



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

HAVAYOLU TAŞIMACILIĞINDA YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMI:
TÜRK HAVA YOLLARI ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YELDA İNANÇ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. SERDAR KURT

ÇANAKKALE- 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

**HAVAYOLU TAŞIMACILIĞINDA YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMI:
TÜRK HAVA YOLLARI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YELDA İNANÇ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. SERDAR KURT

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Yelda İNANÇ tarafından **Prof. Dr. Serdar KURT** yönetiminde ve **Dr. Öğretim Üyesi Burcu MESTAV** ikinci danışmanlığında hazırlanan ve **25/04/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Havayolu Taşımacılığında Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı: Türk Hava Yolları Örneği**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Serdar KURT
(Danışman)

Doç. Dr. Banu TANRIÖVER

Dr. Öğr. Üyesi Yasin GÜLTEKİN

İmza

.....

.....

.....

Tez No :10285663

Tez Savunma Tarihi : 25/04/2022

Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.../.../20...

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Yelda İNANÇ

25/04/2022

TEŞEKKÜR

Hayatımın her aşamasında daima yanımda olan başta canım babam Medeni İNANÇ olmak üzere sevgili aileme, hayatlarımızın kesiştiği andan itibaren daima yanımda olan ve bana her daim destek veren hayat arkadaşım İsmail HOŐ'a, tanıdığım günden bugüne daima en yakınım olan can dostum Özge ÖZBEK'e, bu zorlu tez sürecim boyunca yardımlarını esirgemeyen sayın danışman hocam Prof. Dr. Serdar KURT'a, üniversite yaşamımda en kaybolmuş hissettiğim dönemimde yolumu aydınlatan eş danışman hocam sevgili Dr. Öğr. Üyesi Burcu MESTAV'a ve son olarak hayatıma neşe, huzur ve mutluluk katan kedim Tesla başta olmak üzere tüm minik dostlarımıza sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yelda İNANÇ

Çanakkale, Nisan 2022

ÖZET

HAVAYOLU TAŞIMACILIĞINDA YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMI: TÜRK HAVAYOLLARI ÖRNEĞİ

Yelda İNANÇ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Serdar KURT

İkinci Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Burcu MESTAV

25/04/2022, 67

Havayolu taşımacılığı, tarihsel gelişim süreci itibariyle diğer taşıma modlarına göre daha yeni olmasına rağmen, son yıllarda tercih edilme oranı giderek artan bir taşıma şekli haline gelmiştir. Günümüz küreselleşen dünyasında böylesine yoğun bir talep karşısında firmalar hem rakipleri üzerinde fark yaratmak hem de daha fazla kar elde etmek hedefiyle beraber en düşük maliyet ile en kısa sürede ulaştırma hizmeti sağlamak zorundadırlar. Bu amaçla işletmeler bünyelerinde yöneylem araştırması departmanları açarak bu departmanlarda çalışacak personelleri, personellerin kullanacağı bilgisayarları ve bilgisayar programlarını temin etmek için ciddi miktarlarda maliyetlere katlanmak zorunda kalmaktadırlar. Bu çalışma, yurtiçindeki havayolu şirketlerinin bu maliyetlerden kaçınmasına yardımcı olmaktadır. Bu amaçla filo atama problemlerine çözüm getirebilmek hususunda yöneticilere çözüme yönelik öneriler sunacaktır. Bu araştırma, yapay sinir ağları yardımıyla uluslararası bir havayolu şirketinin verilerinden yararlanarak günümüz havayolu taşımalarının temel sorunlarından biri olan filo atama problemini ele almaktadır. Bu çalışma; bir yapay sinir ağı kullanarak, uçuş kapsama, uçuş denge ve uçuş müsaitlik kısıtlarını içeren bir havayolu uçuş ağı modeli oluşturmayı ve oluşturulan bu uçuş ağı modelinin performansını analiz etmeyi, gelecekte yapılacak çalışmalara yol göstermeyi ve dolayısıyla akademik yazına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Havayolu Taşımacılığı, Filo Atama Problemi, Yapay Sinir Ağları

ABSTRACT

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPROACH IN AIRWAY TRANSPORTATION: EXAMPLE OF TURK HAVA YOLLARI

Yelda İNANÇ

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in International Trade and Logistics

Advisor: Prof. Dr. Serdar KURT

Co-Advisor: Dr. Öğretim Üyesi Burcu MESTAV

25/04/2022, 67

Although air transport is newer than other modes of transport in terms of its historical development, it has become an increasingly preferred mode of transport in recent years. In the face of such an intense demand in today's globalizing world, companies have to provide transportation services in the shortest time with the lowest cost, with the aim of both making a difference over their competitors and making more profit. For this purpose, businesses have to bear serious costs in order to provide the personnel to work in these departments, the computers and computer programs to be used by the personnel, by opening the operations research departments. This study helps domestic airline companies avoid these costs. For this purpose, it will offer solutions to the managers in order to solve the fleet assignment problems. This research, using the data of an international airline company with the help of artificial neural networks, deals with the fleet assignment problem, which is one of the main problems of today's airline transports. This study aims to create an airline flight network model that includes flight coverage, flight stability and flight availability constraints by using an artificial neural network and to analyze the performance of this flight network model, to guide future studies and thus to contribute to academic literature.

Keywords: Air Transportation, Fleet Assignment Problem, Artificial Neural Networks

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

	1
1.1. Temel Lojistik Faaliyetler	2
1.1.1. Taşımacılık	3
Karayolu Taşımacılığı	4
Havayolu Taşımacılığı	5
Denizyolu Taşımacılığı	6
Demiryolu Taşımacılığı	7
Boru Hattı Taşımacılığı	7
1.1.2. Depolama	8
1.1.3. Gümrükleme	9
1.1.4. Ambalajlama	9

1.1.5. Elleçleme	9
1.1.6. Satın Alma	10
1.1.7. Stok Yönetimi	10
1.1.8. Envanter Yönetimi	11
1.1.9. Müşteri Hizmetleri	11
1.2. Havayolu Taşımacılığının Tarihsel Gelişimi.....	12
1.2.1. Dünyada Havacılığın Tarihsel Gelişimi	12
1.2.2. Türkiyede Havacılığın Tarihsel Gelişimi	13
1.3. Havayolu Operasyonlarında Planlama ve Çizelgeleme	15
1.3.1. Uçuş Çizelgeleme	17
1.3.2. Uçak Çizelgeleme	18
Filo Atama	18
Filo	19
Filo Ailesi	19
Rota	19
Direkt Uçuş	19
Devir Süresi	19
Kullanılabilir Koltuk Kilometresi	20
Yolcu Gelir Kilometresi	20
Kullanılabilir Koltuk Kilometresi Geliri	20
Kullanılabilir Koltuk Kilometresi Masrafı	20
1.3.3. Uçak Rotalama	20
1.3.4. Ekip Çizelgeleme	21
1.3.5. Ekip Eşleştirme	21
1.3.6. Ekip Atama	21
1.3.7. Düzensiz Olayların Yönetimi	22

İKİNCİ BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI

2.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	23
2.2. Yapay Sinir Ağının Elemanları	26
2.3. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri	26

2.4. Yapay Sinir Ağı Katmanları ve Bileşenleri	27
2.5. Yapay Sinir Ağının Öğrenmesi.....	29
2.6. Literatür Araştırması	30

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ VE UYGULAMA

36

3.1. Araştırma Problemi	36
3.2. Araştırmanın Amacı	36
3.3. Araştırmanın Önemi	36
3.4. Araştırmanın Sınırlılıkları	36
3.5. Verilerin Toplanması ve Analizi	37
3.6. Modelin Uygulanması	37
3.6.1. İşletme Masrafı	39
3.6.2. Yolcu Kayıp Masrafı	41
3.6.3. Tekrar Alım Oranı	44
3.7. Amaç ve Kısıt Fonksiyonu	45
3.7.1. Uçuş Kapsama Kısıtları	47
3.7.2. Uçuş Denge Kısıtları	47
3.7.3. Uçuş Müsaitlik Kısıtları.....	50

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR, SONUÇ VE ÖNERİLER

53

4.1. Bulgular	53
4.2. Sonuç ve Öneriler	57
KAYNAKÇA.....	60
EKLER.....	I
EK 1. SEÇİLMİŞ ŞEHİRLERE BİR GÜNDE YAPILAN SEFERLER	II

EK 2. HER UÇUŞA AİT İŞLETME MASRAFI	V
EK 3. BEKLENEN TALEP VE STANDART SAPMALAR	IX
EK 4. YOLCU KAYIP SAYISI	XII
EK 5. TÜM UÇUŞLARIN YOLCU KAYIP MASRAFLARI	XV
EK 6. TEKRAR ALIM ORANI UYGULANDIKTAN SONRA HESAPLANAN YKM	XVIII
EK 7. TÜM UÇUŞLAR İÇİN HESAPLANAN TOPLAM UÇUŞ MALİYETLERİ ...	XXI
EK 8. ADANA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	XXIV
EK 9. ADANA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XXV
EK 10. GAZİANTEP DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	XXVI
EK 11. GAZİANTEP İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XXVII
EK 12. İZMİR DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	IXXVII
EK 13. İZMİR İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XXIX
EK 14. ANTALYA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	XXX
EK 15. ANTALYA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XXVI
EK 16. MUĞLA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	XXXII
EK 17. MUĞLA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XXXIII
EK 18. ANKARA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	XXXIV
EK 19. ANKARA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XXXV
EK 20. KONYA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	XXXVI
EK 21. KONYA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XXXVII
EK 22. ERZURUM DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	XXXVIII
EK 23. ERZURUM İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XXXIX
EK 24. VAN DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	XL
EK 25. VAN İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XLI
EK 26. TRABZON DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI	XLII

EK 27. TRABZON İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI	XLIII
EK 28. ATAMA SONUÇLARI	XLIV



SİMGELER VE KISALTMALAR

KKKM	Kullanılabilir Koltuk Kilometresi Masrafı
KKKG	Kullanılabilir Koltuk Kilometresi Geliri
KKK	Kullanılabilir Koltuk Kilometresi
Y GK	Yolcu Gelir Kilometresi
YKM	Yolcu Kayıp Masrafı
DHMİ	Devlet Hava Meydanları İşletmesi
SHGM	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
THY	Türk Hava Yolları
YSA	Yapay Sinir Ağları
is	İstanbul
ad	Adana
ga	Gaziantep
iz	İzmir
ant	Antalya
mu	Muğla
ank	Ankara
ko	Konya
er	Erzurum
va	Van
tr	Trabzon

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Uçuş çizelgeleme örneği	17
Tablo 2	Biyolojik sinir sistemine ait elemanlar ve YSA'daki karşılığı	26
Tablo 3	Seçilmiş şehirlere bir günde yapılan seferler	39
Tablo 4	Örnek modelde kullanılan 8 filo tipi için koltuk sayısı, KKKM ve KKKG Değerleri	39
Tablo 5	Her uçuşa ait işletme masrafı	40
Tablo 6	Örnek model için beklenen talep ve standart sapmaları	41
Tablo 7	Yolcu kayıp sayısı	43
Tablo 8	Tüm uçuşların yolcu kayıp masrafları	43
Tablo 9	Tekrar alım oranı uygulandıktan sonra hesaplanan yolcu kayıp masrafları	44
Tablo 10	Tüm uçuşlar için hesaplanan toplam uçuş maliyetleri	45
Tablo 11	Adana düğümünün uçuşları	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Havayolu işletmelerinde planlama ve çizelgeleme süreci	16
Şekil 2	Biyolojik bir yapay sinir hücresi	24
Şekil 3	Yapay Sinir Ağının Yapısı	25
Şekil 4	Basit Katmanlı Yapay Sinir Ağı	28
Şekil 5	Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı	28
Şekil 6	Örnek model için uçuş noktaları	38
Şekil 7	100 numaralı İzmir- İstanbul uçuşu için talep dağılımı	41
Şekil 8	Düğüm noktası dengesi	48
Şekil 9	Adana uçuşu için zaman uzay ağı	50
Şekil 10	Modeli oluşturmak amacıyla R yazılımında yararlanılan kütüphaneler	53
Şekil 11	Kurulan Örnek Modelin Gösterimi	54
Şekil 12	Hata Matrisi	55
Şekil 13	Örnek modele ait doğruluk ve kappa değerleri	55
Şekil 14	Kappa İstatistiğinin Yorumlanmasına İlişkin Değer Aralıkları	56
Şekil 15	8 filoya ait 824 değişkenin R'da gösterimi	58

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Türkiye; Avrupa, Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkeleri arasında bağlantı görevi gören bir ülke olması nedeniyle ulaşım açısından dünya üzerinde önemli bir yere sahiptir. Sahip olduğu bu fırsatı iyi değerlendirebilmek amacıyla günden güne hızlı bir şekilde küreselleşen dünyanın koşullarına uyum sağlamak zorundadır. Bu konuda günümüz koşullarına başarıyla uyum sağlamanın ilk basamağı ulaşımdan geçmektedir. Uluslararası taşımacılıkta demiryolu, denizyolu ve karayolu ile yapılan taşımacılıkların uzun süreler gerektirmesi ve havayolu taşımacılığının eskiye kıyasla daha ekonomik olması nedeniyle son yıllarda sıklıkla havayolu taşımacılığı tercih edilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada havayolları taşımacılığı üzerine yoğunlaşmış ve özellikle havayolu işletmeleri için önemli bir sorun olan filo atama problemi incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında Türk Hava Yolları kargo biriminden elde edilen veriler aracılığıyla yurtiçi uçuşları dikkate alınarak havayolu işletmelerinin filo atama problemine çözüm olacak yapay sinir ağı modelini geliştirerek maliyetlerin minimize edilmesi ve dolayısıyla işletme karının artırılması hedeflenmektedir.

Bu çalışmanın ait olduğu alan olarak lojistik kelimesi Türkiye’de genel itibariyle taşımacılık sözcüğü ile aynı anlamda kullanılmaktadır. Fakat lojistik taşımacılıktan gümrüklemeye, paketlemeden etiketlemeye, depolamadan dağıtıma kadar birçok farklı aşamayı içerisinde bulunduran faaliyetler zincirini ifade etmektedir ve bu nedenle taşımacılık lojistiğın yalnızca bir aşaması olarak kabul edilmektedir (Sürmen & Aygün, 2006:56).

Lojistik ilk olarak genel anlamıyla askeri bir terim olarak hayatımıza girmiştir ve öncelikle, orduyu savaşa hazırlayacak ve savaşı kazandıracak her türlü hizmetin sağlanması anlamına gelmekte olup birçok tanıma sahiptir (Kıymetli Şen, 2014:84).

Günümüzde lojistik kavramı, bir ürünün, hizmetin ya da bilginin, doğru zamanda doğru miktarda ve doğru şekilde bir noktadan diğer bir noktaya ulaştırılması anlamında kullanılmaktadır. 1985-2004 yılları arasında faaliyette olan Lojistik Yönetim Konseyi’ne göre lojistik, “Tüketici ihtiyaçlarını tatmin etmek amacıyla hammaddenin, süreç içindeki envanterin, nihai ürünün veya ilgili bilginin, çıkış noktasından nihai tüketim noktasına kadar

etkin ve masrafları en aza indirilmiş bir şekilde varabilmesi için yapılan planlama, uygulama ve kontrol süreci” olarak tanımlanmaktadır (Özdemir & Gökmen, 2016:116).

Türk Dil Kurumu lojistiği “Kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, hizmetin ve bilgi akışının çıkış noktasından varış noktasına kadar taşınmasının etkili ve verimli bir biçimde planlanması ve uygulanması.” şeklinde tanımlamaktadır.

Bazı araştırmacılar lojistik kavramı yerine fiziksel dağıtım kavramını kullanmayı tercih etmektedirler. Bu iki kavram, bazı noktalarda birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Lojistik, hammadde tedariği işleminden, müşteri memnuniyetine kadar olan tüm süreçleri kapsamaktadır. Diğer yandan fiziksel dağıtım, yalnızca nihai ürünlerin dağıtımını ile ilgilidir. Aksine lojistik yönetimi; materyal yönetimi, fiziksel yaşam eğrisi ve fiziksel dağıtımın bileşiminden oluşmaktadır (Kayabaşı, 2007:48).

Askeri bir kavram olan lojistik görüldüğü üzere literatürde birçok tanıma sahiptir. Bunun nedeni lojistiğin çok geniş bir alanı kapsıyor olması ve böylelikle birçok farklı açıdan bakılıyor olmasından kaynaklanmaktadır. 1900’lü yılların başlarında tarımsal ürünlerin dağıtılması ile de bir bilim dalı olarak görülmeye başlanmıştır (Erkan, 2014:46).

Lojistiğin tarihsel gelişimine bakıldığında bu kavram, başlangıcından bu yana meydana gelen savaşlar sırasında oluşmaya başlamış, yerleşik hayata geçilmesi ve modernleşme ile birlikte taşıma, stok, dağıtım ve kontrol aşamalarıyla beraber bütünleşik bir kavram olmaya başlamıştır.

Askeri bir terim olarak hayatımıza giren lojistik 21.yy’a gelinceye kadar teknolojinin ilerlemesine paralel olarak gelişmiş ve günümüzdeki tanımı da genişleyerek birçok temel faaliyeti içinde barındıran bir süreç haline gelmiştir. Lojistik üretimden değil, tedarik aşamasından başlayan ve nihai tüketiciye kadar uzanan akış içerisinde ürün, hizmet veya bilgi ile ilgili tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Bu temel lojistik faaliyetler taşımacılık, depolama, gümrükleme, ambalajlama, elleçleme, satın alma, stok yönetimi, envanter yönetimi ve müşteri hizmetlerinden oluşmaktadır.

1.1. Temel Lojistik Faaliyetler

Lojistik faaliyetler, işletme faaliyetlerine değer katmasının yanı sıra yapılan faaliyetlerin etkililiğinin artırılmasını sağlayarak müşteri değeri yaratılmasına yardımcı olur ve bir bütün olarak işletmenin başarısının sağlanmasında da son derece önemli bir konuma gelmiştir. İşletme amaçlarının yüksek ölçüde başarılması büyük oranda lojistik faaliyetlere

bağlıdır. Çünkü pazarda yaşanan değişim sonucunda rekabetin yapısı ve içeriği değişerek tedarik zincirleri ve lojistik faaliyetler arasındaki rekabete dönüşmüştür (Kayabaşı, 2007:46).

Lojistik faaliyetler ilk olarak ulaşım ve depolama ile sınırlıyken daha sonra talep tahmini, satın alma, stok, dağıtım, ambalajlama, parça desteği ve iade gibi kavramları da içerisine dahil ederek alanını genişletmiştir (Gümüş,2009:102). Lojistik faaliyetler, ürün ve hizmetleri doğru yerde, doğru zamanda, doğru miktarda ve istenilen şekilde an düşük maliyet ile hazır bulundurmaya amaçlamaktadır (Tutar vd, 2009:193). Bu amaçlar yerine getirildiği zaman işletmelere satışların artması, dağıtım maliyetlerinin azalması, üretim ve tüketim dengesinin sağlanması gibi başlıca faydalar sağlamaktadır (Çevik & Gülcan, 2011:36). Lojistik faaliyetler, küçük ya da büyük ölçekli farketmeksizin, tüm işletmeler için hayati derecede önem taşımakta olup özellikle uluslararası düzeyde faaliyet gerçekleştiren işletmeler açısından oldukça kapsamlıdır (Kayabaşı, 2007:46).

1.1.1. Taşımacılık

Taşımacılık, bir ürünün, hizmetin, bilginin veya insan kaynağının bir çıkış noktasından bir varış noktasına teslimini ifade etmektedir. Taşımacılık, lojistiğin en önemli bileşeni konumundadır (Kıymetli Şen, 2014:90). Bu açıdan taşımacılık ulaştırma işlevinin yanı sıra ürünlerin taşınması için gerekli dokümanların hazırlanmasından ürünlerin müşteri deposuna teslimatına kadar birtakım karmaşık faaliyet olarak görülmektedir (Megep, 2011:36).

Taşıma, lojistik faaliyetlerin temeli olan ve lojistik faaliyetleri birbirine bağlayan bir zincir işlevindedir. Taşıma faaliyeti olmaksızın ürün ve mallar depolara, depolardan üretim yerlerine gidememekte, nihai ürünler de müşterilerine ulaştırılamamaktadır. Bu nedenle taşıma faaliyeti, müşteri memnuniyeti açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir (Ceran, 2010:66.)

Diğer lojistik faaliyetler belli bir yerde gerçekleştirilirken, taşımacılık tek bir yerle sınırlı değildir. Lojistik sistemler, depolama noktaları ve diğer ulaştırma taşıyıcılarıyla bağlantılıdır. Ayrıca, taşımacılık maliyetlerinin payı lojistik maliyetler içerisinde oldukça yüksektir (Kayabaşı, 2007: 64).

Lojistik faaliyetlerde taşıma şeklinin belirlenmesinde en önemli etken hız ve verimlilik unsurlarıdır. Hızlı bir taşıma aracı olan uçaklar hızlı teslimat gerçekleştirmelerine karşın oldukça yüksek maliyetlidir. Daha yavaş bir taşıma aracı seçenekleri olan gemi ve tren ise oldukça düşük maliyetli olmalarına rağmen uçak kadar hızlı teslimat sağlayamamaktadırlar (Timur, 2019:15). Taşıma faaliyeti; karayolu, havayolu, denizyolu, demiryolu ve boru hattı yolu olmak üzere beş tür altında gerçekleştirilmektedir.

Karayolu Taşımacılığı

Karayolu taşımacılığı, belirli bir ücret karşılığında yük veya yolcuların bir yerden başka bir yere kara yolu üzerinden taşınmasını sağlayan bir taşımacılık türüdür. Dünyada ve Türkiye’de en sık kullanılan taşımacılık türlerinden birisi karayolu taşımacılığıdır. Kara yolu taşıma türünün oldukça esnek olması, yükleme ve boşaltmaların kolay bir şekilde yapılabilmesi, kapıdan kapıya taşıma olanağı sağlaması karayolu taşımacılığının avantajlarından biridir. Bununla birlikte karayolu taşımacılığı sayesinde diğer taşıma modları ile bağlantı kurulabilmekte ve neredeyse bütün yük çeşitlerinin taşınmasına imkân sağlamaktadır (Suvacı, 2019:157).

Karayolu taşımacılığının esnekliğe sahip olması onu diğer taşıma türlerinden ayırmaktadır. Özellikle denizyolu ve demiryolu taşımacılığına göre malların taşınması esnasında hasar görme riskinin düşük olmasıdır (Kayabaşı, 2007:67). Günümüzde taşımacılığın büyük bir kısmı karayolu üzerinden gerçekleşmektedir. Karayolu taşıma hizmeti sunan işletmelerin güvenlik, fiyat, konfor, süre ve ikram hizmetleri gibi faktörlere yoğunlaşarak rekabet içerisine girmesi nedeniyle karayolu taşımacılığı büyük önem kazanmıştır.

Ülke ekonomisi ve kalkınması açısından oldukça büyük yere sahip olan karayolu taşımacılığı kendi başına bir ekonomik faaliyet olmasının yanı sıra diğer tüm sektörlerle yakından ilişki olması nedeniyle ilişkide olduğu sektörleri de olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Ayrıca her taşıma türünde olduğu gibi karayolu taşımacılığı da ülkelerin uyguladığı yasa ve düzenlemelerden etkilenmektedir. Örneğin, Batı Avrupa’da uygulanan serbest piyasa nedeniyle fiyat rekabette kullanılan önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Batı

Avrupa'nın karayollarının altyapısı da gelişmişlik düzeyi bakımından dünyanın birçok bölgesi için çok ileri düzeydedir (Suvacı, 2019:158).

Diğer yandan Türkiye'de karayolu taşımacılığına diğer taşıma türlerine kıyasla daha fazla önem gösterilmesi nedeniyle karayolu ağları giderek geliştirilmektedir. Bu durumun sonucunda karayolu araç sayısı hızla artış göstermekte ve atıl araç kapasitesi de aynı oranda artmaktadır. Bununla beraber karayolu taşımacılığının çevreye verdiği zararlar, altyapı bakım-onarım gibi nedenler karayolu taşımacılığının olumsuz yönleri olarak ifade edilmektedir (Bulut, 2007:41).

Havayolu Taşımacılığı

Havayolu taşımacılığı diğer taşıma türlerine kıyasla daha yeni bir taşıma türüdür. Diğer taşıma türlerinden ayrılan en önemli özelliği hem yolcu taşımalarını hem de kargo ve yük taşımacılığını aynı araçta gerçekleştirme imkânı sağlamasıdır (Suvacı: 2019:157). Havayolu taşımacılığı, belirli bir ücret karşılığında yük veya yolcuların bir havaalanından başka bir havaalanına hava yolu ile taşınmasını sağlayan bir taşımacılık türüdür. Havayolu taşımacılığı, değerli ürünlerin, küçük boyutlarda ve paketlenmiş şekilde taşınmasına imkân sağlayan bir taşıma sistemidir. Havayolu taşımacılığı, çok kısa sürede çok hızlı değişiklikler yaşayabilen bir sektör olmasına ve maliyeti diğer taşıma türlerine oranla yüksek olmasına rağmen sağladığı hız avantajı ile depolama maliyetlerini azaltan bir taşıma türü olarak görülmektedir (Kayabaşı, 2007:67).

Günümüzde havayolu taşımacılığı diğer taşıma türlerine kıyasla giderek daha fazla talep görmektedir. Bunun nedeni başta hız olmak üzere havayolu taşımacılığının sunduğu konfor, emniyet, hizmet kalitesi gibi olanaklardır. Küreselleşmenin hızlandırdığı rekabet ortamı ile havayolu taşımacılığı gerçekleştiren işletmelerin bu rekabet ortamında ayakta kalabilmelerinin başlıca sebebi bu etkenlerin üzerinde yoğunlaşmalarıdır.

Havayolu taşımacılığı, acil teslimat gerektiren ve maliyetin geri planda kaldığı durumlarda öncelik kazanan bir taşımacılık türüdür. Hacim ve ağırlık bakımından düşük fakat yüksek değer taşıyan eşyalar için uygun bir taşımacılık türüdür. Yüksek hız, sık sefer imkânı ve malların zarar görme olasılıklarının düşük olması bu taşımacılığın avantajlarıdır. Küreselleşmeyle birlikte uluslararası ticaretin artması diğer taşımacılık türlerine göre havayolu taşımacılığını daha fazla ön plana çıkarmaktadır (Suvacı, 2019:157).

Hava kargo açısından incelendiğinde Türkiye’de hava kargo gün geçtikçe daha fazla talep görmesine karşın hava kargo hizmetleri ile ilgili çok önemli altyapı eksiklikleri bulunmaktadır. Özellikle yurt içi hava kargo hizmetlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. İlk yatırım maliyetleri ve işletme giderleri de oldukça yüksektir (Eker, 2006:15). Ayrıca hava kargo taşımacılığının deniz, kara, demiryolu türleri ile entegrasyonunda ciddi problemler yaşanmaktadır (Bulut, 2007:64).

Denizyolu Taşımacılığı

Uluslararası taşımacılığın önemli bir bölümünü oluşturan denizyolu taşımacılığı dünya küresel pazarlarının birbirine bağlanmasında oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Diğer taşıma türlerine kıyasla daha yavaş olmasına karşın ucuz bir taşıma türüdür. Bu nedenle büyük hacimli ve yüksek tonajlı ürünlerin taşımacılığında kolaylık sağlamaktadır (Suvacı, 2019:156). Denizyolu taşımacılığı, belirli bir ücret karşılığında yük veya yolcuların bir limandan başka bir limana deniz yolu üzerinden taşınmasını sağlayan bir taşımacılık türüdür. Denizyolu ile her türden malzemenin rahatlıkla taşınabilmesi nedeniyle denizyolu taşımacılığı giderek artmıştır. (Monczka vd, 2002).

Denizyolu taşımacılığı kombine taşımacılıkta da önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle denizyolu taşımacılığı uzun zaman almasına rağmen dünya ticaretinin oldukça büyük bir kısmı denizyolu taşımacılığı ile gerçekleştirilmektedir (Eker, 2006:50).

Denizyolu taşımacılığının diğer taşıma türlerine kıyasla avantajları daha fazladır. Demiryolu taşımacılığına oranla 3,5 kat, karayolu taşımacılığına oranla 7 kat daha az maliyetli olmasının yanı sıra çoğunluğu hammaddelerden oluşan yüklerin bir kerede taşınması imkân sağlamaktadır (Kayabaşı, 2007:70).

Günümüz deniz taşımacılığında öncelikli amaç, gemilerin limanda geçirdikleri vaktin en aza indirilmesi, geçirilen vaktin en verimli şekilde kullanılması ve en düşük taşıma maliyetiyle en yüksek düzeyde kar elde etmek istenilmesidir. Bu bağlamda modern gemi ihtiyaçları gün geçtikçe artarak yatırım maliyetlerini de yükseltmektedir (Bulut, 2007:55).

Diğer bir yandan denizyolu taşımacılığının elastikiyete sahip olmaması, kapıdan kapıya taşımaya imkân sağlamaması, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, hava

koşullarından çok fazla etkilenebiliyor olması ve taşımacılığın uzun süreler alması denizyolu taşımacılığının zayıf yönleri olarak kabul edilmektedir (Suvacı, 2019:156).

Demiryolu Taşımacılığı

Demiryolu taşımacılığı uzun mesafeli ve yüksek hacimli mal taşımalarında en iyi alternatif taşıma türlerinden biridir (Suvacı, 2019:58). Demiryolu ile başta hammaddeler olmak üzere her türden mal ve ürünün taşımacılığının yapılması mümkündür ve tercih edilmesinin en büyük nedeni az maliyetli olmasıdır (Eker, 2006:48). Maliyet bakımından verimli olmasına rağmen taşımacılık uzun süreler gerektirmektedir. Buna ek olarak sadece demiryolu bulunan bölgelere hizmet verebilmektedir (Timur vd, 2019:15).

Kombine taşımacılık açısından oldukça elverişlidir fakat karayolu taşımacılığı kadar yaygın olmadığı ve nadiren kullanıldığı için acil sevkiyatları karşılayamamaktadır.

Bunların yanı sıra demiryollarının belli istasyonlara sahip olması nedeniyle ulaşım esnekliğinin olmaması, taşınan yükün en az iki kere elleçlenmesi, gabariyi geçen yükün taşınmasının mümkün olmaması, elleçleme maliyetlerinin yüksek olması, hız konusunda diğer modların gerisinde kalması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Demiryolu taşımacılığı raylara bağlı kalınarak gerçekleşmesi gerektiren bir taşımacılık türü olduğu için elleçleme sayısını da arttırmaktadır (Suvacı, 2019:158).

Diğer bir yandan demir yolu ile taşımacılıkta demiryollarının ilk yatırımı oldukça maliyetli olmasına karşın bu yatırımın geri dönme oranı da en yüksek nakliye türüdür (Eker, 2006:15).

Boru Hattı Taşımacılığı

Boru hattı taşımacılığı, gazların veya sıvıların bir boru sistemi aracılığıyla tüketim bölgesine uzun mesafeli taşınmasıdır (Bunkerist, 2020). Genellikle petrol ve petrol ürünleri, su ve gaz gibi akışkan özellikteki ürünlerin taşınmasında kullanılmaktadır. Kara yolu ve hava yolu taşımacılığında olduğu gibi hava şartlarından etkilenmemektedir (Eker, 2006:15).

Tüm taşıma modları arasında en az maliyetli mod boru hattı ile gerçekleşmektedir ve ülkeler arasında doğalgaz ve petrol boru hatları ile taşınmaktadır. Fakat boru hattı

taşımacılığının ilk yatırım maliyeti diğer taşıma modlarına kıyasla çok daha fazladır (Tozar & Güzel, 2011:2).

