

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAVALİMANLARINDA BAGAJ İLETİM SÜRESİNİN  
EN KÜÇÜKLENMESİ İÇİN  
KAPI ATAMASI PROBLEMİ**

**GÜZİN AKYILDIZ ALÇURA**

**DOKTORA TEZİ  
İNŞAAT ANABİLİM DALI  
ULAŞTIRMA PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. ERGUN GEDİZLİOĞLU**

**İSTANBUL, 2011**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAVALİMANLARINDA BAGAJ İLETİM SÜRESİNİNEN**  
**KÜÇÜKLENMESİ İÇİN KAPI ATAMASI PROBLEMİ**

Güzin Akyıldız Alçura tarafından hazırlanan tez çalışması 10.03.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Ergun GEDİZLİOĞLU  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Eş Danışman**

Yard. Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Nadir YAYLA  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gökmen ERGUN  
Boğaziçi Üniversitesi

Prof. Dr. Haluk GERÇEK  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. İsmail ŞAHİN  
Yıldız Teknik Üniversitesi

---

---

---

---

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün 27-05-01-06 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

---

Öncelikle bu tezin faydalı olması umudunu taşıdığımı belirtmek isterim.

Gün geçtikçe daha fazla yolcuya hizmet vermek zorunda kalan havalimanlarında uçakların terminal kapılarına atanması için izlenen politika ve yöntemler, yolcuya sunulan hizmet üzerinde önemli derecede etkilidir. Bunun yanında atama politikası, işletmeci açısından önem taşıyan kapı kullanım verimliliği üzerinde de önemli etkilere sahip bir işlem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Buna göre, bu tez kapsamında, havalimanı kapı ataması politikasında yolcu iletimi minimizasyonu yerine bagaj iletimi minimizasyonunun dikkate alınması önerilmektedir.

Kapı ataması işlemi için önerilen yöntem değişikliğinin yanısıra Atatürk Uluslararası Havalimanı (AHL) Dış Hatlar Terminali'ne özgü kapı kullanım kısıtlarının ve havalimanını kullanan havayolu şirketlerine bağlı olarak uçakların kapı işgal sürelerinin terminal bagaj alım sahasında sunulan hizmet düzeyi üzerindeki etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Tez çalışmamda yol göstericiliği, anlayışı ve desteğini benden esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Ergun GEDİZLİOĞLU'na ve eş danışmanım sayın Dr. Mustafa GÜRSOY'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, emekli olmuş bile olsa desteğini ve güvenini her zaman bir anne gibi bana hissettirmiş olan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Zerrin BAYRAKDAR'a minnettarım.

Prof. Dr. Nadir YAYLA'ya tez hazırlama süresince göstermiş olduğu cesaretlendirici tavrı ve hissettirdiği güven için teşekkür ederim. Prof. Dr. Gökmen ERGÜN ve Prof. Dr. Haluk GERÇEK'e yol göstericilikleri, Yard. Doç. Dr. Halit ÖZEN'e tez çalışmamda yaptığı değerli katkılar için teşekkür ederim.

Diğer ulaştırma sistemleri gibi havalimanları ile ilgili veri toplamanın ne kadar zor olduğu dikkate alınır, TAV Bagaj Handling Müdürü Emin ÇOLPAN'ın büyük bir sabır ve anlayış göstererek sunduğu katkının önemi daha iyi anlaşılacaktır. Kendisine teşekkürü bir borç bilirim. Emin ÇOLPAN ile çalışma imkânını sağlayan DHMİ Genel Müdürlüğü Müşaviri Ömer GÖNÜL'e de teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasında kuşkusuz en büyük katkı ikinci tez danışmanım, değerli hocam Dr. Mustafa GÜRSOY'a aittir. Tez çalışmam boyunca bana gösterdiği hem maddi hem manevi destek sayesinde bu çalışmanın gerçekleşmesini sağladığı için kendisine ne kadar teşekkür etsem azdır.

Her zaman her konuda yardımlarını esirgemeyen Ulaştırma Anabilim Dalı'ndaki iş

arkadaşlarım ile Anıl, Ayşe, Cem, Kubilay, Müberra, Ufuk ve özellikle Nihan'a çok teşekkür ederim.

Son olarak, güvenlerini ve desteklerini bana her zaman hissettirmiş olan sevgili aileme teşekkür ederim. Ayrıca, her zaman yanımda olan ve beni cesaretlendirerek sorunların üstesinden gelmemi sağlayan, desteği ve sevgisini hep yanımda hissettiğim eşim Irmak'a ve hayatımızı anlamlandıran canım oğlum Umut'a teşekkür ederim.

Mart, 2011

Güzin AKYILDIZ ALÇURA

*Umut ve Irmak'a ...*

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	x
KISALTIMA LİSTESİ .....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xv
ÖZET .....	xix
ABSTRACT.....	xxi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ .....	1
1.1 Literatür Özeti .....	1
1.2 Tezin Amacı .....	12
1.3 Hipotez .....	14
BÖLÜM 2	
METODOLOJİ .....	16
2.1 Kullanılan Yöntem ve Amaçlar.....	17
2.2 Veri Toplama .....	19
BÖLÜM 3	
HAVALİMANLARINDA KAPI ATAMASI PROBLEMİ.....	22
3.1 Kapı Ataması Probleminin Tanımı.....	23
3.2 Kapı Ataması Probleminin Matematik Modeli .....	26
3.3 Kapı Ataması Probleminin Çözümünde Kullanılan Yöntemler.....	28
3.4 Kapı Kapasitesi .....	31
BÖLÜM 4	
ATATÜRK ULUSLARARASI HAVALİMANI'NDA (AHL) KAPI ATAMASI İŞLEMİ .....	34
4.1 AHL Dış Hatlar Terminalinde Kapı Ataması İşlemi .....	36
4.2 AHL Dış Hatlar Terminaline Ait Veriler .....	40

## BÖLÜM 5

ÖNERİLEN KAPI ATAMASI MODELİ VE ÇÖZÜMÜ.....	79
5.1 Önerilen Matematik Model .....	80
5.2 Önerilen Modelin Çözümü.....	84
5.2.1 Modelin Çözümünde Kullanılan Veriler.....	84
5.2.2 Modelin Sayısal Çözümü .....	95
5.2.3 Modelin Kural Tabanlı Çözümü .....	100

## BÖLÜM 6

### ÖNERİLEN MODEL IŞIĞINDA KAPI İŞGAL SÜRESİ VE KULLANIM

KISITLARININ BAGAJ İLETİM SÜRESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ.....	117
6.1 Uçakların Kapı İşgal Süresinin Bagaj İletim Süresi Üzerindeki Etkisi .....	117
6.2 Kapı Kullanım Kısıtlarının Bagaj İletim Süresi Üzerindeki Etkisi.....	122
6.3 Kapı İşgal Süresi ve Kapı Kullanım Kısıtlarının Bagaj İletim Süresi Üzerindeki Etkilerinin Birarada Değerlendirilmesi .....	125
6.4 Sayısal ve Kural Tabanlı Çözümlerin Karşılaştırılması.....	128
6.5 AHL Dış Hatlar Terminali Hizmet Seviyesi .....	137

## BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	139
KAYNAKLAR .....	145
EK-A	
AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİ KAPI KULLANIM KOŞULLARI .....	148
EK-B	
AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİ UÇUŞLARINA AİT BİR ÖRNEK.....	150
EK-C	
AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİ KAPILARINA ATAMA İÇİN KULLANILAN ÇİZELGE.....	152
EK-D	
AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİ GELİŞ KATI PLANI.....	154
EK-E	
İNCELENEN GÜNLERDE AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİNE GELEN UÇUŞLAR.....	156
EK-F	
AMPİRİK DAĞILIMLA ELDE EDİLEN KAPI İŞGAL SÜRELERİ .....	161
EK-G	
RASSAL OLARAK ÜRETİLEN 5 VERİ TAKIMI .....	164
EK-H	
MODELİN SAYISAL ÇÖZÜMÜ İÇİN BİR ÖRNEK .....	170



EK-I	
MODELİN SAYISAL ÇÖZÜMÜ İÇİN GAMS SONUÇ RAPORUNA AİT BİR ÖRNEK .....	174
EK-İ	
KURAL TABANLI ÇÖZÜMDE KULLANILAN VBA MODÜLÜ .....	179
EK-J	
KURAL TABANLI ÇÖZÜME AİT RAPOR ÖRNEĞİ .....	182
ÖZGEÇMİŞ .....	190

## SİMGE LİSTESİ

---

A	Alan (m <sup>2</sup> )
bb	Bagaj alım sahası
$bs_{j,bb}$	j kapısından b bagaj elleçleme (şut altı) noktasına iletilecek bagaj sayısı
d	Dar ve geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıları kullanan dar gövdeli uçak oranı (%)
g	Dar ve geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıları kullanan geniş gövdeli uçak oranı (%)
i	Uçaklar (dış hat)
I <sub>G</sub>	Geniş gövdeli uçak
I <sub>D</sub>	Dar gövdeli uçak
J	kapılar
J <sub>G</sub>	Hem dar hem geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapılar
J <sub>GT</sub>	Geniş gövdeli uçaklara hizmet veren tahditli kapılar
J <sub>GTR</sub>	Tahditli kapıların sağındaki kapılar
J <sub>GTL</sub>	Tahditli kapıların solundaki kapılar
J <sub>S</sub>	Açık park alanındaki kapılar
$l_{j,sa}$	j kapısından şutaltına olan mesafe (m)
n	Toplam uçak sayısı
m	Toplam kapı sayısı
pk	Pasaport kontrol noktası
sa	Bagaj elleçleme noktası (şut altı)
$t_{j,pk}^y$	j kapısından pasaport kontrol noktasına ortalama yolcu erişim süresi (dakika)
$t_{boş}^{yd}$	Yolcuların dar gövdeli uçağı ortalama boşaltma süresi (dakika)
$t_{j,pk}^y$	Yolcuların j kapısından pasaport kontrol noktasına yürüme süresi (dakika)
$t_{boş}^{yg}$	Yolcuların geniş gövdeli uçağı ortalama boşaltma süresi (dakika)
$t_{pk,bb}^y$	Yolcuların pasaport kontrol noktasından bagaj bantlarına yürüme süresi (dakika)
$t_{i,j}^a$	i uçağının j kapısında hizmet almaya başladığı an
$t_{i,j}^d$	i uçağının j kapısında aldığı hizmetin bittiği an
$t_{j,sa}^b$	Bagajların j kapısından b bagaj elleçleme noktasına (şut altı) ortalama iletim süresi (dakika)
$t_{sa,bb}^b$	Bagajların bagaj elleçleme noktasından bagaj bantlarına aktarılması için geçen ortalama süre (dakika)

$t_{boş}^d$	Dar gövdeli uçakların ortalama bagaj boşaltım süresi (dakika)
$t_{boş}^g$	Geniş gövdeli uçakların ortalama bagaj boşaltım süresi (dakika)
$t_{pk}^y$	Yolcunun pasaport kontrol noktasında harcadığı ortalama süre (dakika)
$t_{j,sa}^{d,ib}$	Dar gövdeli uçaklar için j kapısından şutaltına ilk bagajın iletim süresi (dakika)
$t_{j,sa}^{d,sb}$	Dar gövdeli uçaklar için j kapısından şutaltına son bagajın iletim süresi (dakika)
$t_{j,sa}^{g,ib}$	Geniş gövdeli uçaklar için j kapısından şutaltına ilk bagajın iletim süresi (dakika)
$t_{j,sa}^{g,sb}$	Geniş gövdeli uçaklar için j kapısından şutaltına son bagajın iletim süresi (dakika)
$t_{j,sa}^{b(ölçüm)}$	j kapısından şutaltına ölçülen bagaj iletim süresi (dakika)
$t_{j,sa}^{b(teorik)}$	j kapısından şutaltına hesaplanan bagaj iletim süresi (dakika)
$t_{j,sa}^{b(duz,teorik)}$	j kapısından şutaltına düzeltme katsayısı kullanılarak hesaplanan bagaj iletim süresi (dakika)
$y_s$	Terminale gelen saatlik yolcu sayısı (yolcu/saat)
$y_{j,pk}$	j kapısından p pasaport kontrol noktasına gidecek olan yolcu sayısı
$y_{pk,bb}$	Pasaport kontrol noktasından bagaj bantlarına giden yolcu sayısı
$\phi_j$	Düzeltilme katsayısı

## KISALTMA LİSTESİ

---

AHL	Atatürk Uluslararası Havalimanı
DHMİ	Devlet Hava Meydanları İşletmesi
IATA	International Air Transport Association
Hİ	Hizmet İndeksi

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Tezde izlenen yol ..... 18
Şekil 3.1	Dört adet tesisin dört yere atanması örneği [20]..... 23
Şekil 3.2	Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarında bir görüntü..... 25
Şekil 4.1	Atatürk Uluslararası Havalimanı apron yerleşimleri ..... 36
Şekil 4.2	Uçaklar havaalanına geldikten sonra yolcu ve bagajların izlediği yol ..... 40
Şekil 4.3	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanan uçakların kapı işgal süresi dağılım çizelgesi ..... 50
Şekil 4.4	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanan uçakların kapı işgal süresi dağılım çizelgesi (Frekans>% 1,5)..... 51
Şekil 4.5	Kapılardan 216 numaralı kapıya ölçülen ve hesaplanan yürüme süreleri ... 57
Şekil 4.6	B737 uçağına ait yer hizmet süreleri [28]..... 58
Şekil 4.7	B757-300 ve B757-200 uçaklarına ait yer hizmet süreleri [28] ..... 58
Şekil 4.8	Dar gövdeli bir uçağın bagajlarının 201 numaralı kapıdan şut altına iletim aşamaları ve süreleri ..... 67
Şekil 4.9	Bagaj iletim sürelerinin ölçülen ve hesaplanan değerleri arasındaki ilişki.. 72
Şekil 4.10	Bagaj iletim sürelerinin ölçülen ve hesaplanan değerlerine ait eğriler ..... 72
Şekil 4.11	$\frac{t_{j,sa}^{b(teorik)}}{t_{j,sa}^{b(ölçüm)}}$ oranı ile kapılardan şut altına mesafeler ( $l_{j,sa}$ ) arasındaki ilişki..... 75
Şekil 4.12	Düzeltilme katsayısı kullanılarak hesaplanan bagaj iletim değerleri ile ölçülen bagaj iletim değerlerine ait eğriler ..... 78
Şekil 4.13	Bagaj iletim sürelerinin ölçülen ve düzeltilmiş hesaplanan değerleri..... 78
Şekil 5.1	İncelenen 5 güne ait geliş aralıkları verilerinin üssel dağılıma uyum analizi ..... 87
Şekil 5.2	THY'ye ait A320 tipi uçakların kapı işgal sürelerine ait teorik dağılımı belirleme çalışmaları..... 91
Şekil 5.3	Kural tabanlı modelin aşamaları ..... 103
Şekil 5.4	Bagaj iletimi minimizasyonu algoritmasında en kalabalık uçağın en yakın kapıya atanması için kullanılan VBA modülü ..... 105
Şekil 5.5	Model oluşturma, doğrulanma ve geçerlilik işlemleri [37] ..... 107
Şekil 5.6	Model kalibrasyonunun tekrarlı işlem süreci [37] ..... 108
Şekil 5.7	Gerçekleşen iletim sürelerini elde etmek amacıyla oluşturulan mevcut durum modeline ait akış diyagramı..... 112

Şekil 6.1	Ortalama bagaj iletim değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Gerçek veriler kullanılarak) .....	130
Şekil 6.2	Ortalama yolcu iletim değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Gerçek veriler kullanılarak) .....	130
Şekil 6.3	Ortalama yolcu bekleme süresi değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Gerçek veriler kullanılarak) .....	131
Şekil 6.4	Ortalama bagaj iletim değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Rassal veriler kullanılarak) .....	133
Şekil 6.5	Ortalama yolcu iletim değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Rassal veriler kullanılarak) .....	133
Şekil 6.6	Ortalama yolcu bekleme süresi değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Rassal veriler kullanılarak).....	134

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1	Hava terminal binası mekan standartları [17] ..... 9
Çizelge 1.2	Farklı fonksiyonlar için yolculara sunulması gereken alan [18]..... 9
Çizelge 1.3	Hizmet seviyesi standartlarının tanımları [18]..... 9
Çizelge 1.4	2002-2008 yılları arasındaki havayolu istatistikleri [20] ..... 13
Çizelge 1.5	2002-2008 yılları arasında yolcu sayısı ve uçak trafiği değişim oranları ..... 13
Çizelge 2.1	Gams ve Arena’da çözülen senaryolara ait gerçekleşmiş veri dosyaları ile rassal olarak üretilmiş veri dosyaları ..... 21
Çizelge 4.1	Atatürk Uluslararası Havalimanı park alanları ve uygun uçak tipleri..... 37
Çizelge 4.2	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında Atatürk Uluslararası Havalimanı'nı kullanan dış hat uçaklarının tip ve özellikleri..... 43
Çizelge 4.3	AHL Dış Hatlar Terminali ana kullanıcısı olan THY’ye ait filo bilgileri..... 44
Çizelge 4.4	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında havalimanına tüm inişlerin (iç hatlara atanana dahil, okunamayan veriler hariç) aylara dağılımı... 44
Çizelge 4.5	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında inişlerin (sadece dış hat köprülerine atanana) gün içinde saatlere dağılımı ..... 45
Çizelge 4.6	Nisan, Mayıs ve Haziran 2008 aylarında en fazla inişin gerçekleştiği günler ..... 46
Çizelge 4.7	Nisan, Mayıs ve Haziran 2008 aylarında en fazla inişin gerçekleştiği günlerde saatlere dağılım ..... 47
Çizelge 4.8	Nisan, Mayıs ve Haziran 2008 aylarında en yoğun günlerde 15:00 – 18:00 saatleri arasında gerçekleşen toplam iniş sayıları (Dış hat terminali kapılarına atanana)..... 48
Çizelge 4.9	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanana uçakların kapı işgal süresi dağılımları ..... 49
Çizelge 4.10	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanana uçakların kapı işgal süresi dağılımları (Frekans değeri > % 1,5 olan işgal süreleri) ..... 50
Çizelge 4.11	Kapı işgal süresi 21-200 dakika arasında olan ve Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında dış hatlar köprülerini kullanan uçakların uçak tiplerine ve şirketlerine göre dağılımı..... 52
Çizelge 4.12	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanana uçakların kapı işgal sürelerinin kapılara ve havayolu şirketlerine göre dağılımı..... 53

Çizelge 4.13	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanan uçakların kapı işgal sürelerinin uçak tiplerine ve havayolu şirketlerine göre dağılımı.....	54
Çizelge 4.14	Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarından pasaport kontrol noktasına bant üstünde yürüyerek ölçülen süreler .....	55
Çizelge 4.15	Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarından pasaport kontrol noktasına hesaplanan yolcu yürüme süreleri.....	56
Çizelge 4.16	Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıları kullanan dar ve geniş gövdeli uçak oranları.....	59
Çizelge 4.17	Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarından pasaport kontrol noktasına hesaplanan ortalama yürüme süreleri.....	60
Çizelge 4.18	Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarından bagaj bantlarına hesaplanan ortalama yürüme süreleri .....	62
Çizelge 4.19	Dış hat kapılarının ölçülen bagaj iletim ve taksi süreleri .....	64
Çizelge 4.20	Dış hat kapılarından şutaltı noktasına hesaplanan bagaj iletim mesafeleri ve süreleri .....	66
Çizelge 4.21	Dar ve geniş gövdeli uçaklar için kapılardan ortalama bagaj iletim süreleri .....	70
Çizelge 4.22	Kapılardan şut altına ortalama bagaj iletim süreleri (hesaplanan ve ölçülen).....	71
Çizelge 4.23	Hesaplanan ve ölçülen bagaj iletim süreleri ve bu süreler arasındaki oran .....	74
Çizelge 4.24	Kapılara göre elde edilen $\phi_j$ düzeltme katsayısı .....	76
Çizelge 4.25	Kapılardan şut altına ortalama bagaj iletim süreleri (düzeltme katsayısı kullanılarak hesaplanan ve ölçülen süreler) .....	77
Çizelge 5.1	3 Nisan 2008 günü 15:00-18:00 saatleri arasında AHL Dış Hatlar Terminaline gelen uçuşlar .....	86
Çizelge 5.2	İncelenen 5 güne ait geliş aralıkları dağılımının üssel dağılıma uygunluğu için ki-kare testi sonuçları .....	88
Çizelge 5.3	MatLab programında üretilen üssel dağılıma ( $\lambda=0,199$ ) uyan rassal geliş aralıkları.....	89
Çizelge 5.4	THY'ye ait A320 tipi uçaklarının kapı işgal sürelerinin ampirik dağılıma göre elde edilişi .....	93
Çizelge 5.5.	AHL'ye gelen uçakların şirket tiplerinin ampirik olarak belirlenmesi .....	94
Çizelge 5.6	Ampirik dağılıma uygun şekilde elde edilen THY uçak tipleri .....	94
Çizelge 5.7	Ampirik dağılıma uygun şekilde elde edilen THY dışındaki şirketlere ait uçak tipleri.....	95
Çizelge 5.8	Açık park alanına atanan uçaklarda bulunan yolcuların terminale ortalama iletim süresi .....	96
Çizelge 5.9	Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) gerçek veriler kullanılarak elde edilen sayısal çözüm sonuçları .....	99
Çizelge 5.10	Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) rassal veriler kullanılarak elde edilen sayısal çözüm sonuçları .....	100
Çizelge 5.11	Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) gerçek veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı çözüm sonuçları.....	106



Çizelge 5.12	Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) rassal veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı çözüm sonuçları.....	107
Çizelge 5.13	3 Nisan 2008 gününe ait uçakların ARENA'da çalıştırılan model sonucunda atandıkları kapılar (uçaklar yolcu sayılarına göre sıralı) .....	110
Çizelge 5.14	İncelenen 5 günde 15:00-18:00 saatleri arasında gelen uçak sayıları ile açık park alanına atanan uçak sayıları.....	111
Çizelge 5.15	İncelenen 5 günde gerçekleşen iletim ve bekleme süreleri.....	113
Çizelge 5.16	Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) gerçek veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen bekleme süreleri ile gerçekleşen günlere ait bekleme sürelerinin karşılaştırılması.....	114
Çizelge 5.17	Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) rassal veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen ortalama bekleme süresi ile gerçekleşen günlere ait ortalama bekleme süresinin karşılaştırılması.....	115
Çizelge 5.18	Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) gerçek veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen bekleme süreleri ile gerçekleşen günlere ait bekleme sürelerinin karşılaştırılması.....	115
Çizelge 5.19	Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) rassal veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen ortalama bekleme süresi ile gerçekleşen günlere ait ortalama bekleme süresinin karşılaştırılması.....	116
Çizelge 6.1	Senaryo 2'nin gerçek veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı.....	119
Çizelge 6.2	Senaryo 2'nin rassal veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı.....	120
Çizelge 6.3	Senaryo 2'nin gerçek veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı .....	121
Çizelge 6.4	Senaryo 2'nin rassal veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı .....	121
Çizelge 6.5	Senaryo 3'ün gerçek veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı.....	122
Çizelge 6.6	Senaryo 3'ün rassal veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı.....	123
Çizelge 6.7	Senaryo 3'ün gerçek veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı .....	124
Çizelge 6.8	Senaryo 3'ün rassal veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı .	125
Çizelge 6.9	Senaryo 4'ün gerçek veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı.....	126
Çizelge 6.10	Senaryo 4'ün rassal veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı.....	126
Çizelge 6.11	Senaryo 4'ün gerçek veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı .....	127

Çizelge 6.12	Senaryo 4'ün rassal veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı.....	128
Çizelge 6.13	Gerçek veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı ve sayısal çözüm sonuçları .....	129
Çizelge 6.14	Rassal veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı ve sayısal çözüm sonuçları .....	132
Çizelge 6.15	Gerçekleşen bekleme sürelerine göre gerçek veriler kullanılarak kural tabanlı çözüm ve sayısal çözümde elde edilen iyileşme miktarları ve oranları .....	135
Çizelge 6.16	Gerçekleşen bekleme sürelerine göre rassal veriler kullanılarak kural tabanlı çözüm ve sayısal çözümde elde edilen iyileşme miktarları ve oranları .....	136
Çizelge 6.17	Hava terminal binası mekan standartları ve aralarındaki değişim yüzdesi.....	138

## HAVALİMANLARINDA BAGAJ İLETİM SÜRESİNİN EN KÜÇÜKLENMESİ İÇİN KAPI ATAMASI PROBLEMİ

Güzin AKYILDIZ ALÇURA

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ergun GEDİZLİOĞLU  
Eş Danışman: Yard. Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY

Havayolu taşımacılığına talep gün geçtikçe artmaktadır. Talebin artması, kapasitenin artırılmasına yönelik çalışmaların ağırlık kazanmasına neden olmaktadır. Havalimanlarının konumları kapasitenin fiziksel anlamda artırılması konusunda pek çok kısıtı beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla, kapasite iyileştirme çalışmalarında işletmeye yönelik değişiklikler, gelişmeler daha önem kazanmıştır. Bu bağlamda havalimanı terminali kapılarına uygun uçakların atanması işlemi hem yolcu memnuniyeti üzerinde hem de işletmeci açısından kapı verimliliği üzerinde etkilere sahip bir işlemdir.

1970’li yıllardan beri kapı ataması işlemi konusunda yapılan çalışmalarda yolcuların memnuniyetini arttırmanın yolu olarak yürüme sürelerini minimize etmek amaçlanmıştır. Yolcuların hizmet konusunda beklentilerinin artması ve hizmet seviyesi kavramının gelişmesi, sadece yürüme süresinin değil yolculuğun tüm aşamalarının dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu aşamalardan biri olan bagaj alım işlemi, yolculuğun tüm aşamalarına yönelik hizmet kavramını etkileyecek derecede öneme sahiptir.

Bu tez çalışmasında bagaj alım sahasındaki bekleme süresi üzerinde etkiye sahip olan en önemli işlemlerden biri olan bagajların kapılardan bagaj bantlarına iletim işleminin süresinin minimize edilmesi konusu incelenmiştir. Bagaj iletim süresinin minimize edilmesi amacıyla yapılan çalışmanın gayesi yolcuların daha iyi bir hizmet almasının sağlanmasıdır. Çalışmada kapı işgal sürelerinin ve kapı kullanım kısıtlarının terminal bagaj alım sahasındaki hizmet seviyesi üzerindeki etkileri de araştırılmıştır.

Çalışmanın sonucunda bagaj iletim sürelerini minimize etmenin, bagaj bekleme süresi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kapı işgal sürelerinin ve

kapı kullanım kısıtlarının hizmet seviyesi üzerindeki etkisi de gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kapı ataması işlemi, bagaj iletim süresi, terminal hizmet seviyesi, kapı işgal süresi, kapı kullanım kısıtı.

## ABSTRACT

---

### **AIRPORT GATE ASSIGNMENT PROBLEM FOR MINIMIZING THE BAGGAGE TRANSPORTATION TIMES**

Güzin AKYILDIZ ALÇURA

Department of Civil Engineering  
PhD. Thesis

Advisor: Prof. Dr Ergun GEDİZLİOĞLU  
Co-Advisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa GÜRSOY

Demand for air transportation increases day by day. This increase in demand causes a rise in the number of studies aiming to improve airport capacity. The location of airports brings a lot of constraints to the physical improvement of the capacity. Therefore, it becomes important to improve the capacity by operational ways. In this context, assigning flights to airport gates is an important process having effects on both passenger satisfaction and gate usage efficiency.

