

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARALIK DEĞERLİ PİSAGOR BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ
İLE TÜRKİYE'DE BİR HAVAYOLU ŞİRKETİ İÇİN YENİ ROTA SEÇİMİ**

ESRA ÖZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN

PROF. DR. ALEV TAŞKIN GÜMÜŞ

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARALIK DEĞERLİ PİSAGOR BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ
İLE TÜRKİYE'DE BİR HAVAYOLU İÇİN YENİ ROTA SEÇİMİ**

Esra ÖZCAN tarafından hazırlanan tez çalışması 07/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Emre ÇEVİKCAN

İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan, Aralık Değerli Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Türkiye’de Bir Havayolu Şirketi İçin Yeni Rota Seçimi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

ESRA ÖZCAN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca danışmanlığımı üstlenerek bana yol gösteren sevgili Hocam Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ'e ve hayatımın her aşamasında en büyük desteği sağlayan sevgili eşime ve aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

ESRA ÖZCAN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	VII
KISALTMA LİSTESİ	VIII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
TABLO LİSTESİ	X
ÖZET	XII
ABSTRACT	XIV
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	6
1.3 Orijinal Katkı	6
2 Hava Taşımacılığı	7
2.1 Hava Taşımacılığı Sektörünün Tanımı	7
2.2 Hava Taşımacılığının Tarihsel Gelişimi	7
2.2.1 Oluşum Evresi (1918–1938)	7
2.2.2 Büyüme Evresi (1938–1958)	9
2.2.3 Olgunluk Evresi (1958–1978)	10
2.2.4 Serbestleşme Evresi (1978’den Günümüze)	10
2.3 Ülkemizde Hava Taşımacılığının Geçmişi	10
2.4 Günümüzde Hava Taşımacılığı	11
2.4.1 Dünya’da Hava Taşımacılığı	11
2.4.2 Türkiye’de Hava Taşımacılığı	12
3 Aralık Değerli Pisagor Bulanık Kümeler	15
4 Uygulama	19

4.1 Pazar Araştırması.....	19
4.2 Tahmini Yolcu Gelir ve Tahmini Gider Hesabı.....	22
4.3 Nokta Analizi.....	26
4.4 Aralık Değerli Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşı Süreci Karar Verme	37
4.5 Duyarlılık Analizleri	49
5 Sonuç ve Öneriler	52
Kaynakça	53
Tezden Üretilmiş Yayınlar	56



SİMGE LİSTESİ

$\tilde{P}$	Pisagor Bulanık Küme
I	Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Küme
P	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme
$\mu_{\tilde{P}}$	Pisagor Bulanık Küme Üye Olma Derecesi
$\nu_{\tilde{P}}$	Pisagor Bulanık Küme Üye Olmama Derecesi
$\pi_{\tilde{P}}$	Pisagor Bulanık Küme Tereddütlük Seviyesi
μ_I	Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Küme Üye Olma Derecesi
ν_I	Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Küme Üye Olmama Derecesi
π_I	Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Küme Tereddütlük Seviyesi
μ_P	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Üye Olma Derecesi
ν_P	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Üye Olmama Derecesi
π_P	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme Tereddütlük Seviyesi

KISALTMA LİSTESİ

AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
AKK	Kilometre Başına Sunulan Koltuk Sayısı
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DHMI	Devlet Hava Meydanları İşletmesi
IVIFN	Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Sayı
IVIFS	Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Küme
IVPFN	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Sayı
IVPFS	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Küme
IVPFWA	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Ağırlıklı Ortalama
KBYBG	Konma Başına Yolcu Birim Geliri
KBYS	Konma Başına Yolcu Sayısı
PFS	Pisagor Bulanık Küme
RT	Çift Yön
ÜYK	Kilometre Başına Taşınan Ücretli Yolcu Sayısı
YDYS	Yurt dışı Yolcu Sayısı
YİYS	Yurt içi Yolcu Sayısı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Yıllara göre tarifeli yolcu sayısı ve seyahat sıklığı değişimi.....	1
Şekil 2.1	Çeşitli şehirler arasındaki ilk sözleşmeli hava posta yolları görseli.....	8
Şekil 2.2	Türkiye geneli havalimanları yolcu grafiği.....	13
Şekil 2.3	Türkiye geneli havalimanları uçak grafiği	13
Şekil 3.1	IVPFN ve IVIFN karşılaştırma alanları	18
Şekil 4.1	İstanbul-Los Angeles ve İstanbul-Las Vegas mesafe görseli.....	23
Şekil 4.2	Alternatif varış yerlerine en yakın uçuş icra edilen varış yerleri	25
Şekil 4.3	Alternatif varış yerleri	26
Şekil 4.4	Dallas	27
Şekil 4.5	Dallas bağlantılı dış transfer pazar bölgesel yolcu oranları.....	28
Şekil 4.6	Dallas bağlantılı dış transfer pazar en iyi 10 varış noktası	29
Şekil 4.7	Dallas-Bombay arasında en fazla kullanılan 3 aktarma noktası	30
Şekil 4.8	Dallas-Bombay arası en yoğun aktarma noktaları	30
Şekil 4.9	Orlando	31
Şekil 4.10	Orlando bağlantılı dış transfer pazar bölgesel yolcu oranları.....	31
Şekil 4.11	Orlando bağlantılı dış transfer pazar en iyi 10 varış noktası	32
Şekil 4.12	Orlando-Roma arasında en fazla kullanılan 3 aktarma noktası	33
Şekil 4.13	Orlando-Roma arası en yoğun aktarma noktaları.....	33
Şekil 4.14	Seattle	34
Şekil 4.15	Seattle bağlantılı dış transfer pazar bölgesel yolcu oranları.....	35
Şekil 4.16	Seattle bağlantılı dış transfer pazar en iyi 10 varış noktası	35
Şekil 4.17	Seattle-Roma arasında en fazla kullanılan 3 aktarma noktası	36
Şekil 4.18	Seattle-Roma arası en yoğun aktarma noktaları	37
Şekil 4.19	Ana ve alt kriterler	37
Şekil 4.20	Ana kriterler önem oranları	41
Şekil 4.21	Alt kriterler önem ağırlıkları.....	42
Şekil 4.22	Orlando, Seattle ve Dallas business yolcu sayısı.....	43
Şekil 4.23	Karar vericilerin önem ağırlıkları.....	49
Şekil 4.24	Alt kriterler duyarlılık analizi sonuçları	51

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1	Literatürde hava taşımacılığı'nda yeni rota seçimi çalışmaları.....	4
Tablo 2.1	Çeşitli şehirler arasındaki ilk sözleşmeli hava posta yolları.....	9
Tablo 2.2	2008-2017 Dünya uluslararası ve ulusal tarifeli seferler	12
Tablo 2.3	2017 Dünya uluslararası ve ulusal tarifeli seferler bölgesel dağılımı...	12
Tablo 3.1	Literatürde pisagor bulanık kümeler ve aralık değerli sezgisel bulanık... kümeler kullanılan bazı çalışmalar	15
Tablo 3.2	Literatürde aralık değerli pisagor bulanık kümeler kullanılan bazı..... çalışmalar	15
Tablo 4.1	Yıllık direkt uçuşlar için Amerika ve uluslararası hatlar arası yolcu..... bilgisi.....	20
Tablo 4.2	Yıllık direkt uçuşlar için Amerika ve Avrupa hatları arası yolcu bilgisi	20
Tablo 4.3	Yıllık direkt uçuşlar için Amerika ve uluslararası hatlar arası koltuk..... bilgisi.....	20
Tablo 4.4	Yıllık direkt uçuşlar için Amerika ve Avrupa hatları arası koltuk bilgisi.....	20
Tablo 4.5	Amerika'ya-Amerika'dan en fazla yolcu taşınan 40 nokta	21
Tablo 4.6	Amerika'da en yoğun havalimanları	22
Tablo 4.7	Alternatif varış noktaları için tahmini çift yön gelir ve gider değerleri	25
Tablo 4.8	Alt Kriterler	38
Tablo 4.9	Karar vericinin önem ağırlığını değerlendirmek için dilsel terimler ...	39
Tablo 4.10	Ana kriterler için birleştirilmiş matris	39
Tablo 4.11	Aralık değerli pisagor bulanık ahp yöntemi ölçeği	40
Tablo 4.12	Dallas Ağustos'19 - örnek 1 hafta koltuk verisi.....	42
Tablo 4.13	Seattle Ağustos'19 - örnek 1 hafta koltuk verisi	42
Tablo 4.14	Orlando Ağustos'19 - örnek 1 hafta koltuk verisi.....	43
Tablo 4.15	Alt kriter ağırlıkları	46
Tablo 4.16	Rekabetçilik kriteri.....	46
Tablo 4.17	Business yolcu sayısı kriteri	46
Tablo 4.18	Dış transfer pazar kriteri	46
Tablo 4.19	Frekans kriteri	47

Tablo 4.20 Mesafe/Maliyet kriteri.....	47
Tablo 4.21 Yurt içi pazar kriteri.....	47
Tablo 4.22 Mevsimsellik kriteri	47
Tablo 4.23 Popülasyon kriteri	47
Tablo 4.24 Gsyih kriteri.....	48
Tablo 4.25 Havalimanı yolcu birim geliri kriteri.....	48
Tablo 4.26 Alternatiflerin kriter değeri eşleşmesi	48
Tablo 4.27 Alternatiflerin normalizasyon değerleri	48
Tablo 4.28 Alternatiflerin skor değerleri	48



Aralık Değerli Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci İle Türkiye’de Bir Havayolu Şirketi İçin Yeni Rota Seçimi

Esra ÖZCAN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ

Günümüzde birçok sebeple seyahatlere olan ilginin artması ve havayolu taşımacılığının daha fazla önem kazanması ile birlikte havayolu şirketleri arasındaki rekabet oldukça artmıştır. Rekabetin artması ile havayolu şirketleri pazarda daha güçlü konuma gelebilmek için uçak alımı, seferlerin haftalık frekansını arttırma gibi bir takım kararlar almaktadır. Bu kararların dışında şirketler büyüyebileceklerini öngördükleri varış noktalarında yeni hat açmaktadır. Bu çalışmada Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Çok Kriterli Karar Verme yöntemi kullanılarak Türkiye’de bir havayolu şirketi için Kuzey Amerika Bölgesi’nde yeni rota seçimi yapılmıştır. Literatürde bu alandaki çalışmaların eksikliği tespit edilmiş olup, bu çalışmanın bu eksikliği gidermeye yönelik önemli etkileri olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada incelenen havayolu şirketi için, geniş gövde uçak tipi ile Kuzey Amerika Bölgesi’nde sefer icra edebileceği varış noktaları araştırılmıştır. Bunun için önce tahmini yolcu gelir ve tahmini gider hesabı yapılmış, tahmini yolcu geliri tahmini giderinden fazla olan varış noktaları için Aralık Değerli Pisagor Bulanık

Analitik Hiyerarşı Süreci adımları uygulanmış ve kriterlerin önem ağırlıkları bulunmuştur. Daha sonra SAW yöntemi uygulanarak her bir alternatifin kriterlere göre toplam skoru hesaplanmış, skoru en yüksek olan alternatif yeni varış yeri olarak seçilmiştir. Son olarak ise karar verme sürecinde önemli rol oynayan karar vericilerin önem ağırlığı değiştirilerek duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışmanın bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 1; giriş ve yeni rota seçimi için literatür özeti, tezin amacı ve orijinal katkı. Bölüm 2; hava taşımacılığı, sektörün tanımı, tarihsel gelişimi, günümüzde Dünya’da ve Türkiye’de hava taşımacılığı. Bölüm 3; aralık değerli pisagor bulanık kümeler. Bölüm 4; Türkiye-Kuzey Amerika bölgesi varış noktaları arasında yeni bir rota seçimi uygulaması. Bölüm 5 ise sonuçlar kısmından oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yeni rota seçimi, havayolu taşımacılığı, aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşı süreci, karar verme

New Route Selection Using Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Analytic Hierarchy Process For An Airline Company In Turkey

Esra ÖZCAN

Department of Industrial Engineering

Master's Thesis

Advisor: Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ

With the increasing interest in travel and the increasing importance of air transportation, competition between airline companies has increased. With the increase of competition, the airline companies make decisions such as purchasing aircrafts and enhancing the weekly frequency of their flights in order to become stronger in market. Apart from these decisions, companies open new lines for destinations they expect to grow.

In this study, destinations where the airline company's wide body aircrafts able to fly in North America region are investigated. For this purpose, firstly, the estimated income and expenses are calculated. Secondly, for destinations that have estimated revenue higher than the estimated cost, Interval Valued Pythagorean Fuzzy Analytic Hierarchy Process is applied and the importance weights of the criterias is found. Then, the total score of each alternative is calculated according to the criterias by applying SAW method and the alternative with the highest score is selected as the new destination. Finally, sensitivity analysis is carried out by changing the importance of decision makers who played an important role in the

decision-making process. The sections of the paper is organized as follows: Chapter 1, introduction and review of the literature for the selection of new routes, the aim of the thesis and the original contribution. Chapter 2, air transport, the definition of the sector, its historical development, current air transport in the world and Turkey. Chapter 3, interval valued pythagorean fuzzy sets. Chapter 4, a case study. Chapter 5, results of the study. In the literature, the lack of studies of this area are identified and it is thought that this study shall contribute the remedying the deficiency.

Keywords: New route selection, air transportation, interval-valued pythagorean fuzzy analytic hierarchy process, decision making

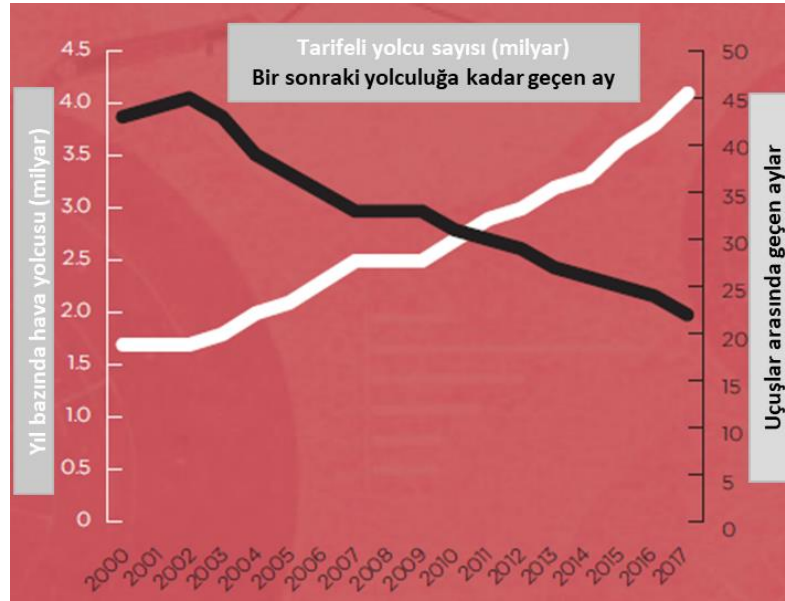


1

Giriş

Havacılık sektörü, hava yolculuğunun ciddi şekilde başladığı ilk yıllardan beri sürekli ilerleme ve değişim yaşamıştır. Özellikle 1980'lerin ikinci yarısından sonra yükselişe geçmiştir. Bu dönemde, bazı havayolu şirketlerinin hizmet standartlarını iyileştirmek ve yükseltmek amacıyla modernizasyon ve standardizasyon süreci başlattıkları görülmüştür. Ülkelerin kalkınmasında ve rekabetçiliğinde kilit rol oynayan havacılık endüstrisi, ekonomik büyüme, küreselleşme ve serbestleşme ile paralel olarak dünya çapında gelişmiştir. Havayolu taşımacılığına olan talebin artması nedeni ile havayolu şirketleri arasında rekabet oldukça artmıştır. Havayolu şirketleri, yurt içi uçuşlardan daha avantajlı olan uluslararası uçuşlara odaklanmıştır.

Havayolu taşımacılığına olan talep 2017 yılında güçlü bir artış göstererek, endüstri genelinde kilometre başına taşınan ücretli yolcu sayısı (ÜYK) % 8.1 artmıştır. Bu artış, on yıldan daha uzun bir süredir, 2005'ten bu yana en hızlı büyüme ve uzun vadeli ortalama olan % 5.5 büyüme hızının oldukça üstündedir [1].



Şekil 1.1 Yıllara göre tarifeli yolcu sayısı ve seyahat sıklığı değişimi [1]

Şekil 1.1’de görüleceği üzere, 2000’den 2017’ye kadar tarifeli yolcu sayısı artmakta iken seyahatler arası geçen zaman daralmakta yani seyahat sıklığı artmaktadır. İlk kez 2017 yılında havayolu ile seyahat eden yolcu sayısı dört milyarı aşmış olup, 2000 yılında, bir yolcu ortalama her 43 ayda bir seyahat ederken, 2017’de ise seyahatler arasındaki süre, neredeyse yarı yarıya azalarak 22 aya inmiştir [1].

Yolcu sayısının ve rekabetin artması havayolu şirketlerini, pazarda yerini koruyabilmek veya pazar payını arttırmak amacı ile bazı stratejik kararlar almaya zorlamaktadır. Yeni rota seçimi, filo planlaması ve tarife geliştirme, havayolu şirketlerinin verdiği üç önemli stratejik karardır [2]. Bu kararlardan birisi de yeni rota seçmektir. Havayolu şirketleri yolcu potansiyeli olan ve kendilerinin de yolcu taşıyabileceğini öngördükleri bu varış noktalarına uçuş planlamak isterler. Bu nedenle, havayolu şirketleri uygulanabilir ve kârlı pazarlar aramaktadır.

Bu çalışmada aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile yeni varış noktası seçimi uygulaması yapılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Yeni rota seçimi, taşınan yolcu sayısı üzerinde yüksek etkiye sahip olduğu için havayolu şirketlerine sağladığı gelir açısından önemli bir karardır. Havayolu sektöründe gelişen uluslararası rekabet ile havayolu şirketleri sadece iç pazarda değil dış pazarlarda da yeni hatlar açmak durumundadır.

Yeni hat açma analizleri yapılırken, açılacak hattın tek sefer başına öngörülen gelirinin öngörülen değişken direkt maliyetlerini karşılaması önemlidir. Maliyetler direkt ve endirekt maliyetler olarak 2’ye ayrılır. Direkt giderler ise kendi içinde değişken ve sabit maliyetler olarak ayrılır. Değişken direkt giderlerin en büyük kalemi akaryakıt masraflarıdır. Bunun dışında, yolcu ek masrafları (yemek, uçak içi eğlence vb.) değişken direkt maliyetler arasındadır. Pilot ve mürettebat maaşları, uçak kiralama maliyetleri, sabit direkt maliyetler olarak kabul edilir. Son olarak, ofis kiralari, pazarlama ve satış maliyetleri, dağıtım kanalı maliyetleri, yöneticiler ve ofis personeli maaşları gibi uçuşlarla direkt ilgili olmayan idari maliyetler dolaylı (endirekt) maliyetleri içerir. Toplam maliyeti mevcut koltuk kilometresine bölerek koltuk kilometresi başına maliyet bulunur. Bu nedenle kilometre başına

sunulan koltuğun maliyetinin minimum seviyelere inmesi önemlidir. Yeni varış yerlerini başlatmak için özellikle geniş gövdeli uçaklardan yeni ve üretken filo kullanılarak kilometre başına sunulan koltuğun (AKK) arttırılması, maliyetin minimizasyonu için önemlidir.

