Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi
Nigde Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences

ISSN: 2564-6605

Araştırma / Research

POTANSİYEL ÇOKLU HAVALİMANI SİSTEMİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Esra DİLMEN[1], Tahsin ÇETİNYOKUŞ[2,*]

[1] *Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye*
[2] *Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye*

ÖZET

Hava taşımacılığı talebindeki değişim ve hava ulaşımına olan talebin yıldan yıla büyük artışlar göstermesi, havalimanının artan talebi karşılamada zorlanması havalimanı sistemini daha da karmaşık hale getirmektedir. Bu nedenle; havalimanlarının yerleşimi, kapasitesi ve beklenen büyüme gibi konularının değerlendirilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmada Ankara ilinde mevcut durumda sivil hava trafiğine hizmet veren Esenboğa Havalimanının yanı sıra ikinci bir havalimanı potansiyeli değerlendirilmektedir. Sosyo-ekonomik göstergelerle birlikte, mekânsal planlama, ulaştırma gelişimi, çevresel koruma ve finansal sürdürülebilirlik gibi kriterler havalimanı gelişiminde öne çıkmaktadır. Literatür taraması ve uzmanlarla yapılan görüşmeler sonrasında kriterler uzman anketleri ile belirlenmiş ve ağırlıklandırılmıştır. Anketlerden elde edilen verilere dayanarak çok kriterli karar verme tekniklerinden (ÇKKV) AHP, TOPSIS ve ELECTRE kullanılarak hangi trafik seviyesine kadar Ankara ilinin hava ulaşım talebini mevcut havalimanı ile karşılayabileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Çoklu Havalimanı Sistemi (ÇHS), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), TOPSIS, ELECTRE

ASSESMENT OF POTENTIAL MULTI-AIRPORT SYSTEMS BY USING MULTIPLE CRITERIA DESICION MAKING METHODS

ABSTRACT

Changes in increasing demand for air transport from year to year-forced airports to meet the demand and makes airport system more complicated. Therefore; it becomes compulsory to assess the issues such as location and capacity of airports and expected growth. In this study, a second airport potential is evaluated as well as Esenboğa Airport that currently serves civil air traffic in Ankara. Criteria such as socio-economic indicators, spatial planning, transport development, environmental protection and financial viability stand out in airport development. After literature review and interviews with experts, the criteria were determined and weighted with expert questionnaires. Based on the data obtained from the questionnaires, it was evaluated by using AHP, TOPSIS AND ELECTRE methods from multi-criteria decision making techniques (MCDM) to which traffic level Ankara can meet the air travel demand with the existing airport.

Keywords: Multi Criteria Decision Making (MCDM), Multi Airport System (MAS), AHP, TOPSIS, ELECTRE

1. GİRİŞ

Günümüzde küresel ekonomi, ekonomik büyümeye dayanmakta olup birçok çalışma, ekonomik büyümenin veya küçülmenin hava yolcu trafiğinde değişime yol açtığını göstermiştir. [1]-[3].

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) verilerine göre; 2018 senesinde gerçekleşen toplam yolcu sayısı 2017 yılına göre %6,1'lik bir artış göstererek 4,3 milyar yolcuya ulaşmıştır [4]. Uluslararası Havalimanı Konseyi (ACI), 2019 yılında; havayoluyla seyahat eden yolcu sayısının 4,6 milyar kişi, havacılık sektörünün toplam net kârının ise 2018 yılına göre %9,9'luk bir artışla 35,5 milyar dolar olacağını ve hava yoluyla taşınan kargo miktarının ise 2018 yılındaki kargo miktarına göre %3,6'lık bir artışla bu değerin 2019 yılında 65,9 milyon ton olacağını öngörmektedir [5].

Son 10 yılda yapılan çalışmalar; havalimanı faaliyetlerinin sadece yapısal karakteristikler veya ekonomik faaliyetler ile sınırlı olmadıklarını bunların yanında artan bölgesel rekabet koşullarında çok önemli bir rol oynadığını da göstermektedir [6]-

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: tahsinc@gazi.edu.tr
Geliş / Recieved: 22.04.2020 Kabul / Accepted: 07.07.2020 doi: 10.28948/ngmuh.689887

[8]. Ayrıca; havalimanları iki farklı cephe üzerinde ekonomik ve sosyal değerler ortaya koymaktadır. Bunlar iş ile ilgili faaliyetler ve bölgesel ekonominin gelişimi için yapısal faaliyetler olarak tanımlanabilmektedir [9].

Havalimanları; hem havayolu ağları içindeki önemli unsurları hem de yolcular için değişim noktalarını temsil etmeleri nedeniyle hava taşımacılığında önemli bir merkez konumundadırlar. Son yıllarda havalimanlarının fonksiyonları karmaşık hale gelmiştir ve havalimanlarının rolü aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [10];

i. Seyahat edenler için hem hava ulaşımı açısından çok fazla bağlantı sağlaması hem de havalimanlarına erişim konusunda çok çeşitli ulaşım modu imkânı sunması nedeniyle çok modlu taşımacılık terminalleri haline gelmiştir.

ii. Oteller, toplantı salonları, spor merkezleri ve birçok ticari faaliyeti içeren birçok büyük havalimanı ekonomik merkez haline gelmiştir.

iii. Yerel yönetimler tarafından sistematik bir şekilde yönetilen havalimanları, belirli bir bölge için ekonomik büyümenin itici gücü haline gelmiştir.

Havalimanlarının fonksiyonlarının daha karmaşık hale gelerek farklı roller üstlenmesi, metropol bölgelerde hava ulaşım talebini karşılamak için ikincil bir havalimanının değerlendirilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Hava ulaşım talebindeki büyüme ve mevcut havalimanları üzerindeki kapasite kısıtlamaları göz önüne alındığında, dünyadaki hava taşımacılığı sistemlerinde gelecekteki talebi karşılamada çoklu havalimanı sisteminin (ÇHS) kilit bir mekanizma olduğu görülmektedir. Çoklu havalimanı sisteminin ortaya çıkabilmesi için; mevcut durumda az kullanılan bir havalimanının geliştirilmesi veya yeni bir havalimanının inşa edilmesi gibi iki yol bulunmaktadır [11].

2019 yılı itibariyle Türkiye'de İstanbul, Muğla ve Antalya illerinde çoklu havalimanı sistemi ile hava ulaşım talebi karşılanmaktadır. Türkiye'de 2019 yılında İstanbul ilinde yer alan havalimanlarından; birincil havalimanı olan ve yeni hizmete açılan İstanbul Havalimanında 52 milyon yolcu trafiği, ikincil havalimanı olan İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanında ise 35,5 milyon yolcu trafiği ve 2019 yılının Nisan ayına kadar hizmet veren İstanbul Atatürk Havalimanında ise 16,1 milyon yolcu trafiği gerçekleşmiştir. Ayrıca; Muğla ilinde 2019 yılında; Muğla Dalaman Havalimanı yolcu trafiği 4,9 milyon yolcu, Muğla-Milas Bodrum Havalimanı yolcu trafiği ise 4,3 milyon yolcu olarak gerçekleşmiştir. Antalya ilinde ise 2019 yılında; Antalya Havalimanı tarafından 35,6 milyon yolcuya, Gazipaşa Alanya Havalimanı tarafından ise 1,08 milyon yolcuya hizmet verilmiştir.

Ulaştırma problemlerine yönelik literatür çalışmaları incelendiğinde ÇKKV metotlarının son yıllarda sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Zietsman ve Vanderschuren çalışmalarında, potansiyel çoklu havalimanı gelişiminin değerlendirilmesi analizinde AHP yönteminin uygulanmasını ele almışlardır. Mevcut durumda Cape Town'da, Cape Town Uluslararası Havalimanı tarafından hizmet verilmektedir. Çalışmalarında Sosyo-ekonomik gelişmelerle birlikte, mekânsal planlama, ulaşımın gelişimi, çevresel koruma ve finansal sürdürülebilirlik havalimanı gelişiminde temel kriterler olarak ele alınmıştır. Temel paydaşlar ile gerçekleştirilen bir anket ile bu kriterlerin AHP' deki ilişkisel ağırlıkları tespit edilmiştir. Cape Town şehrinde ikinci bir havalimanına geçiş potansiyeli ile ilgili çok kriterli karar verme ile değerlendirme yapılmıştır [12]. Wei çalışmalarında havalimanın genişletilmesinin ardından; havayolu şirketlerinin havalimanına adaptasyonunun ve hizmet seviyesinin geliştirilmesinin; yolculara olan etkilerini ölçecek fayda temelli bir yöntem sorgulamışlardır. Ekonomik ve diğer yerel ve küresel değişikliklerden dolayı meydana gelen hava ulaşım talebindeki dalgalanmalar nedeniyle havalimanlarının yapısının ve boyutlarının ele alınması gerektiğini değerlendirmişlerdir [13]. Özcan; çalışmasında yeni destinasyon seçimi problemi için çok kriterli karar verme yaklaşımlarından bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve gri ilişki analizi metodolojileri bütünleştirilerek önermiştir. Önerilen yaklaşımda, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile her bir kriterin ağırlığı belirlenmiş ve alternatif destinasyonların performansını sıralamada gri ilişki analizi kullanılmıştır. Önerilen yaklaşımın etkinliği ve uygulanabilirliği Türkiye'deki bir havayolu şirketinden alınan verilerle gerçekleştirilen bir vaka çalışması ile sunulmuştur [14]. Bakır ve Atalık çalışmalarında hizmet kalitesinin havayolu taşımacılığında oldukça önemli bir unsur olmasından hareketle 2016 yılında en fazla yolcu taşıyan 11 havayolu işletmesinin hizmet kalitesi değerlendirilmiştir. Bu kapsamda havalimanı hizmetleri, lounge hizmetleri, uçak içi hizmetler ve kabin ekibi unsurlarına ilişkin yolcu görüşleri değerlendirme kriteri olarak ele alınmıştır. Öncelikle Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edilmiş, ardından ARAS yöntemi ile havayolu işletmeleri hizmet kalitesine göre değerlendirilerek sıralanmıştır [15]. Altın, Karaatlı ve Budak çalışmalarında Avrupa'nın yolcu sayısı bakımından en büyük 20 havalimanının performanslarını Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile sıralamış ve Veri Zarflama Analizi yöntemiyle de etkinliklerini değerlendirmişlerdir [16].