19. yüzyılın sonlarında, küçük çaplı ve kısa mesafeler ile başlayan boru hattı taşımacılığı, artan tüketime, talebe ve teknolojik gelişmelere paralel olarak, günümüzde daha büyük çaplı borularla, daha uzun mesafelerde ve yüksek basınçlarda yapılmaktadır. Ayrıca diğer taşımacılık türlerine kıyasla boru hattı taşımacılığı daha hızlı, daha ekonomik ve daha güvenli bir şekilde gerçekleşmektedir (Kayabaşı, 2007:71). Ülkemizde dört adet boru hattı bulunmaktadır. Bunlar; Batman-Dörtüol arası Ham Petrol Boru Hattı, Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı, Yumurtalık-Kırıkkale Boru Hattı ve Rusya-Türkiye Doğalgaz Boru Hattı'dır.

1.1.2. Depolama

Bir ürünün daha sonra kullanılması, satılması veya taşınması amacıyla belli koşullara uygun olarak stoklanması işlemi depolama olarak ifade edilmektedir (Aslan, 2010:25). Depolama tedarik zincirinin en önemli noktalarından birini oluşturmaktadır (Megep, 2011:37).

Depolamanın temel amacı, büyük miktarlardaki mamullerin müşterilerin siparişlerine göre depoya, depodan da pazara ulaştırılması faaliyetinde kolaylık sağlamaktır (Aslan, 2021:248). İşletmeler, üretim ve taşıma masraflarını azaltmak, talep dalgalanmaları ve mevsimsel dalgalanmalar gibi değişimlerinden etkilenmemek, miktar indirimlerinden yararlanmak için ve tam zamanında (Just in Time) üretimi desteklemek gibi nedenlerden dolayı depolamayı tercih edebilmektedirler (Ceran, 2010:67).

Lojistik faaliyetlerin etkin bir şekilde yürütülmesinde depolama faaliyeti önemli bir paya sahiptir. Lojistik süreçlerin yönetilmesinde depolama faaliyetine ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı ürünlerin mevsimlik üretilmesi fakat yıl boyu tüketilmesi, bazı ürünlerin de aksine yıl boyu tüketilirken mevsimlik tüketilmesi, fiyat artışları ve olası kıtlıktan korunmak ayrıca indirimlerden yararlanmak amacıyla depolama faaliyetine ihtiyaç duyulmaktadır (Kayabaşı, 2007:74).

Depolama müşterilerle olan bağlantının kesintisiz bir şekilde ilerlemesini sağlayan önemli bir faaliyet olması nedeniyle lojistik faaliyetlerin tüm aşamalarında yer almaktadır. Bu nedenle ürünlerin teslim alınması, stoklanması, siparişlerin hazırlanması ve toplanması,

bilgi akışının sağlanması gibi depolama faaliyetlerin başarılı bir şekilde organize edilmesi gerekmektedir (Eker, 2006:18).

1.1.3. Gümrükleme

Tüm lojistik faaliyetler arasında hiyerarşik bir basamak olan gümrükleme Türkiye Cumhuriyeti Gümrük Bölgesine giriş çıkış yapacak olan malların ve araçların gereken mevzuat işlemlerinin uygulanmasını ifade etmektedir (Bakan & Şekkeli, 2017:77). Gümrükleme işlemleri lojistik için tamamlayıcı bir rol oynamaktadır (Megep, 2011:38). Gümrük faaliyetleri oldukça geniş kapsamlı ve karmaşık bir işlem olması nedeniyle gerekli yasal düzenlemelerinin ve gümrük mevzuatının özenle takip edilmesi gerekmektedir (Koban, 2013:238).

1.1.4. Ambalajlama

Ambalajlama ürünün kimliğini ve tanınmasını ifade etmektedir (Sürmen & Aygün, 2006:55). Malların taşıma ve satışı için hazırlanmasını anlamına gelen ambalajlama taşıma esnasında malın fiziksel durum ve özelliğini etkileyecek en önemli aşamalardan biridir (Eker, 2006:21). Bir ürün için karar verilen taşıma moduna göre ambalajlama masrafları da değişkenlik göstermektedir (Çakalöz, 2008:8).

Ambalajlamanın amacı, belli sayıda malın bir arada taşınmasını sağlamak ve uygun bir şekilde depolanmasını sağlamaktır. Ambalajın çeşidi ve büyüklüğü, taşınacak malın özelliğine ve seçilen taşıma türü ve depolama yöntemine göre belirlenmektedir (Özcan, 2008:294). Aksi takdirde ürün özelliğine veya taşıma türüne uygun olmayan bir ambalajlama malların zarar görmesine neden olmaktadır.

1.1.5. Elleçleme

Elleçleme, ürünlerin yüklenip boşaltılması ve depo içerisindeki hareketi anlamına gelmektedir (Ceran, 2010:68). Gümrük denetimindeki eşyanın özelliklerini değiştirmeden, eşyanın yükleme, ayıklama gibi faaliyetleri de elleçleme olarak ifade edilmektedir. Elleçleme esnasında ilgili eşyanın doğru elleçlenmesi durumunda eşya değer kazanmamakla birlikte yanlış elleçlenmesi durumunda eşyanın değer kaybetmesine neden olunur. (Koban vd, 2013:125).

Eşyanın elleçlenmesi için, boşaltma, yükleme, mal kabulü, istifleme, ayıklama, havalandırma, ambalajlama, yer değiştirme gibi faaliyetler gerekte olup eşyanın boşaltılması ilk ve yüklenmesi ise son elleçleme işlemidir (Ceran, 2010:68).

Lojistik süreçlerde elleçleme maliyetleri önemli bir yer tutar. Malların taşıma aracına yüklenmesi ve indirilecek destinasyonda boşaltılması işlemleri esnasında bozulma, arızalanma ve ıskartaya çıkma gibi problemler söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle elleçleme bu işlemi gerçekleştirebilecek nitelikteki personeller tarafından yapılmalı ve tüm elleçleme faaliyetlerinde malların hasar görmemesi için her türlü tedbiri almak gerekmektedir (Özcan, 2008:288).

1.1.6. Satın Alma

Satın alma, üretimde veya üretim sonunda kullanılmak ya da yeniden satılmak üzere işletme tarafından ihtiyaç duyulan ekipman, malzeme, parçanın elde edilmesi işlevi olarak tanımlanmaktadır (Timur, 2019:49). Dışardan elde edilen ihtiyaçların belirlenmesinden depoya varışına kadar olan aşamayı ifade etmektedir (Megep, 2011:27).

Satın alma faaliyetinin işletmeler açısından önemi kalite, maliyet, zaman, teknoloji ve tedarik sürekliliği unsurlarını değerlendirmede ön plana çıktığı görülmektedir. Hatasız bir üretim gerçekleşmesi için kalite unsuru, toplam maliyet minimizasyonu sağlamak amacıyla maliyet unsuru, üretimin aksamaması amacıyla zaman unsuru, rekabetçi avantaj sağlanması amacıyla teknoloji unsuru ve sürekliliğin sağlanması için tedarikçilerin sürekliliği unsuruna dikkat çekmek gerekmektedir (Kayabaşı, 2007:75).

Diğer bir yandan satın alma sürecinin sorunsuz işlemesi için satın alma çalışmalarında satın alma yöntemleri, satın alınacak malzemelerin miktarları, satın alma dönemleri ve tedarikçiler önceden titizlikle belirlenmelidir (Özcan, 2008:288).

1.1.7. Stok Yönetimi

Sipariş yönetimi, alınan siparişlerin en kısa sürede ve güvenli bir şekilde alıcıya ulaştırılmasını sağlayan faaliyetleri ifade etmektedir (Bakan & Şekkeli, 2017:68). Bu faaliyetler içerisinde, planlama, siparişin iletilmesi, siparişin süreçlenmesi, toplanması ve teslim edilmesi yer alır. Böylece alıcılar için işler kolaylaşmakta ve işletmeler ise rekabet avantajı kazanmaktadır (Bilginer, 2015).

Stok, işletmelerin taleplere hızlı bir şekilde cevap verebilmek amacıyla kullandıkları bir araç durumundadır. Bu aracın yanlış bir şekilde kullanılması durumunda işletmeler büyük mali kayıplar ve mali krizlerle karşılaşabilmektedir. Bu nedenle stok yönetimi işletmenin amacına ulaşabilmesinde üzerinde önemle durulması gereken bir konu olarak değerlendirilmektedir (Ceran, 2010:69).

Stok yönetimi karmaşık ve çok yönlü bilgi akışını gerektiren bir faaliyettir. Günümüzde stok yönetimi bilgisayarlar aracılığıyla daha kolay bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Bilgisayarların bu alanda geniş uygulama alanı bulması ve stok kayıtlarının çok ve karmaşık olmasından kaynaklanmaktadır (Özcan, 2008:292).

Stok yönetimi işletmelere önemli avantajlar sağlamaktadır. Doğru bir şekilde gerçekleştirilen stok yönetimi, işletmelerin hem stoka yapılan yatırım maliyetlerini azaltmakta hem de müşteri hizmet seviyesini yükseltmiş olmaktadır (Ceran, 2010:69).

1.1.8. Envanter yönetimi

Lojistik faaliyetlerin önemli faaliyetlerinden biri de envanter yönetimidir. Envanter; üretime veya üretilen malzemeye direkt veya dolaylı yoldan katılan tüm fiziksel varlıklar ve ürünler envanter kavramına dahil edilmektedir (Kayabaşı, 2007:62).

Envanter yönetimi, doğru ürünlerin doğru miktarda ve doğru zamanda hazırlanması amacıyla minimum düzeyde stok miktarının belirlenmesi ve yeteri miktarda elde bulundurulması süreciyle ilgilidir. Envanter yönetimi stoktaki ürünlerin hareketleri ve miktarlarının düzenli olarak kontrol edilmesi, stoksuz kalma riskinin en aza indirilmesi ve kar maksimizasyonunun sağlanmasıyla en iyi düzeyde hizmet sunulması gerekliliği nedeniyle oldukça önem arz etmektedir (Bakan & Şekkel, 2017:57).

1.1.9. Müşteri Hizmetleri

Üretilen ürünün nihai müşteriye dağıtılmasında kullanılan kanalların yönetilmesi ve ürün müşteriye iletildikten sonra gereken teknik desteğin, tamir bakım ve onarımın yapılması için gerekli taşıma işlemlerinin tümü müşteri hizmetleri faaliyetleri arasında sayılmaktadır (Özcan, 2008:294).

Müşteri hizmetleri lojistik faaliyetlerinin oldukça önemli bir dilimini oluşturmaktadır. Müşteri ihtiyaçlarının optimum seviyede ve en az maliyetle karşılanarak

müşteri memnuniyetini ve bağlılığını sağlamak lojistiğin temel fonksiyonlarından biridir (Bakan & Şekkeli, 2017: 70). Müşteri hizmetleri, genellikle müşteri memnuniyeti kavramı ile karıştırılmasının aksine müşteri memnuniyeti yer, ürün, fiyat, reklam gibi pazarlamanın tüm bileşenlerinin karışımının bütün olarak müşterilerin değerlendirmesini temsil etmektedir (Lambert vd, 1998:41).

Müşteri hizmetleri, tedarikçi-müşteri ilişkisini geliştirme konusunda ve yüksek müşteri bağlılığı yaratılmasında kullanılan pazarlama araçları nedeniyle gün geçtikçe artan bir öneme sahip olan fiyat rekabetinden ziyade, yüksek kaliteyi amaçlayan araçlardan birisidir (Kayabaşı, 2007:63).

1.2. Havayolu Taşımacılığının Tarihsel Gelişimi

Havacılık, geçmişten günümüze teknolojinin ilerlemesi ve gelişmesiyle birlikte yoğun rekabetin yaşandığı ve ekonomik açıdan karakteristik bir yapıya sahip bir sektör haline gelerek ulaştırma türleri arasında en ilgi gören sektörlerden biri olmuştur (Bakır vd, 2017:155). Dünya havacılık alanında meydana gelen gelişim Türk havacılığında da paralel bir şekilde gerçekleşmiştir (Yüksel, 2014:12).

1.2.1. Dünyada Havacılığın Tarihsel Gelişimi

Uçma isteği insanlık tarihinin başlangıcından bu yana insanların kuşlara özenmesi ile başlamış olup tarihin birçok yerinde yüksek yerlerden atlama, paraşütle uçma, yapay kanatlar gibi birçok yöntem denenmiş ve başarısız olunmuştur (Herkesecan, 2020:13). 852 yılında (9. Yy) ilk kısa mesafeli uçuş denemeleri Abbas İbn Firnas tarafından gerçekleştirilmiş olup önemli kazanımlar elde edilmiştir. Yüzyıllar sonra Wright Kardeşlerin ilk uçuşu ve Leonardo da Vinci'nin uçuş ile ilgili çizimleri ortaya konulmuştur (Fikriyat, 2019). Tarihteki bazı uçuş denemeleri aşağıda kronolojik olarak verilmektedir:

- Havacılık tarihinde ilk insanlı uçuş sıcak hava balonu ile 1783 yılında Paris'te yapılmıştır. Balon gökyüzünde 8 km yol almıştır. Balonun havalanması için odun ateşi ile ısıtılması gerekmekteydi. Aynı zamanda uçuş yönü kontrol edilemiyordu ve rüzgâr hangi yöne eserse balon da o yönde ilerliyordu (Hasköy, 2010:2).

- 1905 yılında yine Wright kardeşler halka açık ilk uçuşu gerçekleştirdiler. Wright kardeşlerin yakın çevresinden oluşan 80'nin üzerinde katılımcı izlemiştir (Pivolka, 2012).
- Halka açık diğer bir uçuşu da 13 Eylül 1906'da Albert Santos Dumont kanatlı bir uçakla Avrupa'da ilk halka açık uçuşunu gerçekleştirmiştir. Bu uçuşun diğer uçuşlardan farkı herhangi bir karşı rüzgâr ve mancınık kullanılmamasından kaynaklanmaktaydı. Böylece birçok kişi tarafından ilk motorlu uçuş olarak kabul edilmiştir (Britannica, 2020).
- Ocak 1908 yılında Henry Farman, 1 km'den uzun uçuşu ile Grand Prix d'Aviation ödülünü kazanmıştır. 1909'da 234,3 km (145,59 mil) uçuşla dayanıklılık için dünya rekoru kırmıştır (Britannica, 2020).
- 14 Mayıs 1908 yılında Wright kardeşler, kendilerinin arkadaşı ve aynı zamanda tamircileri olan dünyanın ilk uçak yolcusu olan Charles Furnas isimli yolcu ile ilk 2 kişilik uçuşu gerçekleştirmişlerdir (Smithsonian).
- 8 Temmuz 1908 yılında ilk kadın yolcu ile İtalya'da yaklaşık 200 metre yükseklikte bir uçuş gerçekleştirilmiştir (Smithsonian).
- 2 kişilik uçuşu askeri olarak test ederken uçağın yere düşmesiyle ölen ilk insan Thomas Selfridge'dir (Air Force Academy, 1979:180).
- 2 Ekim 1909 yılında havadan ağır motorlu bir uçak kullanarak pilotluk lisansı alan ilk kadın Raymonde de Laroche olmuştur (Smithsonian).

Havayolu taşımacılığına olan talep, dünya çapındaki ekonomik büyümeye eşlik ederek gün geçtikçe artmaktadır (Oktal & Küçükönel, 2007:384). Havayolunda yaşanan serbestleşme ile beraber tüm dünyada hızlı bir şekilde yayılmaya devam etmektedir (Sarsenov, 2011:11).

1.2.2. Türkiye'de Havacılığın Tarihsel Gelişimi

Türk tarihinde havacılığın temelleri Osmanlı dönemlerine dayanmaktadır. Hezarfen Ahmet Çelebi'ye ait bir uçuş denemesinin Galata kulesi ve Üsküdar arasında gerçekleştirildiği Evliya Çelebi'nin seyahatnamesinde kayıtlı olduğu bilinmektedir (Herkesecan, 2020).

1633 yılında yaptığı iki katlı ve 30 metre boyunda, barutla çalışan bir roket yapan Lagari Hasan Çelebi tarihe ismini roketle uçan ilk adam olarak yazdırmış. Yine Evliya Çelebi'nin Seyahatnamesi'nde söz konusu olan deneme, “Lagari Hasan Çelebi, Murad Han'ın Kaya Sultan nam duhteri pakizesi vücude geldiği gece akube şadmanlığı oldu. Lagari Hasan, elli okka barut macunundan yedi kollu bir fişeng icad etti. Sarayburnu'nda Hünkâr huzurunda fişenge bindi ve şakirdleri fişengi ateşlediler. Lagari, "Padişahım seni Hüda'ya ısmarladım" diyerek temcid ve tevhid ile evci asumana huruc eyledi... Denize indi... Yanında olan fişengleri ateş edip ruyi deryayı çeragan eyledi. Bam-ı felekde fişengi kebirinin barutu kalmayıp da zemine doğru nüzul ederken, ellerinde olan kartal kanatlarını açıp Sinanpaşa Kasrı önünde deryaya indi. Oradan şenaverlik ederek uryan huzuru padişahiye geldi. Zemini bus ederek selam verdi. Bir kise akça ihsan olunup yetmiş akça ile sipahi yazıldı. Sonra Kırım'da Selamet Giray Han'a gidüp orada merhum oldu. Rahmetli yar-i gaar-ı sadıkımız idi.” sözleriyle ifade edilmektedir (Ünal & Akyıl, 2018).

İstanbulda ilk kez 1785 yılında İranlı bir Fizikçi ve iki Türk tarafından balon ile uçuş gerçekleştirilmiş ve 120 kmlik uçuştan sonra Bursa'ya iniş gerçekleştirilmiştir (Yalçın, 2016:189).

Türk tarihindeki ilk uçuş denemelerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- 1010 yılında ilk Türk şehidi olarak kabul edilen Farablı İsmail Cevheri tahtadan kanatlar yapıp ilk uçuşu gerçekleştirmiş ve hayatını kaybetmiştir. Bu uçuş Wright Kardeşlerden 900 yıl önce yapılmış en eski uçuş denemesi olarak geçmektedir (Karakuzu & Namal, 2016:453).
- 1623-1640 yılları arasında Sultan dördüncü Murad zamanında yaşamış olan ve tarihe ismini ilk uçan Türk bilgini olarak kabul ettiren Hezarfen Ahmet Çelebi de İsmail Cevheri'yi örnek alarak ve kuşların uçuşunu inceleyerek bugünkü hava taşıtlarının ilkel halini yapmıştır. İlk uçuşunu Galata kulesinden atlayarak gerçekleştirmiş ve Üsküdar'a iniş yapmıştır. Bu uçuş denemesi Evliya Çelebi'nin 10 ciltlik Seyahatnamesi'nde şu sözlerle yer almaktadır: “İptida, Okmeydan'ın minberi üzere, rüzgâr şiddetinden kartal kanatları ile sekiz, dokuz kere havada pervaz ederek talim etmiştir. Badehu Sultan Murad Han Sarayburnu'nda Sinan Paşa Köşkü'nden temaşa ederken, Galata Kulesi'nin taa zirve-i belâsından lodos rüzgârı ile uçarak, Üsküdar'da Doğancılar meydanına inmiştir. Bu olay Osmanlı Devleti'nde ve Avrupa'da büyük yankı buldu ve dönemin padişahı IV. Murad tarafından da beğenildi. Sonra Murad

Han, kendisine bir kese altın ihsan ederek: "Bu adam pek havf edilecek (korkulacak) bir ademdir. Her ne murad ederse, elinden geliyor. Böyle kimselerin bekası caiz değil, " diye Gâzir'e (Cezayir) nefyeylemiştir (sürmüştür). Orada merhum oldu." (Erdemli, 2011:4).

- 17. Yüzyılda hava roketinin babası olarak kabul edilen Lagari Hasan Çelebi de yaptığı hava roketiyle uçmayı başarmıştır. Gökyüzünde 300 metre boyunca ilerlemiş ve 20 saniye boyunca havada kalabilmeyi başarmıştır. Ardından Boğaziçi'ne iniş gerçekleştirmiştir (Tatar, 2018:4).

Mustafa Kemal Atatürk de havacılığın geliştirilmesi için Cumhuriyet Döneminde büyük çaba harcayarak tayyarelerin milli imkanlarla yurt içinde üretilmesine öncülük etmiş ve Türk havacılığının oluşturulması ve gelişimi açısından oldukça önemli bir dönem yaratmıştır (Tatar, 2018:195).

1.3. Havayolu Operasyonlarında Planlama ve Çizelgeleme

Havacılık sektörünün zorlu rekabet ortamı ile havayolları işletmeleri, planlama ve operasyon düzeylerinde giderek daha karmaşık ve daha büyük optimizasyon problemleriyle yüzleşmek zorunda kalmaktadırlar.

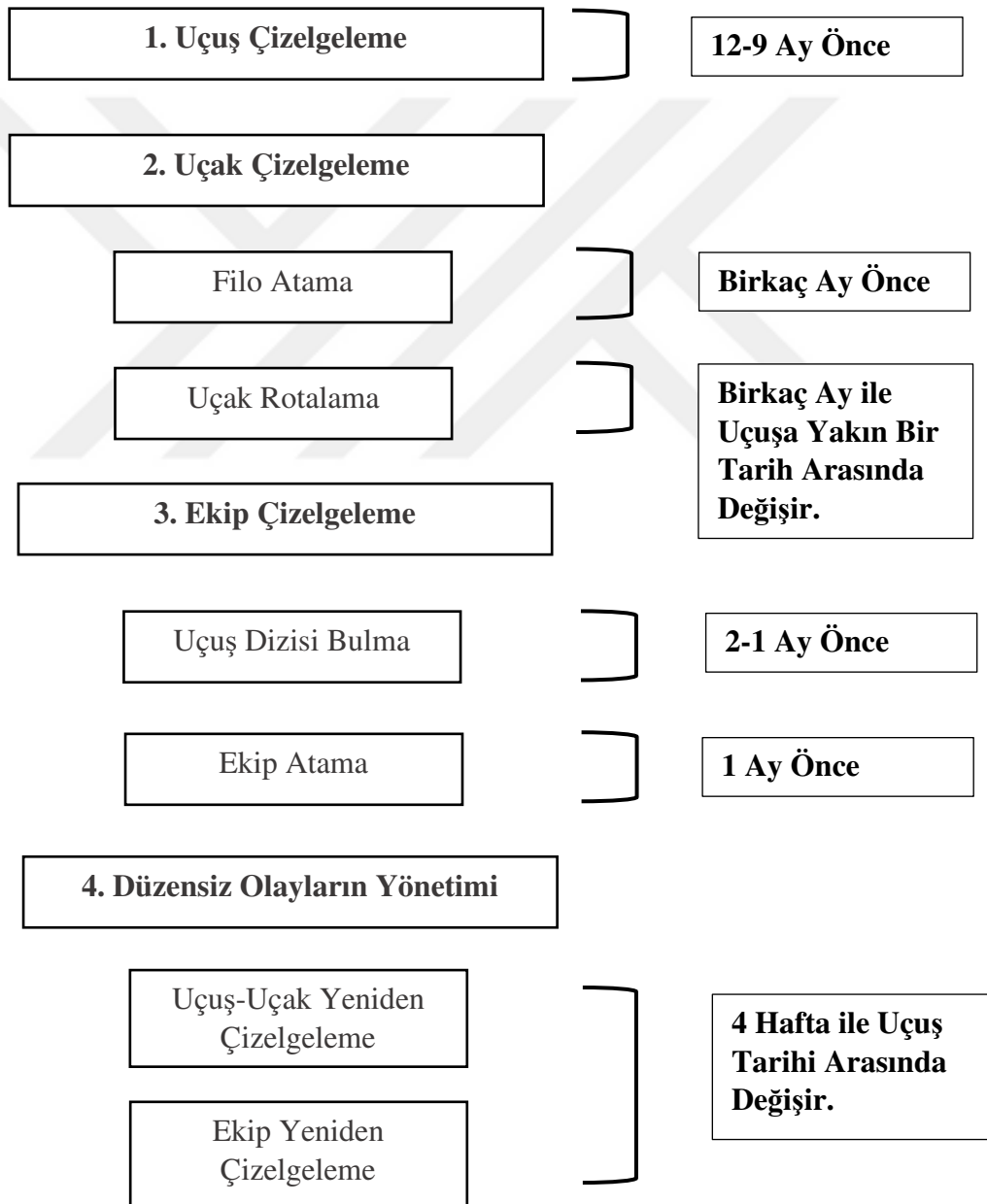
Bu karmaşıklıkla başa çıkabilmek için havayolu planlama süreci, her biri belirli bir kaynak ve zaman çemberine karşılık gelen bir optimizasyon problemini temsil eden birkaç bölüme ayrılmıştır.

Planlama süreci aşağıda ifade edildiği gibi altı ilgili problem ile tanımlanabilir:

- Uzun dönemde çözülmesi gereken ve temel olarak havayolu işletmesi tarafından hangi havalimanlarına hizmet verilmesi gerektiğine karar vermeyi kapsayan ağ tasarımı problemi,
- Havayolu işletmesinin filo bileşenlerine karar vermeyi içeren filo tasarım problemi,
- Bir planlama döneminde her bir bacak uçuşunun ne zaman ve hangi sıklıkta gerçekleştirilmesi gerektiğini içeren uçuş planlama problemi,
- Her bir uçuş ayağına uygun bir uçak tipinin atanmasını içeren filo atama problemi,
- Her bir uçağın kısa dönemde çalışması gereken uçuş bacaklarının sırasını tasarlamayı içeren uçak yönlendirme problemi,

- Her bir uçuş ayağını gerçekleştirebilmek amacıyla her bir ekip üyesi için bir çalışma programı tasarlamayı içeren mürettebat yönetimi problemi (Mancel & Camino, 2014:2).

Bu sorunlar doğrudan veya dolaylı olarak birbiriyle bağlantılıdır. Bir problemin çözümü bir öncekinin çözümüne bağlıdır. Bu, her bir problem için havayolu işletmesinin piyasa davranışını mümkün olduğunca kesin bir şekilde tahmin etmesi ve herhangi bir değişiklik durumunda güncel çözümler almak için önceki problemi düzenlemesi gerektiği anlamına gelir.



Şekil 1. Havayolu işletmelerinde planlama ve çizelgeleme süreci

Kaynak: Orhan vd., 2010:182

Havayolu operasyonlarında planlama ve çizelgeleme süreci Şekil 1’de gösterildiği üzere gerçekleşecek olan uçuş zamanından 12 ay öncesinde başlamaktadır. Planlama ve çizelgelemenin ilk aşaması olan uçuş çizelgeleme aşaması uçuş vaktinden en geç 9 ay öncesine kadar tamamlanmaktadır. Operasyonların ikinci aşaması olan uçak çizelgeleme sürecinde öncelikle filo atamaları ardından uçak rotaları belirlenir ve bu aşama uçuş vaktinden birkaç ay önce tamamlanmaktadır. Üçüncü aşama olan ekip çizelgeleme uçuş vaktinden en geç 1 ay öncesine kadar tamamlanmaktadır. Bu planlama ve çizelgeleme aşamalarının herhangi birinde herhangi olası bir aksaklık, erteleme veya iptal dördüncü aşama olan düzensiz olayların yönetimi başlığı altında incelenmekte olup gerekli düzenlemeler bu aşamada uçuş vaktinden 4 hafta öncesinden başlayıp uçuş tarihine kadar tamamlanmaktadır (Orhan vd., 2010:181-184).

1.3.1. Uçuş Çizelgeleme

Uçuş çizelgeleme, planlama ve operasyonlar için ilk noktadır. Uçuş çizelgeleme, uçuş tarihinden 1 yıl önce başlar ve 9 ay önce tamamlanan 3 aylık bir süreçtir ve bu çizelge havayolu işletmelerinin pazarlama departmanları tarafından yapılmaktadır (Tokgöz, 2008:17). Uçuş çizelgelemede, her uçuş bacağının kalkış varış saatlerini, uçuş noktalarını, uçuş günlerini, uçuş numaralarını ve kullanılacak filo tipleri ile ilgilenmektedir (Orhan vd.,2010:183). Tablo 1’de bir uçuş çizelgeleme örneği gösterilmiştir.

Tablo 1

Uçuş Çizelgeleme Örneği (IST: İstanbul Atatürk Havaalanı, ADA: Adana Şakirpaşa Havaalanı, AYT: Antalya Havaalanı, ESB: Ankara Esenboğa Havaalanı, ADB: İzmir Adnan Menderes Havaalanı)

Uçuş No	Kalkış Yeri	Variş Yeri	Kalkış Zamanı	Variş Zamanı	Filo
405	IST	ADA	16.20	18.40	A321
406	AYT	IST	13.20	14.45	A330
407	ESB	ADB	19.30	20.40	B777
...

Havayolu operasyonlarında planlama ve çizelgeleme özellikle büyük havayolu işletmeleri için oldukça karmaşık bir görevdir. Bu nedenle planlama ve çizelgeleme belirli aşamalara bölünerek ele alınmaktadır.

Planlama ve çizelgeleme sürecinde öncelik olarak uçuş ağı dikkate alınarak uçuş planı gelir maksimize edilecek şekilde tasarlanır. Uçuş planı uçulacak şehirleri ve kalkış varış zamanlarını göstermektedir. Ardından uçak çizelgeleme içerisinde tasarlanan uçuş planına göre filo atama gerçekleştirilir. Filo atama, talebi karşılarken maliyetleri en aza indirmeyi ve karı maksimize indirmeyi hedefler. Filo ataması yapıldıktan sonra uçakların hangi uçuş bacağına yönlendirileceği planlanır. Ardından son aşama olan kokpit ve kabin ekiplerinin ataması yaparak problem çözüme kavuşturulur. Düzensiz olayların yönetilmesi, tüm bu süreç içerisinde beklenmeyen durumlarda ortaya çıkabilecek problemlerin çözülmesi için ayrılan 4 haftalık bir zamanı kapsamaktadır.

1.3.2. Uçak Çizelgeleme

Havayolu işletmeleri uçuş çizelgeleme aşamasını planladıktan sonra filo atama ve uçak rotalama problemini oluşturan uçak çizelgeleme problemlerini çözer. Uçak çizelgeleme işlemleri uçuş tarihine birkaç ay kala başlar ve uçuş tarihinde sonlanır (Orhan vd., 2010:184).

Havayolu işletmeleri uçak çizelgelerini, mevsimsel etkenlere bağlı olarak değişim gösteren talep miktarı ve şekli nedeniyle genellikle üç ayda bir yenilemektedir. Uçak çizelgeleme aşamasında geçmiş veriler sonucunda tahminleme yapıp bu tahminlemeye uygun ağ yapısı seçilir ve gerçekleştirilecek uçuş zamanları bu şekilde belirlenmiş olur (Tokgöz, 2008:18). Filo atama problemine dair bazı genel kavramlar ve tanımlar şöyledir:

Filo Atama

Filo atama problemi, uçuşların çizelgelenmesi sürecinde belirlenen uçuş planı ve uçuş ağı üzerinde, uygun kapasiteli ve özellikteki filoların uçuşlara tayin edilmesi işlemi filo atama olarak ifade edilmektedir. Operasyon maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle bir havayolu işletmesinin yönetmesi gereken en önemli kaynaklar uçak ve mürettebattır. Sunulan kapasiteyi en üst seviyeye çıkartmak ve operasyon maliyetlerini en aza indirmek arasındaki dengeyi optimize etmek için her uçuşa en uygun uçağı atamak gerekmektedir. Bu

nedence filo atama sorunu bir havayolu işletmesinin planlama sürecinde ele alması gereken en önemli sorunlardan biridir.

Filo atama yapılmasının amacı, mevcut uçak tipleri ile uçulacak güzergahların birbiriyle uyum sağlamalarıdır. Filo atama yapılırken bazı kısıtlar ve kurallar en iyi şekilde karşılanmalı ve uçuşlar için en uygun filolar belirlenmelidir. Burada asıl önemli olan nokta uçakların uçuşlara atanması değil belirlenen stratejiler gerçekleştirilirken filoların talepleri karşılamasıdır.