Öte yandan, havayolu şirketleri artan rekabette yolculara farklı iş modelleri ile hizmet sağlamaktadır. Bu iş modelleri; üç ana başlık altında toplanmaktadır; topla dağıt (network taşıyıcıları), noktadan noktaya (düşük maliyetli taşıyıcılar) ve hibrit modeller.

Topla dağıt iş modeli genellikle hub konseptiyle ilişkilendirilir. Birincil havalimanlarından gelen yolcular, bir merkezden geçerek, ikincil varış noktalarına gitmektedir. Bu nedenle hub'lar aktarma noktaları olarak ağın potansiyelini arttırmada önemli bir rol oynamaktadır. Noktadan noktaya model ile karşılaştırıldığında, bir topla dağıt yapısı, herhangi bir şehir grubunu birbirine bağlamak için daha az doğrudan uçuş gerektirmektedir [3].

Topla dağıt ağ yapısı ilk olarak ABD'de serbestleşme sonrası ortaya çıkmıştır [4]. Topla dağıt modelinin sunmuş olduğu bazı diğer faydalar; yolcu sayısının toplanması ve yoğunluk ekonomilerinin sağlanması, bir ağdaki şehirleri bağlamak için gereken rota sayısının en aza indirilmesi, sık uçuşlara olan talebin artması; personel, bakım ve işletme faaliyetlerinin birleştirilmesi; azalan maliyetler ve havalimanı hakimiyeti ile müşteri sadakatini arttırmaktır [5].

Bu çalışmada dikkate alınan havayolu şirketi de topla dağıt iş modelini (hub and spoke network systems) kullanmakta olup, ağını uzun rotalarla beslemektedir. Yeni uçakların alınarak, filonun genişlemesi ile şirket rota ağını genişletmek ve farklı varış noktaları ile beslemek istemekte ve bunun için analizler yapmaktadır.

Son yıllarda, yeni rota analizi stratejik karar olarak önemli bir başarı ölçütü haline gelmiştir. Ancak, bu kararı vermek genellikle karmaşıktır ve birçok düşünceye dayanmaktadır. Birçok kalitatif ve kantitatif kriter aynı anda dikkate alınmalıdır. Bu sorunla başa çıkmak için çözüm olarak, literatürde farklı yöntemler geliştirilmiştir.

Tablo 1.1 Literatürde hava taşımacılığı'nda yeni rota seçimi çalışmaları

Yazar	Konu	Yöntem
Chang ve diğ., 2019 [6]	Yeni rota seçimi	Çok kriterli karar verme - Compromise Programming
Kong ve diğ., 2018 [7]	Yeni rota seçimi	Probit model
Deveci ve diğ., 2017[5]	Yeni rota seçimi	Çok kriterli karar verme - Aralık Tip-2 Bulanık Topsis
Chang ve diğ., 2017 [8]	Yeni rota seçimi	Çok amaçlı programlama
Wei-Wei ve Jin-Fu, 2009 [9]	Yeni rota seçimi	Küme çifti analizi metodu (SPA)
Bu çalışma*	Yeni rota seçimi	Aralık Değerli Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci

Havayolu şirketleri için potansiyel varış noktalarının bulunması amacıyla, Tayvan-Avrupa bölgesi arasında doğrudan uçuş rotalarını seçmek için uzlaşmacı programlama (compromise programming) yöntemi kullanılmıştır. Amaç, toplam geliri maksimize eden ve toplam maliyeti minimize eden iki fonksiyondan oluşmaktadır. Çalışmada mevcut durumda Taipei'den Avrupa hatlarına direkt sefer olmadan yolcuların aktarmalı uçmaları gerektiği belirtilmiş olup Avrupa'da 10 noktaya direkt sefer senaryosu çalışılmıştır. Madrid, Milan, Münih ve Zürih gibi dört potansiyel yolun, incelenen havayolu şirketinin hizmet noktalarına eklenmesi gerektiği gösterilmiştir. Ayrıca, havalimanı otoritesinin, yeni güzergahlar açmak için taşıyıcıları çekmek ve rekabet edebilirliğini güçlendirmek için uçuş sıklıkları eklemeleri konusunda teşvik planları uygulayabileceği öne sürülmüştür [6].

[7] 'de düşük maliyetli havayolu şirketi için rota seçimi analizi yapılmıştır. Çalışmada vaka analizi için Spring Airlines seçilmiştir. Bu makalede, havayolu şirketi için yeni bir rotaya giriş modunun probit modeli ortaya koyulmakta ve rota seçimi ile ilgili hususların açıklanması için havaalanı yolcu verimi, nüfus, gsyih ve diğer göstergeler kullanılmaktadır. Spring Airlines'ın gerçek işletme verileri kullanılarak, Spring Airlines'ın seçtiği yeni rotalar için çeşitli faktörler belirtilmiş ve sonuçta Spring Airlines'ın yeni rotaya giriş modeli olarak probit modeli kullanılmıştır. Probit model, normal dağılıma genelleştirilmiş bir doğrusal modeldir. Çalışmada iç pazardaki en iyi 600 rota seçilmiş hizmet verilemeyen rotalar kaldırılmış ve bunun için 613 gözlem yapılmıştır. Çalışma sonucunda Çin'in Spring Havayolları için ikincil havalimanında hizmet vermesinin daha avantajlı olduğu belirtilmiş olup, Çin'deki yüksek tren projesi nedeni ile her ne kadar düşük

maliyetli havayolu şirketlerinin kısa mesafeli uçuş özelliklerine aykırı olsa da, havayolu şirketinin uzun mesafeli rotalara girme olasılığının yüksek olduğundan bahsedilmiştir.

[5]'de Türkiye'deki bir havayolu şirketi için Kuzey Amerika bölgesinde yeni bir rota araştırması yapılmıştır. Çalışmada aralık tip 2 bulanık TOPSIS metodu kullanılarak yeni bir rota seçimi için beş farklı nokta arasında karar analizi uygulanmıştır. Yeni rotanın uygulanabilirliğinin özelliklerini belirlemek için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi kullanılmıştır. Son olarak, önerilen yöntemi doğrulamak ve pratikliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için gerçek bir vaka çalışması gösterilmiştir. Sonuçlar, ÇKKV yaklaşımının karar vericilerin rota analizi için potansiyel havaalanları seçme konusunda yararlı bir araç olduğunu göstermektedir.

[8]'de Tayvan ve ABD arasındaki en verimli ve en iyi uçuş rotalarını bulmak amacıyla çok amaçlı programlamadan yararlanılmıştır. Sonuçlar; üç potansiyel yolun, Boston, Dallas ve Washington'un, incelenen havayolu şirketinin hizmet noktalarına eklenmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, Çinli yolcuların Tayvan üzerinden ABD'ye transferine izin verilirse, Newark, Atlanta, Chicago ve Detroit hatlarının taşıyıcılara ek potansiyel yollar olabileceği gösterilmiştir. Araştırma, Tayvan Taoyuan Havalimanı'nın hava bağlantısını arttırmak için havayolu şirketini bu yeni rotaları ağına eklemeye teşvik etmektedir.

[9]'da, küme çifti analizi (SPA- durumların belirsizliğini analiz etmek için bir sistem teorisi yöntemi) yöntemi ile havayolu güzergahı şeması optimizasyon modeli önerilmiş olup, Çin'in Şangay şehrinden uçulabilecek 18 şehir belirlenmiştir; Pekin, Guangzhou, Shenzhen, Chengdu, Kunming, Xi'an, Chongqing, Xiamen, Qingdao, Haikou, Changsha, Dalian, Wuhan, Shenyang, Urumçi, Guilin, Sanya, Zhengzhou. Tercih edilecek rota için kurulan modelde 3 değişken esas alınmıştır. Yolcu talebinin artış oranı, varış yerleri için kalan kapasite oranı, koltuk kilometre başına maliyet. Varış yerinin koltuk kilometre başına maliyeti burada aralık değer almıştır. Karar vericiler için puanlama ağırlığı oluşturulmuş karar vericilerin önem ağırlıkları sırası ile 0.45, 0.3 ve 0.25 olarak bulunmuştur.

Gri tahminleme modeli (kısıtlı veri ve yetersiz tecrübeye sahip olunan durumlarda karar vericilere tatmin edici sonuçlar üreten tahmin yöntemi) ile 2007 yılında havayolu rotalarının yolcu talebi test edilmiştir. Çalışma sonunda Dalian noktası ilk sırada yer almıştır.

1.2 Tezin Amacı

Türkiye’de bir havayolu şirketi için alternatif yeni hatların değerlendirilmesi amacıyla aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci ile karar verme yöntemi uygulanarak incelenen şirketin Kuzey Amerika Bölgesi’nde gelirleri giderlerinden fazla öngörülen alternatif hatlar içinde rekabetçi ve stratejik açıdan daha üstün hattın tespiti amaçlanmıştır.

1.3 Orijinal Katkı

Literatürde, havayolu şirketleri için aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile yeni varış noktasına karar verme alanında çalışmaların eksikliği tespit edilmiş olup, bu çalışmanın bu eksikliği gidermeye yönelik önemli etkileri olacağı düşünülmektedir.

Bu bölümde hava taşımacılığı sektörü tanımı, tarihsel gelişimi, Dünya’da ve Türkiye’de sektörün durumu hakkında bilgi verilecektir.

2.1 Hava Taşımacılığı Sektörünün Tanımı

Hava taşımacılığı, yolcuların ve yüklerin bir hava aracı ile bir yerden başka bir yere hareket etmesidir. Ulaştırma sektörünün önemli bir alt sektörü olan hava taşımacılığı sektörü; faaliyet konusu, faaliyetleri yürüten kurum ve kuruluşlar, kullanılan yüksek teknoloji ürünü araçlar ve donanım, özel alt yapı ve haberleşme sistemleri, nitelikli insan gücü, hizmet verilen insanlar, ulusal ve uluslararası özelliğe sahip kurallar ve mevzuat konularının oluşturduğu önemli bir sistemdir. Hava taşımacılığı, havayolu işletmeciliği, hava alanları işletmeciliği, hava seyrüsefer ve hava trafik kontrol hizmetleri, yer ve ikram hizmetleri, eğitim, bakım, ilgili alt ve üst yapılar ve diğer havacılık faaliyetleri ile, bütün bu faaliyetlerin uluslararası kurallara göre koordinasyonu ve denetimini kapsamaktadır [10].

2.2 Hava Taşımacılığının Tarihsel Gelişimi

Havacılığın tarihsel gelişimine baktığımızda, havacılığın gerçek anlamda 1903’te A.B.D.’nin North Carolina eyaletinde Orville ve Willbur Wright kardeşlerin kendi yaptıkları uçakla yerden 150 feet yükseklikten, birkaç mil uçmalarıyla başladığı fikri yaygındır. Hava taşımacılığının tarihsel gelişimi 4 evreden oluşmaktadır [11].

2.2.1 Oluşum Evresi (1918–1938)

Birinci Dünya Savaşı sırasında büyük bombalama uçaklarının geliştirilmesi, uçağın hızlı ticari ve posta taşımacılığı için kullanılabileceğini göstermiştir. 1918’de, deneysel olarak hava posta hizmetinin geliştirilmesi ile hava taşımacılığı endüstrisi doğmuştur. Ön çalışmaların ardından, Amerika Birleşik Devletleri’ndeki ilk düzenli hava posta yolu; 218 mil uzunluğunda olup, 15 Mayıs 1918’de New York City ve Washington arasında pazar günleri hariç her gün bir gidiş dönüş olarak deneysel

olarak başlatılmıştır. Hizmet, Birleşik Devletler Savaş Dairesi ve Postane Dairesi tarafından ortaklaşa yürütülmüştür. Aynı yılın Ağustos ayında Postane Departmanı tarafından operasyon devralınmıştır. New York Washington hava posta yolu, ekonomi ihtiyacı ve Kongre'nin rotayı yönetmesindeki başarısızlık nedeniyle 31 Mayıs 1921'de sona ermiştir. Kongre, 2 Şubat 1925'te, Kelly Yasası olarak bilinen Hava Posta Yasası'nı çıkarmıştır. Bu yasa, hava postalarının nakliyesi için Postane Dairesi ile hava taşımacılığı hizmeti veren özel şahıslar veya şirketler arasında sözleşme yapma yetkisi sağlamıştır. 1927 yılına kadar, Postane Dairesi'nin tüm hava posta hizmetleri hava taşımacılığı şirketlerine devredilmiş ve hava posta sözleşmesi şirketleri tarafından işletilmek üzere yeni yollar kurulmuştur. Postane Dairesi ve havayolu posta şirketleri arasında sözleşmeye dayalı ilişkilerin kurulmasının hava yolcu taşımacılığı üzerindeki etkisi az da olsa vurgulanabilir. Hava posta üstlenicileri tarafından alınan sübvansiyonlar, yolcu hizmetlerini kurmak için birçok havayolu şirketine olanak sağlamıştır [12].



Şekil 2.1 Çeşitli şehirler arasındaki ilk sözleşmeli hava posta yolları görseli [12]

Tablo 2.1 Çeşitli şehirler arasındaki ilk sözleşmeli hava posta yolları [12]

Rota No	Şirket	Rota	Başlangıç
CAM 1	Colonial Airlines	New York – Boston	Haz'1926
CAM 2	Robertson Aircraft Corp.	Chicago – St. Louis	Nis'1926
CAM 3	National Air Transport	Chicago – Dallas	May'1926
CAM 4	Western Air Express	Los Angeles – S.Lake City	Nis'1926
CAM 5	Varney Speed Lines	Elko, Nev. – Pasco, Wash.	Nis'1926
CAM 6	Ford Air Transport	Detroit – Cleveland	Şub'1926
CAM 7	Ford Air Transport	Detroit – Chicago	Şub'1926
CAM 8	Pacific Air Transport	Los Angeles – Seattle	Eyl'1926
CAM 9	Charles Dickenson	Chicago – Minneapolis	Haz'1926
CAM 10	Florida Airways Corp.	Atlanta – Jacksonville	Eyl'1926
CAM 11	Clifford Ball	Cleveland – Pittsburgh	Nis'1927
CAM 12	Western Air Express	Pueblo, Colo. – Cheyenne	Ara'1926

Hava posta taşımacılığının gelişimi ile uçaklar da gelişmiş ve sistem büyümeye başlamıştır. 1920'lerin sonlarına kadar sivil havacılık posta taşımacılığından ileri gidememiştir. İnsanların uçaklara olan güvensizliği, kara ve demiryolu taşımacılığının da yeni olması nedeniyle cazibesini koruması, uçakların konforsuzluğu, uçak seyahatinin çok pahalı olması ve uçakların yeterli kapasiteye sahip olmaması dolayısıyla hizmette süreklilik sağlanamamıştır. 1938'lere gelindiğinde ise dünyada yeni siyasi krizlerin başlaması ile birlikte sivil havacılık durgunluğa girmiş ve yerini askeri alanda hızlanan havacılığa bırakmıştır [11].

2.2.2 Büyüme Evresi (1938–1958)

II. Dünya Savaşı başladığında, Roosevelt havayollarını millileştirmek için düzenlemeler yapmıştır. Uçan her şey en azından yarı askeri hale gelmiş, havayolu şirketleri filolarının çoğunu orduya devretmiştir. Ordu, havayolu şirketlerinde görev yapan pilotların çoğunu da kabul etmiş ve kalan kaynakları seyahat eden halkın ihtiyaçlarından ziyade savaş için tahsis etmiştir. Üretim bir gecede dönüştürülmüş; DC-3, C-47 askeri uçağı olmuştur [12].

II. Dünya Savaşı yıllarında uçakların sayısında artış ve teknolojik gelişmeler sivil havacılığın da savaş sonrası gelişiminin habercisi olmuştur. 1945 yılında savaşın sona ermesi ile birlikte, I. Dünya savaşında olduğu gibi askeri uçak fazlası olmuştur. Bu uçaklar sivil havacılığın önem kazanması için potansiyel arz etmiştir. Bu tarihten sonra havacılık sektörü tarifeli yolcu taşımacılığına yönelmiştir [11].

1955 yılında Pan American Havayolları'nın Boeing 707 ve Douglas DC-8 dört motorlu jet uçağı siparişı verdiğini duyurması ile büyüme evresi son bulmuştur.

2.2.3 Olgunluk Evresi 1958-1978

Havayolu şirketlerinin filolarına dahil ettikleri jetler ile birlikte, havayolu endüstrisi birbiri ardına teknolojik gelişme yaşamıştır: uçuş kayıt cihazları, hava durumu radarı, arazi kaçınma sistemleri vb. Bu dönemde, hava yolcu taşımacılığı yüksek riskli bir dönemden neredeyse hiç riski olmayan bir döneme geçmiştir. 1969'da artan talebi karşılamak ve maliyetleri kontrol altına almak için ilk geniş gövdeli 400'den fazla yolcuyu kıtalar arası taşıyabilen dört motorlu jet B- 747 Jumbo üretilmiştir [11].

2.2.4 Serbestleşme Evresi (1978'den Günümüze)

1978'de Amerikan hükümeti radikal bir kararla havacılık sistemini tam rekabete açmıştır. Tüm ticari kısıtlamaların kalktığı bu dönem havacılığın dev bir sisteme dönüşmesine neden olmuştur. 1980'lerde Avrupa'yı da etkisi altına alan bu hareket nedeniyle bir kaç yıl içinde havayolu şirketi ve uçak sayısı ikiye katlanmış ve rekabet hava taşımacılığını herkesin yararlanabileceği bir taşımacılık sistemi haline getirmiştir. Sonuçta sistem büyümeyle birlikte sancılı bir döneme girmiştir. Tüm ülkeler seviyesinde çeşitli önlemler, çeşitli standartlar, çeşitli yaptırım ve uygulamalar zorunlu hale gelmiş ve sistem bugünkü şeklini almıştır [11].