Since 1970's, studies on gate assignment have focused on minimizing the total walking distances to improve passenger satisfaction. The rise in expectations of the passengers about services and the advancement of the concept of service level calls to attention not only walking distances but all stages of the travel. Particularly baggage claiming process is important enough to affect the overall service perception of the system.

This thesis analyses the minimization of the transportation times of baggages from gates to baggage claim areas which affects the waiting time in the claim area. The goal of this study is to provide a better level of service for passengers by minimizing the baggage transportation times. The effects of gate occupation times of airplanes and gate usage constraints on the level of service of baggage claim area are also analyzed.

As a result, it is proved that minimizing baggage transportation time is efficient on baggage waiting time. Besides, the effects of gate occupation time and gate usage constraints on the level of service are also denoted.

**Keywords:** Gate assignment process, baggage delivery time, terminal level of service, gate occupancy time, gate usage constraint.

---

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE**

## BÖLÜM 1

---

### GİRİŞ

Hava trafik yoğunluğunun gün geçtikçe artması havaalanlarının mevcut kapasitelerinin artırılmasına yönelik karar destek sistemlerinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu tezde DHMİ Atatürk Uluslararası Havalimanı (AHL) Başmüdürlüğü bünyesinde bulunan Ramp Ünitesinin elle yaptığı kapı ataması işleminin çeşitli yöntemler kullanılarak bilgisayar ortamına taşınması işi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin yanısıra bagaj alım sahasında sunulan hizmetin daha iyi bir seviyeye getirilmesi amacıyla yolcuların daha az beklemesini sağlamak amacıyla kapı ataması problemi ele alınmıştır.

#### 1.1 Literatür Özeti

Mangoubi ve Mathaisel [1] tarafından kapı ataması problemi ile ilgili yapılan çalışmada terminal içi yürüme mesafelerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için iki yaklaşım geliştirilmiştir: Tamsayılı doğrusal programlama ve sezgisel yöntem. Her iki yöntem de Kanada Toronto Uluslararası Havalimanı'nda mevcut durumda uygulanan uçuş-kapı atamasının iyileştirilmesine yöneliktir. Doğrusal programlama çözümü sonucunda elde edilen en küçük yürüme mesafesi, mevcut durumdaki ortalama yürüme mesafesine göre %32 daha azdır. Sezgisel yöntem ile bulunan yürüme mesafesi de en küçük yürüme mesafesinden sadece %3.9 daha fazla çıkmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki izlenecek doğru bir atama politikası terminalin fiziksel durumu veya uçuş çizelgelerinde herhangi bir değişiklik yapılmasına gerek kalmadan iyileştirme sağlayabilmektedir.

Cheng [2] tarafından yapılan çalışmada problemin çözümüne yönelik yöntemler incelenmiştir. Buna göre, matematiksel programlama teknikleri ile kapı ataması

problemi tam olarak tanımlanabilmekte ancak problemin büyümesi çözümün üssel olarak büyümesi sonucunu getirmektedir. Sezgisel yöntemler ise yaklaşık sonuçlar vermektedir. Bilgi tabanlı uzman sistemler sayısal optimizasyon problemlerine verimli çözümler getirememektedir. Bu bilgiler ışığında sunulan çalışmada orta seviyede bir çözüm elde etmek için hem matematiksel programlamanın hem de insan sağduyusunun avantajlarını elde edebilme ve matematiksel bir modelde ihmal edilebilecek bazı gerçek durumları bilgi tabanlı bir sistem aracılığıyla modele tanıtabilme avantajı kullanılmıştır.

Haghani ve Chen [3] önceden yapılmış çalışmalardan farklı olarak kapı ataması problemine zaman değişkenini de eklemiştir. Çalışmada, çok zaman aralıklı kapı atama problemi, tamsayı programlama ile formüle edilmiştir. Problemin çözümü için dal-sınır tekniği kullanılmış ve optimum çözümler elde edilmiştir. Sunulan yeni bir sezgisel yaklaşımla elde edilen sonuçlar ve optimal çözümler karşılaştırılmıştır. Sezgisel yaklaşımla bulunan sonuçlar şimdiye kadar elde edilmiş en iyi sonuçlarla karşılaştırıldığında kapı atama problemine etkin bir şekilde çözüm sağladığı belirlenmiştir.

Cheng [4] yaptığı çalışmada analitik ve matematiksel çözümlerin yeterli olmadığı durumlarda ele alınan simülasyon yaklaşımının apron kontrolü konusunda kullanılması ile ilgili inceleme yapmıştır. Bu tip bir yaklaşımda gerçek sistemlerin dinamik davranışlarını analiz etmek ve çalışmak için modeller geliştirilir. Gerçek sistem yerine oluşturulmuş bir modelde hem sistemin davranışını anlama hem de işletme stratejilerinin değerlendirilmesi için simülasyon kullanılır. Simülasyon modelinin temel katkısı, bir sistemle ilgili gerçek zamanda, sıkıştırılmış veya genişletilmiş zamanda gözlem yapılmasına olanak sağlamasıdır. Bu gözlemler daha sonra sistemin arzu edilen performans ölçütlerinin değerlendirilmesi için kullanılır. Bilgisayar tabanlı simülasyon modeli sistemin karmaşık iç etkileşimlerinin çalışmasını ve deney yapılmasını mümkün kılar. Ayrıca girdi değişkenlerini ve parametreleri değiştirerek tekrarlı deneylerin yapılmasını ve duyarlılık analizi yapılmasını sağlamaktadır. Detaylı aktiviteleri analiz etmede sağladığı kolaylık, güvenilirlik ve etkinliği nedeniyle bir çok mühendislik dalında karar destek sistemi olarak kullanılmaktadır. Büyük gecikme yaşayan pek çok havaalanı planlama ve çizelgeleme için simülasyon araçları kullanılmaktadır.



Önceden belirlenmiş kapı ataması ve uçuş çizelgesi, gecikme bilgisi ve uçakların gelişleri ile gidişleri arasında havaalanında geçirdikleri süre gibi operasyon parametrelerine bağlı olarak oluşturulan kapı-uçak simülasyonu gerçek ortam operasyonlarındaki uçakların dinamik davranışlarını tahmin etmek ve belirlemek amacıyla kullanılır. Örneğin, eğer gecikme yapmış herhangi bir uçaktan gelmesi beklenen transfer yolcusu, yer ekipmanlarında çıkan bir arıza veya personel dağıtımında yapılan bir değişiklik gibi nedenlerle gecikme yaşıyorsa, simülasyon bu gecikmenin gelecekteki uçakların geliş ve gidişleri üzerindeki etkisini, belirli bir uçağın bu sebeple ne kadar gecikeceğini veya toplam gecikmenin ne kadar olacağı gibi soruların cevaplarının belirlenmesi için kullanılır [4].

Kapılardaki uçakların simülasyonu, kapı atama modeli veya uçuş çizelgeleme modelinden çok bir karar destek aracıdır. Bu tip bir araç farklı stratejileri test etme ve değerlendirme kapasitesine sahip etkin bir yaklaşım oluşturmaya ve havaalanı operasyonlarının optimizasyonunu destekleme ve araştırmaya yönelik bir yaklaşım oluşturur. Ayrıca, performans değerlendirmesi ve havaalanı operasyonlarının hizmet ölçümlerine bağlı olarak oluşturulan hizmet standartları karşılaştırılabilir. Bu araç ile elde edilen ölçümlerden biri uygun kapı bekleme nedeniyle geciken uçaklar cinsinden yapılmaktadır. Bu sayede kapılardaki uçakların gecikmeleri tahmin edilebilir ve izlenebilir. Ayrıca işletme çizelgelerindeki çatışmalar kontrol edilebilir. Bir diğer ölçüt kapıların uygunluğudur. Bu sayede de orijinal kapı atamasına göre hizmet nicelik olarak değerlendirilebilir. Ayrıca havaalanları tarafından uçakların yerde geçirdikleri sürenin değerlendirilmesi amacıyla da kullanılabilir [4].

Bolat [5], fiziksel ve yönetsel unsurları da dikkate alarak kapıların verimliliğini optimize eden matematiksel bir model sunmuştur. Başlangıçta oluşturulan atamanın değişmesine neden olabilecek aksaklıkların (uçakların gecikmeli kalkış ve inişleri gibi) ifade edilmesi amacıyla optimum ve sezgisel yöntemler kullanılmıştır. Çalışmada amaç, olabilecek küçük değişikliklerden etkilenmeyecek şekilde en uygun atamanın bulunmasıdır. Ayrıca, tampon sürelerin büyüklüklerinin minimize edilmesi de amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalarda optimum algoritmanın performansının kapılardaki verimlilik seviyesinden etkilendiği belirlenmiştir. Örneğin, tampon sürenin yani aynı kapıya atanmış iki uçak arasında kapının boş bırakılması gereken sürenin 0-30 dakika arasında değiştiği koşullarda 74 uçuşu 7 kapıya atamak mümkün olmuştur.

Genel anlamda sunulan sezgisel yöntemle açık park alanına atanan uçak sayısında % 66.35 değerinde bir azalma sağlanabilmiştir.

Yan ve Huo [6] çok amaçlı tamsayı programlama modeli kullandıkları çalışmalarında büyük ölçekli problemlerin çözümünde kullanılan ağırlık metodu, kolon oluşturma yaklaşımı, simplex metodu ve dal sınır tekniği metodlarını kullanmışlardır. Tayvan'da Chiang Kai-Shek havaalanında elle yapılan kapı atama uygulaması ile kıyaslandığında model ve algoritmaların performansı başarılı bulunmuştur.

Bağlantılı yolculuk yapan yolcuların transfer sürelerinin minimize edilmesinin amaçlandığı çalışmalarında, Xu ve Bailey [7] kapı atama problemini 0-1 kuadratik tamsayı programlama yöntemi ile formüle etmişlerdir. Kuadratik olarak ifade edilen problem doğrusal amaç fonksiyonu ve doğrusal kısıt fonksiyonları olan 0-1 tamsayı problem olarak tekrar formüle edilmiştir. Basit bir tabu araştırması sezgiseli tasarlanarak problem çözülmüştür. Sonuç olarak oluşturulan tabu araştırması sezgiseli yolcu bağlantı sürelerinde uygulanan mevcut yönteme göre azalma (iyileşme) sağlamıştır. 5 gün süresince 400 uçuş ve 50 kapının dikkate alındığı deneylerde ortalama süre kazancı % 24.7 olarak belirlenmiştir.

Yan ve diğ.(2002) çalışmalarında havaalanı yöneticilerine/işletmecilerine yardımcı olacak bir simülasyon yapısı sunmuşlardır. Bu yöntemle rasgele uçuş gecikmelerinin statik kapı atamaları üzerindeki etkileri incelenmiştir ve rasgele tampon süreler ile gerçek zamanlı kapı atama kuralları değerlendirilmiştir. Tayvan'daki Chiang Kai-Shek Havaalanına ait verilerin kullanıldığı deneysel çalışmada oluşturulan simülasyonun diğer havaalanları tarafından kendi özelliklerine bağlı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Toplam yürüme mesafesinin ve açık park alanına park eden uçak sayısının minimize edilmesinin amaçlandığı çalışmada ise Ding ve diğ. [9] problemin çözümü için Greedy Algoritması kullanmışlardır. Ardından yeni bir komşuluk arama tekniğine sahip tabu araştırması algoritması geliştirilmiş, elde edilen sonuçlar bir önceki tabu araştırması algoritması ile bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Yeni yöntemin çok daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Ding ve diğ. [10] yaptıkları bir diğ. çalışmada biri ısıtma işlemi, diğeri ısıtma işlemi ile tabu araştırması yaklaşımlarının birarada kullanıldığı iki algoritma geliştirmişlerdir. Sonuçlara göre ısıtma işlemi algoritması önceden çalışılmış olan tabu araştırması algoritması kadar iyi sonuç vermezken, tabu araştırması ve ısıtma işlemi algoritmalarının birarada kullanıldığı algoritma her iki yöntemle göre daha iyi sonuçlara ulaşılmasını sağlamıştır.

Dorndorf ve diğ. [11] kapsamlı bir kaynak taraması yaptıkları çalışmalarında, kapı atama problemi ile ilgili çalışmaları, çözüme yönelik araştırma akımlarına bağlı olarak incelemişlerdir:

Tek veya çok zaman dilimi içeren modeller: Tek zamanlı kapı atama modelleri havaalanına belirli (tek) bir zaman diliminde gelen belirli sayıda uçuşun ataması ile ilgilidir. Bu durumda her kapıya tek bir uçak atanır. Çok zaman diliminde ise tüm zaman belirli aralıklara bölünür. Zaman aralıklarının büyüklüğü kapı verimliliği ve problemin büyüklüğünü de etkilediğinden dikkatli seçilmelidir.

Amaç tiplerine göre modeller: Problem yolcu açısından ele alınabileceği gibi işletmeci olan havaalanı yöneticileri açısından da ele alınabilir. Yolcu açısından yürüme mesafesi, toplam gecikme, iptal edilen uçuşların minimizasyonu ele alınabilir. İşletmeci açısından ise kapıların öncelikleri, uçak çekme (towing) işlem sayılarının maksimizasyonu veya minimizasyonu dikkate alınmaktadır.

Dorndorf ve diğ. [12], başka bir çalışmada uçak-kapı çizelgeleme işleminde kullanılan amaçları aşağıdaki şekilde özetlemektedir:

- Maliyeti yüksek olan uçak çekme işlemlerinin azaltılması,
- Yolcular için yürüme mesafelerinin minimize edilmesi,
- Yolcu konforunu arttırmak amacıyla mevcut çizelgelemenin referans çizelgelemeye göre sapmasını minimize etmek,
- Açık park alanına atanmış uçak aktivitelerinin sayısını minimize etmek,
- Belirli kapılara atanmak üzere belirli uçakların önceliklerini arttırmak.

Aynı çalışmada kapı ataması problemlerinde kullanılan kısıtlar da belirtilmiştir:

- Aynı anda bir kapı sadece bir uçağa hizmet verebilir,
- Yanyana olan kapılar için hizmet gereklilikleri ve alan kısıtları belirtilmelidir,
- Minimum yer işgal süresi ve ardışık atamalar arasında minimum süre bırakılması sağlanmalıdır.

### **Havaalanı Kapı Ataması Problemi, Toplam Bagaj İletim Süresi ve Hizmet Seviyesi İlişkileri**

Yapılan çalışmalarda dikkate alınan süreler içinde en fazla önem verilen sürenin yolcu yürüme süresi olduğu belirlenmiştir.. Bagaj iletim süresi/mesafesi dikkate alınması gereken bir süre olarak ifade edilse de yapılmış çalışmalarda amaç fonksiyonlarına genelde dahil edilmemiştir.

#### ***Bagaj İletim Süresine İlişkin Literatür***

Haghani ve Chen'e [3] göre; yolcu yürüme mesafesi, kapı atama değerlendirme için ana ölçüttür. Yürüme mesafesi yolcu etkilerken, bagaj transfer mesafesi havayollarının bagaj elleçleme süresini etkilemektedir. Haghani ve Chen, bagaj iletim mesafesinin aksine yolcu yürüme mesafesinin yolcu doğrudan etkilediğini belirtmişlerdir. Müşteri tatmini açısından havayolları için yolcu yürüme mesafesinin minimize edilmesi gerekmektedir. Bunun yanında bagaj işlemlerinin, bagajlar doğru havaalanında teslim alındığı sürece yolcular üzerinde doğrudan etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Bu nedenle klasik kapı atama problemleri yolcu yürüme mesafesi üzerinde odaklanmıştır. Ancak, bagaj iletim mesafesi, uçağın kapıda bulunma süresini etkilediğinden işletme süresi açısından önem taşımaktadır. Detaylı bir bagaj iletim süresi fonksiyonu ile insan gücü, ekipman ve taşıt kısıtları dikkate alınarak daha gerçekçi bir süre elde edilebilir. Bagaj elleçleme süresi fonksiyonu, eğer saha verileri varsa en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilebilir [3].

Bagaj transfer mesafesi konusunu ele alan bir çalışma Hu ve Di Paolo [13] tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada bagaj iletim mesafesinin kapı atama problemlerinde az ele alındığı ancak yolcu yürüme mesafesini minimize etmeye yönelik çözümlerin bagaj iletim mesafelerini de içerecek biçimde genişletilebileceği

belirtilmiştir. Yazarlar tarafından sunulan çok amaçlı kapı atama probleminde yolcu yürüme mesafesi, bagaj iletim süresi ve uçakların apronda bekleme süreleri eş zamanlı olarak ele alınmakta ve problemin çözümüne yönelik olarak geliştirilmiş genetik algoritma tekniği açıklanmaktadır.

Çalışmada yolcu yürüme ve bagaj iletim mesafesi ve uçakların apronda bekleme sürelerinin aynı amaç fonksiyonu içinde ifade edilebilmesi için bir parametre ( $\phi$ ) kullanılmıştır. Bu parametre belirlenirken izlenen yol şu olmuştur: Eğer bir yolcu ortalama  $3 \text{ km/saat}$  hızla yürümekteyse yolcunun 1 dakika beklemesinin  $50m$  yürümesine denk olduğu kabul edilmiştir. Süre ile ifade edilen fonksiyonu bu parametre ile çarpmak fonksiyonu mesafe cinsinden ifade etmeyi sağlamıştır. Yapılan bir başka kabul de yürümenin beklemeye göre fiziksel açıdan daha rahatsız edici bir durum olması kabulüdür. Yazarlar da yolcu yürüme mesafesinin yolcu tatmini üzerinde doğrudan bir etkisinin olduğunu belirtmektedir.

Drexl ve Nikulin [14] tarafından yapılmış çalışmada ise Ding ve diğ.'ne [9] ait kapı atama modelinin çözümüne yönelik olarak geliştirilmiş bir çalışma sunulmuştur. Yazarlara göre, yolcu yürüme mesafesinin yolcu tatmini üzerinde diğer değişkenlere göre daha büyük bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu noktadan yola çıkarak kapı atama problemlerinde minimize edilmesi gereken öncelikli değişken yürüme mesafesi olarak kabul edilmiştir.

Bunun yanında, Maister [15] yaptığı çalışmada kuyrukta bekleme psikolojisi üzerine savlar ortaya koymuştur. Savlardan biri, hizmet verenle teması girmiş kişilerin algıladığı bekleme süresinin henüz herhangi bir temas sağlamamış kişilerin algısına göre daha az olduğudur. Diğer bir deyişle, hizmet öncesi beklemeler hizmete başladıktan sonra oluşan bekleme sürelerine göre daha uzun algılanmaktadır. Söz konusu savlardan bir diğeri de, beklemenin alınacak hizmetin niteliğine, yani kişi için taşıdığı öneme bağlı olarak farklı algılandığı yönündedir. Bekleme için gösterilen tolerans, hizmetin algılanan değerine bağlı olarak değişmektedir. Değeri fazla olmayan bir şey için beklemenin daha az katlanılır olduğu belirtilmektedir.

Bu duruma örnek olarak uçakların atandıkları kapıya ulaştıkları anda yolcuların inmek konusundaki aceleciliği gösterilmiştir. Yolcular hemen inemeyeceklerini, kendilerinden önceki yolcuları beklemek zorunda olduklarını bilmelerine rağmen koltuklarından

kalkmaya yönelirler. Saatler süren uçuş esnasında sabırlı bir şekilde yerinde oturan yolcu, uçaktan inmek için veya birkaç dakika da olsa gecikmiş bagaj için beklemek konusunda sabırsızlık göstermektedir. Burada önemli olan nokta, hizmetin (uçuşun) bitmiş olmasıdır ve elde edilecek başka bir fayda yokken beklemenin yolcuya zahmetli gelmesidir. Hizmet öncesi beklemler gibi hizmet sonrası beklemler de hizmet alınırken yaşanan beklemlere göre daha uzun algılanmaktadır [15].

### ***Algılanan Hizmet Seviyesine İlişkin Literatür***

Brunetta ve diğ. [16], havalimanı terminallerinin değerlendirilmesine yönelik yaptıkları çalışmada hizmet seviyesini (HS) şu şekilde tanımlamıştır: Yolcunun bir veya birden fazla fonksiyonel bileşene ait hizmet durumunu ve kalitesini algısı, hizmet seviyesini meydana getirir. Hizmet seviyesi bileşenlerinin geleneksel ölçütleri, bekleme süresi, işlem (check-in vs.) süresi, yürüme süresi, kalabalık düzeyi ve yolcuya sunulan konfor ve güvendir. Hizmet seviyesini tayin etmek için A (en iyi) ile F (kabul edilemez) arasında harfler kullanılmıştır.

Pagani ve diğ.'nin [17] çalışmalarında da belirttikleri gibi hizmet seviyesi kavramı ilk olarak karayolu kapasitesi analizlerinde kullanılmıştır. Havaalanı terminallerinde kullanılan hizmet seviyesi değerlendirmesi karayollarında kullanılan hizmet seviyesi kavramına göre daha az gelişmiştir. Pek çok işletmecinin kullandığı hizmet seviyesi kavramı ayrı ayrı zaman ve mekan standartlarına göre düzenlenmiştir. Bunun yanında bu standartlarda yolcu algısı dikkate alınmamıştır. Transport Canada, mekansal olarak karayolu hizmet seviyesine benzer şekilde (A ile F arasında) altı farklı hizmet seviyesi tanımlamıştır.

Çizelge 1.1'de IATA (International Air Transport Association) ve Transport Canada tarafından önerilen standartlar verilmiştir. British Airport Authority, IATA ve Aereports de Paris bagaj bantlarına ilk gelen yolcu ile son gelen bagaj arasında maksimum 25 dakika olması gerektiğini ifade eden tasarım standartını kullanmaktadır. Ayrıca IATA'ya göre yolcuların %90'ının 20 dakikadan daha az sürede bagajlarını alması gerektiği belirtilmektedir.

Çizelge 1.1 Hava terminal binası mekan standartları [17]

Tesis	Minimum Hizmet Düzeyi ( $m^2/yolcu$ )					
	A	B	C	D	E	F
Bagaj Alım Sahası (herhangi bir araç olmadan) (Transport Canada)	>1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	<0.8
Bagaj Alım Sahası (herhangi bir araç olmadan) (IATA)	>2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	<1.2

Fiziksel çevre, gecikmelerin çoğunun algılanmasında önemli bir etkiye sahiptir. Çevre (kişi başına düşen alan, ortamın havalandırması ve sıcaklığı, oturma imkanı vs.) ne kadar uygun olursa kullanıcılar gecikmelerle ilgili o kadar tolerans sahibi olmaktadır [18].

Çizelge 1.2’de De Neufville ve Odoni’nin [18] IATA’dan uyarladığı hizmet seviyesi standartları verilmiştir. Çizelge 1.3’te ise söz konusu hizmet seviyelerine ait tanımlamalar bulunmaktadır.

Çizelge 1.2 Farklı fonksiyonlar için yolculara sunulması gereken alan [18]

Aktivite	Durum	Hizmet Seviyesi Standardı ( $m^2/yolcu$ )					
		A	B	C	D	E	F
Bekleme ve dolaşma	Serbest dolaşım	2.7	2.3	1.9	1.5	1.0	Daha az
Bagaj alım sahası	Bagajla dolaşım	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	Daha az
Check-in kuyrukları	Bagajla kuyrukta bekleme	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	Daha az
Emniyet kontrol noktaları	Bagajsız kuyrukta bekleme	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	Daha az

Çizelge 1.3 Hizmet seviyesi standartlarının tanımları [18]

Hizmet seviyesi	Standart tarifleri		
	Kalite ve konfor	Akış durumu	Gecikmeler
A	Mükemmel	Serbest akış	Yok
B	Yüksek	Dengeli, sabit	Çok az
C	İyi	Dengeli, sabit	Kabul edilebilir
D	Yeterli	Dengesiz, dur ve git	Zor kabul edilebilir
E	Yetersiz	Dengesiz, dur ve git	Kabul edilemez
F	Kabul edilemez	Karışık akışlar	Hizmetin çökmesi

Dorndorf ve diğ.'ne [12] göre uçak kapı ataması işlemi sadece havalimanı işletme verimliliğini değil, ayrıca hizmet seviyesini de etkiler. İyi bir çözüm, havalimanında oluşacak sıklığı ve aksaklıkları giderebilir.

### ***Hizmet Seviyesi ve Bagaj İletimi İlişkisi***

Pagani ve diğ. [17]'ne göre, yolcular bagaj elleçleme işlemi çok önemli bulmakta, bu işlemi yolculuk önceliklerinin en üst sıralarında ifade etmektedir. Bagaj elleçleme sisteminde oluşacak bir gecikme, havaalanı tesisinin tüm operasyonunu olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Bunun yanında bagaj elleçleme, işletmeci açısından da oldukça maliyetli bir konudur. Bagaj elleçleme sistemlerinin hizmet seviyesinin değerlendirildiği bu çalışmada bagaj elleçleme sistemlerinin aşağıdaki faktörler dikkate alınarak incelendiği belirtilmiştir:

- Havalimanı yerleşimi,
- Yıllık yolcu sayısı,
- Bagaj elleçleme ekipmanı ve çevresinde bulunan sahanın yerleşimi ve boyutları,
- Yolcunun bagaj alım sahasına ulaşması için gerekli zaman ve mesafe,
- Bagajların ve yolcuların gelişleri arasındaki süre farkı.

Yapılan çalışmalara bakıldığında havaalanları için bir hizmet seviyesinin tanımlanmadığı görülmektedir. Havayolu taşımacılığına talep arttıkça, tüm havaalanları ve havayolu şirketleri kısıtlı kapasiteleri nedeniyle artan bagaj işletimi gereksinimini karşılayamayacak bir durumla yüz yüze gelecektir. Daha fazla oturma kapasitesine sahip uçakların üretimi, dolayısıyla daha fazla bagajın sözkonusu olması bagaj elleçleme sistemlerini zorlayacaktır.

Pagani ve diğ.'nin [17] çalışmasında bagaj elleçleme sistemlerine ait hizmet seviyesi, 3 adet zaman ve mekân bileşeni kullanılarak oluşturulmuştur:

- Yolcunun bagaj alım sahasında bekleme süresi (*dakika*),
- En yoğun zamanda bagaj alım sahasında yolcu başına düşen alan ( $m^2$ ),
- En yoğun zamanda 1 *m* bant uzunluğuna düşen yolcu sayısı (*yolcu/m*).



Çalışma sonucunda geliştirilen modelde 4 farklı değişken kullanılmıştır: yolcunun bekleme süresi derecelendirmesi, konfor ve güvenlik derecelendirmesi, geliş kapısı ve bagaj alım sahası arasındaki mesafenin derecelendirilmesi ve bagajın alınıp alınmadığı. Sonuç olarak, yolcuların bekleme süresi, bagaj alım sahası ve kapılardan yürüme mesafesi kötüleştikçe tüm kullanıcı algısı sonucu elde edilen hizmet seviyesi düşmektedir. Yürüme mesafesi değişkeni ve hizmet seviyesi arasındaki ilişki, kapı ve bagaj alım sahası arasındaki mesafenin yolcular tarafından bagaj elleçleme sistemi dâhilinde algılandığını göstermektedir. Bunun yanında bagaj alım sahasında algılanan bekleme süresi ve sahada bulunan maksimum yolcu sayısı, konfor ve güvenlik derecelendirmesinde dikkate alınan ölçütlerdendir.

Yen ve diğ. [19] tarafından bagaj alım sistemlerinin değerlendirilmesi üzerine yapılmış olan çalışmada, yolcuların daha düzenli gelmesinin ve bagajların daha erken iletilmesinin bagaj elleçleme sisteminin performansını iyileştireceği belirtilmiştir. Bagaj elleçleme sisteminin performansı, bagaj alım sisteminin tasarımı, geliş kapısı ile bagaj alım sahası arasındaki mesafe ve bu iki nokta arasında gerçekleşen işlemlerden etkilenmektedir.

