ya da kar veya maliyet ifade edebilmektedir. Böylece bir fayda/kar kriteri için PIS noktası maksimize edilirken, NIS minimize edilmeye çalışılır. Ters şekilde, bir zarar/maliyet kriteri için PIS değerinin minimize edilmesi gerekirken, NIS noktası için değerlerden maksimum olanın tercih edilmesi istenmeyen çözümün belirlenmesi sağlar [157].

Alışveriş söz konusu olduğunda beğenilen iki ürün arasında seçim yaparken fiyat ve dayanıklılık kriterleri karşılaştırılıp karar verilecekse; fiyatı minimum olan ve dayanıklılık süresi maksimum olan ürün tercih edilmektedir. Burada fiyat, zarar/maliyet kriteri iken dayanıklılık fayda/kar kriteri olarak tanımlanmaktadır. Yöntem bu iki kriterden fiyatın PIS noktasının minimum ve NIS noktasının maksimum olması gerektiğini vurgularken dayanıklılık için PIS noktasının maksimum ve NIS noktasının minimum olması gerektiğinin altını çizmektedir. Ancak bazen iki alternatif PIS noktasına eşit uzaklıkta olurken NIS noktasına yakınlıkları benzer olabilmektedir. Bu durumda yöntem PIS noktasına en yakın iken aynı zamanda NIS noktasından da en uzak alternatifi seçmeye yardımcı olmaktadır.

Klasik TOPSIS yöntemi uygulama adımları aşağıda verilmiştir.

1. *Problemin tanımlanması, alternatifler ve kriterlerin belirlenmesi:* İlk aşamada çalışma amacı belirlenir, alternatif ve kriterler tanımlanır.
2. *Karar matrisinin oluşturulması:* Karar alternatiflerinin satırlarda, değerlendirme kriterlerinin sütunlarda olduğu başlangıç karar matrisi oluşturulur. Bu matris karar vericiler tarafından alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmelerini ifade etmektedir. Matris örneği aşağıdaki verilmiştir.

$$\begin{matrix} A_1 & [X_{11} & \dots & X_{1n}] \\ \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_m & [X_{m1} & \dots & X_{mn}] \end{matrix} \quad (5)$$

3. *Karar matrisinin normalizasyonu:* Karar matrisi oluşturulduktan sonra, kriterlere ait ağırlıklar belirlenir. Bu ağırlıklar klasik ÇKKV yöntemlerindeki göreceli önem değerlerinin belirlenmesi şeklinde ve toplamı 1 olacak şekilde belirlenmelidir. Daha sonra kriterleri boyutsuz hale getirerek karşılaştırmayı daha anlamlı kılmak amacı ile karar matrisi standartlaştırılır. Matris normalizasyonu için kriterlere ait değerler/matris vektörleri söz konusu kriter sütununun kareleri toplamının kareköküne bölünür ve ilgili alana yazılır. Bu işlem tüm kriterler için tekrarlanır ve standart karar matrisi elde edilir.

$j=1,2,\dots,n$  ve  $i=1,2,\dots,m$  olmak üzere;

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (6)$$

4. *Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması:* Bu aşamada kriterlerin göreceli önem ağırlıkları ( $w_i$ ) ile normalize edilmiş matrisin her vektörü ( $R_{ij}$ ) tek tek çarpılır ve aşağıdaki ağırlıklı normalize matris ( $V$ ) elde edilir.

$$\begin{bmatrix} W_1 R_{11} & \dots & W_n R_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ W_1 R_{m1} & \dots & W_n R_{mn} \end{bmatrix} \rightarrow V = \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{n1} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ V_{m1} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

5. *PIS ve NIS noktalarının bulunması:* Bu adımda her kriterin fayda veya maliyet olmasına göre PIS ve NIS noktaları belirlenir. PIS belirlenirken daha önce bahsedildiği üzere, fayda kriterleri ise sütundaki en büyük değer iken maliyet kriterleri için sütundaki en küçük değer seçilir. NIS için ise tam tersi olarak; fayda kriterleri için minimum değer iken maliyet kriterleri için maksimum değerdir. Formüle edilmiş hali aşağıda verilmiştir.

$$A^+ \{(\max V_{ij} | j \in F), (\min V_{ij} | j \in M)\} \rightarrow A^+ = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_k^+\} \quad (8)$$

$$A^- \{(\min V_{ij} | j \in F), (\max V_{ij} | j \in M)\} \rightarrow A^- = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_k^-\} \quad (9)$$

Yukarıdaki her iki formülde de F fayda kriterini, M ise maliyet kriterini ifade etmektedir.

6. *PIS ve NIS için uzaklıkların hesaplanması*: Bu adımda ise aşağıdaki PIS ve NIS ile olan uzaklık formülleri kullanılarak bu uzaklıklar tespit edilir.

Aşağıda PIS için kullanılacak mesafe formülü belirtilmiştir.

$$S^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V^+)^2} \quad (10)$$

Aşağıda NIS için kullanılacak mesafe formülü verilmiştir.

$$S^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V^-)^2} \quad (11)$$

7. *İdeal çözüme olan göreceli yakınlığın hesaplanması*: Bu aşamada elde edilen pozitif ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar kullanılarak ideal çözüme göreceli yakınlık, negatif ideal çözüme olan uzaklığın pozitif ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkların toplamına bölünmesi ile elde edilir.

$$C^* = \frac{S^-}{S^+ + S^-} \quad (12)$$

Burada  $0 \leq C^* \leq 1$  olmalıdır.

8. *Alternatiflerin sıralanması ve nihai karar*: Alternatiflerin ideal çözüme olan göreceli yakınlıkları maksimum değer baz alınarak sıralanır. Bu değere sahip alternatif, en ideal çözüm noktasını ifade etmektedir.

### 5.2.3 CODAS Yöntemi

CODAS yöntemi, alternatiflerin birbirlerine tercih edilebilirliğini Öklid (Euclidean) ve Taksicab (Taxicab) uzaklıkları ile belirleyebilen bir ÇKKV yöntemidir. Yöntem, NIS'dan daha fazla uzaklığa sahip alternatifin tercih edilmesine dayanmaktadır. CODAS yönteminde Öklid uzaklığı birincil ölçüt olarak kullanılırken karşılaştırılan alternatiflerin Öklid uzaklıkları birbirine eşit ise ikincil ölçüt olan Taxicab uzaklığı kullanılır.

CODAS yöntemi gibi mesafe bazlı yöntemler literatürde çok sık kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan EDAS (Ortalama Çözüm Uzaklığına Göre Değerlendirme/Evaluation based on Distance from Average Solution), alternatiflerin bir ortalama çözüme olan uzaklıklarını baz alarak sıralanmasını sağlamaktadır. Yöntem ile, alternatiflerin sıralanmasında etkili olan kriterlere ait matris değerlerinin ortalaması alınır ve bu değerlerle olan uzaklıklar hesaplanarak alternatiflerin tercih sırası elde edilir.

ÇKKV yöntemlerinden olan ve mesafeye dayalı sıralama yapan bir diğer yöntem ise WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product ASsessment/ Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi) yöntemi, WSM (Weighted Sum Model/ Ağırlıklı Toplam

Modeli) ile WPM (Weighted Product Model/ Ağırlıklı Çarpım Modeli) yöntemlerini birleştiren bir yöntem olup karar sürecinde alternatiflerin kriterlere göre değerlendirildiği matris değerleri ve kriterlere ait ağırlıkları kullanmaktadır. Ayrıca yöntem, bu iki ağırlıklı yöntemlerin birleşimi olan ağırlıklı bütünleştirilmiş fonksiyonu optimize ederken alternatif sıralaması için sonucun yüksek tutarlılığa ulaşmasını hedeflemektedir [115-116]. CODAS yönteminden temel farkı ise alternatifler arası nihai sıralamada uzaklık olarak bu iki ağırlıklı yöntemi tercih etmesidir. VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje/ Çoklu Kriter Optimizasyonu ve Uzlaşma Çözümü) ise, başka bir mesafeye dayalı ÇKKV yöntemi olarak alternatifler arası uzaklık temelli bir yöntemdir. Yöntemin CODAS'tan temel farkı, ideal çözüme yani PIS'a olan uzaklıkları baz alarak alternatifleri sıralamasıdır. Birbirine zıt fayda veya maliyet gibi özelliklere sahip kriterlerin her birinin her bir alternatif açısından değerlendirildiği ve ideal alternatife olan yakınlık değerleri karşılaştırarak uzlaşmış bir sıralama elde edilir.

CODAS yöntemi, TOPSIS yöntemi ile elde edilen sıralamanın karşılaştırılması amacıyla ikincil yöntem olarak belirlenmiştir. TOPSIS ile hem NIS hem de PIS noktaları baz alınarak sıralama yapılırken CODAS ile NIS noktasından uzaklıklar temel alınarak sıralama elde edilir. Böylece iki yöntemin sıralama farklılıkları görülmek hedeflenmektedir.

Sıradan CODAS yönteminin işlem adımları aşağıda verilmiştir.

1. *Karar matrisi oluşturma:* Başlangıç matrisi olan bu matris karar vericilerden gelen kararları içeren matristir. Pek çok ÇKKV yönteminde kullanılan matriste, satırları karar alternatifleri oluştururken sütunlarda ise alternatifleri (m) sıralayacak kriterler bulunmaktadır. Kriterler (n) için başlangıçta fayda veya maliyet olma durumları belirlenmektedir.  
i=1,2,3,...,m ve j=1,2,3,...,n olmak üzere:

$$[x_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} A_1 & \dots & A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ X_{m1} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

2. *Karar matrisinin normalize edilmesi:* Diğer aşamada karar matrisi normalize edilir. Ancak burada kullanılan optimizasyon türü, doğrusal optimizasyon olup aşağıdaki formülle gerçekleştirilir.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \text{ eğer } j \in N_f \quad \text{ve} \quad n_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} \text{ eğer } j \in N_m \quad (14)$$

Burada kriterlerin niteliklerine göre matris normalize edilir. Formüllerdeki f, fayda kriterleri m ise maliyet kriterleri için kullanılan doğrusal normalizasyon formülleridir.

3. *Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması:* Bu aşamada normalize edilmiş matris ağırlıklandırılır. Her bir vektör değeri bağlı olduğu sütundaki kriterin hesaplanmış ağırlığı

ile çarpılır. Kriter ağırlıkları ( $w_j$ ) 0-1 arasında değer almakta ve toplamaları 1'e eşit olmaktadır.

$$r_{ij} = w_j * n_{ij} \quad (15)$$

4. *NIS noktalarının belirlenmesi:* Bu aşamada, NIS noktaları belirlenir. Bir kriter için NIS, sütundaki minimum değerdir. Bu adımda tüm kriterlere göre negatif ideal çözüme en uzak mesafede bulunan alternatif optimal alternatif durumundadır.

$$A^- = ns_j = \min r_{ij} \quad (16)$$

5. *Alternatiflerin NIS ile olan uzaklıklarının belirlenmesi:* Bu aşamada ise alternatiflerin NIS ile olan uzaklıkları iki uzaklık formülü olan Öklid ve Taxicab mesafesi olarak hesaplanır. Daha önce belirtildiği gibi CODAS yönteminde Öklidyen uzaklık birincil ölçüt olarak kullanılırken karşılaştırılan alternatiflerin Öklidyen uzaklıkları birbirine eşit ise ikincil ölçüt olan Taxicab uzaklık yaklaşımı kullanılır.

Öklid mesafesi için aşağıdaki formül kullanılır:

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (17)$$

Taxicab mesafesi ise aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$T_i = \sum_{j=1}^n |r_{ij} - ns_j| \quad (18)$$

6. *Görelî değerlendirme matrisi (Relative Assessment matrix/RA) oluşturulması:* Bu adımda her bir alternatif, diğer alternatiflere olan Öklidyen ve Taxicab uzaklığı bağlamında karşılaştırılır. Oluşturulacak matriste alternatifler birbiri ile karşılaştırılmaktadır. Doğal olarak köşegenleri sıfır olan bir matris elde edilecektir.

$$R_a = [h_{ik}]_{n \times n} \quad (19)$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\Phi(E_i - E_k) * (T_i - T_k)) \quad (20)$$

Burada  $k \in \{1, 2, \dots, m\}$  ve  $\Phi$  iki alternatifin Öklid uzaklıklarının eşitliğini tanımak için bir eşik fonksiyonunu belirtir ve şu şekilde tanımlanır:

$$\Phi(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } |x| \geq \alpha \\ 0 & \text{eğer } |x| < \alpha \end{cases} \quad (21)$$

Bu fonksiyonda,  $\alpha$  karar verici tarafından belirlenebilen eşik parametresidir. Bu parametrenin 0,01 ve 0,05 arasında bir değer olması önerilir. İki alternatifin Öklid uzaklıkları arasındaki fark  $\alpha$  dan az ise, bu iki alternatif Taxicab uzaklığı ile karşılaştırılır.

7. *Değerlendirme skorlarının hesaplanması:* CODAS yönteminin son adımında, her bir alternatifin değerlendirme skoru aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$H_i = \sum_{k=1}^m h_{ik} \quad (22)$$

8. *Alternatiflerin sıralanması*: Değerlendirme skorlarına göre en yüksek dereceye sahip alternatif karar alternatifi olarak belirlenmektedir.

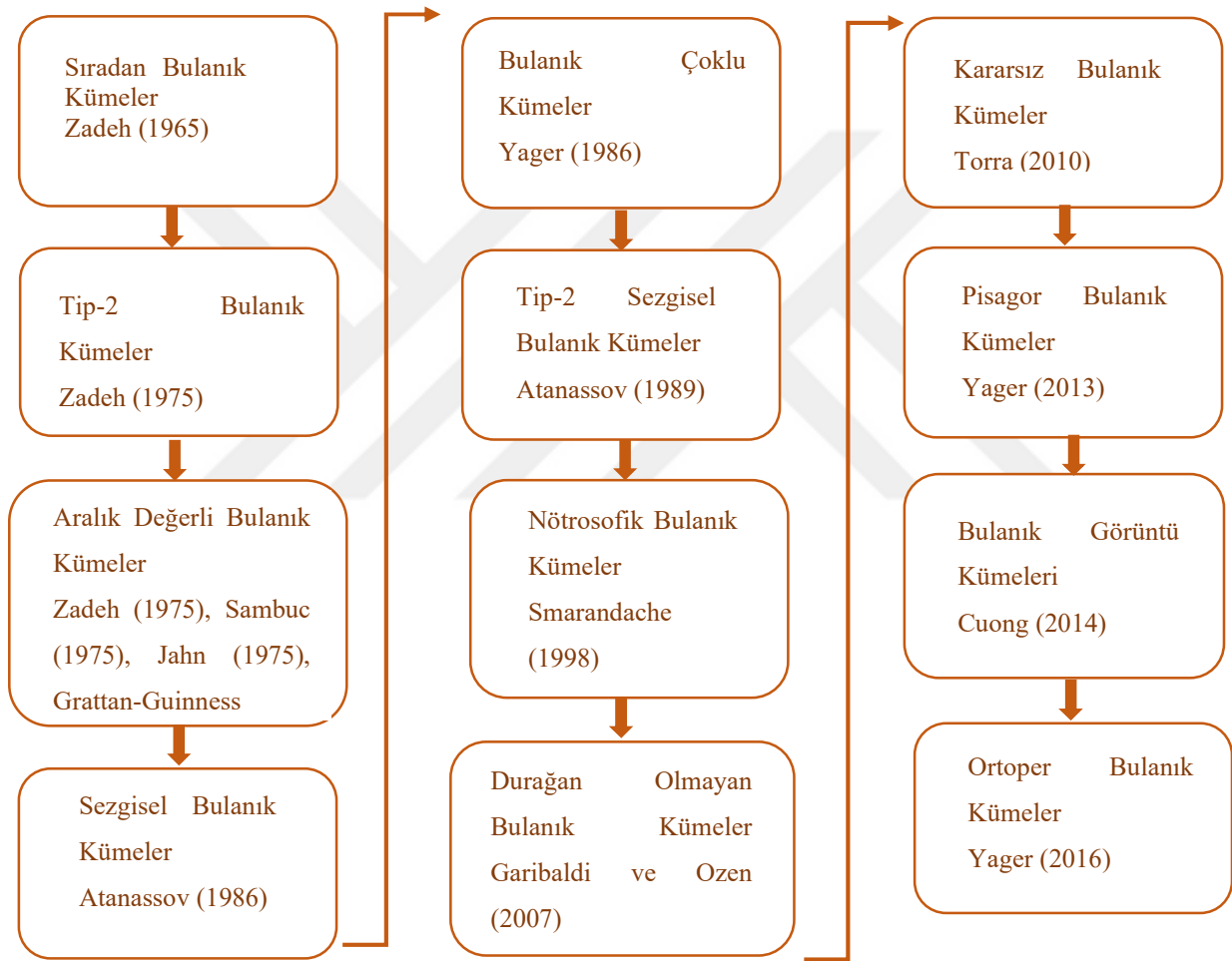
ÇKKV yöntemlerinin Şekil 5-1 ile gösterilen sınıflandırılmasında hibrit karar verme yöntemlerine değinilmiştir. Hibrit karar verme yöntemleri, karar vermede kullanılan yöntemler ile bazı yöntemlerin entegrasyonu ile geliştirilmiştir. Böylece amaca uygun yöntemler birleştirilerek problemin çözümü kolaylaştırılmak istenmiştir. ÇKKV yöntemleri farklı şekillerde hibrit yapılmaktadır. Bu hibrit yöntemlerden ilkinde, bir Temel Analitik ÇKKV Yöntemi ile yine aynı sınıftaki başka bir ÇKKV yöntemi bir arada kullanılabilir. Kriterlerin önem ağırlığını belirlemek için, bir ÇKKV yöntemi ile alternatifleri sıralayacak başka bir ÇKKV metodu birlikte kullanılabilir. AHP-VIKOR yöntemlerinin entegre edilmesi buna örnek olarak gösterilebilir. Başka bir hibrit yaklaşımda ise bir ÇKKV yöntemi ile karar vermede kullanılan optimizasyon yöntemleri AHP-Genetik Algoritma örneğindeki gibi birlikte kullanılabilir. Bir diğer hibrit yöntem, Temel Analitik ÇKKV Yönteminin bulanık mantık ile entegre edilerek kullanılması olarak karşımıza çıkmaktadır [117]. Problemin çözümü için en uygun karar verme yöntemlerinin bir arada kullanımı, problemin niteliğine ve amacına göre belirlenmektedir.

### 5.3 Bulanık Mantık ve Bulanık Kümelerin Gelişimi

Bulanık mantık, 1965'te Lütü Aliasker Zadeh tarafından oluşturulan ve klasik küme sisteminde köklü bir değişiklik yaratan küme sistemidir [118]. Bulanık kümelerin temel mantığında, kümeyi oluşturan elemanların kümeye aidiyetlerinin dereceleri olabileceği düşüncesi bulunmaktadır. Bu yönüyle bulanık bir küme, bir seçim söz konusunda olduğunda insan doğasında var olan belirsizlik ve kararsızlık alanını tanımlamak için üretilmiştir [133-134]. Klasik mantıkta, bir eleman kümeye ait olma durumunda '1' değerini alırken o kümenin üyesi değilse '0' değerini almaktadır. Bu mantık çerçevesine farklı bir açıdan yaklaşan bulanık sistemde ise elemanların kümeye aidiyeti [0-1] arasında değişen değerler alabilmektedir. Farklı bir ifade ile kümeyi oluşturan elemanlar farklı dereceler ile kümeye ait olabilmektedirler. Söz gelimi, hız kümesinin elemanları sadece 'hızlı' yani 1 değeri ve 'yavaş' yani 0 değerinden oluşmaz. Hız kümesi için ara değerler olarak 'çok yavaş', 'biraz hızlı' veya 'çok hızlı' gibi hız değerleri de tanımlanabilir. Bulanık kümeler ile bu ara değerlerden oluşan kategorik söylemlerin nümerik hale getirilerek sayısal değerlerle ifade edilmesi sağlanmaktadır. Bu sayısal kodlamalar üçgen, yamuk gibi farklı geometrik şekillerle gerçekleştirilebilmektedir. Burada önemli nokta problemin yapısı ve çözümünde alacağı değer sayısı olmaktadır. Örneğin

üçgensel bir formda oluşturulmuş tek boyutlu bulanık küme seti için; üçgenin başlangıç, tepe noktası ve bitiş noktası olmak üzere üç üyelik derecesi tanımlanabilmektedir. Burada başlangıç ve bitiş noktaları ile üye olmama değerleri ifade edilirken tepe noktası ile de kümeye tam aidiyet değeri ifade edilir.

Zadeh tarafından oluşturulan sıradan bulanık kümeler geliştirilerek pek çok bulanık set tanımlanmıştır. Şekil 5-3'te bulanık kümelerin zaman içinde kazandığı farklı yorumlar ile gelişimi kronolojik olarak verilmiştir [118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131].



Şekil 5-3: Bulanık Kümelerin Uzantıları [132]

Sıradan bulanık kümelerle ilk yorum, yine bulanık küme yöntemini oluşturan Zadeh'in kendisi tarafından yapılmış olup Tip-2 bulanık kümeler olarak literatüre kazandırılmıştır [119]. Bu yaklaşımda sıradan bulanık kümelerle olan temel fark, tam üyelik işlevi tanımlamanın zor olduğu durumlarda kullanılabilir olmasıdır. Böylece problem modellemede oldukça fazla parametre kullanımına imkan tanır. Temelde sıradan bulanık kümelerin genişletilmiş hali olarak

ifade edilmektedir. Bir diğer bulanık küme uzantısı olan aralık değerli bulanık setler ile [0-1] aralığında tanımlanan bulanık kümelerle ait birleşim, kesişim gibi teorik küme işlemlerinin aralıklara genişletilmesi ile ortaya çıkmıştır [135].

Bulanık setlere ilişkin ilk farklı boyutlu yorum Atanassov (1986) tarafından yapılmıştır [123]. Sezgisel bulanık kümeler ile bulanık bir kümenin elemanları, 3boyutlu uzayda tanımlanmıştır. Bu 3boyutlu mantığa göre; bir kümeyi oluşturan öğelerin kümeye ait olma derecelerinin olması, karar vericilerin seçim yapma alanını daraltmaktadır. Bu nedenle bir 3boyutlu bulanık küme; kümeye ait olma derecesi, küme dışında kalma ve kümeye ait olup olmama durumundaki kararsızlığı ifade eden belirsizlik üyelikleri olarak üç farklı üyelik derecesi ile tanımlanabilmektedir. Bu kümeler günlük yaşantımızdan yola çıkarak oluşturulmuştur. Zira yaşadığımız çoğu ortam birden fazla boyutlu nesne ve öğelerden oluşmaktadır.

Atanassov oluşturduğu bu yeni bulanık küme kavramını kendi kitabında bir oy kullanma örneği ile açıklamıştır. Buna göre U, seçim yapılmış ve bir hükümet seçilmiş tüm ülkelerin olduğu bir evren olsun. Bu küme içerisinde A ülkesindeki seçilmiş hükümete oy verenlerin sayısı M(x) ile ifade edilirse bu hükümete oy verenlerin yüzdesi  $\mu(x) = \frac{M(x)}{100}$  olarak bulunur. A ülkesinde, hükümete oy vermeyen seçmenlerin yüzdesi ise oy verenlerin yüzdesini 1'den çıkararak,  $v(x) = 1 - \mu(x)$  şeklinde bulabiliriz. Bulunan bu iki yüzde A kümesini oluşturan, ülkenin oy hacmini gösteren gerçek oran değildir. Bunun nedeni, hesaplanan oranların toplamının sadece oy kullanmış seçmenlerin oranına karşılık gelmesidir. Ancak oy hakkını kullanmamış yani hiçbir şekilde oy kullanmayan seçmenlerin oranının bilinmesi ile A ülkesinin toplam oy hacmi bulunmuş olacaktır. Bu durumda oy kullanmayanların oranı, hükümete oy veren ve hükümete oy vermeyenlerin toplam yüzdesinin 1'den çıkarılması ile elde edilebilir ve  $\pi(x) = 1 - \mu(x) - v(x)$  ifade edilir [123]. Örnekte açıklanan ve formül ile verilen değerler, 3boyutlu bulanık kümeleri oluşturan üyelik değerlerini göstermektedir. Öyleyse, IFS olan A'nın U evreninde tanımlı bir küme olduğu düşünürse;  $\mu_A(x)$ , X'in A kümesine ait olma derecesini başka bir ifade ile A kümesinin üyelik derecesini ifade eder. Benzer şekilde  $v_A(x)$  ise A kümesine üye olmama derecesini ifade eder ve her ikisi IFS A'yı oluşturan üyelik fonksiyonlarıdır. Bu iki üyelik fonksiyonu [0,1] aralığında tanımlanır ve

$$\mu_A: \rightarrow U [0,1] \text{ ve } v_A: \rightarrow U [0,1] \text{ şeklinde ifade edilir.} \quad (23)$$

Aynı zamanda toplamları:

$$0 \leq \mu_A(x) + v_A(x) \leq 1 \text{ aralığında tanımlanmaktadır.} \quad (24)$$

Buraya kadar ifade edilen iki üyelik derecesi sıradan bulanık kümeler için de tanımlanmaktadır. IFS için, kümeye boyut kazandıran üyelik derecesi ise üçüncü üyelik

derecesi olan ve kararsızlık veya belirsizlik (hesitancy) üyelik derecesi olarak tanımlanan  $\pi$  üyelik derecesi olup:

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - v_A(x) \text{ olarak tanımlanır.} \quad (25)$$

Sıradan bulanık kümelerde  $\pi_A(x)=0$  olduğu için bu kümeler tek boyutla ifade edilmektedir. Burada dikkat edilecek nokta, bir IFS için kümeye üyelik derecesi olan  $\mu$  ile üye olmama derecesi  $v$ 'nin toplamının en fazla 1 olabilmesidir. Eğer bu iki üyelik derecesi toplamı 1'den az olursa, 1'den bu iki üyelik çıkarıldığında aradaki fark belirsizlik üyelik derecesi olan  $\pi$  olmaktadır [136].

3boyutlu bulanık kümelerin tanımlanmasından sonra ifade edilen bulanık setler, bu 3boyutlu kümenin farklı yorumlanması ile elde edilmiştir. Şekil 5-3 ile belirtilen bu 3boyutlu bulanık kümeler, çalışma yöntemi olan küresel bulanık kümeler ile arasındaki temel ayrımları belirtmek amacıyla açıklanacaktır. Bunlardan biri olan Tip 2 Sezgisel Bulanık Kümeler (Intuitionistic Fuzzy Sets Type 2/IFS2), Atanassov (1989) tarafından, IFS temel alınarak tanımlanmıştır [125]. Bu kümenin IFS yapısından en büyük farkı;  $\mu$  ile  $v$  toplamının 1'den büyük olabileceğinin belirtilmesidir. Bu durumda karar vericiler, bir alternatif üzerinde ekili olan ve onu tanımlayan kritere ait  $\mu$  ve  $v$  üyelik derecelerinin seçiminde daha geniş bir seçim alanına sahip olurlar. Bu iki üyelik derecelerinin kareleri toplamı ise yine  $[0,1]$  aralığında olmaktadır [132-136]. Öyleyse bir IFS2 için IFS'de olduğu gibi,  $\mu$  ve  $v$  üyelik dereceler:

$$0 \leq \mu_A(x)^2 + v_A(x)^2 \leq 1 \text{ olarak tanımlanmaktadır.} \quad (26)$$

Ayrıca belirsizlik üyelik derecesi olan  $\pi$  ise:

$$\pi_A(x) = \sqrt{1 - \mu_A^2(x) - v_A^2(x)} \text{ olmaktadır.} \quad (27)$$

Bir diğer 3boyutlu bulanık küme olan Nötrosifik Bulanık Kümeler (Neutrosophic Fuzzy Sets/NFS), Smarandache (1998) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bu küme yine bir doğruluk derecesi (t), bir kararsızlık derecesi (i) ve bir yanlışlık derecesinden (f) oluşmaktadır [126]. Burada IFS2'den temel fark üyelik derecelerinin kapsamının  $[0,1]$  aralığında olabildiği gibi 0'dan küçük veya 1'den büyükte olabilmesidir. Böylece bir kümeye aidiyet derecesi olan  $t$ 'nin mutlak üyeliği yani tüm olası uzayda ait olabileceği kümelerin derecesi ve nispi/göreceli üyeliği yani bütün tanımlanabilecek kümelere değil ancak en az bir kümeye üyelik derecesi arasında net bir ayrım yapabilmektedir. Çünkü mutlak üyelik derecesi 1'den büyük olabilmekte iken göreceli üyelik derecesi 1'e eşit olabilmektedir. Böylece bir NFS; çelişkili bilgi (paraconsistent information) olarak adlandırılan ve üyelik dereceleri toplamı 1'den büyük olan, eksik bilgi (incomplete information) olarak adlandırılan ve üyelik dereceleri toplamı 1'den küçük olan, tutarlı bilgi (consistent information) olarak adlandırılan ve üyelik dereceleri

toplamı 1'e eşit olan elemanlardan veya ara değerli, alt ve üst limiti olmayan elemanlardan oluşabilmektedir. Ayrıca doğruluk ve kararsızlık derecesi toplamı  $[0,3]$  aralığı olarak daha da genişletilmiştir. A, B, C birer NFS ve x, y, z söz konusu uzayda tanımlı birer eleman olmak üzere; x  $(0,5,0,2,0,3)$  A kümesine ait bir eleman ise A'nın aynı zamanda bir IFS olduğu görülmektedir. Çünkü üyelik dereceleri toplamı 1'e eşit olmaktadır. Burada x için; %50 oranda A'nın elemanı iken %30 oranda A'nın elemanı olmadığını ve geriye kalan %20 oranda da bu kümeye üye olup olmama kararsızlığının olduğu anlaşılmaktadır. Diğer eleman olan y  $((0.20-0.30), (0.40-0.45), [0.50-0.51], \{0.20, 0.24, 0.28\})$  olarak tanımlanmıştır. Burada y için; %20-30 arasında bir oranla B'nin elemanı iken %20, %24 ve %28 gibi 3 farklı oranla da B'nin elemanı olmadığı görülmektedir. Ayrıca y'nin B kümesine dahil edilmesi ile ilgili belirsizlik derecesinin %40-45 arasında veya %50-51 arasında olduğu anlaşılmaktadır. Burada ise B'nin bir NFS iken IFS olmadığı görülmektedir. Çünkü y elemanının üyelik dereceleri toplamı  $0.30+0.51+0.28>1$  olmaktadır. Üçüncü eleman olan z  $(0.1, 0.3, 0.4)$  olarak tanımlanmıştır. Burada z, bir NFS olan C'nin elemanıdır ancak C kümesi aynı zamanda IFS değildir. Çünkü z elemanının küme toplamı  $0.1 + 0.3 + 0.4 < 1$  olmaktadır. Bu üç elemandan; x tutarlı bilgi, y çelişkili bilgi/veri ve z ise eksik bilgi içeren elemanlara örnek olarak gösterilebilir [126].

3boyutlu bulanık kümelerden bir diğeri olan Pisagor Bulanık Kümeler (Pythagorean Fuzzy Sets/PFS), Yager (2014) tarafından ifade edilmiştir [129]. Daha önce Atanassov (1989) tarafından geliştirilen IFS2'nin bir uzantısı olarak tanımlanmış olan PFS için; IFS'de olduğu gibi üyelik derecesi  $\mu$  ve üye olmama derecesi  $\nu$ ,  $[0,1]$  arasında değer alırken IFS'den farklı olarak kareleri toplamı 1'den büyük olabilmektedir. Böylece, IFS için tanımlanabilecek elemanları oluşturan üyeliklerin tümü PFS'nin bir parçası olmaktadır. Bu durum PFS'nin belirsiz problemlere karşı daha güçlü olmasını sağlamaktadır [135].

Bu çalışmada, 3boyutlu bulanık kümelerin son uzantısı olan ve Kahraman ve Gündoğdu (2018) tarafından tanımlanan SFS kullanılmıştır [138]. SFS için temel operatörler verilirken karar verme yöntemlerinden AHP-TOPSIS ve AHP-CODAS ile entegre edilmiştir. Bu yöntemler kullanılarak Türkiye'de bölgesel havacılık kapsamında operasyon düzenlenebilecek havalimanları ile kullanılabilecek uçakların seçiminin yapılması amaçlanmıştır.

### 5.3.1 Küresel Bulanık Kümeler

Üyelik derecesi tanımlama, bulanık mantık ve modelleme için en önemli aşamalardandır. Bulanık mantığın temelinde insanların iletişimde kullandığı sözel ifadelerin tanımlanmasının olması, bu ifadeler ile kastedilen değerleri daha iyi belirlemek için üyelik

işlevinin nasıl daha iyi modellenebileceği konusunda araştırmalara neden olmaktadır [137]. Özellikle de karar verirken insan beyninin sahip olduğu kararsızlığın varlığı ve bunun ifade edilmesi önem arz etmektedir. Hibrit ÇKKV yöntemlerinin bulanık mantıkla entegre edilmesi ile oluşan bulanık ÇKKV yöntemleri, bu nedenle farklı üyelik derecelerini ifade eden pek çok yoruma uğramıştır. Böylece karar vericinin bir alternatifi etkileyen kriterlere dair daha doğru kararlarla seçim yapmasına olanak vermek amaçlanmıştır. Özellikle 3boyutlu bulanık kümelerle birlikte bu karar alanı daha da genişlemiş ve karar vericilerin yaşadığı kararsızlıklar/tereddütleri hesaba katılmıştır. Bu 3boyutlu bulanık kümelerin son uzantısı ise Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2018) tarafından geliştirilen SFS olmuştur [138].

SFS'nin ortaya çıkış aşamasında ilk nokta, Yang ve Chiclana (2009) tarafından 3boyutlu uzayda tanımlı IFS'lerin arasındaki mesafenin ölçülmesi için bir mesafe fonksiyonu tanımlanmasına izin veren küresel bir temsil önermeleri olmuştur [139]. Bu çalışma ile; küresel mesafenin mevcut mesafelerden farklı olduğunu ve karşılık gelen bulanık üyelik derecelerinin değişimine göre doğrusal olmadığını ve bu nedenle 3boyutlu uzaylarda doğrusal olmayan bağlamlar için normal doğrusal mesafelerden daha uygun görüldüğünü göstermişlerdir. Küresel temilde belirsizlik, diğer 3boyutlu kümelerdeki gibi sadece kürenin yüzeyi dikkate alındığında tanımlanan üyelik ve üyelik dışı değerlere göre hesaplanabilir. SFS için bu öncü çalışma, Gong ve diğerleri (2016) tarafından ele alınarak genellenmiştir [140]. Bu çalışmada, iki IFS arasındaki mesafeyi elde etmek amacıyla küresel yay mesafe ölçüsü kullanılmıştır. İlk aşamada problemin çözümü için ideal bir sezgisel bulanık çözüm noktası belirlemişlerdir. Daha sonra bu ideal nokta ile grup içi kararların her biri arasındaki küresel mesafeyi minimize ederek doğrusal olmayan bir optimizasyon modeli oluşturmuşlardır [132]. Buradan hareketle tanımlanan SFS, bu küresel düzlemde tanımlanan üyelik derecelerinden oluşmaktadır. Böylece IFS için tanımlanan Öklid mesafesi<sup>25</sup> yerine SFS, küresel yay mesafesi ile üyelik dereceleri arasındaki mesafeyi ölçmektedir.