Yapılan literatür incelemesi sonrasında; ÇHS'nin değerlendirilmesinde önerilmesi, eldeki veri kümesinin uygun olması ve uzman görüşlerinin dahil edilebilmesine elverişli olması nedeniyle ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Ankara Esenboğa Havalimanının son 10 yılda uçak trafiği yaklaşık olarak 2 katına, yolcu trafiği ise 3 katına ulaşmıştır. Bu nedenle bu gelişimle ilgili etkileri değerlendirme ihtiyacı ön plana çıkmıştır. Mevcut durumda Ankara ilinin ticari hava ulaşım talebine Ankara Esenboğa Havalimanı tek başına karşılamaktadır. 2018 yılında yaklaşık 16,5 milyon yolcu trafiği gerçekleşmiş olup Türkiye'de sivil hava trafiğine açık havalimanları arasında yolcu ve uçak trafiği açısından 4. sırada yer almaktadır. Mevcut durumda Esenboğa Havalimanı (ESB) 20 Milyon yolcu/yıl terminal kapasitesiyle yıllık 16 Milyon yolcu talebini karşılayabilecek düzeydedir. Ancak DHMİ tarafından yapılan tahminlerde öngörülen yolcu talebi mevcut kapasitenin üzerindedir.

Bu nedenle bölgenin hava ulaşım talebini tek havalimanı olarak mı karşılamalı yoksa çoklu havalimanı sistemi olarak mı hareket edilmeli sorusu ortaya çıkmıştır. Bu makale Ankara ilindeki havalimanı sistemine ilişkin bir değerlendirme çalışmasının bulgularını özetlemektedir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı değerlendirme yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

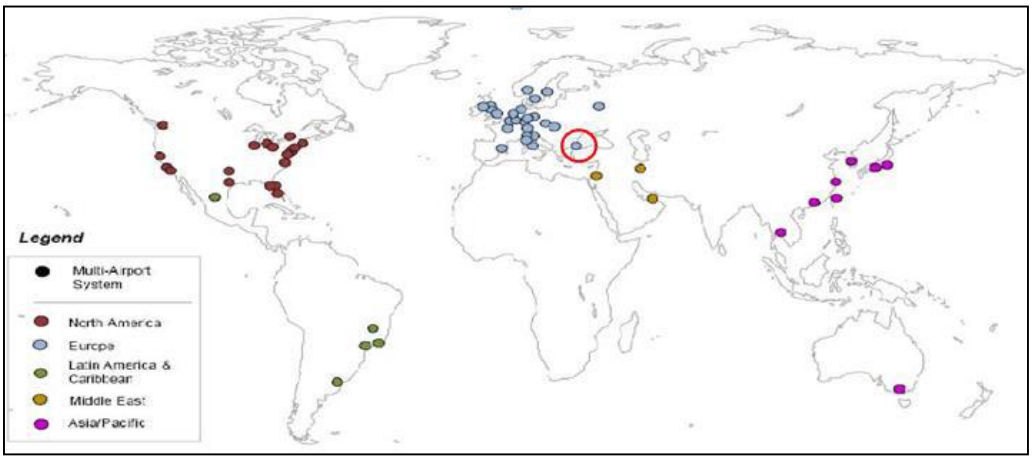
2.1. Çoklu Havalimanı Sistemi (ÇHS)

Yapılan literatür incelemesinde çoklu havalimanı sisteminin havalimanı endüstrisinde önemli bir yere sahip olduğu görülmüştür. Bir ÇHS, her bir havalimanının mülkiyeti veya politik kontrolüne bakılmaksızın metropol bölgede ticari taşımaya hizmet etmek için rekabet eden önemli havalimanları kümesi olarak tanımlanmaktadır [17].

Başarılı çoklu havalimanı sistemlerinin yüksek uçak ve yolcu trafiği seviyesine sahip metropol şehirlerde var olma olasılığı yüksektir. Trafiğin artmasına paralel olarak ikinci bir havalimanı ihtiyacı ve çoklu havalimanı sistemi ortaya çıkmaktadır. Ancak; yüksek bir yolcu trafiği seviyesi tek başına yeterli değildir. Amsterdam çoklu havalimanı sistemini ele alan çalışmada verilen bilgiye göre Atlanta ve Frankfurt Havalimanları kendi kıtalarında ki en yoğun trafiğe sahip havalimanları arasında olmasına rağmen ikisi de çoklu havalimanı sisteminin bir parçası değildir [17],[18]. Bununla birlikte, hem hava talebi seviyesinin hem de düşük maliyetli (low-cost) hava taşıyıcılarının artması, giderek daha önemli bir pazar payı kazanan sözde bölgesel havalimanlarının kullanımını yoğunlaştırmaktadır. Birçok durumda, hizmet alanlarının(catchment area) bir bölümünü paylaşan ve aynı coğrafi bölgeye hizmet veren bazı bölgesel havalimanları vardır, ancak bunların ana merkezinin bir şehir olma zorunluluğu yoktur. Bu tür kümelerdeki havalimanları bölgesel birçok havalimanı sistemini temsil eder. Yolcuya ve yük trafiğine hizmet veren çoklu havalimanı sistemi, havayolu şirketi ve yolcular tarafından belirli bir ölçüde kullanıldığında başarılı olarak kabul edilmektedir. Birincil havalimanı: Çoklu havalimanı sisteminde trafiğin yüzde 20'sinden fazlasına hizmet vermektedir. İkincil havalimanı ise çoklu havalimanı sisteminde toplam trafiğin yüzde 1 ile yüzde 20 arasındaki trafiğe hizmet vermektedir. İkincil havalimanı hava hizmetlerine kolay erişim sağlandığında, yolcular için cazip olmaktadır [10],[11]. Ancak; transfer yolcular ikinci havalimanları için büyük bir pazar oluşturmaz bu nedenle ikinci havalimanı tek bir bölgede ki yolcu üzerine odaklanmaktadır [17].

Talepteki büyüme ve mevcut havalimanları üzerindeki kapasite kısıtlamaları göz önüne alındığında, ÇHS'nin dünyadaki hava taşımacılığı sistemlerinde gelecekteki talebi karşılamada kilit bir mekanizma olduğu görülmektedir. Tipik olarak, bir ÇHS'nin evrimleşebileceği iki yol, mevcutta az kullanılan bir havalimanının geliştirilmesi veya yeni bir havalimanının inşası yoluyladır [11].

Türkiye'de çoklu havalimanı sistemine örnek olarak İstanbul ili verilebilir. İstanbul ilinde İstanbul Havalimanı ve Sabiha Gökçen Havalimanı olmak üzere ticari sivil hava trafiğine açık 2 havalimanı bulunmaktadır. 2018 yılında İstanbul Atatürk Havalimanı yaklaşık 68 Milyon yolcu trafiğine hizmet verirken İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı ise yaklaşık 34 Milyon yolcuya hizmet vermiştir. Küresel ölçekte büyük çoklu havalimanı sistemi örnekleri Şekil 1'de açıkça gösterilmiştir.



Şekil 1. Çoklu havalimanı sistemi

Genel olarak, iyi bir çoklu havalimanı sisteminin, koordineli bir yönetim yaklaşımı ile desteklenmesi durumunda havalimanının hem işletme hem de altyapı olarak sürdürülebilirliğinin sağlanmasına önemli ölçüde katkıda bulanabilmektedir. Bu anlamda, ÇHS, ekonomik ve finansal açıdan daha iyi bir performans sergilemek ve altyapısal rekabetçiliği artırmak için faydalı olabilir [9].

Sonuç olarak, karmaşık ve doğrusal olmayan bir yolun sonucunu temsil eden çoklu havalimanı sisteminin, sürdürülebilir havalimanı modeline yönelik mevcut olan tek alternatif veya geçerli olan benzersiz bir çözüm olarak kabul edilmemesi de gerekmektedir [9]. Uygun çözümlerin irdelenebilmesi adına AHP ve alternatif olarak diğer iki çok kriterli karar verme yöntemiyle karar vericiye destek olacak bir çözüm önerisi ortaya konmuştur.

2.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri

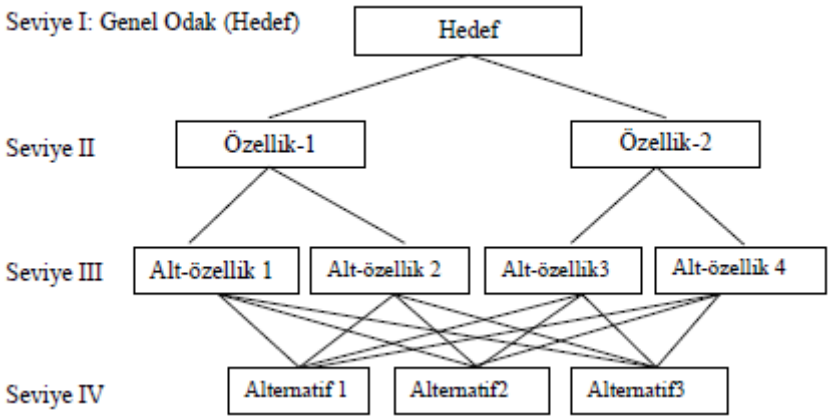
Günümüzde karar verme prosesi mümkün alternatif sayılarının artması, göz önünde bulundurulan karar kriterlerin çelişmesi ve değerlerinin birbirine yakınlığı dolayısıyla oldukça karmaşık ve zor bir görev haline gelmiştir. ÇKKV, genellikle çelişen kriterler içeren değerlendirme ve sıralama problemleri için sıklıkla başvurulan güçlü bir araçtır [19].

Ele alınan karar probleminde; karar vericilerin beklentileri, alternatiflerin ve kriterlerin sayısı, verinin miktarı, belirsizlik türü gibi birçok faktör dikkate alınarak hangi yöntemin kullanılacağı belirlenmektedir. Çeşitli amaç ile kullanılan ÇKKV tekniklerinin kullanım alanlarından birisi de ulaştırma problemleridir. Literatürde ulaştırma problemlerinde sıklıkla kullanılan ÇKKV yöntemleri ise AHP, TOPSİS ve ELECTRE yöntemleridir.