2.3 Ülkemizde Hava Taşımacılığının Geçmişi

Havayolu ulaştırması sektörü 14.10.1983 tarihinde kabul edilen 2920 sayılı Sivil Havacılık Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle, özellikle 1980'lerin ikinci yarısından itibaren belirgin bir gelişme yaşamıştır. Bu dönemde Türk Hava Yolları'nın bir modernizasyon ve standardizasyon programı çerçevesinde filosunu geliştirmeye başladığı, hizmet standartlarını yükseltme çabasına girdiği ve yurt içi hatlardan ziyade ekonomik açıdan avantajlı dış hatlara yönelmekte olduğu görülmektedir. 1990 yılının ilk yarısına kadar gelişme eğilimini sürdüren sektör, 2 Ağustos 1990 tarihinde ortaya çıkan Körfez Krizi ve bunu izleyen sıcak savaş nedeniyle olumsuz yönde etkilenmiştir. 1992 yılı havayolu sektörü açısından yeniden canlanma yılı olmuş ve sektörün gelişimi 1997 yılına kadar sürmüştür. 1998 yılında, Uzak Doğu

lkelerindeki ekonomik kriz Türkiye’deki hava taşımacılığı sektörünü de olumsuz yönde etkilemiştir. Sektörde yaşanan bu olumsuzlukları telafi etmek için havayolu işletmeleri faaliyetlerini yeniden düzenleyerek, personel çıkararak ve filolarını yeniden planlayarak kendilerini toparlamak zorunda kalmışlardır [11].

2002 yılına kadar havacılık sektörü rekabete açık değildir. Sadece THY tarifeli iç hat uçuşları yapabilmektedir. Havayolu bilet fiyatları, sektörün tekелci yapısına dayalı olarak çok yüksek olduğu için havayolu ulaşımı lüks olarak kabul edilmiştir. 2003 yılında özel havayolu taşımacılığı sistemlerini yeniden yapılandırmak için gerekli yasal düzenlemeler için çalışılmaya başlanmıştır. İç hat uuşlarındaki talebi arttırmak için özel havayolu şirketlerine uygulanan bütün kısıtlamalar kaldırılmış vergi indirimi sağlanmış ve iç hat uçuş noktaları rekabete açılmıştır [13].

2.4 Günümüzde Hava Taşımacılığı

Bu bölümde, günümüzde Dünya’da ve Türkiye’de hava taşımacılığı hakkında bilgi verilecektir.

2.4.1 Dünya’da Hava Taşımacılığı

Hava taşımacılığı, kısa sürede çok hızlı teknolojik ve yapısal değişiklikler gösteren bir sektördür. Bir yandan geniş kapasiteli, yakıt tasarrufu sağlayan, düşük gürültülü uçakların geliştirilmesinin; havayolu şirketlerinin faaliyetleri, yönetimi, hizmet kalitesi ve kapsamı üzerinde büyük ölçüde etkisi olurken öte yandan serbestleşme, zelleştirme, sektörün daha ticari bir yapıya dönüştürülmesi ve işbirliklerinin oluşması sektörün yapısını değiştirmiş ve sektörü tüketicilerin hakim olduğu bir pazara dönüştürmüştür. Bu yapısal değişiklikler arasında zelleştirme, birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede büyük ölçüde benimsenmekte ve uygulanmaktadır. Özelleştirme amaçları ülkeden ülkeye farklılık gösterse de zelleştirme, verimliliği ve hizmet kalitesini arttırmaya ve hkmet sübvansiyonlarını azaltmaya yöneliktir [10].

Tablo 2.2’de görüldüğü üzere, 2017’de dünya üzerinde 4 milyardan fazla yolcu seyahat etmiş ve ortalama doluluk % 81 olmuştur. Buna ilave olarak, Tablo 2.3’de yolcunun en fazla seyahat ettiği bölgelerin sırasıyla Asya-Pasifik, Avrupa ve Kuzey Amerika olduğu görülmektedir.

Tablo 2.2 2008-2017 Dünya uluslararası ve ulusal tarifeli seferler [14]

Yıl	Yolcu(Milyon)	Yıllık Değişim	Yolcu Km(Milyon)	Yıllık Değişim	Arz Koltuk Km(Milyon)	Doluluk
2008	2.500	1,5	4.608.466	2,0	6.062.667	76
2009	2.490	-0,4	4.559.935	-1,1	5.939.854	77
2010	2.707	8,7	4.922.634	8,0	6.290.211	78
2011	2.872	6,1	5.246.440	6,6	6.718.033	78
2012	3.006	4,6	5.527.089	5,3	7.000.614	79
2013	3.140	4,5	5.830.675	5,5	7.327.547	80
2014	3.319	5,7	6.179.175	6,0	7.742.481	80
2015	3.558	7,2	6.642.514	7,5	8.278.447	80
2016	3.797	6,7	7.133.461	7,4	8.884.871	80
2017	4.071	7,2	7.699.420	7,9	9.465.562	81

Tablo 2.3 2017 Dünya uluslararası ve ulusal tarifeli seferler bölgesel dağılımı [14]

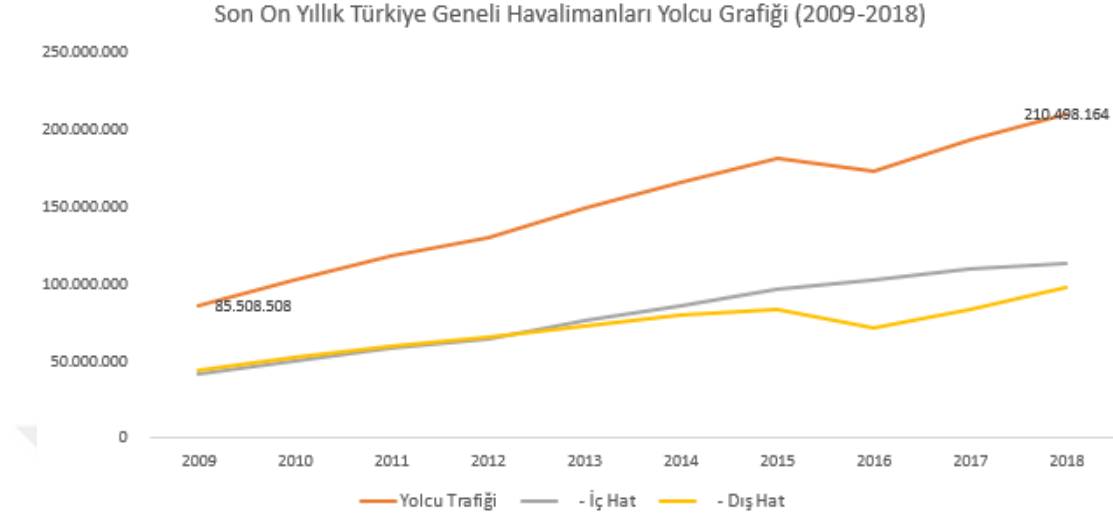
	Uçak Km (Milyon)	Uçak Kalkışı(Bin)	Taşınan Yolcu(Bin)	Yolcu Km(Milyon)	Doluluk
Avrupa	12.633	8.809	1.067.047	2.042.727	84
Dünya trafiğinin yüzdesi	24,5	24	26,2	26,5	
Afrika	1.371	1.043	83.354	161.631	71
Dünya trafiğinin yüzdesi	2,7	2,8	2	2,1	
Orta Doğu	3.696	1.397	217.519	724.147	75
Dünya trafiğinin yüzdesi	7,2	3,8	5,3	9,4	
Asya ve Pasifik	16.556	11.559	1.485.001	2.607.057	81
Dünya trafiğinin yüzdesi	32,1	31,5	36,5	33,9	
Kuzey Amerika	14.304	11.083	940.807	1.768.744	83
Dünya trafiğinin yüzdesi	27,7	30,2	23,1	23	
Latin Amerika ve Karayipler	3.029	2.831	277.466	395.114	81
Dünya trafiğinin yüzdesi	5,9	7,7	6,8	5,1	
Toplam	51.588	36.722	4.071.193	7.699.420	81

2.4.2 Türkiye’de Hava Taşımacılığı

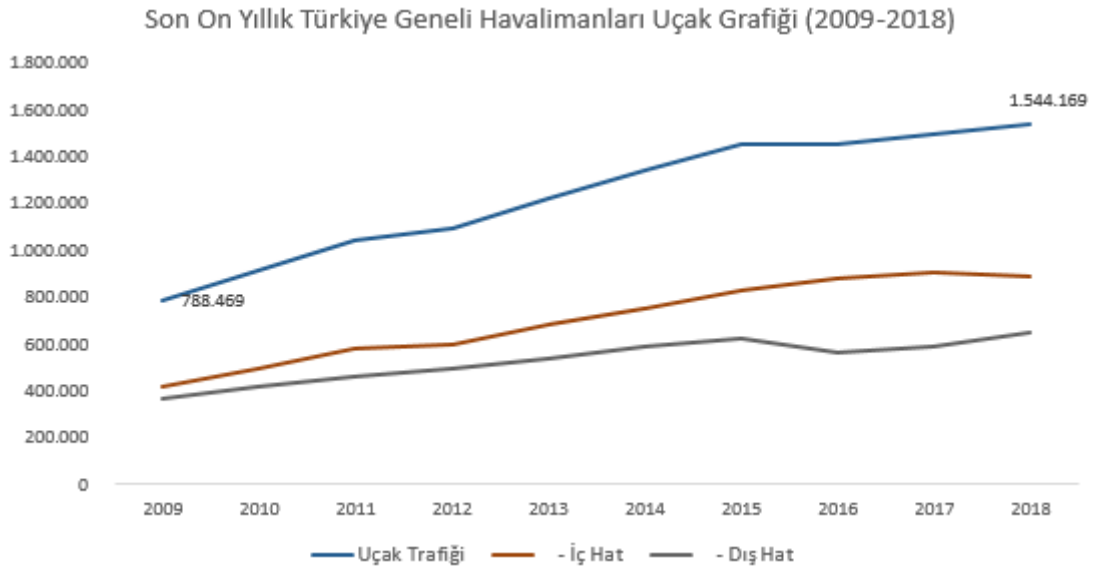
Türkiye’de hava taşımacılığı, hava alanlarının işletilmesi, meydan yer hizmetlerinin yapılması, hava trafik kontrol hizmetlerinin ifası, seyrüsefer sistem ve kolaylıklarının kurulması ve işletilmesi, bu faaliyetler ile ilgili diğer tesis ve sistemlerin kurulması, işletilmesi ve modern havacılık düzeyine çıkarılması Devlet Hava Meydanları İşletmesi’nin (DHMİ) amaç ve faaliyet konuları arasında yer almaktadır [10].

Türkiye’de havayolu ulaştırma sektörünü daha iyi analiz edebilmek için, Türkiye’de gerçekleşmiş olan iç hat ve dış hat yolcu ve uçak trafik bilgilerini incelemek yararlı olacaktır.

Şekil 2.2’de DHMİ’nin istatistiğine göre yolcunun 2015 ve 2016 yılları dışında arttığı görülmektedir. Şekil 2.3’de de DHMİ’nin istatistiğine göre uçak trafiğinin 2015 ve 2016 yılları dışında arttığı görülmektedir.



Şekil 2.2 Türkiye geneli havalimanları yolcu grafiği [15]



Şekil 2.3 Türkiye geneli havalimanları uçak grafiği [15]

Türkiye’de hava yolculuğuna olan talebin artması ve düşük maliyetli havayolu şirketlerinin sektöre katılmaya başlaması ve bilet fiyatlarının azalması ile hava seyahati, diğer seyahat türlerinden daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır. Ayrıca, Türk havalimanlarını yöneten ve düzenleyen ve Türk Hava sahasını kontrol eden bir devlet kuruluşu olan Devlet Hava Meydanları İşletmesi’nin (DHMİ) 2013’te

ihaleye açtığı İstanbul'un üçüncü havalimanında ilk uçuşlar 2018 yılında başlamış olup, 2019 yılında ise Atatürk Havalimanı'ndan gerçekleştirilen tüm tarifeli seferler, İstanbul Havalimanı'ndan icra edilmeye başlamıştır. Bu havalimanının son aşaması olan dördüncü etabı 2028'de tamamlandığında, dünyanın en büyük uluslararası havalimanlarından biri olacağı ayrıca altı pist ile dünyanın en işlek havalimanlarından biri ve yaklaşık 350 varış noktasına ve sonunda yıllık 200 milyon yolcu kapasitesine sahip olacağı öngörülmektedir. Hava yolculuğuna talebin artması ve yeni havalimanı ile Türkiye'ye artan yolcu potansiyeli nedeni ile yeni hatlar açmak ve yolcuya farklı uçuş rotaları sunarak bağlantı zenginliği sağlamak önemlidir.



Aralık Değerli Pisagor Bulanık Kümeler

Birçok gerçek karar verme probleminde, mevcut bilgilerdeki yetersizlik nedeniyle, karar vericilerin fikirlerini net bir rakamla tam olarak ölçmeleri zor olabilir, ancak bunlar $[0,1]$ içindeki bir aralık numarası ile temsil edilebilir. Aralık değerli pisagor bulanık kümeler (IVPFS); belirsiz bilgileri ele almak için, pisagor bulanık kümeler (PFS) ve aralık değerli sezgisel bulanık kümelerin (IVIFS) başarılı bir uzantısıdır [16]. Pisagor bulanık kümeler ve aralık değerli sezgisel bulanık kümeler literatürde çeşitli alanlarda başarılı şekilde uygulanmıştır. Pisagor bulanık kümeler ve aralık değerli sezgisel bulanık kümeler kullanılan bazı çalışmalar Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Literatürde pisagor bulanık kümeler ve aralık değerli sezgisel bulanık kümeler kullanılan bazı çalışmalar

Yazar	Küme tipi	Yöntem	Uygulama	Uygulama alanı
Yücesan ve Kahraman [17]	Pisagor bulanık	Ahp	Risk değerlendirme	Enerji
Liang ve diğ.[18]	Pisagor bulanık	Viktor	Web sayısı kalite değerlendirmesi	Bankacılık
Xiao ve Ding [19]	Pisagor bulanık	Jensen-Shannon mesafesi	Tıbbi Teşhis	Tıp
Bolturk [20]	Pisagor bulanık	Codas	Tedarikçi seçimi	İmalat
Mohd ve Abdullah [21]	Pisagor bulanık	Ahp	Yönetici seçimi	Yönetim
Zhang ve Xu [22]	Aralık değerli sezgisel bulanık	Fuzzy Topsis ve Mcgp	Tedarikçi seçimi	İmalat
Chen [23]	Aralık değerli sezgisel bulanık	Simple Additive Weighting (SAW)	Havza alanı seçme	Çevre planlaması
Chen [24]	Aralık değerli sezgisel bulanık	Qualiflex	Köprü yapım yöntemi seçme	İnşaat

Aralık değerli pisagor bulanık kümeler kullanılan çalışma Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Literatürde aralık değerli pisagor bulanık kümeler kullanılan bazı çalışmalar

Yazar	Bulanık küme tipi	Yöntem	Uygulama	Uygulama alanı
Yu ve diğ.[25]	Aralık değerli pisagor bulanık küme	Topsis	Tedarikçi seçimi	İmalat
Peng ve Li [26]	Aralık değerli pisagor bulanık küme	WDBA	Acil Durum Planı Belirleme	Madencilik
Karasan ve diğ.[27]	Aralık değerli pisagor bulanık küme	Ahp	Kazi alanında risk belirleme	İnşaat
Peng ve Yang[28]	Aralık değerli pisagor bulanık küme	Electre	Yazılım geliştirme projesi seçme	Yatırım

Aralık değerli pisagor bulanık kümeler; karar verme sürecinde güçlü belirsizlik ve anlam karmaşasını ele alma kabiliyetleri nedeniyle daha geniş uygulama potansiyellerine sahiptir [29]. Bu bölümde çalışmada kullanılan yöntem olan aralık değerli pisagor bulanık kümeler ve ilişkili olduğu pisagor bulanık kümeler ile aralık değerli sezgisel bulanık kümelerin temel kavramları gözden geçirilmektedir.

Tanım 1: X bir söylem evreni olsun. X 'teki bir pisagor bulanık küme $\tilde{P}$ olmak üzere [30];

$$\tilde{P} = \{ \langle x, \mu_{\tilde{P}}(x), \nu_{\tilde{P}}(x) \rangle \mid x \in X \} \quad (3.1)$$

$\mu_{\tilde{P}} : X \rightarrow [0,1]$ her bir $x \in X$ elemanının $\tilde{P}$ kümesine üye olma derecesini, $\nu_{\tilde{P}} : X \rightarrow [0,1]$ ise üye olmama derecesini belirtir.

Zhang ve Xu [31], $(\mu_{\tilde{P}}(x), \nu_{\tilde{P}}(x))$ 'i, $\tilde{p}(\mu_{\tilde{P}}, \nu_{\tilde{P}})$ ile gösterilen bir pisagor bulanık sayı olarak tanımlamıştır.

Üye olma ve üye olmama derecesinin karelerinin toplamı 1'den küçüktür.

$$0 \leq (\mu_{\tilde{P}}(x))^2 + (\nu_{\tilde{P}}(x))^2 \leq 1 \quad (3.2)$$

Tereddütlük seviyesi;

$$\pi_{\tilde{P}}(x) = \sqrt{1 - (\mu_{\tilde{P}}(x))^2 - (\nu_{\tilde{P}}(x))^2} \quad (3.3)$$

Tanım 2: X bir söylem evreni ve $\text{Int}([0,1])$, $[0,1]$ 'in tüm kapalı alt aralıkları kümesi olsun [32].

X 'teki bir IVIFS I şu şekilde verilir:

$$I = \{ \langle x, \mu_I(x), \nu_I(x) \rangle \mid x \in X, \quad (3.4)$$

$$\mu_I : X \rightarrow \text{Int}([0,1]) \quad (x \in X \rightarrow \mu_I(x) \subseteq [0,1])$$

$$\nu_I : X \rightarrow \text{Int}([0,1]) \quad (x \in X \rightarrow \nu_I(x) \subseteq [0,1])$$

μ_I ve ν_I sırasıyla $x \in X$ elemanının I kümesine üye olma ve üye olmama derecelerini belirtir.

Her bir $x \in X$ için $\mu_I(x)$ ve $\nu_I(x)$ kapalı aralıklı olup alt ve üst sınırları $\mu_I^-(x)$, $\mu_I^+(x)$ ve $\nu_I^-(x)$, $\nu_I^+(x)$ olarak belirtilir. Bu durumda I kümesi;

$$0 \leq \mu_i^+(x) + v_i^+(x) \leq 1 \text{ koşulu ile;} \quad (3.5)$$

$$I = \{ \langle x, [\mu_i^-(x), \mu_i^+(x)], [v_i^-(x), v_i^+(x)] \rangle \mid x \in X \} \quad (3.6)$$

olarak belirtilir.

Tereddütlük seviyesi;

$$\pi_i(x) = [\pi_i^-(x), \pi_i^+(x)] = [1 - \mu_i^+(x) - v_i^+(x), 1 - \mu_i^-(x) - v_i^-(x)] \quad (3.7)$$

Xu [33], $i = ([\mu_i^-, \mu_i^+], [v_i^-, v_i^+])$ bir aralık değerli sezgisel bulanık sayısı olarak tanımlamıştır.

Tanım 3: X bir söylem evreni ve $\text{Int}([0,1], [0,1])$ 'in tüm kapalı alt aralıkları kümesi olsun [34].