Bagaj alım tesisinin performansı yolcunun havalimanı ile ilgili görüşlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Geliş kapısı ile bagaj alım sahası arasındaki mesafe performans üzerinde etkili olan noktalardan bir diğeridir. Daha uzun bir yürüme süresi, bagajların yolculardan daha çabuk gelmesini sağlayabilir, bu da daha az kalabalık oluşması anlamına gelir. Bunun yanında, kısa yürüme süresi daha kalabalık bir bagaj alım sahası ve bagajını bekleyen daha fazla yolcu anlamına gelmektedir. Yolcuların geliş ve gidişlerde terminallerde yaptırmak zorunda olduğu bilet kayıt, güvenlik kontrolü gibi işlemler içinde en az tolerans gösterilen işlemin bagaj alım işlemi olduğu belirtilmektedir [19].

Brunetta ve diğ.'ne [16] göre bagaj alım sahasının kapasitesi yolcuların bagajlarını ortalama bekleme süresi ve bagaj alım sahasının alanı ile sahada bulunan yolcu sayısının karşılaştırılması ile elde edilir.

### ***Hizmet İndeksi (Hİ)***

Brunetta ve diğ. [16] aynı çalışmalarında ayrıca hizmet seviyesi ile ilişkili bir değişken olan Hizmet İndeksi (Hİ) değişkenini tanımlamışlardır. Hizmet seviyesi, sistemin niteliğine ilişkin bir ifadedir ve uluslararası kabul görmüş standartlara (nicelik ölçümleri) tekabül etmektedir. Hizmet İndeksi, söz konusu niceliksel ölçümleri ifade etmektedir. Örneğin, bir bekleme alanında B hizmet düzeyi, hizmet indeksi cinsinden  $2,3 < Hİ < 2,7 (m^2/yolcu)$  şeklinde ifade edilir.

Belirli bir tesis için Hizmet İndeksi (Hİ) değeri aşağıdaki formül ile bulunur:

$$H İ = \frac{\text{Alan (m}^2\text{)}}{\text{Yolcu sayısı (yolcu/saat)} \times \text{Yolcunun alanda bekleme süresi (saat)}} \quad [16] \quad (1.1)$$

Hizmet indeksi değeri daha sonra hizmet seviyesinin belirlenmesinde kullanılır.

### **1.2 Tezin Amacı**

Türkiye İstatistik Kurumu web sayfasından [20] alınan havayolu istatistiklerine göre (Çizelge 1.4), 2002-2008 yılları arasında uçak trafiği ve yolcu sayısındaki değişimler Çizelge 1.5'te özetlenmiştir.

Çizelgeler incelendiğinde 2002-2008 yılları arasında uçak sayısında %90'a varan bir artış gözlenmektedir. Buna paralel olarak iç hat uçak trafiği 2002-2008 yılları arasında % 144 oranında, dış hat uçak trafiği ise % 63 oranında artmıştır. Aynı zaman diliminde yolcu sayısındaki artış ise iç hatlarda % 286, dış hatlarda ise % 63 oranındadır. Artış oranlarına bakıldığında mevcut havaalanı kapasitelerine yönelik tedbirler alarak iyileştirme yapılması gerektiği görülmektedir.

Çizelge 1.4 2002-2008 yılları arasındaki havayolu istatistikleri [20]

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Uçak sayısı</b>	138	138	142	202	245	250	262
<b>Koltuk kapasitesi</b>	25.114	27.124	34.287	38.600	42.894	40.017	41.634
<b>İç hat uçak trafiği (adet)</b>	157.415	156.301	195.935	264.805	343.956	365.136	385.053
<b>Dış hat uçak trafiği (adet)</b>	218.626	218.505	252.786	286.867	286.713	323.432	356.127
<b>İç hat yolcu sayısı</b>	8.700.839	9.128.124	14.438.292	20.502.516	28.799.878	31.970.874	33.546.000
<b>Dış hat yolcu sayısı</b>	25.054.613	25.296.216	30.596.297	35.042.957	32.884.325	38.381.993	40.840.000

Çizelge 1.5 2002-2008 yılları arasında yolcu sayısı ve uçak trafiği değişim oranları

	2002-2003 arası değişim (%)	2003-2004 arası değişim (%)	2004-2005 arası değişim (%)	2005-2006 arası değişim (%)	2006-2007 arası değişim (%)	2007-2008 arası değişim (%)
<b>Uçak sayısı</b>	0	3	42	21	2	5
<b>Koltuk kapasitesi</b>	8	26	13	11	-7	4
<b>İç hat uçak trafiği (adet)</b>	-1	25	35	30	6	5
<b>Dış hat uçak trafiği (adet)</b>	0	16	13	0	13	10
<b>İç hat yolcu sayısı</b>	5	58	42	40	11	5
<b>Dış hat yolcu sayısı</b>	1	21	15	-6	17	6

Havaalanı bünyesinde gerçekleştirilen önemli işlemlerden biri uçakların, uçak ve havaalanı özelliklerine bağlı olarak yolcu almak veya indirmek üzere hangi kapıya atanacağını belirlemesidir. Planlanan her gün için havayolu şirketlerinden alınan sefer çizelgeleri veya rezervasyon yaptırmış olan yolcu sayısına bağlı olarak gerçekleştirilen kapı ataması işlemi oldukça karmaşıktır.

Uçakların havaalanlarında uygun kapılara atanması, uçuş çizelgelerinin verimliliği ve yolcu memnuniyeti üzerinde büyük etkiye sahiptir. Kapı ataması işleminde dikkate alınan yolcu yürüme mesafesi havaalanının performans ölçütlerinden biridir. Yürüme

mesafeleri, uçakların havaalanı kapılarına atanması işlemi için kullanılan yöntemin geliştirilmesiyle azaltılabilir. 1977 yılında Braaksma, uygulanan atama prosedürünün terminal planı değiştirilmeksizin yolcu yürüme mesafesi üzerinde çok büyük bir etkisi olduğunu belirtmiştir [3]. Haghani ve Chen'e [3] göre Braaksma'nın yaptığı çalışma sayesinde Kanada'da bulunan Toronto Uluslararası Havaalanı'nın ikinci terminalinde ortalama yolcu yürüme mesafesi 1973-1975 yılları arasında 274,32 m'den 243,84 m'ye indirilmiştir. Bu, terminalin ana kullanıcısı olan Air Canada'nın kapı atama politikasında uyguladığı değişikliğin doğrudan sonucu olarak elde edilmiştir.

Atatürk Uluslararası Havalimanı'nı (AHL) kullanan tüm havayolu şirketleri düzenleyecekleri günlük sefer çizelgelerini bir gün önceden Ramp Ünitesi'ne göndermektedir. Gönderilen çizelgelerde, seferlerde kullanılacak uçakların tipleri, hangi saatte gelip hangi saatte çıkış yapacakları vb. bilgiler bulunmaktadır. Ramp Ünitesi bu bilgilerden faydalanarak hangi kapının hangi uçak tarafından ne kadar süre işgal edileceği bilgilerinin işlendiği bir zaman çizelgesi hazırlamaktadır. DHMİ 2005 İstatistik Yıllığı'ndan alınan bilgiye göre şu an kapasitesinin %62,5'ini kullanmakta olan Atatürk Havalimanı'nın mevcut kapasitesinin arttırılabilmesinde kapı atama işleminin etkisi araştırılmış ve iyileştirmeler önerilmiştir.

### **1.3 Hipotez**

Tezde, gelen uçakların hangi kapıya atanacağı kararı verilirken yürüme mesafeleri yerine bagaj iletim sürelerinin dikkate alınması önerilmiştir. Ayrıca, bugüne kadar yapılan çalışmalardan farklı olarak, bagaj iletim süreleri dikkate alınarak yapılan kapı ataması işleminin yolcuların bagaj bekleme süresi ve terminal hizmet seviyesi üzerindeki etkisi de incelenmiştir.

Terminal hizmet seviyesi henüz çok fazla çalışma yapılmamış bir konu olmakla birlikte havayolu taşımacılığında artan talep nedeniyle önem kazanmaktadır. Konuyla ilgili yapılan kısıtlı çalışmadan yola çıkarak bagaj iletim süreleri, kapı atama politikası ve terminal hizmet seviyesi arasındaki ilişki incelenmiştir.

Burada amaç, kişilerin hizmetin son aşaması olan ve aldıkları hizmete ilişkin tüm yargılarını etkileyecek ölçüde önemli olan bagaj bekleme işlemi sırasında daha iyi hizmet almalarını sağlamaktır.

Literatür özeti, özetin amacı ve hipotezin belirtilmiş olduğu 1. Bölümün ardından, tezde izlenen yolun ve kullanılan yöntemlerin anlatıldığı 2. Bölüm gelmektedir. Tezin 3. Bölümünde havalimanlarında kapı ataması problemi ile ilgili bilgi sunulmuştur. Problemin tanımı, atama modelleri ve bu modellerin çözümü için kullanılan veya geliştirilen yöntemlere değinilmiştir. 4. Bölüm, Atatürk Uluslararası Havalimanı (AHL) Dış Hatlar Terminali'nin kapı ataması konusunda mevcut işleyişi ve 2008 yılının ilk 6 ayında Dış Hatlar Terminali'ni kullanan uçak ve şirket bilgilerini içermektedir.

Ayrıca tez kapsamında sunulan atama modelinde kullanılan veriler de bu bölümde sunulmuştur. Kapı ataması konusunda önerilen modelin ve kullanılan çözüm yöntemlerinin tanıtıldığı 5. Bölüm'de modelin çözümü ile elde edilen sonuçlar sunulmuştur. 6. Bölüm'de kapı işgal sürelerinin ve kapı kullanım kısıtlarının kapı ataması işlemi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu bölümde kapı ataması politikasının hizmet seviyesi üzerindeki etkileri de incelenmiştir. 7. Bölüm'de sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

## BÖLÜM 2

### METODOLOJİ

Havalimanı terminallerinde hizmet seviyesi ile havalimanı kapı ataması işlemi arasındaki ilişkinin incelenmesi ve bu sayede iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi bu tezin amaçları arasındadır.

Terminal hizmet seviyesi ile kapı ataması politikası arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için öncelikle kapı ataması işlemi incelenmiştir. Yapılan literatür çalışması ışığında yolcuların terminallerde bagajlarını almak üzere bekledikleri sürenin hizmet seviyesi üzerinde doğrudan etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yolcu bekleme süresinin kapı ataması politikasına bağlı olarak nasıl bir değişim gösterdiğinin belirlenmesi amacıyla kapı ataması işlemi detaylı olarak incelenmiştir.

Yolcuların bekleme süresinin iki bileşeni olduğu belirlenmiştir. Bunlardan ilki yolcuların uçaktan indikten sonra bagaj alım sahasına iletim süreleri, diğeri ise uçaklardan indirilen bagajların bagaj alım sahasına iletim süreleridir. Yolcu bekleme süresi bagaj iletim süresi ile yolcu erişim süresi arasındaki fark olarak alınmıştır.

$$\text{Yolcu bekleme süresi} = \text{Bagaj iletim süresi} - \text{Yolcu iletim süresi} \quad (2.1)$$

Kapı ataması politikası ile ilgili bugüne kadar yapılan çalışmalarda yolcu erişim süresinin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada ise yolcu iletim süreleri yerine bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Bunun nedeni özellikle son zamanlarda yapılan iyileştirmeler sonucunda (örneğin, kapılar ile pasaport kontrol noktası arasında yürüyen bantların bulunması) yolcuların uçaktan bagaj bant alım sahasına erişimlerinin daha konforlu hale gelmesi, yine yürüme bantları sayesinde kapılardan pasaport kontrol noktasına erişim süreleri arasındaki farkların azalmasıdır.

Bagaj iletim sürelerinin bugüne kadar yapılan çalışmalarda dikkate alınmaması da etkenlerden biridir.

## **2.1 Kullanılan Yöntem ve Araçlar**

Kapı ataması işleminin bagaj iletimi minimizasyonu amaçlanarak gerçekleştirilmesi işlemi için bir optimizasyon programı (Gams) kullanılmıştır. Önerilen bagaj iletimi minimizasyonu için sözkonusu programda model oluşturulmuş ve optimum çözüm elde edilmiştir.

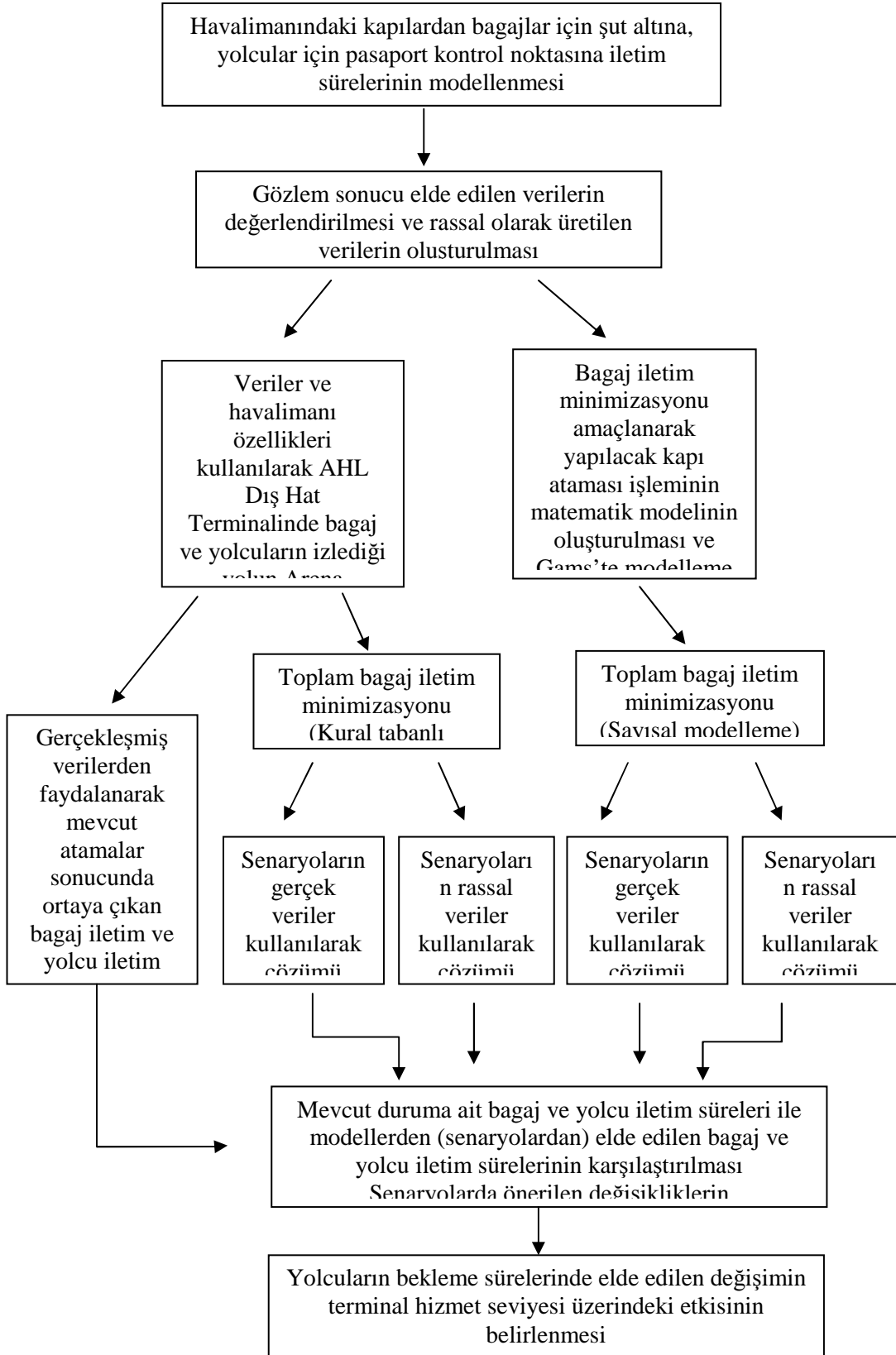
Bunun yanında AHL Dış hatlar Terminaline ait bilgiler kullanılarak kapıya veya açık park alanına gelen bir uçağın hem yolcularının hem de bagajlarının izlediği yol modellenmiştir. Bu modelleme işlemi Arena simülasyon programında gerçekleştirilmiştir. Sözkonusu model yardımıyla hem mevcut durumda oluşan iletim süreleri elde edilmiştir, hem de bagaj iletimi minimizasyonunun amaçlandığı kural tabanlı bir model oluşturulmuştur. Bunun için de Arena programı kullanılmıştır. Burada optimizasyon programı ile aynı veriler kullanılarak kural tabanlı çözümün optimum çözüm ile karşılaştırılması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Her iki yöntemde elde edilen sonuçların karşılaştırılmasının yanı sıra bagaj iletim minimizasyonu sonucunda elde edilen iyileştirmelerin hizmet seviyesini olumlu yönde etkileyecek büyüklükte olup olmadığı da incelenmiştir. Bunun için Bölüm 1.1’de verilen Hizmet İndeksi ifadesinden (1.1 ifadesi) yararlanılmıştır. (1.1) ifadesinde bulunan “yolcunun alanda bekleme süresi” değeri (2.1) ifadesi kullanılarak elde edilmiştir. Bu değer Ocak-Haziran 2008 döneminde gerçekleşen atamalar kullanılarak mevcut durum için elde edilmiştir. Ardından aynı dönemde gelen uçuş verilerinden faydalanarak ve bagaj iletimi minimizasyonu amaçlanarak elde edilen atamalar sonucunda oluşan yolcu bekleme süreleri de (2.1) ifadesi yardımıyla elde edilmiştir.

Ayrıca uçakların kapı işgal sürelerinin ve kapı kullanım kısıtlarının yolcu bekleme süreleri üzerindeki etkileri de çeşitli senaryolar altında incelenmiştir.

Hem mevcut durumda hem de bagaj iletim minimizasyonu amaçlanarak elde edilen yolcu bekleme süreleri (1.1) ifadesinde kullanılarak gerçekleşen değişimin hizmet seviyesi üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

İzlenen yol Şekil 2.1’de özetlenmiştir.



Şekil 2.1 Tezde izlenen yol



## 2.2 Veri Toplama

Hem optimizasyon işlemi için hem de kural tabanlı çözüm için kullanılan veriler 2 sınıfta derlenmiştir. Öncelikle çözüm için iki farklı programda kullanılmak üzere beş adet gerçekleştirilmiş veri takımı ve beş adet de rassal veri takımı oluşturulmuştur.

Gerçekleşmiş veriler AHL Dış Hatlar Terminali'ne Ocak-Haziran 2008 tarihlerinde gelen uçuşlara ilişkin verilerden derlenmiştir. Modelleme için ihtiyaç duyulan verilerin çoğu işletmecisi şirketin Bagaj Handling Departmanı'ndan alınmıştır.

Veriler, MS Excel formatındaki dosyalarda alınmıştır. Dosyalarda 2008 yılının Ocak-Haziran ayları arasındaki zaman aralığı için verinin tipine bağlı olarak her güne veya belirli günlere ait veriler bulunmaktadır. Bu veriler;

- Uçuş numarası,
- Uçakların çizelgelenmiş, tahmin edilen ve gerçekleşen iniş tarihi ve saati,
- Uçak tipi,
- Uçakların atandığı köprü veya park yeri,
- Uçaklarda bulunan bagajların atandığı bant numarası
- Uçaktan indirilen ilk bagajın şut altına geliş saati,
- Uçaktan indirilen son bagajın şut altına geliş saati verileridir.

Rassal verileri ise yine elde bulunan gerçek verilerden faydalanarak ve yardımcı bilgisayar programları kullanılarak elde edilmiştir.

Gerçekleşmiş verilerin kullanıldığı modellere “ger”, rassal verilerin kullanıldığı modellere ise “ras” kısaltması ile başlayan isimler verilmiştir. “ras” ve “ger” kısaltmalarından sonra gelen ilk rakam senaryo numarasını, ikinci rakam ise veri takımı numarasını ifade etmektedir.

Senaryo numaralarının anlamı şudur: Verilerde herhangi bir değişiklik yapılmadan, sadece bagaj iletimi minimizasyonu algoritmasının kullanıldığı model “Senaryo 1” olarak isimlendirilmiştir. Yine bagaj iletim süresinin minimize edildiği, ancak THY'ye

ait uçakların işgal sürelerinin azaltıldığı model Senaryo 2'dir. Senaryo 3'te bagaj iletimi minimize edilmiş, bu kez orijinal verilerde yapılan tek değişiklik, kapı kullanım kısıtlarının kaldırılması olmuştur. Son olarak hem kapı işgal sürelerinin azaltıldığı hem de kapı kullanım kısıtlarının kaldırıldığı model de Senaryo 4 adını almıştır.

Veri takımlarının numaralandırılması da şu şekilde yapılmıştır: Gerçekleşmiş verilerden 3 Nisan 2008'a ait verilere 1, 17 Nisan verilerine 2, 11 Mayıs verilerine 3, 8 Haziran verilerine 4 ve son olarak 16 Haziran verilerine 5 numarası verilmiştir. Rassal verilerde ise 5 adet veri takımı oluşturulduğundan veriler sırasıyla numaralandırılmıştır.

Dosyaların adlandırılması işleminin sonucunda Çizelge 2.1'de verilen sınıflandırma ortaya çıkmıştır.

Her bir veri dosyası senaryolarda kullanılmış ve ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tezin özellikle 5. ve 6. bölümlerinde bu karşılaştırmalar sonucunda ortaya çıkan süre iyileştirmeleri belirtilmiştir.

Sonuç olarak hem kapı atama politikasında yapılacak değişikliklerin, hem işletme yöntemine yönelik değişikliklerin terminal hizmet seviyesi üzerindeki etkileri incelenmiş ve öneriler sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Sayısal ve kural tabanlı çözümde kullanılan senaryolara ait gerçekleşmiş veri dosyaları ile rassal olarak üretilmiş veri dosyaları

Senaryo adı	Amaç fonksiyonu	Verilerde yapılan değişiklikler	Kullanılan veri takımları ve model isimleri	
Senaryo 1		Değişiklik yapılmamıştır.	5 adet gerçekleşmiş veri takımı	ger1_1
				ger1_2
				ger1_3
				ger1_4
				ger1_5
			5 adet rassal üretilmiş veri takımı	ras1_1
				ras1_2
				ras1_3
				ras1_4
				ras1_5
Senaryo 2	Bagaj iletimi minimizasyonu	THY uçaklarının işgal süresi azaltılmıştır.	5 adet gerçekleşmiş veri takımı	ger2_1
				ger2_2
				ger2_3
				ger2_4
				ger2_5
			5 adet rassal üretilmiş veri takımı	ras2_1
				ras2_2
				ras2_3
				ras2_4
				ras2_5
Senaryo 3		Kapı kullanım kısıtları kaldırılmıştır.	5 adet gerçekleşmiş veri takımı	ger3_1
				ger3_2
				ger3_3
				ger3_4
				ger3_5
			5 adet rassal üretilmiş veri takımı	ras3_1
				ras3_2
				ras3_3
				ras3_4
				ras3_5
Senaryo 4		Hem THY'nin kapı işgal süreleri azaltılmıştır hem de kapı kullanım kısıtları kaldırılmıştır	5 adet gerçekleşmiş veri takımı	ger4_1
				ger4_2
				ger4_3
				ger4_4
				ger4_5
			5 adet rassal üretilmiş veri takımı	ras4_1
				ras4_2
				ras4_3
				ras4_4
				ras4_5

### HAVALİMANLARINDA KAPI ATAMASI PROBLEMİ

Atama problemlerinde belirli bir sayıda ögenin (örneğin iş) belirli sayıda yere (örneğin işçi) atanması, bunun yanında ortaya çıkacak maliyetlerin de minimize edilmesi amaçlanır (Acar [20]). Örneğin, n adet kişi ve m adet görevin olduğu bir durum göz önüne alınsın. Her görev sadece tek bir kişi tarafından yürütülecektir ve her kişi sadece tek bir görev alabilecektir. j kişinin i görevine atanmasının maliyeti  $c_{ij}$ 'dir. Burada problem, kişileri görevlere atarken tüm görevlerin yerine getirilmesinin maliyetinin minimize edilmesidir.

Atama problemlerinin genel formülasyonu için  $y_{ij}$  olarak ifade edilen bir 0-1 tamsayı değişkeni tanımlanmaktadır. Bir olayın gerçekleşmesi veya gerçekleşmemesi durumları için bu değer, 0 veya 1 değerini almaktadır. Bu problemde eğer, i. görev j. kişiye verilecekse  $y_{ij}=1$ , eğer verilmeyecekse  $y_{ij}=0$  değerini alacaktır. Problemin formülasyonu,

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} y_{ij} \quad (\text{tüm atamaların maliyetinin minimize edilmesi}) \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Modele ait kısıtlar ise aşağıda verilmiştir.

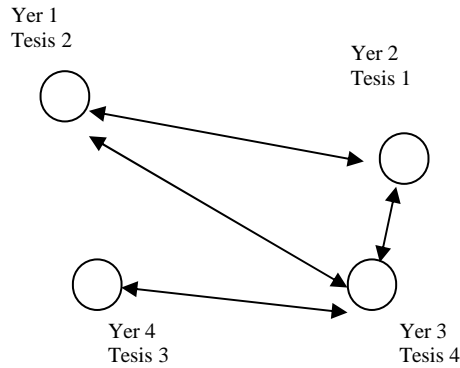
$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (\text{i görevi sadece bir kişiye verilebilir}) \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{ij} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (\text{j kişisi sadece bir görev alabilir}) \quad (3.3)$$

## İkinci Dereceden Atama Problemleri

İkinci dereceden atama problemi de lineer atama problemlerine benzemektedir. Ancak ikinci dereceden atama problemleri, ikinci dereceden bileşenlere ve ikinci dereceden amaç fonksiyonuna sahiptir (Acar [21]). Örneğin yer atama problemleri ikinci dereceden atama problemidir.  $m$  adet yer ve  $n$  adet tesisin olduğu bir durumda amaç, tüm tesislerin tüm yerlere atanması ve bu atamaların toplam maliyetinin minimize edilmesidir. Her bir olası atamanın maliyeti, akım olarak adlandırılan trafik yoğunluğu ve tesisler arasındaki mesafe kullanılarak bulunur. Örneğin, 4 tesisin 4 noktaya atanması gibi bir problem söz konusu olsun. Yerler arasındaki mesafe,  $d(*,*)$ ; akım da  $f(*,*)$  şeklinde ifade edilsin. Örneğin, 1 ve 2 numaralı yerler arasındaki mesafe,  $d(1,2)$ ; akım da  $f(1,2)$  şeklinde belirtildiğinde, Şekil 3.1'de görülen atama sonucunda ortaya çıkan maliyet;

$$c = d(1,2)*f(1,2)+d(1,3)*f(2,4)+d(2,3)*f(1,4)+d(3,4)*f(3,4) \text{ olur.}$$



Şekil 3.1 Dört adet tesisin dört yere atanması örneği [20]

İkinci dereceden atama problemlerinin örneklerinden biri, kapı atama problemidir. Bir havaalanındaki toplam yürüme mesafesi uçaklar arasında transfer yapan yolcu hacmi ile mesafeye bağlıdır. Bu yüzden havaalanlarında kapıların gelen ve giden uçaklara atanması işlemi ikinci dereceden bir atama problemi olarak ele alınır ve genelde 0-1 tamsayı problemi şeklinde formüle edilir [20].

### 3.1 Kapı Ataması Probleminin Tanımı

Diğer tüm ulaştırma türlerinde olduğu gibi havayolu ile ulaşımı tercih eden yolculara da belirli bir hizmet düzeyinin sunulması gerekmektedir. Havaalanı performans

ölçütlerinden biri olan yolcu memnuniyetinin sağlanabilmesi için, havaalanı işletmesinin yerine getirmesi gereken görevlerden biri uçakların uygun kapılara atanması işlemidir.