2.2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert tarafından ortaya atılmış ve 1977 yılında ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir [20]. AHP, belirlilik ve belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok faktörlü, çok amaçlı bir karar verme durumunda kullanılır. AHP ayrıca, karar seçeneklerinin değerlendirilmesi ve seçilmesi sürecinde nitel ve nicel karar faktörlerinin de kullanılabilmesini sağlayan bir yöntemdir [21].

Bir karar probleminin yapısını oluşturmada en basit yöntem, üç basamaklı hiyerarşik yapıdır. Bu hiyerarşik yapının en üstünde ana hedef yer alır. Bir alt seviye, kararın kalitesini etkileyecek kriterlerden oluşur. Bu kriterlerin ana hedefi etkileyebilecek özellikleri varsa hiyerarşiye başka kademeler de eklenebilir. Hiyerarşinin en altında alternatifler yer alır. Hiyerarşinin oluşturulmasında seviye sayısı, problemin karmaşıklığına bağlıdır basit bir hiyerarşi yapışı görülmektedir [22]. AHP'nin hiyerarşik yapısı Şekil 2'de gösterilmektedir [23].



Şekil 2. AHP'nin hiyerarşik yapısı

AHP'de öncelikler üretmek ve organize bir şekilde karar vermek için aşağıdaki adımları izlemek gerekir [24]:

- Karar verme problemi tanımlanır ve istenen bilgi türü belirlenir,
- Daha sonra; en üstte karar amacı, orta seviyede kriterler ve en düşük seviyede alternatifler kümesi olacak şekilde karar hiyerarşisi üst seviyeden en alt seviyeye doğru yapılandırılır,
- Bir dizi ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Üst düzeydeki her öğeyi, bir alt düzeydeki öğelerle karşılaştırmak için kullanılır.

- Karşılaştırmalardan elde edilen öncelikleri, aşağı seviyedeki öncelikleri ağırlıklandırmak için kullanılır. Bu her eleman için yapılır. En alt seviyedeki alternatiflerin nihai öncelikleri elde edilinceye kadar devam edilir.

Şekil 2 'de Hiyerarşik yapısı gösterilen AHP'de, öncelikle amaç belirlenir ve bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler ortaya konur. Daha sonra kriterler göz önüne alınarak potansiyel alternatifler belirlenir. Sonuçta karar için hiyerarşik bir yapı oluşturulmuş olur. Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra her bir kriter temelinde alternatiflerin karşılaştırılması ve kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması için ikili karşılaştırma karar matrisleri oluşturulur. Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty tarafından önerilen 1-9 önem skalası Tablo 1'de gösterilmiştir [25].

Tablo 1. Saaty'nin 1-9 Skalası

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önemde	İki krtier amaca eşit katkıda bulunuyor.
3	Biraz Önemli	Deneyimler ve yargılar bir kriteri diğerine karşı biraz önemli kılmaktadır.
5	Fazla Önemli	Deneyimler ve yargılar bir kriteri diğerine karşı güçlü şekilde önemli kılmaktadır.
7	Çok Fazla Önemli	Kriter diğerine göre çok güçlü şekilde üstündür.
9	Son Derece Önemli	Eldeki bilgiler ve deneyimler bir krtierin diğerine göre çok büyük oranda üstün olduğunu belirtmektedir.
2,4,6,8	Ara Önem Dereceleri	Ara değerler (Uzlaşma gerektiğinde)

Önem derecesinde yer almayan 2, 4, 6, 8 gibi değerler ara değerlerdir. Örneğin karar verici 1 ve 3 arasında kararsız kalırsa 2 değerini kullanabilir. İkili karşılaştırmalar, AHP'nin en önemli aşamasıdır. İkili karşılaştırmaları elde etmek için göreceli veya mutlak ölçümler kullanılır. Bunlardan elde edilen bilgilere göre AHP'de yargılar bir matrise dönüştürülür. a_{ij}, i. özellik ile j. özelliğin ikili karşılaştırma değeri olarak gösterilecek olursa, $a_{ji} = 1 / a_{ij}$ eşitliğinden elde edilir [25].

İkinci adımda; ikili karşılaştırma matrisleri (A) ve üstünlükler belirlenir. Amaç, kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karar verici kriter matrisi veya alternatif matrisi için kriterleri veya alternatifleri ikili olarak karşılaştırır [26].

Üçüncü adım ilişki matrislerinin normalleştirme işleminin gerçekleştirilmesidir. Bu işlem her bir matris sütununun toplamının bütün sütun elemanlarının değerlerine bölünmesiyle sağlanır. Normalleştirilmiş matris kullanılarak her bir kriter için yüzde önem ağırlıkları belirlenir. AHP sürecinin son adımı kriterlerin önem ağırlıkları ile alternatiflerin önem ağırlıklarının çarpımı ve her bir alternatife ait öncelik değerinin bulunmasıdır. En yüksek değeri alan alternatif, karar problemi için en iyi alternatiftir [27].

2.2.2. ELECTRE Yöntemi

ELECTRE yöntemi alternatiflerin yani karar verme birimlerinin (KVB) birbirleri ile kıyaslanması ve en iyi tercihin belirlenmesi özellikleri ile öne çıkan yöntemdir. Yapılan bu işlem kıyaslama sonucunda bir sıralama işlemidir ve bütün alternatifler kriter değerlerine ve ağırlıklarına göre birbirleri ile karşılaştırılır ve göreceli olarak en iyiden en kötüye doğru sıralanır. Böylece alternatifler birbirlerine sağladıkları üstünlük sonucunda diğerlerine göre tercih edilme sıralaması elde edilmiş olur. Bu şekilde ELECTRE yönteminin aşamaları sonucunda en uygun alternatife ulaşılabilecektir [28].

ELECTRE yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır [29]:

Adım1.Karar matrisinin normalleştirilmesi:

Bu adımda aşağıdaki denklemi kullanarak karar matrisindeki çeşitli birimler boyutsuz karşılaştırılabilir birimlere dönüştürülür.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{M} a_{ij}^2}} \tag{1}$$

Bu nedenle, normalleştirilmiş X matrisi Eş.2'deki gibi tanımlanır:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \tag{2}$$

Burada M, alternatiflerin sayısını, N, kriterlerin sayısını ve x_{ij}, j'inci kriter açısından "i" alternatifinin yeni ve boyutsuz tercih ölçüsüdür.

Adım2. Normalleştirilmiş karar matrisinin ağırlıklandırılması

Karar verici öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlıklarını (w_i) belirlemelidir. Daha sonra normalize edilmiş X matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili wi değeri ile çarpılarak ağırlıklı normalize matris (Y) oluşturulur. Y olarak belirtilen ağırlıklı matris Eş.3'te yer almaktadır [30]:

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1x_{11} & w_2x_{12} & K & w_nx_{1n} \\ w_1x_{21} & w_2x_{22} & K & w_nx_{2n} \\ M & M & M & M \\ w_1x_{m1} & w_2x_{m2} & K & w_nx_{mn} \end{bmatrix} \tag{3}$$

Adım3. Uyum ve uyumsuzluk setlerinin belirlenmesi:

Uyum ve uyumsuzluk kümelerinin belirlenebilmesi için W matrisinden yararlanılır. Bu aşamada alternatifler birbirleriyle kriterler açısından karşılaştırılır. Uyum kümesi C, uyumsuzluk kümesi D ile gösterildiğinde, tüm alternatifler için oluşturulan uyum ve uyumsuzluk kümeleri Eş.4 ve Eş.5'den yararlanarak belirlenir [28].

$$C_{kl} = \{v_{kj} \geq v_{ij}\}, \qquad j=1,2,3,....n \tag{4}$$

$$D_{kl} = \{v_{kj} < v_{ij}\}, \qquad j=1,2,3,....n \tag{5}$$

Adım4. Uyum ve uyumsuzluk kümelerinin oluşturulması

Uygunluk matrisindeki C elemanların bağıl değeri uygunluk endeksi vasıtasıyla hesaplanır. Uygunluk indeksi C_{kl}, uyumluluk kümesinde yer alan kriterlerle ilgili ağırlıkların toplamıdır. C_{kl} uygunluk indeksi aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} W_j \qquad j = 1, 2, 3, \dots, N. \tag{6}$$

Uyumluluk matrisi ise Eş.7'deki gibi gösterilmektedir [28].

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \tag{7}$$

Uyumsuzluk matrisi D; A_k belirli alternatiflerin rakip alternatif A_l'ye göre önemsizlik derecesini açıklamaktadır. Uyumsuzluk matrisinin d_{kl} değerleri Eş.8 yardımıyla hesaplanmaktadır [28].

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |v_{kj} - v_{ij}|}{\max_j |v_{kj} - v_{ij}|} \tag{8}$$

Adım5. Uyum ve uyumsuzluk baskınlık matrislerini belirleme

Alternatif A_k 'nın alternatif A_l 'ye üstünlük sağlaması için, uyum değeri C_{kl} 'nin en az eşik değere eşit olması gerekmektedir ($c_k \geq c$). Eşik değeri c ortalama uyum indeksi olarak belirlenebilir Eş.9 yardımıyla hesaplanabilir.

$$\underline{c} = \frac{1}{M(M-1)} \times \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq l}}^{M} \sum_{\substack{l=1 \\ l\neq k}}^{M} c_{kl^*} \tag{9}$$

Eşik değeri temel alan uygunluk baskınlığı matrisi F aşağıdaki gibi belirlenir:

$$f_{kl} = 1, ise\ c_{kl} \geq \underline{c} \qquad f_{kl} = 0, ise\ c_{kl} < \underline{c} \tag{10}$$

Benzer şekilde, uyumsuzluk baskınlığı matrisi G, bir eşik değeri d kullanılarak tanımlanır, d aşağıdaki gibi ifade edilir [29].

$$\underline{d} = \frac{1}{M(M-1)} \times \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq l}}^{M} \sum_{\substack{l=1 \\ l\neq k}}^{M} d_{kl^*} \tag{11}$$

Uyumsuzluk üstünlük matrisi G'nin elemanları (g_{kl}), 0 ya da 1 değerlerini alır (köşegen değerleri aynı alternatifleri gösterdiğinden tanımlanamaz) ve bu değerler Eş.12 kullanılarak belirlenir [28].

$$g_{kl} = 1, ise\ d_{kl} \geq \underline{d} \qquad g_{kl} = 1, ise\ d_{kl} < \underline{d} \tag{12}$$

Adım6. Toplam üstünlük matrisini belirleme

Sonuç olarak F ve G matrisleri yardımıyla tkl elemanlarından oluşan T toplam baskınlık matrisi bulunur [31]:

$$t_{kl} = f_{kl} \times g_{kl} \tag{13}$$

Adım7. Daha az uygun alternatifleri ortadan kaldırma

Toplam baskınlık matrisinden, alternatiflerin kısmi tercih sırasını alabiliriz. t_{kl} = 1 ise, bu hem uyum hem de uyumsuzluk kriterleri kullanılarak A_k'nin A_l'ye tercih edildiği anlamına gelir. Toplam baskınlık matrisinin herhangi bir sütununda 1'e eşit en az bir element varsa, bu sütuna karşılık gelen satırın egemen olduğu "ELECTREally" dir. Bu nedenle, 1'e eşit bir elemana sahip tüm sütunları kaldırırız. O zaman, en iyi alternatif, diğer tüm alternatifleri bu şekilde baskın olandır [29].