X 'teki bir IVPFS P şu şekilde verilir:

$$P = \{ \langle x, \mu_P(x), v_P(x) \rangle \mid x \in X, \quad (3.8)$$

$$\mu_P : X \rightarrow \text{Int}([0,1]) \quad (x \in X \rightarrow \mu_P(x) \subseteq [0,1])$$

$$v_P : X \rightarrow \text{Int}([0,1]) \quad (x \in X \rightarrow v_P(x) \subseteq [0,1])$$

μ_P ve v_P sırasıyla $x \in X$ elemanının P kümesine üye olma ve üye olmama derecelerini belirtir.

Her bir $x \in X$ için $\mu_P(x)$ ve $v_P(x)$ kapalı aralıklı olup alt ve üst sınırları $\mu_P^-(x)$, $\mu_P^+(x)$, $v_P^-(x)$, $v_P^+(x)$ olarak belirtilir. Bu durumda P kümesi;

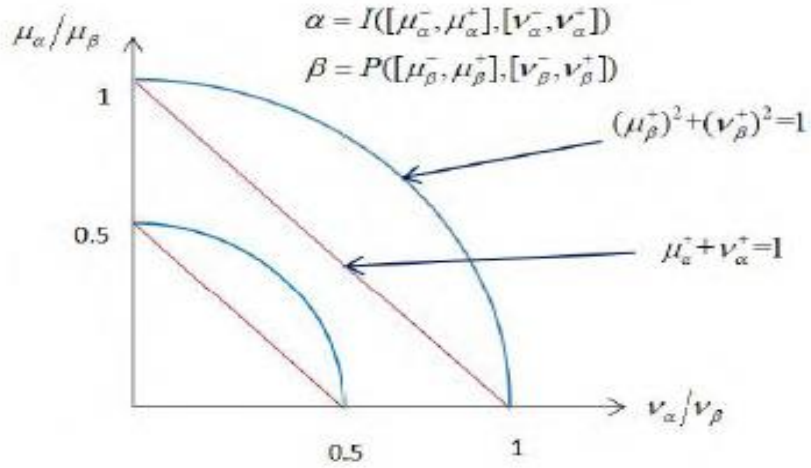
$$0 \leq (\mu_P^+(x))^2 + (v_P^+(x))^2 \leq 1 \text{ koşulu ile} \quad (3.9)$$

$$P = \{ \langle x, [\mu_P^-(x), \mu_P^+(x)], [v_P^-(x), v_P^+(x)] \rangle \mid x \in X \}, \quad (3.10)$$

Tereddütlük seviyesi;

$$\pi_p(x) = [\pi_p^-(x), \pi_p^+(x)] = \left[\sqrt{1 - (\mu_p^+(x))^2 - (v_p^+(x))^2}, \sqrt{1 - (\mu_p^-(x))^2 - (v_p^-(x))^2} \right]. \quad (3.11)$$

Zhang [34], $p = ([\mu_p^-, \mu_p^+], [v_p^-, v_p^+])$ bir aralık değerli pisagor bulanık sayı olarak (IVPFN) tanımlamıştır.



Şekil 3.1 IVPFN ve IVIFN karşılaştırma alanları [26]

Şekil 3.1’de bir aralık değerli pisagor bulanık sayı ile bir aralık değerli sezgisel bulanık sayının karşılaştırma alanları gösterilmiştir.

Bu çalışmada Türkiye'deki bir havayolu şirketi için Kuzey Amerika Bölgesi'nde yeni rota araştırması yapılmıştır. Uygulama beş aşamadan oluşup ilk aşamada Kuzey Amerika Bölgesi için pazar araştırması yapılmış ve 10 yeni varış yeri belirlenmiştir. 2. aşamada daha önce belirlenen 10 varış noktasının maliyet ve gelir bilgileri göz önüne alınmıştır. Tahmini yolcu gelirleri, tahmini giderlerinden fazla olan varış noktaları belirlenmiş ve 3. aşamaya geçilmiştir. 3. aşamada ise bu hatlar için pazar araştırması yapılmış, koltuk ve yolcu sayıları incelenmiştir. 4. aşamada yeni hat seçimi için belirtilen kriterlere, aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci uygulanarak kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Önem ağırlıkları bulunan kriterler SAW metodu uygulanarak her bir alternatifin kriterlere göre toplam skoru hesaplanmış, skoru en yüksek olan alternatif yeni varış yeri olarak seçilmiştir. 5. aşamada ise karar vericilerin önem ağırlığı belirli oranda değiştirildiğinde sonucun değişip değişmediğini anlamak için duyarlılık analizi yapılmıştır.

4.1 Pazar Araştırması

ABD ile diğer bölgeler arasında 2018 Eylül'de hava yolcu trafiği, 2017 Eylül yolcu sayısına göre % 6 artış göstererek 18,888,051 yolcuya ulaşmıştır. ABD'nin en büyük uluslararası bölgesel ağ geçidi, 2018 Eylül'de sonlanan 12 ay boyunca 69.1 milyon yolcu ile ABD'den Avrupa'ya olmuştur. Avrupa'yı 42.3 milyon yolcuyla Orta Amerika ve 35 milyon yolcuyla Uzak Doğu takip etmiştir. Bu, aynı bölgeler için önceki 12 aylık dönemde olduğu gibi, Amerika Birleşik Devletleri'ne gelen ve giden tüm yolcu trafiğinin% 62'sini oluşturmaktadır. Eylül 2018'de sonlanan bir yıl için, Amerikan ve yabancı hava taşıyıcıları 235.6 milyon yolcu taşımış olup; bir önceki yılın aynı 12 aylık dönemine göre % 5 artış göstermiştir. Eylül 2018'de sona eren 12 ay boyunca, Amerika Birleşik Devletleri'ne çift yönlü sunulan koltuk sayısı önceki 12 aylık döneme göre% 4'lük bir artışla 291 milyon olmuştur. ABD'ye çift yönlü uçuş sayısı ise, Eylül 2018'de sonlanan 1 yıl için 1.8 milyon olup bu sayı

önceki 12 aylık döneme göre % 3 artış göstermiştir. ABD ile diğer bölgeler arasında Eylül 2018 ayı için kalkışlar, Eylül 2017'ye göre % 10 artarken, koltuklar aynı dönemde % 7 artmıştır. ABD ile dünyanın geri kalanı arasında Eylül 2018 ayı için kalkışlar, Eylül 2017'ye göre % 10 artarken, koltuklar aynı dönemde % 7 artmıştır. Eylül 2018'de sona eren 12 ay için, dokuz dünya bölgesinden sekizi yıllık koltuk kapasitesinde bir artış kaydetmiştir. Afrika, göreceli koltuk kapasitesindeki en büyük artışı kaydetmiş olup bu dönemde % 8 artmıştır. ABD-Avrupa pazarı, 84.6 milyon veya toplam koltukların % 29.1'i ile koltuk payıyla en büyüğüdür ve önceki 12 aylık döneme göre % 6 büyümüştür. Ayrıntılar Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'de gösterilmektedir. Tablo 4.5'de ise Amerika'ya- Amerika'dan en fazla yolcu taşınan 40 nokta gösterilmiştir. [35].

Tablo 4.1 Yıllık direkt uçuşlar için Amerika ve Uluslararası hatlar arası yolcu bilgisi [35]

Dönem	ABD-Uluslararası Direkt Uçuşlar			
	Toplam Tarifeli Yolcu Sayısı	Yıllık Değişim	Amerika Taşıyıcıları Pazar Payı	Yabancı Taşıyıcılar Pazar Payı
2016 Eylül (12 aylık)	210.288.920	6%	49%	51%
2017 Eylül (12 aylık)	223.280.483	6%	48%	52%
2018 Eylül (12 aylık)	233.937.910	5%	47%	53%

Tablo 4.2 Yıllık direkt uçuşlar için Amerika ve Avrupa hatları arası yolcu bilgisi [35]

Dönem	ABD-Avrupa Direkt Uçuşlar					
	Amerika Taşıyıcıları			Diğer Taşıyıcılar		
	Toplam Tarifeli Yolcu Sayısı	Yıllık Değişim	Pazar Payı	Toplam Tarifeli Yolcu Sayısı	Yıllık Değişim	Pazar Payı
2016 Eylül (12 aylık)	22.815.530	1%	38%	37.165.997	7%	62%
2017 Eylül (12 aylık)	23.434.474	3%	36%	41.275.823	11%	64%
2018 Eylül (12 aylık)	24.520.681	5%	36%	44.377.240	8%	64%

Tablo 4.3 Yıllık direkt uçuşlar için Amerika ve uluslararası hatlar arası koltuk bilgisi [35]

Dönem	ABD-Uluslararası Direkt Uçuşlar			
	Toplam Tarifeli Koltuk Sayısı	Yıllık Değişim	Amerika Taşıyıcıları Pazar Payı	Yabancı Taşıyıcılar Pazar Payı
2016 Eylül (12 aylık)	263.166.842	6%	49%	51%
2017 Eylül (12 aylık)	277.640.107	5%	47%	53%
2018 Eylül (12 aylık)	288.153.954	4%	47%	53%

Tablo 4.4 Yıllık direkt uçuşlar için Amerika ve Avrupa hatları arası koltuk bilgisi [35]

Dönem	ABD-Avrupa Direkt Uçuşlar					
	Amerika Taşıyıcıları			Diğer Taşıyıcılar		
	Toplam Tarifeli Koltuk Sayısı	Yıllık Değişim	Pazar Payı	Toplam Tarifeli Yolcu Sayısı	Yıllık Değişim	Pazar Payı
2016 Eylül (12 aylık)	29.642.071	4%	39%	45.470.290	8%	61%
2017 Eylül (12 aylık)	29.719.816	0%	37%	50.181.568	10%	63%
2018 Eylül (12 aylık)	30.549.734	3%	36%	53.792.701	7%	64%

Tablo 4.5 Amerika'ya-Amerika'dan en fazla yolcu taşınan 40 nokta [35]

Şehir	IATA Kodu	2018 Eylül (12 aylık)			2017 Eylül (12 aylık)			Yıllık Değişim	2018 Eylül (12 aylık) LF
		Toplam Tarifeli Yolcu Sayısı	Amerika Taşıyıcıları Pazar Payı	Yabancı Taşıyıcılar Pazar Payı	Toplam Tarifeli Yolcu Sayısı	Amerika Taşıyıcıları Pazar Payı	Yabancı Taşıyıcılar Pazar Payı		
Londra	LHR	15,065,324	39%	61%	14,647,543	38%	62%	3%	78%
Toronto	YYZ	13,281,110	25%	75%	12,490,046	25%	75%	6%	83%
Cancun	CUN	9,237,428	98%	2%	9,106,789	97%	3%	1%	82%
Mexico City	MEX	8,114,984	46%	54%	7,760,888	42%	58%	5%	76%
Paris	CDG	7,299,888	41%	59%	7,046,896	42%	58%	4%	86%
Tokyo	NRT	6,903,216	50%	50%	7,249,910	54%	46%	-5%	81%
Frankfurt	FRA	6,876,911	29%	71%	6,723,598	29%	71%	2%	83%
Vancouver	YVR	6,293,319	39%	61%	5,912,094	41%	59%	6%	83%
Seul	ICN	6,022,778	16%	84%	6,213,156	15%	85%	-3%	83%
Amsterdam	AMS	5,558,316	61%	39%	5,214,491	63%	37%	7%	86%
Montreal	YUL	4,307,595	36%	64%	3,973,097	39%	61%	8%	82%
Hong Kong	HKG	3,814,123	28%	72%	3,398,977	31%	69%	12%	83%
Pekin	PEK	3,518,647	39%	61%	3,333,373	38%	62%	6%	80%
Guadalajara	GDL	3,494,884	21%	79%	3,428,273	24%	76%	2%	80%
Panama City	PTY	3,467,559	21%	79%	3,190,305	22%	78%	9%	83%
Calgary	YYC	3,256,190	38%	62%	3,066,618	40%	60%	6%	85%
Şangay	PVG	3,202,700	54%	46%	3,097,092	54%	46%	3%	83%
Sao Paulo	GRU	3,158,184	64%	36%	2,846,438	66%	34%	11%	81%
Los Cabos	SJD	3,105,925	99%	1%	2,984,740	100%	0%	4%	78%
Dublin	DUB	3,094,441	31%	69%	2,693,340	34%	66%	15%	83%
Taipei	TPE	3,011,576	7%	93%	2,955,764	7%	93%	2%	82%
Punta Cana	PUJ	2,991,526	99%	1%	2,778,581	99%	1%	8%	86%
Montego Bay	MBJ	2,911,336	95%	5%	2,666,333	94%	6%	9%	84%
Londra	LGW	2,843,372	0%	100%	2,172,777	0%	100%	31%	82%
Dubai	DXB	2,841,150	0%	100%	3,065,672	0%	100%	-7%	79%
Madrid	MAD	2,614,966	41%	59%	2,412,056	42%	58%	8%	82%
Münih	MUC	2,506,966	35%	65%	2,327,712	35%	65%	8%	82%
Reykjavik	KEF	2,470,628	8%	92%	2,181,067	6%	94%	13%	80%
Nassau	NAS	2,341,632	81%	19%	2,072,290	81%	19%	13%	81%
Santo Domingo	SDQ	2,289,090	100%	0%	2,149,601	100%	0%	6%	86%
Bogota	BOG	2,273,988	44%	56%	2,160,559	44%	56%	5%	85%
Roma	FCO	2,237,803	56%	44%	2,053,744	58%	42%	9%	87%
Puerto Vallarta	PVR	2,167,515	98%	2%	2,119,481	100%	0%	2%	82%
İstanbul	IST	2,077,200	0%	100%	1,871,361	0%	100%	11%	88%
Zürih	ZRH	2,021,985	22%	78%	1,955,660	24%	76%	3%	81%
San Jose	SJO	1,993,247	100%	0%	1,933,894	100%	0%	3%	87%
Sidney	SYD	1,963,137	39%	61%	1,969,801	40%	60%	0%	81%
Lima	LIM	1,905,976	45%	55%	1,958,367	43%	57%	-3%	87%
Doha	DOH	1,900,274	0%	100%	1,902,609	0%	100%	0%	77%
Tokyo	HND	1,840,079	57%	43%	1,739,683	55%	45%	6%	81%

4.2 Tahmini Yolcu Gelir ve Tahmini Gider Hesabı

Bu bölümde yeni rota olarak alternatif 10 varış noktası incelenmiş, bunlar arasından sadece üçünün sefer icra edilmesi durumunda tahmin edilen gelirinin tahmin edilen giderlerinden fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Amerika Bölgesi'nde alternatif rotalar Las Vegas (LAS), Charlotte (CLT), Denver (DEN), Dallas (DFW), Detroit (DTW), Orlando(MCO), Philadelphia (PHL), Phoenix (PHX), San Diego (SAN) ve Seattle (SEA)'dır. Bu hatların belirlenmesi için Tablo 4.6'dan faydalanılmıştır.

Tablo 4.6 Amerika'da en yoğun havalimanları [36]

Sıralama	Havalimanı	Yer	IATA Kodu	Toplam Yolcu Sayısı (2017)
1	Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport	Atlanta, Georgia	ATL	103,902,992
2	Los Angeles International Airport	Los Angeles, California	LAX	84,557,968
3	O'Hare International Airport	Chicago, Illinois	ORD	79,828,183
4	Dallas/Fort Worth International Airport	Dallas-Fort Worth, Texas	DFW	67,092,194
5	Denver International Airport	Denver, Colorado	DEN	61,379,396
6	John F. Kennedy International Airport	Queens, New York, New York	JFK	59,392,500
7	San Francisco International Airport	San Mateo County, California	SFO	55,822,129
8	McCarran International Airport	Las Vegas, Nevada	LAS	48,566,803
9	Seattle-Tacoma International Airport	SeaTac, Washington	SEA	46,934,194
10	Charlotte Douglas International Airport	Charlotte, North Carolina	CLT	45,909,899
11	Orlando International Airport	Orlando, Florida	MCO	44,511,265
12	Miami International Airport	Miami-Dade County, Florida	MIA	44,071,313
13	Phoenix Sky Harbor International Airport	Phoenix, Arizona	PHX	43,921,670
14	Newark Liberty International Airport	Newark, New Jersey	EWK	43,393,499
15	George Bush Intercontinental Airport	Houston, Texas	IAH	40,696,189

Haftada 4 frekans (uçma sıklığı) geniş gövde Boeing uçak tipi ile bu hatlardan birine sefer icra edilmesi durumunda; Dallas, Orlando ve Seattle noktalarının tahmin edilen yolcu gelirlerinin, tahmin edilen giderlerden fazla olacağı öngörülmüştür.

Bu kısımda izlenen adımlar şu şekildedir:

1. Adım: Konma başına boş maliyetleri tahmin et (Uçağın hiç yolcu taşımadan (boş) bir noktaya uçuş icra etmesinin maliyeti, akaryakıt ile orantılıdır)

Konma başına boş maliyetler, bu yeni rotalara en yakın uçulan Amerika hatlarının konma başına boş maliyetleri esas alınarak hesaplanmıştır. Alternatif yeni rotaların ve bunlara en yakın uçulan Amerika hatlarının, İstanbul'dan mesafesine göre kilometresi bulunmuş ve km'ler oranlanmıştır. Mevcut hatların boş gideri bu oran ile bölünerek yeni rotaların değerleri bulunmuştur.

Örneğin;

IST-LAX = 11,026 km (mevcut hat)

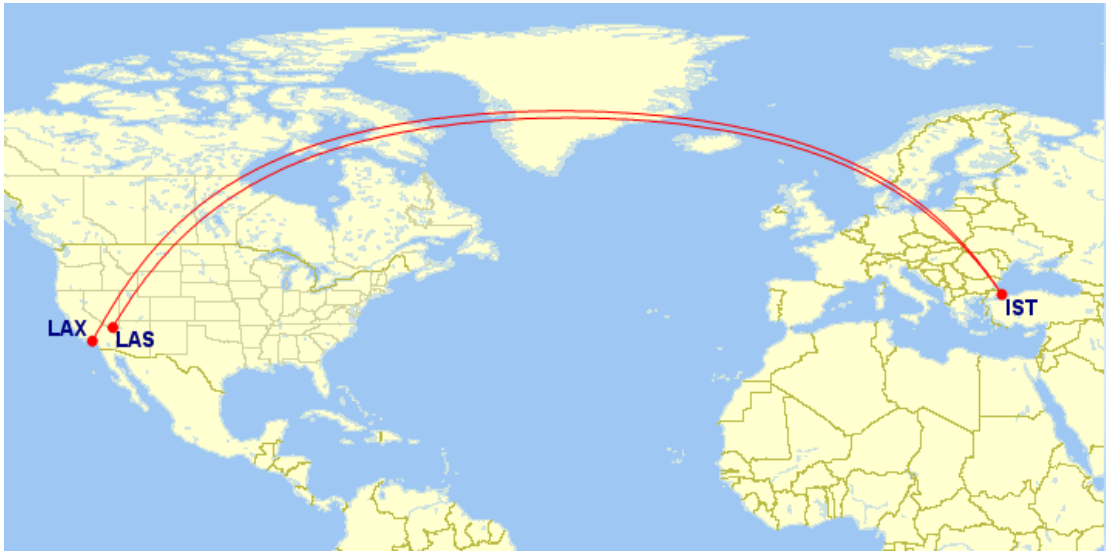
IST-LAS = 10,684 km (alternatif yeni hat)

Oran = $11,026 / 10,684$

= 1.032

IST-LAX = Konma Başına Boş Gider 100\$ varsayılın,

IST-LAS = $100 / 1.032$ \$ olmaktadır.