Havaalanı kapı ataması, uçakların seçimi ve kapılara dağıtılması işlemidir ve havaalanı işletmesinin en önemli fonksiyonlarından biridir. Yolcu hacminin ve sefer sayısının artmasıyla, konunun karmaşıklığı ve göz önünde bulundurulması gereken faktörler de artmış ve bunun sonucunda kapı ataması operasyonu dikkat çeken bir problem haline almıştır (Cheng [2]).

Uçakların geliş zamanı ve yerde geçirecekleri süre, uçak boyutu ve diğer geometrik özellikler, hizmet gereklilikleri, yolcu transfer şekli ve terminalde yürüme mesafesi, uçuş personeli ve uçuş rotası, uluslararası uçuşlar için düzenleme ve kısıtlar ve ek olarak pazarlama ve yönetim şekilleri gibi ele alınması gereken pek çok konu nedeniyle büyük önem taşıyan kapı atama problemi, atanmış olduğu kapıya doğru manevra yapan uçağın yer trafiği ile karşılaşması durumunda daha da karmaşık bir hal almaktadır. Sonuçta, kapıya erişmek için bekleyen uçak, ya kapıyı işgal eden uçağın kapıyı boşaltmasını bekleyecektir ya da hizmet almak üzere daha uzak bir yere atanacaktır (Bolat [5]).

Bir havaalanı terminalinin uçaklara ve yolculara hizmet edebilirliği özellikle kapılarda sunulan hizmete bağlıdır. “Kapı” terimi, sadece yolcuların giriş-çıkış yaptığı bir terminal alanı değil, ayrıca uçakların hizmet almak için park ettiği bir yer anlamını da içerir (Şekil 3.2). Sunulan hizmetin niteliğinin büyük önem taşıdığı havaalanlarında, örneğin, yolcuları terminal binasından uçağın park alanına (açık park alanı) veya park alanından terminal binasına otobüs aracılığıyla taşımak yolcu memnuniyetini olumsuz yönde etkilemektedir. Benzer şekilde yolculardan terminal içinde uzun bir mesafeyi yürümelerini istemek de hizmet düzeyini düşürecektir (Bolat [22]).



Şekil 3.2 Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarından bir görüntü.

Havaalanlarında yolcuların yürümek zorunda oldukları mesafelerin bir kısmı sabitken, diğerleri değişkendir. Sabit olan mesafeler terminalin fiziksel tasarımı ile ilgilidir ve bu mesafeler için yapılacak iyileştirmeler yine fiziksel değişiklik anlamına gelmektedir. Ancak yolcuların kayıt (check-in) masasından kapılara veya transfer yapan yolcuların kapıdan kapıya yürümek zorunda oldukları mesafeler, çizelgelenmiş uçuşların hangi kapıya atandığına bağlı olarak değişmektedir (Ding vd. [9]).

Havalimanı ve havayolu işletmecilerinin bugün karşılaştığı çizelgeleme problemi klasik çizelgeleme problemine göre çok daha karmaşık bir hale gelmiştir. Öncelikle, dikkate alınması gereken kaynak birimleri bulunmaktadır: Uçuşlar, terminaller, personel, bagaj, vs. Dahası, bu kaynakların kullanımı ile ilgili verilen kararlar birbirini etkilemektedir, yani bu kaynaklar birbirine bağlıdır. Sonuç olarak bu birimler herhangi bir büyüklükteki bir havaalanı ve havayolu için karmaşık kaynak yönetimi sisteminin temelini oluşturur (Dorndorf vd. [11]).

### 3.2 Kapı Ataması Probleminin Matematik Modeli

Havaalanı kapı ataması işleminde gelen/giden uçakların hizmet vermek veya almak için park ettikleri yerlerin seçimi büyük önem taşımaktadır. Bir optimizasyon problemi olan kapı ataması işleminde pek çok amaç fonksiyonu kullanılabilir. Bunlardan bazıları yolcu yürüme mesafesinin, kapalı kapı sayısının, kapıların boş kaldığı sürelerin minimizasyonu olarak ifade edilebilir. Tek bir amaç fonksiyonunun minimizasyonu veya maksimizasyonu söz konusu olabileceği gibi, amaç olarak birden fazla fonksiyonun ele alındığı problemler de bulunmaktadır.

Ding vd. [9], kapı ataması problemi için geliştirdikleri modelde aşağıdaki notasyonları kullanmışlardır:

- $N$  : havaalanına gelen veya havaalanından giden uçuşların kümesi  
 $M$  : havaalanındaki uygun kapıların kümesi  
 $n$  : toplam uçuş sayısı  
 $m$  : toplam kapı sayısı  
 $a_i$  :  $i$  uçuşunun geliş zamanı ( $1 \leq i \leq n$ )  
 $d_i$  :  $i$  uçuşunun kalkış zamanı ( $1 \leq i \leq n$ )  
 $w_{k,l}$  :  $k$  kapısından  $l$  kapısına giden yolcuların yürüme mesafesi. ( $1 \leq k$  ve  $l \leq m$ )  
 $f_{i,j}$  :  $i$  uçuşundan  $j$  uçuşuna transfer yapan yolcu sayısı. ( $1 \leq i$  ve  $j \leq n$ )

Burada,  $n > m$  durumu kapasite üstü bir durumu yani uçuş sayısının kapı sayısından fazla olması durumunu ifade eder. Ek olarak, iki hayali kapı kullanılmaktadır. Kapı 0, havaalanının yolcu giriş/çıkış kapısını temsil etmektedir. Kapı  $m+1$  ise uçakların uygun kapı olmadığı zaman yönlendirildiği apronu (açık park alanını) ifade eder. Buna göre;  $(w_{k,0})$ ,  $k$  kapısı ile havaalanının yolcu giriş/çıkış kapısı arasındaki yürüme mesafesini;  $(f_{i,0})$ ,  $i$  uçuşu ile havaalanına gelen yolcu sayısını;  $(f_{0,i})$ ,  $i$  uçuşu ile havaalanını terk edecek yolcu sayısını ve  $w_{m+1, k}$  ise apron ve  $k$  kapısı arasındaki yürüme mesafesini (bu mesafe genelde kapılar arasındaki mesafelerden daha fazladır) ifade eder.



$y_{i,k}$  tamsayı değişkeni, eğer  $i$  uçuşu  $k$  kapısına atanmışsa 1 değerini alır ( $0 < k \leq m+1$ ), diğer durumda ise 0 değerini alır. Bu koşullarda aşağıdaki ifadenin sağlanması gerekmektedir:

$$y_{i,k} = y_{j,k} = 1 \quad (k \neq m+1) \text{ ise; } a_i > d_j \text{ veya } a_j > d_i \text{ 'dir } (1 \leq i \text{ ve } j \leq n). \quad (3.4)$$

Yukarıdaki koşul aynı anda iki farklı uçuşun aynı kapıya atanmasına engel olmaktadır. Havaalanı kapı ataması problemi aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$\min \sum_{i=1}^n y_{i,m+1} \quad (3.5)$$

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m+1} \sum_{l=1}^{m+1} f_{i,j} w_{k,l} y_{i,k} y_{j,l} + \sum_{i=1}^n f_{0,i} w_{0,i} + \sum_{i=1}^n f_{i,0} w_{i,0} \quad (3.6)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında;

$$\sum_{k=1}^{m+1} y_{i,k} = 1 \quad (1 \leq i \leq n) \quad (3.7)$$

$$a_i < d_i \quad (1 \leq i \leq n) \quad (3.8)$$

$$y_{i,k} y_{j,k} (d_j - a_i)(d_i - a_j) \leq 0 \quad (1 \leq i \text{ ve } j \leq n, k \neq m+1) \quad (3.9)$$

$$y_{i,k} \in \{1,0\} \quad (1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m+1) \quad (3.10)$$

(3.5) ve (3.6) ifadelerinde verilen ve Ding vd.'ne [9] ait olan modeldeki amaçlar, sırasıyla, açık park alanına atanan uçuş sayısını ve toplam yürüme mesafesini minimize etmektir. Toplam yürüme mesafesi üç bileşenden oluşmaktadır: Transfer yolcularının yürüme mesafesi, havaalanına gelen yolcuların yürüme mesafesi ve havaalanından gidecek olan yolcuların yürüme mesafesi.

(3.7) ifadesindeki kısıt her bir uçuşun sadece ve sadece bir kapıya veya açık park alanına atanabileceğini belirtmektedir. (3.8) numaralı kısıt, her uçuşun kalkış zamanının geliş zamanından büyük olduğunu ifade etmektedir. (3.9) kısıtı, eğer iki uçuş aynı kapıya atanmışsa bu uçuşların zaman çizelgelerinin aynı zamana denk gelmemesi

gerektiğini belirtmektedir. Son kısıt ise (3.4) kısıtının farklı bir şekilde ifade edilmesidir (Ding vd. [9]).

### **3.3 Kapı Ataması Probleminin Çözümünde Kullanılan Yöntemler**

Optimizasyon problemlerinin çeşitli sınıflandırma şekilleri bulunmaktadır. Bunlardan biri tasarım değişkenlerinin sürekli veya ayrık değer almasına bağlı olarak tanımlanmıştır. Ayrık niceliklerin (objelerin) optimal olarak düzenlenmesi, gruplanması, sıraya konulması veya seçilmesi problemi, ayrık optimizasyon problemi olarak adlandırılır. Bu nedenle kapı atama problemleri ayrık problemler sınıfına girmektedir (Karaboğa [23]).

Uçuş-kapı atama işlemi için geliştirilmiş iki ana araştırma akımı bulunmaktadır. İlki “Matematiksel Programlama Teknikleri”, ikincisi ise “Simülasyon ve Kural Temelli Uzman Sistemler”dir (Dorndorf vd. [11]).

#### **Matematiksel Programlama Teknikleri**

Kapı atama probleminin çözümüne yönelik olarak öncelikle kesin sonuç veren analitik modeller kullanılmıştır. Bu modellerin problemin gittikçe karmaşık bir hal alması nedeniyle yetersiz kalması sonucu çeşitli sezgisel yöntemler geliştirilmiştir.

Kesin Sonuç Veren Algoritmalar Atama probleminde kullanılan analitik yöntemlerden bazıları dinamik programlama, kesme yüzeyi ve dal-sınır teknikleridir. Bu algoritmalar iyi sonuçlar vermekle birlikte, çok zaman alan ve sınırlı büyüklükteki problemler için etkili yöntemlerdir. Dal-sınır tekniği ise iddiasız büyüklükteki problemler için en etkili yöntemdir (Karaboğa [23]).

Sezgisel Algoritmalar, herhangi bir amacı gerçekleştirmek veya hedefe varmak için çeşitli alternatif hareketlerden etkili olanlara karar vermek amacıyla tanımlanan kriterler veya bilgisayar metodlarıdır. Atama problemlerinde sık kullanılan sezgisel yöntemler; ısıtma işlemi, genetik algoritma, karınca kolonisi optimizasyonu ve tabu araştırmasıdır (Karaboğa [23]).

- Isıtma işlemi (Simulated annealing), metallerin ısıtma işlemi ile bir optimizasyon problemine çözüm araştırma olayları arasındaki benzerlikten ilham alınarak

geliştirilmiştir. Isıl işlem, bir katının sıcaklığının belirli bir maksimum dereceye kadar artırılarak tekrar azaltılması işlemini tanımlar. Maksimum sıcaklıkta kristalin tüm molekülleri kendilerini rastgele olarak sıvı faza ayarlar. Sonra erimiş kristalin sıcaklığı kristal yapı soğutuluncaya kadar düşürülür. Soğuma uygun şekilde yapılırsa kristal yapı çok düzenli olur, yani süper kafes elde edilir. Optimizasyon problemi ile ısıl işlem arasındaki analogide, katının durumları optimizasyon probleminin muhtemel çözümlerine ve durumların enerjileri de çözümlere ait amaç fonksiyon değerlerine karşılık gelmektedir. Yine bu analogide minimum enerji bir optimal çözüme yani düzenli bir kafes yapısına karşılık gelmektedir

- **Genetik algoritmalar (Genetic Algorithms)**, evrime dayalı algoritmaların bir türüdür. Genetik algoritma, yönlendirilmiş rastgele araştırma algoritmalarının bir türüdür. Algoritma diğer evrimsel algoritmalarda olduğu gibi araştırma uzayında bulunan çözümlerin bazılarının oluşturduğu bir başlangıç popülasyonunu kullanmaktadır. Başlangıç popülasyonu her jenerasyonda, doğal seçim (seleksiyon) ve tekrar üreme işlemleri vasıtasıyla ardarda geliştirilir. En son kuşağın en kaliteli bireyi, problem için optimal çözüm olmaktadır.
- **Karınca kolonisi optimizasyonu (Ant Colony Optimization)**, karınca kolonilerinin davranışlarının (karıncaların yuva-yiyecek arasındaki en kısa yolu salgıladıkları feromon maddesi yardımıyla belirlemesi) matematiksel modelleri üzerine dayalı bir algoritmadır. Karınca kolonilerinin davranışlarının tam olarak modellenmesi yerine, yapay karınca kolonilerinin bir optimizasyon aracı olarak değerlendirilmesinden dolayı önerilen algoritmalar gerçek karınca davranışlarından biraz farklı yapıdadır. Tabu araştırması veya Lokal araştırma tiplerine göre daha az kullanışlı olsa da, diğer yöntemlerin kullanılmadığı durumlarda kullanılır.
- **Tabu araştırması (Tabu search)**, optimizasyon problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir. Tabu araştırmasının bölgesel optimalin daha ötesindeki çözümleri bulmak amacıyla kullandığı temel prensip, değerlendirme fonksiyonu denilen bir fonksiyon tarafından her iterasyonda en yüksek

değerlendirme değerine sahip hareketin bir sonraki çözümü oluşturmak amacıyla seçilmesine dayanmaktadır. Tabu araştırması algoritması, her ikisinin de çözüm uzayını tekil çözümlerin mutasyonlarını test ederek incelemesi özelliği ile Isıl İşlem'e benzer. Isıl işlem, mutasyona uğramış tek çözüm sunarken Tabu araştırması mutasyona uğramış pek çok çözüm oluşturur ve oluşturulanlar arasındaki en düşük uyuma sahip çözümü eler (Acar [21]).

### ***Simülasyon ve Kural Tabanlı Uzman Sistemler***

Simülasyon, bir sisteme ait modelin, sistemin operasyonlarını ve özelliklerini taklit etmek üzere tasarlanmış bir yazılım yardımıyla sayısal olarak değerlendirilmesidir. Başka bir deyişle, simülasyon, mevcut veya yapılması planlanan bir sistemin bilgisayar modelinin tasarlanması ve oluşturulması işlemidir. Burada amaç, belirli koşullar altında sistemin davranışının çeşitli sayısal deneyler yardımıyla daha iyi anlaşılmasıdır.

Simülasyonun popüler olmasının ana nedeni çok karmaşık modellerle çalışma imkanı sağlamasıdır (Kelton vd. [24]).

Bir simülasyon modelinin ana amacı bir sistemle ilgili gözlemlerin zamanın bir fonksiyonu olarak bir araya getirilmesine imkan vermesidir. Bu noktadan hareketle simülasyon ikiye ayrılır: sürekli ve ayrık simülasyon. Sürekli simülasyonda gözlemler zamanın her anı için kaydedilir. Bunun yanında ayrık simülasyon, sistemde değişiklik olan anlardaki gözlemleri içerir. Ayrık simülasyon için olaya dayalı metod tercih edilmektedir. Hem kapı atama işlemi hem de tüm havaalanı ile ilgili yapılmış simülasyonlarda olaya dayalı simülasyon kullanılmıştır.

Olaya dayalı simülasyon yönteminde her bir operasyon veya işlem "aktivite" adını alır. Bir aktivitenin bitişine de "olay" adı verilir. Aktiviteler belirli bir zaman boyunca sürer, olaylar ise sürmez. Bu nedenle, olay terimi bir aktivite için belirli bir andaki değişiklikleri tanımlar. Simülasyonda olayların meydana geliş süreleri bir olay tablosunda saklanmalıdır. Bu tablo olayların sırasını yansıtmak için periyodik olarak değiştirilmelidir. Bunun yanında olay tablosundaki çizelgelenmiş olaylara bağlı olarak bir olaydan diğer olaya geçen zamanı üniform olmayan zaman aralıkları ile kaydeden bir simülasyon saati çalışmaktadır.

Simülasyon olayının genel akışı olay tablosundaki bir sonraki olayı bulmak ve uygun aktiviteleri gerçekleştirmek ve ele alınan olayla ilgili işlemleri yerine getirmektir.

Olaya dayalı yöntem sayesinde uçağın geliş ve gidiş zamanları anlamlı olaylar olarak ele alınabilir. Olaylar meydana geldikçe durumdaki değişiklikler uçak hareketlerini temsil etmek üzere kullanılır. Belirlenmiş zaman aralığında bulunan tüm uçaklar simülasyon objeleridir ve hedef, simülasyon sonuçlarını doğru biçimde ve olabilecek en kısa sürede elde etmektir (Cheng [4]).

Klasik araştırma tekniklerini kullanan yaklaşımlarda çok sayıda bilgi ve performans kriteri sebebi ile oluşan zorluklar, alternatif olarak çalışmaları kural tabanlı uzman sistem modellerine yöneltmiştir. Yer kontrolcülerinden alınan bilgilere göre oluşturulan uzman sistem, atamaları oluşturmak için üretim kuralları tanımlar. Dikkate alınması gereken faktörlerin sayısı büyüktür, bu nedenle en önemli konu tüm kuralları tanımlamak, önem sırasına göre listelemektir. Pratik bir bakış açısına göre, matematiksel programlama tekniklerinin kullanımını sağlayan bir uzman sistem geliştirmek daha önemlidir. Bu tip bir bileşke, kapı çizelgeleme sisteminin beklenen esneklik özelliğini oluşturmayı sağlayabilir (Dorndorf vd. [11]).

### **3.4 Kapı Kapasitesi**

Kapı kapasitesi, sürekli bir hizmet talebinin bulunduğu durumda, belirli bir zaman aralığında sabit sayıdaki kapının hizmet verebileceği maksimum uçak sayısıdır. Kapı kapasitesi, hizmet verilen tüm uçakların kapı işgal sürelerinin ağırlıklı ortalamasının tersi alınarak hesaplanabilir. Örneğin, eğer bir uçak bir kapıyı ortalama 30 dakika işgal ediyorsa, kapının kapasitesi 2 uçak/saat olur.

Kapı kapasitesini etkileyen temel faktörler şunlardır:

- Uygun olan kapıların sayısı ve tipi,
- Kapı talebi olan uçakların tipleri ve bu tiplere bağlı olarak kapı işgal süreleri,
- Kapıların kullanıldığı zaman yüzdesi,
- Herhangi bir kapının veya tüm kapıların kullanım kısıtları.

Kapı tipleri, o kapının büyük, orta veya küçük tipte uçağa hizmet verebilmesi yeterliliği ile ortaya çıkar. Normal şartlarda havaalanındaki kapılar geniş gövdeli, dar gövdeli ve kısa uçuş yapan uçaklara göre tasarlanır. Uçakların tiplerine bağlı olarak karışımı ise genelde boyut açısından önemlidir, ancak bunun yanında ihtiyaç duyulan kapı işgal süresi açısından da önem taşımaktadır. Çok büyük uçaklar yolculara hizmet verebilmek için belirli tipte kapıya ihtiyaç duyarlar. Manevra yapmak amacıyla da zaman harcadığından kapılar %100 verimlilikle kullanılamamaktadır. Eğer kapı işgal süresi, yolcuları indirme-bindirme, yakıt alımı, kontrol, kabin hizmetleri süreleri ile birlikte kapılarda yapılan manevra süresini de içeriyorsa, verimlilik %100'e yaklaşabilir. İşgal süresi uçağın boyutuna, havaalanında bulunan veya yakın zamanda gelecek uçak olup olmamasına bağlı olarak değişmektedir. Uçak üreticileri tarafından verilen kapı işgal süreleri her havayolu şirketine ve işletme prosedürlerine bağlı olarak değişmektedir (Horonjeff ve McKelvey [25]).

### ***Kapı Kapasitesinin Hesaplanması İçin Analitik Model***

Kapı kapasitesi çözümlemesinin temeli; uçağın talep ettiği kapı işgal süresinin kapının uygun olduğu süreden daha az olması veya bu süreye eşit olması kuralına dayanır. Bu analiz için iki analitik model kullanılmaktadır. Modellerden birinde havaalanındaki tüm kapıların tüm uçaklar tarafından kullanılabilmesi kabulü yapılır. Bunun adı "Kısıtlanmamış kapı kullanımı stratejisi"dir. Diğer modelde ise, belirli büyüklükteki veya belirli bir havayoluna ait uçaklar sadece kendileri için ayrılmış kapıları kullanabilir. Buna da "kısıtlanmış kapı kullanımı stratejisi" denir [25].

Kapıların kullanımı ile ilgili kısıt yoksa yani tüm uçaklar tüm kapıları kullanabiliyorsa, Horonjeff ve McKelvey'e [25] göre, kapı kapasitesi,  $C_g$ , aşağıdaki şekilde hesaplanır:

Sunulan kapı süresi  $\geq$  Talep edilen kapı süresi

$$\mu_k N_k \geq E(T_g) C_g \quad (3.11)$$

Burada;

$\mu_k$  : kapı kullanım faktörü veya i tipi uçağın k tipi kapıyı kullandığı sürenin 1 saatlik zaman dilimindeki yüzdesi,

$N_k$ : : i tipi uçaklara uygun olan k tipi kapı sayısı,

$E(T_g)$ : : k kapısını kullanabilen uçağın kapı kullanım süresinin beklenen değeri,

$C_g$ : : k tipi kapıların kapasitesi, *uçak/saat*'tir.

Kapı kullanım süresinin beklenen değeri,  $E(T_g)$ , aşağıdaki şekilde bulunur:

$$E(T_g) = \sum m_i T_{gi} \quad (3.12)$$

Burada;

$m_i$  : havaalanındaki kapı kullanan uçak filosu içinde i tipi uçak oranı,

$T_{gi}$  : i tipi uçak için kapı işgal süresidir [25].

Kapı kullanım kısıtı olan havalimanlarında her uçak tipi için hesaplanan kapasitenin küçük olanı kapasite olarak kabul edilir.

$$C_g = \min (C_{gk}) \quad (3.13)$$

### ATATÜRK ULUSLARARASI HAVALİMANI'NDA (AHL) KAPI ATAMASI İŞLEMİ

İstanbul'da ilk hava meydanı, askeri amaçla 1912 yılında, Yeşilköy'de açılmıştır. 1944 yılında Chicago'da imzalanan Uluslararası Sivil Havacılık Anlaşmasından sonra, İstanbul/Yeşilköy'de uluslararası bir havalimanı yapılmasına karar verilmiştir. 1949'da başlanan inşaat, 1953'te tamamlanmış ve 01 Ağustos 1953 yılında Yeşilköy Havalimanı adı ile hizmete açılmıştır. Liman, o günün teknolojisiyle uluslararası standartlarda 06/24 pistine, taksi yollarına, 10 bin m<sup>2</sup>'lik modern yolcu terminaline, bakım hangarlarına, radyo alıcı-verici cihazlarına ve yedek enerji santraline sahiptir.

Hava ulaşımının gelişmesi üzerine, 06/24 pisti yetersiz kalınca yeni bir pist yapılmasına karar verilmiş ve 1968 yılında yapımına başlanan 45 m. genişliğinde, 3000 m. boyundaki 18/36 pistinin inşaatı, 1972 yılında tamamlanmıştır.

1971 yılında Yeşilköy Hava Limanı için bir master plan uygulamaya konulmuştur. Plan, 06/24 ve 18/36 pistlerinden başka, her biri yıllık 5 milyon yolcu kapasiteli 4 terminal binası ve tamamlayıcı birimlerden oluşmaktadır. Mimar Hayati TABANLIOĞLU tarafından hazırlanan proje, THY Hangar Tesisleri, Kargo Tesisleri, Hava Trafik Kontrol Kulesi ve Teknik Blok, Aydınlatma Sistemi, Elektrik Dağıtım Sistemi, eski 06/24 pistinin yeniden yapımı, akaryakıt ikmal tesisleri ile diğer tesisleri kapsamaktadır. Söz konusu projenin içinde yer alan Dış Hatlar Terminali 29 Ekim 1983'de işletmeye açılmıştır. 1985 yılında, kavuştuğu modern görünümü ile Atatürk Hava Limanı adını almıştır.



Artan yolcu trafiği nedeniyle, Yap-İşlet-Devret modeliyle yeni bir dış hatlar terminali yapımına karar verilmiş, proje yarışmasıyla proje belirlenmiş daha sonra ise Yap-İşlet-Devret modeliyle yapım ihalesi gerçekleştirilmiştir. Yeni terminal, 10.01.2000 tarihinde işletmeye açılmıştır. Yeni terminalin yolcu kapasitesi 20 milyon yolcu/yıl'dır [26]. Atatürk Uluslararası Havalimanı (AHL) yılda 350.400 uçağa hizmet verme kapasitesine sahiptir.

### **Ramp Hizmetleri**

Uçakların inişi, kalkışı, boşaltılması ve yüklenmesi ile ilgili teknik işlem ve hizmetlere ramp hizmetleri adı verilmektedir. Bu hizmette, uçuş planına göre inişe hazırlanan uçak için uygun yer teçhizatı park alanında hazırlanmaktadır. Uçağın park yerine ulaştırılması sırasında, terminal körük sistemlerinin çalışmadığı durumlarda ya da açık park yeri pozisyonlarında, işaretler ile çağrı, durdurma ve park etme işlemleri yapılmaktadır. Gerekiyorsa, harici elektrik enerjisi ve harici soğutma sistemleri uçağa bağlanmaktadır. Park etme işlemi tamamlanan uçağa, merdiven, konveyör, temiz su ve atıksu araçları gibi teçhizat ve yolcuların terminallere taşınacağı otobüslerin emniyetli bir şekilde, sorumlu ramp personelinin gözetimi altında yanaşması sağlanmaktadır. Bundan sonra, harekât personeli tarafından verilen yükleme planına uygun olarak uçağın boşaltma ve yükleme hizmetleri sunulmaya başlanmaktadır. Yolcuların uçaktan inmelerini takiben, kabin ekibinin gözetimi altında, kabin temizlik hizmetleri personeli uçağa alınmakta ve temizlik hizmetleri prosedüre uygun olarak yerine getirilmektedir.

Kış mevsiminde, gerekiyorsa uçağı buzdan ve kardan arındırma hizmetleri sunulmaktadır. Motor çalıştırma ve hareket izni alan uçağın pilot mahalli ile istasyon arasında haberleşme sistemi ile irtibat kurularak uçağın taksi yoluna çıkması için özel itme aracı ile hareket etmesi sağlanmaktadır [27].