SFS, tanımlanırken IFS ve NFS için bir entegrasyonu sağlanmıştır. SFS ile bir karar verici, NFS'de olduğu gibi bağımsız olarak bir eleman için üyelik ( $\mu$ ), üye olmama ( $\nu$ ) ve tereddüt ( $\pi$ ) derecelerini atayabilirler. Böylece NFS'deki bu geniş aralık yeniden düzenlenmiş olur. Ancak bu üyelik derecelerinin kareleri toplamının IFS gibi  $[0,1]$  aralığında olması gerekmektedir. Yine bu üyelik derecelerinin her biri  $[0,1]$  aralığında değer alabilirler. Böylece klasik karar verme yöntemlerinin alanı SFS ile daha genişletilebilir. Aynı zamanda SFS ile,

---

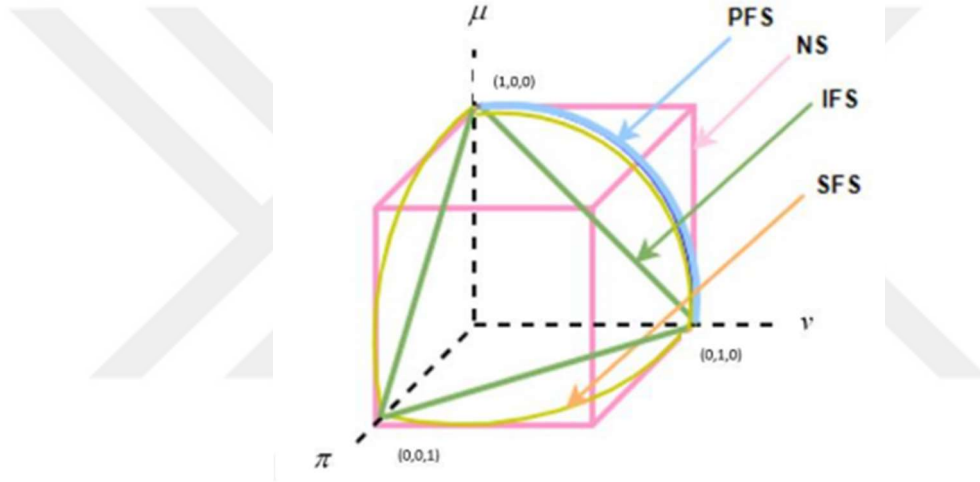
<sup>25</sup> Öklid uzaklığı, n boyutlu uzayda iki nokta arasındaki uzaklığın doğrusal bağlantı yöntemi ile ölçülmesidir.

bulanık görüntü kümelerinde<sup>26</sup> bağımsız olarak atanan kararsızlık derecesi IFS'deki gibi bir formüle atanmıştır [132]. Çünkü bir SFS için kararsızlık üyeliği; üyelik ve üye olmama derecesinin 1'den farkının geriye kalanı olarak tanımlanmaktadır. Öyleyse U evren olmak üzere, U'da tanımlı bir A SFS için üyelik dereceleri ve söz konusu aralıklar şu şekilde belirtilebilir:

$$\tilde{A}_s = \{ \langle u, (\mu_{\tilde{A}_s}(u), v_{\tilde{A}_s}(u), \pi_{\tilde{A}_s}(u)) \mid u \in U \rangle \text{ olarak tanımlanmaktadır.} \quad (28)$$

$$\mu_{\tilde{A}_s}(u): E \rightarrow [0,1], v_{\tilde{A}_s}(u): U \rightarrow [0,1], \pi_{\tilde{A}_s}(u): U \rightarrow [0,1] \text{ olmaktadır.} \quad (29)$$

Aşağıda Şekil 5-4 ile SFS ve bazı diğer 3boyutlu bulanık kümeler arasındaki fark, 3boyutlu uzaysal düzlemde gösterilmiştir.



Şekil 5-4: SFS ve Bazı Diğer Bulanık Kümelerin 3boyutlu Uzaysal Gösterimi [136]

A ve B küresel düzlemde iki SFS olmak üzere aralarındaki mesafe aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir:

$$dis(\tilde{A}_s, \tilde{B}_s) = \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^n arccos \left( \frac{\mu_{\tilde{A}_s}(u_i) \cdot \mu_{\tilde{B}_s}(u_i) + v_{\tilde{A}_s}(u_i) \cdot v_{\tilde{B}_s}(u_i) + \pi_{\tilde{A}_s}(u_i) \cdot \pi_{\tilde{B}_s}(u_i)}{3} \right) \quad (30)$$

Bu mesafenin normalize edilmiş hali ise:

$$dis_n(\tilde{A}_s, \tilde{B}_s) = \frac{2}{n\pi} \sum_{i=1}^n arccos \left( \frac{\mu_{\tilde{A}_s}(u_i) \cdot \mu_{\tilde{B}_s}(u_i) + v_{\tilde{A}_s}(u_i) \cdot v_{\tilde{B}_s}(u_i) + \pi_{\tilde{A}_s}(u_i) \cdot \pi_{\tilde{B}_s}(u_i)}{3} \right) \quad (31)$$

İki SFS arasındaki mesafe için [0,1] aralığı geçerli olmaktadır.

<sup>26</sup> Bulanık görüntü kümeleri (Picture Fuzzy Sets/PFS), diğer 3boyutlu bulanık kümelerde doğru şekilde sunulamayan kabul, reddetme, nötr/kararsızlık ve vazgeçme gibi daha fazla yanıtı olan insan görüşlerini tanımlayan bulanık kümelerin bir uzantısıdır.

SFS için tanımlanmış bazı operatörler aşağıda verilmiştir.

Toplama:

$$\tilde{A}_s \oplus \tilde{B}_s = \left( \begin{array}{cc} (\mu^2_{\tilde{A}_s} + \mu^2_{\tilde{B}_s} - \mu^2_{\tilde{A}_s} \mu^2_{\tilde{B}_s})^{1/2}, & v_{\tilde{A}_s} v_{\tilde{B}_s}, \\ [ (1 - \mu^2_{\tilde{B}_s}) \pi^2_{\tilde{A}_s} + (1 - \mu^2_{\tilde{A}_s}) \pi^2_{\tilde{B}_s} - \pi^2_{\tilde{A}_s} \pi^2_{\tilde{B}_s} ]^{1/2} \end{array} \right) \quad (32)$$

Çarpma:

$$\tilde{A}_s \otimes \tilde{B}_s = \left( \begin{array}{cc} \mu_{\tilde{A}_s} \mu_{\tilde{B}_s}, & (v^2_{\tilde{A}_s} + v^2_{\tilde{B}_s} - v^2_{\tilde{A}_s} v^2_{\tilde{B}_s})^{1/2}, \\ [ (1 - v^2_{\tilde{B}_s}) \pi^2_{\tilde{A}_s} + (1 - v^2_{\tilde{A}_s}) \pi^2_{\tilde{B}_s} - \pi^2_{\tilde{A}_s} \pi^2_{\tilde{B}_s} ]^{1/2} \end{array} \right) \quad (33)$$

$\lambda$  bir sayı olmak üzere herhangi bir sayı ile çarpım;  $\lambda > 0$

$$\lambda. \tilde{A}_s = \left( \begin{array}{cc} (1 - (1 - \mu^2_{\tilde{A}_s})^\lambda)^{1/2}, & v^{\lambda}_{\tilde{A}_s}, \\ [ (1 - \mu^2_{\tilde{A}_s})^\lambda - (1 - \mu^2_{\tilde{A}_s} - \pi^2_{\tilde{A}_s})^\lambda ]^{1/2} \end{array} \right) \quad (34)$$

Bir sayı ile kuvvet;  $\lambda > 0$

$$\tilde{A}_s^\lambda = \left( \begin{array}{cc} \mu^\lambda_{\tilde{A}_s}, & (1 - (1 - v^2_{\tilde{A}_s})^\lambda)^{1/2}, \\ [ (1 - v^2_{\tilde{A}_s})^\lambda - (1 - v^2_{\tilde{A}_s} - \pi^2_{\tilde{A}_s})^\lambda ]^{1/2} \end{array} \right) \quad (35)$$

Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (Spherical Weighted Arithmetic Mean/SWAM):

$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ;  $w_i \in [0, 1]$ ;  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  ise

$SWAM_w(\tilde{A}_{S1}, \dots, \tilde{A}_{Sn}) = w_1 \tilde{A}_{S1} + w_2 \tilde{A}_{S2} + \dots + w_n \tilde{A}_{Sn}$  olur.

$$SWAM = \left( \begin{array}{cc} \left( 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu^2_{\tilde{A}_{Si}})^{w_i} \right)^{\frac{1}{2}}, & \prod_{i=1}^n (v_{\tilde{A}_{Si}})^{w_i}, \\ [ \prod_{i=1}^n (1 - \mu^2_{\tilde{A}_{Si}})^{w_i} - \prod_{i=1}^n (1 - \mu^2_{\tilde{A}_{Si}} - \pi^2_{\tilde{A}_{Si}})^{w_i} ]^{\frac{1}{2}} \end{array} \right)$$

(36)

Küresel Ağırlıklı Geometrik Ortalama (Spherical Weighted Geometric Mean/SWGM):

$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ;  $w_i \in [0, 1]$ ;  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  ise

$SWGM_w(\tilde{A}_{S1}, \dots, \tilde{A}_{Sn}) = \tilde{A}_{S1}^{w_1} + \tilde{A}_{S2}^{w_2} + \dots + \tilde{A}_{Sn}^{w_n}$  olur.

$$SWGM = \left( \begin{array}{cc} \prod_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}_{Si}}^{w_i}, & \left( 1 - \prod_{i=1}^n (1 - v^2_{\tilde{A}_{Si}})^{w_i} \right)^{1/2}, \\ [ \prod_{i=1}^n (1 - v^2_{\tilde{A}_{Si}})^{w_i} - \prod_{i=1}^n (1 - v^2_{\tilde{A}_{Si}} - \pi^2_{\tilde{A}_{Si}})^{w_i} ]^{1/2} \end{array} \right)$$

(37)

Puanlama işlevleri (Score function) ve Doğruluk işlevi (Accuracy function);

$$Score(\tilde{A}_s) = (\mu_{\tilde{A}_s} - \pi_{\tilde{A}_s})^2 - (v_{\tilde{A}_s} - \pi_{\tilde{A}_s})^2 \quad (38)$$

$$\text{Accuracy}(\tilde{A}_S) = \mu_{\tilde{A}_S}^2 + v_{\tilde{A}_S}^2 + \pi_{\tilde{A}_S}^2 \quad (39)$$

Burada eğer  $\tilde{A}_S < \tilde{B}_S$  olursa:

- i.  $\text{Score}(\tilde{A}_S) < \text{Score}(\tilde{B}_S)$  veya
- ii.  $\text{Score}(\tilde{A}_S) = \text{Score}(\tilde{B}_S)$  ve  $\text{Accuracy}(\tilde{A}_S) < \text{Accuracy}(\tilde{B}_S)$  olmaktadır.

## 5.4 Kullanılan Yöntemler

Bu bölümde çalışmada kullanılan küresel bulanık karar verme yöntemleri açıklanarak yöntemlere ait işlem adımları verilmiştir.

### 5.4.1 Küresel Bulanık AHP Yöntemi

AHP metodunun, ÇKKV yöntemlerinde en sık kullanılan yöntemlerden biri olması küresel bulanık kümeler ile de yaygın kullanılmasına neden olmuştur. Bu kullanım sıklığına yöntemin, karar problemlerinde probleme etki eden değerler/kriterler arasında ikili karşılaştırma ile önem sıralaması sağlaması neden olmaktadır. SF-AHP ve diğer küresel bulanık ÇKKV yöntemleri, problemin küresel düzlemde ele alındığı ve etki eden kriterlerin bu düzlemde değerler olarak alternatiflerin sıralamasında kullanıldığı bir karar verme süreci olarak tanımlanabilir.

SF-AHP bu çalışmada, bölgesel havacılıkta kullanılabilecek uçak seçimi ile bu uçakların operasyon yapacağı havalimanlarının seçiminde etkili olan kriterlerin göreceli önem katsayılarının (ağırlıklarının) elde edilmesi ve sıralamasında kullanılmıştır. Alternatiflere dair sıralama da ise farklı küresel bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır.

Aşağıda SF-AHP ikili karşılaştırma için işlem adımları verilmiştir.

1. *Probleme ait hiyerarşik yapının tanımlanması:* İlk adım olan bu aşamada, araştırma konusu olan problem tanımlanarak probleme etki eden kriterler ile varsa alt kriterler belirtilmektedir.
2. *Tutarlılık analizinin yapılması:* Bu adımda karar vericilerden gelen cevaplar için tutarlılık analizi yapılmaktadır. Ancak klasik AHP metodundan farklı olarak SF-AHP tutarlılık analizinde, dilsel değerlere karşılık gelen küresel değerler değil sayı değerleri kullanılmaktadır. SF-AHP için kullanılan dilsel değerler ile bu değerlere karşılık gelen sayı değerleri Tablo 5-4 ile ifade edilmiştir.

**Tablo 5-4:** Küresel Bulanık İkili Karşılaştırmada Kullanılan Dilsel Değerler ve Karşılık Gelen Sayılar [148]

| Dilsel Değerler         | $(\mu, v, \pi)$    | Sayı Değerleri |
|-------------------------|--------------------|----------------|
| Kesinlikle Daha Önemli  | (0.9, 0.1, 0)      | 9              |
|                         | (0.85, 0.15, 0.04) | 8              |
| Çok Yüksek Önemli       | (0.8, 0.2, 0.1)    | 7              |
|                         | (0.75, 0.25, 0.14) | 6              |
| Yüksek Önemli           | (0.7, 0.3, 0.2)    | 5              |
|                         | (0.65, 0.35, 0.23) | 4              |
| Biraz Daha Önemli       | (0.6, 0.4, 0.3)    | 3              |
|                         | (0.55, 0.45, 0.3)  | 2              |
| Eşit Önemli             | (0.5, 0.4, 0.4)    | 1              |
|                         | (0.45, 0.55, 0.3)  | 1/2            |
| Biraz Düşük Önemli      | (0.4, 0.6, 0.3)    | 1/3            |
|                         | (0.35, 0.65, 0.23) | 1/4            |
| Düşük Önemli            | (0.3, 0.7, 0.2)    | 1/5            |
|                         | (0.25, 0.75, 0.14) | 1/6            |
| Çok Düşük Önemli        | (0.2, 0.8, 0.1)    | 1/7            |
|                         | (0.15, 0.85, 0.04) | 1/8            |
| Kesinlikle Düşük Önemli | (0.1, 0.9, 0)      | 1/9            |

Küresel değerler yerine kullanılan sayı değerlerinin hesaplanmasında; “Eşit Önemli” ifadesinden üstte kalıp daha yüksek önemi vurgulayan dilsel değerlerin hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır [141].

$$SI = (|100 * ((\mu_{\bar{s}} - \pi_{\bar{s}})^2 - (v_{\bar{s}} - \pi_{\bar{s}})^2)|)^{1/2} \quad (40)$$

Yine benzer biçimde “Eşit Önemli” ifadesinden aşağıda kalarak daha düşük önemi vurgulayan dilsel değerler için ise aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$\frac{1}{SI} = \frac{1}{(|100 * ((\mu_{\bar{s}} - \pi_{\bar{s}})^2 - (v_{\bar{s}} - \pi_{\bar{s}})^2)|)^{1/2}} \quad (41)$$

Belirtilen formüllerle elde edilen sayı değerleri kullanılarak yapılacak olan matrislerin tutarlılık analizi; [Eşitlik 2](#), [Eşitlik 3](#) ve [Eşitlik 4](#) işlem adımları kullanılarak gerçekleştirilir.

3. *Küresel bulanık ikili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulması:* Karar matrislerinin tutarlılığı sağlandıktan sonra, sayı değerleri yerine küresel küme değerlerinin bulunduğu ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur.
4. *Karar matrislerinin birleştirilmesi:* Bu adımda, küresel değerler kullanılarak oluşturulan karar matrisleri [Eşitlik 37](#) ile verilen SWGM operatörü kullanılarak birleştirilir.
5. *Kriterlere ait küresel bulanık ağırlıklarının hesaplanması:* Birleştirilmiş matristen kriterlere dair küresel bulanık ağırlıklar, [Eşitlik 36](#)’da verilen SWAM operatörü kullanılarak hesaplanmaktadır. Burada küresel bulanık sistemde kullanılan SWAM ile farklı olarak, operatörün ağırlık hesaplanmasında kullanılması için karar vericilere ait  $w_i$  ağırlık

katsayıları yerine  $n$ =kriter sayısı olmak üzere  $\frac{1}{n}$  katsayısının kullanılmaktadır. Bu aşamada literatürde, Mathew ve diğerlerinin (2020) kriterlere ait ağırlıkların SWGM operatörü ile hesaplanmasının daha az işlem/hesap gerektirmesi ve bulanık sistemlere daha uygun olması gibi nedenlerle kullanılmasının daha uygun olduğu ifade edilmiştir [142]. Ancak SWAM operatöründe; küresel kümeye üyelik derecesi olan  $\mu$  değeri kullanılarak belirsizlik derecesi olan  $\pi$  değerinin hesaplanması ve böylece kararsızlığın üyelik derecesi üzerinden ifade edilmesine imkan vermesi nedeniyle çoğu araştırmada kullanımı tercih edilmiştir [143-144-145-146].

6. *Küresel bulanık kriter ağırlıklarının berraklaştırılması*: Önceki adımda elde edilen küresel bulanık ağırlık katsayılarının net sayı değerlerine dönüştürülmesi bu adımda yapılır. Bu işlem aşağıda ifade edilen skor fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilir.

$$S(\tilde{w}_j^s) = \sqrt{|100 * [(\frac{3\mu_{\tilde{A}_S} - \pi_{\tilde{A}_S}}{2})^2 - (\frac{v_{\tilde{A}_S}}{2} - \pi_{\tilde{A}_S})^2]|} \quad (42)$$

7. *Normalize edilmiş yerel ağırlıkların hesaplanması*: Bu aşamada, önceki adımda berraklaştırılarak net sayı değerlerine dönüştürülen kriter ağırlıklarını [0,1] aralığında kılmak ve toplamı 1 olacak şekilde net değerler elde etmek amacıyla sıradan AHP yönteminde de uygulanan normalizasyon işlemi yapılır. Bu işlem sütun toplamının sütundaki her ögeye bölünmesi ile gerçekleştirilir böylece kriterler ağırlıkları net sayı değerleri ile ifade edilmiş olur.
8. *Global/küresel net ağırlıkların hesaplanması*: Son aşama olan bu adımda alt kriterlere ait küresel ağırlıklar bulunur. Bu işlem için; her alt kritere ait olan ve bir önceki adımda hesaplanmış normalize yerel ağırlıklar ile ana kriterlere ait yerel ağırlıklar çarpılır. Alt kriterlere ait hesaplanan bu ağırlıkların toplamı, yine 1'e eşit olmak zorundadır.

#### 5.4.2 Küresel Bulanık TOPSIS Yöntemi

Mesafeye dayalı ÇKKV yöntemlerinden olan TOPSIS, hem yöntemin kullanım alanının geniş olması hem de ideal çözüm noktasını belirlerken negatif ideal noktadan en uzak ve pozitif ideal noktaya en yakın çözümü sunması gibi avantajları sayesinde 3boyutlu bulanık karar verme yöntemi olarak da sık kullanılmaktadır.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  ( $m \geq 2$ ) alternatifleri,  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  kriterleri ve  $w = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ ,  $0 \leq w_j \leq 1$   $\sum_{j=1}^n w_j = 1$  her bir kritere ait ağırlığı göstermek SF-TOPSIS uygulaması işlem adımları aşağıdaki gibidir.

1. *Karar matrisinin oluşturulması:* İlk adım, çoğu ÇKKV yönteminin de temel adımı sayılan karar matrisinin oluşturulması olup karar vericilerden gelen cevaplar ile matris oluşturulur. Oluşturacak matriste, [Tablo 5-4](#) ile verilen dilsel değerlere karşılık gelen küresel değerler kullanılır.
2. *Matrislerin Birleştirilmesi:* Uzmanlardan gelen cevaplar [Eşitlik 36](#) ve [37](#)'de verilen SWAM veya SWGM operatörleri kullanılarak birleştirilir. Birleştirme işlemi yapılırken kullanılan katsayılar, her bir uzman için belirlenmiş katsayılardır. Bu ağırlıklar/katsayılar belirlenirken çeşitli yöntemler kullanılsa da burada önemli nokta karar vericilere ait ağırlıkların toplamının 1'e eşit olması gerekliliğidir.
  - 2.1. *Kriter ağırlıklarının birleştirilmesi:* Her bir karar vericinin, kriterleri karşılaştırmalı olarak değerlendirmesi sonucu elde edilen kriter ağırlıkları, birleştirilmiş matriste kullanılmak üzere yine [Eşitlik 36](#) ve [37](#)'de ile bir araya getirilir. Kriterlere ait ağırlıkların toplamı 1'e eşit olmalıdır.
  - 2.2. *Birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisinin oluşturulması:* Kriter ağırlıklarının birleştirilmesi ile uzmanlardan gelen alternatiflerin kriterlere göre değerlendirildiği cevaplar yine [Eşitlik 36](#) ile verilen SWAM ve [37](#) ile verilen SWGM operatörleri kullanılarak birleştirilir. Birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Alternatifler  $X_i (i = 1, 2, \dots, m)$ , karşılık gelen kriterler  $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$  olmak üzere  $(C_j(X_i)) = (\mu_{ij}, v_{ij}, \pi_{ij})$  birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisi  $D = (C_j(X_i))_{m \times n}$  olarak ifade edilir.

$$D = (C_j(X_i))_{m \times n} = \begin{pmatrix} (\mu_{11}, v_{11}, \pi_{11}) & \dots & (\mu_{1n}, v_{1n}, \pi_{1n}) \\ \dots & \dots & \dots \\ (\mu_{m1}, v_{m1}, \pi_{m1}) & \dots & (\mu_{mn}, v_{mn}, \pi_{mn}) \end{pmatrix} \quad (43)$$

3. *Ağırlıklı birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisinin oluşturulması:* Kriterlere ait birleştirilmiş ağırlıklar ile birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisinin her ögesi/vektörü ilgili satır ile [Eşitlik 33](#) ile verilen küresel iki kümenin çarpımı formülü kullanılarak çarpılır ve ağırlıklandırma işlemi yapılır. Söz konusu ağırlıklı matris aşağıdaki gibidir.

$$D = (C_j(X_{iw}))_{m \times n} = \begin{pmatrix} (\mu_{11w}, v_{11w}, \pi_{11w}) & \dots & (\mu_{1nw}, v_{1nw}, \pi_{1nw}) \\ \dots & \dots & \dots \\ (\mu_{m1w}, v_{m1w}, \pi_{m1w}) & \dots & (\mu_{mnw}, v_{mnw}, \pi_{mnw}) \end{pmatrix} \quad (44)$$

4. *Berraklaştırma/Durulaştırma:* Ağırlıklı birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisi, [Eşitlik 38](#)'de verilen skor fonksiyonu yardımıyla berraklaştırılır ve net sayı değerleri haline getirilir.

5. *Küresel bulanık pozitif ideal çözüm (Spherical Fuzzy Positive Ideal Solution/SF-PIS) ve küresel bulanık negatif ideal çözüm (Spherical Fuzzy Negative Ideal Solution/SF-NIS) noktalarının belirlenmesi:*

SF-PIS belirlemek için kullanılacak formül aşağıda verilmiştir:

$$X^+ = \{C_j, \max_i < \text{Score}(C_j(X_{iw})) > | j = 1, 2, 3, \dots, n\} \quad (45)$$

$$X^+ = \{\langle C_1(\mu_1^+, v_1^+, \pi_1^+) \rangle, \langle C_2(\mu_2^+, v_2^+, \pi_2^+) \rangle, \dots, \langle C_n(\mu_n^+, v_n^+, \pi_n^+) \rangle\}$$

SF-NIS için kullanılacak formül aşağıda verilmiştir:

$$X^- = \{C_j, \min_i < \text{Score}(C_j(X_{iw})) > | j = 1, 2, 3, \dots, n\} \quad (46)$$

$$X^- = \{\langle C_1(\mu_1^-, v_1^-, \pi_1^-) \rangle, \langle C_2(\mu_2^-, v_2^-, \pi_2^-) \rangle, \dots, \langle C_n(\mu_n^-, v_n^-, \pi_n^-) \rangle\}$$

6. *Küresel bulanık pozitif ideal çözüme ve küresel bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıkların hesaplaması:* Bu adımda; her bir alternatifin, bir önceki adımda saptanan SF-PIS ve SF-NIS ile olan uzaklıkları bulunur. Bu işlem için, normalize edilmiş Öklid mesafesi (normalized Euclidean distance) kullanılır.

Her bir alternatifin SF-PIS ile olan uzaklıkları aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$D(X_i, X^+) = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (\mu_{x_i} - \mu_{X^+})^2 + (v_{x_i} - v_{X^+})^2 + (\pi_{x_i} - \pi_{X^+})^2} \quad (47)$$

Her bir alternatifin SF-NIS ile olan uzaklıkları aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$D(X_i, X^-) = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (\mu_{x_i} - \mu_{X^-})^2 + (v_{x_i} - v_{X^-})^2 + (\pi_{x_i} - \pi_{X^-})^2} \quad (48)$$

7. *SF-NIS ile olan maksimum mesafe ve SF-PIS ile olan minimum mesafenin ölçülmesi:* Bu aşamada, TOPSIS metodunun temel mantığı olan alternatiflerin pozitif ideal noktaya en yakın iken negatif ideal noktadan en uzak şekilde ifade edilebilmesi için söz konusu noktalar belirlenir.

SF-PIS ile olan minimum mesafe aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$D_{\min}(X_i, A^+) = \min_{1 \leq i \leq m} D(X_i, A^+) \quad (49)$$

SF-NIS ile olan maksimum mesafe aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$D_{\max}(X_i, A^-) = \max_{1 \leq i \leq m} D(X_i, A^-) \quad (50)$$

8. *Alternatiflerin göreceli yakınlıklarının/yakınlık katsayılarının hesaplanması:* Bu adımda, alternatiflerin sıralanmasını sağlamak için bir önceki adımda saptanan noktalar ile uzaklıkları oranlayacak ve Zhang ve Xu tarafından ifade edilen formülle hesaplanacak göreceli yakınlıklar bulunacaktır [147]. Ancak söz konusu formül, Kutlu Gündoğdu ve

Kahraman tarafından negatif veya sıfır sonuçlar vermemesi açısından revize edilerek küresel bulanık kümelerde aşağıdaki haliyle kullanılmaktadır [132]:

$$\xi(X_i) = \frac{D(X_i, A^+)}{D_{min}(X_i, A^+)} - \frac{D(X_i, A^-)}{D_{max}(X_i, A^-)} \quad (51)$$

9. *Alternatiflerin sıralanması:* Bir önceki adım ile göreceli yakınlıkların her alternatif için hesaplanması ile alternatifler adına bir optimal sıralama değerleri elde edilmiş olur. Böylece SF-TOPSIS hesaplamasının son aşaması olan bu adım için, hesaplanmış yakınlık değerlerine göre tercih edilebilecek alternatif açığa çıkmış olur. En iyi tercih, en büyük değere sahip alternatif olup bu skor pozitif değere en yakın ve negatif değerden en uzak olduğunu ifade etmektedir.

### 5.4.3 Küresel Bulanık CODAS Yöntemi

ÇKKV yöntemlerinin mesafe odaklı sıralama sağlayan bir başka yöntemi olan CODAS, negatif çözüm noktasından/ideal noktadan uzaklığı baz almaktadır. Bu anlamda SF-CODAS yöntemi; küresel düzlemde üyelik dereceleri tanımlanmış kümeler/alternatifler arasında yapılacak seçimin, alternatiflerin negatif ideal noktaya olan Öklid (Euclidean) ve küresel uzaklıkları baz alınarak sıralandığı bir yöntemi ifade etmektedir.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  ( $m \geq 2$ ) alternatifleri,  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  kriterleri ve  $w = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ ,  $0 \leq w_j \leq 1$   $\sum_{j=1}^n w_j = 1$  her bir kritere ait ağırlığı göstermek üzere SF-CODAS yöntemi uygulama adımları aşağıdaki gibidir.

1. *Karar matrisinin oluşturulması:* Alternatiflerin kriterler baz alınarak değerlendirildiği karar vericilerden gelen cevaplar ile karar matrisi oluşturulur. Yine bu matrisin oluşturulmasında [Tablo 5-4](#) ile verilen dilsel değerler kullanılır.
2. *Karar matrislerinin birleştirilmesi:* Karar aşamasına katılan uzmanlardan gelen cevaplar SWAM ve SWGM operatörleri ile [Eşitlik 36](#) ve [Eşitlik 37](#) kullanılarak birleştirilir. Birleştirilmiş karar matrisi [Eşitlik 43](#) ile gösterildiği gibi olmaktadır.
3. *Ağırlıklı birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisinin oluşturulması:* Bu aşamada ise birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisi ağırlıklandırılır. Bu işlem yine [Eşitlik 33](#) ile verilen küresel iki kümenin çarpılması formülü yardımıyla gerçekleştirilir. Oluşacak matris, [Eşitlik 44](#) ile verildiği gibidir.
4. *Durulaştırma (Berraklaştırma):* Bu aşamada ise NIS noktalarını bulmak adına ağırlıklı birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisi, durulaştırılır. Bu işlem için kullanılacak skor fonksiyonu aşağıda verilmiştir:

$$Score: \left( C_j(X_{iw}) \right) = (2\mu_{ijw} - \frac{\pi_{ijw}}{2})^2 - (v_{ijw} - \frac{\pi_{ijw}}{2})^2 \quad (52)$$

5. *Küresel bulanık negatif ideal çözüm noktasının belirlenmesi*: Bu adım ile, alternatiflerin SF-NIS noktaları, [Eşitlik 46](#) yardımıyla belirlenir.
6. *Alternatiflerin SF-NIS ile olan uzaklıklarının hesaplanması*: Burada ise her alternatifin SF-NIS ile olan uzaklıkları Öklid ve küresel mesafe baz alınarak ölçülür. Alternatiflerin SF-NIS ile olan normalize edilmiş Öklid mesafesi SF-TOPSIS ile aynı olup [Eşitlik 48](#) formülü yardımıyla hesaplanmaktadır. SF-NIS ile olan küresel mesafe ise aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır:

$$D_S(X_i, X^-) = \frac{2}{n\pi} \sum_{i=1}^n \arccos(\mu_{x_i} \cdot \mu_{x^-} + v_{x_i} \cdot v_{x^-} + \pi_{x_i} \cdot \pi_{x^-}) \quad (53)$$

7. *Görelî değerlendirme matrisi (relative assessment matrix/RA) oluşturulması*: Bu adımda her bir alternatif, diğer alternatiflerle olan Öklid ve küresel mesafesi bakımından karşılaştırılır.

$E_i$  Öklid uzaklığı için hesaplanan değeri ve  $S_i$  ise küresel mesafeleri ifade etmek üzere:

$$RA = [S_{ik}]_{n \times n};$$

$$S_{ik} = (D_{E_i} - D_{E_k}) + (\Phi(D_{E_i} - D_{E_k}) \cdot (D_{S_i} - D_{S_k})) \quad (54)$$

Formülde  $k \in \{1, 2, \dots, m\}$  ve  $\Phi$ , iki alternatifin Öklid uzaklıklarının eşitliğini tanımak için bir eşik fonksiyonunu belirtir ve şu şekilde tanımlanır:

$$\Phi(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } |x| \geq \alpha \\ 0 & \text{eğer } |x| < \alpha \end{cases} \quad (55)$$

Bu fonksiyonda,  $\alpha$  karar verici tarafından belirlenebilen eşik parametresidir. Bu parametrenin 0,01 ve 0,05 arasında bir değer olması önerilir.

8. *Her alternatifin değerlendirme puanının hesaplanması*: Bu aşamada, bir önceki adımda oluşturulan görelî değerlendirme matrisinin her satır değeri toplanır ve ilgili alternatif için değerlendirme puanını oluşturur.

$$AS_i = \sum_{k=1}^n S_{ik} \quad (56)$$

9. *Alternatif sıralanması ve seçimi*: Elde edilen değerlendirme puanları dahilinde alternatifler sıralanır. Tercih edilmesi gereken alternatif en büyük değere sahip olan alternatif olmaktadır.

## 6. UYGULAMA

Bölgesel havacılığın Türkiye’de uygulanabilmesi adına yapılan araştırmanın sonuçları, bu bölümde verilmiştir. Bölgesel bir havayolu işletmesinin Türkiye iç hatlarında operasyon yapabilmesi için, uçuş düzenleyebileceği rotalar/havalimanları ve bu uçuşlarda kullanabileceği bölgesel uçak türünün seçimi yapılmıştır. Böylece iki aşamalı bir karar verme modeli benimsenmiştir. Araştırma kapsamında 3boyutlu bulanık ÇKKV yöntemlerinden SF AHP-TOPSIS ve SF AHP-CODAS kullanılmıştır. Her iki küresel bulanık yöntem hem havalimanı seçiminde hem de uçak seçiminde kullanılarak yöntemlerin sağladığı en ideal çözüm sonuçları karşılaştırılmıştır.

### 6.1 Havalimanı Seçim Kararı ve Uygulaması

Operasyon düzenlenecek havalimanları, havayolu işletmesi açısından en önemli kararlardan biridir. Sunulacak hizmetin işletme açısından maksimum fayda sağlayacak şekilde dizayn edilmesi, uçuş düzenlenecek noktaların çok faktörlü ele alınması ile doğru orantılıdır. Gerek yeni kurulan gerekse mevcutta hizmet veren bir havayolu işletmesi açısından düzenlemeyi düşündüğü uçuş operasyon türünün etkinliği, bu uçuşların gerçekleşeceği bölge ile bağdaştırılmaktadır. Çünkü, havayolu hizmeti de pek çok hizmet türü gibi hizmet sağlayıcılar olan işletmeler ile hizmeti talep eden yolcular olmak üzere çift taraflı bir fayda ilişkisine sahip olmayı amaçlamaktadır. Bu durum, uçuş yapılan bölgenin sosyo-ekonomik özellikleri gibi yönlerinin verilen kararlarda baskın olmasına neden olmaktadır. Bu kararın doğru alınmasının ardından, uçuş izni adına yasal düzenlemelerin getirdiği idari süreç başlamaktadır.

Çalışmada havalimanı seçim kararında, öncelikli olarak kümeleme analizi ile havalimanı alternatifleri saptanmış daha sonra alternatiflere etki eden kriterler literatür taraması ile belirlenmiştir. SF AHP-TOPSIS ve SF AHP-CODAS yöntemleri ile alternatifler arasında karar analizi yapılmıştır. Uygulanan yöntemler sonucunda elde edilen bulgular verilmiştir.