Şekil 4.1 İstanbul-Los Angeles ve İstanbul-Las Vegas mesafe görseli [37]

2. Adım: Konma başına yolcu birim gideri tahmin et

İlk adımdaki gibi mevcut durumda sefer icra edilen en yakın Amerika hatlarının, İstanbul'dan mesafesine göre hesap edilen kilometreler oranlanmıştır. Mevcut hatların yolcu birim gideri bu oran ile bölünerek yeni rotaların yolcu birim gider değerleri bulunmuştur.

3. Adım: Konma başına yolcu sayısı tahmin et

Yolcu sayısı tahmini için iki metrik önemlidir. Tahmini pazar payı oranları ve tahmini pazar stimüle (değişim) oranları.

Pazar payı oranları için; dış transfer pazar ve iç pazar (bağlantılı + direkt) ayrı ayrı ele alınmıştır. Dış transfer pazar bölgesel bazda incelenmiştir. Talep verisine göre, araştırılan hattın Yaz'16, Yaz'17 ve Yaz'18 dönemlerinde bölgesel bazda yolcu sayıları çıkarılmıştır. 2018 fazla yolcu taşınan dönem olan Yaz'18 dönemi (Nisan'2018-Ekim'2018)'nde alternatif yeni hatlara en yakın Amerika noktasının bölgesel bazda pazar payı oranları, yeni hat için de pazar payı oranları olarak alınmıştır. Pazar stimülasyonu (pazardaki değişim) için ise en yakın Amerika noktasının hat açılmadan öncesi ve sonrası durumu için pazarın stimüle oranları alınmıştır.

Örneğin; Orta Doğu Bölgesi'nden Dallas şehrine iki yönlü olarak, talep verisine göre Yaz'15, Yaz'16, Yaz'17 ve Yaz'18 dönemlerinde sırası ile 70,819, 72,779, 73,181 ve 75,640 yolcu seyahat etmiştir. Dallas şehrine en yakın sefer icra edilen Houston şehrine ise Yaz'18 döneminde Orta Doğu Bölgesi'nden iki yönlü olarak 119,551 yolcu seyahat etmiş olup incelenen şirket için pazar payı oranı %27'dir. Dolayısı ile Yaz'18 döneminde incelenen şirketin Dallas-Orta Doğu pazarından %27 pay alacağı öngörülmektedir. Houston seferlerinin başlangıç tarihi olan 2013 yılından sonraki ilk yaz döneminde, bu tarihten önceki son yaz dönemine göre Orta Doğu pazarları (93,147 ve 110,849) %19 oranında stimüle olmuştur. Pazarın stimüle oranı Dallas için de benzer alınmıştır.

Yurt içi pazar stimülesi için de IAH Yaz'12 ve Yaz'13 pazar stimüle oranı alınmıştır. Pazar payı oranı için ise, Dallas'a-Dallas'tan Yaz'18 döneminde seyahat eden bağlantılı (aktarmalı) ve lokal (aktarmasız) yolcunun toplamının %95'i alınmıştır.



Şekil 4.2 Alternatif varış yerlerine en yakın uçuş icra edilen varış yerleri [37]

4. Adım: Çift yön (RT) değişken direkt giderleri hesapla

$$\text{RT Değişken Direkt Gider} = 2 * (\text{Konma Başına Boş Gider} + \text{Konma Başına Yolcu Sayısı} * \text{Yolcu Birim Gideri}) \quad (4.1)$$

5. Adım: Çift yön yolcu geliri hesapla

(Kargo gelirleri ve diğer ek gelirler hesaba katılmamıştır).

$$\text{Çift Yön Yolcu Geliri} = 2 * (\text{Konma Başına Yolcu Sayısı} * \text{Yolcu Birim Geliri}) \quad (4.2)$$

6. Adım: RT yolcu gelirleri – RT giderleri

$$\text{Hesapla} \quad (4.3)$$

7. Adım: RT Gelir – RT Gider > 0 ise, yeni rota alternatifi olarak seç.

Tablo 4.7’de gösterildiği üzere, tahmini yolcu geliri tahmini giderinden fazla olan hatlar Seattle, Dallas ve Orlando’dur.

Tablo 4.7 Alternatif varış noktaları için tahmini çift yön gelir ve gider değerleri

Destinasyon	Tahmini YDYS	Tahmini YİYS	Tahmini KBYS	Tahmini KBYBG	Tahmini RT Yolcu Geliri	Tahmini RT Değişken Direkt Giderler	Tahmini RT Gelir-Gider
LAS	10.173	13.646	96	574	\$110.224	\$256.659	-\$146.435
CLT	18.329	4.301	91	558	\$101.787	\$196.890	-\$95.103
DEN	13.759	9.972	96	574	\$109.813	\$236.931	-\$127.118
DFW	65.465	14.002	320	543	\$348.163	\$252.795	\$95.368
DTW	21.323	7.901	138	533	\$147.344	\$230.140	-\$82.795
MCO	44.532	24.707	279	473	\$264.385	\$238.088	\$26.297
PHL	11.287	4.735	65	478	\$61.714	\$215.899	-\$154.185
PHX	11.165	6.947	73	574	\$83.812	\$257.667	-\$173.855
SAN	9.093	6.910	65	574	\$74.052	\$263.746	-\$189.694
SEA	40.417	20.985	248	574	\$284.129	\$246.998	\$37.130



Şekil 4.3 Alternatif varış yerleri [37]

4.3 Nokta Analizi

Bu bölümde tahmini yolcu geliri tahmini giderinden yüksek bulunan alternatif yeni varış noktaları olan Dallas, Seattle ve Orlando hakkında kısaca bilgi verilmiş, bölgesel bazda yolcu oranları ve pazardaki diğer bayrak taşıyıcı şirketlerin sunmuş oldukları koltuk sayısı ile hatların business yolcu sayıları incelenmiştir.

DALLAS



Şekil 4.4 Dallas

Dallas, ABD'nin Teksas eyaletinde, 2017 tahmini nüfusu 1.341.075 ile Houston ve San Antonio'dan sonra Teksas'ın üçüncü şehridir. Aynı zamanda, 2015 itibariyle Kuzey Amerika'daki on sekizinci en kalabalık şehirdir. 2017 Amerikan Topluluğu Anketi'ne göre, kişi başına düşen gelir ortalama 25.904 dolardır.

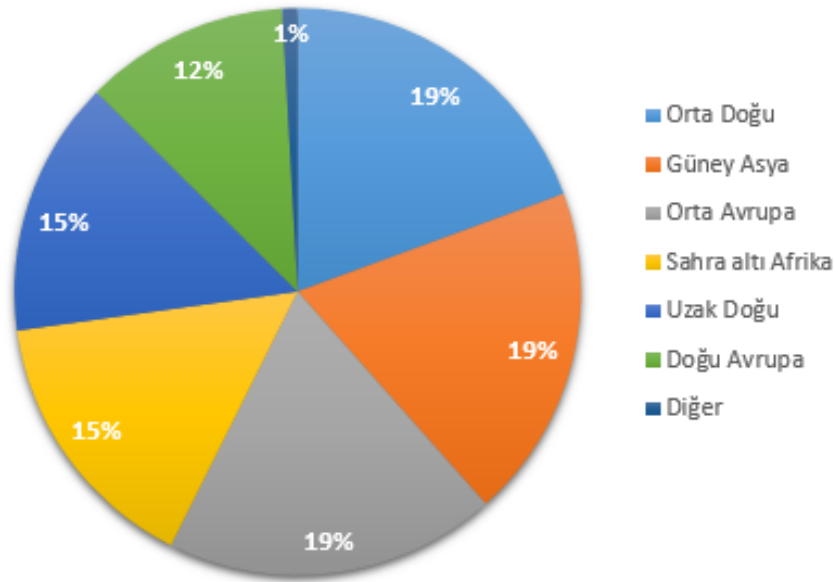
Dallas yerleşim alanı olarak 1841 yılında kurulmuştur ve resmi olarak Şubat 1856'da bir şehir haline gelmiştir. Kuzey Teksas'ta yer alması ve Amerika'nın güneyindeki büyükşehirlerden olmasıyla Dallas, ABD'de deniz bağlantısı olmayan en geniş metropol alanıdır. Şehrin ünü, tarihi petrol ve pamuk endüstrisinin merkezi olmasından ve konumu boyunca yer alan sınırsız demiryolu hatlarından gelmektedir. 1950'lerde eyaletler arası otoyol sisteminin gelmesiyle Dallas bölgenin odak noktalarından biri haline gelmiştir.

Dallas ekonomisi savunma, finansal hizmetler, bilgi teknolojisi, telekomünikasyon ve ulaştırma gibi sektörlerle ilgilidir. Dallas, şehir sınırları dahilinde 9 tane Fortune 500 şirketine ev sahipliği yapmaktadır. Bunlardan bazıları American Airlines (Fort Worth), ExxonMobil (Irving) ve J. C. Penney (Plano) şirketleridir.

Bölgedeki telekomünikasyon şirketleri nedeniyle şehir Silicon Prairie'nin kalbi olarak anılır. Telekom Koridor, Texas Instruments, Nortel Networks, Alcatel Lucent, Ericsson, Fujitsu, Nokia, Cisco Systems, Verizon Communications gibi 5,700'den fazla firmaya ev sahipliği yapmaktadır.

Dallas, iş seyahatleri için Amerika Birleşik Devletlerindeki 3. en popüler nokta olup Dallas Kongre Merkezi ülkedeki en geniş ve en yoğun merkezlerden biridir. Forbes dergisinin Eylül 2011 yılında yayınladığı “Amerika’daki En Zengin İnsanlar” listesindeki 17 milyarder Dallas şehrinde yaşamaktadır.

İki ticari havaalanı bulunmaktadır: Dallas / Fort Worth Uluslararası Havaalanı (DFW) ve Dallas Love Field (DAL). DFW, büyüklük bakımından, eyalette en büyük, ABD’de 2., Dünya’da ise 9. Büyük havalimanıdır. Trafik açısından, DFW eyaletin en işlek, Amerika Birleşik Devletleri’nin en işlek 4. ve dünyanın en işlek 11. Havalimanıdır [38].

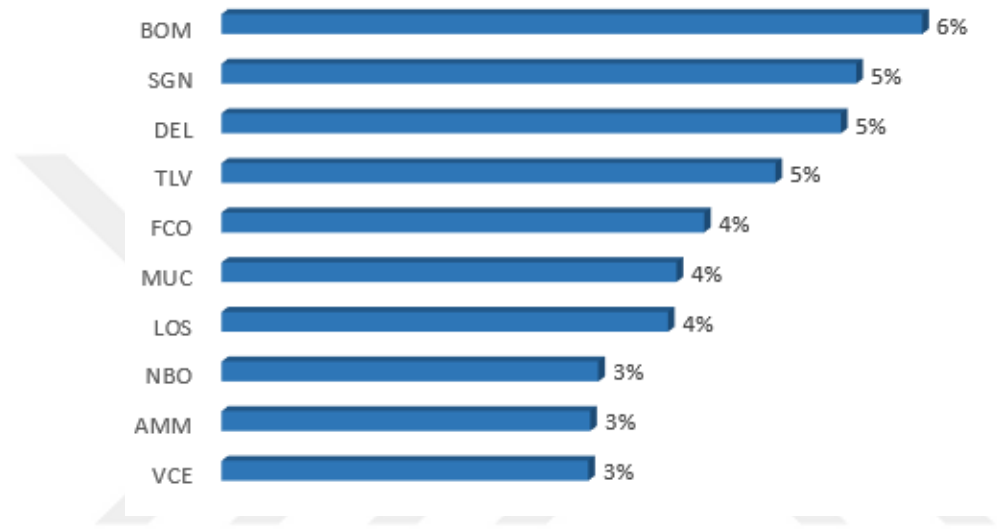


Şekil 4.5 Dallas bağlantılı dış transfer pazar bölgesel yolcu oranları

De-tour, dolambaçlı yol anlamına gelip, yolcunun bulunduğu noktadan varmak istediği noktaya direkt yerine aktarmalı gitmesinin mantıksal bir ölçüsüdür. Yapılan yolcu sayısı analizlerinde de-tour’un 1.4’den az olması hedeflenmiştir. De-tour, kalkış noktası ile aktarma noktası arasındaki mesafe ile aktarma noktası ile varış noktası arasındaki mesafenin toplamının, kalkış noktası ile varış noktası arasındaki mesafeye bölünmesi ile elde edilir. Çalışmada incelenen havayolu şirketi topla dağıt ağ yapısı (hub and spoke) iş modelini kullandığı için, yolcuları bulunduğu noktadan önce kendi merkezine (hub) daha sonra varış noktasına taşır. Pazar payları incelenirken de-tour göz önünde bulundurulmuştur çünkü yolcu

bulunduğu noktadan varmak istediği noktaya aktarmalı uçacaktır (aktarmalı uçmayan yolcular ve yurt içi aktarmalı yolcular için de-tour incelenmemiştir).

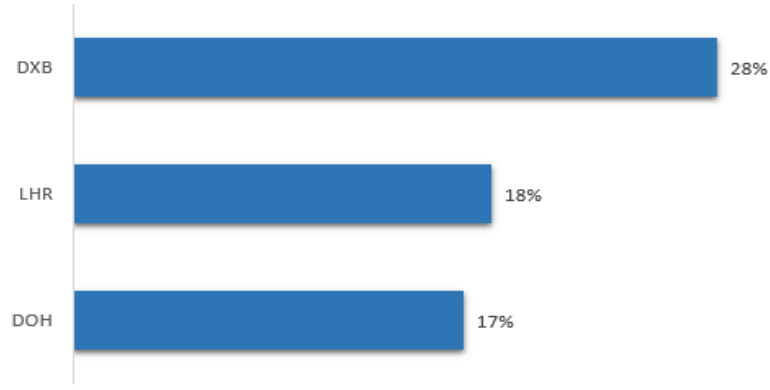
Dallas (de-tour<1.4 olmak üzere) bağlantılı yolcu sayısı Yaz'18 dönemi için (Nisan'18-Ekim'18) talep verisine göre toplamda 390,199 yolcu olup yukarıda Dallas'tan en çok yolcu taşınan bölgeler yer almaktadır. Orta Doğu, Güney Asya ve Orta Avrupa pazarda ilk 3 bölgededir. Bu bölgeler eşit pay oranına sahip ve pazarın %57'sini oluşturmaktadır.



Şekil 4.6 Dallas bağlantılı dış transfer pazar en iyi 10 varış noktası

Dallas (de-tour<1.4 olmak üzere) bağlantılı yolcu sayısı Yaz'18 dönemi için (Nisan'18-Ekim'18) talep verisine göre taşınan yolcu sayısı açısından en büyük 10 varış noktası Bombay (Mumbai-Hindistan), Saygon (Ho-Chi Min-Vietnam), Delhi (Hindistan), Tel Aviv, Roma, Münih, Lagos, Nairobi (Kenya), Amman ve Venedik olup bu hatlar toplam yolcunun (390,199) %43'ünü oluşturmaktadır.

Dallas'tan en iyi hat olan Bombay'e yolcu en fazla Dubai'den aktarma yapmaktadır. 2. sırada Londra'dan 3. Sırada ise Doha'dan aktarma yapmaktadır.

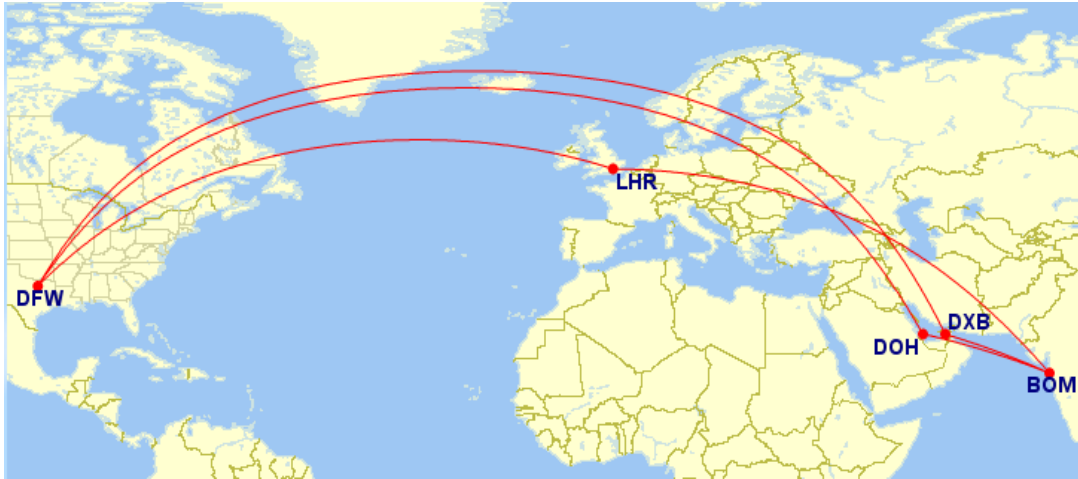


Şekil 4.7 Dallas-Bombay arasında en fazla kullanılan 3 aktarma noktası

Dallas'tan Bombay'e 23,412 yolcu seyahat etmiş olup, Dubai aktarmalı yolcu sayısı bu pazarın %28'i ve 6,599 yolcudur. Taşınan yolcunun tümü Emirates ile seyahat etmiştir.

Dallas'tan Bombay'e 23,412 yolcu seyahat etmiş olup, Londra aktarmalı yolcu sayısı bu pazarın %18'i ve 4,286 yolcudur. Taşınan yolcunun %58'i British Airways ile kalanı ise American Airlines ile seyahat etmiştir.

Dallas'tan Bombay'e 23,412 yolcu seyahat etmiş olup, Doha aktarmalı yolcu sayısı bu pazarın %17'si ve 3,998 yolcudur. Taşınan yolcunun tümü Katar Hava Yolları ile seyahat etmiştir.