Filo

Kapasite ve operasyonel özellikler olarak benzer nitelikte olan uçak kümeleri filo olarak ifade edilmektedir (Sarsenov, 2011:21). DHMİ Genel Müdürlüğü'nün tanımına göre filo; "İşletmecinin kendi malı veya kiraladığı tüm hava araçlarının adet ve tip olarak ifadesidir." şeklinde tanımlanmaktadır (DHMİ, 2011).

Filo Ailesi

Aynı özelliklere sahip uçakların oluşturduğu gruplardır. Bir uçuş ekibi, bir filo ailesinin tüm uçakları ile uçuş gerçekleştirebilir. Boeing 757/767 filo ailesi bu duruma örnek gösterilebilir (Akay, 2009:37).

Rota

DHMİ Genel Müdürlüğü'nün tanımına göre rota; bir uçağın coğrafi bir noktaya veya hava yoluna göre 2 boyutlu pozisyonunu belirtmektedir (DHMİ, 2011).

Direkt Uçuş

Herhangi iki nokta arasında gerçekleştirilen uçuşun tek bir uçakla sağlanması direkt uçuş olarak ifade edilmektedir. Uçağın bu iki nokta arasında yolcu indirme-bindirme veya yakıt ikmali yapması gerçekleşen uçuşun aktarmalı uçuş olduğu anlamına gelmemektedir (Sarsenov, 2011:38).

Devir Süresi

Bir uçağın havaalanına iniş yaptığı andan bir sonraki kalkış yaptığı ana kadar geçen bekleme süresine devir süresi denir. Devir süresi uçağın pistteki koştugu süreyi de kapsamaktadır. Uçak, bu bekleme süresi içerisinde gerekli denetlemeleri ve sonraki uçuş için yapılması gereken hazırlıklarını tamamlamaktadır. Devir süresi uçağa ve uçağın

bulunduğu havaalanına bağlıdır. Ortalama devir süresi 30 ile 40 dakika arasında değişmektedir (Akay, 2009:37).

Kullanılabilir Koltuk Kilometresi (KKK)

Arz edilen koltuk kilometresi, uçuş bacakları arasındaki mesafe ile uçak koltuk sayısının çarpımları ile elde edilir. KKK, yolcu tahminlemede kullanılmaktadır (Sarsenov, 2011:38).

Yolcu Gelir Kilometresi (YGK)

Yolcu gelir kilometresi, uçuşlarda satılan koltuklar ile uçulan mesafenin çarpımı ile bulunur. Ücretli yolcu kilometresi, arz edilen koltuk kilometresinden daha düşüktür. Bunun nedeni tüm uçuşlarda bütün koltukların satılamamasından kaynaklanmaktadır (Akay, 2009:37).

Kullanılabilir Koltuk Kilometresi Geliri (KKKG)

Kullanılabilir koltuk kilometresi uçuş sonunda arz edilen koltuklardan elde edilen gelir olarak ifade edilir. Toplam işletme geliri KKK'ye bölüldüğünde, arz edilen koltuk kilometresi geliri elde edilir. Birim gelir olarak da tanımlanmaktadır (Sarsenov, 2011:38).

Kullanılabilir Koltuk Kilometresi Masrafı (KKKM)

Kullanılabilir koltuk kilometresi, literatürde; bir koltuğun bir kilometre uçurulabilme masrafı olarak tanımlanmaktadır. Toplam işletme maliyetinin KKK'ye bölünmesi ile elde edilir. Birim masraf olarak da tanımlanmaktadır (Akay, 2009:37).

1.3.3. Uçak Rotalama

Uçak rotalama probleminde, hizmet verecek uçağın hangi uçuş bacağına atanması gerektiği çözülmektedir. Uçak rotalama literatürde; uçak atama, kuyruk atama, uçak bakım rotalama ve uçak yönlendirme problemleri olarak da farklı isimlerle tanımlanmaktadır. Uçak rotalamada temel amaç havayolu işletmesinin maliyetlerini minimize etmek ve geliri maksimize etmektir. Uçak rotası uçulan şehirlerden oluşan bir döngü dizisidir. Bir uçuş için varış noktası olan şehir, sonraki uçuş için kalkış noktası olmaktadır ve bu döngü başladığı merkezde son bulmaktadır. Bir uçak için her döngü arasında bakım istasyonuna uğrama gerekliliği bulunmaktadır (Orhan vd. 2010:185).

1.3.4. Ekip Çizelgeleme

Havayolu operasyonlarının son basamağı olarak ekip çizelgeleme, havayolu işletmesinin belirli bir dönem için planladığı uçuş çizelgesinde bulunan tüm uçuşlara mürettebatın en az maliyet ile atanmasını ifade etmektedir. Ekip çizelgeleme genellikle 1 aylık dönemler halinde planlanmaktadır.

SHGM'ye göre ekip çizelgeleri uygulamaya geçilmeden en az 24 saat içerisinde yayınlanmak zorunda olup 15 günden daha az bir dönemi kapsayamamaktadır. Ekip çizelgeleme farklı amaçlar doğrultusunda hazırlanması nedeniyle literatürde ekip atama problemi ve ekip eşleştirme problemi olarak iki ayrı problem olarak ele alınmaktadır (Soykan & Erol, 2016:151).

1.3.5. Ekip Eşleştirme

Ekip eşleştirme probleminde amaç yasal kriterlere uyularak uçuş çizelgelerinin tümü kapsanarak kaynakların en optimal kullanımını sağlanarak ve yüksek kalitede çözümler üreterek maliyetleri en küçükmektir. Ekip eşleştirme probleminde dikkate alınması gereken uluslararası ve yerel düzenlemeler ve havayolu işletmesinin iç düzenlemeler gibi bazı kısıtlar bulunmaktadır (Ulucan & Eryiğit, 2004:239).

Ekip eşleştirme problemi günlük, haftalık ve ileri tarihli problem olarak üç farklı şekilde çözülmektedir ve havayolu operasyonları planlamasında en yüksek maliyetler günlük atama probleminden kaynaklanmaktadır. Fakat yöneylem araştırması yöntemleri nedeniyle ekip maliyetleri ciddi ölçüde azaltılmaktadır (Erkayman, 2013:45).

1.3.6. Ekip Atama

Ekip atama probleminde amaç, bütün uçuşlar için uygun ekipler atanırken atanan personellerin isteklerini de dikkate almaktır. Bir pilot tüm filo tipilerini kullanamadığı gibi her kabin ekibi de her filo tipi için hizmet verememektedir. Filo tipleri birbirlerinden farklı özelliklere sahiptir. Ekip üyelerinin nitelikleri, almış oldukları eğitimler, sertifikalar, sağlık durumları ve yaşları birbirinden farklı olması nedeniyle de her filo tipi için farklı uçuş ekipleri gerekmektedir (Tokgöz, 2008:25). Dolayısıyla ekip atama problemi oldukça karmaşık bir yapıya sahip olsa da çözüm olarak en az sayıda personel ile en düşük maliyetli uçuşu gerçekleştirilmeyi amaçlamaktadır.

1.3.7. Düzensiz Olayların Yönetimi

Havayolu işletmelerinde operasyonlar dinamik bir yapı içerisinde olmaları nedeniyle her zaman oluşturulan çizelgelere uymak mümkün olmamaktadır. Bazı iç ve dış faktörlere bağlı olarak gerçekleşen gecikme veya iptaller nedeniyle uçuşlarda olası aksamalar yaşanmaktadır. Öngörülemeyen uçak kazaları, ekip üyelerinin hastalanması, kötü hava şartları gibi nedenler bu aksamalara neden olabilmektedir.

Yaşanan bu aksamalar havayolu işletmelerine fazladan maliyet olarak geri dönmektedir. Bu maliyetleri minimize etmek düzensiz gelişen olayları iyi şekilde yönetebilmekten geçmektedir. Bu noktada temel amaç aksama sonucunda tarifenin devam ettirilmesi için en düşük maliyetli alternatifi tespit edebilmektir (Tokgöz, 2008:26).

İKİNCİ BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları, insan beyninin öğrenme yeteneği ve biyolojik sinir sisteminin işleyiş mekanizması baz alınarak ortaya çıkan bir analiz yöntemidir (Gültekin, 2022:23). Yapay sinir ağları (YSA), günümüzde birçok alanda mevcut birçok soruna çözüm üretebilmektedir ve bu nedenle literatürde değişik şekillerde tanımlamaları bulunmaktadır (Öztemel, 2006:30).

Yapay sinir ağları, giriş ve çıkış veri kümelerini kullanarak sistem davranışını öğrenebilen esnek bir matematik modelleme yöntemidir (Uygunoğlu ve Yurtçu, 2006).

Yapay sinir ağları, yapay sinir hücrelerinin katman şekillerle birbirine bağlanmasıyla oluşturulmuş veri tabanlı sistemlerdir (Şimşek Can, 2021:29).

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin öğrenme yolunu taklit ederek beynin öğrenme, hatırlama, genelleme yapma yolu ile topladığı verilerden yeni veri üretebilme gibi temel işlevlerin gerçekleştirildiği bilgisayar yazılımlarıdır (Öztürk & Şahin, 2018:27).

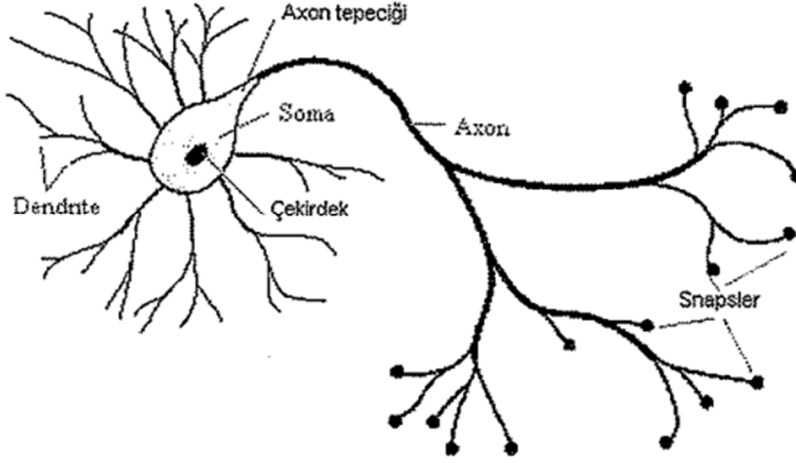
Yapay sinir ağları, insanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri kullanarak olayları öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üreteceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir (Öztemel, 2006:29).

Özetle yapay sinir ağları için yapılmış tüm tanımlamalardan yola çıkarak, yapay sinir ağlarında asıl amaç insanlarda gözlemlenen ve “akıllı davranış” olarak nitelendirilen davranışları öğrenebilen, gösterebilen ve taklit edebilen bilgisayarlar yapmaktır (Doğan, 2019:37).

2.1. Yapay Sinir Ağının Yapısı

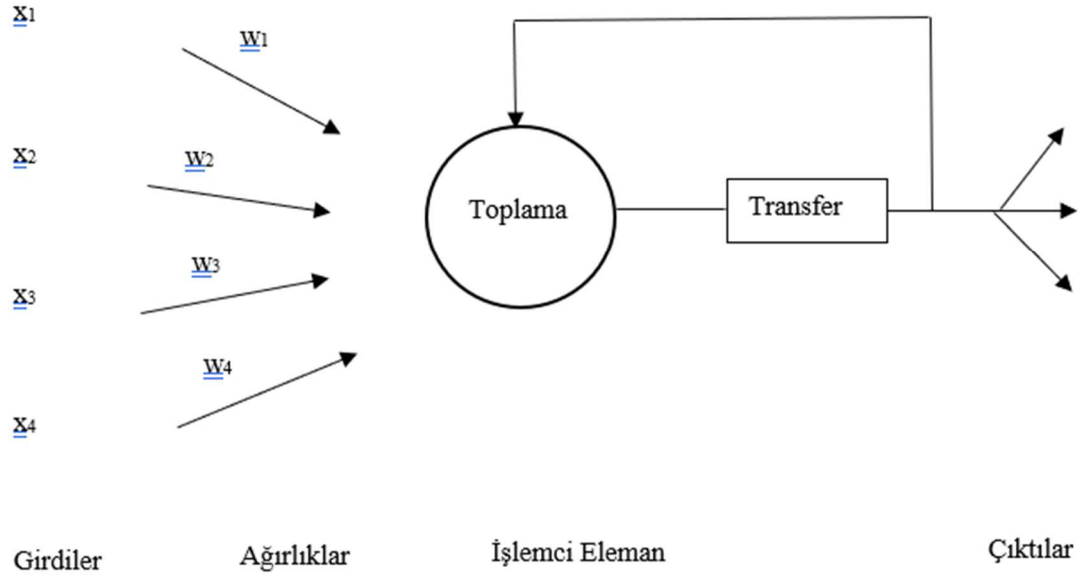
İnsan beyninin çalışması için gerekli olan en temel unsur biyolojik sinir ağlarıdır. İnsan beyninin karmaşık ve kendine özgü yapısı içerisinde bu sinir ağları yoğun ve birbirleriyle bağlantılı bir yapıdadır. İnsan beyni de bu yapı dikkate alınarak oluşturulmuştur. YSA’larda bulunan yapay nöronlar biyolojik nöronlara kıyasla basit bir yapıda bulunmalarına rağmen oldukça tutarlıdır (Doğan, 2019:39). Bu nedenle YSA’ların

çalışma prensiplerini kurmak için biyolojik nöronların yapısının ve davranışlarının anlaşılması önemlidir (Çakır, 2020:44). Yapay sinir ağı, biyolojik sinir ağını taklit ederek matematiksel modelini oluşturan bir algoritmadır. Biyolojik bir sinir ağında olduğu gibi YSA'lar da Şekil 2'de görüldüğü üzere hücreli bir yapıya sahiptir (Doğan, 2019:40).



Şekil 2. Biyolojik bir yapay sinir hücresi (Öztemel, 2006)

Biyolojik bir sinir hücresi sinapsler, soma, akson ve dentritlerden meydana gelmektedir (Öztemel, 2006:47). Biyolojik sinir hücresi veriyi aldığı anda hücreler arası bağlantıların gerçekleştiği sinapslerden gelen veriler akson aracılığıyla somaya gider. Somada bilgi işlenip değerlendirilir ve ardından dentritlere gönderilir. İşlenen ve değerlendirilen veri ardından tekrar dentritlerden sinapslere gönderilir ve sinapsler de bu verilerin bellekte tutulmasını sağlar. Gerçekleşen bütün bu işlemler için oldukça az bir süre harcanır (Çakır, 2020:44).



Şekil 3. Yapay Sinir Ağının Yapısı (Karakaş, 2020)

Şekil 3'te gösterildiği gibi yapay sinir ağı yapısı girdiler, ağırlıklar, işlemci elemanlardan ve çıktılardan oluşmaktadır. Girdi katmanında var olan değişkenlerin etkisi ağırlık olarak ifade edilmekte olup ağırlıklar değişkenlerin hücre üzerindeki önemini ve etkisini göstermektedir. Ağırlık değerlerini büyük ya da küçük olması önemsiz kabul edilirken bu değerlerin negatif veya pozitif olması değişkenlerin üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etkiyi ifade etmektedir (Çakır, 2020:46).

Tablo 2

Biyolojik sinir sistemine ait elemanlar ve YSA'daki karşılığı

Biyolojik Sinir Sistemi	Yapay Sinir Ağı
Uyarılar	Girdiler
Sinapsler	Ağırlıklar
Dentritler	Toplama Fonksiyonu
Akson	Aktivasyon Fonksiyonu
Tepkiler	Çıktılar

Kaynak: Karakaş, 2020

Biyolojik sinir sisteminde her bölüm yapay sinir ağında bir karşılık bulmaktadır (Karakaş, 2020:16). Tablo 2’de biyolojik sinir hücresinin YSA’lardaki karşılıkları gösterilmektedir.

2.2. Yapay Sinir Ağının Elemanları

Yapay bir sinir hücresi girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktıları olmak üzere 5 temel elemandan oluşmaktadır (Öztemel, 2006:48).

1. Girdiler: Yapay sinir ağına dış dünyadan gelen bilgiler olarak ifade edilmektedir (Dam, 2021:39).
2. Ağırlıklar: Gelen bilginin sinir hücresi üzerindeki etkisini ve önemini ifade etmektedir (Doğan, 2019:41).
3. Toplama Fonksiyonu: Bu fonksiyonda hücreye gelen girdiler hesaplanmaktadır ve çeşitli fonksiyonlar kullanılmaktadır (Öztemel, 2006:49).
4. Aktivasyon Fonksiyonu: Toplama fonksiyonunda hesaplanan girdileri işleyerek hücrenin vereceği çıktı hesaplanmaktadır (Öztemel, 2006:49).
5. Çıktı: Bu aşamada üretilen sonuç dışarıya aktarılmaktadır (Karakaş, 2020:17).

2.3. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Yapay sinir ağları yeteneklerini doğrusal olmamasından, hızlı bir şekilde öğrenebilmesinden, genelleme yapabilmesinden, uyarlanabilir olmasından, hata toleransının bulunmasından, paralel işlem yapabilmesinden ve dereceli olarak bozulmasından almaktadır (Şimşek Can, 2021:34). Bu özellikleri nedeniyle mühendislik, tıp, finans ve işletme gibi alanlarda fayda sağlamaktadır (Çakır, 2020:49).

Öğrenme: YSA’larda öğrenme, girdi ve çıktı ilişkisindeki en temel unsur olan doğru ağırlıklara ulaşılmasıyla gerçekleşmektedir. (Şimşek Can, 2021:35). YSA’nın bir problemi öğrenmesi için giriş ve çıkış verilerinin elde edilmesi gerekmektedir. Giriş ve çıkış verileriyle tanımlanmış öğrenme kümesi de yeterli sayıda örnek içermelidir (Kaya vd., 2005:94).

Paralellik: Doğrusal yapılarda girdilerden bir tanesi değiştiğinde çıktı da paralel olarak değişmektedir. YSA’lar tüm bir ağ boyunca doğrusal olmamaları nedeniyle doğrusal olmayan karmaşık olayların çözümünde yardımcı olabilmektedir (Doğan, 2019:38).

Hata Toleransı: YSA'lar eksik bilgi ile çalışabilmeleri sayesinde hatalara karşı tolerans etme yeteneğine sahip olmalarını sağlamaktadır. Ağda herhangi bir hücre çalışamaz duruma gelse dahi ağın geri kalan kısmı çalışmaya devam etmektedir (Öztemel, 2006:33).

Dereceli Bozulma: YSA'ların yapısında gerçekleşen herhangi bir bozulma tüm ağın yapısını ve fonksiyonlarını bozmaz. Hata toleransı nedeniyle bozulma dereceli bir şekilde gerçekleşmektedir (Çakır, 2020:49).

Genelleme: YSA'lar öğrendikleri durum süreç ve problemlerden yola çıkarak daha önce görmediği ve öğrenmediği durum, süreç ve problemler hakkında uygun çözüm üretebilmektedirler (Doğan, 2019:38).

Bilginin Saklanması: YSA, belleğindeki bilgiyi saklama özelliğine sahiptir. Diğer programlarda veriler programın veri tabanına veya içine gömülüyken YSA'larda veriler bağlantıların üzerinde saklanmaktadır ve istenildiği takdirde ortaya çıkarılması ve yorumlanması kolaydır (Öztemel, 2006:31).

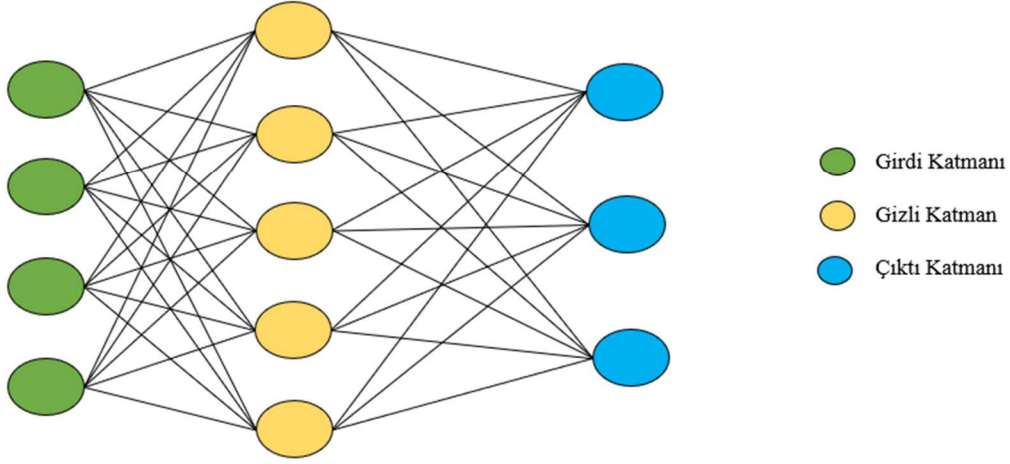
Uyarlanabilme: Eğitilen bir YSA'nın ağırlıkları değiştirilerek tekrar eğitilir ve böylece yeni problemlere göre yeni sonuçlar üretilebilmektedir. (Şimşek Can, 2021:35). YSA bu yeteneği ile yeni problemlere uyarlanabilmektedir.

Yapay sinir ağları tüm bu özelliklerine rağmen donanıma bağımlı çalışmaları, uygun ağ yapısının belirlenmesinin deneme yanılma yolu ile yapılması, her problem için ayrı faktörleri baz almayı gerektirmesi ve sadece nümerik bilgilerle çalışması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Tüm bu dezavantajların haricinde problemin çözümüne ulaşılabilmesi için ağların dikkatli ve özenli bir şekilde oluşturulması gerekmektedir (Öztemel, 2006:35).

2.4. Yapay Sinir Ağı Katmanları ve Bileşenleri

Yapay sinir ağları çok sayıda yapay nöronların bir araya gelmesiyle oluşup bu durum gelişigüzel bir şekilde gerçekleşmemektedir (Dam, 2021:41). Yapay sinir ağları girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere 3 katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlardaki yapay nöronlar birbirlerine paralel olarak bağlıdırlar (Karakaş, 2020:17). Bazı sinir ağlarında bir adet gizli katman bulunmaktadır. Basit katmanlı yapay sinir ağı Şekil 4'te gösterilmektedir.

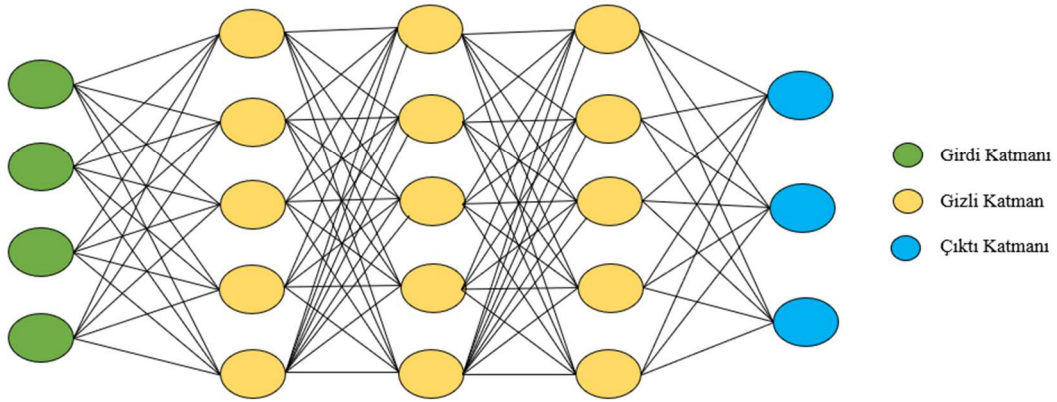
Basit Bir Yapay Sinir Ağı



Şekil 4. Basit Katmanlı Yapay Sinir Ağı (Dam, 2021)

Basit katmanlı bir yapay sinir ağında bir tane gizli katman bulunurken çok katmanlı bir yapay sinir ağında birçok gizli katman bulunabilmektedir. Şekil 5'te çok katmanlı yapay sinir ağı gösterilmektedir.

Çok Katmanlı Bir Yapay Sinir Ağı



Şekil 5. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı (Dam, 2021)

Girdi katmanı (Input Layer): Dış dünyadan gelen bilgilerin modele giriş yaptığı ilk katmandır (Gültekin, 2020:24). Gizli katmandaki işlem elemanları dış dünyadan bilgileri alarak gizli katmanlara aktarmaktadırlar (Öztemel, 2006:52).

Gizli katman (Hidden Layer): Gizli katmanda girdilere karşılık çıktıları üreten ve matematiksel işlemlerin gerçekleştiği katmandır. YSA'larda birden fazla gizli katman bulunabilmektedir (Karakas, 2020:17). Gizli katman, aldığı bilgilerin nasıl işlendiğine dair ağı eğiten kişiye hiçbir bilgi vermemesi nedeniyle mühendislik alanında bu katmana kara kutu benzetmesi yapılmaktadır (Çakır, 2020:48).

Çıktı Katmanı (Output Layer): Çıktı katmanı ağı içerisinde gelen bilgileri dış dünyaya aktarmaktadır. Bu katman, gizli katmandan gelen bilgileri işlemekte ve bir aktivasyon fonksiyonu ile çıktı üretmektedir (Dam, 2021:42).

2.5. Yapay Sinir Ağı'nın Öğrenmesi

Yapay sinir ağı'nın eğitilmesi, işlem elemanlarının bağlantılarının ağırlık değerlerinin belirlenmesi olarak ifade edilmektedir. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rastgele atanmaktadır (Öztemel, 2006:55). Ağa, örnekler tanıtılmaya devam ettiği sürece, ağı atanmış bu ağırlık değerlerini değiştirmektedir. Ağı öğrenmesinin amacı, doğru ağırlık değerlerinin bulunmasıdır. Böylelikle sonraki problemler hakkında bilgi sahibi olarak genelleme yapma yeteneğini kazanacaktır (Karakas, 2020:24).

Ağı eğitilmesinin ardından ağı öğrenip öğrenmediğinin anlaşılması için yapılan testler, ağı test edilmesi olarak ifade edilmektedir. Test aşamasında ağırlık değerleri değiştirilmeden ağı daha önce karşılaşmadığı örnekler ağı gösterilerek ağı çıktılarını almaktadır. Elde edilen çıktılarının doğruluk değerleri ağı öğrenmesi hakkında bilgi vermektedir (Öztemel, 2006:55)

Yapay sinir ağlarının çalışması esnasında kullanılan veriler eğitim verisi ve test verisi olarak iki bölüme ayrılmaktadır. Eğitim verisi ile öğrenme süreci geliştirilirken test verisi ile de öğrenme başarısı test edilmektedir (Karakas, 2020:25).

Yapay sinir ağlarında öğrenme danışmanlı öğrenme ve danışmansız öğrenme olarak iki şekilde gerçekleşmektedir (Kaya vd., 2005:95). Danışmanlı öğrenme yönteminde, ağı eğitilmesinde öğrenme dışarıdan bir öğretici tarafından müdahale edilmesiyle gerçekleşirken danışmansız öğrenme yönteminde ise dışarıdan herhangi bir müdahale gerçekleşmez (Doğan, 2019:48). Danışmanlı öğrenme yönteminde dışarıdan bir öğretici ağırlık hatalarını azaltmak amacıyla ağı ağırlık değerlerini kendisi değiştirmekte ve değerlendirmektedir. İstenilen sonuç elde edilene kadar değerler değerlendirilmeye devam edilmekte olup öğrenme tamamlandığında son ağırlık değerleri ağı belleğine kaydedilerek sonraki

problemler için kullanılmak üzere saklanmaktadır (Çakır, 2020:53). Danışmansız öğrenme yönteminde ise ağa yalnızca girdiler verilmektedir. Ağ, ağırlık değerlerini öğretici olmadan kendisi belirlemektedir (Kaya vd, 2005:95). Danışmansız öğrenme yönteminde çıktı değerleri tanımlanmaması nedeniyle ağ doğru çıktı değerlerini elde edene kadar ağırlık değerlerini belirlemeye devam eder. Öğrenme tamamlandıktan sonra çıktılar kullanıcı tarafından değerlendirilir (Doğan, 2019:48).

2.6. Literatür Taraması

Havayolu işletmelerinin havayolu operasyonlarını planlama aşamasının ikinci basamağında karşılaştığı en önemli problem filo atama problemidir. Bu aşamada en doğru ve en etkili çözümün sağlanması ilerleyen planlama süreci problemlerinin de sorunsuz bir şekilde ilerlemesine yardımcı olacaktır. Bu nedenle filo atama probleminin girdileri olan filo yapıları ve değişkenler havayolu işletmeleri büyük için önem arz etmektedir. Filo atama probleminin çözümünün gerçekleşmesi havayolu işletmelerinin karlarını artıran bir unsur olduğuna inanıldığı için bu konuda çok sayıda bilimsel araştırma yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalar giderek geliştirilmiş ve daha etkin hale getirilmeye çalışılmıştır (Akman Tokgöz, 2008:43). Literatürde yer alan bu çalışmalardan bazıları hakkında tarihsel sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Marsten (1980), yaptığı çalışmada hizmet ağının tasarımını ve uçak filosunun seçimini ve dağıtımını ele almıştır. Çalışma, yolcu rotaları ve programları tarafından kısıtlanmayan, saf bir kargo hizmetini (Flying Tiger) varsaymaktadır. Marsten'in modeli örümcek grafiği kavramını kullanır ve ağ tek bir örümcek grafiğinden ve daha karmaşık birkaç birbirine bağlı örümcek grafiğinden oluştuğunda yakıt kısıtlaması, talep kısıtlaması ve kapasite kısıtlamaları ile karı en üst düzeye çıkarmak için karma tamsayılı programlama modelini sunmaktadır.

Abara (1989), yaptığı çalışmada filo atama problemini, iki veya daha fazla filonun aynı anda bir uçuş planına atanmasına izin veren bir tamsayılı programlama ile modellemiştir. Çalışma, American Havayolları üzerinde gerçekleştirilerek iki veya daha fazla filo tipinin eşleşmesine imkân vermiştir. Bu çalışma American Decision Technologies tarafından geliştirilmiştir ve gelecekteki çalışmalar için de öncü olmuştur.

Hane vd. (1995), yaptıkları çalışmada Delta Airlines'a ait verileri ele alarak karma tamsayılı programlama kullanmış ve günlük filo atama problemi için çözüm aramışlardır.

Modellemede uzay-zaman ağı gösterimini kullanmışlardır. Problem 11 filo tipi ile 150 şehre hizmet veren yaklaşık 2500 uçuşu içermektedir. Bu çalışma ile maliyetlerini minimize etmeyi amaçlamışlardır.

Nijkamp vd. (1996), yaptıkları çalışmada, yeni bir teknolojik yenilik olan yeni Yüksek Hızlı Tren'in tanıtımıyla ilgili olarak İtalya'daki demiryolu ve karayolu ulaşım modları arasındaki mod ayrımını incelemiştir. Sonuçlar, benimsenen iki modelin, metodolojik olarak farklı olmasına rağmen, çalışılan fenomenin makul bir mekansal tahmin sağlayabildiğini göstermiştir. Özellikle, sinir ağı modelinin, uygulamasının doğasında kritik sorunlar olmasına rağmen iyi bir performansa sahip olduğu ortaya koymuştur.

Zhang vd. (1996), yaptıkları çalışmayla geri yayılım sinir ağları tabanlı bir ürün maliyet tahminleme modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmayla sinir ağının maliyet tahminlemeye nasıl uygulanabileceğini ele almışlardır. Çalışma sonucu sinir ağının, ürün maliyet tahminlemesini desteklediğini ve doğrusal regresyon modelinden daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

Desaulniers vd. (1997), heterojen bir filonun uçaklarından elde edilen beklenen karı maksimize eden günlük çizelgelerin belirlenmesinden oluşan günlük uçak rotalama ve çizelgeleme problemini ve alt problemlere dayatılan kalkış zaman pencereleriyle birlikte kullanılan şube ve fiyat şemalarını ele almıştır. Bu çalışmada iki matematiksel model önerilmiştir. İlki, küme bölümlene problemine dayanmaktadır. İkincisi ise zaman kısıtlanmalı çok mallı ağ akış formülasyonudur.