Bölgesel havacılık adına verilecek havalimanı seçim kararında ilk aşama, havalimanı alternatiflerini belirlemektir. Türkiye’de aktif halde hizmet vermekte olan havalimanları arasında, bölgesel havacılık uçuşları düzenlenebilecek havalimanlarının seçimini yapmak amacıyla araştırmada kümeleme analizi kullanılmıştır. Kümeleme analizi, çok değişkenli istatistik yöntemlerinden olup isminden de anlaşıldığı üzere karmaşık veri grupları arasında

birbiri ile benzer gruplar, kümeler oluşturmayı hedeflemektedir. Yöntem, hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme analizi olarak ikiye ayrılmaktadır. Hiyerarşik kümeleme analizi ise kendi içinde yığılmacı (agglomerative) ve bölücü (divisive) hiyerarşik kümeleme olarak gruplandırılmaktadır [93-94]. Yığılmacı hiyerarşik kümeleme yönteminde, ilk aşamada her nesne ayrı bir küme olarak tanımlanır. İkinci aşamada, analize girdi olan benzerlik kriterlerine göre her nesne birbirine en yakın kümelere atanır ve her birim bir kümeye ait olana kadar işlem devam eder [94-95]. Çalışmada, yığılmacı hiyerarşik kümeleme yönteminin geometrik yöntemlerinden olan Ward's yöntemi kullanılmıştır. Yığılmacı hiyerarşik kümeleme yöntemleri, birimler arasındaki bazı uzaklıkları kullanarak onları gruplandırır. Ward's Yöntemi ise istatistikten bilinen varyans mantığı ile, bir kümenin ortasına düşen bir birimin aynı kümede yer alan diğer birimlerden olan uzaklığını kullanarak hesaplama yapar [94]. Bu nedenle yöntem, Varyans Metodu olarak da bilinir.

Uygulanan Ward's yöntemi sonucu çalışmada kullanılan havalimanı alternatifleri, aşağıda Tablo 6-1 ile gösterilmiştir.

**Tablo 6-1: Havalimanı Seçim Alternatifleri**

|                                    |
|------------------------------------|
| Antalya Havalimanı (A1)            |
| Gazipaşa Alanya Havalimanı (A2)    |
| Muğla Dalaman Havalimanı (A3)      |
| Muğla Milas-Bodrum Havalimanı (A4) |
| Adana Havalimanı (A5)              |
| Trabzon Havalimanı (A6)            |
| Erzurum Havalimanı (A7)            |
| Gaziantep Havalimanı (A8)          |
| Van Ferit Melen Havalimanı (A9)    |
| Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı (A10) |
| Amasya Merzifon Havalimanı (A11)   |

Tabloda belirtilen alternatifler, DHMİ resmî sitesinden elde edilen 2019 yılı Türkiye'de faaliyet gösteren havalimanları istatistiklerinde yer alan 56 havalimanı arasından seçilmiştir [149]. Ancak bu 56 havalimanından Aydın Çıldır, Balıkesir Merkez, Çanakkale Gökçeada ve Tokat Havalimanları taşınan yolcu sayılarının yetersiz olması nedeniyle çıkarılmış ve analiz 52 havalimanı ile gerçekleştirilmiştir. Seçimde; havalimanlarına ait taşınan iç ve dış hat yıl sonu toplam yolcu sayısı, benzerlikleri saptamak amacıyla değişken olarak kullanılmıştır. 52 havalimanı ile belirlenen kriterler, SPSS paket programında Ward's Yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu havalimanlarının nasıl ve kaç kümede gruplandığını görmek amacıyla dendrogramdan (ağaç grafiği) yararlanılmıştır. Ayrıca, analize giren her birim arasındaki

uzaklık, Kareli Öklid Uzaklığı ile belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda havalimanları 3 ana kümede birleşmiştir. Birbirine eşit 25 birim olarak ölçeklendirilen dendrogramda, havalimanları birbirine benzerliklerine göre en kısa mesafeden en uzağa doğru kümelenmektedirler. Mesafe artışına bağlı olarak benzerlikleri artan havalimanları kümeye dahil olmakta ve en uzak mesafeye ulaşıldığında ise en az benzerliğe sahip havalimanları kümelenmektedir [96]. Çalışmada kullanılan havalimanı alternatifleri, 1 birimlik mesafede 2. kümeye dahil olan havalimanları olmaktadır.

Karar problemlerinde alternatifleri oluşturan havalimanları belirlendikten sonra bu alternatifler arasında sıralama yapmakta kullanılacak kriterlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Konu ile ilgili '*havalimanı seçim, rota seçim, destinasyon seçim ve talep analizi*' gibi anahtar kelimelerle literatür taraması yapılmış ve havalimanı seçiminde etkili kriterler belirlenmeye çalışılmıştır.

Havayolu taşımacılığı, diğer ulaşım sistemlerinde olduğu gibi arz ve talebe göre hizmet sunmaktadır. Bu nedenle havayolu operasyonu yapabilmek için önemli kriterlerden ilki *nüfustur*. Janic ve Reggiani'nin (2002) çalışmasında üzerinde durulan bu kriter ayrıca pek çok havalimanı seçim çalışmasında da dikkate alınmıştır [83-70-97-90-98]. Bu çalışmada hizmet verilecek bölgelerin demografik yapısını saptamak amacıyla kriter olarak seçilmiştir.

Belirlenmiş bir diğer kriter olan *Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH)*, uçuş düzenlenecek havalimanının bulunduğu ildeki GSYİH ifade eden kriterdir. Hava taşımacılığı, ülkelerin rekabetçiliği ve gelişmişlik düzeyini gösterimi açısından önemli bir sektördür. Ülkelerin belirli bir zaman aralığındaki üretim miktarının ekonomik değeri anlamı gelen GSYİH, verilen havayolu hizmetinin devamlılığı açısından önemli bir ekonomik kriterdir. Bu yönüyle Türkiye'nin uluslararası çapta ekonomik yapısı gerek yurt içinde gerek yurt dışında sunulan hizmetleri etkileyecektir. Söz konusu kriterin çoğu havalimanı seçim çalışmasında önem arz ettiği vurgulanmıştır [83-97-90].

*Faaliyet gösteren havayollarının sayısı*, uçuş düzenlenecek havalimanında hizmet veren havayollarının sayısını ifade eden gösterge olup havalimanı seçim kriteri olarak belirlenmiştir. Havayolu işletmeleri, yurt içi ve yurt dışında her havalimanına operasyon düzenlemez. Operasyon düzenleyeceği havalimanlarında talep doğrultusunda uçuş ağı oluşturmaktadırlar. Planlanan uçuş ağına ise rakip firmalar olması kaçınılmazdır. Yolcu açısından uçuş hizmeti veren işletme sayısının ve alternatifinin çok olması havalimanı çekimi için önemli kriterlerden biridir. Böylece yolcuların, çok sayıda alternatif havayolu işletmesi arasında kendine en uygun uçuşu belirleme şansı olur. Kriter bu yönüyle çoğu çalışmada kullanılmıştır [97-99-100-87].

*Aynı rotada LCC varlığı*, uçuş düzenlenecek havalimanında LCC hizmeti veren havayolunun varlığını ifade eden kriterdir. Bölgesel hava taşımacılığı, daha küçük uçaklarla ve daha düşük maliyetlerle hizmet vermeyi benimsemiş bir havacılık operasyonudur. Bu anlamda LCC, bazı uçuş hizmetlerini kısararak veya tamamen kaldırarak daha ucuza hizmet vermeye çalışmaktadırlar. Bu iki hava taşıma sistemi, benimsedikleri mali hedefler ile rakip konumda bulunmaktadır. Bu durum ise söz konusu kriteri oldukça önemli kılmaktadır ve çalışmalarda dikkate alınmıştır [75].

Havalimanı seçimi konusunda belirlenmiş bir diğer kriter olan *uçuş sıklığı*, uçuş düzenlenecek havalimanına hizmet veren havayollarının gerçekleştirdiği uçuşların sıklığını ifade etmektedir. Özellikle talebin yoğun olduğu meydanlara farklı işletmeler veya aynı işletme tarafından daha sık uçuşlar düzenlenmesi havalimanına çekimi artıracaktır. Kriter bu yönü dikkate alınarak havalimanı seçim çalışmalarında kullanılmış ve araştırmaya dahil edilmiştir [101-88-102].

*Uçuş sezonu*, havalimanına düzenlenecek uçuşların yaz, kış veya normal dönem olarak düzenlenmesini ifade eden kriterdir. Havayolu ulaşımına talep, her zaman aynı düzeyde olmamaktadır. Talebe etki eden birçok faktör vardır. Hizmetin verildiği dönem bunların başında gelmektedir. Önemli bir kriter olan uçuş sezonu; talebin arttığı yaz dönemi, talebin azaldığı kış dönemi ve normal dönem uçuşlarını ifade etmektedir. Böylece havayolu işletmeleri ticari taşımacılıkta olduğu gibi bölgesel hava taşımacılığı kapsamında da tarifeli uçuşlar yanında talebin arttığı dönemlerde charter uçuşlar da düzenleyebilirler. Bu yönüyle önemli olan kriter, Bjerke (2018) tarafından yapılan çalışmada havalimanı için operasyonel hacmi etkileyen kukla değişken olarak tanımlanmıştır [79].

*Havalimanı kapasitesi*, havalimanının hem PAT (pist/taksi/apron) sahası hem de yolcu terminal binasını kapsayan kapasite kriteridir. Havalimanları sadece bulunduğu bölgenin hava ulaşım talebini karşılamaz. Özellikle merkez (hub) konumundaki havalimanları, ulusal ve uluslararası ölçekli taşımacılık faaliyetleri gösterirler. Bu talebi karşılamak için ise yeterli imkanlara sahip olması gereklidir. Havalimanı tercihini etkileyen önemli bir etken olarak araştırmaya dahil edilen kriter, meydan hacmini belirlemek üzere dikkate alınmıştır ve konuyla ilgili pek çok çalışmada da üzerinde durulmuştur [83-90-99-87-103].

Bir diğer kriter olan *ikame taşıma modu*, uçuş düzenlenecek noktalar arasında havayolu ulaşımı yerine geçebilecek karayolu, demiryolu ve denizyolu ulaşımı gibi diğer alternatif ulaşım sistemlerini ifade eden göstergedir. Havayolu ulaşımının sektör içindeki yaşadığı rekabetin yanında diğer ulaşım modları ile de rekabet halindedir. Özellikle yakın mesafe uçuşlarda eğer havayolu ile uçuş süresi diğer ulaşım seçeneklerinden daha uzun olursa veya

aktarmalı uçuşlarla yolculuk süresi uzuyorsa, yolcu diğer seçeneklere yönelebilmektedir. Yolcuların bu tutumu göz önüne alınarak, kriter havalimanı seçiminde pek çok araştırmada önemli bulunmuş ve bu yönüyle çalışmaya dahil edilmiştir [104-105].

*Havalimanına ulaşım modu*; havalimanına ulaşımında kullanılabilecek otobüs, taksi, tramvay, metro gibi şehir içi ulaşım araçlarını ifade etmektedir. Havalimanları hizmet sunduğu şehirlerin yapısına göre farklı yerlere inşa edilebilirler. Bu durum havalimanlarına ulaşımı etkilemektedir. Hizmete erişim ise yolcu açısından önem arz etmektedir. Özellikle yoğun nüfuslu bölgelerde havalimanına ulaşımın kolay olması için diğer ulaşım modları ile entegre şekilde hizmet veriyor olması gerekmektedir. Söz konusu kriter bu yönüyle havalimanı seçim çalışmalarında karşımıza çıkmaktadır [104-106-107].

*Operasyonel maliyet*, sunulan uçuş hizmetinin havayolu işletmesi açısından oluşturduğu; uçuş operasyonu, bakım-onarım ve amortisman, istasyon ve yer hizmetleri, yolcu hizmetleri, biletleme-satış-promosyon, yönetim giderleri olarak tanımlanabilecek maliyetleri ifade eden kriterdir. Havayolu işletmeleri açısından verdikleri hizmet karşılığında göze alınan bir maliyeti ifade eden bu kriter ile, havayolları uçuşlarının yapısını bu giderleri dikkate alarak düzenleyecektir. Kriter bu yönüyle, havayolu işletmelerinin operasyon kararlarına etki etmekte ve çalışmalarda dikkate alınmaktadır [83-97-107-108-109-86].

*Bilet fiyatları*, uçuş hizmeti veren havayollarına yolcular tarafından aldıkları hizmet karşılığında ödedikleri mali tutarı ifade etmektedir. Havacılık hizmeti, diğer hizmet sektörlerinde olduğu gibi hem hizmet sağlayıcılar hem de hizmeti talep eden yolcular açısından pek çok maliyet kalemi içermektedir. Yolcular açısından havayolu ulaşımında en önemli maliyet ise bilet fiyatları olmaktadır. Satın alanın ekonomik gücüne göre değişiklik gösterse de uçuş tercihinin yönlendiren önemli kriterlerden biri olup pek çok araştırmada da dikkate alınması nedeniyle araştırma kapsamına dahil edilmiştir [101-143-110].

Literatür taraması ile elde edilen çalışmalardan hareketle yukarıda açıklanan 11 temel havalimanı seçim kriteri, araştırma kapsamına dahil edilmiş ve aşağıda Tablo 6-2 ile gösterilmiştir.

**Tablo 6-2:** Havalimanı Seçimine Etki Eden Kriterler

|                                              |
|----------------------------------------------|
| Nüfus (C1)                                   |
| GSYİH (C2)                                   |
| Faaliyet Gösteren Havayollarının Sayısı (C3) |
| Aynı Rotada LCC Varlığı (C4)                 |
| Uçuş Sıklığı (C5)                            |
| Uçuş Sezonu (C6)                             |

**Tablo 6-2:** Havalimanı Seçimine Etki Eden Kriterler (devamı)

|                               |
|-------------------------------|
| Havalimanı Kapasitesi (C7)    |
| İkame Taşıma Modu (C8)        |
| Havalimanına Ulaşım Modu (C9) |
| Operasyonel Maliyet (C10)     |
| Bilet Fiyatları (C11)         |

Bölgesel havacılıkta kullanılacak havalimanlarının seçim çalışmasında, ifade edilen kriterler doğrultusunda havalimanı alternatiflerinin sıralaması, iki farklı küresel bulanık hibrit karar verme yöntemleri ile belirlenmeye çalışılmış elde edilen bulgular ve işlem adımları aşağıdaki bölümlerde ifade edilmiştir.

### 6.1.1 Küresel Bulanık AHP-TOPSIS

Havalimanı seçim kararı için, belirlenen havalimanı alternatiflerinin, kriterler baz alınarak değerlendirilmesi ve sıralanması gerekmektedir. Burada öncelikli aşama, havalimanı seçiminde belirlenmiş 11 kriterin seçim üzerindeki etkisini saptamak amacıyla SF-AHP yöntemi ile ağırlıklarını belirlemek olacaktır. İkinci adım olarak SF-TOPSIS yöntemi ile, alternatiflerin bu kriterlere göre sıralanması sağlanmıştır. Araştırmada karar verici konumunda olan 3 uzmanın görüşlerinden faydalanılmıştır. Söz konusu uzmanlar havacılık sektöründe uzun yıllar görev almış, havalimanı ve uçak seçim konusunda tecrübe sahibi kişilerdir. Uzmanlardan ilki Sky Havayolları'nda 5 yıl, ikincisi Atlasjet Havayolları'nda 3,5 yıl tarife ve filo planlama uzmanı olarak çalışmışlardır. Son uzman ise MNG Havayolları'nda 13 yıl tarife ve planlama şefi/operasyon koordinasyon müdürü olarak çalışmış ve hala görevine devam etmektedir. Havacılık alanında farklı deneyim sürelerine sahip bu uzmanların her birinin ağırlıkları, toplamaları 1 olacak şekilde 0,33 olarak belirlenmiştir.

Söz konusu yöntemlere ait bulgular ve işlem adımları aşağıda belirtilmiştir.

#### 1. Kriter ağırlıklarının SF-AHP yöntemi kullanılarak elde edilmesi:

- a) *İkili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulması ve tutarlılık analizinin yapılması:* SF-AHP ilk adımı olarak karar vericilerden gelen kriterlere ait ikili karşılaştırmalar matrislerinin tutarlılık analizi; [Tablo 5-4](#) ile verilen dilsel değerlere karşılık gelen sayılar kullanılarak [Eşitlik 2, 3](#) ve [4](#) yardımıyla yapılmıştır. İşlemler sonucu tutarlılık 0,10'dan büyük çıkmaktadır. Bu durum tutarlılık için istenmese de 0,10 ile 0,15 arasında çıkan oranlar kabul edilebilir olarak belirtilmektedir [150]. Tutarlılığı sağlanan matrisler

aşağıda Tablo 6-3 ile verilmiştir. Tablolarda geçen ‘U’, karar verici konumundaki uzmanların cevaplarını sembolize etmektedir.

**Tablo 6-3:** Kriterlere Ait İkili Karşılaştırmalar Matrisi

| <i>U1</i>      | <b>C1</b> | <b>C2</b> | <b>C3</b> | <b>C4</b> | <b>C5</b> | <b>C6</b> | <b>C7</b> | <b>C8</b> | <b>C9</b> | <b>C10</b> | <b>C11</b> |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| <b>C1</b>      | EI        | SMI       | SMI       | SMI       | HI        | HI        | VHI       | SMI       | HI        | SMI        | HI         |
| <b>C2</b>      | SLI       | EI        | SMI       | HI        | SMI       | SMI       | HI        | SMI       | SMI       | SMI        | SMI        |
| <b>C3</b>      | SLI       | SLI       | EI        | SMI       | EI        | SMI       | HI        | SMI       | HI        | SMI        | LI         |
| <b>C4</b>      | SLI       | LI        | SLI       | EI        | SMI       | HI        | SMI       | HI        | SMI       | SLI        | VLI        |
| <b>C5</b>      | LI        | SLI       | EI        | SLI       | EI        | EI        | SMI       | EI        | EI        | VLI        | VLI        |
| <b>C6</b>      | LI        | SLI       | SLI       | LI        | EI        | EI        | SMI       | EI        | SMI       | SLI        | LI         |
| <b>C7</b>      | VLI       | LI        | LI        | SLI       | SLI       | SLI       | EI        | SMI       | EI        | ALI        | VLI        |
| <b>C8</b>      | SLI       | SLI       | SLI       | LI        | EI        | EI        | SLI       | EI        | EI        | VLI        | LI         |
| <b>C9</b>      | LI        | SLI       | LI        | SLI       | EI        | SLI       | EI        | EI        | EI        | LI         | ALI        |
| <b>C10</b>     | SLI       | SLI       | SLI       | SMI       | VHI       | SMI       | AMI       | VHI       | HI        | EI         | EI         |
| <b>C11</b>     | LI        | SLI       | HI        | VHI       | VHI       | HI        | VHI       | HI        | AMI       | EI         | EI         |
| <i>CR=0,14</i> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |
| <i>U2</i>      | <b>C1</b> | <b>C2</b> | <b>C3</b> | <b>C4</b> | <b>C5</b> | <b>C6</b> | <b>C7</b> | <b>C8</b> | <b>C9</b> | <b>C10</b> | <b>C11</b> |
| <b>C1</b>      | EI        | SMI       | SMI       | SMI       | VHI       | SMI       | HI        | SMI       | SMI       | SMI        | HI         |
| <b>C2</b>      | SLI       | EI        | SMI       | SMI       | SMI       | SMI       | HI        | HI        | VHI       | SMI        | SMI        |
| <b>C3</b>      | SLI       | SLI       | EI        | SMI       | EI        | SMI       | VHI       | HI        | VHI       | SMI        | LI         |
| <b>C4</b>      | SLI       | SLI       | SLI       | EI        | SMI       | SMI       | SMI       | SMI       | SMI       | SLI        | VLI        |
| <b>C5</b>      | VLI       | SLI       | EI        | SLI       | EI        | EI        | HI        | SMI       | SMI       | VLI        | VLI        |
| <b>C6</b>      | SLI       | SLI       | SLI       | SLI       | EI        | EI        | SMI       | SMI       | SMI       | VLI        | LI         |
| <b>C7</b>      | LI        | LI        | VLI       | SLI       | LI        | SLI       | EI        | EI        | EI        | ALI        | VLI        |
| <b>C8</b>      | SLI       | LI        | LI        | SLI       | SLI       | SLI       | EI        | EI        | EI        | ALI        | VLI        |
| <b>C9</b>      | SLI       | VLI       | VLI       | SLI       | SLI       | SLI       | EI        | EI        | EI        | ALI        | VLI        |
| <b>C10</b>     | SLI       | SLI       | SLI       | SMI       | VHI       | VHI       | AMI       | AMI       | AMI       | EI         | EI         |
| <b>C11</b>     | LI        | SLI       | HI        | VHI       | VHI       | HI        | VHI       | VHI       | VHI       | EI         | EI         |
| <i>CR=0,10</i> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |
| <i>U3</i>      | <b>C1</b> | <b>C2</b> | <b>C3</b> | <b>C4</b> | <b>C5</b> | <b>C6</b> | <b>C7</b> | <b>C8</b> | <b>C9</b> | <b>C10</b> | <b>C11</b> |
| <b>C1</b>      | EI        | HI        | SMI       | SMI       | HI        | SMI       | SMI       | SMI       | VHI       | SMI        | HI         |
| <b>C2</b>      | LI        | EI        | SMI       | HI        | HI        | HI        | HI        | HI        | VHI       | SMI        | SMI        |
| <b>C3</b>      | SLI       | SLI       | EI        | SMI       | EI        | SMI       | VHI       | HI        | VHI       | SMI        | LI         |
| <b>C4</b>      | SLI       | LI        | SLI       | EI        | SMI       | SMI       | SMI       | SMI       | SMI       | SLI        | VLI        |
| <b>C5</b>      | LI        | LI        | EI        | SLI       | EI        | EI        | HI        | SMI       | SMI       | VLI        | VLI        |
| <b>C6</b>      | SLI       | LI        | SLI       | SLI       | EI        | EI        | SMI       | SMI       | SMI       | VLI        | VLI        |
| <b>C7</b>      | SLI       | LI        | VLI       | SLI       | LI        | SLI       | EI        | EI        | EI        | ALI        | ALI        |
| <b>C8</b>      | SLI       | LI        | LI        | SLI       | SLI       | SLI       | EI        | EI        | EI        | ALI        | ALI        |
| <b>C9</b>      | VLI       | VLI       | VLI       | SLI       | SLI       | SLI       | EI        | EI        | EI        | ALI        | ALI        |
| <b>C10</b>     | SLI       | SLI       | SLI       | SMI       | VHI       | VHI       | AMI       | AMI       | AMI       | EI         | EI         |
| <b>C11</b>     | LI        | SLI       | HI        | VHI       | VHI       | VHI       | AMI       | AMI       | AMI       | EI         | EI         |
| <i>CR=0,13</i> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |

- b) *İkili karşılaştırmalar matrislerinin birleştirilmesi:* Karar vericilerden gelen kriterlerin ikili karşılaştırıldığı cevaplar, [Eşitlik 37](#) ile verilen SWGM operatörüyle birleştirilerek Tablo 6-4 ile verilmiştir.

**Tablo 6-4:** İkili Karşılaştırmalar Matrisinin Birleştirilmesi

|            | <b>C1</b>          | <b>C2</b>          | <b>C3</b>          | <b>C4</b>          | <b>C5</b>          | <b>C6</b>          |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>C1</b>  | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.63, 0.14, 0.27) | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.60, 0.16, 0.37) | (0.73, 0.07, 0.17) | (0.63, 0.14, 0.27) |
| <b>C2</b>  | (0.36, 0.41, 0.27) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.66, 0.11, 0.29) | (0.63, 0.14, 0.27) | (0.63, 0.14, 0.27) |
| <b>C3</b>  | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.00, 0.11, 0.34) | (0.00, 0.11, 0.34) | (0.60, 0.16, 0.30) |
| <b>C4</b>  | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.33, 0.45, 0.23) | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.50, 0.16, 0.46) | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.00, 0.06, 0.19) |
| <b>C5</b>  | (0.26, 0.55, 0.17) | (0.36, 0.41, 0.27) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.40, 0.36, 0.44) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.50, 0.16, 0.40) |
| <b>C6</b>  | (0.36, 0.41, 0.27) | (0.36, 0.41, 0.27) | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.00, 0.26, 0.44) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.50, 0.16, 0.40) |
| <b>C7</b>  | (0.29, 0.51, 0.20) | (0.30, 0.49, 0.20) | (0.23, 0.60, 0.13) | (0.40, 0.36, 0.44) | (0.33, 0.45, 0.23) | (0.40, 0.36, 0.30) |
| <b>C8</b>  | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.33, 0.45, 0.23) | (0.33, 0.45, 0.23) | (0.36, 0.41, 0.41) | (0.43, 0.30, 0.33) | (0.43, 0.30, 0.33) |
| <b>C9</b>  | (0.29, 0.51, 0.20) | (0.25, 0.56, 0.17) | (0.23, 0.60, 0.13) | (0.40, 0.36, 0.44) | (0.43, 0.30, 0.33) | (0.40, 0.36, 0.30) |
| <b>C10</b> | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.60, 0.16, 0.37) | (0.80, 0.04, 0.10) | (0.73, 0.08, 0.20) |
| <b>C11</b> | (0.30, 0.49, 0.20) | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.70, 0.09, 0.20) | (0.80, 0.04, 0.15) | (0.80, 0.04, 0.10) | (0.73, 0.07, 0.17) |
|            | <b>C7</b>          | <b>C8</b>          | <b>C9</b>          | <b>C10</b>         | <b>C11</b>         |                    |
| <b>C1</b>  | (0.70, 0.10, 0.22) | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.70, 0.10, 0.22) | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.70, 0.09, 0.20) |                    |
| <b>C2</b>  | (0.70, 0.09, 0.20) | (0.66, 0.11, 0.24) | (0.73, 0.08, 0.20) | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.60, 0.16, 0.30) |                    |
| <b>C3</b>  | (0.77, 0.06, 0.14) | (0.66, 0.11, 0.24) | (0.77, 0.06, 0.14) | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.30, 0.49, 0.20) |                    |
| <b>C4</b>  | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.00, 0.11, 0.25) | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.40, 0.36, 0.30) | (0.20, 0.64, 0.10) |                    |
| <b>C5</b>  | (0.66, 0.11, 0.24) | (0.56, 0.16, 0.34) | (0.56, 0.16, 0.34) | (0.20, 0.64, 0.10) | (0.20, 0.64, 0.10) |                    |
| <b>C6</b>  | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.56, 0.16, 0.34) | (0.60, 0.16, 0.30) | (0.25, 0.56, 0.17) | (0.26, 0.55, 0.17) |                    |
| <b>C7</b>  | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.53, 0.16, 0.37) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.10, 0.81, 0.00) | (0.16, 0.71, 0.07) |                    |
| <b>C8</b>  | (0.46, 0.23, 0.37) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.13, 0.76, 0.05) | (0.18, 0.67, 0.11) |                    |
| <b>C9</b>  | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.14, 0.74, 0.08) | (0.13, 0.76, 0.05) |                    |
| <b>C10</b> | (0.90, 0.01, 0.00) | (0.87, 0.02, 0.06) | (0.83, 0.04, 0.12) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.50, 0.16, 0.40) |                    |
| <b>C11</b> | (0.83, 0.03, 0.08) | (0.80, 0.05, 0.13) | (0.87, 0.02, 0.06) | (0.50, 0.16, 0.40) | (0.50, 0.16, 0.40) |                    |

c) *Kriterlere ait küresel bulanık ağırlıkların hesaplanması:* Kriterlere ait küresel bulanık ağırlıklar [Eşitlik 36](#)'da verilen SWAM operatörü yardımıyla hesaplanmıştır. Daha sonra [Eşitlik 42](#) ile verilen skor fonksiyonu ile küresel değerlerden net sayı değerleri edilerek berraklaştırma işlemi yapılmıştır. Son adımda ise; sıradan AHP'den alışık olunan kriterlerin ağırlıklarını [0,1] aralığında kılmak amacıyla gerçekleştirilen normalizasyon işlemi, berraklaştırılan ağırlıkların sütun toplamına sütundaki her ögenin bölünmesiyle yapılmıştır. Havalimanı seçim kararı alt kriterler içermediği için SF-AHP'nin son adımı olan küresel/global ağırlıklar, bu adımlar ile elde edilerek Tablo 6-5 ile verilmiştir.

**Tablo 6-5:** Havalimanı Seçim Kriterlerine Ait Ağırlıklar

|     | Küresel Bulanık Ağırlıklar | Berraklaştırılmış Ağırlıklar | Normalize Yerel Ağırlıklar (Küresel Ağırlıklar) |
|-----|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------|
| C1  | (0.64, 0.13, 0.22)         | 18,09                        | 0,11                                            |
| C2  | (0.62, 0.14, 0.22)         | 17,50                        | 0,11                                            |
| C3  | (0.55, 0.15, 0.21)         | 15,38                        | 0,10                                            |
| C4  | (0.43, 0.22, 0.27)         | 11,60                        | 0,07                                            |
| C5  | (0.47, 0.26, 0.27)         | 12,54                        | 0,08                                            |
| C6  | (0.45, 0.27, 0.29)         | 11,83                        | 0,08                                            |
| C7  | (0.37, 0.37, 0.30)         | 9,64                         | 0,06                                            |
| C8  | (0.39, 0.34, 0.30)         | 10,14                        | 0,06                                            |
| C9  | (0.37, 0.37, 0.31)         | 9,62                         | 0,06                                            |
| C10 | (0.70, 0.09, 0.21)         | 20,02                        | 0,13                                            |
| C11 | (0.72, 0.08, 0.10)         | 20,98                        | 0,13                                            |

2. *SF-TOPSIS ile alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi:* SF-AHP ile kriter ağırlıkları belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralanması için SF-TOPSIS yöntemi işlem adımları gerçekleştirilmiştir. Karar vericilerden gelen alternatiflerin kriterlere göre değerlendirildiği matris, aşağıda Tablo 6-6 ile verilmiştir.

**Tablo 6-6:** Alternatiflerin Uzmanlar Tarafından Değerlendirilmesi

| UI                      | C1  | C2  | C3  | C4  | C5  | C6  | C7  | C8  | C9  | C10 | C11 |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Antalya (A1)            | VHI | VHI | VHI | VHI | AMI | VHI | AMI | HI  | HI  | HI  | VHI |
| Gazipaşa Alanya (A2)    | VHI | VHI | VHI | VHI | VHI | VHI | HI  | HI  | HI  | VHI | VHI |
| Muğla Dalaman (A3)      | SMI | SMI | SMI | VHI | HI  | HI  | VHI | HI  | SMI | VHI | VHI |
| Muğla Milas-Bodrum (A4) | SMI | SMI | SMI | VHI | HI  | HI  | VHI | HI  | SMI | VHI | VHI |
| Adana (A5)              | HI  | HI  | HI  | VHI | VHI | VHI | VHI | VHI | VHI | HI  | VHI |
| Trabzon (A6)            | HI  | HI  | HI  | VHI | VHI | VHI | AMI | HI  | HI  | HI  | VHI |
| Erzurum (A7)            | SMI | SMI | SMI | HI  | HI  | SMI | HI  | SMI | SMI | VHI | HI  |
| Gaziantep (A8)          | HI  | VHI | HI  | VHI | VHI | HI  | VHI | SMI | HI  | HI  | VHI |
| Van Ferit Melen (A9)    | EI  | EI  | SLI | SMI | EI  | EI  | SMI | EI  | EI  | VHI | SMI |
| Ağrı Ahmed-i Hani (A10) | EI  | EI  | SLI | EI  | EI  | EI  | SMI | EI  | EI  | VHI | SMI |
| Amasya Merzifon (A11)   | SLI | SLI | LI  | EI  | EI  | EI  | EI  | EI  | EI  | VHI | SMI |

**Tablo 6-6:** Alternatiflerin Uzmanlar Tarafından Değerlendirilmesi (devamı)

| <i>U2</i>               | <b>C1</b> | <b>C2</b> | <b>C3</b> | <b>C4</b> | <b>C5</b> | <b>C6</b> | <b>C7</b> | <b>C8</b> | <b>C9</b> | <b>C10</b> | <b>C11</b> |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Antalya (A1)            | HI        | HI        | AMI       | VHI       | VHI       | AMI       | AMI       | SMI       | SMI       | VHI        | VHI        |
| Gazipaşa Alanya (A2)    | HI        | HI        | VHI       | HI        | SMI       | VHI       | VHI       | EI        | EI        | VHI        | HI         |
| Muğla Dalaman (A3)      | HI        | HI        | AMI       | HI        | HI        | VHI       | VHI       | SMI       | EI        | VHI        | HI         |
| Muğla Milas-Bodrum (A4) | HI        | HI        | AMI       | VHI       | HI        | VHI       | VHI       | SMI       | EI        | VHI        | VHI        |
| Adana (A5)              | VHI       | VHI       | VHI       | HI        | HI        | HI        | HI        | SMI       | EI        | VHI        | HI         |
| Trabzon (A6)            | AMI       | VHI       | VHI       | HI        | HI        | HI        | HI        | SMI       | EI        | VHI        | AMI        |
| Erzurum (A7)            | AMI       | AMI       | HI        | SMI       | SMI       | HI        | HI        | SMI       | EI        | VHI        | AMI        |
| Gaziantep (A8)          | AMI       | AMI       | VHI       | HI        | HI        | HI        | SMI       | SMI       | EI        | HI         | AMI        |
| Van Ferit Melen (A9)    | AMI       | AMI       | SMI       | EI        | SMI       | SMI       | SMI       | EI        | EI        | HI         | AMI        |
| Ağrı Ahmed-i Hani (A10) | AMI       | AMI       | EI        | EI        | EI        | EI        | EI        | EI        | EI        | HI         | AMI        |
| Amasya Merzifon (A11)   | AMI       | AMI       | EI        | EI        | SMI       | EI        | EI        | EI        | EI        | HI         | AMI        |
| <i>U3</i>               | <b>C1</b> | <b>C2</b> | <b>C3</b> | <b>C4</b> | <b>C5</b> | <b>C6</b> | <b>C7</b> | <b>C8</b> | <b>C9</b> | <b>C10</b> | <b>C11</b> |
| Antalya (A1)            | AMI       | VHI       | VHI       | HI        | VHI       | HI        | SMI       | SMI       | SMI       | AMI        | AMI        |
| Gazipaşa Alanya (A2)    | AMI       | VHI       | HI        | SMI       | SMI       | HI        | SMI       | EI        | EI        | AMI        | AMI        |
| Muğla Dalaman (A3)      | AMI       | VHI       | VHI       | SMI       | HI        | HI        | SMI       | SMI       | EI        | AMI        | AMI        |
| Muğla Milas-Bodrum (A4) | AMI       | VHI       | VHI       | SMI       | HI        | HI        | SMI       | SMI       | EI        | AMI        | AMI        |
| Adana (A5)              | AMI       | VHI       | VHI       | HI        | HI        | HI        | SMI       | SMI       | EI        | AMI        | AMI        |
| Trabzon (A6)            | AMI       | VHI       | VHI       | HI        | HI        | HI        | SMI       | SMI       | EI        | AMI        | AMI        |
| Erzurum (A7)            | AMI       | VHI       | HI        | SMI       | SMI       | SMI       | SMI       | SMI       | EI        | AMI        | AMI        |
| Gaziantep (A8)          | AMI       | VHI       | VHI       | HI        | HI        | HI        | SMI       | SMI       | EI        | AMI        | AMI        |
| Van Ferit Melen (A9)    | AMI       | VHI       | EI        | EI        | EI        | SMI       | EI        | EI        | EI        | AMI        | AMI        |
| Ağrı Ahmed-i Hani (A10) | AMI       | VHI       | EI        | EI        | EI        | EI        | EI        | EI        | EI        | AMI        | AMI        |
| Amasya Merzifon (A11)   | AMI       | VHI       | EI        | EI        | EI        | EI        | EI        | EI        | EI        | AMI        | AMI        |

3. *Matrislerin birleştirilmesi:* Karar vericilerden gelen değerlendirme matrisleri, her iki operatörün arasındaki sıralama farkını göstermek amacıyla [Eşitlik 36](#) ile verilen SWAM operatörü ve [Eşitlik 37](#) ile verilen SWGM operatörü kullanılarak birleştirilmiştir. Sonuçlar Tablo 6-7 ve Tablo 6-8 ile aşağıda verilmiştir.