2.2.3. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (Technique For Order Preference By Sımılarıty To Ideal Solution) yöntemi, karar vericiler tarafından sıkça kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise, sınırlı sayıda öznel girdiye ihtiyaç duymasıdır. Yöntemde kullanılan tek öznel değişken faktör ağırlıklarıdır. Basit ve anlaşılabilir olması ve iyi bir hesaplama etkinliğine sahip olması bu yöntemin temel özellikleridir [32].

Adım1. Karar matrisinin (A) oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi Eş.14'teki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \tag{14}$$

Aij matrisinde m karar alternatifi sayısını, n ise problemde yer alan kriter sayısını belirtir.

Adım 2. Normalize edilmiş karar matrisinin (r) oluşturulması

Normalize Edilmiş Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak ve Eş.15 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^2}} \quad (i = 1,2, \dots\dots, m\ ve\ j = 1,2, \dots\dots, p) \tag{15}$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mp} \end{bmatrix} \tag{16}$$

Adım3. Ağırlıklı normalize karar matrisinin (v) oluşturulması

Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (wi) belirlenir.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \tag{17}$$

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$V_{ij} = r_{ij} \times w_{ij} \tag{18}$$

Değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlıklar $W_1, W_2, \ldots W_n$ şeklinde belirlenir. Oluşturulacak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi için, R matrisinin sütunlarındaki değerler ilgili değerlendirme faktörü ağırlık değerleri ile çarpılmış ve V matrisinin sütunları hesaplanmaktadır.

Adım 4. İdeal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözümlerin oluşturulması

TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır. İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

- Pozitif ideal çözüm için:

$$A^* = \{(max_i v_{ij} \mid j \in J), \quad (min_i v_{ij} \mid j \in J')\} A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \ldots, v_n^+\} \tag{19}$$

- Negatif ideal çözüm için:

$$A^- = \{(min_i v_{ij} \mid j \in J), \quad (max_i v_{ij} \mid j \in J')\} A^- = \{v_1^-, v_2^-, \ldots, v_n^-\} \tag{20}$$

Adım 5. Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin İdeal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım (S_i^+) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) Ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım (S_i^+) ve negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^+\right)^2} \tag{21}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2} \tag{22}$$

Burada hesaplanacak S_i^+ ve S_i^- sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

Adım 6.İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^+) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması Eş.23'te gösterilmiştir.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \tag{23}$$

Burada C_i^+değeri $0 \leq C_i^+ \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^+ = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^+ = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

Adım 7. Her bir alternatifin göreceli sıralamasının ve puanının bulunması

Bir önceki adımda elde edilen değerler, büyüklük sırasına göre dizilerek karar noktalarının (alternatiflerin) önem sıraları belirlenmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Havalimanları yaşadığımız dünya üzerinde önemli bir etkiye sahip olan havacılık endüstrisinin önemli bir bileşenidir. Dünyada hava ulaşımına olan talebin yıldan yıla büyük artışlar göstermesi havalimanlarının şehir havalimanı konseptine dönüşerek bu endüstrideki rollerinin giderek artması havalimanının kapasitesi, beklenen büyümesi gibi konularının değerlendirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Dünyada birçok metropol bölgede hava ulaşım talebi çoklu havalimanı sistemi ile karşılanmaktadır. Ülkemizde de İstanbul ili ÇHS sistemine örnek gösterilebilir. Bununla birlikte; Esenboğa Havalimanının artan hava ulaşım talebi, büyüme hızı, ülkemizdeki konumu ve hub olma potansiyeli gibi faktörler de Ankara ilinde çoklu havalimanı sisteminin değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle çalışmada; Ankara ilinin gelecekteki talebi ikinci bir havalimanı inşa ederek çoklu havalimanı sistemi ile karşılamasının bölge için mevcut havalimanının genişlemesinden daha faydalı olup olmadığı değerlendirilmektedir.

3.1. Havalimanı Gelişiminde Kriter Seçimi ve Ağırlıklandırma

Kriter seçimi, bir projenin değerlendirilmesinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Kriterler veya performans ölçüleri bir sistemin belirli bir hedefe göre performansını gösteren değişkenlerdir [33]. Seçilen kriterler nihai kararı yönlendirmektedir:

Havalimanının gelişimiyle ilgili kriterler hakkında bilgi toplamak ve rehberlik için kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucu havalimanı gelişiminde tanımlanan 5 tema; sosyo-ekonomik gelişim, mekânsal – kentsel planlama, ulaşımın iyileştirilmesi ve etkinliği, çevresel koruma ve finansal yapılabilirlik olarak kategorize edilmiştir. Literatür araştırmaları, uzman görüşleri ve paydaşlardan faydalanılarak havalimanının gelişiminde rol oynayan toplamda 5 ana kriter tanımlanmıştır. Tanımlanan 5 ana kriter aşağıda ifade edilmiştir [34]:

Sosyo-ekonomik gelişim: Toplumun sosyo-ekonomik hedeflerine ulaşmasına atıfta bulunmaktadır. İstihdamın, iş faaliyetlerinin ve ekonomik verimliliğin artması gibi hedefleri içermektedir [35],[36].

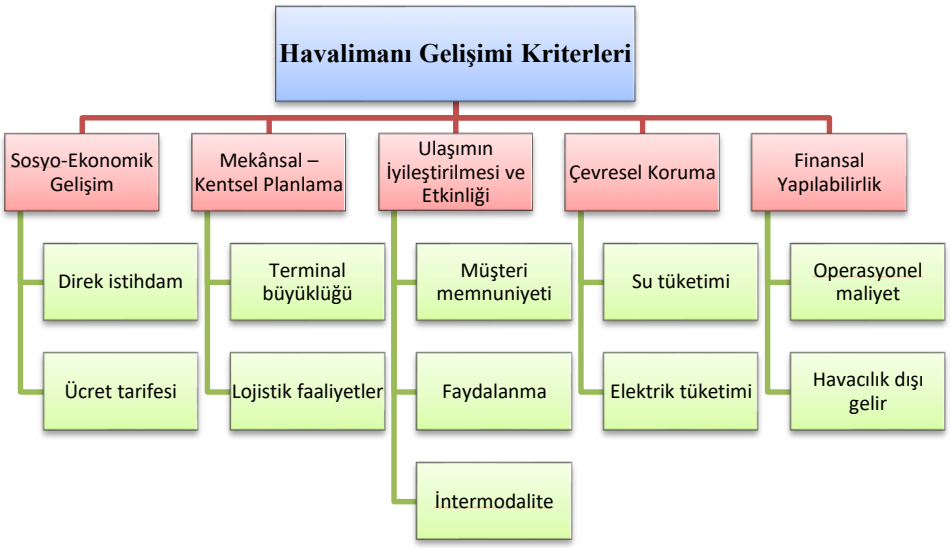
Mekânsal – kentsel planlama: Çeşitli ölçekte alanların, faaliyetlerin ve insanların dengeli dağılımı ile ilişkilidir. Mekânsal planlama; toplumun ekonomik, kültürel, sosyal ve ekolojik politikalarını coğrafik olarak açıklamaktadır [37].

Ulaşımın iyileştirilmesi ve etkinliği: Önerilen projede mobilitenin sağlanması hedeflenmektedir. İnsanların ve malların taşınmasının yanı sıra faaliyetlere erişilebilirlik de önem arz etmektedir [35].

Çevresel koruma: Havalimanının gelişimi ve havacılıkla ilgili çevresel etkiler; gürültü, hava kirliliği, karbon emisyonu, su ve elektrik tüketimiyle ilişkili olup vahşi hayatın ve doğal kaynakların korunması önem arz etmektedir [38].

Finansal yapılabilirlik: Havalimanının gelişimi veya yeni havalimanının inşa maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle finansal yapılabilirlik işletmecilerin kararlarında ön planda yer almaktadır. Finansal yapılabilirlik; bir işletmenin hedeflerine ve uzun vadede misyonuna ulaşmak için maliyetlerini karşılayacak yeterli gelir elde etmeyi ifade eder [39].