Killborn (2000), yaptığı çalışmada kuyruk atama problemini ele almaktadır. Kuyruk atama problemini kısıtlama programlama ile çözmek için bir yol önermiştir. Model ile 17 uçağı bulunan bir filonun 3000'in üzerinde uçuşa atanması ile ilgilenen aylık çizelgeleme problemini IBM ILOG Server kullanarak 1 dakikadan daha kısa bir sürede elde etmiştir. Çözüm sonucu optimallik sunmasa da optimizasyon problemleri için başlangıç kabul edilmektedir.

Barnhart vd. (2002), yaptıkları çalışmada havayolu filo atamasını ele alırken karı maksimize etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada Amerika Birleşik Devletler Havayollarından alınan veriler kullanılarak uçuş bacaklarına uçak tiplerini atayarak filo atama problem için yeni bir formül ve çözüm yaklaşımı sunmuşlardır.

Tokgöz (2008), yaptığı çalışmada filo atama problemini ele almıştır. Filo atama problemi için havayollarında yaygın olarak kullanılan bir model kullanmıştır. Bu modeli ele alırken özel bir havayolu firmasının verilerini incelemiş olup problem çözümü için Lingo 8.0 optimizasyon yazılımını kullanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuç ile havayolu firmasının uygulamaları arasında tutarlılık görülmüştür.

Akay (2009), yaptığı çalışmada bir günlük uçuşa ait filo atama problemini örnek bir model üzerinden dört farklı yöntemle çözmeye çalışmıştır. Problem çözümünde MATLAB programı kullanmıştır. Modelde Türkiye'deki özel bir havayolu şirketinin verileri ile 4 adet filo tipi ve 1 merkez şehir olmak üzere toplamda 12 şehre ait 38 adet uçuş bulunmaktadır. Çalışma sonucunda çözüme en yakın yöntem dal ve sınır algoritması ile bulunmuştur.

Deng ve Yeh (2009), yaptıkları çalışmada uçak kanat kutusu yapısal tasarımına yönelik maliyet tahmin modeli oluşturmayı amaçlamışlardır. Bunu yaparken destek vektör regresyonu ve geriye yayımlı sinir ağı yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda her iki yöntemin de uçak gövdesi yapısal tasarım maliyet tahmin modeli geliştirme üzerinde uygulanabilir olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ruther (2010), çalışmasında uçak rotalama, ekip eşleme ve kuyruk atama problemini ele almıştır. Ruther, gerçek hayattaki bir havayolu firmasının 12 günlük uçuşları dikkate almıştır ve problem Rolling-Horizon optimizasyonu ile çözülmüştür. Çalışma sonucunda uçak rotalama, ekip eşleştirme ve kuyruk atama operasyonlarını entegre hale getirilmiştir.

Attarzadeh ve Ow (2010), yaptıkları çalışmada doğru yazılım maliyet tahmini modellerini kullanarak etkili maliyet tahmini izlemi ve kontrolü için bir model araştırmışlardır. Çalışmada COCOMO II ve sinir ağına dayalı algoritmalar kullanmış ve olumlu sonuçlar elde etmişlerdir.

Sarsenov (2011), yaptığı çalışmada bir günlük uçuşa ait filo atama problemini çözerken Türk Hava Yolları'na ait verileri kullanmıştır. Problem çözümünde LINDO optimizasyon programı kullanmıştır. Modelde THY'ye ait adet filo tipi ile 116 adet uçak ve İstanbul merkez şehir olmak üzere toplamda 14 şehre ait 144 adet uçuş bulunmaktadır. Çalışma sonucunda maliyet minimize edilerek optimal bir çözüme ulaşılmıştır.

Salam vd (2012), yaptıkları çalışmada sinir ağlarının parametrik olmayan özelliğini kullanarak uçak alt montaj maliyet tahmini için uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Araştırmada genetik algoritma ve yapay sinir ağından faydalanmışlardır. Araştırma

sonuçları yapay sinir ağlarının birbirlerine ve diğer modellere kıyasla ne yönde bir performans sergilediğinin anlaşılması amacıyla diğer algoritmaların da test edilmesi gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Özener vd. (2016), yaptıkları çalışmada bir Avrupa Havayolunun entegre filo ataması ve ekip eşleştirme problemini ele almışlardır. Bunu gerçekleştirirken uçak yönlendirme probleminin uçak bakım kısıtlarını göz ardı etmişlerdir. Büyük ölçekli entegre filo ataması ve ekip eşleştirme problemini çözmek amacıyla çalışmalarına 27.000 uçuş ayağı, 2 uçuş ailesi (Airbus 320 ve Boeing 737) ve 100'ün üzerinde uçağı ve havaalanını dahil etmişlerdir. Çalışmalarında filo atama problemi için karı maksimize etmeyi, mürettebat eşleştirme problemi için atama maliyetlerini minimize etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda ekip eşleme problemi (CPP) aşamasında önemli maliyet tasarrufu sağlayan çözümler elde edildiği ve geleneksel yaklaşıma kıyasla toplam karın iyileştirildiği ortaya konulmuştur.

Jamili (2017), yaptığı çalışmada ilk olarak filo atama problemini göz önünde bulundurarak, entegre uçak rotalama ve çizelgeleme için yeni bir karma tamsayılı matematiksel model önermiştir. Daha sonraki adımda ise büyük ölçekli problemler için rasyonel sürede en optimal çözümü bulmak için Simüle Edilmiş Tavlama yöntemine dayalı bir buluşsal algoritma sunmuştur.

Kenan vd. (2017), yaptıkları çalışmada entegre uçuş çizelgeleme ve filo atama problemini ele alarak iki aşamalı stokastik bir programlama modeli geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelde talep ve ücretlerdeki belirsizlikleri göz önüne alarak her bir tarifeli uçuş ayağına hangi filo tipinin atanacağını gösteren çözümler sağlamışlardır. Modelde kullanılan ilgili verileri büyük bir uluslararası havayolundan elde ederek gerçek yaşamda test etmişlerdir. Çalışma sonuçları entegre uçuş planlaması ve filo ataması için optimuma yakın bir çözümün elde edilebileceğini göstermiştir.

Yang vd. (2017), yaptıkları çalışmada filo atama problemini çözmek amacıyla Map Reduce tabanlı bir karınca kolonisi optimizasyonu algoritması kullanmışlardır. Geleneksel karınca kolonisi algoritmasına dayalı olarak feromon seçme ve güncelleme mekanizmaları geliştirilmiş olup farklı MapReduce işleme modlarını içeren iki algoritma önermişlerdir. Çalışma sonucunda ilk algoritmanın yalnızca büyük ölçekli problemi çözmekle kalmayıp aynı zamanda uygun çözüm ve algoritmanın kalitesini iyileştirdiği ve ikinci algoritmanın ise ilkinde kıyasla hesaplama süresi açısından daha verimli olduğu ortaya konulmuştur.

Anzoom & Hasin (2018), yaptıkları çalışmada Bangladeş hava lojistiğinin filo atama problemini ele almışlardır. Çalışmada karınca kolonisi optimizasyon yöntemini kullanarak en uygun filo atamasına odaklanmışlardır. Çalışmaları sonucunda, operasyonel maliyetlerin azalmasını ve gelirlerin artmasını sağlayarak karı maksimize etmeyi başarmışlardır.

Liu vd. (2019), yaptıkları çalışmada riskten kaçınma ile stokastik havayolu filo atama problemini ele alarak belirli bir riskten kaçınma düzeyinde beklenen karı maksimize etmeyi amaçlamışlardır. Sorunu çözmek için iki aşamalı stokastik karışık tamsayılı programlama modeli önermişlerdir. İlk aşamada filo tiplerinin uçuş bacaklarına atanması ile ilgilenirken ikinci aşamada, ilk aşamada yapılan atama planını geliştirerek uçak tiplerinin uçuş bacaklarına verimli bir şekilde atanması için operasyonel kararlar geliştirmişlerdir. Ardından riskten kaçınmayı dikkate alarak örnek bir ortalama yaklaşım algoritması önermişlerdir. Önerilen bu algoritmalar uluslararası bir havayolu için sayısal olarak test edilmiştir. Çalışma sonucunda pratikte çözümlerin sağlamlığı ve karar vericilerin risk tercihi dikkate alındığında, riskten kaçınan modelin riskten bağımsız modelden daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir.

Komijan vd. (2019), yaptıkları çalışmada filo atama ve ekip çizelgeleme problemlerini entegre etmek için yeni bir model sunmuşlardır. Bu soruna uygun bir çözüm bulmak için bir Titreşim Sönümlenme Optimizasyonu (VDO) algoritması önermişlerdir. Önerilen VDO algoritmasının performansını değerlendirmek için tasarlanan dört test problemi önerilen VDO algoritması kullanılarak çözülmüş ve elde edilen sonuçlar optimal çözüm ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritmasından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, VDO ve PSO algoritmalarıyla gerçekleştirilen optimal bir çözümle ortalama olarak %1,62 ve %2,95 boşluklara sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, VDO algoritmasının, PSO algoritmasına kıyasla, daha kısa sürede %6,71 daha iyi bir çözüm sağlayabileceğini ortaya koymuştur.

Kiarashrad vd. (2020), yaptıkları çalışmada rekabetçi bir pazar ağında filo ataması, havayolu planlaması ve bilet fiyatlandırması için entegre bir model sunmaktadır. Modelde, karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama kullanılmış olup modeli çözmek için bir Tabu Search metasezgisel yöntemi önerilmiştir. Sonuçlar, havalimanı baskınlığı, rota baskınlığı, zaman baskınlığı ve bayrak taşıyıcı baskınlığının, piyasadaki ortalama bilet fiyatı üzerinde etkili olduğunu ve modelin, fiyatlandırma gücünü ve havayolu kârını artırmak için mücadeleler için en iyi zamanı ve rotaları bulduğunu ortaya koymuştur.

Orbak & Orbak (2020), çalışmalarında filo atama ve ekip atama olmak üzere iki problemi simülasyon aracılığıyla incelemişlerdir. Bir havayolu firmasına ait verileri kullanarak Arena programı ile simülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında yalnızca aktarmasız uçuşları dikkate alarak 3 şehir arasındaki uçuşları planlayarak bir model oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda iyileştirmeler yaparak mevcut uçuşlara 7 adet uçuş eklemişlerdir. Uçuş sayısının artışına paralel olarak havayolunun karının arttığı sonucuna ulaşılmıştır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE UYGULAMA

3.1. Araştırma Problemi

Havayolu taşımacılığında filo atama problemi havayolu operasyonlarının en önemli konusunu oluşturmaktadır. Ancak doğru uçağın doğru uçuşa atanamaması havayolu işletmeleri için oldukça büyük sorunlara yol açabilmektedir. Dolayısıyla bu araştırmanın problemi “bir havayolu işletmesi için doğru uçağın doğru uçuşa ataması nasıl yapılır?”, “yapılan bu atama sonucu havayolu işletmesinin karını hangi düzeyde yükseltecektir?” ve “atama esnasında geleneksel yöntemlere kıyasla kullanılan modelin ne gibi faydaları olmuştur?” şeklinde ifade edilebilir.

3.2. Araştırmanın Amacı

Araştırmada, R programlama dili kullanılarak THY örnek verileriyle havayolu filo atama problemine yapay sinir ağı ile uygun bir model oluşturulması, ardından oluşturulan bu modelin başarılı bir şekilde çalışması halinde tüm uçuşlara uygulanması ve daha sonra hangi uçuşa hangi filonun atanacağını gösteren optimal çözümün sunulması amaçlanmaktadır.

3.3. Araştırmanın Önemi

Havayolu operasyonlarının planlanması ve çizelgelenmesinde, filo atama problemi kilit noktada bulunmaktadır. Özellikle Türkiye başta olmak üzere Dünya çapında filo atama problemi üzerine birçok çalışma yapılmış olup günümüz şartlarına uyum sağlayabilecek niteliğe sahip olan çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu araştırma ile filo atama problemine yeni bir çözüm üretilmekte ve gelecekteki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3.4. Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırma verileri THY işletmesinin filosunda bulunan Airbus A319-100, A330-300, A321, A321NEO, A320-200 ile Boeing B737-800, B777-300ER ve B737-900ER yolcu uçaklarıyla, Türkiye'nin Adana, Gaziantep, İzmir, Antalya, Muğla, Ankara, Konya, Erzurum, Van ve Trabzon şehirleriyle ve yukarıda bahsedilen şehirlere 1 Mayıs 2021 tarihinde yapılan bir günlük uçuş seferleriyle sınırlıdır.

3.5. Verilerin Toplanması ve Analizi

Araştırmanın uygulama bölümü için gerekli bilgiler, Microsoft Team üzerinden sesli görüşme aracılığıyla THY Kargo Network Müdürü ile görüşme yöntemiyle ayrıca THY işletmesinin internet sitesinden elde edilmiştir. Araştırma için gerekli verilerin ticari bilgi olması nedeniyle çalışmada birebir gerçek bilgilerden ziyade temsili veriler ile birlikte açık adreslerden ulaşılabilen veriler kullanılmaktadır.

3.6. Modelin Uygulanması

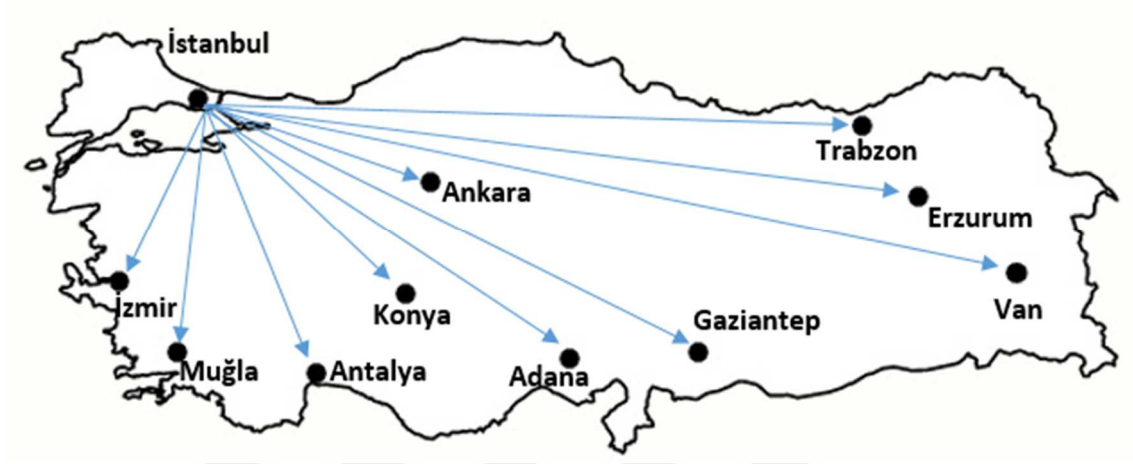
Filo atamadaki en büyük problem bir havaalanında ne zaman hangi tip uçakların bulunması gerektiğinin takibini yapma güçlüğüdür. Bu problem geleneksel olarak tam sayılı programlama ile çözülmektedir. Filo atama probleminin tam sayılı programlamada çözümü için literatürde kullanılan algoritmalarından bazıları şunlardır:

- Parçaçık Sürü Optimizasyonu Algoritması
- Benzetilmiş Tavlama Algoritması
- Sezgisel Algoritma
- Branch and Bound Algoritması
- Hibrit Sezgisel Algoritma
- Linear Programlama Algoritması
- Arı Kolonisi Algoritması
- Karınca Kolonisi Algoritması

Bu problemin çözümü 1995 yılında Hane vd. tarafından sunulan ve konuyla ilgili literatürdeki çalışmaların birçoğunun da baz aldığı zaman-uzay ağı gösterimi yardımı ile mümkündür. Bu çalışmada Hane vd. tarafından sunulan zaman-uzay ağı gösterimi kullanılmıştır. Hane vd. bir zaman-uzay ağ yapısı kullanarak filo ataması için büyük ölçekli bir tamsayı programı tasarlayan ilk araştırmacılar arasındadır. Bu yöntem, bağlantı karar değişkenlerinin kullanılmasından kaçındığı için filo atama probleminin formülasyonunda en yaygın kullanılan yaklaşım haline gelmiştir.

Bu çalışmada THY'nin 6 adet A319-100, 40 adet A330-300, 95 adet B737-800, 33 adet B777-300 ER, 66 adet A321, 25 adet A321NEO, 15 adet B737-900 ER ve 12 adet A320-800 olmak üzere 6 adet dar, 2 adet geniş gövdeli 8 adet filosu ve 280 adet uçağı kullanılmıştır. Merkez havaalanı olarak İstanbul seçilmiştir. THY'nin İstanbul ile

Türkiye’deki günlük Adana, Gaziantep, İzmir, Antalya, Muğla, Ankara, Konya, Erzurum, Van ve Trabzon şehirlerine yapılan uçuşlar ile çalışılacaktır. Havayolu uçuşları Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Örnek model için uçuş noktaları

Tablo 3’de örnek model için seçilmiş şehirlere, İstanbul merkezli olmak üzere bir gün içerisinde yapılan seferler gösterilmektedir.

Tablo 3

Seçilmiş şehirlere bir günde yapılan seferler

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ	MESAFE (km)
1	İSTANBUL	01:20	ADANA	02:45	714
2	İSTANBUL	01:20	GAZİANTEP	02:50	873
3	İSTANBUL	01:35	İZMİR	02:40	330
...

Belirtilen şehirlere yapılacak olan uçuşlar bir günlük seferleri içermekte ve uçuş sıralamasına göre Ek Tablo 3’te verilmektedir.

3.6.1. İşletme Masrafı

İşletme masrafı her uçuş için genellikle o uçuşa tayin edilen filonun özelliklerine bağlıdır. İşletme masrafı şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Bir uçuş için işletme masrafı} = \text{KKKM} * \text{Koltuk Sayısı} * \text{Mesafe}$$

Çalışmada kullanılan 8 filo vardır ve her filo için KKKM ve KKKG verileri Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4

Örnek modelde kullanılan 8 filo tipi için koltuk sayısı, KKKM ve KKKG Değerleri

FİLO	KKKM	KKKG	KOLTUK SAYISI
A319-100	0,06	0,08	132
A330-300	0,02	0,03	305
B737-800	0,04	0,05	189
B777-300 ER	0,02	0,02	400
A321	0,04	0,05	194
A321NEO	0,04	0,05	182
B737-900 ER	0,05	0,06	169
A320-200	0,05	0,06	159

Tablo 4'teki veriler kullanılarak sekiz adet filonun her bir uçuşu için işletme masrafları hesaplanmıştır. Şehirlerarası mesafe verileri THY'nın da kullandığı World Map-Map Chart'ın internet sitesinden elde edilmiştir. Her uçuşun işletme masrafı Ek Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5

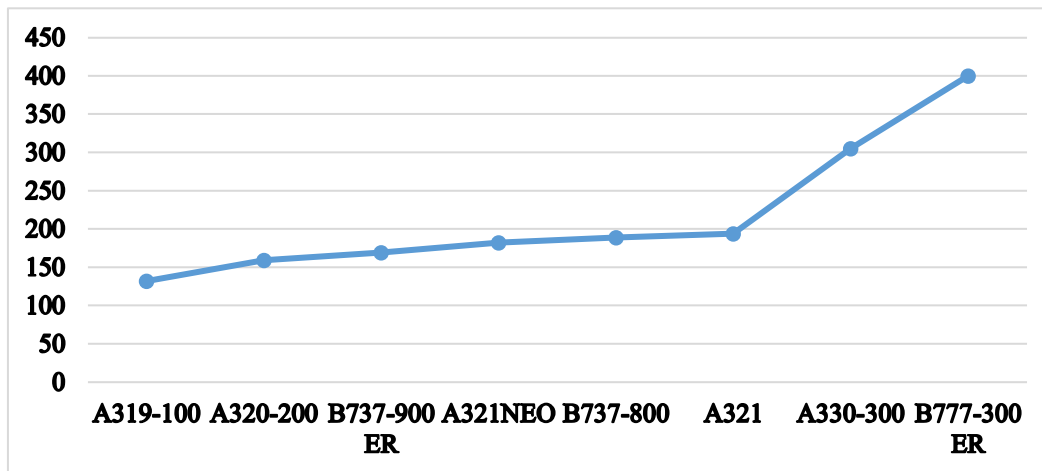
Her uçuşa ait işletme masrafı

UÇUŞ NO	A319-100	A330-300	B737-800	B777-300 ER	A321	A321NEO	B737-900 ER	A320-200
1	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
2	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
3	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
...

Çalışmada havayolu firmasının talep ve standart sapma değerlerine ulaşamadığından, bu değerler literatürdeki diğer çalışmalar dikkate alınarak varsayımsal olarak elde edilmiştir.

Üretilen veriler, kullandıkları şehirler göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Büyük şehirlerde talep yüksek olurken diğer şehirler için talep düşük tutulmuştur. Aynı şekilde talep ve standart sapma verileri oluşturulurken günün saat dilimleri de göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin; sabah veya akşam saatlerindeki uçuşlara talep yüksekken öğleden sonraki uçuşlara olan talep düşük tutulmuştur.

100 numaralı İzmir-İstanbul uçuşunda talep 165 ve standart sapma değeri 23 olarak alınmıştır. Bu uçuşun talep dağılımı Şekil 7’te gösterilmiştir.



Şekil 7. 100 numaralı İzmir- İstanbul uçuşu için talep dağılımı

Ek Tablo 6’da örnek model için belirlenen beklenen talep ve standart sapma değerleri gösterilmektedir. Beklenen talep ve standart sapma değerlerinin ticari bilgi olması nedeniyle bu değerler varsayımlar olarak belirlenmiştir.

Tablo 6

Örnek model için beklenen talep ve standart sapmaları.

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ	BEKLENEN TALEP	STANDART SAPMA
1	İSTANBUL	01:20	ADANA	02:45	221	31
2	İSTANBUL	01:20	GAZİANTEP	02:50	175	32
3	İSTANBUL	01:35	İZMİR	02:40	142	29
...

Beklenen talep ve standart sapma değerleri, şehirlerin büyük-küçük olmasına ve gece-gündüz saatlerine göre değişiklik göstermektedir.

3.6.2. Yolcu Kayıp Masrafı (YKM)

Filo atamada en önemli konu taleptir. Birçok alanda olduğu gibi havacılıkta da talep sürekli olarak değişkenlik gösterir. Bu değişkenliğe göre havayolu işletmeleri tahminleme yaparak uçuşlara uçak atamaktadırlar. Yüksek kapasiteli bir uçağı talebin az olduğu bir uçuşa atamak satılmamış koltukların yanı sıra yüksek bakım maliyetlerine, artan yakıt maliyetine ve daha fazla mürettebat maliyetine neden olduğu gibi düşük kapasiteli bir uçağı talebi yüksek olan bir uçuşa atamak da yolcu kaybıyla beraber gelir kaybına da neden olmaktadır (Belobaba, 2014:5).

Yolcu;

- Bir ücret sınıfında (boş koltukların bulunduğu fakat fiyatın yolcuya yüksek gelmesi durumunda),
- Bir kabin sınıfında (business classta boş koltuk olduğu halde yolcunun economy classta seyahat yapmak istemesi durumunda),

- Uçakta (koltukların tamamı dolu olması durumunda), uygun koltuk bulunamaması nedeniyle kaybedilebilir (Nergiz, 2012).

Bu durumda; yolcu kayıp masrafı uçağa binemeyen yolculardan elde edilecek gelir kaybı olarak tanımlanmaktadır. Yolcu kaybı talep dağılımından uçak koltuk kapasitesinin çıkarılması ile bulunmaktadır (Sarsenov, 2011:55). Yolcu kayıp sayısını hesaplamak için Microsoft Office Excel programı kullanılmıştır. Modeldeki 132 koltuklu A319-100 filosu için beklenen yolcu kaybı sayısı aşağıdaki Excel formülü ile hesaplanmaktadır:

Hücre A1’de:

=NORMTERS (S_SAYI_ÜRET ();221;31)

Hücre B1’de:

=EĞER(A2>132; A2-132;0) formülü yazılır.

A1 hücresinde örnek olarak 1 numaralı İstanbul-Adana uçuşuna ait talep ve standart sapma değerleri verilmiştir. B1 hücresi, A1 hücresindeki talebin 132 koltuğu aşır aşmadığını kontrol etmektedir. Talep 132’yi aşarsa B1 hücresinde belirtilen fark dikkate alınmaktadır. Eğer talep 132’yi aşmazsa yolcu kaybı “0” olarak dikkate alınmaktadır. Bu işlem her uçuş için 1000 defa tekrarlanmaktadır. Son olarak B sütununun ortalaması aşağıdaki gibi alınarak beklenen yolcu kaybı hesaplanmaktadır (Sarsenov, 2011:56).

Hücre B1001’de:

=ORTALAMA (B1:B1000)

Hücre A1, Hücre B1 ve Hücre B1001’de uygulanan bu yaklaşım her filoya ait tüm uçuşlar için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Toplam yolcu kayıp sayıları Ek Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 7

Yolcu kayıp sayısı

Uçuş No	A319-100 (132)	A330 -300 (305)	B737- 800 (189)	B777- 300ER (400)	A321 (194)	A321 NEO (182)	B737-900ER (169)	A320-200 (159)
1	88.7758	0.0125	34.3958	0	30.3554	39.7438	54.37152264	62.52129409
2	44.2431	0	6.88217	0	5.00543	9.86769	15.8033988	21.97393686
3	17.0394	0	0.65558	0	0.39381	1.22990	2.483260005	4.932712392
...

Yolcu kayıp sayısı elde edildikten sonra yolcu kayıp masrafı hesaplanmaktadır. Yolcu kayıp masrafı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$YKM = \text{Yolcu Kaybı Sayısı} * KKKG * \text{Mesafe}$$

Tablo 8

Tüm uçuşların yolcu kayıp masrafları

UÇUŞ NO	A319-100	A330-300	B737-800	B777-300 ER	A321	A321NEO	B737-900 ER	A320-200 YKM 0.05
1	5070.8759	0.2686710	1227.9336	0	866.95262	1135.0850	1941.063358	2232.0101
2	3089.9396	0	300.40707	0	174.78969	344.58007	689.8183576	959.16234
3	449.8403	0	10.817185	0	5.198379	16.23470	40.97379008	81.389754
...

Ek Tablo 8’de tüm uçuşlar için yolcu kayıp masrafları gösterilmektedir. A319-100 filosu için 1 numaralı uçuşun yolcu kayıp masrafı;

$$YKM = 88.77 * 0,08 * 714 \text{ şeklinde hesaplanmaktadır.}$$

3.6.3. Tekrar Alım Oranı

Tekrar alım oranı, kayıp olan yolcuların aynı havayolu firmasının diğer seferlerini kullanma oranını ifade etmektedir. Yolcu istediği uçuş için yer bulamazsa firma yolcusu için indirimli olarak diğer seferleri kullanmasını önermektedir. Yolcu bu teklifi kabul ettiği takdirde yolcu kaybedilmemiş olur. Büyük havayolu firmalarının gün içerisinde sefer sayısının yüksek olması tekrar alım oranlarının yüksek olduğunu gösterirken, küçük ölçekli havayolu firmalarının gün içindeki sefer sayısı düşük olduğu için tekrar alım oranları da düşüktür.

Çalışmada model için tekrar alım oranı %40 olarak belirlenmiştir. Böylelikle kayıp yolcuların %60'ı diğer havayolu firmalarını tercih etmiştir. Büyük ölçekli havayolu işletmeleri için tekrar alım oranı uçuşlarının sık gerçekleşmesinden dolayı yüksektir (Akay, 2009:42). Bu çalışmada Türk Havayolları firması için uçuşların sık gerçekleşmesi nedeniyle tekrar alım oranı %40 olarak alınmıştır. Tekrar alım oranı sonrasında yolcu kayıp masrafı Ek Tablo 9'da gösterilmektedir.

Tablo 9

Tekrar alım oranı uygulandıktan sonra hesaplanan yolcu kayıp masrafları

UÇUŞ NO	A319-100	A330-300	B737-800	B777-300 ER	A321	A321NEO	B737-900 ER	A320-200
1	3042.525	0.161	736.760	0	520.171	681.051	1164.638	1339.206
2	1853.963	0	180.244	0	104.873	206.748	413.891	575.497
3	269.904		6.490	0	3.119	9.740	24.584	48.833
...

Tekrar alım sonrası yolcu kayıp masrafı da hesaplandıktan sonra işletme masrafı ile birlikte toplandıktan sonra toplam uçuş maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\text{Uçuş Maliyeti} = \text{İşletme Masrafı} + \text{Yolcu Kayıp Masrafı}$$

Tablo 10

Tüm uçuşlar için hesaplanan toplam uçuş maliyetleri

UÇUŞ NO	A319-100	A330 -300	B737-800	B777-300 ER	A321	A321 NEO	B737-900 ER	A320 -200
1	8697	4355	6134	5712	6060	5878	7197	7015
2	8768	5325	6780	6984	6879	6562	7790	7515
3	2883	2013	2501	2640	2563	2412	2813	2672
...

Ek Tablo 10'da tüm uçuşlar için hesaplanan toplam uçuş maliyetleri gösterilmektedir.

3.7. Amaç ve Kısıt Fonksiyonu

Amaç fonksiyonunu kurmak amacıyla önce hangi filonun hangi uçağa atanacağını gösterecek karar değişkenleri belirlenmelidir.

Kümelere

H: havaalanı kümesi (h ile indislendi)

U: uçuş ayakları (u ile indislendi)

F: filo tipi (f ile indislendi)

T: tüm kalkış ve varış seti (t ile indislendi)

$I_{(f,h,t)}$: (f,h,t) noktasından gelen uçuş ayakları seti

$O_{(f,h,t)}$: (f,h,t) noktasından giden uçuş ayakları seti

Karar değişkenleri

$x_{i,f}$ Eğer $f \in F$ ise U uçuş ayağına atandıysa 1, diğer durumlarda 0

$y_{f,h,t}$ $h \in H$ havaalanında t zamanından önce yerde bulunan $f \in F$ tipi filodaki uçak sayısı

$y_{f,h,t}^0$ $h \in H$ havaalanında t zamanından sonra yerde bulunan $f \in F$ tipi filodaki uçak sayısı

İkili karar değişkeni $x_{i,f}$ için; i indisi uçuşları (model için 103 adet), f indisi filoları (model için 8 adet) temsil etmektedir. İndisler şu şekilde gösterilecektir:

- A319-100 için “1”
- A330-300 için “2”
- B737-800 için “3”
- B777-300 ER için “4”
- A321 için “5”
- A321NEO için “6”
- B737-900 ER için “7”
- A320-200 için “8”

Buna göre $x_{1,1}$ ikili karar değişkeni 1 numaralı uçuşa 1 indisli filonun atandığını göstermektedir. Filo atama modelinin amaç fonksiyonu, uçuşlara filo tipi atanırken toplam maliyetin minimizasyon problemi olarak ele alınmıştır. Aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

Min Z:

$$8697.405 x_{1,1} + 4355,561 x_{1,2} + 6134.600 x_{1,3} + 5712 x_{1,4} + 6060.811 x_{1,5} + 5878.971 x_{1,6} + 7197.938 x_{1,7} + 7015.506 x_{1,8} + \dots + 8048.700 x_{103,1} + 4355.4 x_{103,2} + 5822.784 x_{103,3} + 5712 x_{103,4} + 5830.515 x_{103,5} + 5629.421 x_{103,6} + 6784.782 x_{103,7} + 6613.747 x_{103,8}$$

Amaç fonksiyonunun matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{i \in U} \sum_{f \in F} c_{fi} x_{fi} \quad (1)$$

c_{fi} i inci uçuş ayağındaki f inci filonun atama maliyeti

x_{fi} i inci uçuş ayağına f inci filonun atanması

$$x_{fi} = \left\{ \begin{array}{ll} 1; & \text{eğer atandıysa} \\ 0; & \text{diğer durumlarda} \end{array} \right\}$$

İlk kısıt uçuş kapsama, ikinci kısıt uçuş denge ve üçüncü kısıt uçuş müsaitlik kısıtı olarak ifade edilmektedir.