#### 4.1 Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali'nde Kapı Ataması İşlemi

Uçakların havaalanlarında aldıkları en önemli hizmetlerden biri olan kapı atama işlemi Devlet Hava Meydanları İşletmesi, Atatürk Havalimanı Başmüdürlüğü, İşletme Dairesi Başkanlığı bünyesinde görev yapmakta olan ve ramp hizmetleri sunan Ramp Ünitesi tarafından gerçekleştirilmektedir. Yoğun bir uçak trafiğine sahip olan AHL'de uçakların hizmet alması için park edeceği köprü veya açık park alanları uçakların tipine ve büyüklüğüne göre tasarlanmıştır. Havaalanında bulunan park sahaları Şekil 4.3'de, park sahası numaraları da Çizelge 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.3 Atatürk Uluslararası Havalimanı apron yerleşimleri

Çizelge 4.2 Atatürk Uluslararası Havalimanı park alanları ve uygun uçak tipleri

APRON	UÇAK TİPİ	PARK SAHASI NO	APRON	UÇAK TİPİ	PARK SAHASI NO	APRON	UÇAK TİPİ	PARK SAHASI NO
A7	B757	25	A1	A300	1	A3 (DIŞ HATLAR KÖPRÜ)	B757	201
		26			2		MD80	202
	A300	27			3		A321	203
		28			4		B738	204
A8	B 737-400	116		A310	5		A310	205
		117			6		A300	206
		118			7		A300	207
		119			8		B747/777	208
		120			9		A300	209
		121			10		A300	210
		122			11		A321	211
A9	A340	123			12		B737	
		124			13		A300	212
	B757	125			14		B747	
		126	A321		A300	213		
127	MD11	B738						
B734	128	17	A300		214			
A11	A340	129	A2 (KARGO)	B747		18	A300	215
		130			19	BOŞ		
	A300	131		DC8	20	A300	216	
		132			21	B747		
		133	22		DC-10	217		
		134	23	B738				
		135	B747-77	24	DC-10	218		
	136	A13	MOTOR TEST	B747-77				
B727	137	A6	HANGAR ÖNÜ	B747-77	219			
A12	A340	138	A10	KÜÇÜK UÇAK PARK SAHASI		A300	220	
		139				A300	221	
	A300	140				A300	222	
A4 (İÇ HATLAR KÖPRÜ)	A321	141				B747/777	223	
		A300	101			A300	112	
	DC-10	102			A321	113		
	B747-77	104			B747-77	114		
	B727	105				115		
	A300	106						
	B727	107						
	B747-77	108						
DC-10	110							
	111							

AHL'de toplam 104 adet park yeri bulunmaktadır. Bu park yerlerinin 23'ü dış hatlar terminalinde, 9'u ise iç hatlar terminalinde köprü olarak hizmet vermekte, geriye kalan park yerleri ise açık park alanı olarak kullanılmaktadır. Dış hatlar terminalinde bulunan kapıların hepsi dar gövdeli uçaklara hizmet verebilmektedir. Geniş gövdeli uçaklar ise

sadece 7 kapıdan hizmet alabilmektedir. Geniş gövdeli uçakların atandıkları kapıların hemen yanındaki kapılara ya sadece dar uçaklar atanabilmekte veya kapı boş bırakılmaktadır. Kapıların fiziksel zorunluluklardan dolayı tahditli kullanımı EK A'da belirtilen kapı kullanım kurallarına bağlı olarak gerçekleştirilmektedir.

AHL'de kapı ataması işlemi, Ramp Ünitesinde görev yapmakta olan uzmanlar tarafından yerine getirilmektedir. Her gün akşam saatlerinde havayolu şirketlerinin bir sonraki güne ait uçuş çizelgeleri (bir örnek EK B'de verilmiştir) Ramp Ünitesine iletilmektedir. Uzmanlar, çizelgelerde bulunan uçakların geliş-gidiş saati, geliş-gidiş yerleri, uçak tipleri bilgilerine dayanarak havaalanındaki tüm kapıların ve açık park alanlarının atamasını elle gerçekleştirmektedir. Bu işlem de EK C'de görülen çizelge üzerinde uygun zaman aralıkları ve koşullar için kapılara (doğrudan terminale bağlı olan köprülere veya açık park alanlarına) uçakların atanması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Gecikmeler veya çeşitli aksaklıklar nedeniyle yaşanan değişikliklerin aynı kapıya atanmış, birbirini izleyen uçakları en az şekilde etkilemesini sağlamak amacıyla iki atama arasında 15 dakikalık tampon süre bırakılmaktadır.

Kapı Ataması İşlemi Devlet Hava Meydanları İşletmesi'nin Uçak Park Sahaları Planlama Hizmetleri İşletme Talimatı'na uygun biçimde ve havayolu şirketlerinin öncelikleri ile özel istekleri dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Ramp Ünitesi'nden alınan bilgiye göre atamalar, aşağıdaki öncelik sıralamasına göre gerçekleştirilmektedir:

1. Tarifeli yerli havayolu taşıyıcılarının uçakları,
2. Tarifeli ve her gün gelen yabancı havayolu taşıyıcılarının uçakları,
3. Tarifeli ancak her gün seferi olmayan yabancı havayolu taşıyıcılarının uçakları,
4. Tarifesiz yerli havayolu taşıyıcılarının uçakları,
5. Tarifesiz yabancı havayolu taşıyıcılarının uçakları

AHL Ramp Ünitesi tarafından uygulanmakta olan yöntem sonucunda oluşturulan çizelgelerin verimliliği, izlenmekte olan kapı ataması politikasının yolcu memnuniyeti üzerindeki etkisi tam olarak bilinmemektedir. Kapı ataması işlemi için karar vericiler, uçakların geliş ve gidiş saatleri, tip ve büyüklüklerini dikkate almakta, ancak,

kapılardan pasaport kontrol noktasına yolcu yürüme mesafesi veya bagaj iletim süreleri gibi herhangi bir ölçüt göz önünde bulundurulmamaktadır.

Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali'ne gelen uçaklar, eğer uygunsa terminale doğrudan geçiş sağlayan kapılara (köprülere) atanırlar. Burada kapıya atanan uçak yolcuları indirmeye başlar. Bu esnada bagajların bagaj bantlarına iletilmesi işleminin ilk ayağı olan traktörlere bağlı vagonlara yüklenme işlemi de başlar.

Uçaktan ayrılan yolcular terminalde bulunan pasaport kontrol noktasına yürüyen bantlarla veya yürüyerek gelirler. Havalimanındaki yetkililerden alınan bilgiye göre Dış Hatlar Terminalinde bulunan 23 kapının her birinden terminale kadar yürüme bantları mevcuttur. Pasaport kontrol noktasından geçen yolcular bagajlarını alacakları bagaj bantlarına gelirler.

Yolculara ait bagajlar, traktörlere/çekicilere bağlı vagonlarla bagajların bantlara iletilmek üzere toplandığı ve “şut altı” (chute altı) adı verilen bölüme aktarılırlar. Burada düzenlenen bagajlar kısa bir süre içinde bagaj bantlarına gönderilirler.

Bagaj bantlarının bulunduğu bölümde yolcular bagajlarını alırlar ve sonrasında havaalanını terkederler.

Yapılan bu işlemler esnasında kapıda bulunan uçak da gerekli hizmeti almaktadır. Söz konusu işlemler Şekil 4.2’de özetlenmiştir.



Şekil 4.2 Uçaklar havaalanına geldikten sonra yolcu ve bagajların izlediği yol

#### 4.2 Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali'ne Ait Veriler

Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali bünyesinde, dış hat uçaklarına hizmet vermekte olan 23 adet köprü, zaman zaman talep olmaması nedeniyle boş kalabilmekte, zaman zaman da çok ciddi sıkışıklıklar yaşanabilmektedir. Yolcu hizmet seviyesini olumsuz etkilediği bilindiği halde bazı uçaklar açık park alanına yönlendirilmekte, yolcular otobüsler aracılığı ile terminale ulaştırılmaktadır. Bu noktada, kapı kullanımının verimliliği önemli bir konu haline gelmektedir. Havaalanı bünyesinde meydana gelen sıkışıklıklar sadece köprü bölümü için sözkonusu değildir. Terminal binası içinde bulunan mekânlarda da yine hizmet seviyesini olumsuz yönde etkileyen sıkışıklıklar yaşanmaktadır. Sözgelimi, Dış Hatlar Terminali geliş katında pasaport kontrolünün yapıldığı bölümde uzun kuyruklar oluşabilmekte veya yolcuların bagajlarını aldığı bantlara birden fazla uçağa ait bagajın atanması nedeniyle yolcular gereğinden daha kalabalık bir ortamda gereğinden fazla beklemek zorunda kalabilmektedir.

Bu çalışmada AHL Dış Hatlar Terminali köprülerinin verimliliğinin artırılması, köprülere yapılan atamaların terminal içinde hizmet seviyesi üzerindeki etkilerini belirleme ve yolculara daha iyi bir hizmet sunulması amacı ile dış hatlar köprülerine

uçak atanması işleminin modellenmesi amaçlanmıştır. Modelleme için ihtiyaç duyulan verilerin çoğu işletmeci şirketin Bagaj Handling Departmanı'ndan alınmıştır.

Veriler, MS Excel formatındaki dosyalarda alınmıştır. Dosyalarda 2008 yılının Ocak-Haziran ayları arasındaki zaman aralığı için verinin tipine bağlı olarak her güne veya belirli günlere ait veriler bulunmaktadır. Bu veriler;

- Uçuş numarası,
- Uçakların çizelgelenmiş, tahmin edilen ve gerçekleşen iniş tarihi ve saati,
- Uçak tipi,
- Uçakların atandığı kpri veya park yeri,
- Uçaklarda bulunan bagajların atandığı bant numarası verileridir.

2007 yılına ve 2008 Ocak-Haziran aylarına ait belirli günlerde yapılmış bagaj iletim süresi ölümleriyle ilgili veri de elde edilmiştir. Söz konusu lmler Bagaj Handling Departmanı'nın kendi bünyesinde gerçekleştirdiği çeşitli çalışmalar için toplanmış olan verilerdir. Veriler havaalanında yer hizmeti sunan her şirket için ayrı ayrı elde edilmiştir ve aşağıdaki içeriğe sahiptir:

- Uçuş numarası,
- Uçağın iniş saati,
- Uçaktan indirilen ilk bagajın şut altına geliş saati,
- Uçaktan indirilen son bagajın şut altına geliş saati.

şut altı bölümü, Dış Hatlar Terminali'nin en alt katında bulunan ve tüm bagajların bantlara iletmek üzere toplandığı yere verilen isimdir.

Yukarıda sözü edilen veriler yardımıyla, iniş yapan bir uçağın bagajlarının şut altına iletim süresi, ilk bagaj ile son bagajın geliş saatlerinin farkı alınarak bir uçağın bagajının ne kadar sürede boşaltıldığı, bagajların ne kadar sürede bantlara iletildiği gibi bilgilere ulaşılabilmektedir. Elde edilen bir diğer veriler ise aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Uçağın çizelgelenmiş, tahmin edilen ve gerçekleşen iniş ve kalkış saati,

- Uçağın atandığı köprü,
- Uçağın atandığı köprüde söz konusu uçağa verilen hizmetin başlangıç ve bitiş saatleri,
- Uçağın ait olduğu havayolu şirketi,
- Uçak tipi bilgileri.

Bu bilgiler yardımıyla her bir uçağın tipine bağlı olarak kapılarda hizmet alma süresi, havayolu şirketlerine bağlı olarak hizmet süresinin değişimi, planlanan ve gerçekleşen iniş-kalkış saatleri arasındaki farklar elde edilmektedir. Bunun yanı sıra uçakların iniş saati ile köprüde hizmet almaya başladıkları saat arasındaki fark hesaplanarak her tipte uçağa ait taksi süresi de belirlenebilmektedir.

### ***Gelen Uçuş Verileri***

Ocak-Haziran 2008 arasında AHL Dış Hatlar bünyesinde havalimanına 26207 iniş gerçekleştirilmiştir. Bu inişlerin 2258'i iç hatlar terminaline yönlendirilmiştir. Bunun dışında verilerin bir kısmından kayıtların hatalı tutulması nedeniyle yararlanılamamıştır. Ayrıca havalimanında hizmet alan uçak tipleri incelendiğinde 6 ay içinde gelen uçakların bir kısmının çok sık kullanılmayan tipte (gözlem sayısı %1'in altında) olduğu belirlenmiştir. Tüm bunlar dikkate alınarak yukarıda sözü edilen uçaklar ihmal edildiğinde veri analizinde kullanılan uçak sayısı 6 ay için toplam 21221 olmuştur.

Atatürk Uluslararası Havalimanı'nı Ocak - Haziran 2008 tarihleri arasında kullanan tüm dış hat uçaklarının tip ve özellikleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir:



Çizelge 4.2 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında Atatürk Uluslararası Havalimanı'nı kullanan dış hat uçaklarının tip ve özellikleri

Uçak Tipi	Uçuş adeti	Tüm uçaklara göre oran (%)	Yolcu kapasitesi (yolcu)	Gövde tipi	Kapı Kullanımı Ölçütleri
1	2	3	4	5	
B738	8824	34	165	Dar	202, 203, 211 dışında tüm kapılardan hizmet alabilmektedir.
A321	4890	19	185	Dar	202 dışında tüm kapılardan hizmet alabilmektedir.
A320	4401	17	150	Dar	202 dışında tüm kapılardan hizmet alabilmektedir.
A330	842	3	250	Geniş	208 ve 219'dan hizmet alabilmektedir; 212, 214, 216, 218'den kısıtlı hizmet alabilmektedir.
A319	754	3	124	Dar	202 dışında tüm kapılardan hizmet alabilmektedir.
B734	711	3	146	Dar	Tüm kapılardan hizmet alabilmektedir.
A343	680	3	295	Geniş	208 ve 219'dan hizmet alabilmektedir; 212, 214, 216, 218'den kısıtlı hizmet alabilmektedir.
B752	502	2	200	Dar	202, 203, 204, 208, 211 dışında tüm kapılardan hizmet alabilmektedir.
A313	456	2	169	Dar	201, 202, 203, 204, 211 dışında tüm kapılardan hizmet alabilmektedir.
B735	455	2	110	Dar	
B733	439	2	128	Dar	
AB6	369	1	267	Geniş	201, 202, 203, 204, 205, 206, 211 dışında tüm kapılardan hizmet alabilmektedir.
B763	331	1	216	Geniş	208, 217, 218, 219, 223'ten hizmet alabilmektedir; 212, 214, 216'dan kısıtlı hizmet alabilmektedir.
M82	282	1	142	Dar	203 dışında tüm kapılardan hizmet alabilmektedir.
B773	258	1	368	Geniş	207, 218 ve 223'ten hizmet alabilmektedir; 217'den kısıtlı hizmet alabilmektedir.
Diğer	2013	6		Geniş ve dar	
<b>Toplam</b>	<b>26207</b>	<b>100</b>			

Çizelge 4.2'de belirtilen dar gövdeli uçakların tüm uçaklara oranı yaklaşık % 88'dir. Yolcu kapasitesi 200'e kadar olan uçaklar dar gövdeli, 200'ün üstünde yolcu kapasitesi

olan uçaklara ise geniş gövdeli uçaklar denilmektedir. Dar gövdeli uçaklar tek koridora sahipken, geniş gövdeli uçakların iki koridoru bulunmaktadır. Atatürk Uluslararası Havalimanı'nın en büyük kullanıcısı olan Türk Hava Yolları'nın (THY) 2010 yılındaki filosu ise Çizelge 4.3'te verilmiştir:

Çizelge 4.3 AHL Dış Hatlar Terminali ana kullanıcısı olan THY'ye ait filo bilgileri

Uçak tipi	Uçak adeti	Gövde tipi	Yolcu kapasitesi
B737-400	9	Dar	150
A 340-311/313	7	Geniş	271
A 330-203	5	Geniş	250
A310-304/203	3	Geniş	210
A321-230/211	17	Dar	186
A320-232	16	Dar	150
A319-132	2	Dar	124
B737-800	43	Dar	165
<b>Toplam</b>	<b>102</b>	<b>-</b>	<b>1506</b>

Uçakların tip ve özelliklerinin yanı sıra Ocak 2008-Haziran 2008 arasında gerçekleşen ve dış hatlarda hizmet veren uçak inişlerinin aylara, günlere ve gün içinde saatlere dağılımı incelenmiştir. En fazla inişin Nisan ayında gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında havalimanına tüm inişlerin (iç hatlara atananlar dahil, okunamayan veriler hariç) aylara dağılımı

Ay	İniş Sayısı (adet)
Ocak	3963
Şubat	3537
Mart	3979
<b>Nisan</b>	<b>4645</b>
Mayıs	4613
Haziran	4538
<b>Toplam</b>	<b>25275</b>

Ocak 2008-Haziran 2008 arasında inişlerin gün içinde saatlere dağılımı incelendiğinde ise Çizelge3.5 elde edilmiştir.

Çizelge 4.5 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında inişlerin (sadece dış hat köprülerine atanan) gün içinde saatlere dağılımı

Zaman aralığı	Gözlem sayısı	Frekans
00:01-01:00	439	0,02
01:01-02:00	359	0,02
02:01-03:00	257	0,01
03:01-04:00	180	0,01
04:01-05:00	185	0,01
05:01-06:00	791	0,04
06:01-07:00	1278	0,06
07:01-08:00	420	0,02
08:01-09:00	953	0,04
09:01-10:00	1007	0,05
10:01-11:00	789	0,04
11:01-12:00	837	0,04
12:01-13:00	1231	0,06
13:01-14:00	1446	0,07
14:01-15:00	1099	0,05
<b>15:01-16:00</b>	<b>1346</b>	<b>0,06</b>
<b>16:01-17:00</b>	<b>1496</b>	<b>0,07</b>
<b>17:01-18:00</b>	<b>1242</b>	<b>0,06</b>
18:01-19:00	1013	0,05
19:01-20:00	808	0,04
20:01-21:00	1208	0,06
21:01-22:00	1074	0,05
22:01-23:00	1221	0,06
23:01-00:00	539	0,03
<b>Toplam</b>	<b>21221</b>	<b>1</b>

Art arda saatlerin incelenmesi sonucunda en fazla yoğunluğun 15.00-18.00 saatleri arasında yaşandığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Yoğunluğun arttığı Nisan-Mayıs-Haziran aylarında en çok inişin gerçekleştiği günler Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Nisan, Mayıs ve Haziran 2008 aylarında en fazla inişin gerçekleştiği günler

<b>Tarih</b>	<b>Gün</b>	<b>İniş Sayısı</b>
3 Nisan 2008	Perşembe	152
7 Nisan 2008	Pazartesi	153
17 Nisan 2008	Perşembe	152
21 Nisan 2008	Pazartesi	154
28 Nisan 2008	Pazartesi	149
11 Mayıs 2008	Pazar	144
8 Mayıs 2008	Perşembe	145
25 Mayıs 2008	Pazar	144
19 Mayıs 2008	Pazartesi	152
29 Mayıs 2008	Perşembe	159
8 Haziran 2008	Pazar	145
12 Haziran 2008	Perşembe	150
16 Haziran 2008	Pazartesi	152
26 Haziran 2008	Perşembe	155
30 Haziran 2008	Pazartesi	156

Yoğunluğun en fazla olduğu günlerde inişlerin saatlere dağılımı incelendiğinde Çizelge 4.7 elde edilmiştir:

Çizelge 4.7 Nisan, Mayıs ve Haziran 2008 aylarında en fazla inişin gerçekleştiği günlerde saatlere dağılım

Gözlem sayısı															
Saat	03.04.2008	07.04.2008	17.04.2008	21.04.2008	28.04.2008	08.05.2008	11.05.2008	25.05.2008	19.05.2008	29.05.2008	08.06.2008	12.06.2008	16.06.2008	26.06.2008	30.06.2008
00:01-01:00	4	7	3	6	4	5	2	2	5	4	2	3	2	5	2
01:01-02:00	3	2	3	5	5	1	4	1	3	4	2	3	2	1	2
02:01-03:00	1	3	0	2	4	1	2	3	3	1	1	1	2	2	5
03:01-04:00	2	2	0	3	5	3	1	1	1	1	1	2	2	1	1
04:01-05:00	0	1	4	0	0	1	3	1	2	1	2	0	2	1	4
05:01-06:00	2	3	3	3	3	4	5	4	9	4	6	9	8	7	6
06:01-07:00	9	10	8	9	9	11	7	9	6	11	7	7	6	6	7
07:01-08:00	6	3	4	5	3	2	4	4	3	2	3	3	4	4	6
08:01-09:00	7	6	7	6	5	9	5	3	6	8	4	7	5	7	6
09:01-10:00	8	9	13	10	11	5	5	6	8	11	6	9	10	8	9
10:01-11:00	5	5	3	10	8	7	4	4	6	4	6	4	6	2	7
11:01-12:00	10	7	5	4	6	6	3	6	6	5	4	7	8	10	7
12:01-13:00	7	8	10	11	7	11	10	8	8	12	8	10	12	8	9
13:01-14:00	8	12	9	9	10	6	9	8	10	11	8	7	10	10	6
14:01-15:00	9	9	9	6	9	7	8	10	8	7	11	10	8	12	7
15:01-16:00	8	8	10	7	2	9	8	8	9	12	7	8	6	8	7
16:01-17:00	10	9	11	9	13	12	12	12	11	10	12	11	11	12	13
17:01-18:00	15	12	8	7	5	9	8	9	11	10	7	6	11	11	10
18:01-19:00	8	5	8	8	8	8	5	9	3	5	9	8	7	7	5
19:01-20:00	8	5	6	5	3	7	11	9	6	10	7	12	3	7	7
20:01-21:00	6	12	8	7	9	5	8	6	9	6	10	4	10	8	8
21:01-22:00	7	6	7	8	8	5	8	6	9	11	6	7	7	6	8
22:01-23:00	6	6	8	10	7	8	7	11	6	6	10	8	8	8	10
23:01-00:00	3	3	5	4	5	3	5	4	4	3	6	4	2	4	4
<b>Ortalama</b>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	7
<b>Toplam</b>	<b>152</b>	<b>153</b>	<b>152</b>	<b>154</b>	<b>149</b>	<b>145</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>152</b>	<b>159</b>	<b>145</b>	<b>150</b>	<b>152</b>	<b>155</b>	<b>156</b>

En yoğun günler incelendiğinde de ardışık yoğun saatlerin 15.00-18.00 saatleri olduğu görülmektedir. Söz konusu günlerde 15.00-18.00 saatleri arasında gerçekleşen ve dış hat terminali kapılarına atanan toplam uçak sayısı Çizelge 4.8’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.8 Nisan, Mayıs ve Haziran 2008 aylarında en yoğun günlerde 15:00 – 18:00 saatleri arasında gerçekleşen toplam iniş sayıları (Dış hat terminali kapılarına atanan)

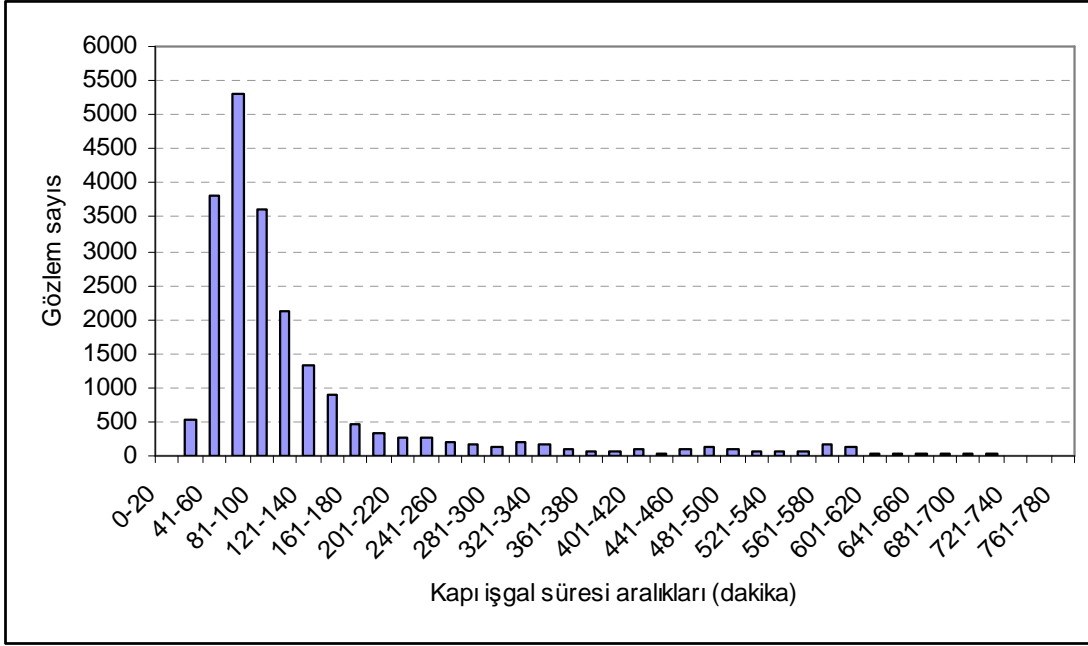
<b>Tarih</b>	<b>15.00-18.00 saatleri arasında gerçekleşen toplam iniş sayısı</b>
3 Nisan 2008	33
7 Nisan 2008	29
17 Nisan 2008	29
21 Nisan 2008	23
28 Nisan 2008	20
8 Mayıs 2008	30
11 Mayıs 2008	28
19 Mayıs 2008	31
25 Mayıs 2008	29
29 Mayıs 2008	32
8 Haziran 2008	26
12 Haziran 2008	25
16 Haziran 2008	28
26 Haziran 2008	31
30 Haziran 2008	30

### **Kapı İşgal Süreleri**

Dış hat terminali kapılarına atanan inişlerin tümü (1 Ocak 2008 - 30 Haziran 2008 arasındaki inişlerin toplam sayısı 21221) bir araya getirilmiştir. Uçakların kapıları işgal ettiği süreler 20 dakikalık zaman aralığına sahip gruplara ayrılmıştır. Toplam 40 sınıf için kapı işgal süresi dağılımları Çizelge 4.9 ve Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanan uçakların kapı işgal süresi dağılımları

Kapı işgal süresi aralıkları (dakika)	Gözlem sayısı	Yüzdelerik dağılım (%)
0-20	6	0,03
21-40	533	2,51
41-60	3816	17,98
61-80	5302	24,98
81-100	3625	17,08
101-120	2134	10,06
121-140	1326	6,25
141-160	891	4,2
161-180	461	2,17
181-200	323	1,52
201-220	278	1,31
221-240	252	1,19
241-260	208	0,98
261-280	174	0,82
281-300	122	0,57
301-320	197	0,93
321-340	155	0,73
341-360	87	0,41
361-380	81	0,38
381-400	79	0,37
401-420	86	0,41
421-440	48	0,23
441-460	88	0,41
461-480	118	0,56
481-500	100	0,47
501-520	60	0,28
521-540	66	0,31
541-560	81	0,38
561-580	177	0,83
581-600	138	0,65
601-620	46	0,22
621-640	39	0,18
641-660	41	0,19
661-680	29	0,14
681-700	19	0,09
701-720	17	0,08
721-740	8	0,04
741-760	3	0,01
761-780	4	0,02
	3	0,01
Toplam	21221	100



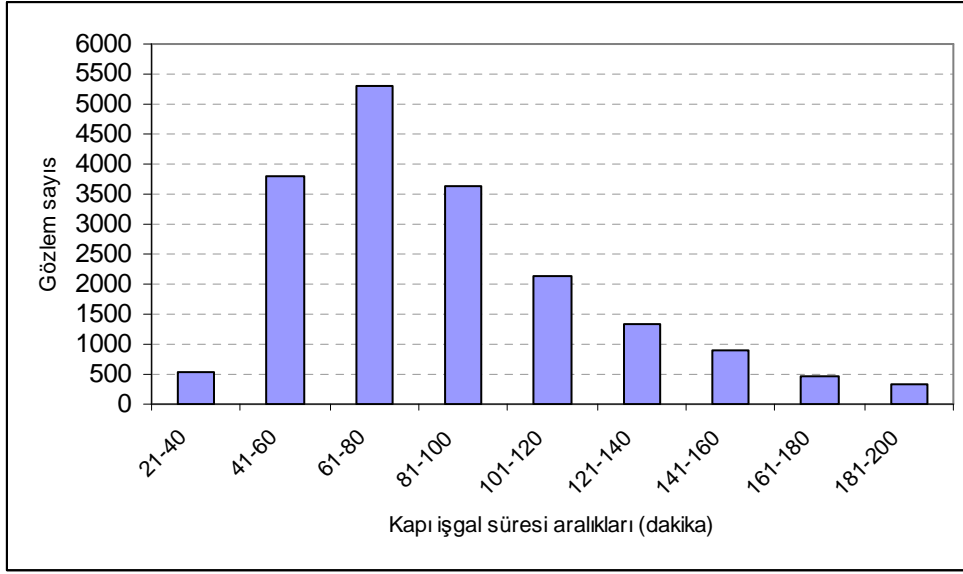
Şekil 4.3 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanan uçakların kapı işgal süresi dağılım çizelgesi

Frekans % 1,5'ten küçük olan gruplar ihmal edilerek toplam inişlerin % 87'si hesaba katılmıştır (Çizelge 4.10 ve Şekil 4.4).