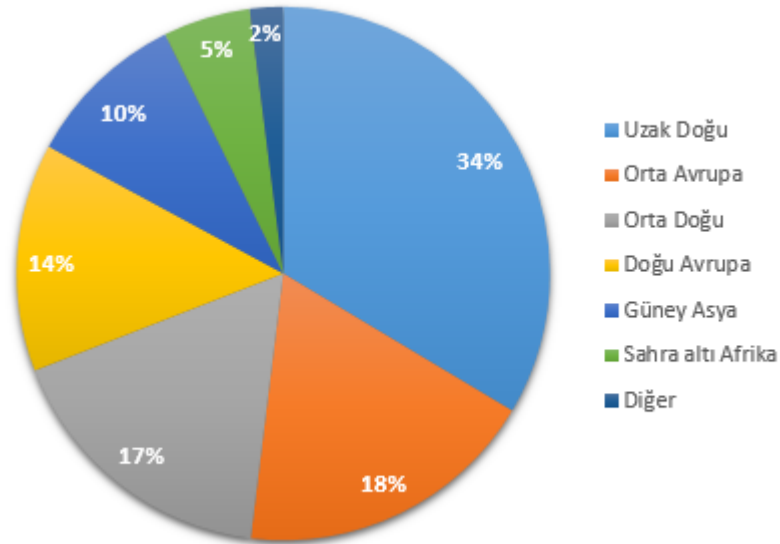
Şekil 4.8 Dallas-Bombay arası en yoğun aktarma noktaları [37]

ORLANDO



Şekil 4.9 Orlando

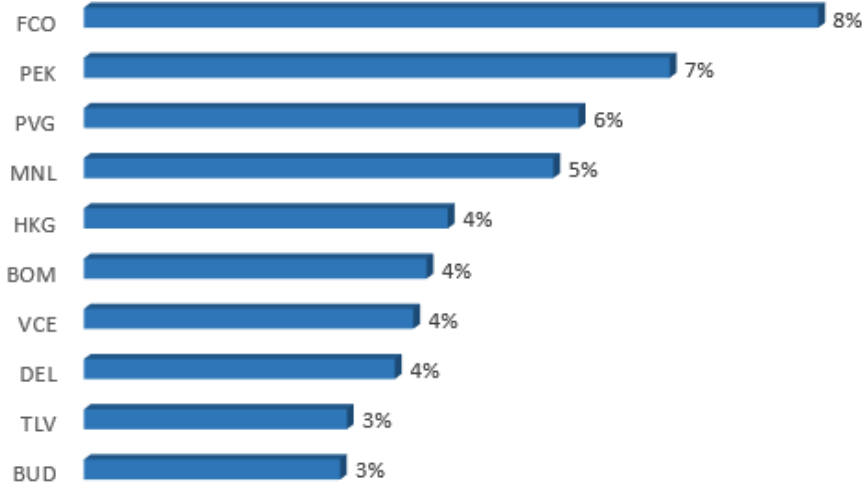
Orlando, ABD'nin Florida eyaletinde bulunan bir şehirdir. Merkez Florida'da bulunan Orlando metropol bölgesinin merkezi, Temmuz 2017'de yayımlanan ABD Sayım Bürosu'ndaki rakamlara göre 2,509,831 nüfusa sahiptir. Orlando, Florida'daki dördüncü en büyük şehirdir. Orlando Uluslararası Havaalanı (MCO veya OIA), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en yoğun on üçüncü ve dünyanın en yoğun 29'uncu havalimanıdır [38].



Şekil 4.10 Orlando bağlantılı dış transfer pazar bölgesel yolcu oranları

Orlando (de-tour<1.4 olmak üzere) bağlantılı yolcu sayısı Yaz'18 dönemi için (Nisan'18-Ekim'18) talep verisine göre toplamda 298,898 yolcu olup yukarıda

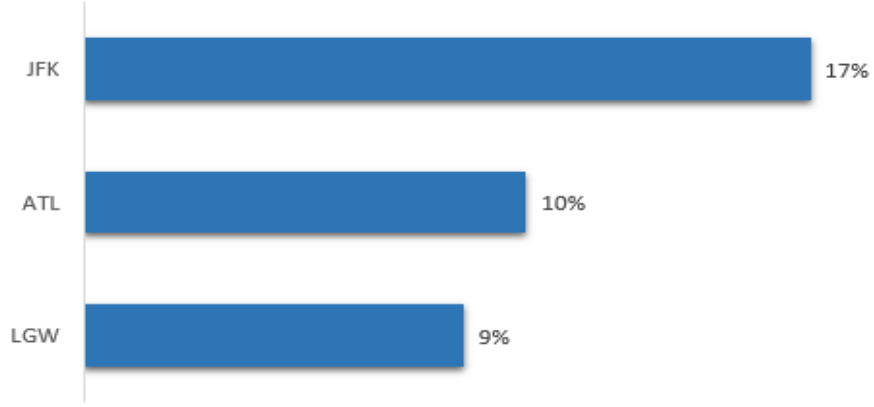
Orlando'dan en çok yolcu taşınan bölgeler yer almaktadır. Uzak Doğu, Orta Avrupa, ve Orta Doğu pazarda ilk 3 bölgededir. Bu bölgeler pazarın %69'unu oluşturmaktadır.



Şekil 4.11 Orlando bağlantılı dış transfer pazar en iyi 10 varış noktası

Orlando (de-tour<1.4 olmak üzere) bağlantılı yolcu sayısı Yaz'18 dönemi için (Nisan'18-Ekim'18) talep verisine göre taşınan yolcu sayısı açısından en büyük 10 varış noktası Roma, Pekin, Şangay, Manila (Filipinler), Hong-Kong, Bombay (Mumbai-Hindistan), Venedik, Delhi (Hindistan), Tel-Aviv, Budapeşte olup bu hatlar toplam yolcunun (298,898) %48'ini oluşturmaktadır. İlk 5 pazarda Orlando-Çin pazarının yoğun olduğu görülmektedir.

Orlando'dan en iyi hat olan Roma'ya yolcu en fazla New York'dan aktarma yapmaktadır. 2. sırada Atlanta'dan 3. Sırada ise Londra Gatwick Havalimanı'ndan aktarma yapmaktadır.



Şekil 4.12 Orlando-Roma arasında en fazla kullanılan 3 aktarma noktası

Orlando'dan Roma'ya 25,291 yolcu seyahat etmiş olup, New York aktarmalı yolcu sayısı bu pazarın %17'si ve 4,325 yolcudur. Taşınan yolcunun %35'i Delta Airlines, %23'ü British Airways, %17'si American Airlines ile seyahat etmiştir.

Orlando'dan Roma'ya 25,291 yolcu seyahat etmiş olup, Atlanta aktarmalı yolcu sayısı bu pazarın %10'u ve 2,631 yolcudur. Taşınan yolcunun %82'si Delta Airlines ile seyahat etmiştir.

Orlando'dan Roma'ya 25,291 yolcu seyahat etmiş olup, Atlanta aktarmalı yolcu sayısı bu pazarın %19'u ve 2,257 yolcudur. Taşınan yolcunun %89'u British Airways ile seyahat etmiştir.



Şekil 4.13 Orlando-Roma arası en yoğun aktarma noktaları [37]

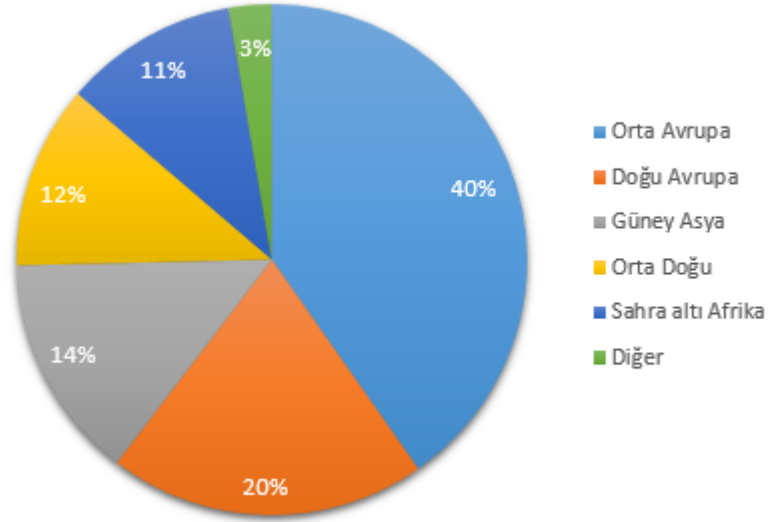
SEATTLE



Şekil 4.14 Seattle

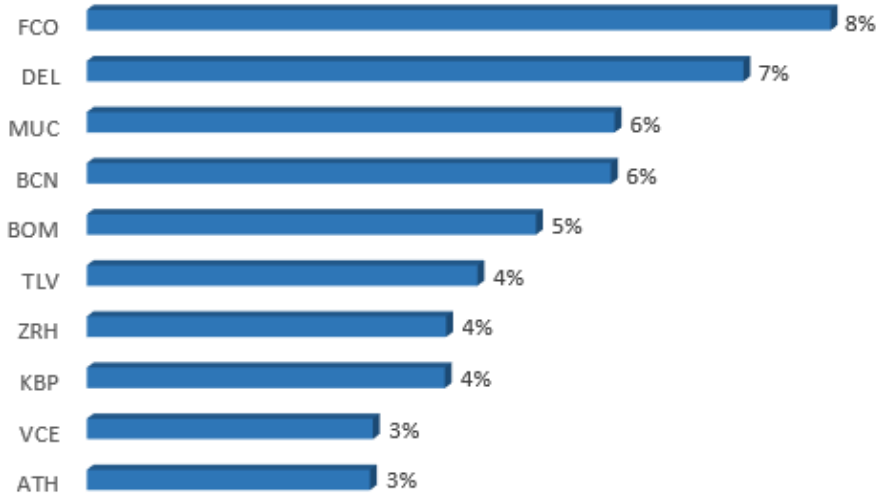
Seattle, Amerika Birleşik Devletleri'nin Batı Kıyısı'nda bir liman kentidir. 2018'de yayınlanan ABD Nüfus Sayımı verilerine göre, Seattle büyükşehir bölgesinin nüfusu 3.87 milyondur. Seattle, Amerika Birleşik Devletleri'nde kuzeydeki en büyük şehirdir. Kişi başına düşen gelir ortalama 30,306 dolardır. Seattle; Boeing uçak üretim merkezi, Microsoft ve Amazon'un kurulduğu yerdir.

Alaska Havayolları'nın merkezi Seattle – Tacoma Uluslararası Havalimanı'dır. Yerel olarak Sea-Tac Havaalanı olarak bilinen Seattle-Tacoma Uluslararası Havaalanı dünyanın her yerine ticari hava hizmeti vermektedir. Şehir merkezine daha yakın olan Boeing Field, genel havacılık, kargo uçuşları ve Boeing uçaklarının test edilmesi / teslimatı için kullanılır. 2019'da açılan ve ikincil bir havaalanı olan Paine Field, Seattle'ın 40 km kuzeyindeki Everett'te yer almaktadır [38].



Şekil 4.15 Seattle bağlantılı dış transfer pazar bölgesel yolcu oranları

Seattle (de-tour<1.4 olmak üzere) bağlantılı yolcu sayısı Yaz'18 dönemi için (Nisan'18-Ekim'18) talep verisine göre toplamda 404,281 yolcu seyahat etmiş olup yukarıda Seattle'dan en çok yolcu taşınan bölgeler yer almaktadır. Orta Avrupa, Doğu Avrupa, ve Güney Asya pazarda ilk 3 bölgededir. Bu bölgeler pazarın %75'ini oluşturmaktadır.

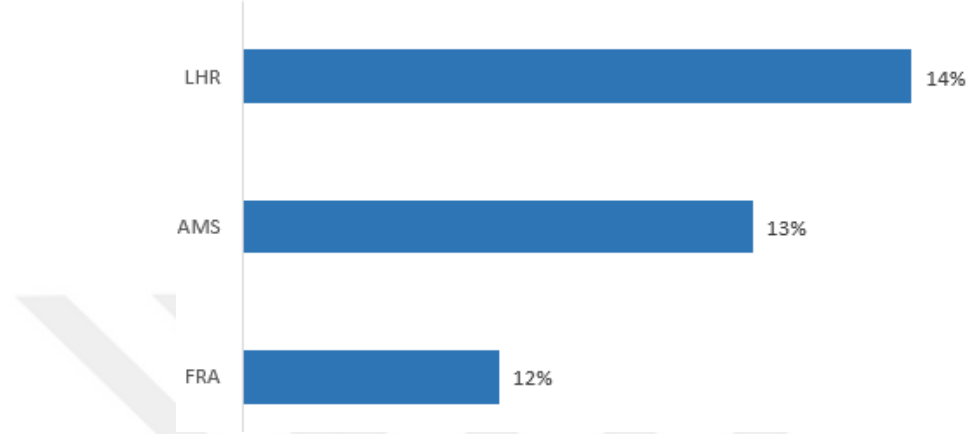


Şekil 4.16 Seattle bağlantılı dış transfer pazar en iyi 10 varış noktası

Seattle (de-tour<1.4 olmak üzere) bağlantılı yolcu sayısı Yaz'18 dönemi için (Nisan'18-Ekim'18) talep verisine göre taşınan yolcu sayısı açısından en büyük 10 varış noktası Roma, Delhi (Hindistan), Münih, Barselona, Bombay (Mumbai-

Hindistan), Tel-Aviv, Zürih, Kiev, Venedik, Atina olup bu hatlar toplam yolcunun (404,281) %49'unu oluşturmaktadır.

Seattle'dan en iyi hat olan Roma'ya yolcu en fazla Londra'dan aktarma yapmaktadır. 2. sırada Amsterdam'dan 3. Sırada ise Frankfurt'tan aktarma yapmaktadır.



şekil 4.17 Seattle-Roma arasında en fazla kullanılan 3 aktarma noktası

Seattle'dan Roma'ya 32,349 yolcu seyahat etmiş olup, Londra aktarmalı yolcu sayısı bu pazarın %14' ve 4,586 yolcudur. Taşınan yolcunun %78'i British Airways ile seyahat etmiştir.

Seattle'dan Roma'ya 32,349 yolcu seyahat etmiş olup, Amsterdam aktarmalı yolcu sayısı bu pazarın %13' ve 4,303 yolcudur. Taşınan yolcunun %67'si Delta Airlines ile %33' KLM ile seyahat etmiştir.

Seattle'dan Roma'ya 32,349 yolcu seyahat etmiş olup, Frankfurt aktarmalı yolcu sayısı bu pazarın %12'si ve 3,852 yolcudur. Taşınan yolcunun %78'i Lufthansa Hava Yolları ile seyahat etmiştir.

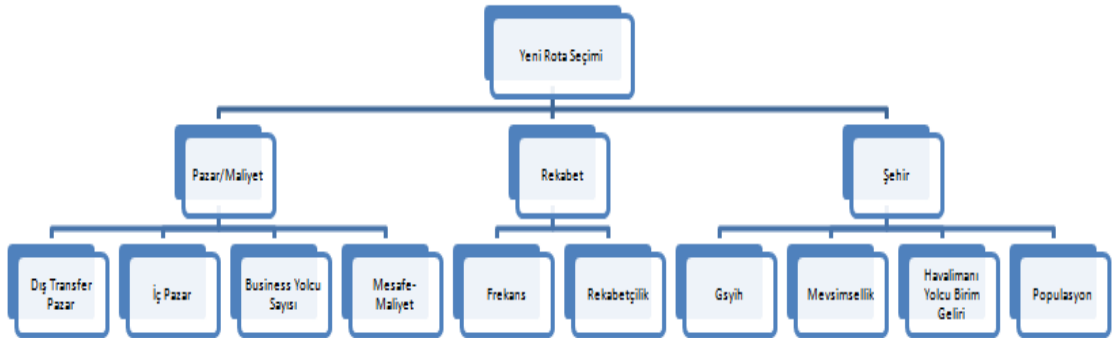


Şekil 4.18 Seattle-Roma arası en yoğun aktarma noktaları [37]

4.4 Aralık Değerli Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Karar Verme

Maliyetlerini karşılayacağı öngörülen Dallas, Orlando ve Seattle hatları için aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci ile karar verme adımları uygulanmıştır.

Uygulamada 3 ana kriter, 10 alt kriter [5] bulunmaktadır. Şekil 4.19’da ana kriterler ve alt kriterler gösterilmiştir.



Şekil 4.19 Ana ve alt kriterler

Tablo 4.8 Alt Kriterler

Kriterler		Tanım
K1	Dış transfer Pazar	Dış hattan hub'a gelerek hub'tan dış hatta giden (bağlantılı) yolcu sayısı, örneğin JFK-IST-TLV
K2	İç Pazar	Dış hattan hub'a gelerek hub'ta kalan veya iç hatta giden (bağlantılı) yolcu sayısı, örneğin JFK-IST veya JFK-IST-ADB
K3	Business Yolcu Sayısı	Seyahat eden business yolcu sayısı
K4	Mesafe-Maliyet	Hub'tan noktaya olan mesafe arttıkça akaryakıt maliyeti artar.
K5	Frekans	Rakiplerin sunmuş olduğu haftalık uçuş sayısı
K6	Rekabetçilik	Pazardaki rakiplerin sunmuş olduğu koltuk sayısı
K7	Gsyih	(Gayri Safi Yurt içi Hasıla); bir dönemde üretilen tüm nihai mal ve hizmetlerin değerinin parasal bir ölçüsüdür.
K8	Mevsimsellik	Mevsimselliğin bir X varış noktasında yüksek olması, bazı durumlarda bir dezavantaj olabilir. Sürdürülebilir bir kapasite kullanımı da önemlidir.
K9	Havalimanı Yolcu Birim Geliri	Havalimanı'na/'ndan taşınan yolcunun ortalama birim geliri, örneğin, East Midlands Havaalanı charter ve low-cost yolcular, Heathrow business yolcu
K10	Popülasyon	Şehir nüfusu, şehirdeki bir uçuş hattını açmak için önemli bir parametredir.

Havayolu şirketleri yeni rota seçimi için Tablo 4.8'de belirtilen kriterleri ağ perspektifinden analiz eder, pazar paylarını tahmin eder, fizibilite çalışmaları yapar. Döviz kurları, ülkelerin sosyal ve ekonomik koşulları, güvenlik, risk faktörleri, sigorta poliçesi vb. gibi konular yeni bir rota açarken dikkate alınması gereken diğer kriterler olup bunlar, yeni bir varış yerinin seçimini etkileyen faktörler değildir [5].

Kriterler 3 karar verici tarafından değerlendirilmiştir. Karar vericiler 1 mühendis 2 uzmandan oluşmaktadır.

Önce, karar vericilerin önem ağırlığını değerlendirmek için dilsel terimler kullanılmış, daha sonra 3 karar vericinin kriter değerlendirmeleri tek bir matriste toplanmış ve aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci (ahp) yöntemi uygulanmıştır.

Karar vericilerin önem ağırlığını değerlendirmek için Tablo 4.9'daki dilsel skala kullanılmıştır.