3.7.1. Uçuş Kapsama Kısıtları

Hane vd. tarafından sunulan ilk kısıt uçuş kapsama kısıtlarıdır. Uçuş kapsama kısıtları, her uçuşun bir filo tarafından gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Akay, 2009:45).

Uçuş kapsama kısıtının matematiksel modeli aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{f \in F} x_{fi} = 1 \quad \forall i \in U \quad (2)$$

$$x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} + x_{1,5} + x_{1,6} + x_{1,7} + x_{1,8} = 1$$

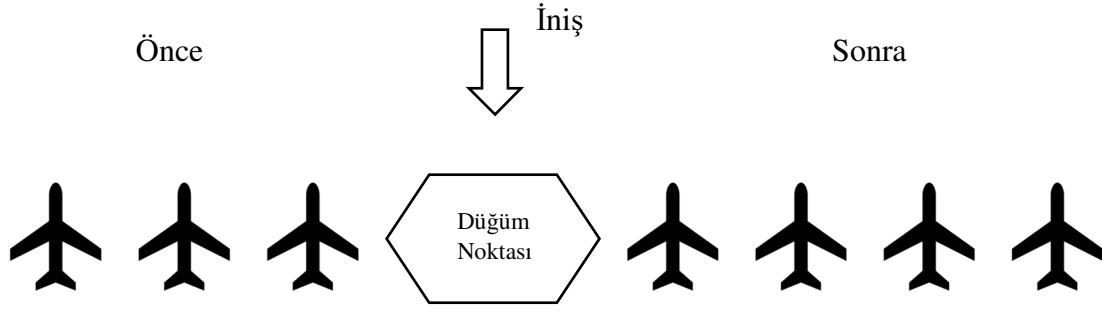
$$x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} + x_{2,5} + x_{2,6} + x_{2,7} + x_{2,8} = 1$$

$$x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} + x_{3,5} + x_{3,6} + x_{3,7} + x_{3,8} = 1$$

Örnek olarak ilk üç uçuş için uçuş kapsama kısıtları yukarıdaki gibidir.

3.7.2. Uçuş Denge Kısıtları

Denge kısıtları, uçakların zaman uzay çizelgesindeki hareketlerinin devamlılığını ve hangi uçağın hangi havalimanında ne zaman olacağını ve filoların zamanında olması gerektiği yerde bulunmasını sağlar (Akay, 2009:47). Denge kısıtları Şekil 8'ee gösterilmektedir.



Şekil 8. Düğüm noktası dengesi

Düğüm noktaları uçağın havaalanına iniş veya kalkışını göstermektedir. Şekil 8’de düğüm noktası bir inişi ifade etmektedir. İniş gerçekleşmeden önce havaalanında aynı tipte 3 uçak varken inişten sonra uçak sayısı 4’e çıkmıştır.

Düğüm noktasındaki uçak sayısı = 3 (düğüm noktasından önce havaalanında bulunan uçak sayısı) + 1 (bir iniş) - 0 (düğüm noktasında kalkış bulunmamaktadır) = 4

Uçuş denge kısıtının matematiksel modeli aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{f \in F} x_{f_i} + Y_{fht^+} - \sum_f x_{f_i} - Y_{fht^-} = 0 \quad (3)$$

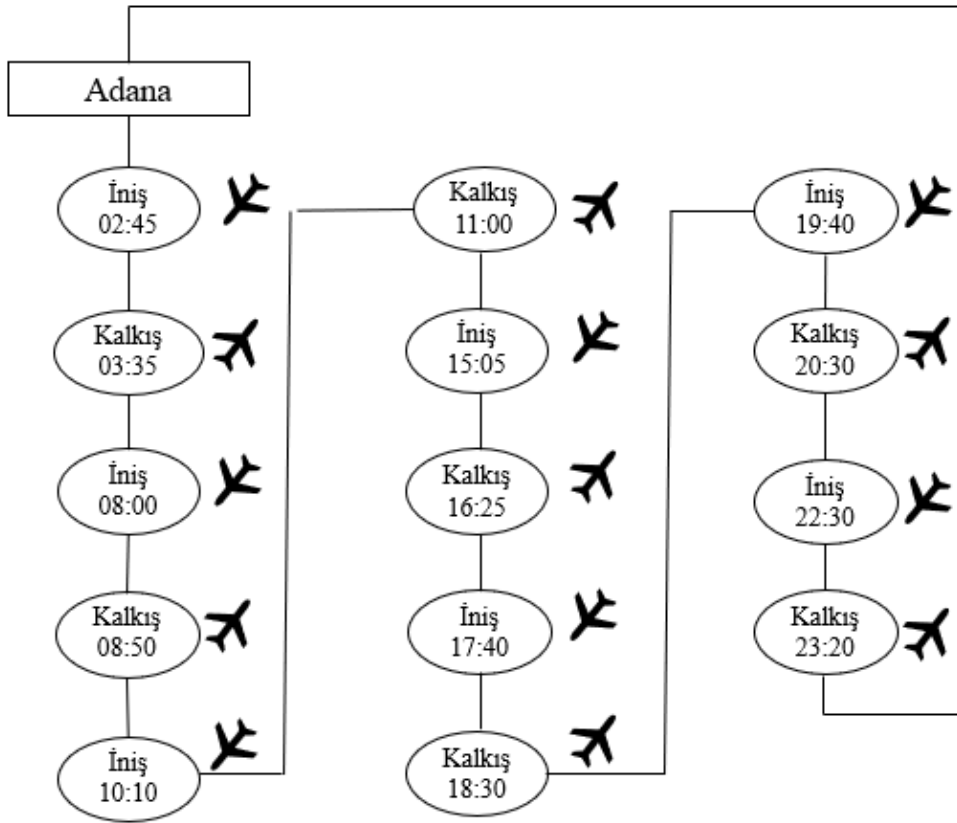
Çalışmadaki örnek filo atama modelinde kullanılan denge kısıtları her şehir için ayrı ayrı ele alınmıştır. Çalışmadaki örnek modelde 8 adet filo tipi bulunmaktadır. $g_{k,j}$ karar değişkeni her filo tipi için ayrı ayrı denge kısıt fonksiyonu yazmayı gerektirmektedir. Çalışmada kullanılan her filo tipi için denge kısıtları ayrı ayrı verilmektedir. Örnek olarak Adana düğümünün uçuşları Tablo 11’de gösterilmektedir.

Tablo 11

Adana düğümünün uçuşları

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
1	İSTANBUL	01:20	ADANA	02:45
10	ADANA	03:35	İSTANBUL	05:15
13	İSTANBUL	06:35	ADANA	08:00
27	İSTANBUL	08:50	ADANA	10:10
28	ADANA	08:50	İSTANBUL	10:25
39	ADANA	11:00	İSTANBUL	12:40
52	İSTANBUL	13:40	ADANA	15:05
64	İSTANBUL	16:15	ADANA	17:40
65	ADANA	16:25	İSTANBUL	18:00
74	İSTANBUL	18:15	ADANA	19:40
78	ADANA	18:30	İSTANBUL	20:05
90	ADANA	20:30	İSTANBUL	22:10
94	İSTANBUL	21:05	ADANA	22:30
103	ADANA	23:20	İSTANBUL	01:00

1 numaralı uçuşta uçak İstanbul'dan kalkıp Adana'ya, 10 numaralı uçuşta ise uçak Adana'dan kalkarak İstanbul'a varacaktır. Gün sonunda ise 103 numaralı uçuşta uçak Adana'dan tekrar İstanbul'a dönecektir. Modelde yer alan diğer şehirlere ait düğüm uçuşları ve zaman uzay ağı şemaları Ekler bölümünde verilmektedir.



Şekil 9. Adana uçuşu için zaman uzay ağı

Kurulan örnek model için denge kısıtları modelde yer alan her şehir için ayrı olarak şekillendirilmiştir. Şekil 9'da Adana için zaman uzay ağı gösterilmektedir.

3.7.3. Uçuş Müsaitlik Kısıtları

Uçuş müsaitlik kısıtı, toplamda kullanılan uçak sayısının filoda müsait olan uçak sayısını geçmemesini sağlamakla birlikte kısıtı ifade edebilmek için her havaalanında her filo tipinden kaç uçağın yerde kaldığını göstermektedir (Akay, 2009:61).

Zaman uzay ağında ilk filo için toplamda bulunan uçak sayısı aşağıdaki gibidir:

$$\sum \text{uçak}_{f1} = G_{is103,1} + G_{ad14,1} + G_{ga10,1} + G_{iz14,1} + G_{ant17,1} + G_{mu8,1} + G_{ank16,1} + G_{ko7,1} + G_{er4,1} + G_{va4,1} + G_{tr9,1}$$

Uçak_{f1} birinci filo için gece yerde bulunan uçak sayısını gösterirken G değişkenleri sırasıyla İstanbul, Adana, Gaziantep, İzmir, Antalya, Muğla, Ankara, Konya, Erzurum, Van

ve Trabzon havaalanlarında gece yerde bulunan uçak sayılarını göstermektedir. İstanbul için gün içerisinde 103 uçuş bulunduğu için son düğüm noktası $G_{is103,1}$ olarak ifade edilmektedir. Modele dahil olan her filo için gece yerde bulunan uçak sayısı aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\sum \text{uçak}_{f2} = G_{is103,2} + G_{ad14,2} + G_{ga10,2} + G_{iz14,2} + G_{ant17,2} + G_{mu8,2} + G_{ank16,2} + G_{ko7,2} + G_{er4,2} + G_{va4,2} + G_{tr9,2}$$

$$\sum \text{uçak}_{f3} = G_{is103,3} + G_{ad14,3} + G_{ga10,3} + G_{iz14,3} + G_{ant17,3} + G_{mu8,3} + G_{ank16,3} + G_{ko7,3} + G_{er4,3} + G_{va4,3} + G_{tr9,3}$$

$$\sum \text{uçak}_{f4} = G_{is103,4} + G_{ad14,4} + G_{ga10,4} + G_{iz14,4} + G_{ant17,4} + G_{mu8,4} + G_{ank16,4} + G_{ko7,4} + G_{er4,4} + G_{va4,4} + G_{tr9,4}$$

$$\sum \text{uçak}_{f5} = G_{is103,5} + G_{ad14,5} + G_{ga10,5} + G_{iz14,5} + G_{ant17,5} + G_{mu8,5} + G_{ank16,5} + G_{ko7,5} + G_{er4,5} + G_{va4,5} + G_{tr9,5}$$

$$\sum \text{uçak}_{f6} = G_{is103,6} + G_{ad14,6} + G_{ga10,6} + G_{iz14,6} + G_{ant17,6} + G_{mu8,6} + G_{ank16,6} + G_{ko7,6} + G_{er4,6} + G_{va4,6} + G_{tr9,6}$$

$$\sum \text{uçak}_{f7} = G_{is103,7} + G_{ad14,7} + G_{ga10,7} + G_{iz14,7} + G_{ant17,7} + G_{mu8,7} + G_{ank16,7} + G_{ko7,7} + G_{er4,7} + G_{va4,7} + G_{tr9,7}$$

$$\sum \text{uçak}_{f8} = G_{is103,8} + G_{ad14,8} + G_{ga10,8} + G_{iz14,8} + G_{ant17,8} + G_{mu8,8} + G_{ank16,8} + G_{ko7,8} + G_{er4,8} + G_{va4,8} + G_{tr9,8}$$

Modelde A319-100 filosu için 6, A330-300 filosu için 40, B737-800 filosu için 95, B777-300ER filosu için 33, A321 filosu için 66, A321NEO filosu için 25, B737-900 ER filosu için 15 ve A320-800 filosu için 12 adet uçak bulunmaktadır. Modelde 8 adet filo bulunduğu için kısıt kümesinde 8 adet kısıt fonksiyonu bulunmaktadır.

Uçak müsaitlik kısıtları aşağıdaki gibidir:

$$G_{is103,1} + G_{ad14,1} + G_{ga10,1} + G_{iz14,1} + G_{ant17,1} + G_{mu8,1} + G_{ank16,1} + G_{ko7,1} + G_{er4,1} + G_{va4,1} + G_{tr9,1} \leq 6$$

$$G_{is103,2} + G_{ad14,2} + G_{ga10,2} + G_{iz14,2} + G_{ant17,2} + G_{mu8,2} + G_{ank16,2} + G_{ko7,2} + G_{er4,2} + G_{va4,2} + G_{tr9,2} \leq 40$$

$$G_{is103,3} + G_{ad14,3} + G_{ga10,3} + G_{iz14,3} + G_{ant17,3} + G_{mu8,3} + G_{ank16,3} + G_{ko7,3} + G_{er4,3} + G_{va4,3} + G_{tr9,3} \leq 95$$

$$G_{is103,4} + G_{ad14,4} + G_{ga10,4} + G_{iz14,4} + G_{ant17,4} + G_{mu8,4} + G_{ank16,4} + G_{ko7,4} + G_{er4,4} + G_{va4,4} + G_{tr9,4} \leq 33$$

$$G_{is103,5} + G_{ad14,5} + G_{ga10,5} + G_{iz14,5} + G_{ant17,5} + G_{mu8,5} + G_{ank16,5} + G_{ko7,5} + G_{er4,5} + G_{va4,5} + G_{tr9,5} \leq 66$$

$$G_{is103,6} + G_{ad14,6} + G_{ga10,6} + G_{iz14,6} + G_{ant17,6} + G_{mu8,6} + G_{ank16,6} + G_{ko7,6} + G_{er4,6} + G_{va4,6} + G_{tr9,6} \leq 25$$

$$G_{is103,7} + G_{ad14,7} + G_{ga10,7} + G_{iz14,7} + G_{ant17,7} + G_{mu8,7} + G_{ank16,7} + G_{ko7,7} + G_{er4,7} + G_{va4,7} + G_{tr9,7} \leq 15$$

$$G_{is103,8} + G_{ad14,8} + G_{ga10,8} + G_{iz14,8} + G_{ant17,8} + G_{mu8,8} + G_{ank16,8} + G_{ko7,8} + G_{er4,8} + G_{va4,8} + G_{tr9,8} \leq 12$$

Örnek modelde 8 adet filo bulunması nedeniyle bu kısıt kümesinde yalnızca 8 adet kısıt fonksiyonu bulunmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR, SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Bulgular

Araştırmanın dördüncü bölümünü oluşturan bulgular kısmında kullanılan yapay sinir ağı modeline, değişkenlere, kullanılan yazılım programına, programda kullanılan kütüphanelere ve sinir ağının hata matrisine yer verilmiştir. Araştırmada, Türk Hava Yolları'nın 1 Mayıs 2020 (Cuma) tarihli uçuşları kullanılmıştır. Bu modelde 8 filo tipi için 11 merkezli toplam 103 uçuş bulunmaktadır. 8 filo ve 103 uçuş ile oluşturulan bu problemde 20 yay bulunmaktadır.

Modelde:

- 824 değişken (8 filo x 103 uçuştan elde edilmiştir),
- Girdi katmanında 6 adet girdi,
- Gizli katmanda 10 nöron,
- Çıktı katmanında 8 nöron,
- Toplamda 140 adet ağırlık ve
- 158 adet öğrenilen parametre bulunmaktadır.

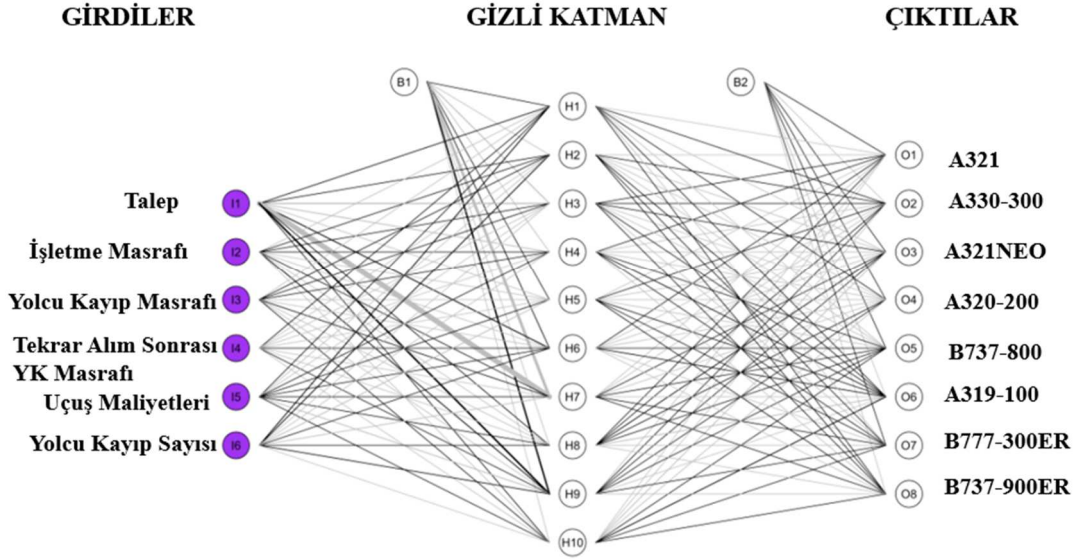
Örnek model 25 defa tekrarlanarak elde edilmiştir. Bu amaçla sinir ağında veri setlerinin %70'i eğitim, kalan %30'u test seti olarak kullanılmıştır. Modelin kurulması için R yazılımı kullanılmıştır. Örnek model için yararlanılan kütüphaneler Şekil 10'da gösterilmektedir.

```
library(tidyverse)
library(neuralnet)
library(NeuralNetTools)
library(ggpubr)
library(ggstatsplot)
library(nnet)
```

Şekil 10. Modeli oluşturmak amacıyla R yazılımında yararlanılan kütüphaneler

R içerisinde bulunan paketlerin kullanılabilmesi için “tidyverse”, yapay sinir ağı paketi için “neuralnet”, “NeuralNetTools” ve “nnet”, grafiklerin oluşturulması ve özelleştirilmesi için “ggpubr” ve “ggstatsplot” kütüphaneleri kullanılmıştır.

Şekil 11’de kurulan model için yapay sinir ağının girdi katmanı, gizli katmanı ve çıktı katmanı gösterilmektedir.



Şekil 11. Kurulan Örnek Modelin Gösterimi

Kurulan modelin girdi katmanında talep, işletme masrafı, yolcu kayıp masrafı, tekrar alım sonrası yeniden hesaplanan yolcu kayıp masrafları, yolcu kayıp sayısı ve uçuş masrafları yer almaktadır. Gizli katmanda 10 adet sinir hücresi bulunmaktadır. Son olarak çıktı katmanında ise modele dahil edilen 8 adet filo bulunmaktadır. Modeli kurmak için geri beslemeli yapay sinir ağı türü kullanılmıştır.

Eğitilen yapay sinir ağının filo tipi girdilerini ne ölçüde doğru tahmin edebildiğini analiz etmek amacıyla hata matrisi oluşturulmuştur. Hata matrisi değerleri Şekil 12’de gösterilmektedir.

```

## Confusion Matrix and Statistics
##
##           Reference
## Prediction  A319_100 A320_200 A321 A321NEO A330_300 B737_800 B737_900ER
## A319_100      38      0      0      0      0      0      0
## A320_200      0      25      0      0      0      0      7
## A321          0      0     19      1      0      4      0
## A321NEO       0      0      2     24      0      5      6
## A330_300      0      0      0      0     23      0      0
## B737_800      0      0      9      3      0     16      1
## B737_900ER   0      2      0      3      0      0     28
## B777_300ER   0      0      0      0      1      0      0
##
##           Reference
## Prediction  B777_300ER
## A319_100      0
## A320_200      0
## A321          0
## A321NEO       0
## A330_300      0
## B737_800      0
## B737_900ER   0
## B777_300ER   31

```

Şekil 12. Hata Matrisi

Araştırmada kurulan yapay sinir ağı modelinin 0.8226 oranı ile yüksek bir doğruluk değerine (accuracy) sahip olduğu Şekil 13'te gösterilmektedir. Doğruluk değeri bir sınıflayıcının ne ölçüde doğru tahminleme yaptığını göstermektedir (Şirin, 2017).

```

Accuracy : 0.8226
95% CI : (0.7692, 0.868)
No Information Rate : 0.1694
P-Value [Acc > NIR] : < 2.2e-16

Kappa : 0.7967

```

Şekil 13. Örnek modele ait doğruluk ve kappa değerleri

Kappa istatistiği, güvenilirlik belirlemede sıklıkla kullanılan iki puanlayıcı arasındaki uyumun derecesini belirlemek için geliştirilmiş istatistik tekniğidir ve -1 ile +1

arasında değer almaktadır. (Bilgen & Doğan, 2017:66). Kappa istatistiğinin yorumlanmasına dair değer aralıkları Şekil 14'te gösterilmektedir.

κ	Uyumun Gücü
< 0,00	Zayıf
0,00 – 0,20	nemsiz
0,21 – 0,40	Düşük
0,41 – 0,60	Orta
0,61 – 0,80	önemli
0,81 – 1,00	çok Yüksek

Şekil 14. Kappa İstatistiğinin Yorumlanmasına İlişkin Değer Aralıkları

Kaynak: Bilgen & Doğan, 2017

Araştırmada kurulan yapay sinir ağı modelinin 0.79 oranı ile önemli bir seviyede kappa değerine sahip olduğu Şekil 14'te gösterilmektedir. Bu değer ile modelde sınıflandırıcının tahminleme performansının yüksek olduğu sonucuna varmaktayız.

4.2. Sonuç ve Öneriler

Bu araştırmada, Türk havayolu işletmeleri arasında bayrak taşıyıcısı olan Türk Hava Yolları için havayolu filo atama problemine çözüm aranmıştır.

Araştırmanın ilk kısmında, temel lojistik faaliyetleri ile bu faaliyetlerden biri olan taşımacılık faaliyeti başlığı altında havayolu taşımacılığı ve ardından havayolu operasyonlarında planlama ve çizelgeleme süreci incelenmiştir. Daha sonra filo atama problemi için yapay sinir ağlarıyla çözüm süreçleri araştırılarak bir sinir ağı modeli geliştirilmiş ve havayolu filo atama problemine uygulanmıştır. Ardından, yaklaşıma ait bulgular ve sonuçlar özetlenerek değerlendirilmiştir.

Son olarak, havayolu filo atama problemine dair gelecekteki araştırmalar için bazı öneriler tartışılmıştır.

Havayolu işletmeleri için uçuş planlama ve uçuş çizelgesi, havayolu operasyonlarına başlamadan önce belirlenmesi gereken en önemli ve karmaşık görevlerden biridir. Bir havayolu ağı için bir çizelge oluşturmak, olası alternatiflerin çokluğundan dolayı bir kombinasyon problemidir. Filo atama problemi, bir havayolunun kaynaklarının en verimli ve etkili dağıtımının yapılabilmesi için merkezi öneme sahiptir.

Bu araştırmada söz konusu olan filo atama problemi öncelikle literatürde yer alan araştırmalar göz önüne alınarak havayolu işletmelerinin maliyetlerini en aza düşürmelerine imkan sağlayacak bir model geliştirilmiş R yazılımı ile optimal bir çözüm sunmuştur.

Öncelikle havayolu işletmelerinde operasyon süreci incelenip filo atama problemi modelinin oluşturulmasında uçuşla ilgili gerekli bilgiler ve kısıtlar göz önüne alınmıştır. Ancak çalışma sonuçlarının uygulamaya koyulamaması nedeniyle pratiği yansıtabilecek verilere ulaşılamamıştır. Elde edilen veriler ve kısıtlar göz önünde bulundurularak bir filo atama modeli oluşturulmuştur.

Araştırma kapsamında 1 merkez olmak üzere 11 Şehir ve 8 adet filo yer almaktadır. Toplam kapasite göz önüne alınarak maliyeti minimize edecek bir amaç fonksiyonu kurulmuştur. Sekiz adet filonun uçuşlara atanması aşamasında işletme masrafları, yolcu kayıp sayıları, yolcu kayıp masrafları ve tekrar alım oranı sonrası yolcu kayıp masrafları hesaplanarak değişkenler belirlenmiştir. Son olarak filo atama problemini çözmek için bir yapay sinir ağı modeli kurularak filo ataması gerçekteştirilmiştir.

Atama problemlerinde, sinir ağı yaklaşımını optimizasyon için kullanmanın uygun olduğunu ispatlayan neden, yapay sinir ağlarının doğası gereği paralel ve dağıtılmış olmasıdır. Bu nedenle, bu araştırmada filo atama probleminin üstesinden gelmek için sinir ağı çözüm yöntemi çalışılmıştır.

Atama için sinir ağı yöntemini uygulama süreci dört temel aşamaya dayandırılmaktadır. Öncelikle amaç fonksiyonuna ve atama probleminin kısıtlamalarına dayalı bir formülasyon oluşturulmaktadır. Ardından sinir ağı denklemi türetilmektedir. Daha sonra sinir ağının mimarisi belirlenmektedir. Son olarak ağın performansını test etmek için simülasyonu gerçekleştirilmektedir (Ye, 2000:81).

Bu çalışmada öğrenme algoritması olarak danışmanlı öğrenme (supervised learning) kullanılmıştır. Veri setinin algoritmaya uygun olup olmadığının anlaşılması için veri seti, 0,70:0,30 oranında eğitim ve test verisi olarak ayrılmıştır. Yapay sinir ağı algoritması önce eğitim verisiyle eğitilmiştir. Eğitim seti ile uygulanan YSA algoritması test setine uygulanarak tahminle elde edilmiştir.

Test verisinden elde edilen algoritma Şekil 13'te görüldüğü üzere %82 oranında başarı göstermiştir.

Daha sonra algoritma tüm veri setine uygulanarak ağırlıklar tahmin edilmiştir. Ağırlıklardan yararlanılarak her bir filodaki her bir uçuş ayağındaki maliyet değerleri tahmin edilmiştir. Bu tahminlere göre 824 değişken, en düşük maliyetten en yüksek maliyete göre sıralanmıştır.

Araştırmanın nihai sonucu olarak elde edilen atama sonuçları Ek Tablo 28'de gösterilmektedir.

Bu çalışmanın konusu olan filo atama problemi çok değişkenli karmaşık bir problem olması nedeniyle problemin sınırlandırılması ve sorunsuz yürütülebilmesi amacıyla bakım-onarım maliyetleri ve yakıt maliyetleri gibi kısıtlar gözardı edilmiştir. Ayrıca uçuş tarifesi günlük olarak ele alınmış olup seferlerin süreklilik arz ettiği varsayılmıştır. Araştırmada sadece yurtiçi uçuşlar dikkate alınmıştır. Gelecekteki araştırmalar için aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur.

Hedef havayolu Türk Hava Yolları'ndan gerçek verilerin elde edilmesindeki zorluklar nedeniyle, çeşitli ikincil bilgi kaynakları kullanılarak filo atama probleminin çözümüne ilişkin birtakım veriler toplanmıştır. Daha gerçekçi bir hava kargo ağı oluşturmak

ve daha karmaşık bir model formüle etmek amacıyla önerilen havayolu filo atama modeli havayolunun gerçek verilerine göre gözden geçirilebilir, bu çalışmada gözardı edilen kısıtlar modele dahil edilebilir ve varsayımların kapsamaları genişletilebilir.

Havayolu işletmeleri için, her uçak kendi havaalanına dönmeden önce belirli bir süre boyunca bir veya daha fazla uçuş yapar. Her şehrin farklı talepleri vardır ve havayolu işletmeleri, her bir uçuşu, havayolunun gerekliliklerini göz önünde bulundurarak belirlemelidir. Bu çalışmada gözardı edilen şehirler ve hava limanı gereklilikleri gelecekteki çalışmalarda oluşturulacak olan modellere dahil edilebilir.

Aynı zamanda, filo atama problemlerinde havayolu ağ yapısını belirlemek için zaman ve mekan önemli iki faktördür. Filo atama problemi için bir uçuş ağının, bir dizi düğümden ve uçuş bacaklarından, yerdeki uçaklardan ve gece yerde kalan uçaklardan oluştuğu görülmektedir. Bir zaman çizgisi oluştururken minimum bağlantı süreleri dikkate alınmalıdır. Minimum bağlantı süreleri, varış ve ayrılış arasında geçmesi gereken minimum süreyi ifade etmektedir.

Havayolu işletmeleri, birden fazla girdiyi dikkate alan entegre filo planlama mekanizması eksikliğini yanı sıra farklı biçimlerde ve çeşitli aşamalarındaki belirsizliklerden muzdariptir. Bu çalışmada, işletme maliyetlerini en aza indirmek işletme karını en üst düzeye çıkarmak gibi ikili hedefi olan bir model geliştirilmiştir. Bu açıdan araştırmacı tarafından geliştirilen model ve yapay sinir ağı üzerinden uygulanması her iki amaç açısından da iyi sonuçlar vermiştir. Küçük değişiklikler ve verilerin düzenli olarak güncellenmesiyle model, dünyanın diğer bölgelerinin amaçlarına da hizmet edebilir.

Filo atama sürecinin, çok sayıda pazarlama ve operasyonel gereksinime uygun bir program sağlarken karlılığı en üst düzeye çıkarmayı amaçladığı unutulmamalıdır. Bu amaca hem geliri artırarak hem de maliyetleri azaltarak ulaşılabilir. Belirli kalkış ve varış saatlerine sahip bir uçuş ve bir uçak kümesinden oluşan bir uçuş planı göz önüne alındığında, filo atama problemi, işletme maliyetlerini en aza indirmek veya karı en üst düzeye çıkarmak için hangi uçuşun hangi filoya atanması gerektiğini belirlemektedir. Bu araştırma, işletme karlılığını maksimum seviyeye çıkartmak ve maliyetleri minimuma düşürmek amacıyla filo atama problemine dayalı yapay sinir ağı çözümlerinin sunduğu potansiyelleri araştırmak için gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKÇA

- Abara J. (1989). "Applying Integer Linear Programming to the Fleet Assignment Problem". *Interfaces*, 20-28.
- Air Force Academy (1979). "First United States Military Aircraft Accident 17 September 1908". *Air Force Academy Aeronautical Digest- Fall 1979*, 174-184.
- Akay, D. (2009). Filo Atama Problemi ve Karmaşık Tam Sayı Programlama ile En İyileme Yöntemleri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Anzoom, R. and Hasin, M. A. A. (2018). "Optimal Fleet Assignment Using Ant Colony Algorithm", *2018 International Conference on Production and Operations Management Society (POMS)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/POMS.2018.8629468.
- Aslan, A. Ö. (2021). "Lojistik". İstanbul Üniversitesi, Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, Dış Ticaret Programı, Ders Notları, İstanbul.
- Attarzadeh, I. and Ow, S. H., (2010). "Proposing a new software cost estimation model based on artificial neural networks", *2010 2nd International Conference On Computer Engineering And Technology*, Chengdu, China, V3-487-V3-491.
- Bakır, M., Bal, H. T., Akın, Ş. (2017). "Türk Sivil Havacılık Sektörünün Değerlendirilmesinde Bütünleşik Swot-Ahs Yaklaşımı". *Journal Aviation*, 2017, 1 (2) 154-169.
- Bakkal, M. ve Demir, U. (2011). *Lojistik Yönetimi ve E-Lojistik*. Hiperlink Yayınları: İstanbul.
- Barnhart C., Kniker T. S., Lohatepanont M. (2002). "Itinerary-Based Airline Fleet Assignment, Transportation Science." *INFORMS*, 36 (2), May 2002. <https://doi.org/10.1007/s42524-020-0093-5>.
- Belobaba, P. (2014). "Fleet Assignment". *Turkish Aviation Academy Network, Fleet and Schedule Module 12. Istanbul Technical University Air Transportation Management*. Erişim Adresi: <http://aviation.itu.edu.tr/img/aviation/datafiles/Lecture%20Notes/Network%20Fle>

et%20Schedule%20Strategic%20Planning/Lecture%20Notes/12%20-%20Fleet%20Assignment.pdf

Bilginer, N., Kayabaşı, A. ve Sezici, E. (2015). “Lojistik Faaliyetlerin Süreçsel Etkinliğine Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi Üzerine Ampirik Bir Çalışma”. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı 22.