**Tablo 6-7:** Matrislerin SWAM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi

|     | C1                 | C2                 | C3                 | C4                 | C5                 | C6                 |
|-----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A1  | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.82, 0.18, 0.11) |
| A2  | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.77, 0.23, 0.17) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.69, 0.32, 0.24) | (0.77, 0.23, 0.13) |
| A3  | (0.78, 0.23, 0.17) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.70, 0.30, 0.20) | (0.74, 0.26, 0.17) |
| A4  | (0.78, 0.23, 0.17) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.75, 0.25, 0.17) | (0.70, 0.30, 0.20) | (0.74, 0.26, 0.17) |
| A5  | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.74, 0.26, 0.21) | (0.74, 0.26, 0.17) | (0.74, 0.26, 0.17) |
| A6  | (0.86, 0.14, 0.08) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.74, 0.26, 0.21) | (0.74, 0.26, 0.17) | (0.74, 0.26, 0.17) |
| A7  | (0.85, 0.16, 0.12) | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.70, 0.30, 0.20) | (0.64, 0.36, 0.27) | (0.64, 0.36, 0.27) | (0.64, 0.36, 0.31) |
| A8  | (0.86, 0.14, 0.08) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.74, 0.26, 0.17) | (0.74, 0.26, 0.17) | (0.70, 0.30, 0.20) |
| A9  | (0.84, 0.16, 0.15) | (0.79, 0.20, 0.18) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.54, 0.40, 0.37) | (0.54, 0.40, 0.37) | (0.57, 0.40, 0.33) |
| A10 | (0.84, 0.16, 0.15) | (0.79, 0.20, 0.18) | (0.47, 0.46, 0.37) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) |
| A11 | (0.84, 0.16, 0.15) | (0.78, 0.23, 0.13) | (0.45, 0.48, 0.36) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) |
|     | C7                 | C8                 | C9                 | C10                | C11                |                    |
| A1  | (0.85, 0.16, 0.12) | (0.64, 0.36, 0.27) | (0.64, 0.36, 0.27) | (0.82, 0.18, 0.15) | (0.84, 0.16, 0.12) |                    |
| A2  | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.58, 0.36, 0.34) | (0.58, 0.36, 0.34) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.82, 0.18, 0.11) |                    |
| A3  | (0.75, 0.25, 0.17) | (0.64, 0.36, 0.27) | (0.54, 0.40, 0.37) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.82, 0.18, 0.11) |                    |
| A4  | (0.75, 0.25, 0.17) | (0.64, 0.36, 0.27) | (0.54, 0.40, 0.37) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.84, 0.16, 0.07) |                    |
| A5  | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.69, 0.32, 0.24) | (0.64, 0.32, 0.30) | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.82, 0.18, 0.11) |                    |
| A6  | (0.78, 0.23, 0.17) | (0.64, 0.36, 0.27) | (0.58, 0.36, 0.34) | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.87, 0.13, 0.05) |                    |
| A7  | (0.67, 0.33, 0.23) | (0.60, 0.40, 0.30) | (0.54, 0.40, 0.37) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.86, 0.14, 0.08) |                    |
| A8  | (0.69, 0.32, 0.24) | (0.60, 0.40, 0.30) | (0.58, 0.36, 0.34) | (0.80, 0.21, 0.14) | (0.87, 0.13, 0.05) |                    |
| A9  | (0.57, 0.40, 0.33) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.85, 0.16, 0.12) |                    |
| A10 | (0.54, 0.40, 0.37) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.85, 0.16, 0.12) |                    |
| A11 | (0.54, 0.40, 0.37) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.85, 0.16, 0.12) |                    |

**Tablo 6-8:** Matrislerin SWGM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi

|    | C1                 | C2                 | C3                 | C4                 | C5                 | C6                 |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A1 | (0.80, 0.22, 0.13) | (0.77, 0.24, 0.14) | (0.83, 0.17, 0.08) | (0.77, 0.24, 0.14) | (0.83, 0.17, 0.13) | (0.80, 0.22, 0.13) |
| A2 | (0.80, 0.22, 0.13) | (0.77, 0.24, 0.14) | (0.77, 0.24, 0.14) | (0.70, 0.31, 0.22) | (0.66, 0.35, 0.30) | (0.77, 0.24, 0.14) |
| A3 | (0.72, 0.30, 0.22) | (0.70, 0.31, 0.22) | (0.76, 0.27, 0.19) | (0.70, 0.31, 0.22) | (0.70, 0.30, 0.24) | (0.73, 0.27, 0.17) |
| A4 | (0.72, 0.30, 0.22) | (0.70, 0.31, 0.22) | (0.76, 0.27, 0.19) | (0.73, 0.29, 0.20) | (0.70, 0.30, 0.24) | (0.73, 0.27, 0.17) |
| A5 | (0.80, 0.22, 0.13) | (0.77, 0.24, 0.14) | (0.77, 0.24, 0.14) | (0.73, 0.27, 0.17) | (0.73, 0.27, 0.22) | (0.73, 0.27, 0.17) |

**Tablo 6-8:** Matrislerin SWGM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi (devamı)

|            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>A6</b>  | (0.83, 0.19, 0.12) | (0.77, 0.24, 0.14) | (0.77, 0.24, 0.14) | (0.73, 0.27, 0.17) | (0.73, 0.27, 0.22) | (0.73, 0.27, 0.17) |
| <b>A7</b>  | (0.79, 0.25, 0.19) | (0.76, 0.27, 0.19) | (0.66, 0.34, 0.24) | (0.63, 0.37, 0.27) | (0.63, 0.37, 0.32) | (0.63, 0.37, 0.27) |
| <b>A8</b>  | (0.83, 0.19, 0.12) | (0.83, 0.17, 0.08) | (0.77, 0.24, 0.14) | (0.73, 0.27, 0.17) | (0.73, 0.27, 0.22) | (0.70, 0.30, 0.20) |
| <b>A9</b>  | (0.74, 0.25, 0.25) | (0.71, 0.27, 0.26) | (0.49, 0.48, 0.34) | (0.53, 0.40, 0.37) | (0.53, 0.40, 0.37) | (0.53, 0.40, 0.37) |
| <b>A10</b> | (0.74, 0.25, 0.25) | (0.71, 0.27, 0.26) | (0.46, 0.48, 0.37) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) |
| <b>A11</b> | (0.69, 0.38, 0.21) | (0.66, 0.39, 0.21) | (0.42, 0.54, 0.33) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.53, 0.40, 0.37) | (0.50, 0.40, 0.40) |
|            | <b>C7</b>          | <b>C8</b>          | <b>C9</b>          | <b>C10</b>         | <b>C11</b>         |                    |
| <b>A1</b>  | (0.79, 0.25, 0.19) | (0.63, 0.37, 0.27) | (0.63, 0.37, 0.27) | (0.80, 0.22, 0.13) | (0.83, 0.17, 0.08) |                    |
| <b>A2</b>  | (0.70, 0.31, 0.22) | (0.56, 0.37, 0.35) | (0.56, 0.37, 0.35) | (0.83, 0.17, 0.08) | (0.80, 0.22, 0.13) |                    |
| <b>A3</b>  | (0.73, 0.29, 0.20) | (0.63, 0.37, 0.27) | (0.53, 0.40, 0.37) | (0.83, 0.17, 0.08) | (0.80, 0.22, 0.13) |                    |
| <b>A4</b>  | (0.73, 0.29, 0.20) | (0.63, 0.37, 0.27) | (0.53, 0.40, 0.37) | (0.83, 0.17, 0.08) | (0.83, 0.17, 0.08) |                    |
| <b>A5</b>  | (0.70, 0.31, 0.22) | (0.66, 0.35, 0.26) | (0.58, 0.35, 0.34) | (0.80, 0.22, 0.13) | (0.80, 0.22, 0.13) |                    |
| <b>A6</b>  | (0.72, 0.30, 0.22) | (0.63, 0.37, 0.27) | (0.56, 0.37, 0.35) | (0.80, 0.22, 0.13) | (0.87, 0.14, 0.06) |                    |
| <b>A7</b>  | (0.66, 0.34, 0.24) | (0.60, 0.40, 0.30) | (0.53, 0.40, 0.37) | (0.83, 0.17, 0.08) | (0.83, 0.19, 0.12) |                    |
| <b>A8</b>  | (0.66, 0.35, 0.26) | (0.60, 0.40, 0.30) | (0.56, 0.37, 0.35) | (0.76, 0.25, 0.17) | (0.87, 0.14, 0.06) |                    |
| <b>A9</b>  | (0.56, 0.40, 0.34) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.80, 0.22, 0.13) | (0.79, 0.25, 0.19) |                    |
| <b>A10</b> | (0.53, 0.40, 0.37) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.80, 0.22, 0.13) | (0.79, 0.25, 0.19) |                    |
| <b>A11</b> | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.80, 0.22, 0.13) | (0.79, 0.25, 0.19) |                    |

4. *Matrislerin ağırlıklandırılması:* Birleştirilmiş matrisler [Tablo 6-5](#) ile verilen kriterlere ait küresel ağırlıklar ile [Eşitlik 33](#)'te verilen çarpma fonksiyonu kullanılarak çarpılmıştır. Sonuçlar SWAM için [Tablo 6-9](#) ve SWGM operatörü için ise [Tablo 6-10](#) ile aşağıda verilmiştir.

**Tablo 6-9:** SWAM Operatörü İçin Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris

|           |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|           | <b>C1</b>          | <b>C2</b>          | <b>C3</b>          | <b>C4</b>          | <b>C5</b>          | <b>C6</b>          |
| <b>A1</b> | (0.53, 0.22, 0.24) | (0.48, 0.27, 0.25) | (0.46, 0.21, 0.22) | (0.34, 0.31, 0.29) | (0.39, 0.30, 0.27) | (0.37, 0.32, 0.30) |
| <b>A2</b> | (0.53, 0.22, 0.24) | (0.48, 0.27, 0.25) | (0.42, 0.27, 0.25) | (0.31, 0.36, 0.32) | (0.32, 0.40, 0.34) | (0.34, 0.35, 0.31) |
| <b>A3</b> | (0.50, 0.26, 0.27) | (0.44, 0.32, 0.29) | (0.44, 0.24, 0.25) | (0.31, 0.36, 0.32) | (0.33, 0.39, 0.32) | (0.33, 0.37, 0.32) |
| <b>A4</b> | (0.50, 0.26, 0.27) | (0.44, 0.32, 0.29) | (0.44, 0.24, 0.25) | (0.33, 0.33, 0.30) | (0.33, 0.39, 0.32) | (0.33, 0.37, 0.32) |
| <b>A5</b> | (0.53, 0.22, 0.24) | (0.48, 0.27, 0.25) | (0.42, 0.27, 0.25) | (0.32, 0.34, 0.30) | (0.34, 0.36, 0.30) | (0.33, 0.37, 0.32) |
| <b>A6</b> | (0.55, 0.19, 0.23) | (0.48, 0.27, 0.25) | (0.42, 0.27, 0.25) | (0.32, 0.34, 0.30) | (0.34, 0.36, 0.30) | (0.33, 0.37, 0.32) |

**Tablo 6-9: SWAM Operatörü İçin Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris (devamı)**

|            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>A7</b>  | (0.54, 0.20, 0.25) | (0.50, 0.24, 0.26) | (0.37, 0.35, 0.30) | (0.28, 0.42, 0.35) | (0.30, 0.44, 0.35) | (0.28, 0.44, 0.37) |
| <b>A8</b>  | (0.55, 0.19, 0.23) | (0.52, 0.21, 0.23) | (0.42, 0.27, 0.25) | (0.32, 0.34, 0.30) | (0.34, 0.36, 0.30) | (0.31, 0.39, 0.33) |
| <b>A9</b>  | (0.54, 0.20, 0.26) | (0.49, 0.24, 0.28) | (0.28, 0.47, 0.38) | (0.23, 0.45, 0.42) | (0.25, 0.47, 0.42) | (0.25, 0.47, 0.41) |
| <b>A10</b> | (0.54, 0.20, 0.26) | (0.49, 0.24, 0.28) | (0.26, 0.47, 0.41) | (0.22, 0.45, 0.45) | (0.23, 0.47, 0.45) | (0.22, 0.47, 0.45) |
| <b>A11</b> | (0.53, 0.22, 0.24) | (0.49, 0.27, 0.25) | (0.25, 0.49, 0.39) | (0.22, 0.45, 0.45) | (0.25, 0.47, 0.42) | (0.22, 0.47, 0.45) |
|            | <b>C7</b>          | <b>C8</b>          | <b>C9</b>          | <b>C10</b>         | <b>C11</b>         |                    |
| <b>A1</b>  | (0.31, 0.40, 0.31) | (0.25, 0.48, 0.37) | (0.24, 0.50, 0.37) | (0.58, 0.20, 0.23) | (0.60, 0.18, 0.12) |                    |
| <b>A2</b>  | (0.27, 0.46, 0.33) | (0.23, 0.48, 0.41) | (0.22, 0.50, 0.41) | (0.59, 0.18, 0.21) | (0.59, 0.20, 0.14) |                    |
| <b>A3</b>  | (0.28, 0.44, 0.32) | (0.25, 0.48, 0.37) | (0.20, 0.52, 0.43) | (0.59, 0.18, 0.21) | (0.59, 0.20, 0.14) |                    |
| <b>A4</b>  | (0.28, 0.44, 0.32) | (0.25, 0.48, 0.37) | (0.20, 0.52, 0.43) | (0.59, 0.18, 0.21) | (0.60, 0.18, 0.12) |                    |
| <b>A5</b>  | (0.27, 0.46, 0.33) | (0.27, 0.46, 0.35) | (0.24, 0.47, 0.39) | (0.58, 0.20, 0.23) | (0.59, 0.20, 0.14) |                    |
| <b>A6</b>  | (0.29, 0.43, 0.32) | (0.25, 0.48, 0.37) | (0.22, 0.50, 0.41) | (0.58, 0.20, 0.23) | (0.63, 0.15, 0.11) |                    |
| <b>A7</b>  | (0.25, 0.48, 0.35) | (0.23, 0.51, 0.38) | (0.20, 0.52, 0.43) | (0.59, 0.18, 0.21) | (0.61, 0.17, 0.13) |                    |
| <b>A8</b>  | (0.26, 0.48, 0.35) | (0.23, 0.51, 0.38) | (0.22, 0.50, 0.41) | (0.56, 0.23, 0.24) | (0.63, 0.15, 0.11) |                    |
| <b>A9</b>  | (0.21, 0.53, 0.40) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.58, 0.20, 0.23) | (0.61, 0.18, 0.15) |                    |
| <b>A10</b> | (0.20, 0.53, 0.42) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.58, 0.20, 0.23) | (0.61, 0.18, 0.15) |                    |
| <b>A11</b> | (0.19, 0.53, 0.44) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.58, 0.20, 0.23) | (0.61, 0.18, 0.15) |                    |

**Tablo 6-10: SWGM Operatörü İçin Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris**

|            | C1                 | C2                 | C3                 | C4                 | C5                 | C6                 |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>A1</b>  | (0.51, 0.25, 0.25) | (0.48, 0.28, 0.25) | (0.46, 0.22, 0.23) | (0.33, 0.32, 0.29) | (0.39, 0.31, 0.29) | (0.36, 0.34, 0.31) |
| <b>A2</b>  | (0.51, 0.25, 0.25) | (0.48, 0.28, 0.25) | (0.42, 0.27, 0.25) | (0.30, 0.38, 0.33) | (0.31, 0.43, 0.38) | (0.34, 0.35, 0.31) |
| <b>A3</b>  | (0.46, 0.32, 0.30) | (0.43, 0.34, 0.30) | (0.42, 0.30, 0.28) | (0.30, 0.38, 0.33) | (0.33, 0.39, 0.34) | (0.33, 0.37, 0.32) |
| <b>A4</b>  | (0.46, 0.32, 0.30) | (0.43, 0.34, 0.30) | (0.42, 0.30, 0.28) | (0.32, 0.35, 0.32) | (0.33, 0.39, 0.34) | (0.33, 0.37, 0.32) |
| <b>A5</b>  | (0.51, 0.25, 0.25) | (0.48, 0.28, 0.25) | (0.42, 0.27, 0.25) | (0.32, 0.34, 0.30) | (0.34, 0.37, 0.33) | (0.33, 0.37, 0.32) |
| <b>A6</b>  | (0.53, 0.23, 0.25) | (0.48, 0.28, 0.25) | (0.42, 0.27, 0.25) | (0.32, 0.34, 0.30) | (0.34, 0.37, 0.33) | (0.33, 0.37, 0.32) |
| <b>A7</b>  | (0.51, 0.28, 0.28) | (0.47, 0.30, 0.28) | (0.37, 0.36, 0.31) | (0.27, 0.42, 0.36) | (0.29, 0.44, 0.39) | (0.28, 0.45, 0.37) |
| <b>A8</b>  | (0.53, 0.23, 0.25) | (0.52, 0.22, 0.23) | (0.42, 0.27, 0.25) | (0.32, 0.34, 0.30) | (0.34, 0.37, 0.33) | (0.31, 0.39, 0.33) |
| <b>A9</b>  | (0.48, 0.28, 0.32) | (0.44, 0.30, 0.33) | (0.27, 0.50, 0.37) | (0.23, 0.45, 0.43) | (0.25, 0.47, 0.42) | (0.25, 0.47, 0.41) |
| <b>A10</b> | (0.48, 0.28, 0.32) | (0.44, 0.30, 0.33) | (0.26, 0.50, 0.40) | (0.22, 0.45, 0.45) | (0.23, 0.47, 0.45) | (0.22, 0.47, 0.45) |
| <b>A11</b> | (0.44, 0.40, 0.29) | (0.41, 0.41, 0.29) | (0.23, 0.55, 0.37) | (0.22, 0.45, 0.45) | (0.25, 0.47, 0.42) | (0.22, 0.47, 0.45) |

**Tablo 6-10:** SWGM Operatörü İçin Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris (devamı)

|            | <b>C7</b>          | <b>C8</b>          | <b>C9</b>          | <b>C10</b>         | <b>C11</b>         |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>A1</b>  | (0.29, 0.44, 0.33) | (0.25, 0.49, 0.37) | (0.24, 0.50, 0.37) | (0.56, 0.24, 0.24) | (0.60, 0.19, 0.13) |
| <b>A2</b>  | (0.26, 0.47, 0.34) | (0.22, 0.49, 0.42) | (0.21, 0.50, 0.42) | (0.59, 0.20, 0.22) | (0.57, 0.23, 0.16) |
| <b>A3</b>  | (0.27, 0.46, 0.33) | (0.25, 0.49, 0.37) | (0.20, 0.52, 0.43) | (0.59, 0.20, 0.22) | (0.57, 0.23, 0.16) |
| <b>A4</b>  | (0.27, 0.46, 0.33) | (0.25, 0.49, 0.37) | (0.20, 0.52, 0.43) | (0.59, 0.20, 0.22) | (0.60, 0.19, 0.13) |
| <b>A5</b>  | (0.26, 0.47, 0.34) | (0.26, 0.48, 0.36) | (0.22, 0.49, 0.42) | (0.56, 0.24, 0.24) | (0.57, 0.23, 0.16) |
| <b>A6</b>  | (0.27, 0.47, 0.34) | (0.25, 0.49, 0.37) | (0.21, 0.50, 0.42) | (0.56, 0.24, 0.24) | (0.62, 0.16, 0.11) |
| <b>A7</b>  | (0.25, 0.49, 0.35) | (0.23, 0.51, 0.38) | (0.20, 0.52, 0.43) | (0.59, 0.20, 0.22) | (0.59, 0.21, 0.15) |
| <b>A8</b>  | (0.25, 0.50, 0.36) | (0.23, 0.51, 0.38) | (0.21, 0.50, 0.42) | (0.54, 0.27, 0.26) | (0.62, 0.16, 0.11) |
| <b>A9</b>  | (0.21, 0.53, 0.40) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.56, 0.24, 0.24) | (0.56, 0.26, 0.21) |
| <b>A10</b> | (0.20, 0.53, 0.42) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.56, 0.24, 0.24) | (0.56, 0.26, 0.21) |
| <b>A11</b> | (0.19, 0.53, 0.44) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.56, 0.24, 0.24) | (0.56, 0.26, 0.21) |

5. *Ağırlıklı matrislerin durulaştırılması ve SF-PIS ve SF-NIS noktalarının belirlenmesi:*

Ağırlıklı matrisler [Eşitlik 38](#) ile verilen skor fonksiyonu ile durulaştırılmış ve SWAM için Tablo 6-11 ile ve SWGM operatörü için Tablo 6-13 ile verilmiştir. SF-PIS ve SF-NIS noktaları ise kriterlerin maliyet veya fayda olması durumuna göre belirlenmiştir. Kriterlerin bu durumu Tablo 6-12 ve 6-14 ile her iki operatör için ifade edilmektedir. Ortalamalar için ayrı ayrı hesaplanmış duru değerlerin bulunduğu tablolarda, yeşil hücreler ile belirtilen PIS noktaları [Eşitlik 45](#) ile hesaplanmıştır. Benzer şekilde pembe renkli hücreler olan NIS noktaları ise [Eşitlik 46](#) yardımıyla hesaplanmıştır. Durulaştırılmış bu değerlere karşılık gelen SF-PIS ve SF-NIS değerler ise Tablo 6-9 ile ve 6-10 ile bir önceki adımda verilen ağırlıklı birleştirilmiş matrisin ilgili sütunundan okunmaktadır. Örneğin; Tablo 6-11’de C1 (nüfus) için belirlenen SF-PIS değeri Tablo 6-9 ile verilen ağırlıklı matristeki Gaziantep Havalimanı’nın (A8) nüfus (C1) kriteri için hesaplanmış değerine karşılık gelmektedir. Benzer şekilde SF-NIS değeri ise Muğla Dalaman Havalimanı’nın (A3) C1 için hesaplanan ağırlıklı bulanık değerine karşılık gelmektedir.

**Tablo 6-11:** SWAM Operatörüne Bağlı Skor Fonksiyonu ile Durulaştırma

| Alternatifler | C1    | C2    | C3    | C4     | C5     | C6     | C7     | C8     | C9    | C10   | C11   |
|---------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| A1            | 0,081 | 0,053 | 0,058 | 0,002  | 0,013  | 0,004  | -0,009 | 0,000  | 0,001 | 0,104 | 0,203 |
| A2            | 0,081 | 0,053 | 0,025 | -0,001 | -0,004 | 0,000  | -0,011 | 0,027  | 0,029 | 0,142 | 0,194 |
| A3            | 0,051 | 0,024 | 0,037 | -0,001 | -0,005 | -0,002 | -0,012 | 0,000  | 0,043 | 0,142 | 0,194 |
| A4            | 0,051 | 0,024 | 0,037 | 0,000  | -0,005 | -0,002 | -0,012 | 0,000  | 0,043 | 0,142 | 0,229 |
| A5            | 0,081 | 0,053 | 0,032 | 0,000  | -0,002 | -0,002 | -0,011 | -0,003 | 0,018 | 0,122 | 0,194 |
| A6            | 0,099 | 0,053 | 0,032 | 0,000  | -0,002 | -0,002 | -0,010 | 0,000  | 0,029 | 0,122 | 0,268 |
| A7            | 0,086 | 0,060 | 0,009 | 0,002  | -0,004 | 0,009  | -0,010 | 0,006  | 0,043 | 0,142 | 0,236 |
| A8            | 0,099 | 0,087 | 0,032 | -0,001 | -0,002 | -0,003 | -0,008 | 0,006  | 0,029 | 0,101 | 0,268 |
| A9            | 0,071 | 0,046 | 0,000 | 0,035  | 0,027  | 0,019  | 0,019  | 0,061  | 0,064 | 0,122 | 0,205 |
| A10           | 0,071 | 0,046 | 0,018 | 0,053  | 0,045  | 0,053  | 0,038  | 0,061  | 0,064 | 0,122 | 0,205 |
| A11           | 0,071 | 0,056 | 0,011 | 0,053  | 0,045  | 0,053  | 0,038  | 0,061  | 0,064 | 0,122 | 0,205 |

**Tablo 6-12:** SWAM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS Noktaları

|        | C1<br>(Fayda)      | C2<br>(Fayda)      | C3<br>(Maliyet)    | C4<br>(Maliyet)    | C5<br>(Fayda)      | C6<br>(Fayda)      |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SF-PIS | (0.55, 0.19, 0.23) | (0.52, 0.21, 0.23) | (0.28, 0.47, 0.38) | (0.31, 0.36, 0.32) | (0.23, 0.47, 0.45) | (0.22, 0.47, 0.45) |
| SF-NIS | (0.50, 0.26, 0.27) | (0.44, 0.32, 0.29) | (0.46, 0.21, 0.22) | (0.22, 0.45, 0.45) | (0.33, 0.39, 0.32) | (0.31, 0.39, 0.33) |

|        | C7<br>(Fayda)      | C8<br>(Maliyet)    | C9<br>(Fayda)      | C10<br>(Maliyet)   | C11<br>(Maliyet)   |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SF-PIS | (0.20, 0.53, 0.42) | (0.27, 0.46, 0.35) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.56, 0.23, 0.24) | (0.59, 0.20, 0.14) |
| SF-NIS | (0.28, 0.44, 0.32) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.24, 0.50, 0.37) | (0.59, 0.18, 0.21) | (0.63, 0.15, 0.11) |

**Tablo 6-13:** SWGM Operatörüne Bağlı Skor Fonksiyonu ile Durulaştırma

| Alternatifler | C1    | C2    | C3     | C4     | C5     | C6     | C7     | C8     | C9    | C10   | C11   |
|---------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| A1            | 0,068 | 0,049 | 0,054  | 0,001  | 0,009  | 0,001  | -0,011 | 0,001  | 0,002 | 0,082 | 0,188 |
| A2            | 0,068 | 0,049 | 0,024  | -0,002 | 0,003  | -0,001 | -0,011 | 0,036  | 0,038 | 0,135 | 0,162 |
| A3            | 0,027 | 0,016 | 0,019  | -0,002 | -0,002 | -0,003 | -0,012 | 0,001  | 0,045 | 0,135 | 0,162 |
| A4            | 0,027 | 0,016 | 0,019  | -0,001 | -0,002 | -0,003 | -0,012 | 0,001  | 0,045 | 0,135 | 0,217 |
| A5            | 0,068 | 0,049 | 0,029  | 0,000  | -0,002 | -0,003 | -0,011 | -0,001 | 0,034 | 0,104 | 0,162 |
| A6            | 0,081 | 0,049 | 0,029  | 0,000  | -0,002 | -0,003 | -0,011 | 0,001  | 0,038 | 0,104 | 0,255 |
| A7            | 0,051 | 0,035 | 0,009  | 0,002  | 0,005  | 0,011  | -0,009 | 0,006  | 0,045 | 0,135 | 0,191 |
| A8            | 0,081 | 0,083 | 0,029  | -0,001 | -0,002 | -0,003 | -0,006 | 0,006  | 0,038 | 0,078 | 0,255 |
| A9            | 0,020 | 0,013 | -0,004 | 0,037  | 0,029  | 0,021  | 0,021  | 0,061  | 0,064 | 0,104 | 0,123 |
| A10           | 0,020 | 0,013 | 0,012  | 0,053  | 0,045  | 0,053  | 0,040  | 0,061  | 0,064 | 0,104 | 0,123 |
| A11           | 0,020 | 0,000 | -0,014 | 0,053  | 0,045  | 0,053  | 0,040  | 0,061  | 0,064 | 0,104 | 0,123 |

**Tablo 6-14:** SWGM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS Noktaları

|        | C1<br>(Fayda)      | C2<br>(Fayda)      | C3<br>(Maliyet)    | C4<br>(Maliyet)    | C5<br>(Fayda)      | C6<br>(Fayda)      |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SF-PIS | (0.53, 0.23, 0.25) | (0.52, 0.22, 0.23) | (0.27, 0.50, 0.37) | (0.30, 0.38, 0.33) | (0.23, 0.47, 0.45) | (0.22, 0.47, 0.45) |
| SF-NIS | (0.48, 0.28, 0.32) | (0.41, 0.41, 0.29) | (0.46, 0.22, 0.23) | (0.22, 0.45, 0.45) | (0.33, 0.39, 0.34) | (0.31, 0.39, 0.33) |
|        | C7<br>(Fayda)      | C8<br>(Maliyet)    | C9<br>(Fayda)      | C10<br>(Maliyet)   | C11<br>(Maliyet)   |                    |
| SF-PIS | (0.20, 0.53, 0.42) | (0.26, 0.48, 0.36) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.54, 0.27, 0.26) | (0.56, 0.26, 0.21) |                    |
| SF-NIS | (0.27, 0.46, 0.33) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.24, 0.50, 0.37) | (0.59, 0.20, 0.22) | (0.62, 0.16, 0.11) |                    |

6. *SF-PIS ve SF-NIS ile olan uzaklıkların ve SF-NIS ile olan maksimum mesafe ve SF-PIS ile olan minimum mesafenin ölçülmesi:* [Eşitlik 47](#) kullanılarak SF-PIS ile olan mesafe ölçülmüştür. Hesaplanan bu değerlerden en küçüğü olan SF-PIS ile minimum mesafe ( $D_{\min}(X_i, X^+)$ ) ise [Eşitlik 49](#) yardımıyla hesaplanmıştır. Benzer şekilde SF-NIS ile olan uzaklık [Eşitlik 48](#) yardımıyla hesaplanmış ve bu değerlerin en büyüğü olan SF-NIS ile maksimum mesafe ( $D_{\max}(X_i, X^-)$ ) ise [Eşitlik 50](#) kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 6-15 ve Tablo 6-16 ile verilmektedir.

**Tablo 6-15:** SWAM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS ile Olan Uzaklıklar

|                      | $D(X_i, X^+)$ | $D(X_i, X^-)$ |
|----------------------|---------------|---------------|
| A1                   | 0,123         | 0,070         |
| A2                   | 0,092         | 0,054         |
| A3                   | 0,101         | 0,051         |
| A4                   | 0,102         | 0,055         |
| A5                   | 0,095         | 0,060         |
| A6                   | 0,097         | 0,058         |
| A7                   | 0,065         | 0,059         |
| A8                   | 0,090         | 0,066         |
| A9                   | 0,050         | 0,097         |
| A10                  | 0,052         | 0,107         |
| A11                  | 0,053         | 0,109         |
| $D_{\min}(X_i, X^+)$ | 0,050         |               |
| $D_{\max}(X_i, X^-)$ |               | 0,109         |

**Tablo 6-16:** SWGM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS ile Olan Uzaklıklar

|                     | $D(X_i, X^+)$ | $D(X_i, X^-)$ |
|---------------------|---------------|---------------|
| <b>A1</b>           | 0,119         | 0,075         |
| <b>A2</b>           | 0,091         | 0,062         |
| <b>A3</b>           | 0,096         | 0,057         |
| <b>A4</b>           | 0,099         | 0,057         |
| <b>A5</b>           | 0,092         | 0,068         |
| <b>A6</b>           | 0,097         | 0,065         |
| <b>A7</b>           | 0,072         | 0,061         |
| <b>A8</b>           | 0,092         | 0,077         |
| <b>A9</b>           | 0,057         | 0,102         |
| <b>A10</b>          | 0,058         | 0,110         |
| <b>A11</b>          | 0,070         | 0,113         |
| $D_{min}(X_i, X^+)$ | 0,057         |               |
| $D_{max}(X_i, X^-)$ |               | 0,113         |

7. *Alternatiflerin göreceli yakınlıklarının/yakınlık katsayılarının hesaplanması ve sıralanması:*  
 Bu aşama ile havalimanı alternatifleri arasında nihai sıralamayı sağlamak amacıyla [Eşitlik 51](#) kullanılmıştır. Hesaplama sonrası elde edilen değerlerden en büyüğüne sahip olan alternatif, en iyi tercih alternatifi olarak belirlenmiştir. Söz konusu sıralamalar Tablo 6-17 ve 6-18 ile her iki operatör için de aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

**Tablo 6-17:** Alternatiflerin SWAM Operatörüne Bağlı Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması

| Havalimanı Alternatifleri                   | Yakınlık Katsayıları | Sıralama |
|---------------------------------------------|----------------------|----------|
| Antalya Havalimanı ( <b>A1</b> )            | 1,84                 | 1        |
| Gazipaşa Alanya Havalimanı ( <b>A2</b> )    | 1,35                 | 5        |
| Muğla Dalaman Havalimanı ( <b>A3</b> )      | 1,56                 | 2        |
| Muğla Milas-Bodrum Havalimanı ( <b>A4</b> ) | 1,53                 | 3        |
| Adana Havalimanı ( <b>A5</b> )              | 1,35                 | 6        |
| Trabzon Havalimanı ( <b>A6</b> )            | 1,42                 | 4        |
| Erzurum Havalimanı ( <b>A7</b> )            | 0,76                 | 8        |
| Gaziantep Havalimanı ( <b>A8</b> )          | 1,20                 | 7        |
| Van Ferit Melen Havalimanı ( <b>A9</b> )    | 0,11                 | 9        |
| Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı ( <b>A10</b> ) | 0,07                 | 10       |
| Amasya Merzifon Havalimanı ( <b>A11</b> )   | 0,06                 | 11       |

**Tablo 6-18:** Alternatiflerin SWGM Operatörüne Bağlı Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması

| Havalimanı Alternatifleri                   | Yakınlık Katsayıları | Sıralama |
|---------------------------------------------|----------------------|----------|
| Antalya Havalimanı ( <b>A1</b> )            | 1,44                 | 1        |
| Gazipaşa Alanya Havalimanı ( <b>A2</b> )    | 1,04                 | 5        |
| Muğla Dalaman Havalimanı ( <b>A3</b> )      | 1,19                 | 3        |
| Muğla Milas-Bodrum Havalimanı ( <b>A4</b> ) | 1,23                 | 2        |
| Adana Havalimanı ( <b>A5</b> )              | 1,02                 | 6        |
| Trabzon Havalimanı ( <b>A6</b> )            | 1,13                 | 4        |
| Erzurum Havalimanı ( <b>A7</b> )            | 0,72                 | 8        |
| Gaziantep Havalimanı ( <b>A8</b> )          | 0,93                 | 7        |

**Tablo 6-18:** Alternatiflerin SWGM Operatörüne Bağlı Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması (devamı)

|                                    |      |    |
|------------------------------------|------|----|
| Van Ferit Melen Havalimanı (A9)    | 0,10 | 10 |
| Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı (A10) | 0,06 | 11 |
| Amasya Merzifon Havalimanı (A11)   | 0,23 | 9  |

### 6.1.2 Küresel Bulanık AHP-CODAS

ÇKKV yöntemlerinin uzaklığa dayalı hesaplama yapan yöntemlerinden olan SF-CODAS yöntemi, bölgesel havacılıkta kullanılabilecek havalimanı seçimi için kullanılan diğer bir yöntem olarak belirlenmiştir. Yönteme katılan karar verici konumundaki uzmanlar, SF-TOPSIS yöntemi ile aynı kişiler olup verilen aynı cevaplar üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Aynı şekilde, kriterlerin birbirine göre değerlendirilerek ağırlıklarının elde edildiği SF AHP-CODAS entegrasyonunda kullanılan cevaplar da SF AHP-TOPSIS yöntemi ile aynı cevaplardan oluşmaktadır. Bu nedenle ilgili tablolar tekrar oluşturulmamıştır. Bu kapsamda uygulanan yöntemin bulguları, aşağıda işlem adımları ile verilmiştir.