Çizelge 4.10 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanan uçakların kapı işgal süresi dağılımları (Frekans değeri > % 1,5 olan işgal süreleri)

Kapı işgal süresi (dakika)	Frekans
21-40	2,51
41-60	17,98
61-80	24,98
81-100	17,08
101-120	10,06
121-140	6,25
141-160	4,20
161-180	2,17
181-200	1,52
<b>Toplam</b>	<b>% 87</b>





Şekil 4.4 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanan uçakların kapı işgal süresi dağılım çizelgesi (Frekans > % 1,5)

Buna göre; kapı işgal sürelerinin %25'i 61-80 dakika arasında, %18'i 41-60 dakika arasında, %17'si de 81-100 dakika arasında gerçekleşmiştir.

Kapı işgal süresi 21-200 dakika arasında olan ve Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında dış hatlar köprülerini kullanan uçakların uçak tiplerine ve şirketlerine göre dağılımı Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Kapı işgal süresi 21-200 dakika arasında olan ve Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında dış hatlar köprülerini kullanan uçakların uçak tiplerine ve şirketlerine göre dağılımı

Uçak tipi	THY'ye ait olan uçak sayısı	Diğer şirketlere ait olan uçak sayısı	Toplam uçak sayısı
A320	881	3001	3882
A313	282	73	355
A319	2	719	721
A321	2191	2156	4347
A330	713	145	858
A343	694	-	694
B734	90	545	635
B738	6013	1018	7031
B733	-	447	447
B735	-	466	466
B752	-	513	513
B763	-	342	342
B773	-	264	264
AB6	-	355	355
M82	-	311	311

Ocak 2008-Haziran 2008 arasında kapı işgal süreleri kapılara, uçakların ait oldukları havayolu şirketlerine ve tiplerine göre incelenmiştir. Kapılara ve havayolu şirketine bağlı olarak kapı işgal süreleri incelendiğinde Çizelge 4.12'deki ortalama süreler elde edilmiştir. Uçak tiplerine ve şirketlere bağlı olarak kapı işgal süreleri ise Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.12 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanan uçakların kapı işgal sürelerinin kapılara ve havayolu şirketlerine göre dağılımı

Kapı no	Tüm uçakların kapı işgal ortalamaları (dakika)	THY'ye ait uçakların kapı işgal ortalamaları (dakika)	Diğer şirketlerin uçaklarının kapı işgal ortalamaları (dakika)
201	80	105	68
202	59	106	57
203	64	94	62
204	71	108	62
205	79	102	67
206	84	106	70
207	87	106	70
208	90	99	77
209	89	106	72
210	88	104	74
211	70	101	63
212	95	102	74
213	89	102	67
214	96	106	75
215	91	99	68
216	92	100	82
217	93	99	67
218	96	106	82
219	94	99	82
220	98	102	83
221	99	101	82
222	100	103	82
223	104	104	103
<b>Ortalama</b>	<b>87</b>	<b>103</b>	<b>73</b>

Çizelge 4.13 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL Dış Hat Terminali kapılarına atanan uçakların kapı işgal sürelerinin uçak tiplerine ve havayolu şirketlerine göre dağılımı

Uçak tipi	Tüm şirketlerin kapı işgal ortalamaları (dakika)	THY'ye ait uçakların kapı işgal ortalamaları (dakika)	Diğer şirketlerin uçaklarının kapı işgal ortalamaları (dakika)
A320	75	94	68
A313	104	106	97
A319	62	89	62
A321	88	107	66
A330	110	112	107
A343	111	111	-
B734	60	106	53
B738	97	100	71
B733	55	-	55
B735	65	-	65
B752	88	-	88
B763	104	-	104
B773	89	-	89
AB6	86	-	86
M82	57	-	57

(Boş olan hücreler şirketlerin sözkonusu uçakları kullanmadığını ifade etmektedir.)

Çizelge 4.12 ve 3.13 incelendiğinde ana kullanıcı şirketin diğer şirketlere kıyasla daha uzun kapı işgal sürelerinin olduğu görülmektedir.

#### ***Yolcu Yürüme Mesafeleri ve Süreleri***

AHL'de yapılan çalışmalardan biri de yolcuların yürüme süresi ile ilgili yapılan ölçümdür. Bu ölçüm için Dış Hatlar Terminalindeki tüm kapılardan 216 numaralı kapıya yürüyen bantlar üzerinde normal yürüme hızında yürünmüş ve süre ölçülmüştür (Çizelge 4.14). 216 numaralı kapı, pasaport kontrol işlemlerinin yapıldığı ve gelen yolcuların bagajlarını almak için bantların bulunduğu alana geçtikleri noktaya en yakın kapıdır. Bu ölçümler yapılırken süreler, bant üzerinde yürünerek ölçülmüştür. Yürüme

bantlarının işletiminden sorumlu olan birimin verdiği bilgiye göre yolcuların %90'ı, hızı 0.5 m/sn. olan yürüme bantlarını tercih etmektedir. Bazı yolcuların yürüme bantlarını tercih etmemesi nedeniyle aynı mesafenin hem yürüme bantı üzerinde yürüyerek hem de yürüme bantı kullanılmadan ne kadar sürede yürüdüğü de ölçülmüştür. Aynı mesafede bant üzerinde 21.26sn süren yürüme işlemi, bant kullanılmadan 33.76sn sürmüştür. Bu, yürüme bantlarının yürüme hızını %30 arttırdığı anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.14 Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarından pasaport kontrol noktasına bant üstünde yürüyerek ölçülen süreler

<b>Kapı no</b>	<b>216 numaralı kapıya bant üzerinde yürüme süresi (dak:sn)</b>
201	06:01
202	05:20
203	04:40
204	04:00
205	03:59
206	04:43
207	04:43
208	04:43
209	04:43
210	04:19
211	03:32
212	02:51
213	02:08
214	01:26
215	00:44
216	00:00
217	00:43
218	01:22
219	02:30
220	02:55
221	04:06
222	04:56
223	05:40

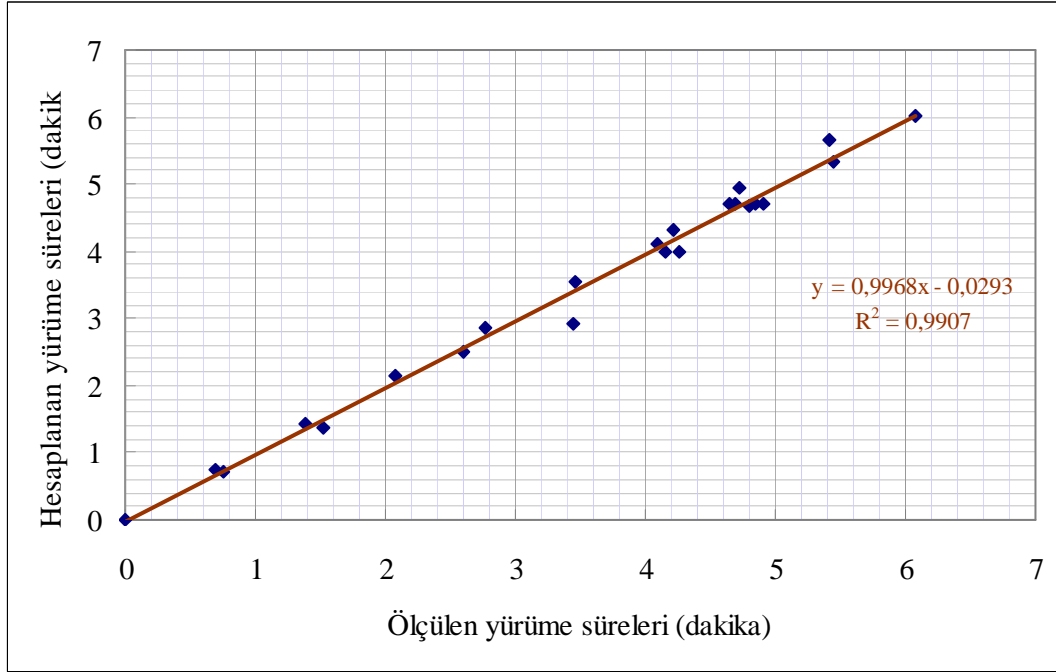
Yürüme süreleri Bagaj Handling Departmanı'ndan alınan plan (EK D) üzerinde ölçüm yapılarak da hesaplanmıştır. Buna göre her kapıdan 216 numaralı kapıya kadar ölçülen

mesafeler ve yaya yürüme hızı ortalama 4,5 km/sa (1,25 m/sn) kabul edilerek hesaplanan süreler Çizelge 4.15'te verilmiştir. Aynı çizelgede pasaport kontrol noktasına en yakın kapı olan 216 numaralı kapıdan pasaport kontrol noktasına ortalama 1 dakikada ulaşıldığı varsayılmış ve modelde kullanılacak yürüme süreleri ölçülen sürelerle 1 dakika eklenerek belirlenmiştir.

Çizelge 4.15 Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarından pasaport kontrol noktasına hesaplanan yolcu yürüme süreleri

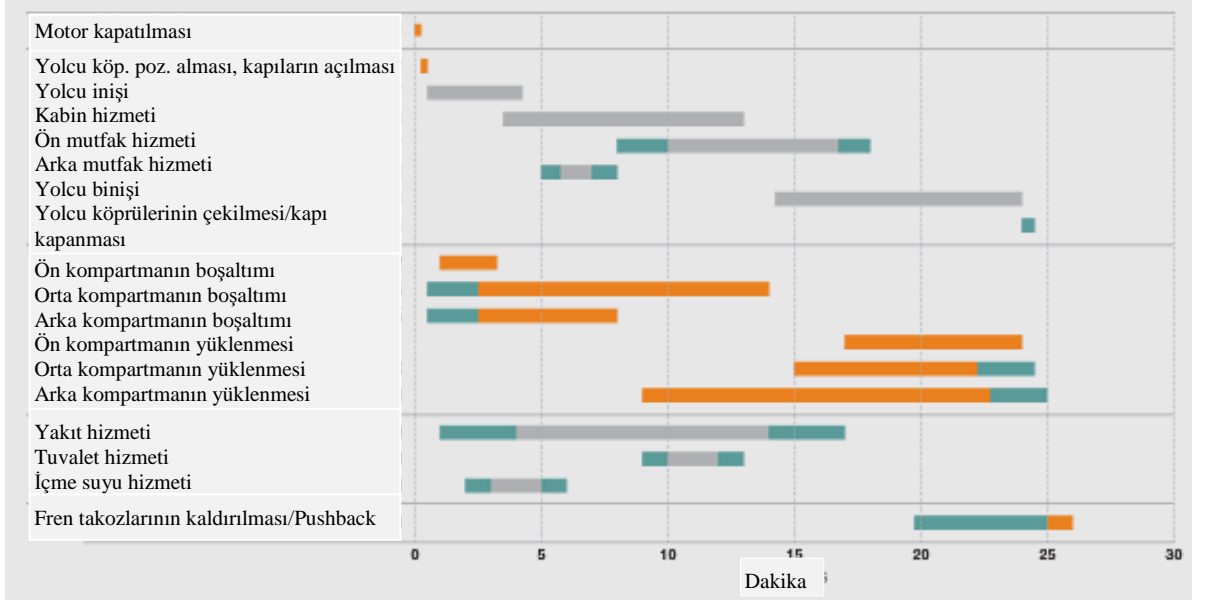
<b>Kapı</b>	<b>216 nolu kapıya kadar plan üzerinde ölçülen mesafe (m)</b>	<b>216 nolu kapıya hesaplanan yürüme süresi (dakika)</b>	<b>Kapılardan pasaport gişelerine yürüme süresi (dakika)</b>
201	456	6,08	7,08
202	408	5,44	6,44
203	360	4,80	5,80
204	312	4,16	5,16
205	320	4,27	5,27
206	368	4,91	5,91
207	364	4,85	5,85
208	352	4,69	5,69
209	348	4,64	5,64
210	316	4,21	5,21
211	260	3,47	4,47
212	208	2,77	3,77
213	156	2,08	3,08
214	104	1,39	2,39
215	52	0,69	1,69
216	0	0,00	1,00
217	56	0,75	1,75
218	114.5	1,53	2,53
219	194.5	2,59	3,59
220	258.5	3,45	4,45
221	306.5	4,09	5,09
222	354.5	4,73	5,73
223	406.5	5,42	6,42

Dış hatlar terminali kapılarından 216 numaralı kapıya ölçülen ve hesaplanan yürüme süreleri bir arada incelendiğinde Şekil 4.5'te verildiği gibi korelasyon katsayısı 1'e yakın bir değer almaktadır.

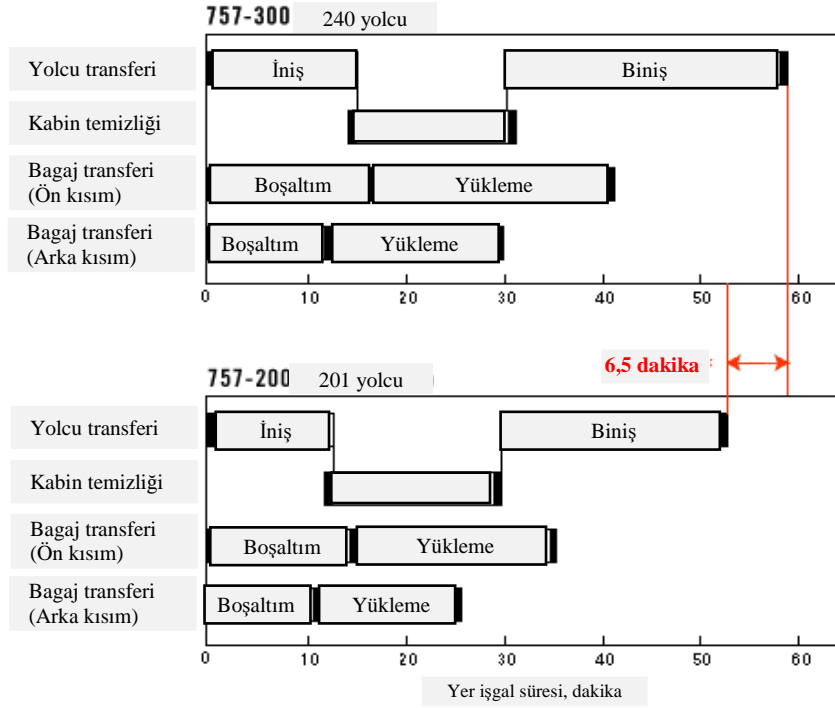


Şekil 4.5 Kapılardan 216 numaralı kapıya ölçülen ve hesaplanan yürüme süreleri

Yolcuların yürüme sürelerinin yanı sıra uçaktan iniş sürelerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Boeing firmasının uçakların işgal sürelerini minimize etmeye yönelik çalışmasında [28], B737 (yolcu kapasitesi 142) (Şekil 4.6), B757-300 (yolcu kapasitesi 240) ve B757-200 (yolcu kapasitesi 201) (Şekil 4.7) uçaklarının yerde aldığı hizmetin detaylı bir şekilde incelendiği belirlenmiştir.



Şekil 4.6 B737 uçağına ait yer hizmet süreleri [28]



Şekil 4.7 B757-300 ve B757-200 uçaklarına ait yer hizmet süreleri [28]

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'den faydalanarak yolcuların uçaktan iniş süreleri, dar gövdeli uçaklar için ortalama 5 dakika, geniş gövdeli uçaklar içinse 10 dakika olarak belirlenmiştir.



Geniş gövdeli uçaklara hizmet vermekte olan kapıların Ocak-Haziran 2008 döneminde geniş ve dar gövdeli uçaklar tarafından kullanım oranı incelenmiş ve oranlar Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16 Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıları kullanan dar ve geniş gövdeli uçak oranları

<b>Kapı</b>	<b>Hizmet verilen geniş gövdeli uçak oranı (%)</b> <b>g</b>	<b>Hizmet verilen dar gövdeli uçak oranı (%)</b> <b>d</b>
208	35	65
212	35	65
214	37	63
216	16	84
218	51	49
219	55	45
223	65	35

Geniş ve dar gövdeli uçaklara hizmet veren kapılardan pasaport kontrol noktasında erişim süresi hesaplanırken Çizelge 4.17'deki oranlar dikkate alınarak ağırlıklı ortalamalar belirlenmiştir. Örneğin 208 numaralı kapı için yolcu yürüme süresi olan 5,69 dakikaya eğer kapıya atanmış uçak dar gövdeli ise 5 dakika, geniş gövdeli uçak ise 10 dakika eklenerek ortalama yolcu erişim süreleri dar gövdeli uçakların yolcuları için 10,69 dakika, geniş gövdeli uçakların yolcuları için 15,69 dakika olarak belirlenmiştir. 208 numaralı kapıda hizmet verilen uçakların %65'inin dar gövdeli, %35'inin geniş gövdeli olduğu göz önünde bulundurularak ağırlıklı ortalama 12,44 dakika olarak hesaplanmıştır.

Yolcuların uçaktan iniş süreleri de eklendiğinde kapılardan pasaport kontrol noktasına ortalama erişim süreleri Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarından pasaport kontrol noktasına hesaplanan ortalama yürüme süreleri

<b>Kapı</b>	<b>Kapılardan pasaport gişelerine yürüme süresi (dakika)</b>
201	12,08
202	11,44
203	10,8
204	10,16
205	10,27
206	10,91
207	10,85
208	12,44
209	10,64
210	10,21
211	9,47
212	12,02
213	8,08
214	9,24
215	6,69
216	6,8
217	6,75
218	10,08
219	11,34
220	9,45
221	10,09
222	10,73
223	14,67

Yolcuların pasaport kontrolünden geçtikten sonra bagajlarının atanmış olduğu bantlara yürüme süresinin de belirlenmesi gerekmektedir. EK D’de verilen Dış Hatlar Terminali planından pasaport çıkış noktası ile bagaj bantları arasındaki mesafeler ölçülmüştür. Pasaport kontrolünden çıkan yolcular ortalama 96,35 m yürüyerek bagaj bantlarına ulaşmaktadır. Yolcu yürüme hızı olarak 4,5 km/sa alındığında yolcuların pasaport kontrol noktasından bagaj bantlarına ortalama 1 dakikada yürüdüğü belirlenmiştir.

Sonuç olarak yukarıda verilen ölçümler, elde edilen veriler ve yapılan kabuller ışığında köprüden/kapıdan uçağın kapıya park ettiği andan itibaren yolcuların bagaj bantlarının bulunduğu bagaj alım sahasına yürüme süreleri 3.1 ifadesi yardımıyla belirlenmiştir.

$$t_{j,pk}^{y,ortalama} = [d (t_{j,pk}^y + t_{boş}^{yd}) + g (t_{j,pk}^y + t_{boş}^{yg}) + t_{pk,bb}^y] \quad (4.1)$$

$t_{j,pk}^{y,ortalama}$  : j kapısından pasaport kontrol noktasına ortalama yolcu erişim süresi (dakika)

$t_{boş}^{yd}$  : yolcuların dar gövdeli uçağı ortalama boşaltma süresi (dakika)

$t_{j,pk}^y$  : yolcuların j kapısından pasaport kontrol noktasına yürüme süresi (dakika)

$t_{boş}^{yg}$  : yolcuların geniş gövdeli uçağı ortalama boşaltma süresi (dakika)

$t_{pk,bb}^y$  : yolcuların pasaport kontrol noktasından bagaj bantlarına yürüme süresi (dakika)

$g$  : dar ve geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıları kullanan geniş gövdeli uçak oranı (%)

$d$  : dar ve geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıları kullanan dar gövdeli uçak oranı (%)

Yolcuların uçaktan bagaj bantlarına erişimi için hesaplanan ortalama yürüme süreleri (pasaport kontrolü için bekleme süresi hariç) Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarından bagaj bantlarına hesaplanan ortalama yürüme süreleri

<b>Kapı</b>	<b>Kapılardan pasaport gişelerine yürüme süresi (dakika)</b>
201	13,08
202	12,44
203	11,80
204	11,16
205	11,27
206	11,91
207	11,85
208	13,44
209	11,64
210	11,21
211	10,47
212	13,02
213	9,08
214	10,24
215	7,69
216	7,80
217	7,75
218	11,08
219	12,34
220	10,45
221	11,09
222	11,73
223	15,67

### **Pasaport Kontrol Süresi**

AHL Dış Hatlar Terminali geliş katında pasaport kontrolleri 32 gişede gerçekleştirilmektedir. Toplam 42 gişe bulunan bu kattaki diğer 10 gişe, 223 numaralı kapı yönünde konumlandırılmıştır, ancak bu gişeler kullanılmamaktadır. Kullanımda olan 32 gişenin tümü de sürekli açık değildir. Gözlem yapılan günlerde; 8 Temmuz 2008’de 20 (11 yabancı, 9 yerli gişe), 9 Temmuz 2008 gününde ise toplam 17 gişe açık bulunmaktadır. 8 Temmuz 2008 günü Bagaj Handling Bölümünden bir çalışanın yardımı ile açık gişelerin yerli-yabancı ayırımı yapılabilmektedir. Alınan bilgiye göre genelde açık olan gişelerin % 40’ı yabancı, % 60’ı yerli yolculara hizmet vermektedir.

Pasaport kontrolünde kuyrukta bekleyen ve işlem yaptıran bir yolcunun ortalama 5 dakika zaman harcadığı kabul edilmiştir.

### **Bagaj İletim Mesafeleri ve Süreleri**

Atatürk Uluslararası Havalimanı'nda bagaj elleçleme işlemleri TAV'ın Bagaj Handling Departmanı tarafından gerçekleştirilmektedir. İşlemler ile ilgili veri söz konusu birimin kendi bünyesinde yaptığı ölçümler incelenerek elde edilmiştir. Alınan dosyalarda;

- Uçakların havalimanına geliş zamanı,
- Uçaklara ait ilk bagajın şut altına geliş zamanı,
- Uçaklara ait son bagajın şut altına geliş zamanı bilgileri bulunmaktadır.

Bu veriler kullanılarak;

- Elleçleme süresi (uçanın kapıya bağlandığı zaman ile ilk bagajın şut altına geliş zamanı arasındaki fark),
- Bagajların şut altında bantlara gönderilmek üzere boşaltılma süresi ( ilk bagaj ile son bagajın şut altına geliş zamanı arasındaki fark),
- Toplam hizmet süresi (uçanın kapıya bağlandığı zaman ile son bagajın şut altına iletiildiği zaman arasındaki fark) bilgileri elde edilebilmektedir.

Yukarıda belirtilen veriler Ocak 2008 ile Haziran 2008 tarihleri arasında her ayın 4 günü için yapılan çalışmalardan toplanmıştır. Ocak 2008 için 201, Şubat 2008 için 208, Mart 2008 için 235, Nisan 2008 için 179, Mayıs 2008 için 223 ve Haziran 2008 için 240 adet olmak üzere toplam 1286 veri elde edilmiştir.

### **Ölçülen ortalama bagaj iletim süreleri**

Elde edilen verilerde uçakların havaalanına geliş saati temel alınmıştır. Bagaj iletiminin uçaklar kapıda hizmete başladıkları andan itibaren elde edilebilmesi için uçakların taksi sürelerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Ocak 2008 - Haziran 2008 tarihleri arasında tüm uçuşların havaalanına geliş zamanı ile kapıda hizmete başladıkları zamana ait

veriler de alınmıştır. Bu verilerden faydalanarak uçakların her bir kapıya ortalama taksi süreleri elde edilmiştir.

Bu verilerden faydalanarak her kapı için ilk ve son bagajın, uçak kapıda hizmet almaya başladığı andan itibaren ortalama ne kadar sürede iletildiği belirlenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.19’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.19 Dış hat kapılarının ölçülen bagaj iletim ve taksi süreleri

Kapı no	<u>Uçak</u> <u>indiği</u> <u>andan</u> <u>itibaren</u> ilk bagaj ortalama iletim süresi (dakika)	<u>Uçak</u> <u>indiği</u> <u>andan</u> <u>itibaren</u> son bagaj ortalama iletim süresi (dakika)	Taksi süresi (dakika)	<u>Uçağın</u> <u>kapıya</u> <u>parkından</u> <u>itibaren</u> ilk bagaj ortalama iletim süresi (dakika)	<u>Uçağın</u> <u>kapıya</u> <u>parkından</u> <u>itibaren</u> son bagaj ortalama iletim süresi (dakika)	<u>Uçağın</u> <u>kapıya</u> <u>parkından</u> <u>itibaren</u> ortalama bagaj iletim süresi (dakika)
201	21,30	28,88	7,35	13,95	21,53	17,73
202	23,48	28,67	7,10	16,38	21,57	18,98
203	21,53	30,13	6,92	14,62	23,22	18,92
204	20,10	27,77	6,95	13,17	20,82	16,98
205	21,28	29,98	7,22	14,08	22,77	18,42
206	21,93	29,10	6,85	15,08	22,25	18,67
207	23,40	29,65	6,85	16,55	22,80	19,68
208	24,45	36,28	6,83	17,62	29,45	23,53
209	20,93	28,57	6,72	14,22	21,85	18,03
210	21,55	28,08	6,72	14,83	21,37	18,10
211	20,05	25,85	6,82	13,23	19,02	16,13
212	22,22	31,28	7,15	15,07	24,13	19,60
213	20,17	26,48	6,58	13,58	19,88	16,73
214	21,37	28,12	7,33	14,02	20,78	17,40
215	19,75	27,07	6,72	13,03	20,33	16,68
216	20,65	28,08	7,15	13,50	20,95	17,22
217	20,27	27,37	6,93	13,33	20,43	16,88
218	24,57	32,52	8,13	16,43	24,40	20,42
219	22,25	30,57	8,12	14,13	22,45	18,28
220	19,38	27,70	6,87	12,52	20,82	16,67
221	20,52	27,55	6,95	13,57	20,60	17,08
222	20,10	27,65	6,80	13,30	20,87	17,08
223	22,68	33,83	7,75	14,93	26,08	20,50

### **Teorik ortalama bagaj iletim süresi hesabı**

Yolcu yürüme süresinin elde edilmesi için izlenen yol, teorik bagaj iletim sürelerinin elde edilmesi için de kullanılmıştır. Buna göre; Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali'ne ait 1/500 ölçekli plandan (EK D) kapılar ile şut altı noktası (218 numaralı kapı) arasındaki mesafeler ölçülmüştür (Çizelge 4.20).

Mesafe ölçümlerinin ardından süreyi elde etmek için şu yol izlenmiştir: Bagaj Handling Departmanı'ndan alınan bilgiye göre, THY yapmakta olduğu bir iyileştirme çalışması dâhilinde bagajları taşıyan traktörler için yolculuk süresini en uzak kapıdan şut altına 7 dakika olarak aldığını belirtmiştir.