Boru Hattı. (2021, 17 Ekim). Erişim Adresi: <https://www.nedir.com/boru-hatt%C4%B1>

Boru Hattı Taşımacılığı (2022, 9 Mart). Erişim Adresi: <https://www.bunkerist.com/boru-hatti-tasimaciligi/> Erişim Tarihi: 09.03.2022

Bulut, Ö. (2007). Türkiye’de Taşımacılık Sektörünün Lojistik Olgusu İçerisinde İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kadir Has Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Charles William Furnas. (2021, 20 Kasım). Erişim adresi: <https://airandspace.si.edu/support/wall-of-honor/charles-william-furnas>

Crouch, T. D. (2021, July 14). Henri Farman. *Encyclopedia Britannica*. Erişim Adresi: <https://www.britannica.com/biography/Henri-Farman>.

Ceran, M.B. (2010). Küresel Rekaber Ortamında Rekabetçi Üstünlük Sağlamada Lojistik Köyler: Konya Lojistik Köyü Önerisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.

Çakır, F. (2020). Demiryolu Yolcu Taşıma Talebinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. Yüksek Lisans Tezi. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.

Çevik, O. & Gülcan, B. (2011). Lojistik Faaliyetlerin Çevresel Sürdürülebilirliği ve Marco Polo Programı, *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 13 (20), 35-44.

Crouch, T. D. (2021, July 19). Alberto Santos-Dumont. *Encyclopedia Britannica*. Erişim Adresi: <https://www.britannica.com/biography/Alberto-Santos-Dumont>.

Çırakoğlu, O. C. (2012). “Kuşlar Uzun Bir Süre Süzülerek Uçabiliyorsa, Ben Neden Yapamayım?”. *Pivolka*, Mart 2012, 21(7).

Çakalöz, B. (2008). Lojistik Yönetiminde Simülasyon Temelli Eğitim Yaklaşımları. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

- Deng S. and Yeh T. H. (2009). "Applying machine learning methods to the airframe structural design cost estimation- A case study of Wing-Box Project", *INCOSE International Symposium*, 19 (1): 253–282.
- Desaulniers, G., Desrosiers, J., Dumas, Y., Solomon, M.M., Soumis, F. (1997). Daily Aircraft Routing and Scheduling. *Management Science* 43 (6), 841–855.
- Doğan, H. B. (2019). Beklenmedik Uçak Yönlendirmelerini Azaltma: Zaman Serisi Analizi ve Yapay Sinir Ağları ile Modelleme. Yüksek Lisans Tezi. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Eker, Ö. (2006). Lojistik Yönetimi ve Tedarik Lojistiği Sürecinde Performansın Arttırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdemli, M.G. (2011). Dünden Bugüne Türk Havacılık Tarihi ve Eskişehir. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Erkan, B. (2014). “Türkiye’de Lojistik Sektörü ve Rekabet Gücü”. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, Sayı 1.
- Erkayman, B. (2013). Havayollarında Uçuş Aksaklıkları Problemi İçin Bir Çözüm Yaklaşımı ve Uygulaması. Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- “Tarihte İlk Uçuşu Gerçekleştiren Müslüman Alim; Abbas İbn Fırnas.” Erişim adresi: <https://www.fikriyat.com/galeri/tarih/abbas-ibn-firnas/7>.
- Gümüş, Y. (2009). “Lojistik Faaliyetlerin Rekabet Stratejileri ve İşletme Kârı ile Olan İlişkisi”. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (41), 97-114.
- Gültekin, N. (2022). Türk Hava Sahasındaki Sivil Hava Trafik Yoğunluğunun Zaman Serileri ve Yapay Sinir Ağları ile Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hasköy, E. (2010). Dört Rotorlu Hava Araçlarının Bağ-Grafik Yöntemi ile Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Havacılık Terimleri Sözlüğü. (2021, 6 Ocak). Erişim Adresi: www.dhmi.gov.tr/Documents/HavacilikTerimleriSozlugu/DHMi-Havacilik-Terimleri-Sozlugu.pdf?csf=1&e=NZP5QB.
- Havayolu Gelir Yönetiminde “Spill” Kavramı. (2021, 7 Haziran). Erişim Adresi: <https://www.havayolu101.com/2012/07/12/havayolu-gelir-yonetiminde-spill-kavrami/>
- Herkesecan, H. (2020). Fazla bagajların Havayolu Kargo Taşımacılığına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Jamili, A. (2017) “A Robust Mathematical Model and Heuristic Algorithms for Integrated Aircraft Routing and Scheduling, with Consideration of Fleet Assignment Problem”. *Journal of Air Transport Management*, 21-30.
- Karakuzu, H. ve Namal, Y. (2016). “Demokratik Partinin İlk Yıllarında Türk Ordusu (1950-1953)”. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(44).
- Karakaş, B. (2020). Sincap Arama Algoritması ile Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Kaya, İ., Oktay, S., Engin, O. (2005). “Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı”. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (1-2), 92-107.
- Kayabaşı, A. (2007). İşletmelerin Rekabet Gücünün Geliştirilmesinde Lojistik Faaliyetlerin Performansının Artırılması: Üretim İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Kıymetli Şen, İ. (2014). “Lojistik Faaliyetlerin Yönetimi ve Maliyetleme Yaklaşımları”. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 83-106.
- Kiarashrad M., Pasandideh S. H. R., Mohammadi M. (2021). “A Mixed-Integer Nonlinear Optimization Model For Integrated Flight Scheduling, Fleet Assignment, and Ticket Pricing In Competitive Market”. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 20:596–607.

- Killborn E. (2000). Aircraft Scheduling and Operation A Constraint Programming Approach. Thesis for Degree of Master of Science. Department of Computing Science Chalmers University of Technology and Göteborg University, Sweden.
- Koban, E. ve Keser, H.Y. (2013). *Dış Ticarete Lojistik*. Ekin Kitabevi: Bursa.
- Lambert, D.M, Stock, J.R., Ellram, L.M. (1998). *Fundamentals of Logistics Management*. The MacGraw-Hill, Boston.
- Liu, M., B. Liang, Zheng, F. and Chu, F. (2019). "Stochastic Airline Fleet Assignment With Risk Aversion". *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(8), 3081-3090. doi: 10.1109/TITS.2018.2871969.
- Logistics. (2021, 15 Haziran). Erişim Adresi: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/american_english/logistics#:~:text=noun-,noun,company%20to%20a%20new%20building
- Lojistik. (2019, 18 Mayıs). Erişim Adresi: <https://sozluk.gov.tr/>
- Lojistik Yönetimi. (2011). Erişim Adresi: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Lojistik%20Y%C3%B6netimi.pdf.
- Mancel, C., Mora-Camino, F. (2014). "Airline Fleet Assignment: A State of The Art". *10th Air Transportation Research Society Conference*, May 2006, Japan. Erişim Adresi: <https://hal-enac.archives-ouvertes.fr/hal-00938765>.
- Marsten, R. E. & Muller, M. R. (1980). "A Mixed-Integer Programming Approach to Air Cargo Fleet Planning." *Management Science* 26, no. 11 (1980): 1096–1107. <http://www.jstor.org/stable/2631176>.
- Monczka, R., Trent, R., Handfield, R. (2002). "Purchasing and Supply Chain Management", *Center for Advanced Purchasing*, New York.
- Nabil K., Jebali, A., Diabat, A. (2017). "An İntegrated Flight Scheduling and Fleet Assignment Problem Under Uncertainty". *Computers and Operations Research*. doi: 10.1016/j.cor.2017.08.014.

- Nijkamp, Peter, A. Reggiani, and T. (1996). "Tritapepe, Modelling Inter-urban Transportation Flows in Italy: A Comparison between Neural Network Analysis and Logit Analysis". *Transportation Research Part C*, 4(6).
- Oktal, H. & KüçükÖnal, H. (2007). "Dünyada Bölgesel Hava Taşımacılığı ve Türkiye'de Uygulanabilirliği". *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2).
- Orbak, İ. & Orbak, A. Y. (2020). "Havayolu Şirketleri Uçuş Planları ve Rotaları Simülasyonu ile Optimum Yolun Bulunması". *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25 (1), 435-454. doi: 10.17482/uumfd.695876
- Orhan, İ., Kapanoğlu, M., Karakoç, T. H. (2010). "Havayolu Operasyonlarında Planlama ve Çizelgeleme". *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(2).
- Özdemir, F. S., Karahan Gökmen, M., (2016). "Lojistiğin Evrimi ve Türkiye'deki Ön lisans ve Lisans Programları Yönünden Lojistik Öğretim". *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3).
- Özener, O. Ö. & Örmeci Matoğlu, M. & Erdoğan, G. & Haouari, M & Sözer, H. (2017). "Solving A Large-Scale Integrated Fleet Assignment and Crew Pairing Problem," *Annals of Operations Research, Springer*, 253(1), 477-500.
- Öztürk, K., Şahin, M. E. (2018). "Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekaya Genel Bir Bakış. *Takvim-i Vekayi Dergisi*, 6(2), 25-36.
- Rashidi Komijan, A., Tavakkoli-Moghaddam, R., Dalil, S. (2021). "A mathematical model for an integrated airline fleet assignment and crew scheduling problem solved by vibration damping optimization". *Scientia Iranica*, 28(2), 970-984. doi: 10.24200/sci.2019.51516.2230
- Raymonde De La Roche. Women in Aviation and Space History. (2021, 10 Ekim). Erişim Adresi: <https://airandspace.si.edu/explore-and-learn/topics/women-in-aviation/roche.cfm>
- Ruther, S. (2010). A Multi-commodity Flow Formulation for the Integrated Aircraft Routing, Crew Pairing, and Tail Assignment Problem. *Proceedings of the 45th Annual Conference of the ORSNZ*, November 2010, USA.

- Salam, A., Defersha, F. M., Bhuiyan, N. F. and Chen, M. (2012). "A Case Study on Target Cost Estimation Using Back-Propagation and Genetic Algorithm Trained Neural Networks". *Journal Of Cost Analysis And Parametrics*, 5 (2): 87–97.
- Sarsenov B. (2011). Filo Atama Probleminin İncelenmesi ve Türk Hava Yolları için Bir Vaka Çalışması. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Soykan, B. & Erol, S. (2016). "Havayolu Operasyonları Çizelgeleme Süreci". *The 3rd International Aviation Management Conference*, 2016, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Ankara.
- Suvacı, B. (2019). "Küresel Boyutuyla Tedarik Zinciri Yönetimi". *Tedarik Zinciri Yönetimi*. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Sürmen, Y. & Aygün, D. (2006). "Türkiye’de Lojistik Faaliyetler ve Muhasebe İşlemleri – I". *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (30), 54-66.
- Şimşek Can, G. (2021). Havacılık Endüstrisinde Yapay Sinir Ağları ile Ürün Ağaçlarındaki Değişimlere Bağlı Maliyet Tahmini. Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Tatar, C. (2018). Türk Havacılık Tarihi (1909-1954) Milli Mücadele Dönemi Öncesi ve Sonrası Türk Havacılığı. Doktora Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Therese Peltier. Women in Aviation and Space History. (2021, 10 Ekim). Erişim Adresi: <https://airandspace.si.edu/explore-and-learn/topics/women-in-aviation/Peltier.cfm>
- Timur, M. N. (2019). "Tedarik Zincirinde Satın Alma ve Örgütsel İlişkiler". *Tedarik Zinciri Yönetimi*. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Tokgöz, E. (2008). Bir Matematiksel Modelin Havacılık Sektöründe Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Tozar, B. & Güzel, E. (2011). "Enerji Lojistiği Perspektifinde Hazar Petrollerinin Türk Boğazlarına Etkileri". *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 3(2).

- Tutar, E., Tutar, F., Yetişen, H. (2009). “Türkiye’de Lojistik Sektörünün Gelişmişlik Düzeyinin Seçilmiş AB Ülkeleri (Romanya ve Macaristan) ile Karşılaştırmalı Bir Analizi”. *KMU İİBF Dergisi*, 11(17), Karaman.
- Uçakla Seyahat Eden İlk Türk Kadın. (2020, 6 Haziran). Erişim Adresi: <https://www.havayolu101.com/2009/04/07/tayyaredeki-ilk-kadin/>
- Ulucan, A. & Eryiğit, M. (2004). “Hava Taşımacılığı Planlamasında Yöneylem Araştırması Modellerinin Kullanımı”. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 59-4.
- Uygunoğlu, T., Yurtçu, S. (2006). “Yapay Zekâ Tekniklerinin İnşaat Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı”. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(1), 61-70.
- Wensveen, J. (2007). *Air Transportation: A Management Perspective*. Ashgate.
- Yalçın O. (2016). “Havacılık, Hava Gücünün Doğuşu ve Birinci Dünya Savaşına Etkisi.” *Ankara Üniversitesi Türk İnkılâp Tarihi Enstitüsü Atatürk Yolu Dergisi*, S: 59, 181-236.
- Yang Z., Yu Y., Zhang K., Kuang, H., Wang, Weiye. (2017). "An improved ant colony algorithm for MapReduce-based fleet assignment problem". *IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, 2017,104-108, doi: 10.1109/IAEAC.2017.8053986.
- Yüksel, H. (2014). “Sivil Havacılığın Gelişimi ve Küreselleşme Sürecine Katkıları: Türkiye Örneği”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 5(11), 1-20.
- Zhang, Y. F., Fuh, J. Y. H., and Chan, W. T. (1996). "Feature-based cost estimation for packaging products using neural networks", *Computers In Industry*, 32 (1): 95–113.

EKLER



EK TABLO 1**SEÇİLMİŞ ŞEHİRLERE BİR GÜNDE YAPILAN SEFERLER**

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ	MESAFE (km)
1	İSTANBUL	01:20	ADANA	02:45	714
2	İSTANBUL	01:20	GAZİANTEP	02:50	873
3	İSTANBUL	01:35	İZMİR	02:40	330
4	İSTANBUL	01:35	ANTALYA	02:40	484
5	İSTANBUL	01:50	MUĞLA	02:55	473
6	İSTANBUL	02:00	ANKARA	03:05	366
7	ANTALYA	03:30	İSTANBUL	04:55	484
8	MUĞLA	03:45	İSTANBUL	05:05	473
9	ANKARA	03:55	İSTANBUL	05:05	366
10	ADANA	03:35	İSTANBUL	05:15	714
11	GAZİANTEP	03:50	İSTANBUL	05:40	873
12	İZMİR	04:15	İSTANBUL	05:30	330
13	İSTANBUL	06:35	ADANA	08:00	714
14	İSTANBUL	06:40	GAZİANTEP	08:15	873
15	İSTANBUL	06:45	ANTALYA	07:55	484
16	İSTANBUL	06:45	MUĞLA	07:55	473
17	ANKARA	07:00	İSTANBUL	08:10	366
18	ANTALYA	07:05	İSTANBUL	08:30	484
19	İSTANBUL	08:00	İZMİR	09:00	330
20	İSTANBUL	08:00	ANKARA	09:00	366
21	İSTANBUL	08:35	KONYA	09:45	463
22	İSTANBUL	08:40	ANTALYA	09:50	484
23	İSTANBUL	08:40	ERZURUM	10:25	1053
24	MUĞLA	08:45	İSTANBUL	10:05	473
25	ANTALYA	08:45	İSTANBUL	10:15	484
26	İSTANBUL	08:50	MUĞLA	10:05	473
27	İSTANBUL	08:50	ADANA	10:10	714
28	ADANA	08:50	İSTANBUL	10:25	714
29	GAZİANTEP	09:05	İSTANBUL	10:50	873
30	İSTANBUL	09:15	VAN	11:10	1274
31	İSTANBUL	09:25	TRABZON	11:00	923
32	İSTANBUL	10:00	İZMİR	11:00	330
33	İSTANBUL	10:00	ANKARA	11:00	366
34	ANKARA	10:30	İSTANBUL	11:40	366
35	İZMİR	10:30	İSTANBUL	11:45	330
36	KONYA	10:35	İSTANBUL	11:55	463

37	İSTANBUL	10:55	ANTALYA	12:05	484
38	MUĞLA	10:55	İSTANBUL	12:20	473
39	ADANA	11:00	İSTANBUL	12:40	714
40	ERZURUM	11:15	İSTANBUL	13:20	1053
41	ANTALYA	11:20	İSTANBUL	12:45	484
42	ANKARA	11:50	İSTANBUL	12:55	366
43	İSTANBUL	11:50	KONYA	12:55	463
44	İZMİR	11:50	İSTANBUL	13:00	330
45	TRABZON	11:50	İSTANBUL	13:45	923
46	VAN	12:00	İSTANBUL	14:20	1274
47	İSTANBUL	12:30	GAZİANTEP	14:05	873
48	İSTANBUL	12:40	TRABZON	14:15	923
49	ANTALYA	12:55	İSTANBUL	14:15	366
50	İSTANBUL	13:00	İZMİR	14:05	330
51	İSTANBUL	13:40	ANTALYA	14:55	484
52	İSTANBUL	13:40	ADANA	15:05	714
53	KONYA	13:45	İSTANBUL	15:05	463
54	İSTANBUL	14:00	ANKARA	15:00	366
55	İZMİR	14:55	İSTANBUL	16:10	330
56	GAZİANTEP	14:55	İSTANBUL	16:40	873
57	TRABZON	15:05	İSTANBUL	17:00	923
58	İSTANBUL	15:35	VAN	17:30	1274
59	ANTALYA	15:45	İSTANBUL	17:10	484
60	ANKARA	15:50	İSTANBUL	17:00	366
61	İSTANBUL	16:00	ANKARA	17:00	366
62	İSTANBUL	16:00	İZMİR	17:05	330
63	İSTANBUL	16:00	TRABZON	17:35	923
64	İSTANBUL	16:15	ADANA	17:40	714
65	ADANA	16:25	İSTANBUL	18:00	714
66	İSTANBUL	16:35	ANTALYA	17:45	484
67	İSTANBUL	17:25	MUĞLA	18:40	473
68	İSTANBUL	17:25	ERZURUM	19:10	1053
69	İSTANBUL	17:45	TRABZON	19:20	923
70	ANKARA	17:50	İSTANBUL	19:00	366
71	İZMİR	17:55	İSTANBUL	19:10	330
72	İSTANBUL	17:55	GAZİANTEP	19:25	873
73	İSTANBUL	18:00	ANKARA	19:05	366
74	İSTANBUL	18:15	ADANA	19:40	714
75	VAN	18:20	İSTANBUL	20:40	1274
76	TRABZON	18:25	İSTANBUL	20:15	923
77	İSTANBUL	18:30	KONYA	19:35	463
78	ADANA	18:30	İSTANBUL	20:05	714

79	ANTALYA	18:35	İSTANBUL	20:00	484
80	İSTANBUL	18:40	ANTALYA	19:50	484
81	İSTANBUL	19:00	İZMİR	20:05	330
82	MUĞLA	19:30	İSTANBUL	21:00	473
83	İSTANBUL	20:00	ANKARA	21:05	366
84	İSTANBUL	20:00	TRABZON	21:40	923
85	ERZURUM	20:00	İSTANBUL	22:00	1053
86	İSTANBUL	20:10	ANTALYA	21:20	484
87	TRABZON	20:10	İSTANBUL	22:05	923
88	GAZİANTEP	20:15	İSTANBUL	22:05	873
89	KONYA	20:25	İSTANBUL	21:50	463
90	ADANA	20:30	İSTANBUL	22:10	714
91	ANKARA	20:35	İSTANBUL	21:45	366
92	İSTANBUL	20:40	GAZİANTEP	22:10	873
93	İSTANBUL	21:00	İZMİR	22:00	330
94	İSTANBUL	21:05	ADANA	22:30	714
95	ANTALYA	21:20	İSTANBUL	22:45	484
96	İZMİR	21:35	İSTANBUL	22:55	330
97	ANKARA	21:55	İSTANBUL	23:05	366
98	İSTANBUL	22:00	ANKARA	23:00	366
99	KONYA	22:30	İSTANBUL	00:30	463
100	İZMİR	22:50	İSTANBUL	00:05	330
101	GAZİANTEP	23:00	İSTANBUL	00:55	873
102	İSTANBUL	23:10	ANTALYA	00:20	484
103	ADANA	23:20	İSTANBUL	01:00	714

EK TABLO 2**HER UÇUŞA AİT İŞLETME MASRAFI**

UÇUŞ NO	A319-100	A330-300	B737-800	B777-300 ER	A321	A321NEO	B737-900 ER	A320-200
1	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
2	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
3	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
4	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
5	3746,16	2885,3	3575,88	3784	3670,48	3443,44	3996,85	3760,35
6	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
7	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
8	3746,16	2885,3	3575,88	3784	3670,48	3443,44	3996,85	3760,35
9	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
10	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
11	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
12	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
13	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
14	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
15	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
16	3746,16	2885,3	3575,88	3784	3670,48	3443,44	3996,85	3760,35
17	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
18	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
19	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
20	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
21	3666,96	2824,3	3500,28	3704	3592,88	3370,64	3912,35	3680,85
22	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
23	8339,76	6423,3	7960,68	8424	8171,28	7665,84	8897,85	8371,35
24	3746,16	2885,3	3575,88	3784	3670,48	3443,44	3996,85	3760,35
25	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
26	3746,16	2885,3	3575,88	3784	3670,48	3443,44	3996,85	3760,35
27	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
28	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3

29	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
30	10090,08	7771,4	9631,44	10192	9886,24	9274,72	10765,3	10128,3
31	7310,16	5630,3	6977,88	7384	7162,48	6719,44	7799,35	7337,85
32	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
33	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
34	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
35	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
36	3666,96	2824,3	3500,28	3704	3592,88	3370,64	3912,35	3680,85
37	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
38	3746,16	2885,3	3575,88	3784	3670,48	3443,44	3996,85	3760,35
39	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
40	8339,76	6423,3	7960,68	8424	8171,28	7665,84	8897,85	8371,35
41	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
42	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
43	3666,96	2824,3	3500,28	3704	3592,88	3370,64	3912,35	3680,85
44	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
45	7310,16	5630,3	6977,88	7384	7162,48	6719,44	7799,35	7337,85
46	10090,08	7771,4	9631,44	10192	9886,24	9274,72	10765,3	10128,3
47	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
48	7310,16	5630,3	6977,88	7384	7162,48	6719,44	7799,35	7337,85
49	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
50	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
51	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
52	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
53	3666,96	2824,3	3500,28	3704	3592,88	3370,64	3912,35	3680,85
54	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
55	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
56	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
57	7310,16	5630,3	6977,88	7384	7162,48	6719,44	7799,35	7337,85
58	10090,08	7771,4	9631,44	10192	9886,24	9274,72	10765,3	10128,3
59	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
60	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7

61	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
62	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
63	7310,16	5630,3	6977,88	7384	7162,48	6719,44	7799,35	7337,85
64	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
65	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
66	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
67	3746,16	2885,3	3575,88	3784	3670,48	3443,44	3996,85	3760,35
68	8339,76	6423,3	7960,68	8424	8171,28	7665,84	8897,85	8371,35
69	7310,16	5630,3	6977,88	7384	7162,48	6719,44	7799,35	7337,85
70	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
71	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
72	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
73	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
74	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
75	10090,08	7771,4	9631,44	10192	9886,24	9274,72	10765,3	10128,3
76	7310,16	5630,3	6977,88	7384	7162,48	6719,44	7799,35	7337,85
77	3666,96	2824,3	3500,28	3704	3592,88	3370,64	3912,35	3680,85
78	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
79	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
80	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
81	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
82	3746,16	2885,3	3575,88	3784	3670,48	3443,44	3996,85	3760,35
83	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
84	7310,16	5630,3	6977,88	7384	7162,48	6719,44	7799,35	7337,85
85	8339,76	6423,3	7960,68	8424	8171,28	7665,84	8897,85	8371,35
86	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
87	7310,16	5630,3	6977,88	7384	7162,48	6719,44	7799,35	7337,85
88	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
89	3666,96	2824,3	3500,28	3704	3592,88	3370,64	3912,35	3680,85
90	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
91	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
92	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35

93	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
94	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3
95	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
96	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
97	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
98	2898,72	2232,6	2766,96	2928	2840,16	2664,48	3092,7	2909,7
99	3666,96	2824,3	3500,28	3704	3592,88	3370,64	3912,35	3680,85
100	2613,6	2013	2494,8	2640	2560,8	2402,4	2788,5	2623,5
101	6914,16	5325,3	6599,88	6984	6774,48	6355,44	7376,85	6940,35
102	3833,28	2952,4	3659,04	3872	3755,84	3523,52	4089,8	3847,8
103	5654,88	4355,4	5397,84	5712	5540,64	5197,92	6033,3	5676,3

EK TABLO 3**BEKLENEN TALEP VE STANDART SAPMALAR**

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ	BEKLENEN TALEP	STANDART SAPMA
1	İSTANBUL	01:20	ADANA	02:45	221	31
2	İSTANBUL	01:20	GAZİANTEP	02:50	175	32
3	İSTANBUL	01:35	İZMİR	02:40	142	29
4	İSTANBUL	01:35	ANTALYA	02:40	178	36
5	İSTANBUL	01:50	MUĞLA	02:55	123	28
6	İSTANBUL	02:00	ANKARA	03:05	198	35
7	ANTALYA	03:30	İSTANBUL	04:55	147	32
8	MUĞLA	03:45	İSTANBUL	05:05	113	21
9	ANKARA	03:55	İSTANBUL	05:05	175	36
10	ADANA	03:35	İSTANBUL	05:15	189	25
11	GAZİANTEP	03:50	İSTANBUL	05:40	133	23
12	İZMİR	04:15	İSTANBUL	05:30	135	23
13	İSTANBUL	06:35	ADANA	08:00	199	33
14	İSTANBUL	06:40	GAZİANTEP	08:15	180	26
15	İSTANBUL	06:45	ANTALYA	07:55	191	38
16	İSTANBUL	06:45	MUĞLA	07:55	132	24
17	ANKARA	07:00	İSTANBUL	08:10	186	31
18	ANTALYA	07:05	İSTANBUL	08:30	151	29
19	İSTANBUL	08:00	İZMİR	09:00	231	26
20	İSTANBUL	08:00	ANKARA	09:00	285	36
21	İSTANBUL	08:35	KONYA	09:45	221	19
22	İSTANBUL	08:40	ANTALYA	09:50	196	26
23	İSTANBUL	08:40	ERZURUM	10:25	155	21
24	MUĞLA	08:45	İSTANBUL	10:05	122	20
25	ANTALYA	08:45	İSTANBUL	10:15	156	24
26	İSTANBUL	08:50	MUĞLA	10:05	137	21
27	İSTANBUL	08:50	ADANA	10:10	203	34
28	ADANA	08:50	İSTANBUL	10:25	198	28
29	GAZİANTEP	09:05	İSTANBUL	10:50	150	24
30	İSTANBUL	09:15	VAN	11:10	146	20
31	İSTANBUL	09:25	TRABZON	11:00	179	25
32	İSTANBUL	10:00	İZMİR	11:00	243	28
33	İSTANBUL	10:00	ANKARA	11:00	276	29
34	ANKARA	10:30	İSTANBUL	11:40	198	23
35	İZMİR	10:30	İSTANBUL	11:45	189	21
36	KONYA	10:35	İSTANBUL	11:55	165	20

37	İSTANBUL	10:55	ANTALYA	12:05	202	31
38	MUĞLA	10:55	İSTANBUL	12:20	126	20
39	ADANA	11:00	İSTANBUL	12:40	224	30
40	ERZURUM	11:15	İSTANBUL	13:20	134	21
41	ANTALYA	11:20	İSTANBUL	12:45	174	25
42	ANKARA	11:50	İSTANBUL	12:55	192	26
43	İSTANBUL	11:50	KONYA	12:55	129	21
44	İZMİR	11:50	İSTANBUL	13:00	193	27
45	TRABZON	11:50	İSTANBUL	13:45	165	23
46	VAN	12:00	İSTANBUL	14:20	166	23
47	İSTANBUL	12:30	GAZİANTEP	14:05	176	24
48	İSTANBUL	12:40	TRABZON	14:15	174	24
49	ANTALYA	12:55	İSTANBUL	14:15	176	24
50	İSTANBUL	13:00	İZMİR	14:05	248	35
51	İSTANBUL	13:40	ANTALYA	14:55	199	29
52	İSTANBUL	13:40	ADANA	15:05	206	34
53	KONYA	13:45	İSTANBUL	15:05	152	23
54	İSTANBUL	14:00	ANKARA	15:00	265	38
55	İZMİR	14:55	İSTANBUL	16:10	186	27
56	GAZİANTEP	14:55	İSTANBUL	16:40	141	26
57	TRABZON	15:05	İSTANBUL	17:00	160	24
58	İSTANBUL	15:35	VAN	17:30	156	20
59	ANTALYA	15:45	İSTANBUL	17:10	187	30
60	ANKARA	15:50	İSTANBUL	17:00	208	29
61	İSTANBUL	16:00	ANKARA	17:00	282	27
62	İSTANBUL	16:00	İZMİR	17:05	255	31
63	İSTANBUL	16:00	TRABZON	17:35	183	25
64	İSTANBUL	16:15	ADANA	17:40	202	23
65	ADANA	16:25	İSTANBUL	18:00	245	35
66	İSTANBUL	16:35	ANTALYA	17:45	214	32
67	İSTANBUL	17:25	MUĞLA	18:40	123	29
68	İSTANBUL	17:25	ERZURUM	19:10	143	24
69	İSTANBUL	17:45	TRABZON	19:20	174	26
70	ANKARA	17:50	İSTANBUL	19:00	236	34
71	İZMİR	17:55	İSTANBUL	19:10	197	27
72	İSTANBUL	17:55	GAZİANTEP	19:25	163	24
73	İSTANBUL	18:00	ANKARA	19:05	280	39
74	İSTANBUL	18:15	ADANA	19:40	199	34
75	VAN	18:20	İSTANBUL	20:40	143	20
76	TRABZON	18:25	İSTANBUL	20:15	175	24
77	İSTANBUL	18:30	KONYA	19:35	121	25
78	ADANA	18:30	İSTANBUL	20:05	254	35

79	ANTALYA	18:35	İSTANBUL	20:00	196	26
80	İSTANBUL	18:40	ANTALYA	19:50	236	39
81	İSTANBUL	19:00	İZMİR	20:05	263	35
82	MUĞLA	19:30	İSTANBUL	21:00	132	22
83	İSTANBUL	20:00	ANKARA	21:05	272	35
84	İSTANBUL	20:00	TRABZON	21:40	156	21
85	ERZURUM	20:00	İSTANBUL	22:00	140	20
86	İSTANBUL	20:10	ANTALYA	21:20	220	24
87	TRABZON	20:10	İSTANBUL	22:05	158	30
88	GAZİANTEP	20:15	İSTANBUL	22:05	135	25
89	KONYA	20:25	İSTANBUL	21:50	142	24
90	ADANA	20:30	İSTANBUL	22:10	231	35
91	ANKARA	20:35	İSTANBUL	21:45	230	37
92	İSTANBUL	20:40	GAZİANTEP	22:10	151	23
93	İSTANBUL	21:00	İZMİR	22:00	253	28
94	İSTANBUL	21:05	ADANA	22:30	184	21
95	ANTALYA	21:20	İSTANBUL	22:45	178	23
96	İZMİR	21:35	İSTANBUL	22:55	182	21
97	ANKARA	21:55	İSTANBUL	23:05	215	32
98	İSTANBUL	22:00	ANKARA	23:00	253	32
99	KONYA	22:30	İSTANBUL	00:30	118	20
100	İZMİR	22:50	İSTANBUL	00:05	165	23
101	GAZİANTEP	23:00	İSTANBUL	00:55	114	26
102	İSTANBUL	23:10	ANTALYA	00:20	199	24
103	ADANA	23:20	İSTANBUL	01:00	202	31