1. *Kriter ağırlıklarının SF-AHP yöntemi kullanılarak elde edilmesi:*
  - a) *Tutarlılık analizinin yapılması:* Karar vericilerden gelen matrisler, [Tablo 5-4](#) ile verilen dilsel değerlere karşılık gelen sayılarla ve [Eşitlik 2](#), [3](#) ve [4](#) yardımıyla tutarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Tutarlılığı sağlanan matrisler, SF AHP-TOPSIS için verilenler cevaplarla aynı olup [Tablo 6-3](#) ile verilmiştir.
  - b) *İkili karşılaştırmalar matrislerinin birleştirilmesi:* Kriterlerin ikili karşılaştırıldığı matrisler birleştirilerek [Tablo 6-4](#) ile verilmiştir.
  - c) *Kriterlere ait ağırlıkların hesaplanması:* Kriterlere ait yerel ve küresel ağırlıklar hesaplanarak [Tablo 6-5](#) ile verilmiştir.
2. *SF- CODAS ile alternatiflerin, kriterler baz alınarak değerlendirilmesi:* Ağırlıkları belirlenen kriterler, alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Bu anlamda uzmanların alternatifleri değerlendirdiği karar matrisleri, [Tablo 6-6](#) ile verilmiştir.
3. *Matrislerin birleştirilmesi:* Uzmanlardan gelen cevaplar, [Eşitlik 36](#) ile verilen SWAM operatörü kullanılarak birleştirilmiş ve [Tablo 6-7](#) ile verilmiştir. Aralarındaki sıralama farkını belirlemek amacıyla, ayrıca matrisler [Eşitlik 37](#) ile verilen SWGM operatörü ile de birleştirilmiş ve [Tablo 6-8](#) ile verilmiştir.
4. *Ağırlıklı birleştirilmiş matrislerin elde edilmesi:* Birleştirilmiş matrisler [Eşitlik 33](#) yardımıyla [Tablo 6-5](#) ile verilen küresel bulanık kriter ağırlıkları ile çarpılarak

ağırlıklandırılmış ve SWAM operatörü için [Tablo 6-9](#) ile ve SWGM operatörü için ise [Tablo 6-10](#) ile verilmiştir.

5. *Ağırlıklı matrislerin berraklaştırılması (durulaştırılması) ve SF-NIS noktasının belirlenmesi:* Ağırlıklı birleştirilmiş matrisler, [Eşitlik 52](#) ile verilen skor fonksiyonu kullanılarak durulaştırılmıştır. Pembe renkle ifade edilen değerler, SF-NIS değerleri olup [Eşitlik 46](#) ile hesaplanmıştır. Bu değerlere karşılık gelen küresel değerler, SWAM için [Tablo 6-9](#) ile ve SWGM için ise [Tablo 6-10](#) ile verilen ağırlıklı matristeki ilgili değerlerdir. Bu anlamda Tablo 6-19 ile aşağıda SWAM için durulaştırılmış matris verilirken Tablo 6-20 ile bu değerlere karşılık gelen SF-NIS noktaları verilmiştir. Benzer şekilde Tablo 6-21 ile aşağıda SWGM için durulaştırılmış matris verilirken Tablo 6-22 ile bu değerlere karşılık gelen SF-NIS noktaları verilmiştir.

**Tablo 6-19: SWAM Operatörüne Bağlı Durulaştırılmış Matris**

| Alternatifler | C1    | C2    | C3     | C4     | C5     | C6     | C7     | C8     | C9     | C10   | C11   |
|---------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| A1            | 0,861 | 0,677 | 0,655  | 0,249  | 0,390  | 0,309  | 0,164  | 0,008  | -0,012 | 1,075 | 1,297 |
| A2            | 0,861 | 0,677 | 0,508  | 0,175  | 0,167  | 0,249  | 0,047  | -0,015 | -0,032 | 1,155 | 1,199 |
| A3            | 0,728 | 0,524 | 0,564  | 0,175  | 0,189  | 0,206  | 0,080  | 0,008  | -0,059 | 1,155 | 1,199 |
| A4            | 0,728 | 0,524 | 0,564  | 0,220  | 0,189  | 0,206  | 0,080  | 0,008  | -0,059 | 1,155 | 1,297 |
| A5            | 0,861 | 0,677 | 0,508  | 0,207  | 0,242  | 0,206  | 0,047  | 0,052  | 0,006  | 1,075 | 1,199 |
| A6            | 0,965 | 0,677 | 0,508  | 0,207  | 0,242  | 0,206  | 0,102  | 0,008  | -0,032 | 1,075 | 1,427 |
| A7            | 0,921 | 0,749 | 0,303  | 0,085  | 0,106  | 0,083  | 0,010  | -0,024 | -0,059 | 1,155 | 1,345 |
| A8            | 0,965 | 0,862 | 0,508  | 0,207  | 0,242  | 0,159  | 0,022  | -0,024 | -0,032 | 0,986 | 1,427 |
| A9            | 0,884 | 0,709 | 0,060  | 0,010  | 0,018  | 0,023  | -0,057 | -0,053 | -0,066 | 1,075 | 1,277 |
| A10           | 0,884 | 0,709 | 0,027  | -0,005 | -0,001 | -0,010 | -0,064 | -0,053 | -0,066 | 1,075 | 1,277 |
| A11           | 0,883 | 0,702 | -0,001 | -0,005 | 0,018  | -0,010 | -0,071 | -0,053 | -0,066 | 1,075 | 1,277 |

**Tablo 6-20: SWAM Operatörüne Bağlı SF-NIS Noktaları**

|        | C1                 | C2                 | C3                 | C4                 | C5                 | C6                 |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SF-NIS | (0.50, 0.26, 0.27) | (0.44, 0.32, 0.29) | (0.25, 0.49, 0.39) | (0.22, 0.45, 0.45) | (0.23, 0.47, 0.45) | (0.22, 0.47, 0.45) |
|        |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|        | C7                 | C8                 | C9                 | C10                | C11                |                    |
| SF-NIS | (0.19, 0.53, 0.44) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.56, 0.23, 0.24) | (0.59, 0.20, 0.14) |                    |

**Tablo 6-21: SWGM Operatörüne Bağlı Durulaştırılmış Matris**

| Alternatifler | C1    | C2    | C3    | C4    | C5    | C6    | C7    | C8     | C9     | C10   | C11   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| A1            | 0,789 | 0,658 | 0,633 | 0,240 | 0,368 | 0,275 | 0,101 | 0,003  | -0,018 | 0,988 | 1,256 |
| A2            | 0,789 | 0,658 | 0,492 | 0,149 | 0,125 | 0,239 | 0,028 | -0,026 | -0,042 | 1,120 | 1,097 |
| A3            | 0,579 | 0,475 | 0,454 | 0,149 | 0,184 | 0,197 | 0,055 | 0,003  | -0,060 | 1,120 | 1,097 |
| A4            | 0,579 | 0,475 | 0,454 | 0,186 | 0,184 | 0,197 | 0,055 | 0,003  | -0,060 | 1,120 | 1,256 |

**Tablo 6-21:** SWGM Operatörüne Bağlı Durulaştırılmış Matris (devamı)

|     |       |       |        |        |        |        |        |        |        |       |       |
|-----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| A5  | 0,789 | 0,658 | 0,492  | 0,198  | 0,224  | 0,197  | 0,028  | 0,026  | -0,026 | 0,988 | 1,097 |
| A6  | 0,873 | 0,658 | 0,492  | 0,198  | 0,224  | 0,197  | 0,048  | 0,003  | -0,042 | 0,988 | 1,387 |
| A7  | 0,738 | 0,613 | 0,292  | 0,078  | 0,093  | 0,076  | 0,004  | -0,024 | -0,060 | 1,120 | 1,211 |
| A8  | 0,873 | 0,835 | 0,492  | 0,198  | 0,224  | 0,159  | -0,002 | -0,024 | -0,042 | 0,869 | 1,387 |
| A9  | 0,607 | 0,502 | 0,032  | 0,007  | 0,015  | 0,020  | -0,058 | -0,053 | -0,066 | 0,988 | 1,018 |
| A10 | 0,607 | 0,502 | 0,010  | -0,005 | -0,001 | -0,010 | -0,066 | -0,053 | -0,066 | 0,988 | 1,018 |
| A11 | 0,482 | 0,387 | -0,054 | -0,005 | 0,015  | -0,010 | -0,071 | -0,053 | -0,066 | 0,988 | 1,018 |

**Tablo 6-22:** SWGM Operatörüne Bağlı SF-NIS Noktaları

|        | C1                 | C2                 | C3                 | C4                 | C5                 | C6                 |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SF-NIS | (0.44, 0.40, 0.29) | (0.41, 0.41, 0.29) | (0.23, 0.55, 0.37) | (0.22, 0.45, 0.45) | (0.23, 0.47, 0.45) | (0.22, 0.47, 0.45) |
|        | C7                 | C8                 | C9                 | C10                | C11                |                    |
| SF-NIS | (0.19, 0.53, 0.44) | (0.20, 0.51, 0.45) | (0.19, 0.52, 0.45) | (0.54, 0.27, 0.26) | (0.56, 0.26, 0.21) |                    |

6. *Alternatiflerin SF-NIS ile olan uzaklıklarının hesaplanması:*  
 Alternatiflerin SF-NIS ile olan Öklid mesafesi [Eşitlik 48](#) ile hesaplanmıştır. Küresel mesafe ise [Eşitlik 53](#) ile hesaplanmıştır. Sonuçlar SWAM için Tablo 6-23, SWGM operatörü için ise Tablo 6-24 ile aşağıda verilmiştir.

**Tablo 6-23:** SWAM Operatörüne Bağlı Alternatiflerin SF-NIS ile Olan Öklid ve Küresel Uzaklıkları

|     | E <sub>i</sub> (Öklid) | S <sub>i</sub> (Küresel) |
|-----|------------------------|--------------------------|
| A1  | 0,142                  | 0,744                    |
| A2  | 0,108                  | 0,732                    |
| A3  | 0,111                  | 0,732                    |
| A4  | 0,114                  | 0,733                    |
| A5  | 0,115                  | 0,738                    |
| A6  | 0,117                  | 0,736                    |
| A7  | 0,076                  | 0,719                    |
| A8  | 0,113                  | 0,732                    |
| A9  | 0,033                  | 0,704                    |
| A10 | 0,027                  | 0,701                    |
| A11 | 0,024                  | 0,701                    |

**Tablo 6-24:** SWGM Operatörüne Bağlı Alternatiflerin SF-NIS ile Olan Öklid ve Küresel Uzaklıkları

|    | E <sub>i</sub> (Öklid) | S <sub>i</sub> (Küresel) |
|----|------------------------|--------------------------|
| A1 | 0,147                  | 0,739                    |
| A2 | 0,116                  | 0,726                    |

**Tablo 6-24:** SWGM Operatörüne Bağlı Alternatiflerin SF-NIS ile Olan Öklid ve Küresel Uzaklıkları (devamı)

|            |       |       |
|------------|-------|-------|
| <b>A3</b>  | 0,107 | 0,724 |
| <b>A4</b>  | 0,111 | 0,725 |
| <b>A5</b>  | 0,122 | 0,731 |
| <b>A6</b>  | 0,127 | 0,731 |
| <b>A7</b>  | 0,085 | 0,713 |
| <b>A8</b>  | 0,128 | 0,729 |
| <b>A9</b>  | 0,045 | 0,699 |
| <b>A10</b> | 0,042 | 0,696 |
| <b>A11</b> | 0,011 | 0,693 |

7. *Görelî değerlendirme matrisi (RA) oluşturma:* Bu aşamada alternatifler Öklid mesafesi ve küresel mesafeleri kullanılarak birbirine göre değerlendirilmiş ve bu işlem için [Eşitlik 54](#) kullanılmıştır. Uygulamada eşik parametre olan  $\alpha=0,02$  olarak belirlenmiştir.

**Tablo 6-25:** SWAM Operatörüne Bağlı Görelî Değerlendirme Matrisi

|            | <b>A1</b> | <b>A2</b> | <b>A3</b> | <b>A4</b> | <b>A5</b> | <b>A6</b> | <b>A7</b> | <b>A8</b> | <b>A9</b> | <b>A10</b> | <b>A11</b> |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| <b>A1</b>  | 0,000     | 0,034     | 0,030     | 0,028     | 0,026     | 0,025     | 0,066     | 0,028     | 0,108     | 0,114      | 0,118      |
| <b>A2</b>  | -0,034    | 0,000     | -0,003    | -0,006    | -0,007    | -0,009    | 0,032     | -0,006    | 0,074     | 0,080      | 0,084      |
| <b>A3</b>  | -0,030    | 0,003     | 0,000     | -0,003    | -0,004    | -0,006    | 0,035     | -0,002    | 0,078     | 0,084      | 0,087      |
| <b>A4</b>  | -0,028    | 0,006     | 0,003     | 0,000     | -0,001    | -0,003    | 0,038     | 0,001     | 0,081     | 0,087      | 0,090      |
| <b>A5</b>  | -0,026    | 0,007     | 0,004     | 0,001     | 0,000     | -0,002    | 0,039     | 0,002     | 0,082     | 0,088      | 0,092      |
| <b>A6</b>  | -0,025    | 0,009     | 0,006     | 0,003     | 0,002     | 0,000     | 0,041     | 0,004     | 0,084     | 0,090      | 0,093      |
| <b>A7</b>  | -0,066    | -0,032    | -0,035    | -0,038    | -0,039    | -0,041    | 0,000     | -0,038    | 0,042     | 0,048      | 0,052      |
| <b>A8</b>  | -0,028    | 0,006     | 0,002     | -0,001    | -0,002    | -0,004    | 0,038     | 0,000     | 0,080     | 0,086      | 0,090      |
| <b>A9</b>  | -0,108    | -0,074    | -0,078    | -0,081    | -0,082    | -0,084    | -0,042    | -0,080    | 0,000     | 0,006      | 0,010      |
| <b>A10</b> | -0,114    | -0,080    | -0,084    | -0,087    | -0,088    | -0,090    | -0,048    | -0,086    | -0,006    | 0,000      | 0,004      |
| <b>A11</b> | -0,118    | -0,084    | -0,087    | -0,090    | -0,092    | -0,093    | -0,052    | -0,090    | -0,010    | 0,004      | 0,000      |

**Tablo 6-26:** SWGM Operatörüne Bağlı Görelî Değerlendirme Matrisi

|           | <b>A1</b> | <b>A2</b> | <b>A3</b> | <b>A4</b> | <b>A5</b> | <b>A6</b> | <b>A7</b> | <b>A8</b> | <b>A9</b> | <b>A10</b> | <b>A11</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| <b>A1</b> | 0,000     | 0,031     | 0,040     | 0,036     | 0,025     | 0,020     | 0,062     | 0,019     | 0,102     | 0,105      | 0,136      |
| <b>A2</b> | -0,031    | 0,000     | 0,009     | 0,005     | -0,006    | -0,011    | 0,031     | -0,012    | 0,071     | 0,074      | 0,105      |
| <b>A3</b> | -0,040    | -0,009    | 0,000     | -0,004    | -0,015    | -0,020    | 0,022     | -0,021    | 0,062     | 0,065      | 0,096      |
| <b>A4</b> | -0,036    | -0,005    | 0,004     | 0,000     | -0,011    | -0,016    | 0,026     | -0,017    | 0,066     | 0,069      | 0,099      |
| <b>A5</b> | -0,025    | 0,006     | 0,015     | 0,011     | 0,000     | -0,005    | 0,037     | -0,005    | 0,077     | 0,081      | 0,111      |
| <b>A6</b> | -0,020    | 0,011     | 0,020     | 0,016     | 0,005     | 0,000     | 0,042     | -0,001    | 0,082     | 0,085      | 0,116      |
| <b>A7</b> | -0,062    | -0,031    | -0,022    | -0,026    | -0,037    | -0,042    | 0,000     | -0,043    | 0,040     | 0,043      | 0,074      |

**Tablo 6-26:** SWGM Operatörüne Bağlı Görelî Değerlendirme Matrisi (devamı)

|            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| <b>A8</b>  | -0,019 | 0,012  | 0,021  | 0,017  | 0,005  | 0,001  | 0,043  | 0,000  | 0,083  | 0,086  | 0,117 |
| <b>A9</b>  | -0,102 | -0,071 | -0,062 | -0,066 | -0,077 | -0,082 | -0,040 | -0,083 | 0,000  | 0,003  | 0,034 |
| <b>A10</b> | -0,105 | -0,074 | -0,065 | -0,069 | -0,080 | -0,085 | -0,043 | -0,086 | -0,003 | 0,000  | 0,031 |
| <b>A11</b> | -0,136 | -0,105 | -0,096 | -0,099 | -0,111 | -0,116 | -0,074 | -0,117 | -0,034 | -0,031 | 0,000 |

8. *Alternatiflerin değerlendirme skorlarının hesaplanması ve nihai sıralama:* Son adım olan bu aşamada [Eşitlik 56](#) yardımıyla alternatiflerin değerlendirme skorları hesaplanmıştır. Elde edilen skarlardan maksimum değere sahip olan alternatif, tercih edilmesi gereken alternatif olmaktadır.

**Tablo 6-27:** SWAM Operatörüne Bağlı Değerlendirme Puanları ve Sıralama

| <b>Havalimanı Alternatifleri</b>  | <b>Skorlar</b> | <b>Sıralama</b> |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|
| Antalya Havalimanı (A1)           | 0,577          | 1               |
| Gazipaşa Alanya Havalimanı(A2)    | 0,205          | 7               |
| Muğla Dalaman Havalimanı(A3)      | 0,243          | 6               |
| Muğla Milas-Bodrum Havalimanı(A4) | 0,274          | 4               |
| Adana Havalimanı(A5)              | 0,287          | 3               |
| Trabzon Havalimanı(A6)            | 0,307          | 2               |
| Erzurum Havalimanı(A7)            | -0,147         | 8               |
| Gaziantep Havalimanı(A8)          | 0,267          | 5               |
| Van Ferit Melen Havalimanı(A9)    | -0,612         | 9               |
| Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı(A10) | -0,678         | 10              |
| Amasya Merzifon Havalimanı(A11)   | -0,719         | 11              |

**Tablo 6-28:** SWGM Operatörüne Bağlı Değerlendirme Puanları ve Sıralama

| <b>Havalimanı Alternatifleri</b>  | <b>Skorlar</b> | <b>Sıralama</b> |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|
| Antalya Havalimanı (A1)           | 0,575          | 1               |
| Gazipaşa Alanya Havalimanı(A2)    | 0,237          | 5               |
| Muğla Dalaman Havalimanı(A3)      | 0,135          | 7               |
| Muğla Milas-Bodrum Havalimanı(A4) | 0,178          | 6               |
| Adana Havalimanı(A5)              | 0,304          | 4               |
| Trabzon Havalimanı(A6)            | 0,359          | 3               |
| Erzurum Havalimanı(A7)            | -0,106         | 8               |
| Gaziantep Havalimanı(A8)          | 0,364          | 2               |
| Van Ferit Melen Havalimanı(A9)    | -0,546         | 9               |
| Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı(A10) | -0,581         | 10              |
| Amasya Merzifon Havalimanı(A11)   | -0,917         | 11              |

## 6.2 Uçak Seçim Kararı ve Uygulaması

Bölgesel havacılık kapsamında düzenlenebilecek uçuşların değerlendirilmesinde uçuşların hangi havalimanına düzenlenebileceği kararından sonraki aşama, uçuşların hangi tür

uçaklarla gerçekleştirileceği karardır. Bu anlamda, bu uçuşlarda kullanılabilecek uçakların tespiti, küresel ÇKKV yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilecektir.

Bölgesel nitelikli uçuşlar, herhangi bir bölgesel havayolu işletmesinin operasyonları düşünülerek kararlaştırılmıştır. Bu anlamda, uçak seçiminde dikkate alınması gereken kriterler literatür çalışması ile elde edilmiştir.

*Maliyet* ana kriteri başlığı altında, *satın alma maliyeti* ve *koltuk/km maliyeti* tanımlanmıştır. *Satın alma maliyeti*, uçağın ilk satın alımından kaynaklanan maliyeti içeren alt kriterdir. Kriter, uçak seçim çalışmalarında ilk sıralarda dikkate alınan bir maliyet kriteri olarak karşımıza çıkmaktadır [151-152-153-75]. Bir diğer maliyet alt kriteri olan *koltuk/km maliyeti*, uçağın işletimi ile ortaya çıkan ve bir koltuğunun km başına yarattığı yakıt hariç sigorta, uçuş ekibi, bakım gibi maliyetleri ifade etmekte olup uçak seçim çalışmalarında çoğunlukla ele alınmaktadır [79-77].

*Teknik özellikler* ana kriteri altında, uçağın operasyonunda etkili olabilecek 6 alt kriter tanımlanmıştır. Bu alt kriterlerden ilki olan *çevresel etkinlik*, uçağın gürültü/ses seviyesi ile atmosfere yaydığı sera gazı gibi çevresel etkilerini ifade etmektedir. Söz konusu kriter, farklı uçak seçim çalışmalarında gürültü seviyesi, sera gazı/C2O salınımı gibi ayrı ifadelerle ele alınmış ancak bu çalışmada uçağın çevreye olan etkisi genelleştirilerek ifade edilmiştir [75-81]. *Gerekli iniş/kalkış mesafesi*, uçağın yapısal boyutları nedeniyle iniş ve kalkışlarda kullanacağı pist uzunluğunu ifade eden alt kriterdir. Kriter, seçilecek uçağın boyutlarında birtakım kısıtlamalara neden olabileceği için önem arz etmektedir ve bazı çalışmalarda kullanılmaktadır [153]. *Yakıt tüketimi* alt kriteri, uçağın uçuşlarında saatte kullandığı (ton/saat) ortalama yakıt miktarını içermektedir. Yakıt giderlerinin, havayolu işletmeleri açısından oldukça önemli olması nedeniyle kriter, çoğu uçak seçim çalışmalarında dikkate alınmaktadır [81-154]. Bir diğer teknik özellik alt kriteri *maksimum kalkış ağırlığı (Maximum Take-off Weight/MTOW)* uçağın; yakıt, yolcu, bagaj ve kargo gibi toplam yükleriyle birlikte pistten teker kesebileceği en yüksek kütlenin ton cinsinden ifade edildiği gösterge olan bu yapısal ağırlık, uçak seçim çalışmalarında önem arz etmektedir [152-77-154]. *Toplam bagaj hacmi*, uçağın bagajlar için ayrılan maksimum yük kapasitesini ifade eden alt kriterdir. Söz konusu kriter uçak seçim çalışmalarında kullanılmaktadır [79-77]. Son alt kriter olan *koltuk sayısı* ise uçağın yolcular için arz ettiği koltuk sayısını/yolcu kapasitesini ifade etmektedir. Havayolu işletmelerinin düzenlediği operasyonlardan elde ettikleri gelirin taşınan yolcu sayısı ile doğru orantılı olması nedeniyle çalışmalarda önem verilmiş bir göstergedir [152-81].

*Emniyet geçmişi* ana kriteri, uçağın operasyonel güvenilirliğini ifade eden 2 alt kriterle açıklanmaktadır. Bunlardan ilki olan *kaza/kırım sayısı* ile, uçağın operasyonel süresi boyunca

kariştiği kaza/kırım olaylarının sayısı ifade edilmektedir. *Teknik aksaklık* alt kriteri ile uçak modelinin fabrikada ilk üretiminden kaynaklanabilecek ve uçağın söz konusu modelinin yeniden üretimine veya sürdürdüğü uçuşlarda güvenlik açığına neden olabilecek emniyet sorunları kastedilmektedir.

Uçak seçiminde etkili 10 kriter, 3 ana kriter altında tanımlanarak Tablo 6-29 ile aşağıda belirtilmiştir.

**Tablo 6-29:** Uçak Seçiminde Kullanılan Ana Kriterler ve Alt Kriterler

| Ana kriterler         | Alt Kriterler                               |
|-----------------------|---------------------------------------------|
| Maliyet (M)           | Satın Alma Maliyeti ( <b>M1</b> )           |
|                       | Koltuk/km Maliyeti ( <b>M2</b> )            |
| Teknik Özellikler (T) | Çevresel Etkinlik ( <b>T1</b> )             |
|                       | Gerekli İniş/Kalkış Mesafesi ( <b>T2</b> )  |
|                       | Yakıt Tüketimi ( <b>T3</b> )                |
|                       | Maksimum Kalkış Ağırlığı/MTOW ( <b>T4</b> ) |
|                       | Toplam Bagaj Hacmi ( <b>T5</b> )            |
|                       | Koltuk Sayısı ( <b>T6</b> )                 |
| Emniyet Geçmişi (E)   | Kaza/Kırım Sayısı ( <b>E1</b> )             |
|                       | Teknik Aksaklık ( <b>E2</b> )               |

Çalışmada kullanılan uçak alternatifleri, bölgesel hava taşımacılığı yapan büyük havayolu işletmelerinin filo bilgisi incelenerek elde edilmiş olup alternatifler Türkiye’de kullanılabilmesi göz önüne alınarak Tablo 6-30’daki gibi saptanmıştır.

**Tablo 6-30:** Araştırmada Kullanılan Uçak Alternatifleri

| Bölgesel Havacılıkta Kullanılabilecek Jet Motorlu Uçak Alternatifleri |
|-----------------------------------------------------------------------|
| Embraer ERJ-135                                                       |
| Embraer ERJ-145                                                       |
| Embraer ERJ-170                                                       |
| Embraer ERJ-175                                                       |
| Embraer ERJ-190                                                       |
| Embraer ERJ-195                                                       |
| Bombardier CRJ-100/200                                                |
| Bombardier CRJ-900                                                    |
| Bombardier CRJ -700                                                   |

Çalışmada kullanılmak üzere seçilen uçak alternatifleri, bölgesel havacılıkta kullanılan jet motorlu uçaklardan oluşmaktadır. Bu havacılık operasyonlarında turboprop uçaklarında çok yoğun kullanılmasına rağmen seçilen uçakların özellikle jet motorlu olması ardındaki neden; Türkiye’deki bölgesel uçuş düzenlemek üzere kurulan ilk ve tek havayolu işletmesi olan Borajet Havayolları’nın, turboprop uçaklarla yaşadığı sıkıntıdır. Türkiye’de önemli havacılık haber sitelerinden olan Airport Haber ve Airkule’nin haberlerine göre Borajet’in iflasının

ardında yatan sebep; operasyonlarında kullandığı ATR 72-500 tipi turboprop uçağın yolcular tarafından güvensiz bulunmasıdır. Söz konusu uçakların, pervaneli yapısıyla yolculardan bir türlü onay alamamasının yanı sıra toprak pistlere dahi kolayca inme özelliğine sahip olması güvensiz olarak algılanmıştır. Bu olumsuz yargıların, işletmenin yolcu talebini düşürmüş ve işletmeyi iflasa götüren en önemli sebeplerden olduğu bildirilmiştir [155-156]. Bu durum düzenlenecek havayolu operasyonlarının etkinliğinin, entegrasyonu planlanan ülke/bölgelerin sahip olduğu önyargı, tutum ve alışkanlıklarının da göz öne alınması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Bölgesel havacılık düzenlenmesi planlanan ülkenin Türkiye olması ve ilk bölgesel havayolunun bu sıkıntıları yaşaması nedenleri, en azından uçakların ilk kez belirlendiği seçim aşamasında, araştırma kapsamına sadece turbojet uçaklar dahil edilmesini gerektirmiştir.

Araştırma kapsamında Tablo 6-30 ile belirtilen 9 alternatif uçak tipi, Tablo 6-29 ile ifade edilen 3 ana kriter altında tanımlı 10 alt kriter çerçevesinde değerlendirilerek küresel bulanık ÇKKV yöntemleri ile alternatifler arasında sıralama yapmak amaçlanmıştır.

### 6.2.1 Küresel Bulanık AHP-TOPSIS

Bölgesel havacılıkta kullanılacak uçak seçiminin yapılacağı çalışmada, SF AHP-TOPSIS karar verme yönteminin uygulanmasında ilk aşama, kriterlerin SF-AHP ile ikili karşılaştırılarak ağırlıklarının elde edilmesidir. İkinci aşamada ise SF-TOPSIS yöntemi ile alternatifler, kriterler kullanılarak değerlendirilerek nihai sıralama elde edilmiştir. Karar sürecine katılan 3 uzman, havalimanı seçim kararında etkili olan kişiler olup uzman ağırlıkları da aynıdır. SF AHP-TOPSIS yönteminin, uçak seçimine dair işlem adımları ve bulgular aşağıda verilmiştir.

#### 1. Kriterlere ait ağırlıkların SF-AHP yöntemi ile elde edilmesi:

- a) *İkili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulması ve tutarlılık analizinin yapılması:* İlk adımda karar vericilerden gelen, kriterlerin ikili karşılaştırıldığı matrisler küresel düzlemde işleme tabi tutulmadan tutarlılıkları yapılmıştır. Bu işlemde [Tablo 5-4](#) ile verilen dilsel değerlere karşılık gelen sayılar kullanılarak matris işlenmiştir. Tutarlılık analizi ise [Eşitlik 2](#), [3](#) ve [4](#) işlem adımları ile gerçekleştirilmiştir. Tutarlılık analizi önce alt kriterler ardından ana kriterler için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Karar vericilerden gelen cevaplar; Tablo 6-31, Tablo 6-32, Tablo 6-33 ve Tablo 6-34 ile aşağıda verilmiştir. Tablolarda geçen ‘U’, karar verici konumundaki uzmanların cevaplarını sembolize etmektedir.

**Tablo 6-31:** Maliyet Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin İkili Karşılaştırmalar Matrisi

| <i>U1</i>   | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <i>U2</i>   | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <i>U3</i>   | <b>M1</b> | <b>M2</b> |
|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| <b>M1</b>   | EI        | SLI       | <b>M1</b>   | EI        | SLI       | <b>M1</b>   | EI        | HI        |
| <b>M2</b>   | SMI       | EI        | <b>M2</b>   | SMI       | EI        | <b>M2</b>   | LI        | EI        |
| <i>CR=0</i> |           |           | <i>CR=0</i> |           |           | <i>CR=0</i> |           |           |

**Tablo 6-32:** Teknik Özellikler Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin İkili Karşılaştırmalar Matrisi

| <i>U1</i>      | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>T1</b>      | EI        | LI        | VLI       | ALI       | LI        | VLI       |
| <b>T2</b>      | HI        | EI        | SLI       | LI        | VLI       | LI        |
| <b>T3</b>      | VHI       | SMI       | EI        | SLI       | SMI       | SLI       |
| <b>T4</b>      | AMI       | HI        | SMI       | EI        | SMI       | EI        |
| <b>T5</b>      | HI        | VHI       | SLI       | SLI       | EI        | LI        |
| <b>T6</b>      | VHI       | HI        | SMI       | EI        | HI        | EI        |
| <i>CR=0,12</i> |           |           |           |           |           |           |
| <i>U2</i>      | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> |
| <b>T1</b>      | EI        | SLI       | SLI       | LI        | EI        | SMI       |
| <b>T2</b>      | SMI       | EI        | LI        | EI        | SMI       | HI        |
| <b>T3</b>      | SMI       | HI        | EI        | SMI       | SMI       | HI        |
| <b>T4</b>      | HI        | EI        | SLI       | EI        | HI        | HI        |
| <b>T5</b>      | EI        | SLI       | SLI       | LI        | EI        | SLI       |
| <b>T6</b>      | SLI       | LI        | LI        | LI        | SMI       | EI        |
| <i>CR=0,14</i> |           |           |           |           |           |           |
| <i>U3</i>      | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> |
| <b>T1</b>      | EI        | SMI       | LI        | LI        | EI        | EI        |
| <b>T2</b>      | SLI       | EI        | VLI       | VLI       | SLI       | VLI       |
| <b>T3</b>      | HI        | VHI       | EI        | SMI       | VHI       | VHI       |
| <b>T4</b>      | HI        | VHI       | SLI       | EI        | HI        | HI        |
| <b>T5</b>      | EI        | SMI       | VLI       | LI        | EI        | VLI       |
| <b>T6</b>      | EI        | VHI       | VLI       | LI        | VHI       | EI        |
| <i>CR=0,13</i> |           |           |           |           |           |           |

**Tablo 6-33:** Emniyet Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin İkili Karşılaştırmalar Matrisi

| <i>U1</i>   | <b>E1</b> | <b>E2</b> | <i>U2</i>   | <b>E1</b> | <b>E2</b> | <i>U3</i>   | <b>E1</b> | <b>E2</b> |
|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| <b>E1</b>   | EI        | VHI       | <b>E1</b>   | EI        | SMI       | <b>E1</b>   | EI        | AMI       |
| <b>E2</b>   | VLI       | EI        | <b>E2</b>   | SLI       | EI        | <b>E2</b>   | ALI       | EI        |
| <i>CR=0</i> |           |           | <i>CR=0</i> |           |           | <i>CR=0</i> |           |           |

**Tablo 6-34:** Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

| <i>U1</i>   | <b>M</b> | <b>T</b> | <b>E</b> |
|-------------|----------|----------|----------|
| <b>M</b>    | EI       | SMI      | EI       |
| <b>T</b>    | SLI      | EI       | SLI      |
| <b>E</b>    | EI       | SMI      | EI       |
| <i>CR=0</i> |          |          |          |

**Tablo 6-34:** Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi (devamı)

|                |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|
| <i>U2</i>      | <b>M</b> | <b>T</b> | <b>E</b> |
| <b>M</b>       | EI       | VHI      | HI       |
| <b>T</b>       | VLI      | EI       | SLI      |
| <b>E</b>       | VI       | SMI      | EI       |
| <i>CR=0,06</i> |          |          |          |
| <i>U3</i>      | <b>M</b> | <b>T</b> | <b>E</b> |
| <b>M</b>       | EI       | VHI      | HI       |
| <b>T</b>       | VLI      | EI       | EI       |
| <b>E</b>       | LI       | EI       | EI       |
| <i>CR=0,01</i> |          |          |          |

b) *İkili karşılaştırmalar matrislerinin birleştirilmesi:* Karar vericilerden gelen cevaplar, [Eşitlik 37](#) ile verilen SWGM operatörüyle birleştirilerek Tablo 6-35, Tablo 6-36, Tablo 6-37 ve Tablo 6-38 ile aşağıda verilmiştir.