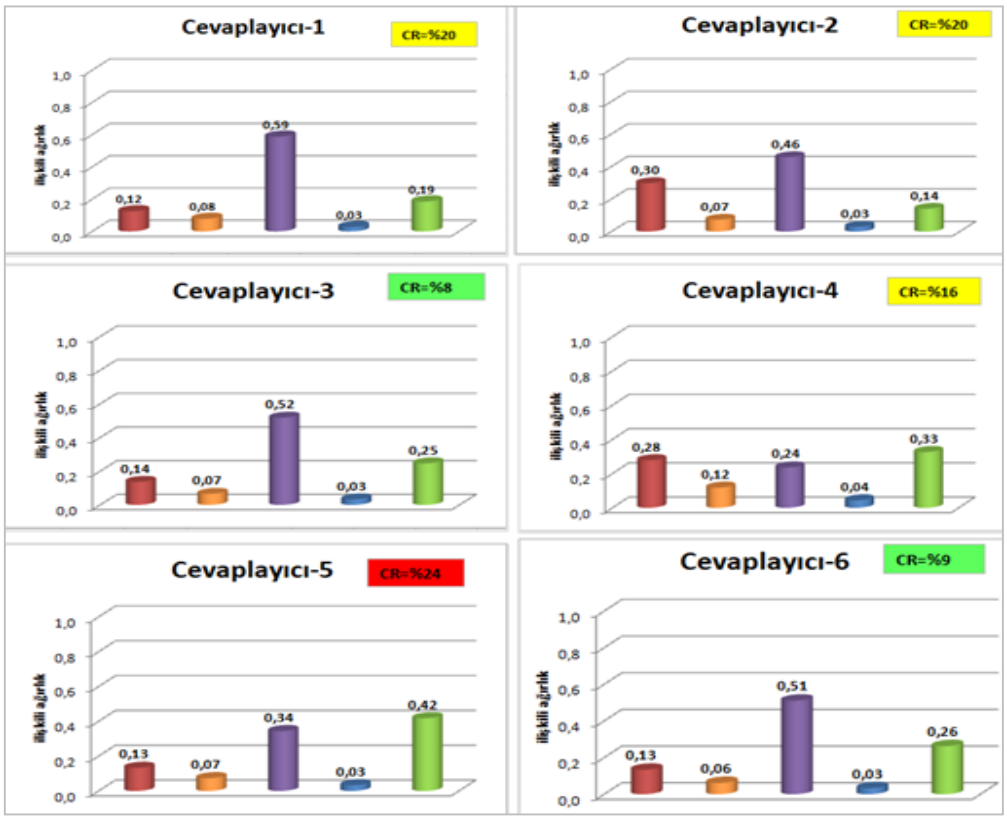
Bu kapsamda havalimanı sisteminin ÇKKV yöntemiyle değerlendirilmesinde kullanılan ana ve alt kriterler Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Havalimanı gelişimi için seçilen kriterler

Kriterlerin ve alt kriterlerin hiyerarşik gösterimi Şekil 3'te sunulmuştur. 5 kriter ve 11 alt kriterden oluşmaktadır. İkili karşılaştırmalar için gerekli veriler anket yoluyla elde edilmiştir. Anketin anlaşılırlığını arttırmak için uzman görüşlerinin alınması öncesinde kriterler ve anket formu hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Anket çalışması, havacılık konusunda tecrübe sahibi ve havalimanının gelişimi konusunda görev alan farklı birimlerde ki uzmanlara uygulanmıştır.

Birden fazla karar verici bulunması nedeniyle sonuçları tek değere dönüştürmek için aritmetik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Uzmanlara yapılan anketlerin öncelikle tutarlılık indeksi ardından da tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı için renk kodlaması yapılmıştır. Tutarlılık oranı yüzde on veya altında ise yeşil (kararlar arasında iyi tutarlılık), yüzde on ile yirmi arasında ise sarı (kararda daha az kabul edilebilirlik), yüzde yirminin üzerinde ise kırmızı (tutarsız bu nedenle güvenilmez) olarak tanımlanmıştır. Tutarsız olan anketler uzmanlara verilerek yeniden puanlamaları istenmiştir. Anket yapılan uzmanlar gruplandırılmış olup 6 gruba ilişkin tutarlılık oranları Şekil 4'te gösterilmektedir. Anket sonucunda kriterlere ilişkin hesaplanan ağırlıklar aşağıda yer almaktadır.



Şekil 4. Tutarlılık oranları

Anket sonucu elde edilen ana kriterlerin ağırlıkları Tablo 2 'de yer almaktadır.

Tablo 2. Kriter Ağırlıkları

$$\begin{pmatrix} \text{Sosyo} - \text{Ekonomik Gelişim} \\ \text{Kentsel} - \text{Mekansal Planlama} \\ \text{Ulaşımın İyileştirilmesi} \\ \text{Çevresel Koruma} \\ \text{Finansal Yapılabilirlik} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \\ W_4 \\ W_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0{,}197 \\ 0{,}115 \\ 0{,}355 \\ 0{,}077 \\ 0{,}256 \end{pmatrix}$$

3.2. Alternatiflerin Sıralanması

Ele alınan ilk alternatif "ALT 0: THS" (tek havalimanı sistemi), ikinci alternatif ise "ALT 1: ÇHS" (çoklu havalimanı sistemi) olarak ifade edilmektedir. Bu analizin limiti olarak toplam hava trafiği talebi 24 milyon yolcu seçilmiştir. 24 milyon yolcu trafiğinin eşik olarak seçilme nedenleri aşağıda yer almaktadır.

- DHMİ tarafından yapılan Master Planda Esenboğa Havalimanın 24 milyon yolcu öngörüsü 2025 yılı için yapılmıştır. Havacılık teknolojisinin değişmesi, hava seyahatindeki değişimler, havalimanı kavramının şehir havalimanları kavramına dönüşmesi, yolcu talebinin itici güçleri nedeniyle çalışmayı yönlendiren varsayımların en az 5 yılda bir değiştirilmesi gerekmektedir.
- Esenboğa Havalimanının 2018 yılı yolcu trafiğinin 16,7 milyon olarak gerçekleşmesi nedeniyle bu analiz de 18 milyon ile 24 milyon yolcu trafik aralığı test edilmektedir. Başlangıç noktası olan 18 Milyon yolcu trafiği ESB'nin mevcut kapasitesini göstermektedir. Yapılan çalışma ile Ankara ilinin hava ulaşım talebini ESB ile mi yoksa ikinci bir havalimanı ile mi karşılamaya devam edeceği değerlendirilmiştir.

3.2.1. AHP metodu ile çoklu havalimanı sisteminin değerlendirilmesi

Çoklu havalimanı sisteminde her bir havalimanının bölgesel bir ÇHS'deki rolünü/sıralamasını belirlemede ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır. En çok kullanılan yöntem ise puanlama yöntemi ve AHP'dir [40]. AHP her alternatif için puanları ikili karşılaştırmalar temelinde hesaplar [41].

Baskınlık hiyerarşisine yani iki veya daha fazla katmandan oluşan bir ağaç yapısına dayanır. İlk katman genel olarak değerlendirme sürecinin genel hedefine karşılık gelirken ikinci katman (ve varsa diğerleri) hedefin içeriğini ve anlamını belirleyen farklı kriterleri ifade eder [40].

Çalışmada aşağıdaki AHP adımları sırasıyla izlenerek performans puanları oluşturulmuştur.

Adım1: Değerlendirme için alternatiflerin tanımlanması:

Değerlendirilen alternatifler Şekil 5'de gösterilmektedir. Bunlar ALT0 da 24 milyon yolcu trafiğine THS ile hizmet vermek ve ALT1 de 12'şer milyon yolcu trafiğinde iki havalimanını ile (ESB ve İkinci Havalimanı) hizmet verilmesi olarak tanımlanmıştır. Esenboğa Havalimanının 2018 yılı yolcu trafiğinin 16,7 milyon yolcu olarak gerçekleşmesi ve 2019 yılı için yapılmış olan projeksiyonlar da yolcu trafiğinin bu değerin üzerinde yaklaşık 17 milyon yolcu olarak gerçekleşeceği ihtimaliyle, gerçekleşmesi öngörülen trafiğin üzerindeki yolcu trafiği aralığına hizmet verilme durumları sorgulanmıştır. Bu sebeple çalışmada 18 milyon ile 24 milyon yolcu trafik aralığı testi yer almıştır.

Adım2: Her alternatifler için kriterlerin niteliksel ve niceliksel değerlendirmesi:

Niceliksel değerlendirme ESB ve potansiyel ikinci havalimanı için ayrı ayrı yapılmaktadır. Bu çalışmada potansiyel yeni havalimanı ikinci havalimanı olarak adlandırılacaktır. Daha önce oluşturulan ilişki denklemleri kullanılarak her bir alternatif için elde edilen etki tablosu Şekil 5'de gösterilmektedir. Aşağıda verilen maddeler iki alternatif için etki tablosunun niceliğinin belirlenmesinde yol gösterici olarak kullanılmıştır.

ALT0:Kurulan ilişki denklemleri kullanılarak her bir göstergenin niceliğini belirleyin (Not: Terminal büyüklüğü; ESB'nin terminal büyüklüğünden daha az olmalıdır).

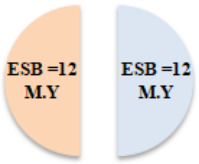
ALT 1: Her iki havalimanının da 12 milyon yolcu trafiğine hizmet verdiği düşünülerek her göstergenin niceliğini belirleyin. Her göstergenin ALT1 durumunda niceliksel değerlendirmesi aşağıdaki gibidir [34].

Her iki durumda da;

- Çalışan sayısını toplayın.
- Minimum ücret tarifesini seçin.
- Terminal büyüklüklerini toplayın.
- Lojistik faaliyetleri toplayın.
- Minimum uçtan uca işlem süresini seçin.
- Minimum faydalanmayı seçin.
- Maksimum mod seçeneği sayısını seçin.
- Su tüketimini toplayın
- Elektrik tüketimini toplayın.
- Operasyonel giderlerini toplayın.
- Her iki durumda da havacılık dışı gelirler toplayın.

Kurulan ilişkiler sonucu elde edilen denklemler kullanılarak her iki alternatif için indikatörlerin niceliksel değerleri bulunmuştur. Her iki alternatif için de etki tablosu oluşturulurken ilişki denklemleri kullanılmıştır. Etki tablosu oluşturulurken aynı yolcu trafiğine tek havalimanı ile hizmet verildiği durumdaki alt kriter değerleri ile iki havalimanının olduğu ve her iki havalimanının da eşit trafiğe hizmet verdiği durumdaki alt kriter değerleri oluşturulmuştur.

ALT1'de ESB ve ikinci havalimanı için ayrı ayrı 12 milyon yolcu trafiği dikkate alınarak indikatörlerin değerleri hesaplanarak her bir havalimanı için elde edilen değerler toplamı her bir indikatör için Şekil 5'de gösterilmektedir. Şekil 5'deki değerlere bakıldığında iki havalimanı ile hizmet verirken istihdama katkı daha fazlayken havacılık dışı gelir daha az olarak hesaplanmış operasyonel maliyet, elektrik ve su tüketimi ise tek havalimanı sistemine göre daha fazla hesaplanmıştır.