EK TABLO 4
YOLCU KAYIP SAYISI

Uçuş No	A319-100	A330 -300	B737-800	B777-300ER	A321	A321NEO	B737-900ER	A320-200
1	88.77	0.01	34.39	0	30.35	39.74	54.37	62.52
2	44.24	0	6.88	0	5.00	9.86	15.80	21.97
3	17.03	0	0.65	0	0.39	1.22	2.48	4.93
4	49.19	0	9.52	0	7.49	13.30	18.42	24.65
5	66.32	0	0.05	0	0.02	0.14	0.42	1.43
6	67.33	0	18.01	0	15.85	24.03	33.85	40.25
7	21.81	0	1.41	0	0.99	2.38	4.56	7.83
8	2.15	0	0.00	0	0	0.007	0.002	0.18
9	44.79	0	8.88	0	5.83	11.31	17.88	23.95
10	57.15	0	1.13	0	7.04	13.59	22.34	33.08
11	9.27	0	10.19	0	0.08	0.10	0.42	1.54
12	10.56	0	0.04	0	0.003	0.16	0.69	1.61
13	66.34	0	18.12	0	16.06	22.28	33.01	41.99
14	47.61	0	6.52	0	4.63	10.06	17.20	24.17
15	60.05	0.03	16.27	0	12.31	19.24	28.32	36.41
16	9.30	0	0.03	0	0.05	0.12	0.59	1.46
17	53.91	0	10.31	0	8.86	14.64	22.62	29.98
18	55.26	0	1.47	0	0.83	1.91	4.46	8.43
19	100.99	0.01	41.99	0	37.46	47.32	60.87	72.46
20	152.12	6.49	96.05	0.001	91.39	102.86	116.57	127.85
21	88.12	0	32.21	0	27.63	39.19	51.39	62.05
22	65.33	0	13.15	0	12.06	18.82	28.43	38.00
23	23.93	0	0.45	0	0.24	0.969	3.19	6.96
24	3.84	0	0.01	0	0	0.004	0.05	0.21
25	27.01	0	1.26	0	0.76	1.96	4.65	8.66
26	11.61	0	0.04	0	0.003	0.16	0.67	1.55
27	69.40	0.02	21.29	0	18.74	27.02	37.03	44.71
28	65.96	0	15.92	0	12.81	146.13	31.51	40.43
29	21.23	0	0.70	0	0.35	1.20	2.89	6.03
30	17.35	0	0.08	0	0.05	0.35425	1.24	3.69
31	47.86	0	5.51	0	4.51	8.29788	15.26	22.61
32	109.32	0.12	55.38	0	48.33	62.0249	75.19	85.66
33	142.91	2.31	85.90	0	81.93	94.5466	106.89	118.39
34	65.05	0	14.18	0	11.16	20.2894	28.09	39.25
35	57.93	0	9.18	0	6.36	12.3910	21.32	30.97
36	34.62	0	1.27	0	0.68	2.46898	6.49	11.08

37	69.17	0.005	21.56	0	17.29	23.58	35.57	44.80
38	5.87	0	0.0008	0	0	0.01	0.08	0.47
39	92.25	0.03	36.59	0	33.38	43.30	55.38	65.05
40	9.34	0	0.02	0	0.002	0.05	0.47	1.19
41	42.88	0	4.47	0	2.61	6.90	12.58	19.03
42	61.15	0	12.40	0	8.81	16.45	27.19	34.72
43	7.02	0	0.011	0	0.006	0.34	0.20	0.65
44	61.73	0	13.03	0	10.04	17.42	25.40	37.23
45	33.64	0	1.64	0	0.97	3.12	8.14	12.76
46	36.44	0	1.86	0	1.09	3.17	8.50	12.72
47	44.62	0	5.16	0	3.13	7.45	13.96	20.53
48	42.48	0	4.06	0	2.96	6.27	12.61	19.04
49	46.02	0.68	4.30	0	3.67	7.12	14.22	19.70
50	116.02	0	60.00	0	57.07	64.98	78.31	87.30
51	65.68	0	16.76	0	14.69	22.13	32.92	42.84
52	72.63	0.04	22.74	0	19.09	28.48	39.95	46.91
53	22.94	0	0.55	0	0.32	0.85	2.80	6.98
54	134.39	2.76	75.76	0	70.42	82.48	94.91	105.35
55	52.90	0	9.98	0	7.34	12.58	20.63	29.54
56	15.16	0	0.30	0	0.12	0.65	1.72	3.66
57	28.84	0	1.29	0	1.03	2.52	5.37	10.16
58	25.29	0	0.44	0	0.27	0.72	3.46	6.07
59	54.53	0	11.61	0	9.81	15.13	23.18	31.04
60	74.82	0.003	24.45	0	20.03	28.24	40.27	48.35
61	148.96	2.97	94.69	0	89.13	100.13	113.00	122.89
62	122.34	0.63	65.79	0	61.80	73.08	88.03	97.17
63	51.66	0	6.878	0	5.04	9.76	18.01	27.39
64	70.11	0	17.82	0	14.13	22.55	33.90	43.65
65	112.43	0.56	56.12	0	49.63	63.18	75.37	84.69
66	81.98	0.004	29.19	0	26.38	35.416	45.70	56.71
67	7.80	0	0.20	0	0.017	0.20	0.85	1.43
68	43.64	0	0.15	0	0.18	0.62	1.58	4.11
69	41.39	0	4.91	0	2.98	6.52	13.91	19.87
70	103.08	0.20	47.79	0	44.13	5.29	66.64	77.33
71	65.21	0	14.25	0	12.43	19.59	29.41	39.55
72	32.03	0	1.90	0	1.05	2.90	6.99	11.40
73	149.24	5.94	94.15	0.02	84.40	96.35	113.67	124.36
74	66.76	0.01	19.26	0	16.81	23.86	37.17	42.41
75	15.28	0	0.07	0	0.02	0.17	0.79	2.13
76	43.08	0	3.89	0	3.005	6.74	12.78	20.28
77	5.07	0	0.01	0	0.001	0.07	0.16	0.62
78	120.50	1.10	67.37	0	62.58	71.88	84.87	95.69

79	64.04	0	14.75	0	11.25	18.49	30.21	37.98
80	103.01	0.73	49.51	0	43.73	57.13	67.02	76.32
81	128.61	1.84	75.29	0	68.33	79.99	94.88	103.92
82	8.46	0	0.02	0	0.002	0.07	0.43	1.25
83	139.28	3.89	82.37	0	79.16	91.36	104.35	111.71
84	24.51	0	0.44	0	0.23	1.19	3.58	6.66
85	13.20	0	0.05	0	0.009	0.09	0.69	1.97
86	87.92	0	32.17	0	27.96	38.95	51.19	61.70
87	28.26	0	2.51	0	1.51	3.74	7.19	11.81
88	11.69	0	0.14	0	0.02	0.37	1.12	2.60
89	15.78	0	0.18	0	0.16	0.39	1.62	3.59
90	97.32	0.17	0.21	0	40.27	50.22	63.17	72.18
91	98.53	0.15	43.38	0	37.83	47.35	62.10	72.01
92	21.17	0	0.45	0	0.31	0.90	2.94	6.35
93	120.01	0.39	63.41	0	59.46	0.98	81.83	94.09
94	51.88	0	6.50	0	4.63	9.09	17.75	26.45
95	46.11	0	4.51	0	3.34	7.19	14.20	21.34
96	49.85	0	5.20	0	3.86	7.91	16.60	24.59
97	83.70	0.01	29.18	0	26.62	34.86	47.28	55.37
98	121.72	0.74	63.49	0	59.43	70.01	84.52	94.69
99	2.86	0	0	0	0	0	0.003	0.13
100	34.41	0	1.66	0	0.90	3.34	6.91	12.70
101	3.55	0	0	0	0.001	0.03	0.21	0.45
102	65.68	0	15.25	0	11.81	20.50	32.10	39.00
103	69.84	0	19.83	0	16.91	25.18	35.08	43.76

EK TABLO 5**TÜM UÇUŞLARIN YOLCU KAYIP MASRAFLARI**

UÇUŞ NO	A319-100	A330-300	B737-800	B777-300 ER	A321	A321NEO	B737-900 ER	A320-200
1	5070.87	0.26	1227.93	0	866.95	1135.08	1941.06	2232.01
2	3089.93	0	300.40	0	174.78	344.58	689.81	959.16
3	449.84	0	10.81	0	5.19	16.23	40.97	81.38
4	1904.94	0	230.39	0	145.18	257.54	445.83	596.58
5	2509.85	0	1.34	0	0.43	2.83	9.996120407	33.98
6	1971.52	0	329.72	0	232.08	351.93	619.618	736.70
7	844.65	0	34.36	0	19.24	46.20	110.47	189.69
8	81.66	0	0.08	0	0	0.13	0.06	4.27
9	1311.48	0	162.65	0	85.39	165.62	327.22	438.41
10	3264.93	0	40.58	0	201.17	388.23	797.61	1181.26
11	647.44	0	444.99	0	3.78	3.58	18.50	67.27
12	278.98	0	0.66	0	0.03	2.22	11.46	26.66
13	3789.87	0	646.93	0	458.82	636.58	1178.77	1499.25
14	3325.46	0	284.65	0	161.76	351.63	750.99	1055.29
15	2325.49	0.56	393.93	0	238.35	372.49	68534.76	881.20
16	352.25	0	0.80	0	1.051	2.35	14.01	34.71
17	1578.57	0	188.74	0	129.71	214.39	413.98	548.79
18	2139.87	0	35.79	0	16.18	37.07	108.04	204.15
19	2666.21	0.16	692.93	0	494.54	624.69	1004.47	1195.66
20	4454.08	71.27	1757.81	0.01	1338.02	1505.92	2133.33	2339.66
21	3264.13	0	745.83	0	5118	725.88	1189.823253	1436.62
22	2529.72	0	318.46	0	233.58	364.48	688.1765372	919.83
23	2016.16	0	24.00	0	10.21	40.85	168.2386271	366.57
24	145.68	0	0.29	0	0	0.07	1.218829404	5.14
25	1045.91	0	30.66	0	14.73	37.94	112.6855762	209.76
26	439.52	0	0.96	0	0.05	3.10	15.87291872	36.81
27	3964.28	0.63	760.09	0	535.31	771.95	1322.17	1596.40
28	3767.98	0	568.40	0	365.94	4173.71	1124.95	1124.95
29	1482.99	0	30.92	0	12.52	42.20	126.39	263.61
30	1769.18	0	5.30	0	2.84	18.05	79.17	235.37
31	3534.58	0	254.39	0	166.54	306.35	704.25	1043.61
32	2886.09	3.23	913.84	0	637.97	818.72	1240.76	1413.42
33	4184.55	25.42	1572.04	0	1199.50	1384.16	1956.14	2166.68
34	1904.80	0	259.64	0	163.39	297.03	514.14	718.36
35	1529.40	0	151.59	0	84.02	163.56	351.88	511.14
36	1282.54	0	29.52	0	12.77	45.72	150.46	256.56

37	2678.60	0.07	521.87	0	334.77	456.65	860.87	1084.38
38	222.40	0	0.02	0	0	0.19	2.01	11.32
39	5269.54	0.68	1306.38	0	953.39	1236.83	1977.19	2322.49
40	787.42	0	1.22	0	0.11	2.33	24.98	62.65
41	1660.49	0	108.39	0	50.53	133.70	304.66	460.69
42	1790.71	0	227.08	0	129.04	240.84	497.60	635.46
43	260.37	0	0.26	0	0.12	6.48	4.71	15.12
44	1629.83	0	215.04	0	132.64	229.95	419.12	614.30
45	2484.57	0	76.14	0	35.89	115.50	375.73	589.33
46	3714.25	0	118.68	0	56.01	161.60	542.06	810.64
47	3116.46	0	225.32	0	109.45	260.21	609.61	896.52
48	3137.17	0	187.39	0	109.53	231.74	582.40	878.84
49	1781.91	10.00	104.06	0	71.17	137.98	344.18	476.89
50	3063.0	0	990.08	0	753.35	857.85	1292.13	1440.54
51	2543.41	0	405.64	0	284.57	428.56	796.74	1036.82
52	4148.95	0.98	812.02	0	545.43	813.63	1426.36	1674.88
53	849.84	0	12.84	0	5.96	15.74	64.99	161.71
54	3935.01	30.38	1386.44	0	1031.09	1207.64	1736.88	1927.95
55	1396.80	0	164.81	0	96.93	166.11	340.54	487.52
56	1058.99	0	13.50	0	4.38	22.74	75.43	160.17
57	2129.82	0	59.85	0	38.21	93.36	248.00	469.33
58	2577.99	0	28.14	0	13.91	36.85	220.47	386.75
59	2111.55	0	281.10	0	190.02	292.92	561.05	751.21
60	2190.91	0.04	447.55	0	293.25	413.54	737.09	884.84
61	4361.70	32.64	1732.97	0	1304.89	1465.95	2067.94	2248.90
62	3229.93	6.28	1085.58	0	815.78	964.68	1452.52	1603.46
63	3814.73	0	317.44	0	186.2559	360.44	831.44	1264.37
64	4004.87	0	636.46	0	403.55	644.06	1210.40	1558.54
65	6422.13	12.03	2003.51	0	1417.58	1804.57	2691.04	3023.70
66	3174.39	0.06	706.60	0	510.75	685.58	1105.94	1372.39
67	295.34	0	4.78	0	0.32	3.86	20.33	33.83
68	3676.24	0	8.08	0	7.96	26.28	83.59	433428.64
69	3056.36	0	226.61	0	110.07	240.97	642.08	917.36
70	3018.20	2.27	874.62	0	646.16	77.53	1219.65	1415.22
71	1721.71	0	235.20	0	164.18	258.64	485.42	652.61
72	2237.28	0	83.07	0	36.72	101.32	305.36	497.84
73	4369.85	65.25	1723.07	0.20	1235.69	1410.69	2080.29	2275.85
74	3813.72	0.23	687.65	0	240.12	681.54	1327.03	1514.04
75	1558.23	0	4.59	0	1.28	9.07	50.80	136.06
76	3181.14	0	179.93	0	110.96	249.03	590.17	936.28
77	187.82	0	0.32	0	0.03	1.41	3.82	14.47
78	6883.53	23.56	2405.38	0	1787.54	2053.04	3030.10	3416.21

79	2479.97	0	357.07	0	217.98	358.06	731.27	919.26
80	3988.72	10.68	1198.32	0	846.67	1106.14	1621.96	1847.05
81	3395.37	18.31	1242.41	0	902.02	1055.87	1565.56	1714.78
82	320.29	0	0.68	0	0.04	1.41	10.34	29.69
83	4078.31	42.73	1507.50	0	1159.03	1337.56	1909.65	2044.47
84	1810.46	0	20.68	0	8.85	44.25	165.49	307.65
85	1112.05	0	2.9	0	0.38	3.93	36.82	104.02
86	3404.52	0	778.65	0	541.31	754.25	1238.80	1493.26
87	2087.18	0	115.85	0	55.98	138.35	331.90	545.12
88	816.90	0	6.17	0	0.85	13.20	49.00	113.70
89	584.74	0	4.26	0	3.00	7.376	3760	83.12
90	5559.35	3.82	7.80	0	1150.29	1434.51	2255.34	2576.95
91	2885.06	1.66	793.92	0	553.90	693.28	1136.54	1317.90
92	1479.18	0	19.88	0	10.99	31.75	128.48	277.58
93	3168.28	3.89	1046.31	0	784.93	12.98	1350.24	1552.51
94	2963.89	0	232.37	0	132.33	259.74	633.91	944.58
95	1785.48	0	109.27	0	64.81	139.26	343.64	516.52
96	1316.28	0	85.90	0	51.01	104.45	274.00	405.80
97	2450.74	0.16	533.99	0	389.76	510.37	865.36	1013.34
98	3564.12	8.18	1161.88	0	870.05	1025.06	1546.80	1732.95
99	105.94	0	0	0	0	0	0.075	3.12
100	908.61	0	27.51	0	11.91	44.21	114.15	209.58
101	248.58	0	0	0	0.06	1.06	9.47	20.045
102	2543.20	0	369.13	0	228.69	396.97	776.82	944.02
103	3989.70	0	708.24	0	483.12	719.16	1252.47	1562.41

EK TABLO 6**TEKRAR ALIM ORANI UYGULANDIKTAN SONRA HESAPLANAN YOLCU
KAYIP MASRAFLARI**

UÇUŞ NO	A319- 100	A330- 300	B737-800	B777- 300 ER	A321	A321NEO	B737- 900 ER	A320-200
1	3042.52	0.16	736.76	0	520.17	681.05	1164.63	1339.20
2	1853.96	0	180.24	0	104.87	206.74	413.89	575.49
3	269.90		6.49	0	3.11	9.74	24.58	48.83
4	1142.96	0	138.23	0	87.11	154.52	267.50	357.95
5	1505.91	0	0.80	0	0.26	1.70	5.99	20.39
6	1182.91	0	197.83	0	139.24	211.16	371.77	442.02
7	506.79	0	20.61	0	11.54	27.72	66.28	113.81
8	49.0	0	0.05	0	0	0.08	0.04	2.56
9	786.88	0	97.59	0	51.23	99.37	196.33	263.04
10	1958.96	0	24.35	0	120.70	232.94	478.56	708.75
11	388.46	0	266.99	0	2.26	2.15	11.10	40.36
12	167.39	0	0.40	0	0.02	1.33	6.87	16.00
13	2273.92	0	388.15	0	275.29	381.95	707.26	899.55
14	1995.28	0	170.79	0	97.06	210.98	450.59	633.17
15	1395.29	0.34	236.36	0	143.01	223.49	41120.86	528.72
16	211.33	0	0.485	0	0.63	1.41	8.40	20.83
17	947.14	0	113.24	0	77.83	128.63	248.38	329.27
18	1283.92	0	21.47	0	9.71	22.24	64.82	122.49
19	1599.72	0.10	415.75	0	296.72	374.81	602.68	717.39
20	2672.45	42.76	1054.68	0.007	802.81	903.55	1280.00	1403.79
21	1958.48	0	447.50	0	307.08	435.52	713.89	861.97
22	1517.83	0	191.0	0	140.15	218.68	412.90	551.89
23	1209.69	0	14.40	0	6.12	24.51	100.94	219.94
24	87.41	0	0.17	0	0	0.047	0.73	3.08
25	627.55	0	18.3	0	8.84	22.76	67.61	125.85
26	263.71	0	0.57	0	0.03	1.86	9.52	22.09
27	2378.56	0.38	456.05	0	321.18	463.17	793.30	957.84
28	2260.79	0	341.04	0	219.56	2504.23	674.97	674.97
29	889.79	0	18.55	0	7.51	25.32	75.83	158.17
30	1061.51	0	3.18	0	1.70	10.83	47.50	141.22
31	2120.74	0	152.63	0	99.92	183.81	422.55	626.16
32	1731.65	1.93	548.30	0	382.78	491.23	744.45	848.05
33	2510.73	15.25	943.22	0	719.70	830.49	1173.68	1300.01
34	1142.88	0	155.78	0	98.03	178.22	308.48	431.01
35	917.642	0	90.95	0	50.41	98.13	211.13	306.68

36	769.52	0	17.71	0	7.66	27.43	90.28	153.93
37	1607.16	0.04	313.12	0	200.86	273.99	516.52	650.63
38	133.44	0	0.01	0	0	0.11	1.21	6.79
39	3161.72	0.41	783.83	0	572.03	742.10	1186.31	1393.49
40	472.45	0	0.73	0	0.06	1.40	14.99	37.59
41	996.29	0	65.03	0	30.32	80.22	182.79	276.41
42	1074.42	0	136.25	0	77.42	144.50	298.56	381.28
43	156.22	0	0.16	0	0.07	3.88	2.82	9.07
44	977.89	0	129.02	0	79.58	137.97	251.47	368.58
45	1490.74	0	45.68	0	21.53	69.30	225.44	353.59
46	2228.71	0	71.21	0	33.61	96.96	325.24	486.38
47	1869.87	0	135.19	0	65.67	156.12	365.76	537.91
48	1882.30	0	112.43	0	65.71	139.04	349.44	527.30
49	1069.15	6.00	62.43	0	42.70	82.79	206.51	286.13
50	1837.85	0	594.05	0	452.01	514.71	775.27	864.32
51	1526.05	0	243.38	0	170.74	257.13	478.04	622.09
52	2489.37	0.59		0	327.25	488.18	855.81	1004.93
53	509.90	0	7.70	0	3.58	9.44	38.99	97.02
54	2361.00	18.23	831.86	0	618.65	724.58	1042.13	1156.77
55	838.08	0	98.88	0	58.15	99.67	204.32	292.51
56	635.39	0	8.10	0	2.63	13.64	45.26	96.10
57	1277.89	0	35.91	0	22.92	56.02	148.80	281.59
58	1546.79	0	16.88	0	8.34	22.11	132.28	232.05
59	1266.93	0	168.66	0	114.01	175.75	336.63	450.73
60	1314.54	0.02	268.53	0	175.95	248.12	442.25	530.90
61	2617.02	19.58	1039.78	0	782.93	879.57	1240.76	1349.34
62	1937.96	3.77	651.35	0	489.46	578.81	871.51	962.07
63	2288.84	0	190.46	0	111.75	216.26	498.86	758.62
64	2402.92	0	381.87	0	242.13	386.43	726.24	935.12
65	3853.27	7.22	1202.11	0	850.55	1082.74	1614.62	1814.22
66	1904.63	0.03	423.96	0	306.45	411.35	663.56	823.43
67	177.20	0	2.87	0	0.19	2.31	12.20	20.30
68	2205.74	0	4.84	0	4.78	15.77	50.15	#####
69	1833.81	0	135.96	0	66.04	144.58	385.25	550.42
70	1810.92	1.36	524.77	0	387.69	46.52	731.79	849.13
71	1033.03	0	141.12	0	98.51	155.18	291.25	391.57
72	1342.37	0	49.84	0	22.03	60.79	183.22	298.70
73	2621.91	39.15	1033.84	0.12	741.41	846.41	1248.17	1365.51
74	2288.23	0.14	412.59	0	144.07	408.92	796.22	908.42
75	934.94	0	2.75	0	0.76	5.44	30.48	81.63
76	1908.68	0	107.96	0	66.58	149.41	354.10	561.77
77	112.69	0	0.19	0	0.01	0.84	2.29	8.68

78	4130.11	14.14	1443.22	0	1072.52	1231.82	1818.06	2049.72
79	1487.98	0	214.24	0	130.79	214.83	438.76	551.56
80	2393.23	6.41	718.99	0	508.00	663.68	973.17	1108.23
81	2037.22	10.98	745.44	0	541.21	633.52	939.34	1028.86
82	192.17	0	0.410	0	0.02	0.84	6.20	17.81
83	2446.98	25.64	904.50	0	695.42	802.54	1145.79	1226.68
84	1086.27	0	12.41	0	5.31	26.55	99.29	184.59
85	667.23	0	1.75	0	0.23	2.36	22.09	62.41
86	2042.71	0	467.19	0	324.78	452.55	743.28	895.95
87	1252.30	0	69.51	0	33.58	83.01	199.14	327.07
88	490.14	0	3.70	0	0.51	7.92	29.40	68.22
89	350.84	0	2.55	0	1.80	4.42	25.02	49.87
90	3335.61	2.29	4.68	0	690.17	860.71	1353.20	1546.17
91	1731.03	1.00	476.35	0	332.34	415.96	681.92	790.74
92	887.50	0	11.93	0	6.59	19.05	77.09	166.55
93	1900.96	2.33	627.78	0	470.96	7.79	810.14	931.50
94	1778.33	0	139.42	0	79.40	155.84	380.34	566.75
95	1071.28	0	65.56	0	38.88	83.55	206.18	309.91
96	789.76	0	51.54	0	30.61	62.67	164.40	243.48
97	1470.44	0.10	320.39	0	233.85	306.22	519.21	608.00
98	2138.47	4.91	697.13	0	522.03	615.03	928.08	1039.77
99	63.56	0	0	0	0	0	0.04	0.67
100	545.17	0	16.50	0	7.14	26.53	68.49	125.75
101	149.14	0	0.00	0	0.04	0.64	5.68	12.02
102	1525.92	0	221.48	0	137.21	238.18	466.09	566.41
103	2393.82	0	424.94	0	289.87	431.50	751.48	937.44

EK TABLO 7**TÜM UÇUŞLAR İÇİN HESAPLANAN TOPLAM UÇUŞ MALİYETLERİ**

UÇUŞ NO	A319 -100	A330 -300	B737-800	B777-300 ER	A321	A321 NEO	B737-900 ER	A320 -200
1	8697	4355	6134	5712	6060	5878	7197	7015
2	8768	5325	6780	6984	6879	6562	7790	7515
3	2883	2013	2501	2640	2563	2412	2813	2672
4	4976	2952	3797	3872	3842	3678	4357	4205
5	5252	2885	3576	3784	3670	3445	4002	3780
6	4081	2232	6623	2928	2979	2875	3464	3351
7	4340	2952	3679	3872	3767	3551	4156	3961
8	3795	2885	3575	3784	3670	3443	3996	3762
9	3685	2232	2864	2928	2891	2763	3289	3172
10	7613	4355	5422	5712	5661	5430	6511	6385
11	7302	5325	6866	6984	6776	6357	7387	6980
12	2780	2013	2495	2640	2560	2403	2795	2639
13	7928	4355	5785	5712	5815	5579	6740	6575
14	8909	5325	6770	6984	6871	6566	7827	7573
15	5228	2952.74	3895.40	3872	3898.85	3747.01	45210.66	4376.52
16	3957	2885.3	3576.36	3784	3671.11	3444.85	4005.25	3781.18
17	3845	2232.6	2880.20	2928	2917.99	2793.11	3341.08	3238.97
18	5117	2952.4	3680.51	3872	3765.55	3545.76	4154.62	3970.29
19	4213	2013.10	2910.55	2640	2857.52	2777.21	3391.18	3340.89
20	5571	42.76	3821.64	2928	3642.97	3568.03	4372.70	4313.49
21	5625	2824.3	3947.78	3704	3899.96	3806.16	4626.24	4542.82
22	535	2952.4	3850.11	3872	3895.99	3742.20	4502.70	4399.69
23	9549	6423.3	7975.08	8424	8177.40	7690.35	8998.79	8591.29
24	3833	2885.3	3576.05	3784	3670	3443.48	3997.58	3763.43
25	4460	2952.4	3677.43	3872	3764.68	3546.28	4157.41	3973.65
26	4009	2885.3	3576.459	3784	3670.51	3445.30	4006.37	3782.44
27	8033	4355.78	5853.89	5712	5861.82	5661.09	6826.60	6634.14
28	7915	4355.4	5738.88	5712	5760.20	7702.15	6708.27	6351.27
29	7803	5325.3	6618.43	6984	6781.99	6380.76	7452.68	7098.52
30	11151	7771.4	9634.622	10192	9887.94	9285.55	10812.80	10269.5
31	9430	5630.3	7130.51	7384	7262.40	6903.25	8221.90	7964.01
32	4345	2014.93	3043.10	2640	2943.58	2893.63	3532.95	3471.55
33	5409	2247.85	3710.18	2928	3559.86	3494.97	4266.38	4209.71
34	4041	2232.6	2922.74	2928	2938.19	2842.70	3401.18	3340.71
35	3531	2013	2585.75	2640	2611.21	2500.53	2999.63	2930.18

36	4436	2824.3	3517.99	3704	3600.54	3398.07	4002.63	3834.78
37	5440	2952.44	3972.16	3872	3956.70	3797.51	4606.32	4498.43
38	3879	2885.3	3575.89	3784	3670	3443.55	3998.06	3767.14
39	8816	4355.81	6181.67	5712	6112.67	5940.02	7219.61	7069.79
40	8812	6423.3	7961.41	8424	8171.34	7667.24	8912.84	8408.94
41	4829	2952.4	3724.07	3872	3786.16	3603.74	4272.59	4124.21
42	3973	2232.6	2903.21	2928	2917.58	2808.98	3391.26	3290.98
43	3823	2824.3	3500.44	3704	3592.95	3374.52	3915.17	3689.92
44	3591	2013	2623.82	2640	2640.38	2540.37	3039.97	2992.08
45	8800	5630.3	7023.56	7384	7184.01	6788.74	8024.79	7691.44
46	12318	7771.4	9702.65	10192	9919.85	9371.68	11090.5	10614.6
47	8784	5325.3	6735.07	6984	6840.15	6511.56	7742.61	7478.26
48	9192	5630.3	7090.31	7384	7228.19	6858.48	8148.79	7865.15
49	4902	2958.40	3721.47	3872	3798.54	3606.31	4296.31	4133.93
50	4451	2013	3088.85	2640	3012.81	2917.11	3563.77	3487.82
51	5359	2952.4	3902.42	3872	3926.58	3780.65	4567.84	4469.89
52	8144	4355.99	5885.05	5712	5867.89	5686.10	6889.11	6681.23
53	4176	2824.3	3507.98	3704	3596.46	3380.08	3951.34	3777.87
54	5259	2250.83	3598.82	2928	3458.81	3389.06	4134.83	4066.47
55	3451	2013	2593.68	2640	2618.95	2502.07	2992.82	2916.01
56	7549	5325.3	6607.98	6984	6777.11	6369.08	7422.11	7036.45
57	8588	5630.3	7013.79	7384	7185.40	6775.46	7948.15	7619.44
58	11636	7771.4	9648.32	10192	9894.58	9296.83	10897.58	10360.3
59	5100	2952.4	3827.70	3872	3869.85	3699.27	4426.43	4298.53
60	4213	2232.62	3035.49	2928	3016.11	2912.60	3534.95	3440.60
61	5515	2252.18	3806.74	2928	3623.09	3544.05	4333.46	4259.04
62	4551	2016.77	3146.15	2640	3050.26	2981.21	3660.01	3585.57
63	9599	5630.3	7168.34	7384	7274.23	6935.70	8298.21	8096.47
64	8057	4355.4	5779.71	5712	5782.77	5584.35	6759.54	6611.42
65	9508	4362.62	6599.95	5712	6391.19	6280.66	7647.92	7490.52
66	5737	2952.43	4083.00	3872	4062.29	3934.87	4753.36	4671.23
67	3923	2885.3	3578.75	3784	3670.67	3445.75	4009.05	3780.65
68	10545	6423.3	7965.52	8424	8176.06	7681.61	8948.00	268428
69	9143	5630.3	7113.84	7384	7228.52	6864.02	8184.60	7888.27
70	4709	2233.96	3291.73	2928	3227.85	2711.00	3824.49	3758.83
71	3646	2013	2635.92	2640	2659.31	2557.58	3079.75	3015.07
72	8256	5325.3	6649.72	6984	6796.51	6416.23	7560.07	7239.05
73	5520	5364.45	3800.80	2928.12	3581.57	3510.89	4340.87	4275.21
74	7943	4355.54	5810.43	5712	5684.71	5606.84	6829.52	6584.72
75	11025	7771.4	9634.19	10192	9887.00	9280.16	10795.78	10209.9
76	9218	5630.3	7085.84	7384	7229.06	6868.85	8153.45	7899.62
77	3779	2824.3	3500.47	3704	3592.89	3371.48	3914.64	3689.53