En uzak kapı olan 201 numaralı kapının şut altına mesafesi 946 m'dir. Bu mesafe süreye (7 dakika) bölüldüğünde hız, en uzak kapı için 136 m/dakika (8,19 km/sa) olarak elde edilmiştir. Atatürk Havalimanında apronda hız sınırının 25 km/sa olduğu düşünüldüğünde bu hız az görünmektedir. Ancak işletmeci ile yapılan görüşmede söz konusu hız değerinin olası olduğu, bagaj taşıyan traktörlerin arkalarında vagonlar bulunması ve yer trafiğinin sık sık kesintiye uğraması nedeniyle ortalama hızın bu civarda olabileceği bilgisi alınmıştır. Söz konusu hız kabulü yardımıyla her kapıya ait bagaj iletim süresi değerleri mesafeye bağlı olarak elde edilmiştir. Bu bilgi yardımıyla her kapıdan şut altı bölümüne ortalama iletim süreleri belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Dış hat kapılarından şutaltı noktasına hesaplanan bagaj iletim mesafeleri ve süreleri

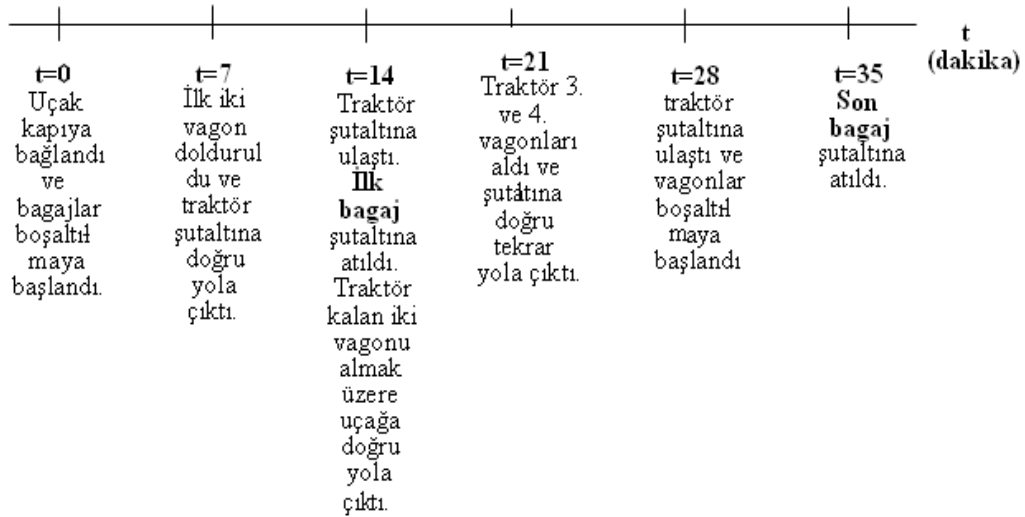
Kapı no	Kapılardan şutaltına bagaj mesafesi (m) $l_{j,sa}^b$	Kapılardan şutaltına iletim süresi (dakika) $t_{j,sa}^b$
201	956	7,00
202	909	6,66
203	861	6,30
204	814	5,96
205	691	5,06
206	634	4,64
207	616	4,51
208	584	4,28
209	569	4,17
210	531	3,89
211	475	3,48
212	423	3,10
213	371	2,72
214	319	2,34
215	267	1,96
216	215	1,57
217	159	1,16
218	100	0,73
219	180	1,32
220	244	1,79
221	292	2,14
222	340	2,49
223	392	2,87

Toplam iletim sürelerinin belirlenebilmesi için uçakların yük boşaltma sürelerine de ihtiyaç bulunmaktadır. Bu noktada yine Boeing firmasının uçakların yer hizmet sürelerini minimize etmeye yönelik yaptığı çalışmalara başvurulmuştur (Şekil 4.6 ve 3.7). Boeing'in yaptığı çalışmadan faydalanarak bagaj boşaltım süresi dar gövdeli uçaklar için 14 dakika, geniş gövdeli uçaklar için ise 20 dakika olarak belirlenmiştir. Bagajların vagonlardan şut altındaki bantlara aktarılması işleminin de boşaltım süresine eşit olduğu varsayılmıştır.



Bagaj Handling Departmanı'ndan alınan bilgiye göre bagajların taşınması için kullanılan vagonların kapasitesi ortalama 25 bagaj'dır. Söz konusu vagonlar bir traktör ile taşınmaktadır. Bir traktör boşsa 6, doluyrsa 4 vagon çekebilmektedir.

Havayolu şirketlerinin yer hizmeti sunan şirketlerle yaptığı anlaşma gereğince ilk bagajın uçak kapıya bağlandıktan sonra en geç 15 dakika içinde şut altına iletilmesi gerekmektedir. Bu sebeple bagajlar genelde iki parça halinde taşınmaktadır. Örneğin, yolcu sayısı 100 olan bir uçağın bagajlarının taşınması için 4 vagonlu bir traktör atanmaktadır. Bagajların yarısı (2 vagon) öncelikle doldurulup şut altına gönderilmekte, kalan 2 vagonun doldurulması işlemi devam ederken ilk bagajları şut altına götüren traktör geri dönmekte ve kalan vagonları da şut altına götürmektedir.



Şekil 4.8 Dar gövdeli bir uçağın bagajlarının 201 numaralı kapıdan şut altına iletim aşamaları ve süreleri

Şekil 4.8'de 201 numaralı kapıya bağlanmış dar gövdeli bir uçak için bagaj iletim aşamaları ve bu aşamaların süreleri gösterilmiştir. Buna göre t=0 anında uçaktan bagaj boşaltım işlemi başlamıştır.

Dar gövdeli uçakların bagaj boşaltım süresi, önceden de belirtildiği gibi 14 dakika olarak kabul edilmiştir. Bagajların yarısının ilk seferde taşınacağı kabulü de göz önünde bulundurulduğunda t=7. dakikada traktör, dolu olan 2 vagonu iletmek üzere şut altına yola çıkmıştır. Bu esnada bagajların şut altında boşaltım işlemi devam etmektedir.

201 numaralı kapıdan şut altına iletim süresi 7 dakika olduğundan t=14. dakikada ilk bagaj şut altına iletilmiş olmaktadır. Traktör uçağın bulunduğu yere tekrar dönüp kalan bagajları almak üzere hareket eder. t=21.dakikada traktör ikinci kısım bagajları uçağın atandığı kapıdan şut altına götürmek üzere hareket eder. Kapıdan şut altına 7 dakikada ulaşan traktörün taşıdığı vagonların boşaltım süresi de 7 dakika süreceğinden t=35. dakikada uçağa ait son bagaj da şut altına iletilmiş olur. İlk bagajın iletildiği süre ile son bagajın iletildiği sürelerin ortalaması alındığında 201 numaralı kapı için uçakların ortalama bagaj iletim süresi 24,5 dakika olarak belirlenmiştir.

Her kapının bagaj iletim ortalamalarını belirlemek için kapılara ait ilk bagaj ve son bagaj değerlerinin ortalaması alınmıştır. Şut altına iletilen ilk bagaj ve son bagaj iletim süreleri ile ortalama süreler aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

**Dar gövdeli uçaklara hizmet veren kapılar için;**

$$t_{j,sa}^{d,ib} = t_{j,sa}^b + (t_{boş}^d / 2) = t_{j,sa}^b + 7 \text{ (dakika)} \quad (4.2)$$

$$t_{j,sa}^{d,sb} = 3t_{j,sa}^b + t_{boş}^d = 3t_{j,sa}^b + 14 \text{ (dakika)} \quad (4.3)$$

$$t_{j,sa}^{d,ortalama} = 2t_{j,sa}^b + \frac{3}{4}t_{boş}^d = 2t_{j,sa}^b + 10,5 \text{ (dakika)} \quad (4.4)$$

**Geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapılar için;**

AHL Dış Hatlar Terminali işletmecisinden alınan bilgiye göre dar gövdeli uçakların bagajları genelde iki seferde şut altına iletilirken, geniş gövdeli uçakların bagajları üç seferde iletilmektedir. Buna göre;

$$t_{j,sa}^{g,ib} = t_{j,sa}^b + (t_{boş}^g / 3) = t_{j,sa}^b + 6,67 \text{ (dakika)} \quad (4.5)$$

$$t_{j,sa}^{g,sb} = 5t_{j,sa}^b + \frac{2}{3}t_{boş}^g = 5t_{j,sa}^b + 13,33 \text{ (dakika)} \quad (4.6)$$

$$t_{j,sa}^{g,ortalama} = 3t_{j,sa}^b + (t_{boş}^g / 2) = 3t_{j,sa}^b + 10 \text{ (dakika)} \quad (4.7)$$

$d$  : hem dar hem geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıları kullanan dar gövdeli uçak oranını (%),

$g$  : hem dar hem geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıları kullanan geniş gövdeli uçak oranını (%),

$t_{j,sa}^{d,ib}$  : dar gövdeli uçaklar için  $j$  kapısından şut altına ilk bagaj iletim süresini (dakika),

$t_{j,sa}^{d,sb}$  : dar gövdeli uçaklar için  $j$  kapısından şut altına son bagaj iletim süresini (dakika),

$t_{j,sa}^{g,ib}$  : geniş gövdeli uçaklar için  $j$  kapısından şut altına ilk bagaj iletim süresini (dakika),

$t_{j,sa}^{g,sb}$  : geniş gövdeli uçaklar için  $j$  kapısından şut altına son bagaj iletim süresini (dakika),

$t_{boş}^d$  : dar gövdeli uçakların bagaj boşaltım süresini (dakika),

$t_{boş}^g$  : geniş gövdeli uçakların bagaj boşaltım süresini (dakika),

$t_{j,sa}^b$  : bagajların  $j$  kapısından  $b$  bagaj elleçleme noktasına (şut altı) ortalama iletim süresini (dakika) ifade etmektedir.

Yukarıda anlatılan yol izlenerek tüm kapılardan şut altına bagaj iletim süreleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21 Dar ve geniş gövdeli uçaklar için kapılardan ortalama bagaj iletim süreleri

Kapı no	Dar gövdeli uçaklar için şut altına ortalama iletim zamanı (dakika) $t_{j,sa}^{d,ortalama}$	Geniş gövdeli uçaklar için şut altına ortalama iletim zamanı (dakika) $t_{j,sa}^{g,ortalama}$
201	24,50	-
202	23,81	-
203	23,11	-
204	22,42	-
205	20,62	-
206	19,78	-
207	19,52	-
208	19,05	22,83
209	18,83	-
210	18,28	-
211	17,46	-
212	16,69	19,29
213	15,93	-
214	15,17	17,01
215	14,41	-
216	13,65	14,72
217	12,83	-
218	11,96	12,20
219	13,14	13,95
220	14,07	-
221	14,78	-
222	15,48	-
223	16,24	18,61

Geniş gövdeli uçaklara hizmet vermekte olan 208, 212, 214, 216, 218, 219 ve 223 nolu kapılar, dar gövdeli uçaklara da hizmet vermektedir. Çizelge 4.17’de (bkz. Sayfa 47) verilen oranlar dikkate alınarak söz konusu kapılara ait bagaj iletim değerleri belirlenirken ağırlıklı ortalamalar hesaplanmıştır.

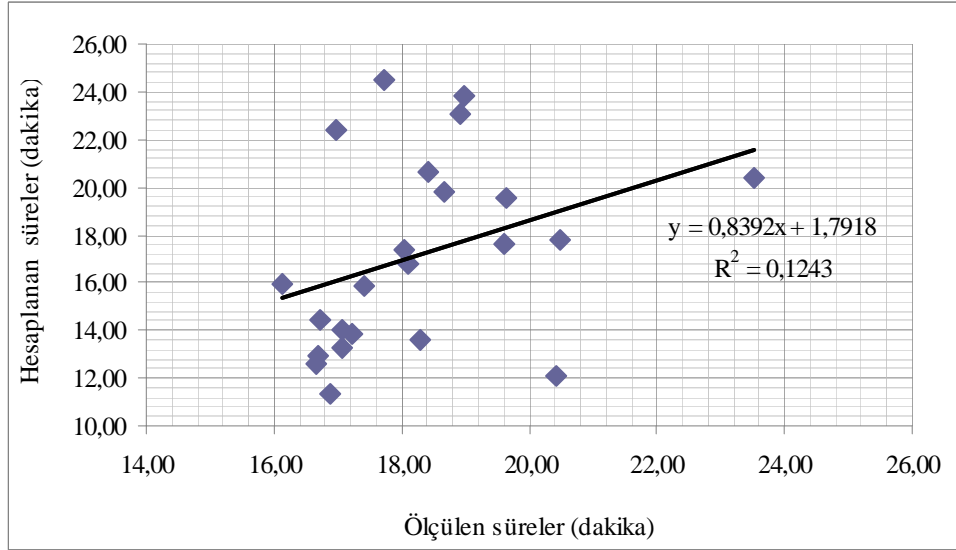
$$t_{j,sa}^{g,ortalama} = [d (2t_{j,sa}^b + 10,5) + g (3t_{j,sa}^b + 10)] \text{ (dakika)} \quad (4.8)$$

Bu kapılar dışındaki kapıların ortalama iletim değerleri, dar gövdeli uçakların iletim değerleri olarak alınmıştır (izelge 4.22).

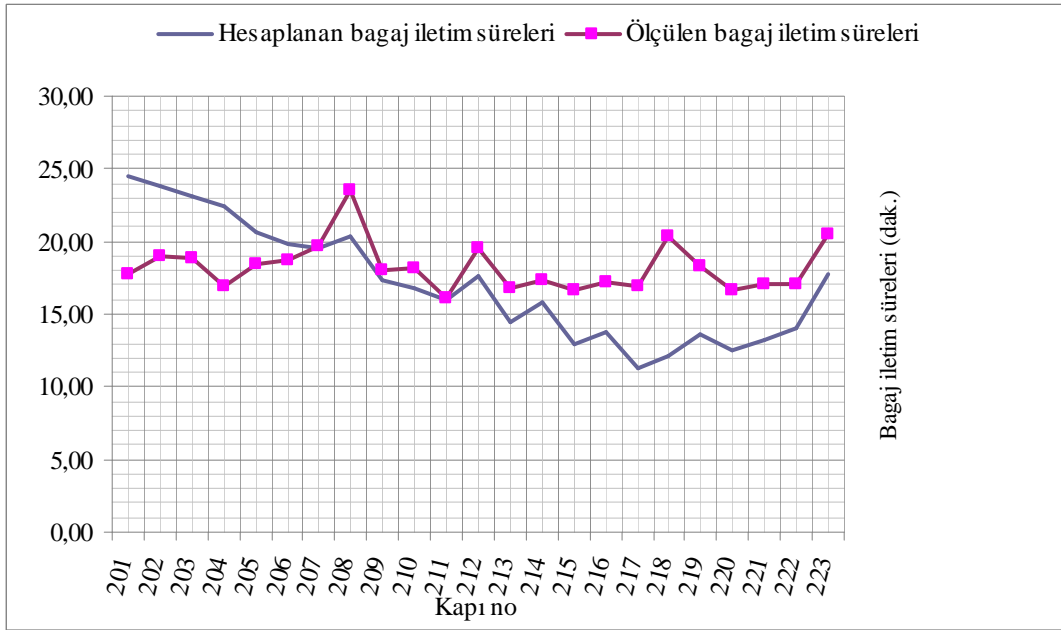
Çizelge 4.22 Kapılardan şut altına ortalama bagaj iletim süreleri (hesaplanan ve llen)

Kapı no	Kapılardan şut altına hesaplanan ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Kapılardan şut altına ölçülen ortalama bagaj iletim süresi (dakika)
201	24,50	17,73
202	23,81	18,98
203	23,11	18,92
204	22,42	16,98
205	20,62	18,42
206	19,78	18,67
207	19,52	19,65
208	20,26	23,53
209	17,33	18,03
210	16,78	18,10
211	15,96	16,13
212	17,29	19,60
213	14,43	16,73
214	15,76	17,40
215	12,91	16,68
216	13,80	17,22
217	11,33	16,88
218	12,07	20,42
219	13,55	18,28
220	12,57	16,67
221	13,28	17,08
222	13,98	17,08
223	17,24	20,50

Hesaplanan ve ölçümlerden elde edilen bagaj iletim süreleri arasındaki uygunluğu incelemek amacıyla veriler MS Excel programı kullanılarak analiz edilmiştir. Buna göre ölçülen ve hesaplanan veriler arasındaki uygunluğu ifade eden  $R^2$  değeri 0,1243 olarak elde edilmiştir (şekil 4.9).



Şekil 4.10’da her kapıya ait hesaplanan ve ölçülen ortalama bagaj iletim değerleri aynı grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.10’da da görüleceği gibi şut altına en uzak kapılar olan 201-205 kapıları için hesaplanan bagaj iletim süreleri, ölçülen iletim sürelerinden daha fazlayken, şut altına en yakın kapılar olan 215-222 kapıları için hesaplanan süreler ise ölçülen sürelerden daha azdır.

Hesaplanan ve ölçülen süreler arasındaki uyumsuzluğun sebeplerinden birinin, tüm kapılardan (açık park alanı da dahil olmak üzere) gelen traktörlerin şut altı civarında yarattığı trafik yoğunluğu olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında şut altına yakın kapılarda görev yapan bagaj iletim çalışanları 15 dakikalık ceza kısıtının yarattığı baskıyı uzak kapılarda çalışanlara göre daha az hissetmektedir. Bu sebeplerden ötürü, hesaplanan bagaj iletim değerleri için bir düzeltme katsayısı ( $\phi_j$ ) kullanılmıştır.

### **Düzeltilme Katsayısının ( $\phi_j$ ) Belirlenmesi**

Hesaplanan sürelerin şut altına uzak kapılar için ölçülen sürelerden daha fazla olması, yakın kapılar içinse daha yakın olması, düzeltme katsayısı elde edilirken kapılardan şut altına olan mesafelerin ( $l_{j,sa}$ ) incelenmesi gerektiği sonucunu getirmektedir. Dolayısıyla, düzeltme katsayısı, kapıların şut altına olan mesafesine bağlı olarak incelenmiş ve elde edilmiştir. Bu değer elde edilirken izlenen yol şudur: Öncelikle her kapı için hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki oran elde edilmiştir (Çizelge 4.23).

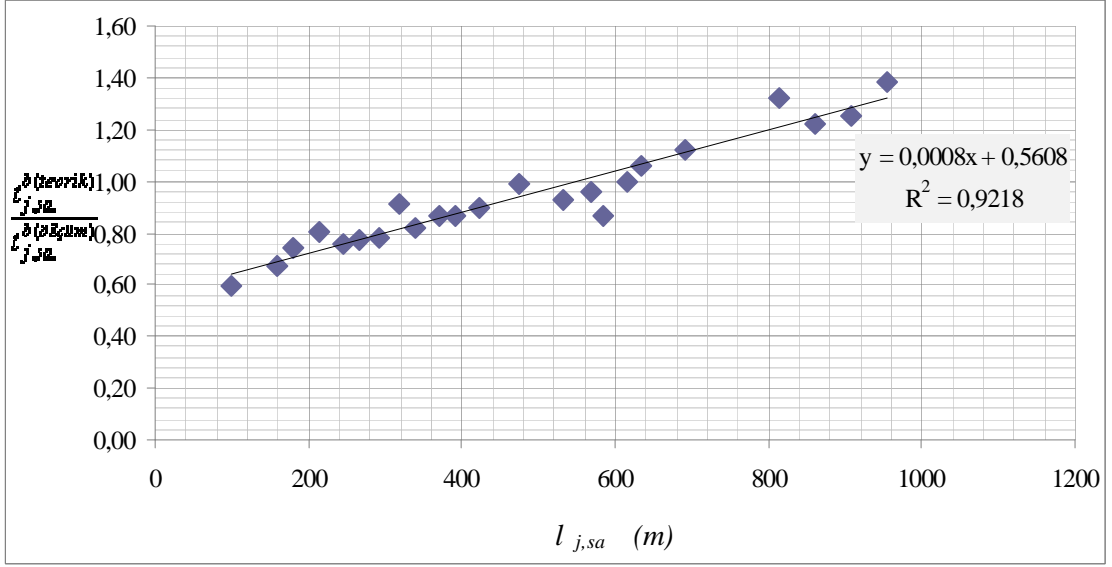
Çizelge 4.23 Hesaplanan ve ölçülen bagaj iletim süreleri ve bu süreler arasındaki oran

Kapı no	Kapılardan şutaltına hesaplanan ortalama bagaj iletim süresi (dakika) $t_{j,sa}^{b(teorik)}$	Kapılardan şutaltına ölçülen ortalama bagaj iletim süresi (dakika) $t_{j,sa}^{b(ölçüm)}$	$\frac{t_{j,sa}^{b(teorik)}}{t_{j,sa}^{b(ölçüm)}}$
201	24,50	17,73	1,38
202	23,81	18,98	1,25
203	23,11	18,92	1,22
204	22,42	16,98	1,32
205	20,62	18,42	1,12
206	19,78	18,67	1,06
207	19,52	19,65	0,99
208	20,37	23,53	0,87
209	17,33	18,03	0,96
210	16,78	18,10	0,93
211	15,96	16,13	0,99
212	17,60	19,60	0,90
213	14,43	16,73	0,86
214	15,85	17,40	0,91
215	12,91	16,68	0,77
216	13,82	17,22	0,80
217	11,33	16,88	0,67
218	12,08	20,42	0,59
219	13,59	18,28	0,74
220	12,57	16,67	0,75
221	13,28	17,08	0,78
222	13,98	17,08	0,82
223	17,78	20,50	0,87

Ardından, Çizelge 4.23'te belirlenen oran  $\left(\frac{t_{j,sa}^{b(teorik)}}{t_{j,sa}^{b(ölçüm)}}\right)$  ile kapıların şutaltına olan mesafesi

$(l_{j,sa})$  arasındaki ilişki incelenmiştir (Şekil 4.11).





Şekil 4.11  $\frac{t_{j,sa}^{b(teorik)}}{t_{j,sa}^{b(ölçüm)}}$  oranı ile kapılardan şutaltına mesafeler ( $l_{j,sa}$ ) arasındaki ilişki

Şekil 4.11'e göre,  $\frac{t_{j,sa}^{b(teorik)}}{t_{j,sa}^{b(ölçüm)}}$  ile  $l_{j,sa}$  mesafesi arasındaki ilişkiden yola çıkarak;

$$\frac{t_{j,sa}^{b(teorik)}}{t_{j,sa}^{b(ölçüm)}} = 0,0008l_{j,sa} + 0,5608 \quad (4.9)$$

kabulü yapıldığında, düzeltme katsayısı,

$$\varphi_j = \frac{1}{0,0008l_{j,sa} + 0,5608} \quad (4.10)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir.

Düzeltilme katsayısı, (4.10) ifadesine bağlı olarak her kapı için elde edilmiştir (Çizelge 4.24).

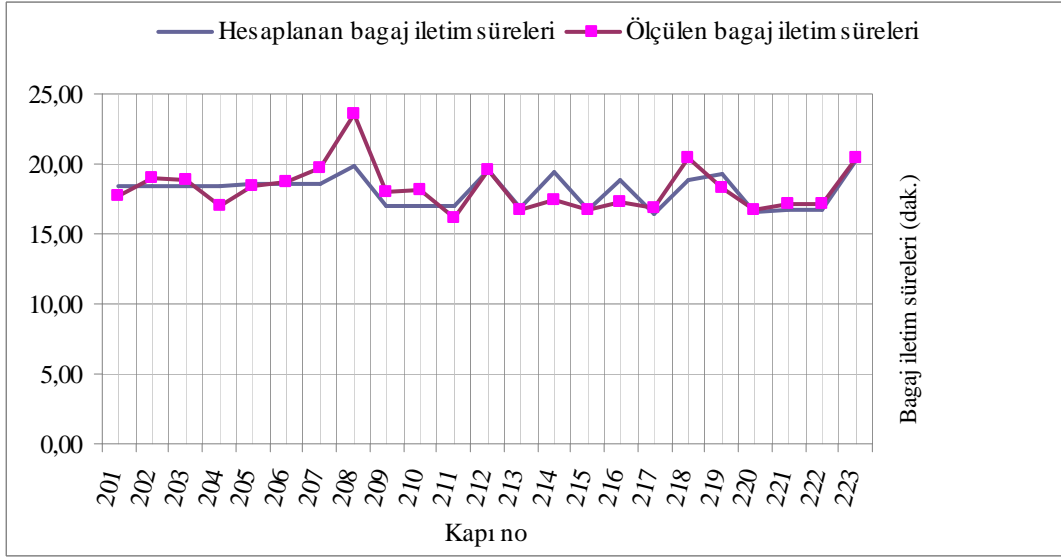
Çizelge 4.24 Kapılara göre elde edilen  $\varphi_j$  düzeltme katsayısı

Kapı no	$\varphi_j$ düzeltme katsayısı
201	1,33
202	1,29
203	1,25
204	1,21
205	1,11
206	1,07
207	1,05
208	1,03
209	1,02
210	0,99
211	0,94
212	0,90
213	0,86
214	0,82
215	0,77
216	0,73
217	0,69
218	0,64
219	0,70
220	0,76
221	0,79
222	0,83
223	0,87

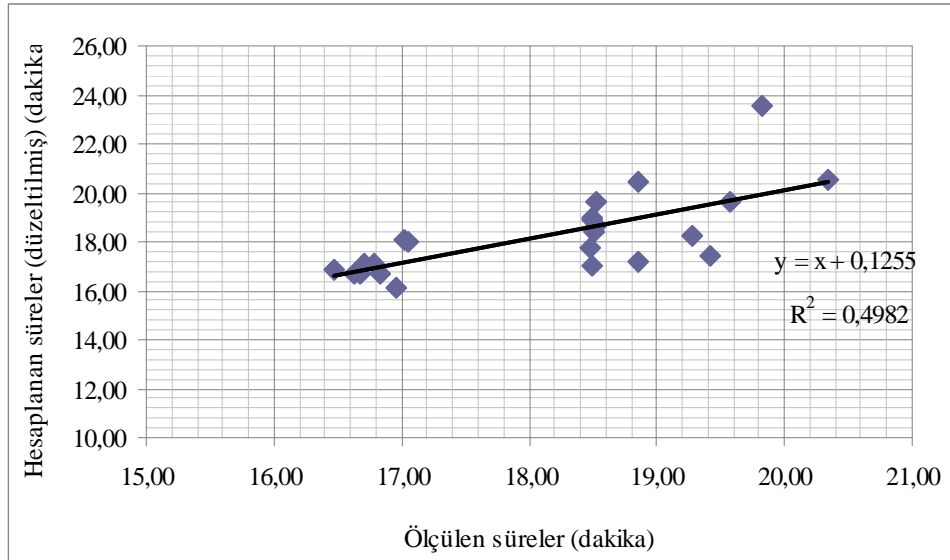
Sonuç olarak hesaplanan ortalama bagaj iletim değerlerinin  $\varphi_j$  katsayısı ile çarpılmasıyla elde edilen bagaj iletim süreleri Çizelge 4.25'te verilmiştir. Düzeltme katsayısı kullanılarak hesaplanan bagaj iletim değerleri ile ölçülen bagaj iletim değerleri Şekil 4.12'de, yeni  $R^2$  değeri de Şekil 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.25 Kapılardan şut altına ortalama bagaj iletim süreleri (düzeltme katsayısı kullanılarak hesaplanan ve ölçülen süreler)

Kapı no	Kapılardan şut altına <u>düzeltilmiş</u> hesaplanan ortalama bagaj iletim süresi (dakika) $t_{j,sa}^{b(duz,teorik)}$	Kapılardan şut altına ölçülen ortalama bagaj iletim süresi (dakika) $t_{j,sa}^{b(ölçüm)}$
1	2	3
201	18,48	17,73
202	18,49	18,98
203	18,49	18,92
204	18,50	16,98
205	18,52	18,42
206	18,52	18,67
207	18,53	19,65
208	19,82	23,53
209	17,06	18,03
210	17,02	18,10
211	16,96	16,13
212	19,58	19,60
213	16,83	16,73
214	19,43	17,40
215	16,67	16,68
216	18,86	17,22
217	16,47	16,88
218	18,86	20,42
219	19,28	18,28
220	16,63	16,67
221	16,71	17,08
222	16,79	17,08
223	20,34	20,50



Şekil 4.12 Düzeltme katsayısı kullanılarak hesaplanan bagaj iletim değerleri ile ölçülen bagaj iletim değerlerine ait eğriler



Şekil 4.13 Bagaj iletim sürelerinin ölçülen ve düzeltilmiş hesaplanan değerleri

Sonuç olarak bagaj iletim sürelerini elde etmek amacıyla oluşturulan model aşağıda verilmiştir:

$$t_{j,sa}^{hes} = \varphi_j \left[ d \left( 2t_{j,sa}^b + \frac{3}{4}t_{boş}^d \right) + g \left( 3t_{j,sa}^b + \frac{1}{2}t_{boş}^g \right) \right] \text{ (dakika)} \quad (4.11)$$

$j=j_d$  ise  $g=0$  olmalıdır.