Tablo 4.9 Karar vericinin önem ağırlığını değerlendirmek için dilsel terimler [28]

Dilsel Terim	Kısaltma	Aralık-Değerli Pisagor bulanık sayı
Çok önemli	VI	$([0.8, 0.9], [0.1, 0.2])$
Önemli	I	$([0.7, 0.8], [0.2, 0.3])$
Orta	M	$([0.5, 0.6], [0.4, 0.5])$
Önemsiz	UI	$([0.3, 0.4], [0.6, 0.7])$
Çok önemsiz	VUI	$([0.1, 0.2], [0.8, 0.9])$

Karar vericilerin önem ağırlıklarını hesaplamak için, Tablo 4.9’da verilen skala esas alınarak; (4.4) eşitliğinden [28] faydalanılmıştır.

$$\xi_k = \frac{\mu_{\lambda_k}^- + \mu_{\lambda_k}^+ + (\pi_{\lambda_k}^- + \pi_{\lambda_k}^+) \frac{\mu_{\lambda_k}^- + \mu_{\lambda_k}^+}{\mu_{\lambda_k}^- + \mu_{\lambda_k}^+ + v_{\lambda_k}^- + v_{\lambda_k}^+}}{\sum_{k=1}^I \left(\mu_{\lambda_k}^- + \mu_{\lambda_k}^+ + (\pi_{\lambda_k}^- + \pi_{\lambda_k}^+) \left(\frac{\mu_{\lambda_k}^- + \mu_{\lambda_k}^+}{\mu_{\lambda_k}^- + \mu_{\lambda_k}^+ + v_{\lambda_k}^- + v_{\lambda_k}^+} \right) \right)} \quad \sum_{k=1}^I \xi_k = 1. \quad (4.4)$$

Karar vericilerin önem ağırlığı 0.3918, 0.3041 ve 0.3041 olarak hesaplanmıştır.

Karar vericilerin önem ağırlığı hesaplandıktan sonra tüm karar vericilerin kriter değerlendirmeleri (4.5) eşitliğinde [26] belirtilen aralık değerli pisagor bulanık ağırlıklı ortalama (IVPFWA -Interval Valued Pythagorean Fuzzy Weighted Averaging) birleştirme operatörü formülü kullanılarak tek bir matris haline getirilmiştir.

$$\begin{aligned} & \text{IVPFWA}(p_1, p_2, \dots, p_n) \\ &= \left(\left[\sum_{i=1}^n w_i \mu_i^-, \sum_{i=1}^n w_i \mu_i^+ \right], \left[\sum_{i=1}^n w_i v_i^-, \sum_{i=1}^n w_i v_i^+ \right] \right) \end{aligned} \quad (4.5)$$

Tablo 4.10’da ana kriterler için birleştirilmiş matris gösterilmiştir.

Tablo 4.10 Ana kriterler için birleştirilmiş matris

	Pazar/Maliyet				Rekabet				Şehir			
	U-	U+	V-	V+	U-	U+	V-	V+	U-	U+	V-	V+
Pazar/Maliyet	0,4	0,55	0,4	0,55	0,5	0,65	0,3	0,45	0,56	0,71	0,24	0,39
Rekabet	0,3	0,45	0,5	0,65	0,4	0,55	0,4	0,55	0,5	0,65	0,3	0,45
Şehir	0,24	0,39	0,56	0,71	0,3	0,45	0,5	0,65	0,4	0,55	0,4	0,55

IVPFWA uygulandıktan sonra, aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci adımları uygulanmıştır [39].

Adım 1: Karar vericilerin görüşlerine göre Tablo 4.11’deki ölçek esas alınarak $R=(r_{ik})_{m \times m}$ ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

Tablo 4.11 Aralık değerli pisagor bulanık ahp yöntemi ölçeği

Dilsel Terim	Aralık-Değerli Pisagor Bulanık Kümeler
Kesinlikle Düşük Önem	([0, 0.15], [0.8, 0.95])
Çok Düşük Önem	([0.1, 0.25], [0.7, 0.85])
Düşük Önem	([0.2, 0.35], [0.6, 0.75])
Aynı Önem Altında	([0.3, 0.45], [0.5, 0.65])
Kesinlikle Aynı Önem	([0.4, 0.55], [0.4, 0.55])
Aynı Önem Üstünde	([0.5, 0.65], ([0.3, 0.45])
Yüksek Önem	([0.6, 0.75], ([0.2, 0.35])
Çok Yüksek önem	([0.7, 0.85], ([0.1, 0.25])
Kesinlikle Yüksek Önem	([0.8, 0.95], ([0, 0.15])

Adım 2: (4.6) ve (4.7) eşitlikleri kullanılarak üyelik ve üyelik dışı fonksiyonların alt ve üst değerlerinin $D = (d_{ik})_{m \times m}$ farklılıklar matrisi oluşturulmuştur.

$$d_{ikL} = \mu_{ikL}^2 - \nu_{ikU}^2 \quad (4.6)$$

$$d_{ikU} = \mu_{ikU}^2 - \nu_{ikL}^2 \quad (4.7)$$

Adım 3: (4.8) ve (4.9) eşitlikleri kullanılarak $S = (s_{ik})_{m \times m}$ aralık çarpımsal matrisi hesaplanmıştır.

$$s_{ikL} = \sqrt{1000d_L} \quad (4.8)$$

$$s_{ikU} = \sqrt{1000d_U} \quad (4.9)$$

Adım 4: (4.10) eşitliği kullanılarak, r_{ik} 'nin determinasyon değeri hesaplanmıştır.

$$\tau_{ik} = 1 - (\mu_{ikU}^2 - \mu_{ikL}^2) - (\nu_{ikU}^2 - \nu_{ikL}^2) \quad (4.10)$$

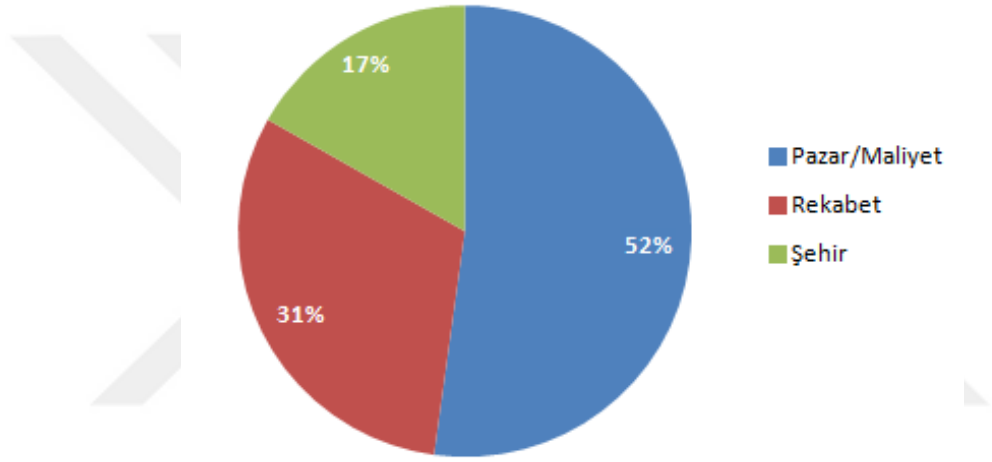
Adım 5: (4.11) eşitliği kullanılarak, normalizasyon öncesi $T = (t_{ik})_{m \times m}$ ağırlık matrisi hesaplanmıştır.

$$t_{ik} = \left(\frac{s_{ikL} + s_{ikU}}{2} \right) \tau_{ik} \quad (4.11)$$

Adım 6: (4.12) eşitliği kullanılarak normalleştirilmiş öncelik ağırlıkları w_i hesaplanmıştır.

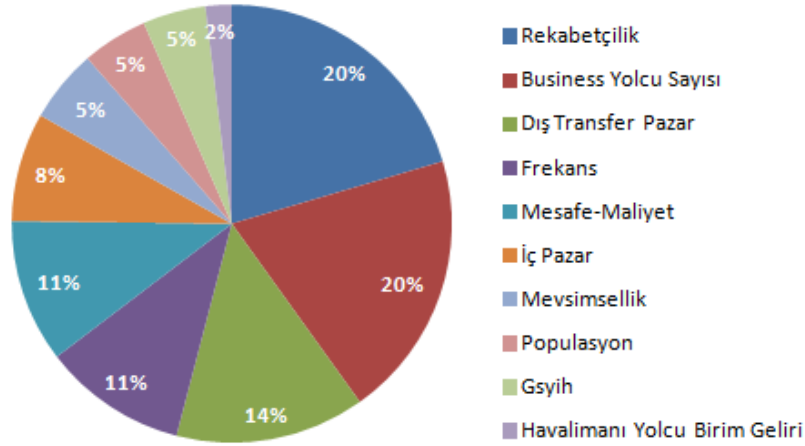
$$w_i = \frac{\sum_{k=1}^m t_{ik}}{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m t_{ik}} \quad (4.12)$$

Uygulanan aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci sonunda ana kriterlerde pazar/maliyetin tüm ana kriterlerin öneminin %52'sini kapsadığı belirlenmiştir. Pazar/maliyet kriterinden sonra sırası ile rekabet ve şehir ana kriterleri gelmektedir. Detaylar Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Ana kriterler önem oranları

Uygulanan aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci sonunda alt kriterlerde rekabetçilik ve business yolcu sayısının tüm alt kriterlerin öneminin %40'ını kapsadığı belirlenmiştir. Bu kriterlerden sonra sırası ile dış transfer pazar, frekans, mesafe-maliyet alt kriterleri gelmektedir. Detaylar Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Alt kriterler önem ağırlıkları

Rekabetçilik kriteri incelendiğinde Ağustos'19 haftalık koltuk verilerine göre Dallas, Seattle ve Orlando varış noktalarına Avrupa ve Orta Doğu bayrak taşıyıcı havayolu şirketlerinin sunmuş olduğu koltuk bilgisi Tablo 4.12, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'de yer almaktadır.

Tablo 4.12 Dallas Ağustos'19 - örnek 1 hafta koltuk verisi

DALLAS	
Taşıyıcı Havayolu	Toplam Arz Koltuk
Emirates	2.478
Katar Havayolları	2.289
Lufthansa	1.785
British Havayolları	1.547
Air France	1.120
TOPLAM	9.219

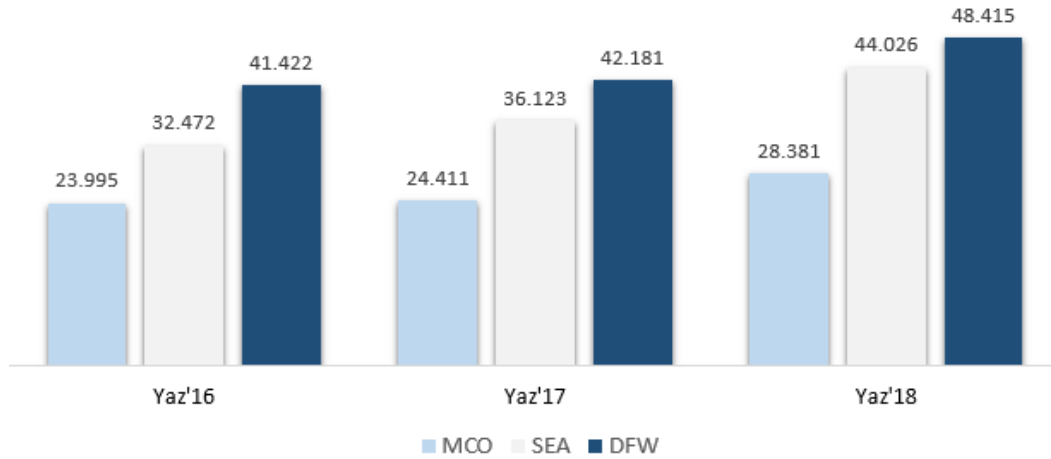
Tablo 4.13 Seattle Ağustos'19 - örnek 1 hafta koltuk verisi

SEATTLE	
Taşıyıcı Havayolu	Toplam Arz Koltuk
British Havayolları	3.507
Lufthansa	2.597
İzlanda Havayolları	2.562
Emirates	2.478
Air France	1.568
TOPLAM	12.712

Tablo 4.14 Orlando Ağustos'19 - örnek 1 hafta koltuk verisi

ORLANDO	
Taşıyıcı Havayolu	Toplam Arz Koltuk
British Havayolları	4.462
Lufthansa	2.597
Emirates	1.770
Aer Lingus Havayolu	1.176
TOPLAM	10.005

Business yolcu sayıları kriteri incelendiğinde; talep verisine göre Dallas, 2016, 2017 ve 2018 Yaz dönemlerinde (Nisan-Ekim) Seattle ve Orlando'ya göre daha fazla business yolcu taşımıştır. Üç hattın business yolcu sayıları sürekli artış göstermiştir. Yaz'18 döneminde Dallas, Yaz'17 dönemine göre %15, Seattle %22, Orlando %16 oranında artış göstermiş; Yaz'17 döneminde Yaz'16 dönemine göre, Dallas %2, Seattle %11, Orlando %2 artış göstermiştir. Detaylar Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Bu verilere göre Yaz'18 döneminde Dallas en fazla business yolcu sayılarına sahip olsa da, Seattle business yolcu sayılarının artış hızı Dallas'tan fazladır.



Şekil 4.22 Orlando, Seattle ve Dallas business yolcu sayısı

Dış transfer pazar kriteri incelendiğinde, talep verisine göre, Dallas 390,199, Seattle 404,281, Orlando 298,898 yolcudur.

Kuzey Amerika Bölgesi'nde yeni rota alternatifi için, Las Vegas (LAS), Charlotte (CLT), Denver (DEN), Dallas (DFW), Detroit (DTW), Orlando(MCO), Philadelphia

(PHL), Phoenix (PHX), San Diego (SAN) ve Seattle (SEA) incelenmiştir. Haftada 4 frekans (uçma sıklığı) geniş gövde Boeing uçak tipi ile bu hatlardan birine sefer icra edilmesi durumunda; Dallas, Orlando ve Seattle rotalarının tahmin edilen gelirlerinin, tahmin edilen giderlerinden fazla olacağı öngörülmüştür. Dallas, Orlando ve Seattle hatları için esnetilmiş dilsel skalalar ile aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci ile karar verme adımları uygulanmış ve kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Rekabetçilik, business yolcu sayısı ve dış transfer pazar kriterleri ilk üç sırada yer almıştır.

Kriterlerin önem ağırlıkları bulunduktan sonra SAW (Simple Additive Weighting) yöntemi ile kriterlere değer atanmış ve kriterlerin alternatifler üzerindeki toplam ağırlıkları bulunarak skor hesaplanmıştır. SAW yönteminde her kriterin her alternatif üzerinde ağırlıklı ortalaması hesaplanarak en fazla puana sahip alternatif belirlenmiştir.

SAW hesaplaması yapılırken aşağıdaki adımlar izlenmiştir [40].

- 1- A_i alternatifleri belirle
- 2- C_j kriterleri belirle. C_j kriteri fayda niteliği taşıyor ise en iyi alternatifin seçiminde kriter değerinin büyük olması önemlidir. C_j kriteri maliyet niteliği taşıyor ise en iyi alternatifin seçiminde kriter değerinin küçük olması önemlidir.
- 3- Kriterlere değer aralıkları atadıktan sonra her alternatifin her kritere göre eşleşme oranını belirle
- 4- Her kriterin önem ağırlığını belirle
- 5- Her alternatifin her bir kritere göre uygunluğunu gösteren bir tablo oluşturun.
- 6- Ölçütlere dayalı bir karar matrisi oluşturun
- 7- Fayda ve maliyete dayalı normalleştirme gerçekleştir

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{X_{ij}}{\text{Maxi}(X_{ij})} & ; \text{Eğer } j \text{ fayda kriteri ise} \\ \frac{\text{Mini}(X_{ij})}{X_{ij}} & ; \text{Eğer } j \text{ maliyet kriteri ise} \end{cases} \quad (4.13)$$

8- Normalize edilmiş r_{ij} matrisi oluştur.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} \\ \vdots & & & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

9- Alternatifin toplam skoru (V_i), kriterlerin normalize edilmiş değerleri ile ağırlıklarının çarpımının toplanması ile elde edilir.

$$V_i = \sum_{j=1}^n W_j r_{ij} \quad (4.15)$$

Çalışmada maliyet niteliği taşıyan kriter mesafe/maliyet alt kriteridir. Diğer kriterler ise fayda kriteri olarak değerlendirilmiştir. “Çok düşük” 1, “Düşük” 2, “Orta” 3, “Yüksek” 4, “Çok Yüksek” 5 sayıları ile ifade edilmektedir. Tablo 4.15 alt kriterlerin ağırlıklarını, Tablo 4.16 çalışmada incelenen şirkete benzer iş modeline sahip havayolu şirketleri için toplam haftalık koltuk sayısı aralıklarını, Tablo 4.17 business yolcu sayısı aralıklarını, Tablo 4.18 dış transfer pazardaki yolcu sayısı aralıklarını, Tablo 4.19 çalışmada incelenen şirkete benzer iş modeline sahip havayolu şirketleri için toplam haftalık uçuş sıklığı sayısı aralıklarını, Tablo 4.20 incelenen havayolu şirketi için mesafeye bağlı tahmini maliyet aralıklarını, Tablo 4.21 incelenen havayolu şirketi için Yaz’18 talep verisine göre yurt içi pazardaki yolcu sayısı aralıklarını, Tablo 4.22 varış noktaları için mevsimsellik kriteri aralıklarını, Tablo 4.23 varış yerleri için popülasyon aralıklarını, Tablo 4.24 varış yerleri için gayri safi yurtiçi hasıla aralıklarını, Tablo 4.25 talep verisine göre havalimanları için ortalama yolcu birim geliri aralıklarını göstermektedir. Tablo 4.26’da alternatiflerin her kriter ile değer eşleşmesi gösterilmiş, Tablo 4.27’de normalizasyon değerleri ve Tablo 4.28’de alternatiflerin skor değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.15 Alt kriter ağırlıkları

Kriter	İsim	Ağırlık
K1	Rekabetçilik	20%
K2	Business Yolcu Sayısı	20%
K3	Dış Transfer Pazar	14%
K4	Frekans	11%
K5	Mesafe/Maliyet	11%
K6	Yurt içi Pazar	8%
K7	Mevsimsellik	5%
K8	Popülasyon	5%
K9	Gsyih	5%
K10	Havalimanı Yolcu Birim Geliri	2%

Tablo 4.16 Rekabetçilik kriteri

K1	Değer
1-3000	1
3001-6000	2
6001-9000	3
9001-12000	4
12001 ve yukarısı	5

Tablo 4.17 Business yolcu sayısı kriteri

K2	Değer
1-15000	1
15001-30000	2
30001-45000	3
45001-60000	4
60001 ve yukarısı	5

Tablo 4.18 Dış transfer pazar kriteri

K3	Değer
1-50000	1
50001-100000	2
100001-300000	3
301001-400000	4
400001 ve yukarısı	5

Tablo 4.19 Frekans kriteri

K4	Değer
1-10	1
11-20	2
21-30	3
31-45	4
46 ve yukarısı	5

Tablo 4.20 Mesafe/Maliyet kriteri

K5	Değer
1-15000	1
15001-30000	2
30001-50000	3
50001-100000	4
100001 ve yukarısı	5