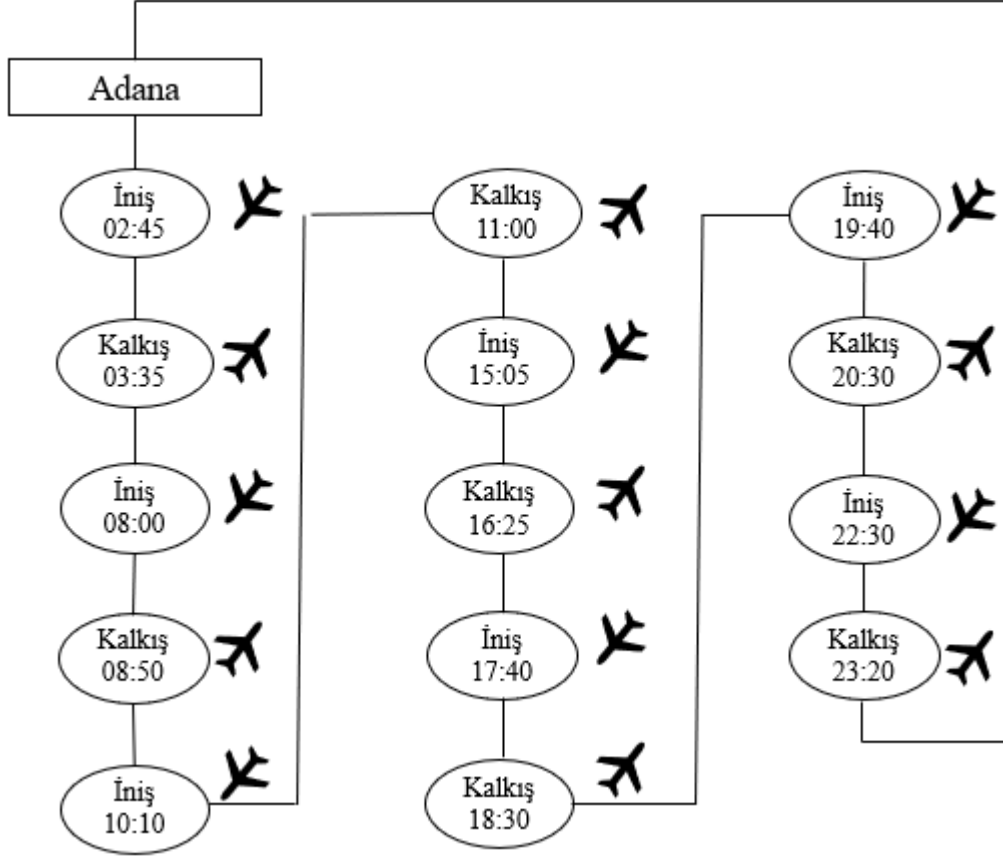
78	9784	2838.44	6841.06	5712	6613.16	6429.74	7851.36	7726.02
79	5321	2952.4	3873.28	3872	3886.63	3738.35	4528.56	4399.36
80	6226	2958.81	4378.03	3872	4263.84	4187.20	5062.97	4956.03
81	4650	2023.98	3240.24	2640	3102.01	3035.92	3727.84	3652.36
82	3938	2885.3	3576.29	3784	3670.50	3444.28	4003.05	3778.16
83	5345	2258.24	3671.46	2928	3535.58	3467.02	4238.49	4136.38
84	8396	5630.3	6990.29	7384	7167.79	6745.99	7898.64	7522.44
85	9006	6423.3	7962.43	8424	8171.51	7668.20	8919.94	8433.76
86	5875	2952.4	4126.23	3872	4080.62	3976.07	4833.08	4743.75
87	8562	5630.3	7047.39	7384	7196.06	6802.45	7998.49	7664.92
88	7404	5325.3	6603.58	6984	6774.99	6363.36	7406.25	7008.57
89	4017	2824.3	3502.83	3704	3594.68	3375.06	3937.37	3730.72
90	8990	4357.69	5402.52	5712	6230.81	6058.63	7386.50	7222.47
91	4629	2233.60	3243.31	2928	3172.50	3080.44	3774.62	3700.44
92	7801	5325.3	6611.81	6984	6781.07	6374.49	7453.94	7106.90
93	4514	2015.33	3122.58	2640	3031.76	2410.19	3598.64	3555.00
94	7433	4355.4	5537.26	5712	5620.04	5353.76	6413.64	6243.05
95	4904	2952.4	3724.60	3872	3794.72	3607.07	4295.98	4157.71
96	3403	2013	2546.34	2640	2591.41	2465.07	2952.90	2866.98
97	4369	2232.70	3087.35	2928	3074.01	2970.70	3611.91	3517.70
98	5037	2237.51	3464.09	2928	3362.19	3279.51	4020.78	3949.47
99	3730	2824.3	3500	3704	3593	3371	3912.39	3681.52
100	3158	2013	2511.30	2640	2567.94	2428.93	2856.99	2749.25
101	7063	5325.3	6599.88	6984	6774.52	6356.08	7382.53	6952.37
102	5359	2952.4	3880.52	3872	3893.05	3761.70	4555.89	4414.21
103	8048	4355.4	5822.78	5712	5830.51	5629.42	6784.78	6613.74

EK TABLO 8**ADANA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI**

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
1	İSTANBUL	01:20	ADANA	02:45
10	ADANA	03:35	İSTANBUL	05:15
13	İSTANBUL	06:35	ADANA	08:00
27	İSTANBUL	08:50	ADANA	10:10
28	ADANA	08:50	İSTANBUL	10:25
39	ADANA	11:00	İSTANBUL	12:40
52	İSTANBUL	13:40	ADANA	15:05
64	İSTANBUL	16:15	ADANA	17:40
65	ADANA	16:25	İSTANBUL	18:00
74	İSTANBUL	18:15	ADANA	19:40
78	ADANA	18:30	İSTANBUL	20:05
90	ADANA	20:30	İSTANBUL	22:10
94	İSTANBUL	21:05	ADANA	22:30
103	ADANA	23:20	İSTANBUL	01:00

EK ŞEKİL 9

ADANA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI



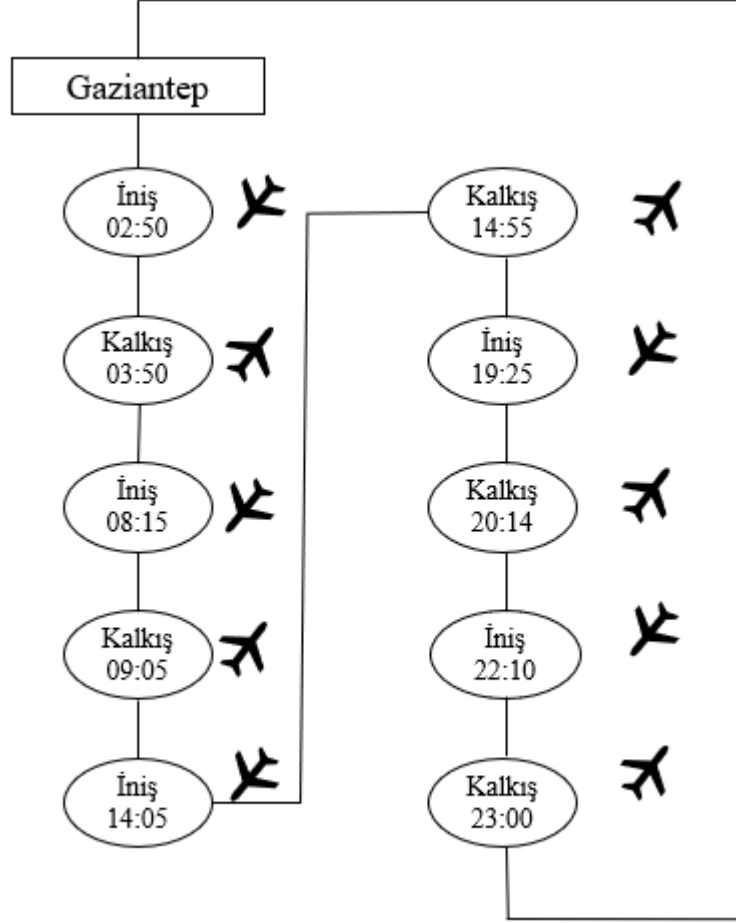
EK TABLO 10

GAZİANTEP DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
2	İSTANBUL	01:20	GAZİANTEP	02:50
11	GAZİANTEP	03:50	İSTANBUL	05:40
14	İSTANBUL	06:40	GAZİANTEP	08:15
29	GAZİANTEP	09:05	İSTANBUL	10:50
47	İSTANBUL	12:30	GAZİANTEP	14:05
56	GAZİANTEP	14:55	İSTANBUL	16:40
72	İSTANBUL	17:55	GAZİANTEP	19:25
88	GAZİANTEP	20:15	İSTANBUL	22:05
92	İSTANBUL	20:40	GAZİANTEP	22:10
101	GAZİANTEP	23:00	İSTANBUL	00:55

EK ŞEKİL 11

GAZİANTEP İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI

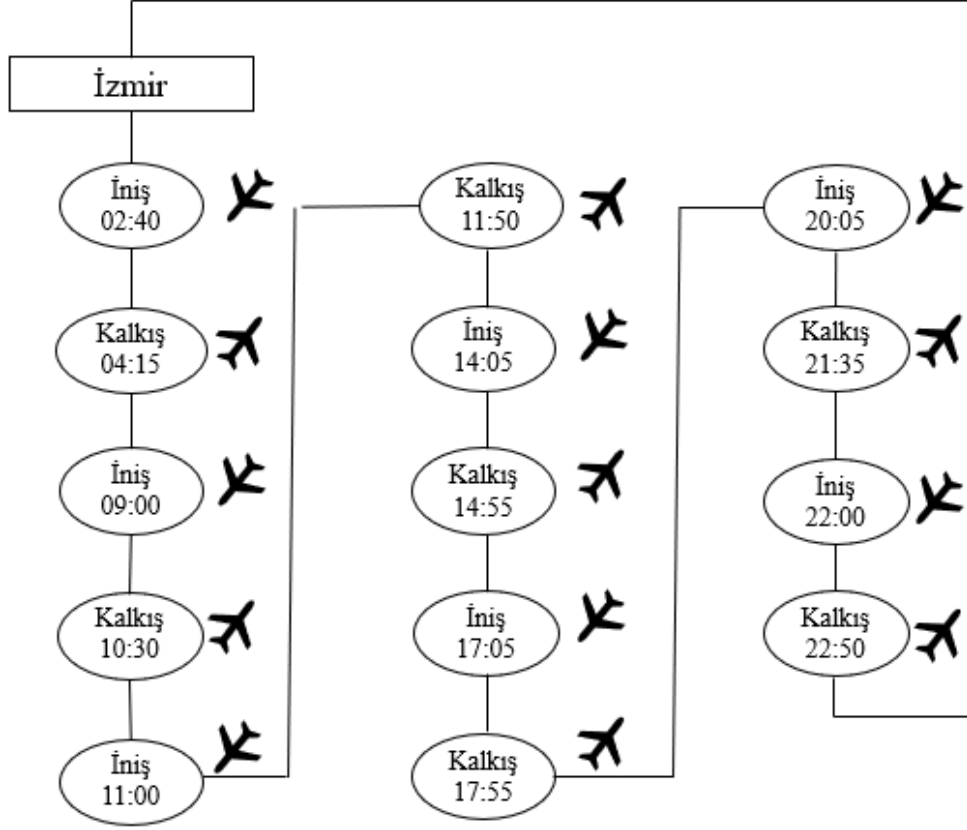


EK TABLO 12**İZMİR DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI**

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
3	İSTANBUL	01:35	İZMİR	02:40
12	İZMİR	04:15	İSTANBUL	05:30
19	İSTANBUL	08:00	İZMİR	09:00
32	İSTANBUL	10:00	İZMİR	11:00
35	İZMİR	10:30	İSTANBUL	11:45
44	İZMİR	11:50	İSTANBUL	13:00
50	İSTANBUL	13:00	İZMİR	14:05
55	İZMİR	14:55	İSTANBUL	16:10
62	İSTANBUL	16:00	İZMİR	17:05
71	İZMİR	17:55	İSTANBUL	19:10
81	İSTANBUL	19:00	İZMİR	20:05
93	İSTANBUL	21:00	İZMİR	22:00
96	İZMİR	21:35	İSTANBUL	22:55
100	İZMİR	22:50	İSTANBUL	00:05

EK ŞEKİL 13

İZMİR İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI

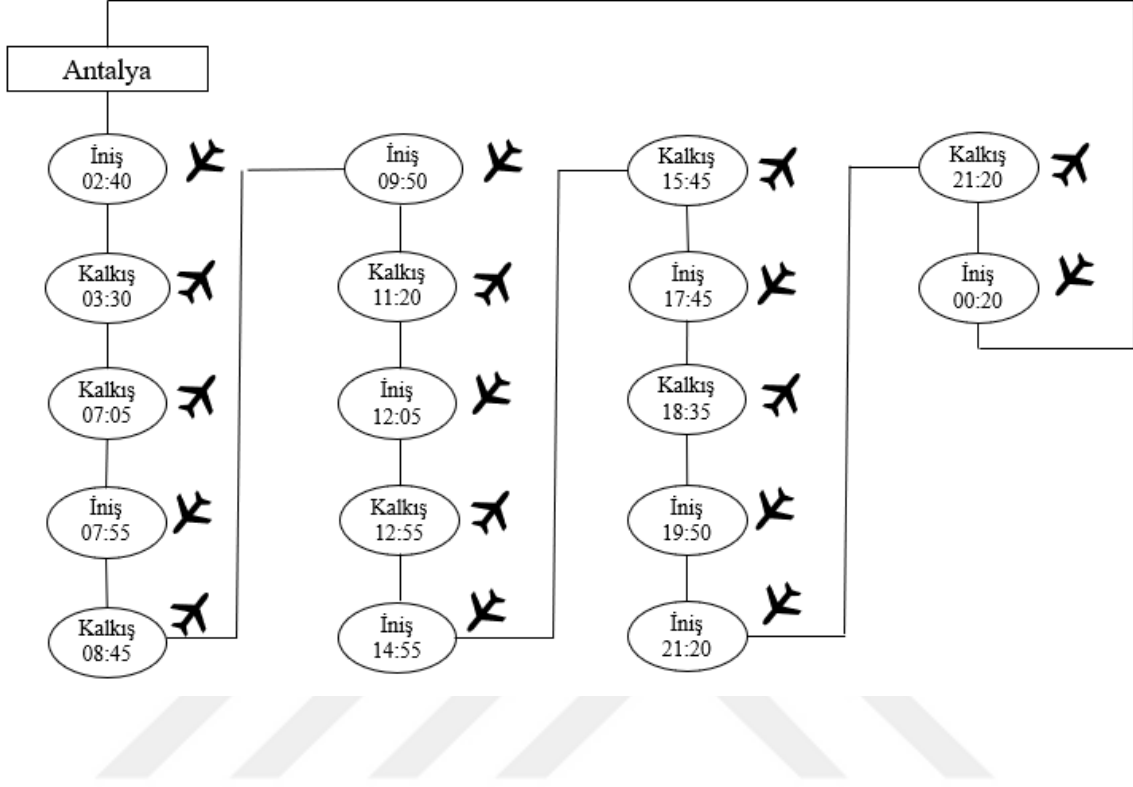


EK TABLO 14**ANTALYA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI**

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
4	İSTANBUL	01:35	ANTALYA	02:40
7	ANTALYA	03:30	İSTANBUL	04:55
15	İSTANBUL	06:45	ANTALYA	07:55
18	ANTALYA	07:05	İSTANBUL	08:30
22	İSTANBUL	08:40	ANTALYA	09:50
25	ANTALYA	08:45	İSTANBUL	10:15
37	İSTANBUL	10:55	ANTALYA	12:05
41	ANTALYA	11:20	İSTANBUL	12:45
49	ANTALYA	12:55	İSTANBUL	14:15
51	İSTANBUL	13:40	ANTALYA	14:55
59	ANTALYA	15:45	İSTANBUL	17:10
66	İSTANBUL	16:35	ANTALYA	17:45
79	ANTALYA	18:35	İSTANBUL	20:00
80	İSTANBUL	18:40	ANTALYA	19:50
86	İSTANBUL	20:10	ANTALYA	21:20
95	ANTALYA	21:20	İSTANBUL	22:45
102	İSTANBUL	23:10	ANTALYA	00:20

EK ŞEKİL 15

ANTALYA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI



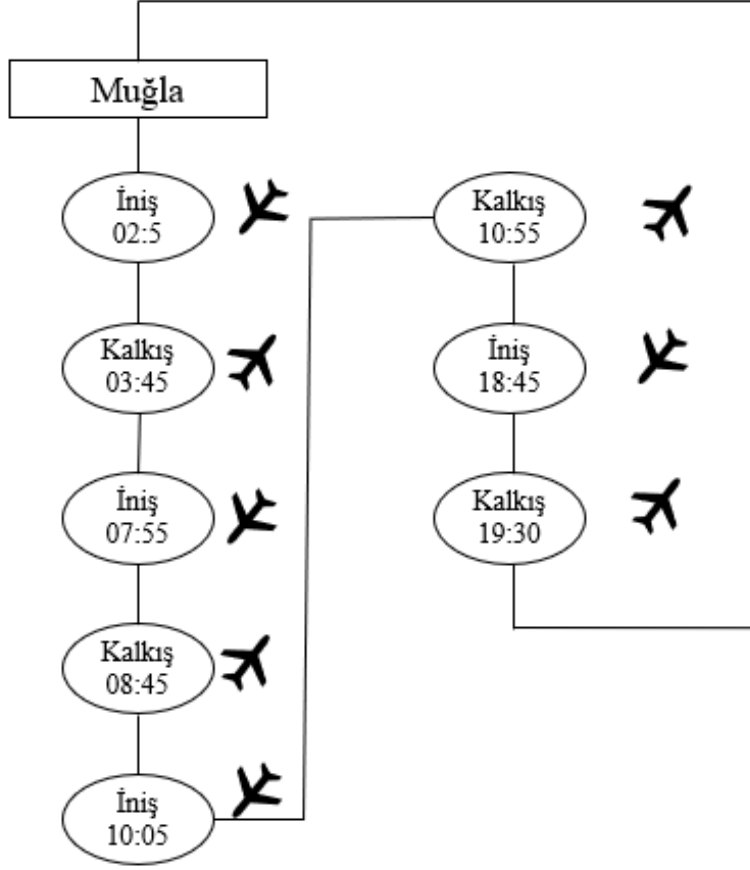
EK TABLO 16

MUĞLA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
5	İSTANBUL	01:50	MUĞLA	02:55
8	MUĞLA	03:45	İSTANBUL	05:05
16	İSTANBUL	06:45	MUĞLA	07:55
24	MUĞLA	08:45	İSTANBUL	10:05
26	İSTANBUL	08:50	MUĞLA	10:05
38	MUĞLA	10:55	İSTANBUL	12:20
67	İSTANBUL	17:25	MUĞLA	18:40
82	MUĞLA	19:30	İSTANBUL	21:00

EK ŞEKİL 17

MUĞLA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI

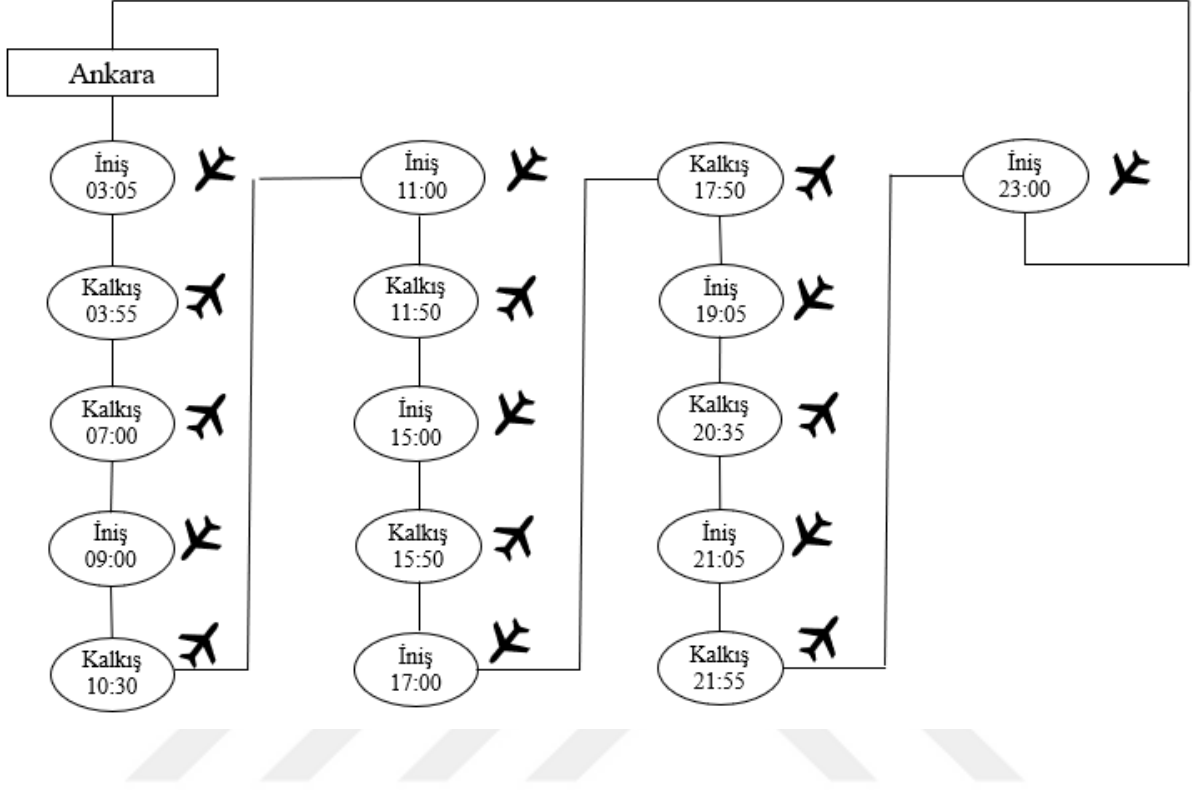


EK TABLO 18**ANKARA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI**

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
6	İSTANBUL	02:00	ANKARA	03:05
9	ANKARA	03:55	İSTANBUL	05:05
17	ANKARA	07:00	İSTANBUL	08:10
20	İSTANBUL	08:00	ANKARA	09:00
33	İSTANBUL	10:00	ANKARA	11:00
34	ANKARA	10:30	İSTANBUL	11:40
42	ANKARA	11:50	İSTANBUL	12:55
54	İSTANBUL	14:00	ANKARA	15:00
60	ANKARA	15:50	İSTANBUL	17:00
61	İSTANBUL	16:00	ANKARA	17:00
70	ANKARA	17:50	İSTANBUL	19:00
73	İSTANBUL	18:00	ANKARA	19:05
83	İSTANBUL	20:00	ANKARA	21:05
91	ANKARA	20:35	İSTANBUL	21:45
97	ANKARA	21:55	İSTANBUL	23:05
98	İSTANBUL	22:00	ANKARA	23:00

EK ŞEKİL 19

ANKARA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI



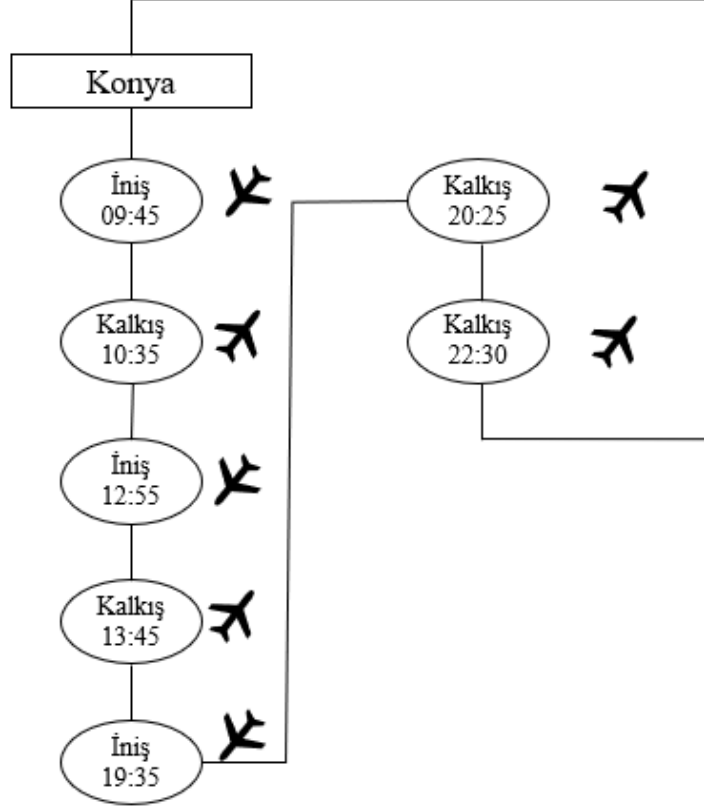
EK TABLO 20

KONYA DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
21	İSTANBUL	08:35	KONYA	09:45
36	KONYA	10:35	İSTANBUL	11:55
43	İSTANBUL	11:50	KONYA	12:55
53	KONYA	13:45	İSTANBUL	15:05
77	İSTANBUL	18:30	KONYA	19:35
89	KONYA	20:25	İSTANBUL	21:50
99	KONYA	22:30	İSTANBUL	00:30

EK ŞEKİL 21

KONYA İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI



EK TABLO 22

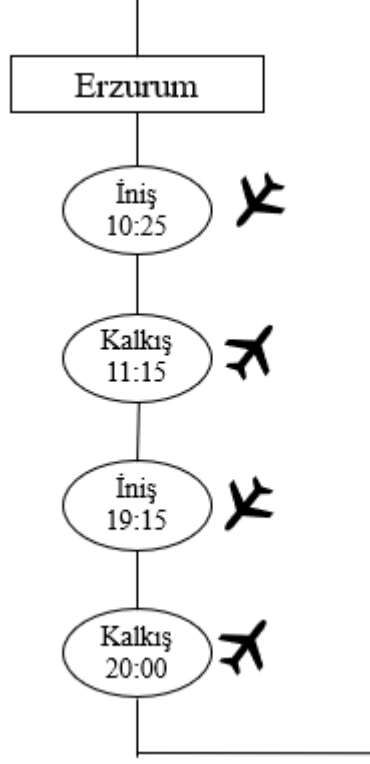
ERZURUM DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
23	İSTANBUL	08:40	ERZURUM	10:25
40	ERZURUM	11:15	İSTANBUL	13:20
68	İSTANBUL	17:25	ERZURUM	19:10
85	ERZURUM	20:00	İSTANBUL	22:00



EK ŞEKİL 23

ERZURUM İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI



EK TABLO 24

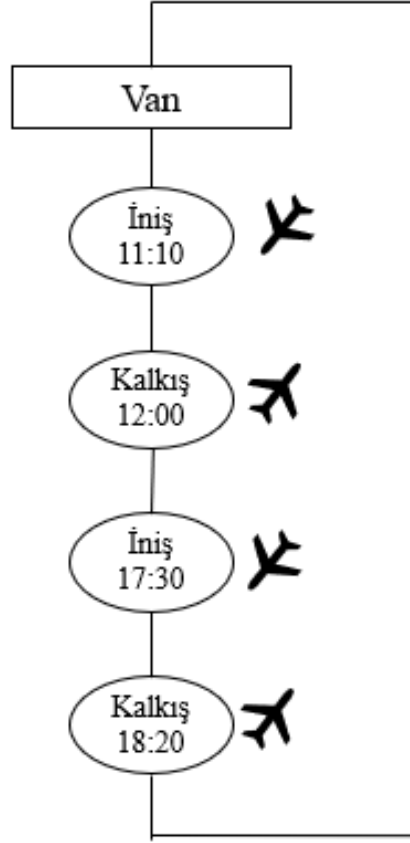
VAN DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
30	İSTANBUL	09:15	VAN	11:10
46	VAN	12:00	İSTANBUL	14:20
58	İSTANBUL	15:35	VAN	17:30
75	VAN	18:20	İSTANBUL	20:40



EK ŞEKİL 25

VAN İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI



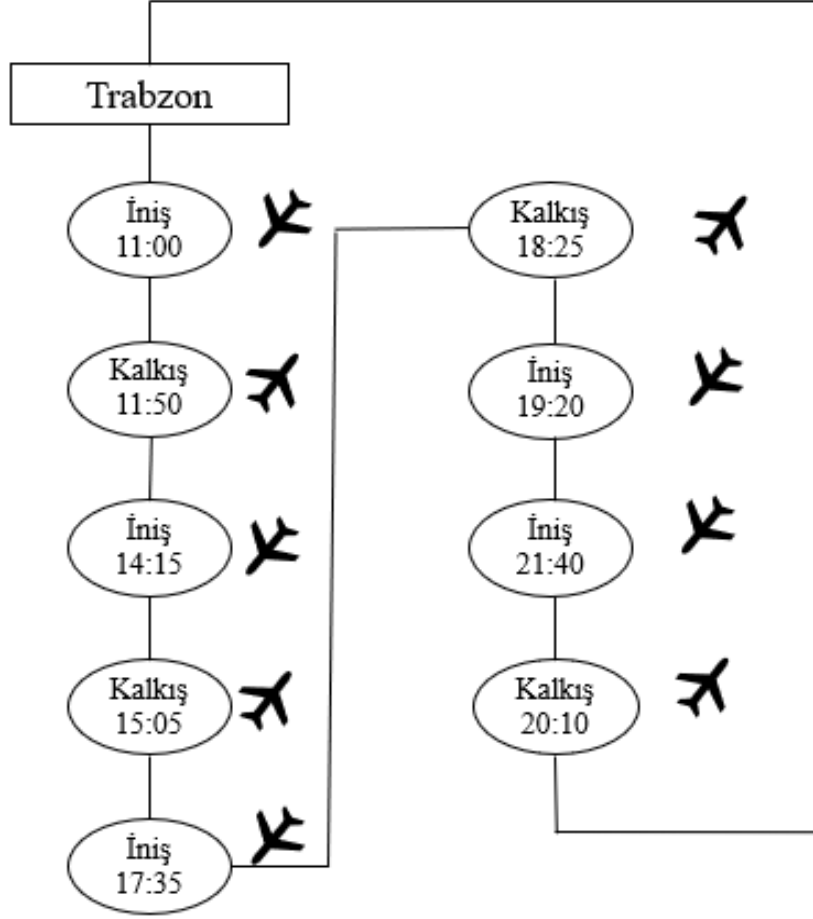
EK TABLO 26

TRABZON DÜĞÜMÜNÜN UÇUŞLARI

UÇUŞ NO	KALKIŞ YERİ	KALKIŞ SAATİ	VARIŞ YERİ	VARIŞ SAATİ
31	İSTANBUL	09:25	TRABZON	11:00
45	TRABZON	11:50	İSTANBUL	13:45
48	İSTANBUL	12:40	TRABZON	14:15
57	TRABZON	15:05	İSTANBUL	17:00
63	İSTANBUL	16:00	TRABZON	17:35
69	İSTANBUL	17:45	TRABZON	19:20
76	TRABZON	18:25	İSTANBUL	20:15
84	İSTANBUL	20:00	TRABZON	21:40
87	TRABZON	20:10	İSTANBUL	22:05

EK ŞEKİL 27

TRABZON İÇİN ZAMAN UZAY AĞI ŞEMASI



EK TABLO 28
ATAMA SONUÇLARI

UÇUŞ NO	A319- 100	A330	B737- 800	B777- 300ER	A321	A321NEO	B737- 900ER	A320- 200
1						X		
2	X							
3	X							
4				X				
5				X				
6					X			
7	X							
8				X				
9								X
10								X
11		X						
12	X							
13								X
14	X							
15		X						
16				X				
17							X	
18		X						
19		X						
20				X				
21				X				
22							X	
23	X							
24				X				
25		X						
26				X				
27								X
28								X

29	X							
30	X							
31	X							
32		X						
33		X						
34			X					
35						X		
36				X				
37						X		
38				X				
39			X					
40		X						
41		X						
42						X		
43				X				
44			X					
45	X							
46	X							
47	X							
48	X							
49		X						
50		X						
51							X	
52								X
53	X							
54		X						
55							X	
56		X						
57	X							
58	X							
59								X
60					X			
61		X						

62		X						
63								X
64								X
65					X			
66		X						
67				X				
68	X							
69	X							
70		X						
71			X					
72	X							
73				X				
74								X
75		X						
76	X							
77				X				
78					X			
79							X	
80		X						
81				X				
82		X						
83				X				
84	X							
85		X						
86					X			
87	X							
88		X						
89				X				
90					X			
91		X						
92	X							
93		X						
94								X

95		X						
96							X	
97		X						
98		X						
99				X				
100								X
101		X						
102							X	
103								X