**Tablo 6-35:** Maliyet Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi

|           | <b>M1</b>          | <b>M2</b>          |
|-----------|--------------------|--------------------|
| <b>M1</b> | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.48, 0.53, 0.28) |
| <b>M2</b> | (0.48, 0.54, 0.26) | (0.50, 0.40, 0.40) |

**Tablo 6-36:** Teknik Özellikler Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi

|           | <b>T1</b>          | <b>T2</b>          | <b>T3</b>          | <b>T4</b>          | <b>T5</b>          | <b>T6</b>          |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>T1</b> | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.42, 0.59, 0.27) | (0.29, 0.71, 0.21) | (0.21, 0.80, 0.14) | (0.42, 0.54, 0.33) | (0.39, 0.61, 0.27) |
| <b>T2</b> | (0.55, 0.46, 0.28) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.29, 0.71, 0.20) | (0.31, 0.68, 0.23) | (0.36, 0.65, 0.23) | (0.35, 0.67, 0.17) |
| <b>T3</b> | (0.70, 0.31, 0.22) | (0.70, 0.31, 0.22) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.52, 0.48, 0.30) | (0.66, 0.35, 0.26) | (0.61, 0.42, 0.23) |
| <b>T4</b> | (0.76, 0.25, 0.17) | (0.65, 0.31, 0.28) | (0.46, 0.55, 0.30) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.66, 0.34, 0.24) | (0.63, 0.34, 0.29) |
| <b>T5</b> | (0.56, 0.37, 0.35) | (0.58, 0.44, 0.27) | (0.32, 0.69, 0.24) | (0.33, 0.67, 0.23) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.33, 0.68, 0.20) |
| <b>T6</b> | (0.54, 0.44, 0.31) | (0.55, 0.49, 0.18) | (0.33, 0.68, 0.20) | (0.36, 0.63, 0.27) | (0.70, 0.31, 0.22) | (0.50, 0.40, 0.40) |

**Tablo 6-37:** Emniyet Ana Kriterinin Alt Kriterleri İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi

|           | <b>E1</b>          | <b>E2</b>          |
|-----------|--------------------|--------------------|
| <b>E1</b> | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.76, 0.27, 0.19) |
| <b>E2</b> | (0.20, 0.80, 0.14) | (0.50, 0.40, 0.40) |

**Tablo 6-38:** Ana Kriterler İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi

|          | <b>M</b>           | <b>T</b>           | <b>E</b>           |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>M</b> | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.73, 0.29, 0.20) | (0.63, 0.34, 0.29) |
| <b>T</b> | (0.25, 0.75, 0.17) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.43, 0.55, 0.33) |
| <b>E</b> | (0.36, 0.63, 0.27) | (0.56, 0.40, 0.34) | (0.50, 0.40, 0.40) |

- c) *Kriterlere ait küresel bulanık ağırlıkların hesaplanması:* Kriterlere ait küresel bulanık ağırlıklar [Eşitlik 36](#)'da verilen SWAM operatörü yardımıyla hesaplanmıştır. Daha sonra [Eşitlik 42](#) ile verilen skor fonksiyonu ile küresel değerlerden net sayı değerleri elde edilerek berraklaştırma işlemi yapılmıştır. Ardından bu değerlerle gerçekleştirilen normalizasyon işlemi, berraklaştırılan ağırlıkların sütun toplamına sütundaki her ögenin bölünmesiyle yapılmıştır. Alt kriterlere ait global ağırlıkları elde etmek için, normalize edilen yerel ağırlıklar ile ana kriterlere ait yerel ağırlıklar çarpılmıştır. Kriterlere ait ağırlıklar aşağıda Tablo 6-39 ile verilmiştir.

**Tablo 6-39:** Kriterlere Ait Ağırlıklar

|                                        | Küresel Bulanık Ağırlıklar | Berraklaştırılmış Ağırlıklar | Normalize Yerel Ağırlıklar | Global Ağırlıklar |
|----------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------|
| <i>Maliyet Alt Kriterleri</i>          |                            |                              |                            |                   |
| <b>M1</b>                              | (0.49, 0.46, 0.35)         | 12.99                        | 0.50                       | 0.213             |
| <b>M2</b>                              | (0.49, 0.46, 0.34)         | 12.94                        | 0.50                       | 0.212             |
| <i>Teknik Özellikler Alt Kriterler</i> |                            |                              |                            |                   |
| <b>T1</b>                              | (0.39, 0.59, 0.29)         | 10.14                        | 0.12                       | 0.03              |
| <b>T2</b>                              | (0.41, 0.58, 0.27)         | 10.96                        | 0.13                       | 0.03              |
| <b>T3</b>                              | (0.62, 0.37, 0.27)         | 17.35                        | 0.21                       | 0.05              |
| <b>T4</b>                              | (0.63, 0.35, 0.28)         | 17.49                        | 0.21                       | 0.06              |
| <b>T5</b>                              | (0.46, 0.52, 0.30)         | 12.21                        | 0.15                       | 0.04              |
| <b>T6</b>                              | (0.52, 0.48, 0.28)         | 14.29                        | 0.17                       | 0.05              |
| <i>Emniyet Alt Kriterleri</i>          |                            |                              |                            |                   |
| <b>E1</b>                              | (0.66, 0.33, 0.29)         | 18.27                        | 0.64                       | 0.20              |
| <b>E2</b>                              | (0.39, 0.57, 0.32)         | 10.06                        | 0.36                       | 0.11              |
| <i>Ana Kriterler</i>                   |                            |                              |                            |                   |
| <b>M</b>                               | (0.63, 0.34, 0.30)         | 17.50                        | 0.43                       |                   |
| <b>T</b>                               | (0.41, 0.55, 0.33)         | 10.72                        | 0.26                       |                   |
| <b>E</b>                               | (0.49, 0.47, 0.34)         | 12.84                        | 0.31                       |                   |

2. *SF-TOPSIS ile alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi:* SF-AHP ile kriter ağırlıkları belirlendikten sonra alternatifleri sıralanması için SF-TOPSIS yöntemi işlem adımları gerçekleştirilmiştir. Karar vericilerden gelen, alternatiflerin kriterlere göre değerlendirildiği matrisler aşağıda Tablo 6-40, Tablo 6-41 ve Tablo 6-42 ile üç uzman için verilmiştir.

**Tablo 6-40:** Alternatiflerin Uzman 1 Tarafından Değerlendirilme Matrisi

| <i>Alternatifler</i> | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>ERJ-135</b>       | HI        | EI        | EI        | SMI       | EI        |
| <b>ERJ-145</b>       | HI        | HI        | HI        | SMI       | HI        |
| <b>ERJ-170</b>       | VHI       | SMI       | SMI       | EI        | SMI       |
| <b>ERJ-175</b>       | VHI       | SLI       | SLI       | EI        | SLI       |
| <b>ERJ-190</b>       | AMI       | SLI       | SLI       | EI        | SLI       |

**Tablo 6-40:** Alternatiflerin Uzman 1 Tarafından Değerlendirilme Matrisi (devamı)

|                    |           |           |           |           |           |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>ERJ-195</b>     | AMI       | SLI       | SLI       | EI        | SLI       |
| <b>CRJ-100/200</b> | SMI       | EI        | EI        | SMI       | EI        |
| <b>CRJ-900</b>     | VHI       | SMI       | SMI       | SMI       | SMI       |
| <b>CRJ -700</b>    | HI        | SMI       | SMI       | SMI       | SMI       |
|                    | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> | <b>E1</b> | <b>E2</b> |
| <b>ERJ-135</b>     | HI        | HI        | HI        | AMI       | AMI       |
| <b>ERJ-145</b>     | HI        | HI        | HI        | VLI       | VLI       |
| <b>ERJ-170</b>     | VHI       | VHI       | VHI       | AMI       | AMI       |
| <b>ERJ-175</b>     | VHI       | VHI       | VHI       | AMI       | AMI       |
| <b>ERJ-190</b>     | AMI       | AMI       | AMI       | LI        | LI        |
| <b>ERJ-195</b>     | AMI       | AMI       | AMI       | AMI       | AMI       |
| <b>CRJ-100/200</b> | SMI       | SMI       | SMI       | LI        | LI        |
| <b>CRJ-900</b>     | VHI       | VHI       | VHI       | AMI       | AMI       |
| <b>CRJ -700</b>    | HI        | HI        | HI        | LI        | LI        |

**Tablo 6-41:** Alternatiflerin Uzman 2 Tarafından Değerlendirilme Matrisi

|                    |           |           |           |           |           |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                    | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>ERJ-135</b>     | SMI       | HI        | SLI       | SLI       | HI        |
| <b>ERJ-145</b>     | SMI       | HI        | SLI       | SLI       | HI        |
| <b>ERJ-170</b>     | SMI       | HI        | SLI       | EI        | HI        |
| <b>ERJ-175</b>     | SMI       | HI        | SLI       | EI        | HI        |
| <b>ERJ-190</b>     | SMI       | VHI       | SLI       | HI        | VHI       |
| <b>ERJ-195</b>     | SMI       | VHI       | SLI       | HI        | AMI       |
| <b>CRJ-100/200</b> | SMI       | HI        | SLI       | SLI       | HI        |
| <b>CRJ-900</b>     | SMI       | VHI       | SLI       | SLI       | VHI       |
| <b>CRJ -700</b>    | SMI       | HI        | SLI       | HI        | VHI       |
|                    | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> | <b>E1</b> | <b>E2</b> |
| <b>ERJ-135</b>     | EI        | SLI       | EI        | AMI       | VHI       |
| <b>ERJ-145</b>     | EI        | SLI       | SMI       | AMI       | VHI       |
| <b>ERJ-170</b>     | SMI       | EI        | HI        | AMI       | VHI       |
| <b>ERJ-175</b>     | SMI       | EI        | VHI       | AMI       | VHI       |
| <b>ERJ-190</b>     | HI        | EI        | AMI       | AMI       | VHI       |
| <b>ERJ-195</b>     | HI        | SMI       | AMI       | AMI       | VHI       |
| <b>CRJ-100/200</b> | EI        | EI        | SMI       | AMI       | VHI       |
| <b>CRJ-900</b>     | SMI       | EMI       | AMI       | AMI       | VHI       |
| <b>CRJ -700</b>    | HI        | HI        | VHI       | AMI       | VHI       |

**Tablo 6-42:** Alternatiflerin Uzman 3 Tarafından Değerlendirilme Matrisi

|                    |           |           |           |           |           |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                    | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
| <b>ERJ-135</b>     | AMI       | HI        | EI        | EI        | AMI       |
| <b>ERJ-145</b>     | AMI       | HI        | EI        | EI        | AMI       |
| <b>ERJ-170</b>     | AMI       | VHI       | EI        | EI        | AMI       |
| <b>ERJ-175</b>     | AMI       | VHI       | EI        | EI        | AMI       |
| <b>ERJ-190</b>     | AMI       | AMI       | EI        | EI        | AMI       |
| <b>ERJ-195</b>     | AMI       | AMI       | EI        | EI        | AMI       |
| <b>CRJ-100/200</b> | AMI       | HI        | EI        | EI        | AMI       |

**Tablo 6-42:** Alternatiflerin Uzman 3 Tarafından Değerlendirilme Matrisi (devamı)

|             |           |           |           |           |           |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CRJ-900     | AMI       | AMI       | EI        | EI        | AMI       |
| CRJ -700    | AMI       | VHI       | EI        | EI        | AMI       |
|             | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> | <b>E1</b> | <b>E2</b> |
| ERJ-135     | SMI       | HI        | VHI       | AMI       | VHI       |
| ERJ-145     | SMI       | HI        | VHI       | AMI       | VHI       |
| ERJ-170     | VHI       | VHI       | AMI       | AMI       | VHI       |
| ERJ-175     | VHI       | VHI       | AMI       | AMI       | VHI       |
| ERJ-190     | AMI       | VHI       | AMI       | AMI       | VHI       |
| ERJ-195     | AMI       | VHI       | AMI       | AMI       | VHI       |
| CRJ-100/200 | SMI       | SMI       | HI        | AMI       | VHI       |
| CRJ-900     | AMI       | VHI       | AMI       | AMI       | VHI       |

3. *Matrislerin birleştirilmesi:* Karar vericilerden gelen matrisler, [Eşitlik 36](#) ile verilen SWAM operatörü ve [Eşitlik 37](#) ile verilen SWGM operatörü kullanılarak birleştirilmiştir.

**Tablo 6-43:** Matrislerin SWAM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi

| <i>Alternatifler</i> | <b>M1</b>          | <b>M2</b>          | <b>T1</b>          | <b>T2</b>          | <b>T3</b>          |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>ERJ-135</b>       | (0.78, 0.23, 0.17) | (0.65, 0.33, 0.27) | (0.47, 0.46, 0.37) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.76, 0.23, 0.21) |
| <b>ERJ-145</b>       | (0.78, 0.23, 0.17) | (0.70, 0.30, 0.20) | (0.56, 0.42, 0.30) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.80, 0.21, 0.14) |
| <b>ERJ-170</b>       | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.78, 0.23, 0.17) |
| <b>ERJ-175</b>       | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.68, 0.33, 0.20) | (0.44, 0.52, 0.34) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.75, 0.26, 0.17) |
| <b>ERJ-190</b>       | (0.85, 0.16, 0.12) | (0.78, 0.23, 0.13) | (0.44, 0.52, 0.34) | (0.58, 0.36, 0.34) | (0.78, 0.23, 0.13) |
| <b>ERJ-195</b>       | (0.85, 0.16, 0.12) | (0.78, 0.23, 0.13) | (0.44, 0.52, 0.34) | (0.58, 0.36, 0.34) | (0.83, 0.18, 0.11) |
| <b>CRJ100/200</b>    | (0.76, 0.25, 0.20) | (0.65, 0.33, 0.27) | (0.47, 0.46, 0.37) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.76, 0.23, 0.21) |
| <b>CRJ-900</b>       | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.80, 0.20, 0.14) |
| <b>CRJ -700</b>      | (0.78, 0.23, 0.17) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.61, 0.36, 0.30) | (0.80, 0.20, 0.14) |
|                      | <b>T4</b>          | <b>T5</b>          | <b>T6</b>          | <b>E1</b>          | <b>E2</b>          |
| <b>ERJ-135</b>       | (0.61, 0.36, 0.30) | (0.63, 0.38, 0.23) | (0.70, 0.29, 0.24) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>ERJ-145</b>       | (0.61, 0.36, 0.30) | (0.63, 0.38, 0.23) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.82, 0.20, 0.03) | (0.71, 0.32, 0.10) |
| <b>ERJ-170</b>       | (0.75, 0.25, 0.17) | (0.73, 0.25, 0.21) | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>ERJ-175</b>       | (0.75, 0.25, 0.17) | (0.73, 0.25, 0.21) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>ERJ-190</b>       | (0.86, 0.14, 0.08) | (0.79, 0.20, 0.18) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.82, 0.19, 0.07) | (0.71, 0.30, 0.13) |
| <b>ERJ-195</b>       | (0.86, 0.14, 0.08) | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>CRJ100/200</b>    | (0.57, 0.40, 0.33) | (0.57, 0.40, 0.33) | (0.64, 0.36, 0.27) | (0.82, 0.19, 0.07) | (0.71, 0.30, 0.13) |
| <b>CRJ-900</b>       | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.87, 0.13, 0.05) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>CRJ -700</b>      | (0.74, 0.26, 0.17) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.82, 0.19, 0.07) | (0.71, 0.30, 0.13) |

**Tablo 6-44:** Matrislerin SWGM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi

| <i>Alternatifler</i> | <b>M1</b>          | <b>M2</b>          | <b>T1</b>          | <b>T2</b>          | <b>T3</b>          |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>ERJ-135</b>       | (0.78, 0.23, 0.17) | (0.65, 0.33, 0.27) | (0.47, 0.46, 0.37) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.76, 0.23, 0.21) |
| <b>ERJ-145</b>       | (0.78, 0.23, 0.17) | (0.70, 0.30, 0.20) | (0.56, 0.42, 0.30) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.80, 0.21, 0.14) |
| <b>ERJ-170</b>       | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.78, 0.23, 0.17) |
| <b>ERJ-175</b>       | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.68, 0.33, 0.20) | (0.44, 0.52, 0.34) | (0.50, 0.40, 0.40) | (0.75, 0.26, 0.17) |
| <b>ERJ-190</b>       | (0.85, 0.16, 0.12) | (0.78, 0.23, 0.13) | (0.44, 0.52, 0.34) | (0.58, 0.36, 0.34) | (0.78, 0.23, 0.13) |

**Tablo 6-44:** Matrislerin SWGM Operatörü Kullanılarak Birleştirilmesi (devamı)

|                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>ERJ-195</b>     | (0.85, 0.16, 0.12) | (0.78, 0.23, 0.13) | (0.44, 0.52, 0.34) | (0.58, 0.36, 0.34) | (0.83, 0.18, 0.11) |
| <b>CRJ-100/200</b> | (0.76, 0.25, 0.20) | (0.65, 0.33, 0.27) | (0.47, 0.46, 0.37) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.76, 0.23, 0.21) |
| <b>CRJ-900</b>     | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.80, 0.20, 0.14) |
| <b>CRJ -700</b>    | (0.78, 0.23, 0.17) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.51, 0.46, 0.34) | (0.61, 0.36, 0.30) | (0.80, 0.20, 0.14) |
|                    | <b>T4</b>          | <b>T5</b>          | <b>T6</b>          | <b>E1</b>          | <b>E2</b>          |
| <b>ERJ-135</b>     | (0.61, 0.36, 0.30) | (0.63, 0.38, 0.23) | (0.70, 0.29, 0.24) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>ERJ-145</b>     | (0.61, 0.36, 0.30) | (0.63, 0.38, 0.23) | (0.71, 0.29, 0.20) | (0.82, 0.20, 0.03) | (0.71, 0.32, 0.10) |
| <b>ERJ-170</b>     | (0.75, 0.25, 0.17) | (0.73, 0.25, 0.21) | (0.82, 0.18, 0.11) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>ERJ-175</b>     | (0.75, 0.25, 0.17) | (0.73, 0.25, 0.21) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>ERJ-190</b>     | (0.86, 0.14, 0.08) | (0.79, 0.20, 0.18) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.82, 0.19, 0.07) | (0.71, 0.30, 0.13) |
| <b>ERJ-195</b>     | (0.86, 0.14, 0.08) | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>CRJ-100/200</b> | (0.57, 0.40, 0.33) | (0.57, 0.40, 0.33) | (0.64, 0.36, 0.27) | (0.82, 0.19, 0.07) | (0.71, 0.30, 0.13) |
| <b>CRJ-900</b>     | (0.80, 0.20, 0.14) | (0.84, 0.16, 0.07) | (0.87, 0.13, 0.05) | (0.90, 0.10, 0.00) | (0.84, 0.16, 0.07) |
| <b>CRJ -700</b>    | (0.74, 0.26, 0.17) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.77, 0.23, 0.13) | (0.82, 0.19, 0.07) | (0.71, 0.30, 0.13) |

4. *Matrislerin ağırlıklandırılması:* Birleştirilmiş matrisler, [Tablo 6-39](#) ile verilen kriterlere ait küresel ağırlıklar ile [Eşitlik 33](#)'te verilen çarpma fonksiyonu kullanılarak çarpılarak ağırlıklandırılmıştır.

**Tablo 6-45:** SWAM Operatörüne Bağlı Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris

| <i>Alternatifler</i> | <b>M1</b>          | <b>M2</b>          | <b>T1</b>          | <b>T2</b>          | <b>T3</b>          |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>ERJ-135</b>       | (0.38, 0.50, 0.36) | (0.32, 0.55, 0.39) | (0.18, 0.75, 0.38) | (0.21, 0.69, 0.35) | (0.48, 0.43, 0.32) |
| <b>ERJ-145</b>       | (0.38, 0.50, 0.36) | (0.34, 0.53, 0.37) | (0.22, 0.72, 0.35) | (0.21, 0.69, 0.35) | (0.5, 0.42, 0.30)  |
| <b>ERJ-170</b>       | (0.40, 0.49, 0.36) | (0.35, 0.53, 0.37) | (0.20, 0.75, 0.36) | (0.21, 0.67, 0.40) | (0.49, 0.43, 0.31) |
| <b>ERJ-175</b>       | (0.40, 0.49, 0.36) | (0.33, 0.55, 0.36) | (0.17, 0.79, 0.36) | (0.21, 0.67, 0.40) | (0.47, 0.45, 0.30) |
| <b>ERJ-190</b>       | (0.42, 0.48, 0.36) | (0.38, 0.51, 0.35) | (0.17, 0.79, 0.36) | (0.24, 0.65, 0.36) | (0.49, 0.43, 0.29) |
| <b>ERJ-195</b>       | (0.42, 0.48, 0.36) | (0.38, 0.51, 0.35) | (0.17, 0.79, 0.36) | (0.24, 0.65, 0.36) | (0.52, 0.41, 0.29) |
| <b>CRJ-100/200</b>   | (0.37, 0.51, 0.37) | (0.32, 0.55, 0.39) | (0.18, 0.75, 0.38) | (0.21, 0.69, 0.35) | (0.48, 0.43, 0.32) |

**Tablo 6-45:** SWAM Operatörüne Bağlı Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris (devamı)

|                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>CRJ-900</b>     | (0.40, 0.49, 0.36) | (0.39, 0.50, 0.36) | (0.20, 0.75, 0.36) | (0.21, 0.69, 0.35) | (0.50, 0.42, 0.30) |
| <b>CRJ -700</b>    | (0.38, 0.50, 0.36) | (0.35, 0.53, 0.37) | (0.20, 0.75, 0.36) | (0.25, 0.65, 0.34) | (0.50, 0.42, 0.30) |
|                    | <b>T4</b>          | <b>T5</b>          | <b>T6</b>          | <b>E1</b>          | <b>E2</b>          |
| <b>ERJ-135</b>     | (0.39, 0.49, 0.38) | (0.29, 0.61, 0.33) | (0.36, 0.54, 0.33) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.33, 0.58, 0.32) |
| <b>ERJ-145</b>     | (0.39, 0.49, 0.38) | (0.29, 0.61, 0.33) | (0.37, 0.54, 0.31) | (0.54, 0.38, 0.29) | (0.28, 0.62, 0.32) |
| <b>ERJ-170</b>     | (0.47, 0.43, 0.31) | (0.34, 0.57, 0.33) | (0.43, 0.50, 0.29) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.33, 0.58, 0.32) |
| <b>ERJ-175</b>     | (0.47, 0.43, 0.31) | (0.34, 0.57, 0.33) | (0.44, 0.50, 0.28) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.33, 0.58, 0.32) |
| <b>ERJ-190</b>     | (0.54, 0.38, 0.29) | (0.36, 0.55, 0.33) | (0.47, 0.48, 0.27) | (0.54, 0.37, 0.30) | (0.28, 0.62, 0.32) |
| <b>ERJ-195</b>     | (0.54, 0.38, 0.29) | (0.37, 0.55, 0.31) | (0.47, 0.48, 0.27) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.33, 0.58, 0.32) |
| <b>CRJ-100/200</b> | (0.36, 0.52, 0.39) | (0.26, 0.62, 0.38) | (0.33, 0.57, 0.34) | (0.54, 0.37, 0.30) | (0.28, 0.62, 0.32) |
| <b>CRJ-900</b>     | (0.51, 0.40, 0.30) | (0.38, 0.54, 0.30) | (0.46, 0.49, 0.28) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.33, 0.58, 0.32) |
| <b>CRJ -700</b>    | (0.47, 0.43, 0.31) | (0.35, 0.56, 0.31) | (0.40, 0.52, 0.29) | (0.54, 0.37, 0.30) | (0.28, 0.62, 0.32) |

**Tablo 6-46:** SWGM Operatörüne Bağlı Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris

|                      |                    |                    |                    |                    |                    |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Alternatifler</i> | <b>M1</b>          | <b>M2</b>          | <b>T1</b>          | <b>T2</b>          | <b>T3</b>          |
| <b>ERJ-135</b>       | (0.36, 0.53, 0.38) | (0.31, 0.55, 0.40) | (0.18, 0.71, 0.37) | (0.20, 0.70, 0.35) | (0.42, 0.47, 0.36) |
| <b>ERJ-145</b>       | (0.36, 0.53, 0.38) | (0.34, 0.53, 0.37) | (0.20, 0.70, 0.35) | (0.20, 0.70, 0.35) | (0.48, 0.44, 0.30) |
| <b>ERJ-170</b>       | (0.37, 0.52, 0.37) | (0.34, 0.54, 0.37) | (0.19, 0.71, 0.36) | (0.21, 0.67, 0.40) | (0.45, 0.47, 0.32) |
| <b>ERJ-175</b>       | (0.37, 0.52, 0.37) | (0.30, 0.59, 0.36) | (0.17, 0.74, 0.35) | (0.21, 0.67, 0.40) | (0.39, 0.53, 0.32) |
| <b>ERJ-190</b>       | (0.39, 0.51, 0.37) | (0.32, 0.58, 0.36) | (0.17, 0.74, 0.35) | (0.23, 0.66, 0.37) | (0.41, 0.52, 0.31) |
| <b>ERJ-195</b>       | (0.39, 0.51, 0.37) | (0.32, 0.58, 0.36) | (0.17, 0.74, 0.35) | (0.23, 0.66, 0.37) | (0.43, 0.51, 0.31) |
| <b>CRJ-100/200</b>   | (0.34, 0.55, 0.39) | (0.31, 0.55, 0.40) | (0.18, 0.71, 0.37) | (0.20, 0.70, 0.35) | (0.42, 0.47, 0.36) |
| <b>CRJ-900</b>       | (0.37, 0.52, 0.37) | (0.37, 0.52, 0.37) | (0.19, 0.71, 0.36) | (0.20, 0.70, 0.35) | (0.47, 0.45, 0.32) |
| <b>CRJ -700</b>      | (0.36, 0.53, 0.38) | (0.34, 0.54, 0.37) | (0.19, 0.71, 0.36) | (0.24, 0.66, 0.35) | (0.47, 0.45, 0.32) |
|                      | <b>T4</b>          | <b>T5</b>          | <b>T6</b>          | <b>E1</b>          | <b>E2</b>          |
| <b>ERJ-135</b>       | (0.37, 0.50, 0.38) | (0.27, 0.64, 0.34) | (0.34, 0.55, 0.35) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.32, 0.59, 0.32) |
| <b>ERJ-145</b>       | (0.37, 0.50, 0.38) | (0.27, 0.64, 0.34) | (0.36, 0.55, 0.32) | (0.36, 0.61, 0.26) | (0.20, 0.73, 0.28) |
| <b>ERJ-170</b>       | (0.46, 0.44, 0.32) | (0.31, 0.58, 0.35) | (0.42, 0.51, 0.29) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.32, 0.59, 0.32) |
| <b>ERJ-175</b>       | (0.46, 0.44, 0.32) | (0.31, 0.58, 0.35) | (0.43, 0.50, 0.28) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.32, 0.59, 0.32) |

**Tablo 6-46:** SWGM Operatörüne Bağlı Ağırlıklı Birleştirilmiş Matris (devamı)

|                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>ERJ-190</b>     | (0.52, 0.40, 0.29) | (0.33, 0.57, 0.35) | (0.47, 0.48, 0.27) | (0.41, 0.54, 0.29) | (0.22, 0.69, 0.31) |
| <b>ERJ-195</b>     | (0.52, 0.40, 0.29) | (0.35, 0.57, 0.33) | (0.47, 0.48, 0.27) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.32, 0.59, 0.32) |
| <b>CRJ-100/200</b> | (0.36, 0.52, 0.40) | (0.26, 0.62, 0.38) | (0.33, 0.58, 0.34) | (0.41, 0.54, 0.29) | (0.22, 0.69, 0.31) |
| <b>CRJ-900</b>     | (0.48, 0.43, 0.32) | (0.38, 0.54, 0.30) | (0.45, 0.49, 0.28) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.32, 0.59, 0.32) |
| <b>CRJ -700</b>    | (0.46, 0.44, 0.31) | (0.35, 0.56, 0.31) | (0.40, 0.52, 0.29) | (0.41, 0.54, 0.29) | (0.22, 0.69, 0.31) |

5. *Ağırlıklı matrislerin durulaştırılması ve SF-PIS ve SF-NIS noktalarının belirlenmesi:*

Ağırlıklı matrisler [Eşitlik 38](#) ile verilen skor fonksiyonu ile durulaştırılmış ve SWAM için Tablo 6-47 ve SWGM için 6-49 ile verilmiştir. SF-PIS ve SF-NIS noktaları ise kriterlerin maliyet veya fayda olması durumuna göre belirlenmiştir. Kriterlerin bu durumu Tablo 48 ve Tablo 50’de ifade edilmektedir. Ortalamalar için ayrı ayrı hesaplanmış duru değerlerin bulunduğu tablolarda, yeşil hücreler ile belirtilen PIS noktaları [Eşitlik 45](#) ile hesaplanmıştır. Benzer şekilde pembe renkli hücreler olan NIS noktaları ise [Eşitlik 46](#) yardımıyla hesaplanmıştır.

**Tablo 6-47:** SWAM Operatörüne Bağlı Skor Fonksiyonu ile Durulaştırma

| Alternatifler | M1     | M2     | T1     | T2     | T3    | T4     | T5     | T6     | E1    | E2     |
|---------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| ERJ-135       | -0,019 | -0,019 | 0,096  | -0,092 | 0,012 | -0,013 | -0,078 | -0,043 | 0,087 | -0,067 |
| ERJ-145       | -0,019 | -0,028 | -0,124 | -0,092 | 0,025 | -0,013 | -0,078 | -0,048 | 0,055 | -0,094 |
| ERJ-170       | -0,017 | -0,026 | -0,123 | -0,038 | 0,016 | 0,013  | -0,054 | -0,026 | 0,087 | -0,067 |
| ERJ-175       | -0,017 | -0,034 | -0,155 | -0,038 | 0,007 | 0,013  | -0,054 | -0,021 | 0,087 | -0,067 |
| ERJ-190       | -0,012 | -0,023 | -0,155 | -0,070 | 0,020 | 0,056  | -0,049 | -0,006 | 0,055 | -0,087 |
| ERJ-195       | -0,012 | -0,023 | -0,155 | -0,070 | 0,038 | 0,056  | -0,053 | -0,006 | 0,087 | -0,067 |
| CRJ-100/200   | -0,020 | -0,019 | -0,096 | -0,092 | 0,012 | -0,014 | -0,044 | -0,054 | 0,055 | -0,087 |
| CRJ-900       | -0,017 | -0,018 | -0,123 | -0,092 | 0,027 | 0,032  | -0,050 | -0,013 | 0,087 | -0,067 |
| CRJ -700      | -0,019 | -0,026 | -0,123 | -0,087 | 0,027 | 0,010  | -0,060 | -0,038 | 0,055 | -0,087 |

**Tablo 6-48:** SWAM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS Noktaları

|        | M1<br>(Maliyet)    | M2<br>(Maliyet)    | T1<br>(Fayda)      | T2<br>(Maliyet)    | T3<br>(Maliyet)    |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SF-PIS | (0.37, 0.51, 0.37) | (0.33, 0.55, 0.36) | (0.18, 0.75, 0.38) | (0.21, 0.69, 0.35) | (0.47, 0.45, 0.30) |
| SF-NIS | (0.42, 0.48, 0.36) | (0.39, 0.50, 0.36) | (0.17, 0.79, 0.36) | (0.21, 0.67, 0.40) | (0.52, 0.41, 0.29) |
|        | T4<br>(Fayda)      | T5<br>(Fayda)      | T6<br>(Fayda)      | E1<br>(Maliyet)    | E2<br>(Maliyet)    |
| SF-PIS | (0.54, 0.38, 0.29) | (0.26, 0.62, 0.38) | (0.47, 0.48, 0.27) | (0.54, 0.38, 0.29) | (0.28, 0.62, 0.32) |
| SF-NIS | (0.36, 0.52, 0.39) | (0.29, 0.61, 0.33) | (0.33, 0.57, 0.34) | (0.59, 0.34, 0.29) | (0.33, 0.58, 0.32) |

**Tablo 6-49:** SWGM Operatörüne Bağlı Skor Fonksiyonu ile Durulaştırma

| Alternatifler | M1     | M2     | T1     | T2     | T3     | T4     | T5     | T6     | E1     | E2     |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ERJ-135       | -0,023 | -0,014 | -0,075 | -0,102 | -0,007 | -0,012 | -0,090 | -0,040 | 0,087  | -0,068 |
| ERJ-145       | -0,023 | -0,028 | -0,100 | -0,102 | 0,010  | -0,012 | -0,090 | -0,051 | -0,112 | -0,194 |
| ERJ-170       | -0,022 | -0,027 | -0,096 | -0,038 | -0,004 | 0,004  | -0,048 | -0,034 | 0,087  | -0,068 |
| ERJ-175       | -0,022 | -0,048 | -0,120 | -0,038 | -0,039 | 0,004  | -0,048 | -0,024 | 0,087  | -0,068 |
| ERJ-190       | -0,020 | -0,047 | -0,120 | -0,062 | -0,033 | 0,041  | -0,047 | -0,006 | -0,047 | -0,136 |
| ERJ-195       | -0,020 | -0,047 | -0,120 | -0,062 | -0,027 | 0,041  | -0,059 | -0,006 | 0,087  | -0,068 |
| CRJ-100/200   | -0,023 | -0,014 | -0,075 | -0,102 | -0,007 | -0,013 | -0,042 | -0,055 | -0,047 | -0,136 |
| CRJ-900       | -0,022 | -0,024 | -0,096 | -0,102 | 0,006  | 0,011  | -0,053 | -0,016 | 0,087  | -0,068 |
| CRJ -700      | -0,023 | -0,027 | -0,096 | -0,082 | 0,006  | 0,007  | -0,061 | -0,040 | -0,047 | -0,136 |

**Tablo 6-50:** SWGM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS Noktaları

|               | <b>M1</b><br><b>(Maliyet)</b> | <b>M2</b><br><b>(Maliyet)</b> | <b>T1</b><br><b>(Fayda)</b> | <b>T2</b><br><b>(Maliyet)</b> | <b>T3</b><br><b>(Maliyet)</b> |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>SF-PIS</b> | (0.36, 0.53, 0.38)            | (0.30, 0.59, 0.36)            | (0.18, 0.71, 0.37)          | (0.20, 0.70, 0.35)            | (0.39, 0.53, 0.32)            |
| <b>SF-NIS</b> | (0.39, 0.51, 0.37)            | (0.31, 0.55, 0.40)            | (0.17, 0.74, 0.35)          | (0.21, 0.67, 0.40)            | (0.48, 0.44, 0.30)            |
|               | <b>T4</b><br><b>(Fayda)</b>   | <b>T5</b><br><b>(Fayda)</b>   | <b>T6(Fayda)</b>            | <b>E1</b><br><b>(Maliyet)</b> | <b>E2</b><br><b>(Maliyet)</b> |
| <b>SF-PIS</b> | (0.52, 0.40, 0.29)            | (0.26, 0.62, 0.38)            | (0.47, 0.48, 0.27)          | (0.36, 0.61, 0.26)            | (0.20, 0.73, 0.28)            |
| <b>SF-NIS</b> | (0.36, 0.52, 0.40)            | (0.27, 0.64, 0.34)            | (0.33, 0.58, 0.34)          | (0.59, 0.34, 0.29)            | (0.32, 0.59, 0.32)            |

6. *SF-PIS ve SF-NIS ile olan uzaklıkların ve SF-NIS ile olan maksimum mesafe ve SF-PIS ile olan minimum mesafenin ölçülmesi:* [Eşitlik 47](#) kullanılarak SF-PIS ile olan mesafe ölçülmüştür. Hesaplanan bu değerlerden en küçüğü olan SF-PIS ile minimum mesafe ( $D_{\min}(X_i, X^+)$ ) ise [Eşitlik 49](#) yardımıyla hesaplanmıştır. Benzer şekilde SF-NIS ile olan uzaklık [Eşitlik 48](#) yardımıyla hesaplanmış ve bu değerlerin en büyüğü olan SF-NIS ile maksimum mesafe ( $D_{\max}(X_i, X^-)$ ) ise [Eşitlik 50](#) kullanılarak hesaplanmıştır.