Tablo 4.21 Yurt içi pazar kriteri

K6	Değer
0-5000	1
5001-10000	2
10001-50000	3
50001-100000	4
100001 ve yukarısı	5

Tablo 4.22 Mevsimsellik kriteri

K7	Değer
Kış mevsimsel	1
Yaz mevsimsel	2

Tablo 4.23 Popülasyon kriteri

K8	Değer
1-250000	1
250001-500000	2
500001-1000000	3
1000001-10000000	4
10000001 ve yukarısı	5

Tablo 4.24 Gsyih kriteri

K9 (Milyon dolar)	Değer
1-100000	1
100001-200000	2
200001-500000	3
500001-1000000	4
1000001 ve yukarısı	5

Tablo 4.25 Havalimanı yolcu birim geliri kriteri

K10	Değer
1-100	1
101-200	2
201-300	3
301-400	4
401 ve yukarısı	5

Tablo 4.26 Alternatiflerin kriter değeri eşleşmesi

Şehir	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Dallas	4	4	4	4	5	2	2	4	4	5
Seattle	5	3	5	5	5	3	2	4	3	5
Orlando	4	2	3	3	5	3	2	4	2	5

Tablo 4.27 Alternatiflerin normalizasyon değerleri

Şehir	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Dallas	0,80	1,00	0,80	0,80	1,00	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00
Seattle	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00
Orlando	0,80	0,50	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00

Tablo 4.28 Alternatiflerin skor değerleri

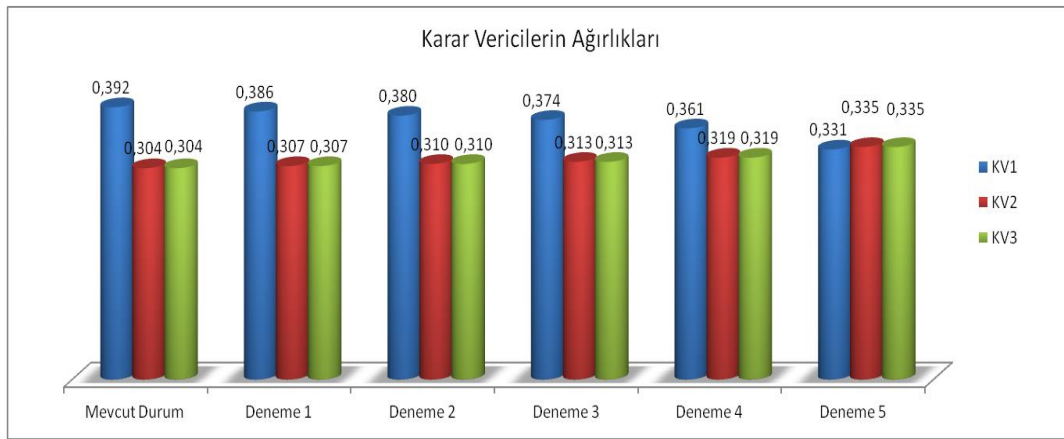
Şehir	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	Toplam
Dallas	0,163	0,197	0,112	0,085	0,105	0,053	0,054	0,048	0,046	0,019	0,883
Seattle	0,204	0,147	0,140	0,106	0,105	0,080	0,054	0,048	0,035	0,019	0,939
Orlando	0,163	0,098	0,084	0,064	0,105	0,080	0,054	0,048	0,023	0,019	0,739

Aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci adımları sonunda bulunan kriterlerin önem ağırlıkları, SAW metodunda elde edilen r_{ij} değerleri ile çarpılarak en iyi skoru sağlayan alternatif bulunmuştur. En yüksek skora sahip alternatif 0,94 puan ile Seattle olmuştur.

4.5 Duyarlılık Analizleri

Bu aşamada karar vericilerin önem ağırlıkları üzerinde 5 senaryo denenmiş ve sonucun değişip değişmediği gözlemlenmiştir.

Karar vericiler 1 mühendis 2 uzmandan oluştuğu için yapılan her denemede mühendis olan karar vericinin önem ağırlığı azaltılarak 3 karar vericinin önem ağırlıkları birbirine yakınlaştırılmıştır. Yapılan denemeler neticesinde ağırlık değerleri değiştikçe kriterlerin sıralamasının ciddi oranda değişmediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.23 Karar vericilerin önem ağırlıkları

Ana kriterler mevcut durumda ve yapılan tüm denemelerde sırası ile

Pazar / Maliyet > Rekabet > Şehir sırasına sahiptir.

Alt kriterler ise,

Mevcut Durumda;

Rekabetçilik > Business Yolcu Sayısı > Dış Transfer Pazar > Frekans > Mesafe-Maliyet > Yurt içi Pazar > Mevsimsellik > Popülasyon > Gsyih > Havalimanı Yolcu Birim Geliri

Deneme 1;

Rekabetçilik > Business Yolcu Sayısı > Dış Transfer Pazar > Frekans > Mesafe-Maliyet > Yurt içi Pazar > Mevsimsellik > Popülasyon > Gsyih > Havalimanı Yolcu Birim Geliri

Deneme 2;

Rekabetçilik > Business Yolcu Sayısı > Dış Transfer Pazar > Mesafe-Maliyet > Frekans > Yurt içi Pazar > Mevsimsellik > Popülasyon > Gsyih > Havalimanı Yolcu Birim Geliri

Deneme 3;

Rekabetçilik > Business Yolcu Sayısı > Dış Transfer Pazar > Mesafe-Maliyet > Frekans > Yurt içi Pazar > Mevsimsellik > Popülasyon > Gsyih > Havalimanı Yolcu Birim Geliri

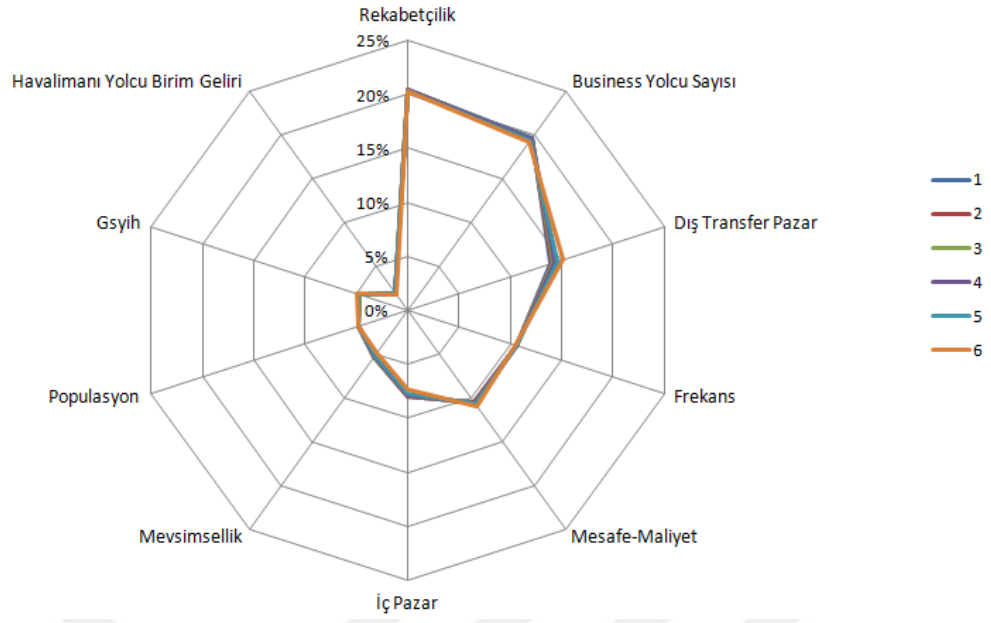
Deneme 4;

Rekabetçilik > Business Yolcu Sayısı > Dış Transfer Pazar > Mesafe-Maliyet > Frekans > Yurt içi Pazar > Mevsimsellik > Popülasyon > Gsyih > Havalimanı Yolcu Birim Geliri

Deneme 5;

Rekabetçilik > Business Yolcu Sayısı > Dış Transfer Pazar > Mesafe-Maliyet > Frekans > Yurt içi Pazar > Gsyih > Mevsimsellik > Popülasyon > > Havalimanı Yolcu Birim Geliri

Yapılan denemelerde önem ağırlığı fazla olan karar vericinin ağırlığı azaltıldığında alt kriterlerin sıralamasında önemli farklılıklar görülmemiştir. Mevcut durum ve son deneme olan Deneme 5 kıyaslandığında; mesafe-maliyet kriterinin, frekans kriterinin önüne geçtiği ve gayri safi yurt içi hasıla kriterinin ise mevsimsellik alt kriterinin önüne geçtiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.24 Alt kriterler duyarlılık analizi sonuçları

Şekil 4.24’de gösterildiği üzere, alt kriterlerin duyarlılık analizi sonuçlarına göre, karar vericilerin önem ağırlıkları değiştikçe mevcut durum ve yapılan 5 deneme için kriterlerin öneminde ve önem sıralamasında ciddi sapma görülmemiştir.

Bu çalışmada, Türkiye’de bir havayolu şirketi için Kuzey Amerika Bölgesi’nde yapılan yeni rota seçimi için 10 varış noktası ele alınmıştır. Bunlar Las Vegas (LAS), Charlotte (CLT), Denver (DEN), Dallas (DFW), Detroit (DTW), Orlando(MCO), Philadelphia (PHL), Phoenix (PHX), San Diego (SAN) ve Seattle (SEA)’dır. Öncelikle, tahmini yolcu gelirlerinin tahmini maliyetleri karşılayıp karşılamadığına bakılmıştır. Çalışmada gelir kalemi olarak sadece yolcu bilet ücreti olan tahmini yolcu geliri hesaplanmış olup bundan sonra benzer çalışmayı yapacak adaylara kargo gelirleri ve mil programı satışlarından elde edilen gelirler, koltuk rezervasyon ücreti, reklam gelirleri, ilave bagaj ücreti gibi diğer ek gelirleri de hesaba katmaları önerilmektedir. Çalışmada, tahmini yolcu gelirleri, tahmini giderlerinden fazla bulunan varış noktaları; Seattle, Dallas ve Orlando olmuştur. Bu 3 varış noktası için; aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci yöntemi izlenmiştir. 3 kişiden oluşan grubun görüşleri neticesinde aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci ile esnetilmiş dilsel skalalar kullanılarak kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra SAW yöntemi uygulanarak her bir alternatifin kriterlere göre toplam skoru hesaplanmış, skoru en yüksek olan alternatif yeni varış yeri olarak seçilmiştir. En uygun varış noktası Seattle olmuştur. Daha sonra, karar vericilerin önem ağırlığı değiştirilerek önem ağırlığı yüksek ilk 3 kriterin değişimi izlenmiştir. Yapılan denemeler neticesinde kriterlerde ciddi bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Karar vericilerin önem ağırlığı değişikçe çalışma için önemli kriter sıralamasının değişmediği ve sonucun da bu değişiklikten etkilenmeyeceği gözlemlenmiştir. Literatürde, bu alandaki çalışmaların eksikliği tespit edilmiş olup, bu çalışmanın bu eksikliği gidermeye yönelik önemli etkileri olacağı düşünülmektedir.

- [1] A. Juniac, "International Air Transport Association Annual Review 2018", 74th Annual General Meeting, Sydney, 2018.
- [2] P. Belobaba, A. Odoni ve C. Barnhart, "The Airline Planning Process," The Global Airline Industry, Wiley, West Sussex, U.K., pp. 153, 162–173, 2009.
- [3] P. Malighetti, S. Palesi ve R. Redondi, "Connectivity of the European airport network: "Self-help hubbing" and business implications", Journal of Air Transport Management, vol 14, no 2, pp 53-65, 2008.
- [4] A. J. Reynolds - Feighan, "The impact of US airline deregulation on airport traffic patterns", Geographical Analysis, vol 30, no 3, 234–253, 1998.
- [5] M. Deveci, N. Ç. Demirel ve E. Ahmetoğlu, "Airline new route selection based on interval type - 2 fuzzy MCDM: A case study of new route between Turkey-North American region destinations," Journal of Air Transport Management, vol. 59, pp 83-99, 2017.
- [6] Y. C. Chang, W. H. Lee ve C. H. Wu, "Airline new route selection using compromise programming - The case of Taiwan-Europe," Journal of Air Transport Management, vol. 76, pp. 10–20, 2019.
- [7] M. Kong, S. Zhang, J. Zhu, Y. Zhao ve A. Su, "Research on route selection strategy of low-cost airlines", IOP Conference Series Earth and Environmental Science, vol. 189 (6): 062034, 2018.
- [8] Y. C. Chang, H. K. Woon, J. R. Yen ve C. J. Hsu, "A destination selection model for long haul routes "The case of Taiwan - US," Journal of Air Transport Management, vol. 64, pp. 60-67, 2017.
- [9] W. W. Wu ve J. F. Zu, "Research on Airline Route Scheme Optimization Model" WRI World Congress on Software Engineering, 2009.
- [10] Devlet Planlama Teşkilatı "sekizinci beş yıllık kalkınma planı", <http://ekutup.dpt.gov.tr/>, 04/2019.
- [11] M. Baş, "Gelir yönetiminde dinamik kapasite yönetimi simülasyonu ve bir havayolu şirketinde uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2008.
- [12] J. G. Wensveen, Air transportation a management perspective, 6. Baskı, 2007.
- [13] Ö. Peksatıcı, "Competitive Strategies of Airline Companies Operating In Turkish Domestic Aviation Pazar", Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010.
- [14] ICAO Air Transport Reporting Form A and A-S plus ICAO estimates, Presentation of 2017 Air Transport Statistical Results, <https://icao.int/>, 04/2019.

- [15] Türkiye geneli havalimanları uçak yolcu ve yük trafiği istatistikleri ve tahminleri, İstatistikler, <https://www.dhmi.gov.tr>, 04/2019.
- [16] H. Garg, "A novel accuracy function under interval-valued Pythagorean fuzzy environment for solving multicriteria decision making problem", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 31, pp. 529-540, 2016.
- [17] M. Yücesan ve G. Kahraman, "Risk evaluation and prevention in hydropower plant operations: A model based on Pythagorean fuzzy AHP", *Energy Policy*, 126 pp. 343–351, 2019.
- [18] D. Liang, Y. Zhang, Z. Xu ve A. Jamaldeen, "Pythagorean fuzzy VIKOR approaches based on TODIM for evaluating internet banking website quality of Ghanaian banking industry", *Applied Soft Computing Journal*, 78, pp. 583–594, 2019.
- [19] F. Xiao ve W. Ding, "Divergence measure of Pythagorean fuzzy sets and its application in medical diagnosis", *Applied Soft Computing Journal*, 79, pp. 254–267, 2019.
- [20] E. Bolturk, "Pythagorean fuzzy CODAS and its application to supplier selection in a manufacturing firm", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 31 Issue: 4, pp. 550-564, 2018.
- [21] W. R. W. Mohd and L. Abdullah, "Pythagorean fuzzy analytic hierarchy process to multi-criteria decision making," *AIP Conference Proceedings*, vol. 1905, 2017.
- [22] X. Zhang ve Z. Xu, "Soft computing based on maximizing consensus and fuzzy TOPSIS approach to interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making", *Applied Soft Computing*, vol. 26, pp. 42-56, 2015
- [23] T.Y. Chen, "A prioritized aggregation operator-based approach to multiple criteria decision making using interval-valued intuitionistic fuzzy sets: A comparative perspective", *Information Sciences*, vol. 281, pp. 97-112, 2014.
- [24] T.Y. Chen, "Interval-valued intuitionistic fuzzy QUALIFLEX method with a likelihood-based comparison approach for multiple criteria decision analysis", vol. 261, no.10, 149–169, 2014.
- [25] C. Yu, Y. Shao, K. Wang ve L. Zhang, "A Group Decision Making Sustainable Supplier Selection Approach using Extended TOPSIS under Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Environment", *Expert Systems With Applications*, vol. 121, pp. 1-17, 2019.
- [26] X. Peng ve W. Li, "Algorithms for Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Sets in Emergency Decision Making Based on Multiparametric Similarity Measures and WDBA", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 7419-7441, 2019.
- [27] A. Karasan, E. İlbahar, S. Çebi ve C. Kahraman, "A new risk assessment approach: Safety and Critical Effect Analysis (SCEA) and its extension with Pythagorean fuzzy sets", *Safety Science*, 108, pp. 173–187, 2018.

- [28] X. Peng ve Y. Yang, "Fundamental Properties of Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Aggregation Operators", *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 31, no. 5, pp. 444- 487, 2016.
- [29] T.Y. Chen, "An outranking approach using a risk attitudinal assignment model involving Pythagorean fuzzy information and its application to financial decision making", *Applied Soft Computing*, 71, 460-487, 2018.
- [30] R.R. Yager, "Pythagorean membership grades in multicriteria decision making", *IEEE Trans. Fuzzy Syst.* vol. 22, no. 4, pp. 958-965, 2014.
- [31] X. Zhang ve Z. Xu, "Extension of Topsis to multiple criteria decision making with Pythagorean fuzzy sets", *Int. J. Intell. Syst.*, vol. 29, no. 12, pp. 1061-1078, 2014.
- [32] K. T. Atanassov ve G. Gargov, "Interval valued intuitionistic fuzzy sets", *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 31, no. 3, pp. 343-349, 1989.
- [33] Z. S. Xu, "Methods for aggregating interval-valued intuitionistic fuzzy information and their application to decision making", *Control Decis*, vol. 22, no. 2, pp. 215-219, 2007.
- [34] X. Zhang, "Multicriteria Pythagorean fuzzy decision analysis: A hierarchical QUALIFLEX approach with the closeness index-based ranking methods", *Inf. Sci.*, vol. 330, pp. 104-124, 2016.
- [35] U.S. Department of Transportation, <https://www.transportation.gov/policy/aviation-policy/us-international-airpassenger-and-freight-statistics-report>, 04/2019.
- [36] Worldatlas, <https://www.worldatlas.com/articles/busiest-airports-in-united-states.html>, 04/2019.
- [37] Gcmap, <http://www.gcmap.com/>, 04/2019.
- [38] Wikipedia, <https://www.wikipedia.org>, 04/2019.
- [39] E. İlbarar, A. Karaşan, S. Çebi ve C. Kahraman, "A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system", *Safety Science*, 103, 124–136, 2018.
- [40] S. Kusumadewi, S. Hartati, A. Harjoko ve R. Wardoyo, "Fuzzy Multy Attribute Decision Making (FUZZY MADM)", *Yogyakarta: Graha*, 2006.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: esradegirmenci92@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. E. Özcan ve A. Taşkın Gümüş, “Aralık değerli pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci ile Türkiye’de bir havayolu şirketi için yeni rota seçimi”, Munzur 1. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi Uygulamalı Bilimler Kongre Kitabı, 163-181, 2019.