İndikatörler	ALT 0	ALT 1
		
1) Çalışan Sayısı	1.198,91	1.425,47
2) Bilet Fiyatları (TL) (minimum)	293,00	173,00
3) Terminal Büyüklüğü (m^2)	238,65	162,29
4) 20 km Yarıçapındaki Lojistik Faaliyet	22	28
5) Müşteri Memnuniyeti (dk.)	0,0204	0,0077
6) Faydalanma (%) (minimum)	0,47	0,36
7) İntermodalite	5,00	4,00
8) Su Tüketimi (m^3)	410.766,96	432.420,48
9) Elektrik Tüketimi (1.000.000 kWh yıllık)	46,92	46,04
10) Operasyonel Maliyet (bin TL)	141.410,54	151.234,49
11) Havacılık Dışı Gelir Potansiyeli (milyon TL/yıl)	255,84	202,70

Şekil 5. ALT0 ve ALT1 için örnek olay etki tablosu

Adım3:Saaty'nin 9'lu ölçeği kullanılarak alternatiflerin performanslarının karşılaştırılması:

Her ne kadar her bir ikili karşılaştırmayı değerlendirmek için Şekil 5'deki etki tablosunda verilen nicel değerler derecelendirmeyi yönlendirmek için kullanılsa da hala bir öznellik bulunmaktadır. Bu adımda indikatörleri standartlaştırmak için Saaty'nin 9 skalası kullanılmıştır. Performans değerlendirmesinde kullanılan derecelendirme ölçeği Tablo 3'te verilmiştir [34].

Tablo 3. Değerlendirmede kullanılan Saaty'nin ölçeği

Önem Ölçeği	Tanım	Açıklama	$\frac{\text{İndikatör ALT}_i}{\text{İndikatör ALT}_j}$
1	Eşit önem derecesi	Amaç için iki seçenek eşit derecede öneme sahiptir	$1.0 \leq x < 1.1$
2	Ara değer	Uzlaşılmış ortalama değerler	$1.1 \leq x < 1.2$
3	Orta derece önemli	Deneyim ve tecrübe bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmaktadır	$1.2 \leq x < 1.3$
4	Ara değer	Uzlaşılmış ortalama değerler	$1.3 \leq x < 1.4$
5	Kuvvetli derecede önemli	Deneyim ve tecrübe bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmaktadır	$1.4 \leq x < 1.5$
6	Ara değer	Uzlaşılmış ortalama değerler	$1.5 \leq x < 1.6$
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Birinin diğerine olan üstünlüğü pratikte gösterilmiştir	$1.6 \leq x < 1.7$
8	Ara değer	Uzlaşılmış ortalama değerler	$1.7 \leq x < 1.8$
9	Aşırı derecede önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıtlar vardır	$x \geq 1.8$

Tablo 3 'te yer alan skala kullanılarak alternatifler her bir indikatöre göre karşılaştırılmıştır. Toplamda 11 indikatör için ikili karşılaştırma yapılmıştır.

Adım4: Her indikatöre göre alternatiflerin önceliklerinin hesaplanması [34]:Her alternatifin her indikatöre göre ağırlıklarının önceliklendirilmesi için ağırlık vektörünün hesaplanması AW=λmaxW ve $|\lambda max I-A|=0$; gerekmektedir. Şekil 6'da alt kriterlerin her iki alternatife göre değerleri yer almaktadır. Söz konusu değerler Tablo 2'de yer alan karşılaştırma ölçeği kullanılarak her 2 alternatifin alt kriter bazında karşılaştırmaları yapılmış ve sonucunda alternatiflerin önceliklendirme ağırlıklarının yer aldığı Tablo 4 elde edilmiştir.

Tablo 4. Alternatiflerin önceliklendirme ağırlıkları

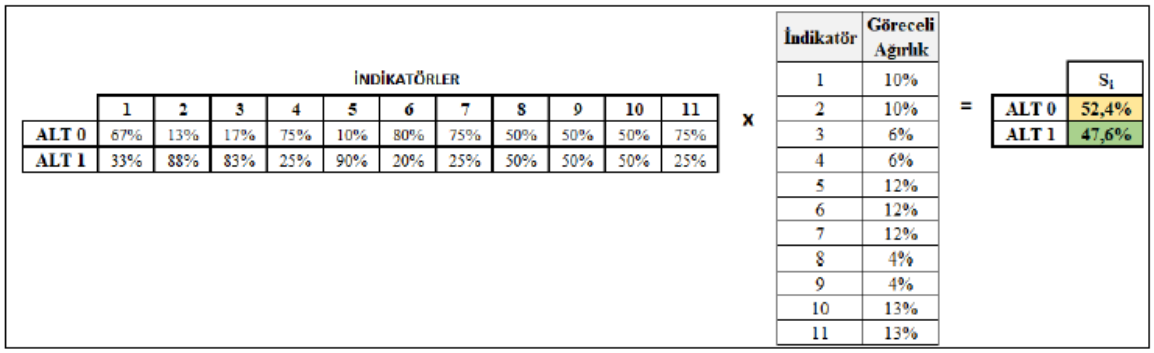
	İndikatörler										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ALT 0	67%	13%	17%	75%	10%	80%	75%	50%	50%	50%	75%
ALT 1	33%	88%	83%	25%	90%	20%	25%	50%	50%	50%	25%

11 numaralı indikatöre göre alternatiflerin ağırlıkları hesaplandığında Tablo 4'te görüldüğü üzere ALT0'ın öncelik değeri %75 iken ALT1 'in değeri ise %25'tir. 11 numaralı indikatöre göre değerlendirmede ALT0'ın ALT1'den daha güçlü bir önem derecesine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Adım 5: Bütün puanlamalara göre alternatiflerin önceliklerinin değerlendirilmesi: Alternatiflerin genel sıralamasının belirlemek için aşağıdaki adımlar izlenmelidir. İlk olarak indikatörlerin göreceli ağılığının belirlenmesi gerekir. Bunu yapmak için indikatörlerin ağırlığı 5 farklı ana kriterin genel ağırlığı ile çarpılmalıdır. Kriterlerin göreceli ağırlıkları Tablo 5'te yer almaktadır. İkinci olarak; doğrusal alternatiflerin önceliklendirme ağırlığı (Bkz. Tablo 4) ile her bir indikatörün göreceli ağırlığı ile matris çarpımı yapılarak alternatiflerin performans puanı hesaplanır. Bu hesaplamanın sonucu Şekil 6'da gösterilmektedir.

Tablo 5. Kriterlerin göreceli ağırlıkları

Havalimanı Gelişimi	İlişkili Ağırlık	İndikatörler	İndikatör Ağırlıkları	Göreceli Ağırlık
Sosyo Ekonomik Gelişim	19,74%	Direk işçilik/Doğrudan İstihdam	50%	10%
		Ücret Tarifesi	50%	10%
Mekânsal/Kentsel Planlama	11,45%	Terminal Büyüklüğü	50%	6%
		20 km yarıçapındaki lojistik faaliyet	50%	6%
Ulaşımın İyileştirilmesi ve Gelişimi	35,54%	Müşteri memnuniyeti (uçtan uca erişim) (dk.)	33%	12%
		Faydalanma/Kullanma	33%	12%
		İntermodallık	33%	12%
Çevresel Koruma	7,70%	Su Tüketimi (m3)	50%	4%
		Elektrik Tüketimi (1.000.000kwh)	50%	4%
Finansal Yapılabilirlik	25,57%	Operasyonel maliyet	50%	13%
		Havacılık dışı gelir potansiyeli (Milyon TL/yıl)	50%	13%



Şekil 6. Alternatiflerin performans değerleri

ÇKKV yöntemlerinde en yüksek sıralamaya sahip alternatif tercih edilmektedir. Bu çalışmada ALT0 için Si değeri 0,524 iken ALT1 için Si değeri 0,476 olarak hesaplanmıştır. AHP metodunda Si değerinin toplamı 1 olmalıdır. Sonuç olarak; Şekil 6'da da görüldüğü üzere ALT0 tercih edilen alternatif olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışmanın hedefleri doğrultusunda her alternatif ve farklı yolcu trafiği talepleri için daha önceki bölümde incelenen ilişkiler ve ağırlıklar kullanılarak performans puanları Excel'de hesaplanmıştır. Analiz 1 milyon yolcu trafiği aralığında 18 milyondan 24 milyona kadar farklı yolcu talepleri için yapılmıştır. Performans puanları; 1) toplam yolcu talebinin mevcut havalimanı tarafından verildiği ALT0 ve 2) toplam yolcu talebinin çoklu havalimanı sisteminde paylaştırıldığı ALT1 olarak iki alternatif içinde hesaplanmıştır.

Tablo 6. Performans puan sonuçları özeti

		TOPLAM YOLCU TALEBİ (MİLYON YOLCU /YIL)													
		18		19		20		21		22		23		24	
		ALT 0	ALT 1	ALT 0	ALT 1	ALT 0	ALT 1	ALT 0	ALT 1	ALT 0	ALT 1	ALT 0	ALT 1	ALT 0	ALT 1
ALT1:ÇHS'de mevcut havalimanı tarafından karşılanan trafik hacmi (milyon volcu/yıl)	16	**0,5476**	0,4524	**0,5296**	0,4704	**0,5131**	**0,4869**	**0,5023**	0,4977	**0,5048**	0,4952	**0,5044**	0,4956	**0,5015**	0,4985
	17	**0,5387**	0,4613	**0,5333**	0,4667	**0,5189**	**0,4811**	**0,5131**	0,4869	**0,5023**	0,4977	**0,5065**	0,4935	**0,5044**	0,4956
	18			**0,5196**	0,4804	**0,5333**	**0,4667**	**0,5189**	0,4811	**0,5025**	0,4975	**0,5023**	0,4977	**0,5113**	0,4887
	19					**0,5196**	**0,4804**	**0,5333**	0,4667	**0,5189**	0,4811	**0,5025**	0,4975	**0,5143**	0,4857
	20							**0,5167**	0,4833	**0,5333**	0,4667	**0,5024**	0,4976	**0,5131**	0,4869
	21									**0,5167**	0,4833	**0,5333**	0,4667	**0,5179**	0,4821
	22											**0,5167**	0,4833	0,4906	**0,5094**
	23													0,4741	**0,5259**

Tablo 6'da yalnızca ÇHS alternatifinde mevcut havalimanı (ESB) tarafından karşılanacak trafik bölümünü içermektedir ve 18 ile 24 milyon yolcu/yıl arasında değişen toplam yolcu talebine yönelik analiz sonuçlarını göstermektedir. Görüldüğü üzere talebi dengelemek için geriye kalan yolcu trafik ÇHS'deki potansiyel ikinci havalimanı tarafından karşılanmaktadır. Yapılan AHP değerlendirilmesinde Ankara ilinin hava ulaşım talebinin 24 milyon yolcu trafiğine kadar Esenboğa Havalimanının tek başına talebi karşılayabileceği sonucuna ulaşılmıştır. 24 milyon yolcu trafiğini aştığı durumda ise ikinci bir havalimanı potansiyeli o zamanın şartlarına göre yeniden değerlendirilmelidir.