**Tablo 6-51:** SWAM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS ile Olan Uzaklıklar

|                                                      | <b>D(X<sub>i</sub>, X<sup>+</sup>)</b> | <b>D(X<sub>i</sub>, X<sup>-</sup>)</b> |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>ERJ-135</b>                                       | 0,062                                  | 0,108                                  |
| <b>ERJ-145</b>                                       | 0,058                                  | 0,124                                  |
| <b>ERJ-170</b>                                       | 0,042                                  | 0,125                                  |
| <b>ERJ-175</b>                                       | 0,041                                  | 0,139                                  |
| <b>ERJ-190</b>                                       | 0,040                                  | 0,139                                  |
| <b>ERJ-195</b>                                       | 0,048                                  | 0,102                                  |
| <b>CRJ-100/200</b>                                   | 0,069                                  | 0,139                                  |
| <b>CRJ-900</b>                                       | 0,050                                  | 0,128                                  |
| <b>CRJ -700</b>                                      | 0,044                                  | 0,530                                  |
| <b>D<sub>min</sub>(X<sub>i</sub>, X<sup>+</sup>)</b> | 0,040                                  |                                        |
| <b>D<sub>max</sub>(X<sub>i</sub>, X<sup>-</sup>)</b> |                                        | 0,530                                  |

**Tablo 6-52:** SWGM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS ile Olan Uzaklıklar

|                    | <b>D(X<sub>i</sub>, X<sup>+</sup>)</b> | <b>D(X<sub>i</sub>, X<sup>-</sup>)</b> |
|--------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>ERJ-135</b>     | 0,110                                  | 0,026                                  |
| <b>ERJ-145</b>     | 0,064                                  | 0,095                                  |
| <b>ERJ-170</b>     | 0,100                                  | 0,049                                  |
| <b>ERJ-175</b>     | 0,096                                  | 0,058                                  |
| <b>ERJ-190</b>     | 0,037                                  | 0,100                                  |
| <b>ERJ-195</b>     | 0,097                                  | 0,073                                  |
| <b>CRJ-100/200</b> | 0,073                                  | 0,074                                  |
| <b>CRJ-900</b>     | 0,106                                  | 0,067                                  |
| <b>CRJ -700</b>    | 0,056                                  | 0,087                                  |

**Tablo 6-52:** SWGM Operatörüne Bağlı SF-PIS ve SF-NIS ile Olan Uzaklıklar (devamı)

|                      |       |
|----------------------|-------|
| $D_{\min}(X_i, X^+)$ | 0,037 |
| $D_{\max}(X_i, X^-)$ | 0,100 |

7. *Alternatiflerin göreceli yakınlıklarının/yakınlık katsayılarının hesaplanması ve sıralanması:* Bu aşama ile uçak alternatifleri arasında nihai sıralamayı sağlamak amacıyla [Eşitlik 51](#) kullanılmıştır. Hesaplama sonrası elde edilen değerlerden en büyüğüne sahip olan alternatif, en iyi tercih alternatifi olarak belirlenmiştir.

**Tablo 6-53:** Alternatiflerin SWAM Operatörüne Bağlı Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması

| Alternatifler | Yakınlık Katsayıları | Sıralama |
|---------------|----------------------|----------|
| ERJ-135       | 1,33                 | 2        |
| ERJ-145       | 1,20                 | 3        |
| ERJ-170       | 0,80                 | 6        |
| ERJ-175       | 0,77                 | 7        |
| ERJ-190       | 0,74                 | 8        |
| ERJ-195       | 1,01                 | 4        |
| CRJ-100/200   | 1,46                 | 1        |
| CRJ-900       | 1,00                 | 5        |
| CRJ -700      | 0,10                 | 9        |

**Tablo 6-54:** Alternatiflerin SWGM Operatörüne Bağlı Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması

| Alternatifler | Yakınlık Katsayıları | Sıralama |
|---------------|----------------------|----------|
| ERJ-135       | 2,69                 | 1        |
| ERJ-145       | 0,77                 | 7        |
| ERJ-170       | 2,18                 | 2        |
| ERJ-175       | 2,00                 | 4        |
| ERJ-190       | 0,00                 | 9        |
| ERJ-195       | 1,86                 | 5        |
| CRJ-100/200   | 1,21                 | 6        |
| CRJ-900       | 2,16                 | 3        |
| CRJ -700      | 0,64                 | 8        |

### 6.2.2 Küresel Bulanık AHP-CODAS

SF-CODAS yöntemi, bölgesel havacılık operasyonlarında kullanılabilecek uçak alternatifleri arasından seçim amacıyla kullanılan diğer bir küresel bulanık karar verme yöntemi olarak belirlenmiştir. Yönteme katılan karar verici konumundaki uzmanlar, uçak seçimindeki

diğer yöntem olan SF-TOPSIS yöntemine katılan kişiler olup verilen aynı cevaplar üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Yine kriterlerin birbirine göre değerlendirilerek ağırlıklarının elde edildiği SF AHP-CODAS entegrasyonunda kullanılan cevaplar da SF AHP-TOPSIS yöntemi ile aynı cevaplardan oluşmaktadır. Bu nedenle ilgili tablolar tekrar oluşturulmamıştır. Bu kapsamda uygulanan yöntemin bulguları, aşağıda işlem adımları ile verilmiştir.

1. *Kriter ağırlıklarının SF-AHP yöntemi kullanılarak elde edilmesi:*
  - a) *Tutarlılık analizinin yapılması:* Karar vericilerden gelen matrisler, [Tablo 5-4](#) ile verilen dilsel değerlere karşılık gelen sayılarla ve [Eşitlik 2](#), [3](#) ve [4](#) yardımıyla tutarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Tutarlılığı sağlanan matrisler, SF AHP-TOPSIS için verilen cevaplarla aynı olup maliyet alt kriterlerinin ikili karşılaştırmalar matrisi [Tablo 6-31](#), teknik özellikler alt kriterlerine ait matris [Tablo 6-32](#), emniyet alt kriterleri [Tablo 6-33](#) ve ana kriterler ise [Tablo 6-34](#) ile verildiği gibidir.
  - b) *İkili karşılaştırmalar matrislerinin birleştirilmesi:* Kriterlerin ikili karşılaştırıldığı matrisler birleştirilerek maliyet alt kriterlerine ait birleştirilmiş matris [Tablo 6-35](#), teknik özellikler alt kriterlerine ait matris [Tablo 6-36](#), emniyet alt kriterlerine ait matris [Tablo 6-37](#) ve ana kriterlerin birleştirilmesine ait matris ise [Tablo 6-38](#) ile verilmiştir.
  - c) *Kriterlere ait ağırlıkların hesaplanması:* Kriterlere ait yerel ve küresel ağırlıklar hesaplanarak [Tablo 6-39](#) ile verilmiştir.
2. *SF-CODAS ile alternatiflerin, kriterler ile değerlendirilmesi:* Ağırlıkları belirlenen kriterler, uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Karar verici konumundaki 3 uzmandan; uzman 1'in değerlendirme matrisi [Tablo 6-40](#), uzman 2'nin [Tablo 6-41](#) ve uzman 3'ün ise [Tablo 6-42](#) ile verilmiştir.
3. *Matrislerin birleştirilmesi:* Uzmanlardan gelen cevaplar, [Eşitlik 36](#) ile verilen SWAM operatörü kullanılarak birleştirilmiş ve [Tablo 6-43](#) ile verilmiştir. Aralarındaki sıralama farkını belirlemek amacıyla, matrisler ayrıca [Eşitlik 37](#) ile verilen SWGM operatörü ile de birleştirilmiş ve [Tablo 6-44](#) ile verilmiştir.
4. *Ağırlıklı birleştirilmiş matrislerin elde edilmesi:* Birleştirilmiş matrisler [Eşitlik 33](#) yardımıyla [Tablo 6-39](#) ile verilen küresel bulanık kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış ve SWAM operatörü için [Tablo 6-45](#) ile ve SWGM operatörü için ise [Tablo 6-46](#) ile verilmiştir.
5. *Ağırlıklı matrislerin berraklaştırılması (durulaştırılması) ve SF-NIS noktasının belirlenmesi:* Ağırlıklı birleştirilmiş matrisler, [Eşitlik 52](#) ile verilen skor fonksiyonu kullanılarak durulaştırılmıştır. SWAM için verilen [Tablo 6-55](#) ve SWGM operatörü için verilen [Tablo 6-57](#)'de pembe renkle ifade edilen değerler, SF-NIS değerleri olup [Eşitlik 46](#) ile

hesaplanmıştır. Bu değerlere karşılık gelen küresel değerler, SWAM için [Tablo 6-45](#) ile ve SWGM için ise [Tablo 6-46](#) ile verilen ağırlıklı matristeki ilgili değerlerdir. Karşılık gelen değerler ise SWAM operatörü için Tablo 6-56, SWGM için Tablo 6-58 ile aşağıda verilmiştir.

**Tablo 6-55: SWAM Operatörüne Bağlı Durulaştırılmış Matris**

| <i>Alternatifler</i> | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> | <b>E1</b> | <b>E2</b> |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>ERJ-135</b>       | 0,235     | 0,067     | -0,283    | -0,205    | 0,554     | 0,248     | -0,033    | 0,175     | 1,040     | 0,067     |
| <b>ERJ-145</b>       | 0,235     | 0,127     | -0,236    | -0,205    | 0,640     | 0,248     | -0,033    | 0,201     | 0,821     | -0,063    |
| <b>ERJ-170</b>       | 0,275     | 0,145     | -0,278    | -0,175    | 0,590     | 0,551     | 0,095     | 0,381     | 1,040     | 0,067     |
| <b>ERJ-175</b>       | 0,275     | 0,100     | -0,351    | -0,175    | 0,534     | 0,551     | 0,095     | 0,421     | 1,040     | 0,067     |
| <b>ERJ-190</b>       | 0,334     | 0,239     | -0,351    | -0,134    | 0,612     | 0,822     | 0,165     | 0,524     | 0,827     | -0,055    |
| <b>ERJ-195</b>       | 0,334     | 0,239     | -0,351    | -0,134    | 0,725     | 0,822     | 0,179     | 0,524     | 1,040     | 0,067     |
| <b>CRJ-100/200</b>   | 0,205     | 0,067     | -0,283    | -0,205    | 0,554     | 0,170     | -0,079    | 0,083     | 0,827     | -0,055    |
| <b>CRJ-900</b>       | 0,275     | 0,269     | -0,278    | -0,205    | 0,660     | 0,681     | 0,230     | 0,478     | 1,040     | 0,067     |
| <b>CRJ -700</b>      | 0,235     | 0,145     | 0,278     | -0,122    | 0,660     | 0,526     | 0,139     | 0,299     | 0,827     | -0,055    |

**Tablo 6-56: SWAM Operatörüne Bağlı SF-NIS Noktaları**

|               | <b>M1</b>          | <b>M2</b>          | <b>T1</b>          | <b>T2</b>          | <b>T3</b>          |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>SF-NIS</b> | (0,37, 0,51, 0,37) | (0,32, 0,55, 0,39) | (0,17, 0,79, 0,36) | (0,21, 0,69, 0,35) | (0,47, 0,45, 0,30) |
|               | <b>T4</b>          | <b>T5</b>          | <b>T6</b>          | <b>E1</b>          | <b>E2</b>          |
| <b>SF-NIS</b> | (0,36, 0,52, 0,39) | (0,26, 0,62, 0,38) | (0,33, 0,57, 0,34) | (0,54, 0,38, 0,29) | (0,28, 0,62, 0,32) |

**Tablo 6-57: SWGM Operatörüne Bağlı Durulaştırılmış Matris**

| <i>Alternatifler</i> | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> | <b>E1</b> | <b>E2</b> |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>ERJ-135</b>       | 0,155     | 0,045     | -0,238    | -0,225    | 0,368     | 0,218     | -0,094    | 0,118     | 1,040     | 0,057     |
| <b>ERJ-145</b>       | 0,155     | 0,127     | -0,245    | 0,225     | 0,553     | 0,218     | -0,094    | 0,168     | 0,117     | -0,283    |
| <b>ERJ-170</b>       | 0,200     | 0,118     | -0,249    | -0,175    | 0,456     | 0,489     | 0,040     | 0,335     | 1,040     | 0,057     |
| <b>ERJ-175</b>       | 0,200     | -0,001    | -0,289    | -0,175    | 0,255     | 0,489     | 0,040     | 0,402     | 1,040     | 0,057     |
| <b>ERJ-190</b>       | 0,239     | 0,057     | -0,289    | -0,146    | 0,313     | 0,738     | 0,068     | 0,524     | 0,300     | -0,197    |
| <b>ERJ-195</b>       | 0,239     | 0,057     | -0,289    | -0,146    | 0,364     | 0,738     | 0,111     | 0,524     | 1,040     | 0,057     |
| <b>CRJ-100/200</b>   | 0,105     | 0,045     | -0,238    | -0,225    | 0,368     | 0,162     | -0,082    | 0,074     | 0,300     | -0,197    |
| <b>CRJ-900</b>       | 0,200     | 0,194     | -0,249    | -0,225    | 0,532     | 0,552     | 0,216     | 0,461     | 1,040     | 0,057     |
| <b>CRJ -700</b>      | 0,155     | 0,118     | -0,249    | -0,133    | 0,532     | 0,508     | 0,130     | 0,286     | 0,300     | -0,197    |

**Tablo 6-58: SWGM Operatörüne Bağlı SF-NIS Noktaları**

|               | <b>M1</b>          | <b>M2</b>          | <b>T1</b>          | <b>T2</b>          | <b>T3</b>          |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>SF-NIS</b> | (0,34, 0,55, 0,39) | (0,30, 0,59, 0,36) | (0,17, 0,74, 0,35) | (0,20, 0,70, 0,35) | (0,39, 0,53, 0,32) |
|               | <b>T4</b>          | <b>T5</b>          | <b>T6</b>          | <b>E1</b>          | <b>E2</b>          |
| <b>SF-NIS</b> | (0,36, 0,52, 0,40) | (0,27, 0,64, 0,34) | (0,33, 0,58, 0,34) | (0,36, 0,61, 0,26) | (0,20, 0,73, 0,28) |

6. *Alternatiflerin SF-NIS ile olan uzaklıklarının hesaplanması:* Alternatiflerin SF-NIS ile olan Öklid mesafesi [Eşitlik 48](#) ile hesaplanmıştır. Küresel mesafe ise [Eşitlik 53](#) ile hesaplanmıştır.

**Tablo 6-59:** SWAM Operatörüne Bağlı Alternatiflerin SF-NIS ile Olan Öklid ve Küresel Uzaklıkları

|                    | <b>E<sub>i</sub> (Öklid)</b> | <b>S<sub>i</sub> (Küresel)</b> |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <b>ERJ-135</b>     | 0,031                        | 0,599                          |
| <b>ERJ-145</b>     | 0,030                        | 0,605                          |
| <b>ERJ-170</b>     | 0,061                        | 0,607                          |
| <b>ERJ-175</b>     | 0,061                        | 0,605                          |
| <b>ERJ-190</b>     | 0,080                        | 0,609                          |
| <b>ERJ-195</b>     | 0,084                        | 0,607                          |
| <b>CRJ-100/200</b> | 0,013                        | 0,596                          |
| <b>CRJ-900</b>     | 0,078                        | 0,607                          |
| <b>CRJ -700</b>    | 0,057                        | 0,619                          |

**Tablo 6-60:** SWGM Operatörüne Bağlı Alternatiflerin SF-NIS ile Olan Öklid ve Küresel Uzaklıkları

|                    | <b>E<sub>i</sub> (Öklid)</b> | <b>S<sub>i</sub>(Küresel)</b> |
|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <b>ERJ-135</b>     | 0,095                        | 0,609                         |
| <b>ERJ-145</b>     | 0,037                        | 0,601                         |
| <b>ERJ-170</b>     | 0,107                        | 0,615                         |
| <b>ERJ-175</b>     | 0,105                        | 0,612                         |
| <b>ERJ-190</b>     | 0,076                        | 0,606                         |
| <b>ERJ-195</b>     | 0,116                        | 0,614                         |
| <b>CRJ-100/200</b> | 0,036                        | 0,598                         |
| <b>CRJ-900</b>     | 0,116                        | 0,617                         |
| <b>CRJ -700</b>    | 0,065                        | 0,610                         |

7. *Görelî değerlendirme matrisi (RA) oluşturma:* Bu aşamada alternatifler Öklid mesafesi ve küresel mesafeleri kullanılarak birbirine göre değerlendirilmiş ve bu işlem için [Eşitlik 54](#) kullanılmıştır. Uygulamada eşik parametre olan  $\alpha=0,02$  olarak belirlenmiştir.

**Tablo 6-61:** SWAM Operatörüne Bağlı Görelî Değerlendirme Matrisi

|                | <b>ERJ-135</b> | <b>ERJ-145</b> | <b>ERJ-170</b> | <b>ERJ-175</b> | <b>ERJ-190</b> | <b>ERJ-195</b> | <b>CRJ-100/200</b> | <b>CRJ-900</b> | <b>CRJ-700</b> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| <b>ERJ-135</b> | 0,000          | 0,001          | -0,030         | -0,030         | -0,049         | -0,053         | 0,018              | -0,047         | -0,026         |
| <b>ERJ-145</b> | -0,001         | 0,000          | -0,030         | -0,030         | -0,049         | -0,054         | 0,017              | -0,048         | -0,026         |
| <b>ERJ-170</b> | 0,030          | 0,030          | 0,000          | 0,000          | -0,019         | -0,023         | 0,048              | -0,018         | 0,004          |
| <b>ERJ-175</b> | 0,030          | 0,030          | 0,000          | 0,000          | -0,019         | -0,023         | 0,048              | -0,018         | 0,004          |
| <b>ERJ-190</b> | 0,049          | 0,049          | 0,019          | 0,019          | 0,000          | -0,004         | 0,067              | 0,001          | 0,023          |

**Tablo 6-61:** SWAM Operatörüne Bağlı Görelî Değerlendirme Matrisi (devamı)

|                   |        |        |        |        |        |        |       |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| <b>ERJ-195</b>    | 0,053  | 0,054  | 0,023  | 0,023  | 0,004  | 0,000  | 0,071 | 0,006  | 0,027  |
| <b>CRJ100/200</b> | -0,018 | -0,017 | -0,048 | -0,048 | -0,067 | -0,071 | 0,000 | -0,065 | -0,044 |
| <b>CRJ-900</b>    | 0,047  | 0,048  | 0,018  | 0,018  | -0,001 | -0,006 | 0,065 | 0,000  | 0,022  |
| <b>CRJ -700</b>   | 0,026  | 0,026  | -0,004 | -0,004 | -0,023 | -0,027 | 0,044 | -0,022 | 0,000  |

**Tablo 6-62:** SWGM Operatörüne Bağlı Görelî Değerlendirme Matrisi

|                    | <b>ERJ-135</b> | <b>ERJ-145</b> | <b>ERJ-170</b> | <b>ERJ-175</b> | <b>ERJ-190</b> | <b>ERJ-195</b> | <b>CRJ-100/200</b> | <b>CRJ-900</b> | <b>CRJ -700</b> |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|
| <b>ERJ-135</b>     | 0,000          | 0,058          | -0,012         | -0,010         | 0,019          | -0,022         | 0,059              | -0,021         | 0,030           |
| <b>ERJ-145</b>     | -0,058         | 0,000          | -0,069         | -0,068         | -0,038         | -0,079         | 0,001              | -0,079         | -0,028          |
| <b>ERJ-170</b>     | 0,012          | 0,069          | 0,000          | 0,002          | 0,031          | -0,010         | 0,070              | -0,010         | 0,041           |
| <b>ERJ-175</b>     | 0,010          | 0,068          | -0,002         | 0,000          | 0,029          | -0,012         | 0,069              | -0,011         | 0,040           |
| <b>ERJ-190</b>     | -0,019         | 0,038          | -0,031         | -0,029         | 0,000          | -0,041         | 0,039              | -0,041         | 0,010           |
| <b>ERJ-195</b>     | 0,022          | 0,079          | 0,010          | 0,012          | 0,041          | 0,000          | 0,080              | 0,000          | 0,051           |
| <b>CRJ-100/200</b> | -0,059         | -0,001         | -0,070         | -0,069         | -0,039         | -0,080         | 0,000              | -0,080         | -0,029          |
| <b>CRJ-900</b>     | 0,021          | 0,079          | 0,010          | 0,011          | 0,041          | 0,000          | 0,080              | 0,000          | 0,051           |
| <b>CRJ -700</b>    | -0,030         | 0,028          | -0,041         | -0,040         | -0,010         | -0,051         | 0,029              | -0,051         | 0,000           |

8. *Alternatiflerin değerlendirme skorlarının hesaplanması ve nihai sıralama:* Son adım olan bu aşamada [Eşitlik 56](#) yardımıyla alternatiflerin değerlendirme skorları hesaplanmıştır. Elde edilen skarlardan maksimum değere sahip olan alternatif, tercih edilmesi gereken alternatif olmaktadır. Söz konusu sıralama SWAM operatörü adına Tablo 6-63, SWGM için ise Tablo 6-64 ile aşağıda verilmiştir.

**Tablo 6-63:** SWAM Operatörüne Bağlı Değerlendirme Puanları ve Sıralama

|                    | <b>Skorlar</b> | <b>Sıralama</b> |
|--------------------|----------------|-----------------|
| <b>ERJ-135</b>     | -0,214         | 7               |
| <b>ERJ-145</b>     | -0,221         | 8               |
| <b>ERJ-170</b>     | 0,051          | 5               |
| <b>ERJ-175</b>     | 0,051          | 4               |
| <b>ERJ-190</b>     | 0,222          | 2               |
| <b>ERJ-195</b>     | 0,261          | 1               |
| <b>CRJ-100/200</b> | -0,377         | 9               |
| <b>CRJ-900</b>     | 0,211          | 3               |
| <b>CRJ -700</b>    | 0,015          | 6               |

**Tablo 6-64:** SWGM Operatörüne Bağlı Değerlendirme Puanları ve Sıralama

|                | <b>Skorlar</b> | <b>Sıralama</b> |
|----------------|----------------|-----------------|
| <b>ERJ-135</b> | 0,100          | 5               |
| <b>ERJ-145</b> | -0,419         | 8               |
| <b>ERJ-170</b> | 0,206          | 3               |
| <b>ERJ-175</b> | 0,190          | 4               |
| <b>ERJ-190</b> | -0,073         | 6               |

**Tablo 6-64:** SWGM Operatörüne Bağlı Değerlendirme Puanları ve Sıralama (devamı)

|                    |        |   |
|--------------------|--------|---|
| <b>ERJ-195</b>     | 0,296  | 1 |
| <b>CRJ-100/200</b> | -0,427 | 9 |
| <b>CRJ-900</b>     | 0,293  | 2 |
| <b>CRJ -700</b>    | -0,166 | 7 |

## 7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Havayolu ulaşımı, oluştuğu ilk zamanlardan itibaren diğer taşımacılık türleri ile hem bağlantılı hem de bağımsız şekilde gelişerek mevcut konumunu almıştır. Bu gelişim durağan olmayıp teknolojinin getirileri, yolcu istek ve arzuları doğrultusunda şekillenmektedir. Yolcular açısından, hangi ulaşım modu olursa olsun değişmeyen beklentilerin daha ucuza ve hızlı hizmet olduğu bilinmektedir. Diğer ulaşım sistemleri ile karşılaştırıldığında oldukça hızlı bir ulaşım imkanı havayolu ile sunulabilmektedir. Özellikle Türkiye gibi karayolu ulaşımının yoğun kullanıldığı ve bundan kaynaklı yığılmaların olduğu ülkelerde, aktif bir havayolu ulaşımı sisteminin gerekliliği göz ardı edilemeyecek kadar belirgindir. Aynı zamanda kurulması gereken havacılık sisteminin hız vaadinin yanında daha ekonomik olması da beklenmektedir. Zira Türkiye’de havayolu işletmeleri arasında rekabetin henüz istenen düzeye gelememesi, tekelleşmeye neden olmakta bu durum da sektöre yeni girişleri ve mevcut varlıkları tehdit etmektedir. Bu durum ise bilet fiyatlarına yansiyarak havayolu ulaşımının Türkiye açısından gelişmesini engellemektedir. Havacılık konusunda söz sahibi olan Avrupa ve ABD’de var olan havacılık sistemleri ile bu negatif özellikler ortadan kaldırılabilmıştır. Bu sistemlerden birisi ise bölgesel hava taşımacılığı olmuştur.

Bu çalışmada Türkiye’de henüz bir havayolu işletmesinin hizmet vermediği havacılık operasyonu olan bölgesel hava taşımacılığın Türkiye’de uygulanabilirliği test edilmiştir. Bu anlamda; bu operasyon biçimini benimseyecek varsayımsal bir havayolu işletmesi adına öncelikle ulusal nitelikli havalimanları arasından uçuş yapabileceği havalimanının seçimi, ikincil olarak ise bu uçuşları gerçekleştirirken kullanabileceği bölgesel turbojet motorlu uçaklar arasından bir seçim yapması amaçlanmıştır. Söz konusu seçim, ÇKKV yöntemlerinin bulanık sistemler ile entegrasyonun son uzantılarından olan SF AHP-TOPSIS ve SF AHP-CODAS entegrasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntem de hem havalimanı seçim hem de uçak seçim için, yöntemler arasındaki temel hesaplama farklılıklarını saptamak amacıyla kullanılmıştır. Her iki yönteme dair hesaplamalar, Microsoft Excel programı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen çıktılar, bölgesel bir havayolu olarak kurulacak işletme nezdinde yapılmış olup ilk kurulum için; Türkiye’de havayolu işletmesi kurulumu için gerekli şartların belirtildiği, SHGM tarafından hazırlanan ‘SHY-6A Ticari Hava Taşıma İşletmeleri Yönetmeliği’ne dair yasal mevzuat aşaması çalışma konusuna dahil edilmemiştir.

İlk karar aşaması olan havalimanı seçim için havalimanı alternatifleri, Türkiye’de bulunan 56 havalimanından aktif olan 52’si arasında yapılan kümeleme analizi ile belirlenen 11 havalimanı olmuştur. Havalimanları arasında sıralama yapılması adına kullanılacak kriterler, literatür taraması sonucunda havalimanı seçiminde etkili olduğu saptanan 11 kriter olarak belirlenmiştir. Karar aşamasında kullanılan ilk ÇKKV yöntemi olan SF AHP-TOPSIS ile; öncelikle 11 seçim kriteri arasında sonuç üzerinde en etkili olabilecek kriteri saptamak ve kriterlerin ağırlıklarını belirlemek adına SF-AHP yöntemi uygulanmıştır. Yöntem sonucunda 11 kriterden seçim üzerinde en fazla etkiye sahip olanlar, *operasyonel maliyet* ve *bilet fiyatları* olarak hesaplanmıştır. Söz konusu iki kriterin birinin havayolu işletmeleri diğerinin ise yolcu açısından uçuşun maliyetini ifade ettiği dikkat çekmekte, havayolu hizmetinin mali yükümlülüklerine karşı hem yolcuların hem de işletmelerin hassasiyetini bir kere daha vurgulamaktadır. Havalimanı seçiminde ikincil karar aşaması olan alternatifler arasında sıralama yapmak amacıyla SF-TOPSIS kullanılmıştır. Yöntemin uygulanması ile belirlenen 11 havalimanı arasında yapılan nihai sıralamada, bölgesel havacılık operasyonlarında kullanılabilecek en ideal havalimanının yöntemin SWAM ve SWGM operatörünün her ikisi içinde Antalya Havalimanı olduğu sonucu elde edilmiştir. Ayrıca SWAM operatörüne göre yapılan hesaplamada, Muğla Dalaman Havalimanı ikinci sırada yer alırken Muğla Milas-Bodrum Havalimanı üçüncü sırada yer almıştır. SWGM operatörü adına bu iki havalimanı sadece yer değiştirerek yine ikinci ve üçüncü tercih arasında yer almıştır.

Havalimanı seçiminde, hesaplama ve sıralama farklılıklarını görmek amacıyla kullanılan ikinci ÇKKV yöntemi olan SF AHP-CODAS için, SF-AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. SF AHP-TOPSIS ile aynı uzmanların cevaplarının kullanılması nedeniyle kriter ağırlıkları her iki yöntemde de aynı olup SF AHP-CODAS için de havalimanı seçiminde en önemli iki kriter, *operasyonel maliyet* ve *bilet fiyatları* olmuştur. Havalimanı alternatifleri arasında yapılan sıralamada SWAM ve SWGM operatörleri için Antalya Havalimanı yine ilk tercih olarak sıralanmıştır. SWAM operatörüne göre ikinci sırada yer alarak en tercih edilebilir bir diğer havalimanı Trabzon Havalimanı olurken üçüncü sırada ise Adana Havalimanı yer almıştır. SWGM operatörüne göre yapılan sıralamada ikinci sırada Gaziantep Havalimanı yer alırken üçüncü sıra Trabzon Havalimanı olarak oluşmuştur. Böylece; her iki yöntemin çıktıları ve hesaplama farklılıkları, ortaya çıkan sıralama ile görülmektedir.

Bölgesel havacılık sistemi kurulması adına verilecek ikincil karar aşamasını, kullanılacak uçak modeli oluşturmaktadır. Bu anlamda bölgesel havacılıkta kullanılan 9 bölgesel jet alternatifi, 3 ana kriter altında tanımlı 10 kriter ile değerlendirilip sıralanmıştır. Söz konusu 3 ana kriter; *maliyet*, *teknik özellikler* ve *emniyet* olarak belirlenmiştir. Havalimanı

seçimi ile benzer şekilde SF AHP-TOPSIS entegrasyonunda ilk olarak 10 kritere dair ağırlıklar SF-AHP ile belirlenmiştir. *Maliyet* ana kriteri için tanımlı iki alt kriterden *satın alma maliyeti*, uçak seçiminde *koltuk km maliyetine* göre işletme açısından daha önemli görülerek sonuç üzerinde daha etkili bulunmuştur. *Teknik özellikler* ana kriteri altında tanımlı altı kriterden en fazla ağırlığa sahip olarak en önemli uçak özelliği, *maksimum kalkış ağırlığı/MTOW* iken ikinci sırada *yakıt tüketimi* en fazla ağırlığa sahip kriter olarak hesaplanmıştır. Son ana kriter olan *emniyet* altında tanımlı iki kriterden ise *kaza/kırım sayısı* diğer kriter olan *teknik aksaklığa* göre uçağın emniyeti açısından daha önemli bir kriter olarak saptanmıştır. Son olarak üç ana kriter arasında yapılan sıralamada uçak seçiminde en etkili ana kriter *maliyet* olurken ikinci sırada *emniyet* son sırada ise *teknik özellik* kriteri yer almıştır. Kriter ağırlıklarının elde edilmesinden sonra, alternatifler arasında nihai sıralama yapmak amacıyla SF-TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Yöntem sonucunda; SWAM operatörüne bağlı sıralamada CRJ-100/200 uçağı en tercih edilebilir model olarak belirlenirken ERJ-135 uçağı ikinci, ERJ-145 uçak modeli ise üçüncü sırada yer almıştır. SWGM operatörü ile yapılan sıralamada ise ERJ-135 uçağı en iyi uçak alternatifi olurken ikinci sırada ERJ-170, üçüncü sırada CRJ-900 tipi uçak en iyi alternatif olarak sıralanmıştır. Böylece iki operatörün hesaplama farklılığı net bir şekilde görülmektedir.

Uçak seçimi amacıyla kullanılan bir diğer yöntem SF AHP-CODAS olup kriter ağırlıklarını hesaplamada kullanılan cevapların aynı olması nedeniyle kriter ağırlıkları ve sıralamaları, SF AHP-TOPSIS yönteminin çıktıları ile aynı olmuştur. SF AHP-CODAS yönteminde alternatifler arasındaki nihai sıralamada SWAM ve SWGM operatörü için de en tercih edilebilir uçak modelinin ERJ-195 olduğu saptanmıştır. SWAM operatörüne göre yapılan sıralamada, ERJ-190 ikinci en iyi tercih olurken CRJ-900 tipi uçak üçüncü en iyi tercih olarak belirlenmiştir. SWGM operatörü dikkate alındığında ise ikinci sırada CRJ-900 modeli uçak yer alırken üçüncü sırada ise ERJ-170 modeli uçak yer almaktadır.

Bölgesel havacılık kurulumu ve doğal olarak kurulacak bölgesel bir havayolu işletmesi açısından yapacağı operasyonlarda kullanabileceği havalimanı ve uçak modelinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada; uygulanan her iki yöntemin çıktıları dikkate alındığında, havalimanı seçim konusunda en iyi tercih açısından önemli bir sıralama farklılığı bulunmamıştır. Ancak uçak tipi seçiminde hem kullanılan iki yöntemin çıktıları farklı olurken aynı zamanda yöntemlerde hesaplama yapılan operatörlerin sıralamasının da birbirinden farklı olduğu saptanmıştır. Bu temel farka, uzmanlar açısından verilen cevaplarda uçak modellerinin sahip olduğu farklı teknik özelliklerin sebep olabileceği düşünülmektedir.