3.2.2. Alternatif ÇKKV yöntemleri ile değerlendirmenin yapılması

Çok boyutlu kriterler ile analiz yapılırken standartlaştırma işlemi ve final puanı hesaplamanın birçok yolu vardır. Bu çalışma da performans puanlarının belirlenmesinde alternatif yöntemler olarak ELECTRE ve TOPSIS yöntemi kullanılmaktadır. Bu iki ÇKKV yöntemi AHP ye alternatif olması açısından seçilmiştir. Çünkü bu iki yöntemin son etki tablosunda nitel kriterleri içeren proje değerlendirmeleri için uygun olduğu düşünülmektedir. Daha önceki diğer tüm girdileri kullanarak toplam yolcu talep aralığı 18 ile 24 milyon yolcu/yıl arasında değerlendirme yapılmıştır. Karşılaştırmalı analizde ALT0 mevcut havalimanının toplam talebi karşılamasını ifade ederken ALT1 çoklu havalimanı sistemini ifade etmektedir. AHP ile yapılan değerlendirmede (Bkz. Tablo 6) Ankara ilinin toplam yolcu talebinin 24 milyon yolcu/yıl olduğu durumda ALT1 performans skoru daha yüksek çıkmıştır. Bu nedenle analizde Esenboğa Havalimanının tek başına 23 milyon yolcu/yıl trafiğini karşılaması durumu ve Ankara ilinin 24 milyon yolcu/yıl hava ulaşım talebinin 23 milyonunun ESB tarafından 1 milyonunun ise ikinci havalimanı tarafından karşılanma durumu test edilmiştir. Bu durumun test edildiği aşamada amaç; Ankara ilinin yolcu talebi yıllık 24 milyon yolcu olduğunda, ÇHS ile mi yoksa THS ile mi devam edildiğinde fayda kriterleri maksimum maliyet kriterleri minimum olur. Değerlendirmesini yapmaktadır. Yapılan karşılaştırmalı analizde 3 alternatif ÇKKV yönteminde de kullanılan ve Şekil 6 da ki uygun değerlerin toplamından elde edilen başlangıç matrisi Tablo 7'de yer almaktadır.

Tablo 7. Karşılaştırma için başlangıç matrisi

Alternatif/ Kriter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ALT 0	1.166	293	225	22	0,043	0,46	5	394.737	45	135.683	242
ALT 1	1.259	173	293	26	0,028	0,14	5	428.388	46	156.629	242

3.2.2.1. ELECTRE metodu ile ÇHS'nin değerlendirilmesi

Başlangıç matrisi (Bkz. Tablo 7) çoklu havalimanı sisteminin ELECTRE yöntemi ile değerlendirilmesinde kullanılmıştır. ELECTRE yönteminin hesaplanmasında SANNA programı kullanılacaktır. SANNA programı Excel tabanlı bir programdır. Başlangıç matrisi EXCEL programının SANNA eklentisine girilerek ELECTRE III yönteminin uygulama sonucu elde edilmiştir. Şekil 6 ve Tablo 4 deki ağırlıklarla birlikte ELECTRE metoduna göre oluşturulan karşılaştırma matrisi Şekil 7'de yer almaktadır.

	ALT 0	ALT 1
ALT 0	0,00000	0,38057
ALT 1	0,37311	0,00000

Şekil 7. Karşılaştırma matrisi raporu ekran çıktısı

Karşılaştırma matrisi ve kriterlerin ağırlıkları kullanılarak elde edilen alternatiflerin uygunluk sıralamasını gösteren EXCEL Sanna çıktısı Şekil 8'de yer almaktadır.

Ind. Třída	Varianta
1.	ALT 0
2.	ALT 1

Şekil 8. Uygunluk sırası raporu ekran çıktısı

Bu sonuca göre ELECTRE III yönteminde ALT0 en iyi alternatif olarak çıkmıştır. Buna göre Ankara ilinin hava ulaşım talebinin 24 milyon yolcu/yıl olduğu durumda Esenboğa Havalimanının tek havalimanı olarak yolcu talebini karşılamasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

3.2.2.2. TOPSIS metodu ile ÇHS'nin değerlendirilmesi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yöntemi, Hwang ve Yoon (1981) tarafından çok kriterli karar verme tekniği olarak geliştirilmiştir. Yöntemin temeli Pozitif İdeal çözüme en kısa mesafe ve Negatif İdeal çözüme en uzak mesafedeki alternatifi seçmeye dayanmaktadır [42].

Şekil 5'te verilen kriter ağırlıkları ve Tablo 7'te yer alan başlangıç matrisi kullanılmıştır. Şekil 9'da yer alan EXCEL programının Sanna eklentisi ile elde edilen pozitif ve negatif çözüme olan uzaklıklar kullanılarak alternatiflerin ideal çözüme göreceli yakınlıkları hesaplanmış ve alternatif sıralamaları bulunmuştur. Buna göre ALT0 olarak belirtilen Esenboğa Havalimanının tek havalimanı olarak devam etmesi durumu TOPSIS yöntemi tarafından en iyi alternatif olarak sunulmuştur.

	di+	di-	ci
ALT 0	0,05903	0,08019	0,57597
ALT 1	0,08019	0,05903	0,42403

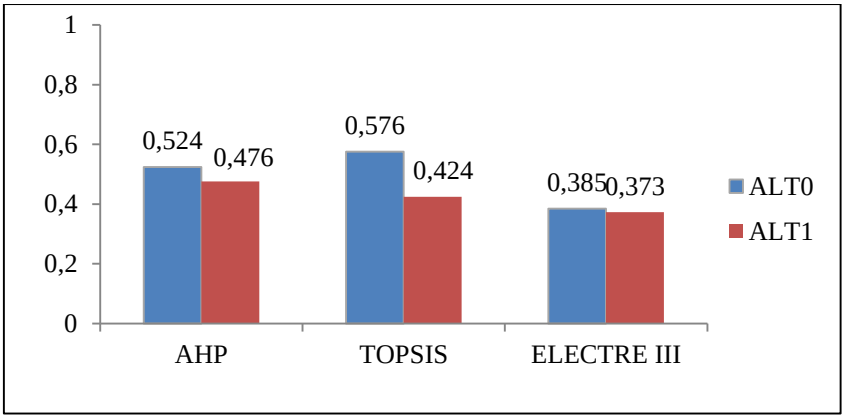
Şekil 9. Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm vektörleri raporu ekran çıktısı

3.2.2.3. Yöntemlerle elde edilen puana bağlı sıralama ve karşılaştırılması

ÇKKV yöntemlerinden üç yöntem kullanılarak Ankara ilinde potansiyel çoklu havalimanı sistemi değerlendirilmesi yapılmıştır. Üç ÇKKV yönteminin (AHP, TOPSIS ve ELECTRE) uygulanmasıyla elde edilen nihai sonuçlar Tablo 8 'de gösterilmektedir. Öncelikle AHP ile değerlendirme yapılmış ve sonrasında diğer iki yöntem ile karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Alternatiflerin önceliği ile ilgili olarak farklı yöntemlerin nerede aynı şekilde hareket ettiğini kolayca göstermek için alternatiflerin öncelik sırası Şekil 10'da gösterilmektedir.

Tablo 8. Farklı ÇKKV yöntemlerine göre alternatif puanları

Yöntem	Alternatifler	
	ALT0	ALT1
AHP	0,524	0,476
TOPSIS	0,576	0,424
ELECTRE III	0,385	0,373



Şekil 10. Farklı ÇKKV yöntemlerine göre alternatiflerin puanları

ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri seçilerek karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Yapılan değerlendirmelerde AHP yönteminde THS olarak tanımlanan ALT0 performans skoru 0,524 olarak hesaplanırken ÇHS olarak tanımlanan ALT1 performans skoru ise 0,476 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde diğer yöntemlerle yapılan değerlendirmede de ALT0'ın performans skoru ALT1'den daha yüksek çıkarak tercih edilen alternatif olmuştur. Karşılaştırmalı yapılan analizler birbirini destekler nitelikte sonuç vermiştir.

Buna göre, tüm ÇKKV yöntemlerinde tutarlı bir şekilde en uygun alternatifin Ankara ilinin hava ulaşım talebinin mevcut durumda var olan Ankara Esenboğa Havalimanı ile karşılamasının uygun olduğu sonucuna varılmış ve Esenboğa Havalimanının artan hava ulaşım talebine göre genişleme yatırımları yaparak hava ulaşım talebini karşılayabileceği değerlendirilmiştir. Fakat koşulların değişmesi durumunda ortaya çıkacak sonucun da değişmesi söz konusu olacaktır.

4. SONUÇLAR

Dünyanın dört bir yanındaki büyük havalimanları kapasite sınırlarına ulaşıp sıkışık hale geldikçe mevcut ve az kullanılan havalimanlarından ikincil havalimanları ortaya çıkmakta veya yeni yüksek kapasiteli havalimanları inşa edilmektedir. Mevcut büyük havalimanları üzerindeki kapasite kısıtları göz önüne alındığında, dünyada hava taşımacılığı talebini karşılayabilmek için çoklu havalimanı sistemlerin geliştirilmesi kilit bir mekanizma olmaktadır.

Bu kapsamda Ankara ilinin artan hava ulaşım talebi, trafik artış hızı, konumu ve hub olma potansiyeli gibi faktörler Ankara ilindeki Esenboğa Havalimanının kapasitesinin talebi karşılama durumunun ele alınarak çoklu havalimanı sisteminin değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Analizde 24 milyon yolcu/yıl eşiğine kadar çoklu havalimanı sisteminin uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak; 24 milyon yolcu/yıl eşiğinin üzerine çıkıldığında ise ÇHS'nin düşünülmesi durumunda talebin büyük bir kısmının yine mevcut havalimanı tarafından karşılanacağı ve ikinci havalimanının büyüklüğünün ise 1 milyon yolcudan az olabileceği değerlendirilmektedir. Bu durum; çalışmada 24 milyon yolcu/yıl eşiğinin seçilmesinin makul bir seçim olduğunu göstermektedir.