Türkiye’de bölgesel havacılık anlamında önemli bir pazar olduğu çalışmadan hareketle ifade edilebilmektedir. Zira gerek coğrafi yapısı gerekse havayolu ulaşımında hizmet veren

mevcut işletmelerin benimsediği uçuş operasyon biçimleri ve seçtikleri uçuş güzergahları bunu gözler önüne sermektedir. Kurulması planlanan bölgesel bir havayolu işletmesinin ise önündeki en önemli engelin yine mali konular olacağı çalışma ile de tekrar saptanmıştır. Bu anlamda, bu alanda faaliyet göstermek isteyen işletmelere gerekli destek ve teşvikler yapılmalıdır. Bu havacılık operasyon biçimini etkin bir şekilde uygulayan bölgelerin benimsedikleri stratejiler, ilk kurulum aşamasında atılması gereken adımlar incelenerek Türkiye’de kurulacak olan işletme açısından daha doğru ve sağlam bir zemin sağlanmalıdır. Böylece ekonomik geliri açısından oldukça yüksek olan bu havacılık operasyonu daha kalıcı ve uzun süreli olabilecektir. Bunun doğal sonucu olarak; küçük meydanların da havayolu taşımacılığında aktif hale gelmesi, atıl kalmaması sağlanabilecek ve havayolu ulaşımı diğer ulaşım sistemleri kadar tercih edilebilir olacaktır.



## 8. KAYNAKÇA

- [1] Havacılık Okulu, (17.04.2014). Havacılık Tarihi. <http://havacilikokulu.com/wpcontent/uploads/2011/09/SivilHavac%C4%B1l%C4%B1%C4%9F%C4%B1n-Tarihsel-Geli%C5%9Fimi.pdf>
- [2] DALMIŞ, A. B. (2014). Türkiye’de Ticari Hava Taşımacılık Sektörünün Strateji Belirleme Sürecinde SWOT Analizinin Rolü: Tasarım Okulu Perspektifiyle Bir İnceleme. Türk Hava Kurumu Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Ankara
- [3] Grančay, M. (2010). The economic impacts of air transport liberalization. Zagreb International Review of Economics & Business, 13(2), 73-88.
- [4] AKAR, P. G., MANGA, M., & Harun, B. A. L. (2019). Havayolu Taşımacılığında Liberalizasyon ve Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(3), 1160-1174.
- [5] Çizmecioglu, M. (2013). Türkiye’de Sivil Havacılık ve Hava Yolu Ulaşımı Üzerine Bir Araştırma. Bahçeşehir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul
- [6] RAA (2020). Economic Impact of Small Community Air Service by State April 2020. Erişim Adresi: [https://www.raa.org/wp-content/uploads/2020/04/For-Posting-20200401-RAA-Economic-Analysis-Regional-Exclusive-Service-by-State\\_FINAL.pdf](https://www.raa.org/wp-content/uploads/2020/04/For-Posting-20200401-RAA-Economic-Analysis-Regional-Exclusive-Service-by-State_FINAL.pdf) (Erişim Tarihi: 05.09.2021)
- [7] Gerede, E. (Ed.) (2015). Hava Yolu Taşımacılığı ve Ekonomik Düzenlemeler Teori ve Türkiye Uygulaması. Gerede, E., Orhan, G. (Der.). Türk Havayolu Taşımacılığındaki Ekonomik Düzenlemelerin Gelişim Süreci. içinde (ss.164-208) *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü*.
- [8] Tunç, A. (2012) Türkiye’de Bölgesel Havayolu Şirketi Kurulması. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul
- [9] Siddiqi, A. (t.y.). Deregulation and Its Consequences. Erişim Adresi: [https://www.centennialofflight.net/essay/Commercial\\_Aviation/Dereg/Tran8.htm](https://www.centennialofflight.net/essay/Commercial_Aviation/Dereg/Tran8.htm) (Erişim Tarihi: 25.08.2021)
- [10] IATA. (2020). Economic Performance of the Airline Industry. Erişim Adresi: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/airline-industry-economic-performance-june-2020-report/> (Erişim Tarihi: 25.08.2021)

- [11] ICAO. (2020). World Results and Analyses for OCT 2020. Erişim Adresi: [MonthlyMonitor\\_Dec\\_2020.pdf \(icao.int\)](https://www.icao.int/pressroom/2020/12/20201201-World-Results-and-Analyses-for-OCT-2020.pdf) (Erişim Tarihi: 25.08.2021)
- [12] ATAG (2020). Aviation: Benefits Beyond Borders (2020) full report. Erişim Adresi: [https://aviationbenefits.org/media/167517/aw-oct-final-atag\\_abbb-2020-publication-digital.pdf](https://aviationbenefits.org/media/167517/aw-oct-final-atag_abbb-2020-publication-digital.pdf) (Erişim Tarihi: 05.09.2021)
- [13] IATA. (t.y.). IATA Economics/April 2020 Airline Industry Economic Performance. Erişim Adresi: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/airline-industry-economic-performance---april-2021---data-tables/> (Erişim Tarihi: 22.09.2021)
- [14] IATA. (2021). World Air Transport Statistics (WATS). Erişim Adresi: <https://www.iata.org/contentassets/a686ff624550453e8bf0c9b3f7f0ab26/wats-2021-mediakit.pdf> (Erişim Tarihi: 13.09.2021)
- [15] ICAO. (2019). Air Transport Statistics. Erişim Adresi: [https://www.icao.int/annual-report-2019/Documents/ARC\\_2019\\_Air%20Transport%20Statistics.pdf](https://www.icao.int/annual-report-2019/Documents/ARC_2019_Air%20Transport%20Statistics.pdf) (Erişim Tarihi: 16.09.2021)
- [16] ICAO. (2019). The World of Air Transport in 2019. Erişim Adresi: <https://www.icao.int/annual-report-2019/Pages/the-world-of-air-transport-in-2019.aspx> (Erişim Tarihi: 16.09.2021)
- [17] IATA. (2020). IATA's Annual Review 2020. Erişim Adresi: [https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a\\_4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2020.pdf](https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a_4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2020.pdf) (Erişim Tarihi: 23.09.2021)
- [18] ICAO. (2020). Economic Development of Air Transport / Air Transport Monthly Monitor/2021 February. Erişim Adresi: [https://www.icao.int/sustainability/Documents/MonthlyMonitor-2021/Monthly\\_Monitor\\_February\\_2021.pdf](https://www.icao.int/sustainability/Documents/MonthlyMonitor-2021/Monthly_Monitor_February_2021.pdf) (Erişim Tarihi: 23.09.2021)
- [19] China Eastern. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: <https://www1.hkexnews.hk/listedco/listconews/sehk/2021/0427/2021042701934.pdf> (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [20] Air China. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: <https://www1.hkexnews.hk/listedco/listconews/sehk/2021/0426/2021042601958.pdf> (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [21] United Airlines. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: <https://ir.united.com/index.php/static-files/a30cf7ec-7b4a-4fd9-9ae3-2656e9d53f24> (Erişim Tarihi: 24.09.2021)

- [22] Delta Airlines. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: <https://d18rn0p25nwr6d.cloudfront.net/CIK-0000027904/4062dcf6-2f8c-4727-afc8-55f364c951f3.pdf> (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [23] Southwest Airlines. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: [https://www.southwestairlinesinvestorrelations.com/~/\\_media/Files/S/Southwest-IR/LUV\\_2020\\_Annual%20Report\\_.pdf](https://www.southwestairlinesinvestorrelations.com/~/_media/Files/S/Southwest-IR/LUV_2020_Annual%20Report_.pdf) (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [24] Air France-KLM. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: [https://www.airfranceklm.com/sites/default/files/q4\\_2020\\_press\\_release\\_en\\_final.pdf](https://www.airfranceklm.com/sites/default/files/q4_2020_press_release_en_final.pdf) (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [25] Emirates. (2020). Annual Report 2020-2021. Erişim Adresi: [https://cdn.ek.aero/downloads/ek/pdfs/report/annual\\_report\\_2021.pdf](https://cdn.ek.aero/downloads/ek/pdfs/report/annual_report_2021.pdf) (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [26] Aeroflot. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: [https://ir.aeroflot.com/fileadmin/user\\_upload/files/eng/general\\_information/agm\\_2020/ar2020\\_eng-1.pdf](https://ir.aeroflot.com/fileadmin/user_upload/files/eng/general_information/agm_2020/ar2020_eng-1.pdf) (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [27] Turkish Airlines (THY). (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: [https://investor.turkishairlines.com/documents/faaliyet-raporlari/thy\\_annual-report\\_2020.pdf](https://investor.turkishairlines.com/documents/faaliyet-raporlari/thy_annual-report_2020.pdf) (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [28] Lufthansa Group. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: <https://investor-relations.lufthansagroup.com/fileadmin/downloads/en/financial-reports/annual-reports/LH-AR-2020-e.pdf> (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [29] LATAM. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: <http://www.latamairlinesgroup.net/static-files/13b07ff4-2a10-4cfd-8d42-c67a58eb01a0> (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [30] American Airlines Group Inc. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: [https://s21.q4cdn.com/616071541/files/doc\\_news/2021/01/4Q20-Financials.pdf](https://s21.q4cdn.com/616071541/files/doc_news/2021/01/4Q20-Financials.pdf) (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [31] China Southern Airlines. (2020). Annual Report 2020. Erişim Adresi: [https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReports/PDF/NYSE\\_ZNH\\_2020.pdf](https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReports/PDF/NYSE_ZNH_2020.pdf) (Erişim Tarihi: 24.09.2021)
- [32] Kaya, E. (2000). Havaalanlarında fiyatlandırma açısından muhasebe bilgi sistemi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları

- [33] DHMİ. (2020). 2020 Havayolu Sektör Raporu. Erişim Adresi: [https://www.dhmi.gov.tr/Lists/HavaYoluSektorRaporlari/Attachments/14/2020\\_HavaYolu\\_Sektor\\_raporu.pdf](https://www.dhmi.gov.tr/Lists/HavaYoluSektorRaporlari/Attachments/14/2020_HavaYolu_Sektor_raporu.pdf) (Erişim Tarihi: 30.09.2021)
- [34] SHGM. (2020). 2020 Faaliyet Raporu. Erişim Adresi: <http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/faaliyet/2020.pdf> (Erişim Tarihi: 01.10.2021)
- [35] Eurocontrol. (2020). Aviation Intelligent Unit/Think Paper 8. Erişim Adresi: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-02/eurocontrol-think-paper-8-impact-of-covid-19-on-european-aviation-in-2020-and-outlook-2021.pdf> (Erişim Tarihi: 01.10.2021)
- [36] DHMİ. (t.y.). Erişim Adresi <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx> (Erişim Tarihi: 01.10.2021)
- [37] Şahin, B. (2020). Türk Sivil Havacılık Sektörünün Swot Analizi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Bandırma.
- [38] Çelebi, A. (2008). Türkiye'nin Tam Üyelik Sürecinde AB Sivil Havacılık Müktesebatına Uyum Düzeyi ve Türkiye -AB Sivil Havacılık Sorunları. Yüksek Lisans Tezi. Ufuk Üniversitesi. Ankara.
- [39] DHMİ. (t.y.). DHMİ/Hakkımızda. Erişim Adresi: <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Hakkimizda.aspx> (Erişim Tarihi: 03.10.2021)
- [40] Wikipedia. (t.y.). List of passenger airlines. Erişim Adresi: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_passenger\\_airlines](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_passenger_airlines) (Erişim Tarihi: 03.10.2021)
- [41] ICAO. (t.y.). Manual on The Regulation of International Air Transport. Chapter 5.1-Air Carriers. Erişim Adresi: [https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/Provisional\\_Doc\\_9626.pdf](https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/Provisional_Doc_9626.pdf) (Erişim Tarihi: 03.10.2021)
- [42] Sarılğan, A.E. (2007). Bölgesel Havayolu Taşımacılığı ve Türkiye’de Bölgesel Havayolu Taşımacılığının Geliştirilmesi İçin Yapılması Gerekenler. Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Eskişehir.
- [43] Smestad, S.L. (1985). The Regional Airline Industry. Master Thesis. University of Montana. Business Administration. USA.
- [44] RAA. (2011). RAA Annual Report. ABD: Reggional Airlines Association.
- [45] ERAA. (2010). Marketing Characteristics 1996 - 2009: Erişim Adresi:



- [59] Jefferson, A. (1997). The feasibility of maintaining regional airline access to congested European airports. Cranfield University College of Aeronautics.
- [60] Belina, F. W., & Bush, L. R. (1977). A study of commuter air service.
- [61] Hensher, D. A. (2002). Determining passenger potential for a regional airline hub at Canberra International Airport. *Journal of Air Transport Management*, 8(5), 301-311.
- [62] Babikian, R., Lukachko, S. P., & Waitz, I. A. (2002). The historical fuel efficiency characteristics of regional aircraft from technological, operational, and cost perspectives. *Journal of Air Transport Management*, 8(6), 389-400.
- [63] Correnti, V., Ignaccolo, M., Capri, S., & Inturri, G. (2006). Regional Air Transport in Europe: The Potential Role of The Civil Tiltrotor in Reducing Airside Congestion. *Journal of Air Transportation*, 11(1).
- [64] Dennis, N., Smyth, A., & Stevens, K. (2008). Comparative analysis of regional airline industry in Europe and North America and some insight into current developments. *Transportation research record*, 2052(1), 118-125.
- [65] Wang, H., Chang, B., & Zhang, J. (2011). Analysis of China's Regional Aviation Development and Strategies. In *ICCTP 2011: Towards Sustainable Transportation Systems* (pp. 22-29).
- [66] Herchko, D.A. (2012). Background Factors That Affect Pilot Success in Regional Airline Training. Embry-Riddle Aeronautical University. Science of Aeronautical. Master Thesis. Daytona Beach, Florida
- [67] Tunç, A. (2012). Türkiye’de Bölgesel Havayolu Şirketi Kurulması. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- [68] Baker, D., Merkert, R., & Kamruzzaman, M. (2015). Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in Australia. *Journal of Transport Geography*, 43, 140-150.
- [69] Gillen, D., Hasheminia, H., & Jiang, C. (2015). Strategic considerations behind the network–regional airline tie ups—a theoretical and empirical study. *Transportation Research Part B: Methodological*, 72, 93-111.
- [70] Gillen, D., & Hazledine, T. (2015). The economics and geography of regional airline services in six countries. *Journal of Transport Geography*, 46, 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.06.00>.
- [71] Bjerke, B. (2018). Regional Airline Study: The Impact Of Operational Volume On Performance At Capacity Constrained Airports. University of North Dakota. Master of Science. North Dakota

- [72] Sedláčková, A. N., & Švecová, D. (2018). The regional airports position within the Slovak Republic: The case study of Piešťany Airport and the proposal of measures for its revitalization. *Transportation research procedia*, 35, 209-219.
- [73] Yılmaz, S. (2006). Uçak seçim kriterlerinin değerlendirilmesinde AHP ve bulanık AHP Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [74] Wang, T. C., & Chang, T. H. (2007). Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 33(4), 870-880.
- [75] Yeh, C. H., & Chang, Y. H. (2009). Modeling subjective evaluation for fuzzy group multicriteria decision making. *European Journal of Operational Research*, 194(2), 464-473.
- [76] Ozdemir, Y., Basligil, H., & Karaca, M. (2011). Aircraft selection using analytic network process: a case for Turkish airlines. *In Proceedings of the World Congress on Engineering (WCE)*, 8, 9-13
- [77] Sun, X., Gollnick, V., & Stumpf, E. (2011). Robustness Consideration in Multi-Criteria Decision Making to an Aircraft Selection Problem. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 18(1-2), 55-64.
- [78] Gomes, L. F. A. M., de Mattos Fernandes, J. E., & de Mello, J. C. C. S. (2014). A fuzzy stochastic approach to the multicriteria selection of an aircraft for regional chartering. *Journal of Advanced Transportation*, 48(3), 223-237.
- [79] Dožić, S., & Kalić, M. (2014). An AHP approach to aircraft selection process. *Transportation Research Procedia*, 3, 165-174.
- [80] Gürün, A. (2015). Sivil havacılık sektöründe iş jeti modeli seçimi: AHP yöntemi uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.
- [81] Kiracı, K., & Bakır, M. (2018). Application of commercial aircraft selection in aviation industry through multi-criteria decision making methods. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(4), 307-332.
- [82] Akyurt, İ. Z., & Kabadayı, N. (2020). Bulanık AHP ve Bulanık Gri İlişkiler Analizi Yöntemleri ile Kargo Uçak Tipi Seçimi: Bir Türk Havayolu Firmasında Uygulama. *Journal of Yaşar University*, 15(57), 38-55.
- [83] Janic, M., & Reggiani, A. (2002). An application of the multiple criteria decision making (MCDM) analysis to the selection of a new hub airport. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2(2/3).

- [84] Gardiner, J., Ison, S., & Humphreys, I. (2005). Factors influencing cargo airlines' choice of airport: An international survey. *Journal of air transport management*, 11(6), 393-399.
- [85] Gupta, S., Vovsha, P., & Donnelly, R. (2008). Air passenger preferences for choice of airport and ground access mode in the New York City metropolitan region. *Transportation research record*, 2042(1), 3-11.
- [86] Menou, A., Benallou, A., Lahdelma, R., & Salminen, P. (2010). Decision support for centralizing cargo at a Moroccan airport hub using stochastic multicriteria acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 204(3), 621-629. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.11.021>
- [87] Ssamula, B. (2010). Exploring multi-criteria decision analysis method as a tool to choose regionalairport hubs within Africa. *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering*, 48(2), 83–97. <https://doi.org/10.2495/SDP-V5-N2-83-97>
- [88] Postorino, M. N., & Praticò, F. G. (2012). An application of the Multi-Criteria Decision-Making analysis to a regional multi-airport system. *Research in Transportation Business & Management*, 4, 44-52.
- [89] Dobruszkes, F., Givoni, M., & Vowles, T. (2017). Hello major airports, goodbye regional airports? Recent changes in European and US low-cost airline airport choice. *Journal of Air Transport Management*, 59, 50-62.
- [90] Özcan, B., Akman, G., Başlı, H., & Gündüz, E. B. (2018). Çok Kriterli Karar Vermede AHP ve TOPSIS Yöntemleriyle Uçuş Noktası Seçimi. *Journal of Institue Of Science and Technology*, 34(3).
- [91] Sennaroglu, B., & Celebi, G. V. (2018). A military airport location selection by AHP integrated PROMETHEE and VIKOR methods. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 160-173.
- [92] Özcan, T. (2018). A Hybrid Multi-Criteria Decision Making Approach for New Destination Selection in Aviation Industry. *Alphanumeric Journal*, 6(1), 1-12.
- [93] Kalaycı, Ş. (2009), *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, 4. Baskı, Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- [94] Tekin, B. (2015). Temel sağlık göstergeleri açısından Türkiye'deki illerin gruplandırılması: bir kümeleme analizi uygulaması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 389-416.
- [95] Avcı, U. (2006), *Bulanık Kümeleme Algoritmalarının Karşılaştırmalı Analizi ve Bilgisayar Uygulamaları*, İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [96] Sandal, E.K. (2009). Sosyo-Ekonomik Kriterler Bakımından Türkiye, Doğu Avrupa ve Kafkas Ülkelerinin Karşılaştırılması. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(22), 89-105.
- [97] Koc, İ., ve Arslan, E. (2018). Demand forecasting for domestic air transportation in Turkey using artificial neural networks. İçinde 2018 6th International Conference on Control Engineering and Information Technology, CEIT 2018 (Sayı October). <https://doi.org/10.1109/CEIT.2018.8751869>
- [98] Yazıcı, R. O. (2011). Air Passenger Demand Forecasting for Planned Airports, Case Study: Zafer and OR-GI Aiports in Turkey: C. Vol 1 No. (Sayı 1) [Middle East Technical University]. <http://e-journal.usd.ac.id/index.php/LLT%0Ahttp://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpdpb/article/viewFile/11345/10753%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.758%0Awww.ijsrjournals.org>
- [99] Düzgün, M. (2020). Assessment Of Istanbul Grand Airport (IGA) as A Global Cargo Base By The TOPSIS Method. *Academic Rewiew of Humanities and Social Sciences*, 3(1), 125–138.
- [100] Janic, M. (2015). A multi-criteria evaluation of solutions and alternatives for matching capacity to demand in an airport system: the case of London. *Transportation Planning and Technology*, 38(7), 709–737. <https://doi.org/10.1080/03081060.2015.1059120>
- [101] Hsiao, C. Y., and Hansen, M. (2011). A passenger demand model for air transportation in a hub-and-spoke network. In: *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* (C. 47, Sayı 6, ss. 1112–1125). <https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.05.012>
- [102] Tam, M. L., & Lam, W. H. K. (2005). Analysis of airport access mode choice: a case study in Hong Kong. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 708–723.
- [103] Çelebi Varlık, G. (2014). Multi-criteria decision making for location selection. Marmara University, Insitute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Deparment of Industrial Engineering, Master Thesis, İstanbul
- [104] Choo, S., You, S. (Iris), ve Lee, H. (2013). Exploring characteristics of airport access mode choice: A case study of Korea. *Transportation Planning and Technology*, 36(4), 335–351. <https://doi.org/10.1080/03081060.2013.798484>
- [105] da Rocha, P. M., Barros, A. P. de, Silva, G. B. da, & Costa, H. G. (2016). Analysis of the operational performance of brazilian airport terminals: A multicriteria approach with

- De Borda-AHP integration. İçinde Journal of Air Transport Management (C. 51, ss. 19–26). <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.11.003>
- [106] Hess, S., & Polak, J. W. (2005). Mixed logit modelling of airport choice in multi-airport regions. Journal of Air Transport Management, 11(2), 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2004.09.001>
- [107] Zietsman, D., & Vanderschuren, M. (2014). Analytic Hierarchy Process assessment for potential multi-airport systems - The case of Cape Town. İçinde Journal of Air Transport Management (C. 36, ss. 41–49). <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2013.12.004>
- [108] Janic, M. (2003). Multicriteria evaluation of high-speed rail, Transrapid Maglev and air passenger transport in Europe. Transportation Planning and Technology, 26(6), 491–512. <https://doi.org/10.1080/0308106032000167373>
- [109] Macharis, C., De Witte, A., and Ampe, J. (2009). The multi-actor, multi-criteria analysis methodology (MAMCA) for the evaluation of transport projects: Theory and practice. Journal of Advanced Transportation, 43(2), 183–202. <https://doi.org/10.1002/atr.5670430206>
- [110] Çetin, A., & Altan, Ş. (2019). Bulanık Topsis Yöntemiyle Havayol Şirketleri Performans Değerlendirmesi: Esenboğa Havalimanında Bir Uygulama. Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 5(1), 40–61. <http://dergipark.org.tr/tr/pub/guiibd/issue/46382/507942>
- [111] Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. Management science, 32(7), 841-855.
- [112] Aytürk, S. (2006). Askeri Savunma Sistemlerinde Analitik Hiyerarşi ve Analitik Şebeke Prosesi ile Hafif Makineli Tüfek Seçimi. *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 142 s.*
- [113] İmren, E. (2011). Mobilya endüstrisinde analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi ile kuruluş yeri seçimi. *Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- [114] Saaty T L (1990) Physics as a decision theory. European Journal of Operational Research, 48(1): 98-104. [115]
- [115] Lashgari, S., Antuchevičienė, J., Delavari, A. & Kheirkhah, O. 2014. Using QSPM and WASPAS methods for determining outsourcing strategies. Journal of Business Economics and Management, 15(4): 729-743.
- [116] Adalı, E. A., & Ayşegül, T. U. Ş. (2017). Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin SWARA ve WASPAS Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşımı. International Review of Economics and Management, 5(4), 56-77.

- [117] Arslan, H. M. (2018). Current Classification of Multi Criteria Decision Analysis Methods And Public Sector Implementations. *Current Debates in Public Finance Public Administration & Environmental Studies: Volume 13*, 247.
- [118] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- [119] Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, I. *Information sciences*, 8(3), 199-249.
- [120] Sambuc, R. (1975). *Function  $\Phi$ -Flous, Application a l'aide au Diagnostic en Pathologie Thyroïdienne*. University of Marseille
- [121] Jahn, K. U. (1975). Intervall-wertige Mengen. *Mathematische Nachrichten*, 68(1), 115-132.
- [122] Grattan-Guinness, I. (1976). Fuzzy membership mapped onto interval and many valued quantities. *Zeitschrift für mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik*, 22(1), 149-160.
- [123] Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy sets and Systems*, 20(1), 87-96.
- [124] Yager, R. R. (1986). On the theory of bags. *Int. Jou of General System*, 13(1), 23- 37.
- [125] Atanassov, K. T. (1989). Other extensions of intuitionistic fuzzy sets. In *Intuitionistic Fuzzy Sets, Physica, Heidelberg*, 179-198.
- [126] Smarandache, F. (1998) *Neutrosophy: neutrosophic probability, set, and logic: analytic synthesis &synthetic analysis*
- [127] Garibaldi, J. M., & Ozen, T. (2007). Uncertain fuzzy reasoning: a case study in modelling expert decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 15(1), 16-30.
- [128] Torra, V. (2010). Hesitant fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 25(6), 529-539.
- [129] Yager, R. R. (2013). Pythagorean fuzzy subsets. *Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting*, 57-61, Edmonton, Canada.
- [130] Cuong, B. C. (2014). Picture fuzzy sets. *Journal of Computer Science and Cybernetics*, 30(4), 409-420.
- [131] Yager, R. R. (2016). Generalized orthopair fuzzy sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 25(5), 1222-1230.
- [132] Kutlu Gündoğdu, F., & Kahraman, C. (2019). Spherical fuzzy sets and spherical fuzzy TOPSIS method. *Journal of intelligent & fuzzy systems*, 36(1), 337-352.
- [133] Cengiz, K., Ufuk C. & Ziya U. (2003). "Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP", *Logistics Information Management*, Vol. 16, No. 6, PP: 382 – 394.

- [134] Mazaheri Asad, M., Ebrahimi Kermani, S., & Monteiro da Hora, H. R. (2015). A Proposed Framework for Evaluating Student's Performance and Selecting the Top Students in E-Learning System, Using Fuzzy AHP Method. *In Proceedings of the International Conference on Management, Economics and Humanities*, Istanbul-Turkey.
- [135] Kahraman, C., & Gündoğdu, F. K. (Ed.). (2020). From Ordinary Fuzzy Sets to Spherical Fuzzy Sets. Kahraman, C., & Gündoğdu, F. K. (Der). *Decision making with spherical fuzzy sets: theory and applications* (Vol. 392). içinde (ss.15-24) Springer Nature.
- [136] Kutlu Gündoğdu, F. (2019). Generalization of intuitionistic, pythagorean, and neutrosophic fuzzy sets: spherical fuzzy sets and decision making. *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- [137] Bolturk, E. (2018). Pythagorean fuzzy CODAS and its application to supplier selection in a manufacturing firm. *Journal of Enterprise Information Management*.
- [138] Kahraman C., & Gündoğdu, F.K. (2018). From 1D to 3D membership: spherical fuzzy sets. *In: BOS/SOR2018 conference. Warsaw, Poland*
- [139] Yang, Y., & Chiclana, F. (2009). Intuitionistic fuzzy sets: spherical representation and distances. *International Journal of Intelligent Systems*, 24(4), 399-420.
- [140] Gong, Z., Xu, X., Yang, Y., Zhou, Y., & Zhang, H. (2016). The spherical distance for intuitionistic fuzzy sets and its application in decision analysis. *Technological and Economic Development of Economy*, 22(3), 393-415.
- [141] Kahraman, C., & Gündoğdu, F. K. (2020). Decision making with spherical fuzzy sets: theory and applications, *Springer Nature*, 392.
- [142] Mathew, M., Chakraborty, R. K., & Ryan, M. J. (2020). A novel approach integrating AHP and TOPSIS under spherical fuzzy sets for advanced manufacturing system selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 96.
- [143] Kutlu Gündoğdu, F. & Kahraman, C. (2020). A novel spherical fuzzy analytic hierarchy process and its renewable energy application.
- [144] Ayyildiz, E., & Gumus, A. T. (2020). A novel spherical fuzzy AHP-integrated spherical WASPAS methodology for petrol station location selection problem: a real case study for İstanbul. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(29), 36109-36120.
- [145] Otay, I., Kahraman, C., Öztayşı, B., & Onar, S. Ç. (2020). A novel single-valued spherical fuzzy AHP-WASPAS methodology. *Fuzzy Logic and Intelligent Technologies in Nuclear Science*

- [146] Oztaysi, B., Onar, S. C., & Kahraman, C. (2020). A dynamic pricing model for location based systems by using spherical fuzzy AHP scoring. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, (Preprint), 1-10
- [147] Zhang, X., & Xu, Z. (2014). Extension of TOPSIS to multiple criteria decision making with Pythagorean fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 29(12), 1061-1078.
- [148] Unal, Y. & Temur, G. T. (2020). Using Spherical Fuzzy AHP Based Approach for Prioritization of Criteria Affecting Sustainable Supplier Selection. Kahraman, C., Cevik Onar, S., Oztaysi, B., Ucal Sari, I., Cebi, S., & Tolga, A.C. (Ed.). *Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions Proceedings of the INFUS 2020 Conference, Istanbul, Turkey, July 21-23, 2020*. içinde (pp. 160-168). Springer, Cham.
- [149] DHMİ. (t.y.). Erişim Adresi <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx> (Erişim Tarihi: 31.05.2021)
- [150] GÜNEY, S., ULUDAĞ, C., & MERT, İ. S. (2010). Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi prosesi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (18), 53-68.
- [151] Ozdemir, Y., Basligil, H., & Karaca, M. (2011). Aircraft selection using analytic network process: a case for Turkish airlines. *In Proceedings of the World Congress on Engineering (WCE)*, 8, 9-13
- [152] Semercioglu, H., & Özkoç, H. (2019). Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Desteklenmiş Sosyal Seçim Teorisi: Havayollarında Uçak Seçim Süreci. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 20(44), 67-92.
- [153] Gomes, L. F. A. M., de Mattos Fernandes, J. E., & de Mello, J. C. C. S. (2014). A fuzzy stochastic approach to the multicriteria selection of an aircraft for regional chartering. *Journal of Advanced Transportation*, 48(3), 223-237.
- [154] Inan, T. T. (2019) Havayollarında Filo Planlaması Doğrultusunda Uygulanan Stratejiler ve Üçlü Filo Planlama Modelinin İncelenmesi. *Press Academia Procedia*, 9(1), 144-149.
- [155] Gün, M. (2014). “Borajet Turboprop Uçakları Neden Satıyor”. *Zaman*. Erişim Adresi: <http://www.airkule.com/haber/BORAJET-TURBOPROP-UCAKLARI-NEDEN-SATIYOR/18386> (Erişim Tarihi: 09.12.2021)
- [156] Herdem, M. (2017). “Borajet Bombardier’e döner mi?” Erişim Adresi: <https://www.airporthaber.com/kose-yazilari/borajet--bombardiye-doner-mi.html> (Erişim Tarihi: 09.12.2021)

- [157] Alp, S., & Engin, T. (2011). Trafik kazalarının nedenleri ve sonuçları arasındaki ilişkinin TOPSIS ve AHP yöntemleri kullanılarak analizi ve değerlendirilmesi. *İstanbul ticaret üniversitesi. Fen bilimleri dergisi*.
- [158] Gök, M. (2015). G20 Ülkelerinin Enerji Göstergeleri Açısından Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Sıralanması. *Ankara Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İşletme Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi*.
- [159] Yıldırım, B.F. (2019). Çok Kriterli Karar Verme (Kişisel Blog). Erişim Adresi: <https://www.bahadirfyildirim.com/blog/serie/cok-kriterli-karar-verme/> (Erişim Tarihi: 09.12.2021)
- [160] Ponnusamy, G. (2018). ‘In what perspective, does optimization differ from multi-criteria decision making (MCDM)?’ (Reserach Question). Erişim Adresi: <https://www.researchgate.net/post/In-what-perspective-does-optimization-differ-from-multi-criteria-decision-making-MCDM> (Erişim Tarihi:10.12.2021)
- [161] Banihabib, M. E., Hashemi-Madani, F. S., & Forghani, A. (2017). Comparison of compensatory and non-compensatory multi criteria decision making models in water resources strategic management. *Water Resources Management*, 31(12), 3745-3759.
- [162] Kaya, M. (2019). “Türkiye'nin yerli uçağı projesini Almanya kaptı.” Erişim Adresi: <https://www.dunya.com/ekonomi/turkiyenin-yerli-ucagi-projesini-almanya-kapti-haberi-452166> (Erişim Tarihi:18.01.2022)
- [163] Beyazıt, K. (2020). “‘Yerli ve Milli’ Uçağı Almanlara Kaptırdık.” Erişim Adresi: <https://www.webtekno.com/yerli-ve-milli-ucagi-almanlara-kaptirdik-h74701.html> (Erişim Tarihi:18.01.2022)

## ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler |                |  |
|------------------|----------------|--|
| Adı Soyadı       | Kübra Kocakaya |  |
| Doğum Yeri       |                |  |
| Doğum Tarihi     |                |  |
| Uyruğu           |                |  |
| Telefon          |                |  |
| E-Posta Adresi   |                |  |
| Web Adresi       |                |  |

Fotoğraf

|                | Eğitim Bilgileri                          |
|----------------|-------------------------------------------|
|                | Lisans                                    |
| Üniversite     | Mustafa Kemal Üniversitesi                |
| Fakülte        | Sivil Havacılık Yüksekokulu               |
| Bölümü         | Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği Bölümü |
| Mezuniyet Yılı | 2015                                      |

|               | Yüksek Lisans                                           |
|---------------|---------------------------------------------------------|
| Üniversite    | Bandırma Onyediy Eylül                                  |
| Enstitü Adı   | Fen Bilimleri Enstitüsü                                 |
| Anabilim Dalı | Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı |
| Programı      | Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Programı      |

| Makale ve Bildiriler                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kocakaya K., Engin T. (2020). 22@Barcelona Projesi Analizi; Bandırma Ölçeğinde Uygulanabilirliği. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi (AUSUD / JITSA, 2020), 3(1), 71-93.                                                                           |
| Kocakaya, K., Engin, T., Tektaş, M., & AYDIN, U. Türkiye’de Bölgesel Havayolları için Uçak Tipi Seçimi: Küresel Bulanık AHP-TOPSIS Yöntemlerinin Entegrasyonu. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 4(1), 59-73.                                    |
| Şahin, B., Kocakaya, K., & Tektaş, M. (2019). Sivil Havacılık Konusunda Ulusal Tez Merkezinde Yapılan Çalışmalara Dair Bir Alan Araştırması. II.İnternational Conferance of Emprical,Economics and Social Science (ICEES 2019). (Tam Metin Bildiri/ Sözlü Sunum) |
| Kocakaya K., Tektaş M. (2019). Akıllı Ulaşım Sistemleri Konusunda Yazılan Ulusal Tezlerin Analizine Yönelik Bir Çalışma. II.İnternational Conferance of Emprical,Economics and Social Science (ICEES 2019), 2019. (Tam Metin Bildiri/ Sözlü Sunum)               |
| Şahin, B., Kocakaya, K., & Tektaş, M. (2018). Karayolu Taşımacılığında Otobüs Firması Seçim tercihlerine Etki Eden Faktörler, 2018, 566-574. II.International Symposium on Economics, Finance and Econometrics (ISEFE 2018). (Tam Metin Bildiri/ Sözlü Sunum)    |