Yapılan analizde orta vadede; bir ÇHS'nin gelişiminin Ankara'da düşünülmemesi gerektiği tüm yatırımların ve operasyonel faaliyetlerin mevcut havalimanında yoğunlaştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yapılan değerlendirmede yıllık 24 milyon yolcu eşiğine kadar Ankara ilinin hava ulaşım talebini THS ile karşılamasının seçilen sosyo-ekonomik, finansal, çevre, ulaşım kriterleri açısından Ankara iline katkısının daha fazla olacağı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte uzun vadede ise en az 24 milyon yolcu talebi eşiğine ulaşıldığında yolcu talebini desteklemek için ikinci bir havalimanı açılmasının çalışmada ele alınan değerlerin güncellenerek ve geliştirilerek yeniden değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Yapılan literatür incelemesinde ülkemizde çoklu havalimanı sisteminin değerlendirilmesi üzerine çalışmalara rastlanılamamıştır. Finansal, çevresel, ulaşım, kentsel gelişim ve sosyo-ekonomik faktörler gibi havalimanının gelişimini etkileyen kriterler, ÇKKV yöntemleri ile çoklu havalimanı sisteminin değerlendirilmesinde kullanılarak havalimanı gelişimi konusunda farklı bir yaklaşım ele alınmıştır. Daha sonraki çalışmalarda; havalimanı gelişimini etkileyen ana kriterlerin ve alt kriterlerin revizyonu yapılarak ve yeni yöntemler ilave edilerek çalışmanın hassasiyetinin artırılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın ileride havacılık sektöründe yapılacak çalışmalara ve karar vericilerin havalimanı yatırım kararı süreçlerinde havalimanının sosyo-ekonomik, çevresel, finansal açıdan bölgeye katkısını ölçmelerine katkıda bulunabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] A. Graham, "Demand for leisure air travel and limits to growth", *Journal of Air Transport Management*, vol. 6, no. 2, pp.109-118, 2000.

[2] M. Brons,E. Pels, P. Nijkamp, and P.Rietveld, " Price elasticities of demand for passenger air travel: a meta-analysis", *Journal of Air Transport Management*, vol.8, no. 3, pp.165-175, 2002.

[3] N. Njegovan, "Elasticities of demand for leisure air travel: a system modeling approach", *Journal of Air Transport Management*, vol.12, no. 1, pp. 33-39, 2006.

[4] International Civil Aviaiton Organization (ICAO), *"Solid passenger traffic growth and moderate air cargo demand in 2018"*. [Online]. Available: https://www.icao.int/Newsroom/Pages/Solid-passenger-traffic-growth-and-moderate-air-cargo-demand-in-2018.aspx . [AccessedApr.25, 2018].

[5] International Air Transport Association (IATA), "Cautious optimism extends into 2019 – airlines heading for a decade in the black, 2019. [Online]. Available: https://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2018-12-12-01.aspx. [AccessedApr. 25, 2018].

[6] L.Senn and R. Zucchetti, "Metodologie per valutarel'impatto economico prodotto dagli aeroporti sulla regione di appartenenza, in: Sinatra, A.(ed) Aeroporti e svilluppo regionale. Guerini, Italy, 2001, pp- 50-125.

[7] G. Siciliano and R. Zucchetti, "L'impatto economico degli aeroportiper il proprio territorio. Il casodi Orio al Serio", *Trasporti &Cultura*, vol. 14, pp. 6-25, 2006.

[8] M. Percoco, "Airport activity and local development: evidence from Italy," *Urban Studies*, vol. 47, no.11, pp.2427-2443, 2010.

[9] V. Fasone, T. Giuffrè, and P. Maggiore, "Multi-airport system as a way of sustainability for airport development: evidence from an Italian case study", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 53, no 3, pp. 96-105, 2012.

[10] M.N. Postorino and F.G. Pratico, "An application of the multi-criteria decision making analysis to a regional multi-airport system", *Research in Transportation Bussiness& Management*, vol. 4, pp. 44-52, 2012.

[11] P.A. Bonnefoy, R. de Neufville and R.J Hansman, "Evolution and development of multi-airport systems: A worldwide perspective", *Journal of Transportation Engineering*, vol. 136, pp. 1021–1029, 2010.

[12] D. Zietsman and M. Vanderschuren, "Analytic hierarchy process assessment for potential multi-airport systems- The case of Cape Town", *Journal of Air Transport Management*, vol. 36, pp. 41-49, 2014.

[13] W. Wei, "A new approach to quantify the benefit to air travelers resulting from airport capacity expansion", *Journal of Air Transport Management*, vol. 14, no. 1, pp. 47-49, 2008.

[14] T. Özcan, "A hybrid multi-criteria decision making approach for new destination selection in aviaiton industry", *The Journal of Operation Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, vol. 6, no. 1, pp. 1-12, 2018.

[15] M. Bakır ve Ö. Atalık, "Entropi ve Aras yöntemleriyle havayolu işletmelerinde hizmet kalitesinin değerlendirilmesi", *Journal of Business Research Turk*. vol. 10(1), pp. 617-638, 2018.

[16] F.G. Altın, M. Karaatlı, ve İ. Budak, "Avrupa'nın en büyük 20 havalimanının çok kriterli karar verme yöntemleri ve veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 22, no.4, pp. 1049-1064, 2017.

[17] R.Neufville, "Management of multi-airport systems: A development strategy," *Journal of Air Transport Management*, vol. 2, no. 2, pp. 99-110, 1995.

[18] R. Neufville, "*Amsterdam Multi-airport System Policy Guidelines",* Cambridge, U.S.A: Massachusetts Institute of Technology, pp. 6-10, 1995.

[19] B.Yılmaz, "Ekipman Seçimi Problemi İçin Bulanık PROMETHEE Ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Bütünleşik Kullanımı," Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010, pp.34.

[20] K. Yaralıoğlu, "Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi prosesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol.16, no.1, pp. 129-142, 2001.

[21] M. Saat, "Çok amaçlı karar vermede bir yaklaşım: analitik hiyerarşi yöntemi", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 2, no.2, pp. 149-162, 2000.
[22] B.E. Hacıköylü, "Analitik hiyerarşi karar verme süreci ile Anadolu Üniversitesinde beslenme ve barınma yardımı alacak öğrencilerin belirlenmesi," Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2006, pp.21-38.
[23] J. Razmi, H. Rahnejat, and M.K Khan, "The new concept of manufacturing "DNA" within an analytic hierarchy process-driven expert System*", European Journal of Innovation Management,* vol. 3, no. 4, pp. 199-211, 2002.
[24] T.L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process,*" International. Journal of Services Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 83-98, 2008.
[25] M. Dağdeviren ve T. Eren, "Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması," *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 16, no. 2, pp. 41-52, 2001.
[26] A.A. Supçiller ve O. Çapraz, "Ahp-Topsis yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması," *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi, vol.*13, pp.1-22, 2011.
[27] M. Toksarı, "Analitik hiyerarşi prosesi yaklaşımı kullanılarak mobilya sektörü için Ege Bölgesi'nde hedef pazarın belirlenmesi", *Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* vol. 14, no. 1, pp. 172-180, 2007.
[28] F. Urfalıoğlu, T. Genç, "Çok kriterli karar verme teknikleri ile Türkiye'nin ekonomik performansının Avrupa birliği üye ülkeleri ile karşılaştırılması", *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi,* vol. 35, no. 2, pp. 329-360, 2013.
[29] E. Triantaphyllou, B. Shu, S. Nieto Sanche and T. Ray, "Multi-criteria decision making: An Operations research approach," *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering***,** (J.G. Webster, Ed.), John Wiley&Sons, New York, vol. 15, pp.175-186, 1998.
[30] İ. Ertuğrul ve N. Karakaşoğlu, "Electre ve bulanık AHP yöntemleri ile bir işletme için bilgisayar seçimi," *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* vol. 25, no. 2, pp. 23-41, 2010.
[31] M. Karacasu, "Kent içi toplu taşıma yatırımlarının değerlendirilmesinde karar destek modeli (Electre yöntemi) kullanımı,*"* In Proc. 7. Ulaştırma Kongresi, 2007, pp.155-164.
[32] N. Ömürbek, M. Karaatlı ve T. Yetim, "Analitik hiyerarşi sürecine dayalı TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile adım üniversitelerinin değerlendirilmesi", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Dr. Mehmet YILDIZ Özel Sayısı, pp. 189-207, 2014.
[33] J.S. Miller and L.D. Evans, "Divergence of potential state-level performance measures to assess transportation and land use coordination," *Journal of Transport and Land Use*, vol. 4, no. 3, pp. 81–103, 2011.
[34] D. Zietsman, "*Western Cape Airport analysis – A multi-criteria assessment of the development of a new airport versus the expansion of an existing airport in a majör metropolitan area*, Thesis, Faculty of Engineering and The Built Environment Centrefor Transport Studies, University of Cape Town, 2013.
[35] Victoria Transport Policy Institute, "*Victoria Transport Policy Institute: Transportation cost and benefit analysis."* (Second edition). Canada: VTPI, 2011, pp.5.
[36] The World Bank Social Development Department, "*Social analysis in transport projects: Guidelines for incorporating social dimensions into bank-supported project".* Washington: The World Bank, 2006, pp.4-38.
[37] Council of Europe, "*The European conference of ministers responsible for regional/spatial planning* (CEMAT)". Slovenia: Council of Europe, 2003, pp.401-410.
[38] E. Fleuti, "Local air quality: A growing concern to airport management,".*Journal of Airport Management,* vol. 2, no. 2, pp. 115-119, 2008.
[39] International Civil Aviation Organisation (ICAO),"*Airport Planning Manual*. (Second edition, part 1)".Canada: ICAO,1987, pp. 42.
[40] M.N. Postorino, F.G. Praticò, "An application of the multi-criteria decision making analysis to a regional multi-airport System", *Research in Transportation Business & Management*, vol. 4, no. 1, pp. 44–52, 2012.
[41] T.L. Saaty, K.P. Kearns, *Analytical Planning: The Organization of Systems*. Oxford: Pergamon, 1985.
[42] S. Dumanoğlu ve E. Nuray, "İMKB'de işlem gören teknoloji şirketlerinin mali performans ölçümü", *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, vol. 48, pp. 101-111, 2010.