### ÖNERİLEN KAPI ATAMASI MODELİ

Tezin 1. Bölümünde sözü edilen Hu ve Di Paolo'nun [13] çalışmalarında belirttiğinin aksine yolcuların beklemesi ile yürümesinin sadece fiziksel olarak karşılaştırılmasının yanında psikolojik olarak da değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Sistemden beklentisi henüz sona ermemiş bir yolcu (pasaport kontrolüne gireceğini bilerek uçaktan inen ve yürümeye başlayan) için yürümek yorucu ve zor olabilir ancak aldığı hizmetin son adımında (bagajını teslim alma noktasında) beklemesinin yolcunun tüm sistem ile ilgili tatmin seviyesini etkilediği çeşitli kaynaklarda belirtilmiştir ([15], [19]).

Modern havaalanlarında yürüyen bantların yaygın bir şekilde kullanılmaya başlaması da yürümeyi eskisine göre daha katlanılır hale getirmiştir. Yolcuların yürümek için harcayacağı enerjinin yürüme bantları sayesinde azalmasının yanı sıra kapıdan kapıya iletim süreleri arasındaki farklar da azalmıştır.

Dış Hatlar terminaline ait 23 kapıdan bagaj bantlarının bulunduğu alana, hem yolcuların hem de yolculara ait bagajların iletilmesi gerekmektedir. Önceden de belirtildiği gibi bagajlar öncelikle şut altı adı verilen bölüme iletilmektedir. Yolcular da pasaport kontrolünün yapıldığı noktaya gitmekte, ardından bagajlarını alacakları bagaj bant alanına geçmektedir.

IATA'nın (International Air Transport Association) uluslararası tasarım kuralı gereği, ilk yolcunun gelişi ile son bagajın gelişi arasında en fazla 25 dakika olmalıdır (Pagani vd. [17]). Atatürk Uluslararası Havalimanı'nda bagaj iletim sisteminden sorumlu olan işletmeci de bu kuralın yerine getirilmesi ile ilgili gerekli çabayı göstermektedir. Uçakların iniş saati, bu uçaklara ait ilk bagajın ve son bagajın bagaj bant alanına iletim

süresi gibi ölçümler yapılmakta ve çıkan aksaklıklar ile ilgili iyileştirme çalışmaları yürütülmektedir.

Bunun yanında havayolu şirketleri ile yer hizmeti sunan şirketler arasında da süreyi minimize etmeye yönelik kurallar mevcuttur. Atatürk Uluslararası Havalimanı'nda yer hizmeti sunan şirketin herhangi bir uçağa ait ilk bagajı uçak kapıya bağlandıktan sonra 15 dakika içinde şutaltına iletmesi gerekmektedir. Eğer bu süre aşılsa yer hizmeti sunan şirkete ceza uygulanmaktadır. Sürenin minimize edilmesini amaçlayan bu kuralın olumlu yanı şudur: Maister [15] tarafından belirtildiği gibi yolcu (müşteri) kendisini ilgilendiren işlemin başladığını gördüğünde algıladığı süre değişmektedir. Yolcunun beklemekte olduğu bantta kendi uçağına ait bagajların döndüğünü görmesi, beklemek zorunda olduğu süreyi daha az algılamasını sağlamaktadır. Ceza uygulanmasının olumsuz yanı ise, süreyi aşmamak çabası içinde olan bagaj iletim ekibinin, iletebileceğinden daha az miktarda bagajı şutaltına bir an önce götürerek ceza uygulamasından kaçınmak çabasıdır. Bu durum, az sayıda yolcunun bagajını kısa sürede almasına, yolcuların çoğunun ise daha fazla beklemesine yol açabilmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında, AHL için kapı ataması modeli geliştirilirken kapı ataması işleminin yolcuya sunulan hizmetin iyileştirilmesi açısından ele alınması amaçlanmıştır.

### **5.1 Önerilen Matematik Model**

Bugüne kadar, kapı ataması ile ilgili yapılan çalışmalarda, kapı ataması politikasının yolcuların bagaj bekleme süresi üzerindeki etkisi ve kapı atama politikası ile hizmet seviyesi arasındaki ilişkiyi inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma, yapılan diğer çalışmalara göre temel iki farklılık sunmaktadır. Bunlardan ilki; gelen uçakların hangi kapıya atanacağı kararı verilirken yürüme mesafeleri yerine bagaj iletim sürelerinin dikkate alınmasıdır. Diğeri ise yapılan çalışmalardan farklı olarak, bagaj iletim süreleri dikkate alınarak yapılan kapı atama işleminin yolcuların bagaj bekleme süresi ve terminal hizmet seviyesi üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Burada amaç, kişilerin hizmetin son aşaması olan ve aldıkları hizmete ilişkin tüm yargılarını etkileyecek ölçüde önemli olan bagaj bekleme işlemi sırasında daha iyi hizmet almalarını sağlamaktır.

İncelenmesi planlanan modelin matematiksel olarak ifade edilmesi için kullanılan kısaltmalar aşağıda ifade edilmiştir:

$$i \in I = \{ \text{uçak 1, uçak 2, ..., uçak n} \}$$

$$I_G = \{ i \in I : i = \text{geniş gövdeli uçak} \}$$

$$I_D = \{ i \in I : i = \text{dar gövdeli uçak} \}$$

$$j \in J = \{ \text{kapı 1, kapı 2, ..., kapı m} \}$$

$$J_G = \{ j \in J : j = \text{hem dar hem geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapılar} \}$$

$$J_{GT} = \{ j \in J : j = \text{geniş gövdeli uçaklara hizmet veren tahditli kapılar} \}$$

$$J_{GTR} = \{ j \in J : j = \text{tahditli kapıların sağındaki kapılar} \}$$

$$J_{GTL} = \{ j \in J : j = \text{tahditli kapıların solundaki kapılar} \}$$

$$J_S = \{ j \in J : j = \text{açık park alanındaki kapılar} \}$$

$J_R : J_{GT} \rightarrow J_{GTR}$  ( $J_R$  fonksiyonu  $j \in J_{GT}$  kapısının sağında bulunan kapıyı veren fonksiyondur.)

$J_L : J_{GT} \rightarrow J_{GTL}$  ( $J_L$  fonksiyonu  $j \in J_{GT}$  kapısının solunda bulunan kapıyı veren fonksiyondur.)

$J_{G0} : \{ j \in J : j = \text{geniş gövdeli bir uçağın atandığı bir kapının sağında veya solunda bulunup, ortadaki kapıya geniş gövdeli bir kapı atanması durumunda dar veya geniş gövdeli herhangi bir uçağın atanmasına izin verilmeyen kapı} \}$

$t_i^a$  :  $i$  uçağının geliş zamanı

$t_i^d$  :  $i$  uçağının gidiş zamanı

$$U_{KI} = \{ (i_1, i_2) \in I \times I : t_{i_2}^a - t_{i_1}^d \leq 15 \}$$

$$U_{K2} = \{(i_1, i_2) \in I \times I : t_{i_1}^a < t_{i_2}^a\}$$

sa : bagaj elleçleme noktası (şut altı),

$t_{j,sa}^b$  : bagajların j kapısından b bagaj elleçleme noktasına (şut altı) ortalama iletim süresi (dakika),

$bs_{j,sa}$  : j kapısından bagaj bantlarına iletilen bagaj sayısı,

$X_{ij}=1$ , eğer i uçağı j kapısına atanmışsa;  $X_{ij}=0$ , diğer durumlarda.

Yukarıda belirtilen kısaltmalar kullanılarak oluşturulan amaç fonksiyonu aşağıdaki şekildedir:

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} bs_{j,sa} t_{j,sa}^b \quad (5.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.2)$$

$$X_{i_1,j} + X_{i_2,j} \leq 1 \quad j \notin J_s, \quad \forall j, (i_1, i_2) \in U_K = U_{K1} \cap U_{K2} \quad (5.3)$$

$$\sum_{j \in J_G} X_{ij} = 0 \quad \forall i \in I_G \quad (5.4)$$

$$\sum_{\substack{i \in I_G \\ j \in J_i}} X_{ij} \leq m (1 - \sum_{\substack{i \in I_G \\ j \in J_R(j)}} X_{ij}) \quad m = 999 \quad \forall j_1 \in (J_{GTR} \cap J_G) \quad (5.5)$$

$$\sum_{\substack{i \in I_G \\ j \in J_i}} X_{ij} \leq m (1 - \sum_{\substack{i \in I_G \\ j \in J_L(j)}} X_{ij}) \quad m = 999 \quad \forall j_1 \in (J_{GTL} \cap J_G) \quad (5.6)$$



$$\sum_{\substack{i \in I \\ j = j_R(j_i)}} X_{ij} \leq m (1 - \sum_{\substack{i \in I \\ j = j_i}} X_{ij}) \quad m = 999 \quad \forall j_1 \in J_{G0} \quad (5.7)$$

$$\sum_{\substack{i \in I \\ j = j_L(j_i)}} X_{ij} \leq m (1 - \sum_{\substack{i \in I \\ j = j_i}} X_{ij}) \quad m = 999 \quad \forall j_1 \in J_{G0} \quad (5.8)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (5.9)$$

(5.1) ifadesinde verilen amaç fonksiyonunda belirli bir zaman aralığında havalimanına gelen uçakların toplam bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır. (5.2) kısıtı bir uçağın sadece ve sadece bir kapıya atanması gerektiğini belirtmektedir.

İki uçaktan ilkinin gidiş saati ile ikincisinin geliş saati arasında 15 dakikalık tampon süreden daha az süre olan uçaklar ile ilkinin geliş saati ikincisinin geliş saatinden küçük olan uçakların aynı kapıya atanmaması gerektiği (5.3) kısıtı ile belirtilmiştir.

Geniş gövdeli uçakların geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapılara atanması kısıtı (5.4) ifadesinde belirtilmiştir.

(5.5) ve (5.6) ifadelerinde tahdit uygulanan geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapılara geniş gövdeli bir uçak atanması durumunda bu kapıların her sağındaki ve solundaki kapılara sadece dar gövdeli uçakların atanabileceği belirtilmektedir.

(5.7) ve (5.8) ifadelerinde, geniş gövdeli bir uçağın atandığı bir kapının sağında veya solunda bulunup, ortadaki kapıya geniş gövdeli bir kapı atanması durumunda dar veya geniş gövdeli herhangi bir uçağın atanmasına izin verilmeyen kapıların boş bırakılması gerektiği ifade edilmiştir. Son kısıtta (5.9) ise j kapısına i uçağı atandığında 1 değerini alan, aksi halde 0 değerini alan ikili değişken belirtilmiştir.

### ***Yolcular için bagaj alım sahasında bekleme süresi***

Bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesi gözetilerek yapılan atama işlemi sonrasında yolcuların bagaj bekleme süreleri, ifade (5.10)'da belirtildiği gibi toplam bagaj iletim süresinden toplam yolcu erişim süresinin çıkarılması ile elde edilecektir.

$$M = \left[ \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} bs_{j,bb} t_{j,sa}^b \right] - \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} ys_{pk,bb} t_{j,pk}^y \right] \right] \quad (5.10)$$

Burada,

pk : pasaport kontrol noktasını,

$t_{j,pk}^y$  : yolcunun j kapısından p pasaport kontrol noktasına ortalama yürüme süresini (dakika),

$ys_{j,pk}$  : j kapısından p pasaport kontrol noktasına gidecek olan yolcu sayısını,

$ys_{pk,bb}$  : pasaport kontrol noktasından bagaj bantlarına giden yolcu sayısını, ifade etmektedir.

## 5.2 Önerilen Modelin Çözümü

Modelin çözümü için iki yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilkinde modelin sayısal çözümü için matematiksel programlama problemlerinin çözümü ve optimizasyon için geliştirilmiş olan GAMS (The General Algebraic Modeling System) isimli program kullanılmıştır. Oluşturulan model “Sayısal model”, çözüm ise “Sayısal çözüm” olarak adlandırılmıştır.

Diğer çözüm için ise “en kalabalık uçağın en yakın uygun kapıya atanması” kuralı kullanılarak kural tabanlı bir model oluşturulmuştur. Arena isimli simülasyon programında oluşturulan modele “Kural tabanlı model”, elde edilen çözüme ise “Kural tabanlı çözüm” adı verilmiştir.

Sayısal ve kural tabanlı çözüm için izlenen yolun izah edilmesine geçmeden önce çözümlerde kullanılan veriler ve erilerin elde edilmesi ile ilgili bilgi verilecektir.

### 5.2.1 Modelin Çözümü İçin Kullanılan Veriler

Çözüm için kullanılan veriler iki ayrı şekilde elde edilmiştir. Bunlardan ilki gerçekleşmiş uçuşlara ait veriler olup, TAV’dan alınan verilerden elde edilmiştir. Diğer veri grubu ise gerçekleşmiş verilerden faydalanarak rassal olarak elde edilen verilerdir.

Çizelge 5.1’de verilen toplam 40 adet model (veri dosyası) hem Arena’da hem de Gams’ta çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar mevcut durumla karşılaştırılmıştır. Bunun yanında sayısal ve kural tabanlı çözümlerin sonuçları da kendi içlerinde karşılaştırılmıştır. İlk senaryoya ait karşılaştırmalar bu bölümde verilmiştir. 2., 3. ve 4. senaryolara ait detaylı inceleme Bölüm 5’te sunulmuştur.

### ***Gerçekleşmiş Uçuşlara Ait Veriler***

Verilerin ilki TAV’dan alınan uçuş bilgileri kullanılarak elde edilen gerçekleşmiş gözlem ve kayıtlardan oluşmaktadır.

Gerçek veriler aşağıda belirtilen başlıklar altında toplanmıştır:

- Uçuşların gerçekleştiği saatler,
- Uçuşlar arasındaki süreler,
- Uçak tipi ve ait olduğu şirket bilgisi,
- Uçağın atandığı kapı,
- Uçağın kapı işgal süresi.

Çalışmanın 3. Bölümünde yapılan analizlerde Atatürk Uluslararası Havalimanı’nda 2008 yılında gerçekleşen en yoğun günler Çizelge 3.8’de verilmiştir. Sözkonusu günlerden rastgele seçilen 5 güne ait veriler havalimanındaki mevcut bekleme süresini elde etmek için kullanılmıştır. Seçilen günler, 03 Nisan, 17 Nisan, 11 Mayıs, 08 Haziran ve 16 Haziran 2008 günleridir. Havalimanına gelen uçuşların gün içindeki dağılımı incelendiğinde en yoğun gelişlerin 15:00-18:00 saatleri arasında gerçekleştiği belirlendiğinden seçilen en yoğun 5 güne ait 3 saatlik zaman dilimlerine (15:00-18:00 arasında) ait geliş saatleri, uçak ve şirket tipleri, kapı işgal süreleri kullanılarak gerçekleşen bagaj iletim ve yolcu iletim değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 5.1’de seçilen 5 günden biri olan 03 Nisan 2008 gününde 15:00-18:00 arasında gelen uçaklar ve bu uçaklara ilişkin veriler belirtilmiştir. Diğer 4 güne ait veriler EK E’de verilmiştir.

THY’nin gelen tüm uçaklar içindeki payının yaklaşık % 50 olması nedeniyle uçakların ait olduğu şirketler THY ve Diğer Şirketler (Digsir) olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

Çizelge 5.1 3 Nisan 2008 günü 15:00-18:00 saatleri arasında AHL Dış Hatlar Terminaline gelen uçuşlar

i	Geliş saati	Geliş aralıkları (dakika)	Yığılımlı geliş aralıkları (dakika)	Hizmet alınan kapı	Kapı işgal süresi (dakika)	Uçağın gidiş zamanı	Uçak tipi	Şirket adı
			$t_i^a$			$t_i^d$		
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	15:07	0	0	202	57	57	B734	Digsir
2	15:22	15	15	213	138	153	B738	THY
3	15:26	4	19	apron	120	139	A320	Digsir
4	15:29	3	22	217	67	89	B738	THY
5	15:41	12	34	222	71	105	B738	THY
6	15:45	4	38	206	49	87	B738	Digsir
7	15:57	12	50	210	75	125	B738	Digsir
8	16:03	6	56	218	43	99	A320	Digsir
9	16:06	3	59	apron	120	179	B738	Digsir
10	16:08	2	61	216	62	123	B738	THY
11	16:10	2	63	212	103	166	B738	THY
12	16:18	8	71	209	75	146	B738	Digsir
13	16:20	2	73	201	70	143	A321	Digsir
14	16:23	3	76	202	71	147	B735	Digsir
15	16:32	9	85	223	66	151	B763	Digsir
16	16:37	5	90	207	81	171	A320	Digsir
17	16:49	12	102	211	46	148	A320	Digsir
18	16:52	3	105	205	41	146	A321	Digsir
19	16:58	6	111	221	202	313	A320	Digsir
20	17:01	3	114	203	94	208	A320	Digsir
21	17:03	2	116	214	58	174	A321	Digsir
22	17:05	2	118	204	46	164	A321	Digsir
23	17:08	3	121	208	58	179	A320	Digsir
24	17:12	4	125	206	56	181	A320	Digsir
25	17:17	5	130	220	63	193	B738	THY
26	17:19	2	132	222	92	224	B738	THY
27	17:19	2	134	apron	120	254	B738	THY
28	17:23	6	140	219	374	514	A343	THY
29	17:27	5	145	201	110	255	B738	THY
30	17:28	1	146	apron	120	266	B738	THY
31	17:30	2	148	215	109	257	B738	THY
32	17:36	6	154	apron	120	274	B737	THY
33	17:41	5	159	apron	120	279	B738	THY
34	17:43	2	161	210	70	231	A321	THY
35	17:46	3	164	209	62	226	B738	THY
36	17:51	5	169	217	116	285	B738	THY
37	17:56	5	174	apron	120	294	B738	THY

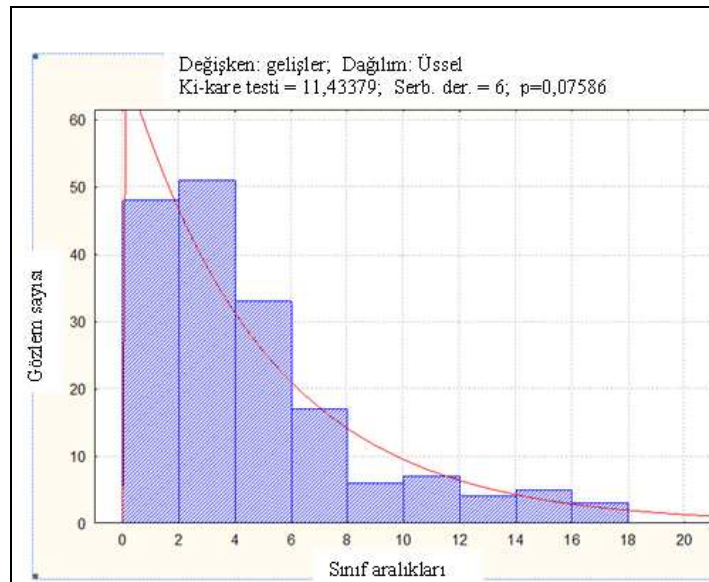
Çizelge 5.1’de her uçağın atanmış olduğu kapıda hizmet gördüğü süre, yani kapı işgal süreleri TAV’dan alınan verilerden elde edilmiştir. Aprona atanan uçakların yer işgal süreleri elde edilemediğinden, hizmet süresi havalimanına gelen uçakların konma süresi olan 2 saat olarak kabul edilmiş ve kapı işgal süresi 120 dakika olarak alınmıştır.

### ***Rassal veriler***

Gerçek verilerin uyum gösterdiği istatistiksel dağılımların belirlenmesi ile rassal veriler oluşturulmuştur. Burada amaç, deterministik veriler kullanmak yerine modellerin daha genel bir anlam ifade edebilmesi için rastgele veri kullanılmasıdır.

### **Geliş süreleri**

3 Nisan, 17 Nisan, 11 Mayıs, 8 Haziran ve 16 Haziran günlerinde en yoğun saatler olarak belirlenmiş olan 15:00-18:00 saatleri arasında gerçekleşen gelişlerin tümü birleştirilerek toplam 174 adet geliş aralığı verisi elde edilmiştir. Bu veriler Statistica isimli bir istatistik programında analiz edilmiştir [25]. Verilerin hangi dağılıma uyduğunu belirlemek için sözü edilen program kullanıldığında Şekil 5.1 ve Çizelge 5.2’te verilen sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre uçakların havalimanına geliş aralıklarının gerçekleşen değerleri  $\lambda=0,199$  değeri ile üssel dağılıma uymaktadır.



Şekil 5.1 İncelenen 5 güne ait geliş aralıkları verilerinin üssel dağılıma uyum analizi (Statistica sonucu)

Çizelge 5.2 İncelenen 5 güne ait geliş aralıkları dağılımının üssel dağılıma uygunluğu için ki-kare testi sonuçları

Sınıf aralıkları	Gözlem frekansı	Yığılımlı gözlem frekansı	Gözlem yüzdesi	Yığılımlı gözlem yüzdesi	Beklenen frekans	Yığılımlı beklenen frekans	Beklenen yüzdesi	Yığılımlı beklenen yüzdesi	Gözlem-Beklenen
≤ 2	48	48	27,59	27,59	57,15	57,15	18,88	32,85	-9,15
4	51	99	29,31	56,90	38,38	95,53	12,68	54,90	12,62
6	33	132	18,97	75,86	25,77	121,30	8,51	69,71	7,23
8	17	149	9,77	85,63	17,31	138,61	5,72	79,66	-0,31
10	6	155	3,45	89,08	11,62	150,24	3,84	86,34	-5,62
12	7	162	4,02	93,10	7,81	158,04	2,58	90,83	-0,81
14	4	166	2,30	95,40	5,24	163,28	1,73	93,84	-1,24
16	5	171	2,87	98,28	3,52	166,80	1,16	95,86	1,48
18	3	174	1,72	100,00	2,36	169,17	0,78	97,22	0,64
<b>Toplam</b>									<b>4,83</b>

Ki-kare testinin sonucunda kritik  $\chi_0 = 4,83$  bulunmuştur. 6 serbestlik derecesi ve  $\alpha = 0,05$  önem düzeyi için Ki-kare dağılımının yüzdelik noktalarının bulunduğu tablodan okunan teorik değer  $\chi_{0,95,6} = 12,59$ 'dur.  $\chi_0 \leq \chi_{0,95,6}$  şartı sağlandığından geliş aralıkları verilerinin üssel dağılıma uyduğu kabul edilmiştir.

Verilerin üssel dağılıma uyduğu belirlendikten sonra MatLab programında bulunan Rasgele Sayı Üretimi aracından faydalanarak  $\lambda=0,199$  olmak üzere üssel dağılıma uyan rasgele geliş süreleri üretilmiştir. Modelin çözümü için hem kural tabanlı çözümde hem de analitik çözümde kullanılmak üzere üretilen rassal verilerin sayısı, gerçekleşmiş verilere uygunluk göstermesi açısından toplam geliş aralıkları 3 saat olacak şekilde üretilmiştir.

Gerçek durumun incelendiği modellerde 5 farklı güne ait veriler kullanılmıştı, aynı şekilde rassal verilerin kullanıldığı senaryolarda da 5 farklı veri takımı oluşturulmuştur. Dolayısıyla, üretilen rastgele geliş aralıkları verilerinden yaklaşık 3 saatlik/180 dakikalık 5 farklı veri takımı oluşturulmuştur (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 MatLab programında üretilen üssel dağılıma ( $\lambda=0,199$ ) uyan rassal geliş aralıkları

Geliş aralığı verisi 1 (dakika)	Geliş aralığı verisi 2 (dakika)	Geliş aralığı verisi 3 (dakika)	Geliş aralığı verisi 4 (dakika)	Geliş aralığı verisi 5 (dakika)
3	10	17	19	1
1	1	0	15	3
1	3	2	10	5
15	7	0	1	8
6	1	3	4	3
2	14	7	3	6
4	4	7	4	14
0	2	1	14	13
1	5	0	1	14
3	5	5	6	5
6	3	1	7	11
7	1	11	3	4
1	1	3	4	1
4	14	4	5	5
1	6	2	2	11
12	5	7	0	3
1	1	12	2	1
18	4	4	6	5
1	7	2	8	16
1	3	10	4	10
3	4	4	18	13
11	1	2	1	2
9	0	1	3	4
2	1	6	8	2
1	2	5	3	2
17	2	1	15	3
1	1	2	1	2
0	14	7	4	1
5	6	1	3	2
2	28	6	3	1
5	1	7	2	4
8	3	26		10
1	5	5		
2	8	4		
6	3	6		
3	6			
4				
12				
Top. 181 dakika	Top. 179 dakika	Top. 182 dakika	Top. 178 dakika	Top. 182 dakika

## Kapı İşgal Süreleri

TAV'dan alınan veriler kullanılarak AHL'ye Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında gelen tüm Dış Hat uçaklarının kapı işgal süreleri elde edilmiştir. Kapı işgal süreleri hem uçak tiplerine bağlı olarak hem de hizmet gördükleri kapılara bağlı olarak her uçak için belirlendiği gibi havayolu şirketlerine bağlı olarak da incelenmiştir (Bölüm 3).

İşgal sürelerinin kural tabanlı çözümde kullanılması aşamasında sürelerin hangi dağılıma uyduğu ile ilgili çalışmalar da yapılmıştır. Ancak incelenen verilerin çoğu herhangi bir teorik dağılıma uygunluk göstermemiştir. Statistica'da THY'ye ait A320 tipindeki uçaklar için uygun dağılımı belirleme çalışmalarında alınan sonuçlar Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere 0.05'ten büyük olması beklenen önem düzeyi değeri, incelenen dağılımlarda uygun bir değer alamamaktadır. Yani teorik dağılım ile gözlenen dağılım birbirinden istatistiksel olarak önemli derecede farklılık göstermektedir. Bu sebeple işgal sürelerinin dağılımı için aşağıda izah edilen şekilde *ampirik* dağılım kullanılmasına karar verilmiştir.

### *Ampirik Dağılım*

Bazı durumlarda, örneğin elde bulunan verilerin bilinen teorik dağılımlara uymadığı durumlarda kullanılmak üzere değişkenler oluştururken gözlem sonucu elde edilen verilerin kendisi doğrudan kullanılarak bir dağılım elde edilir. Bu dağılıma *ampirik* dağılım adı verilmektedir (Law ve Kelton [26]).

Sürekli rastgele değişkenler için ampirik dağılım oluşturulurken orjinal veri mevcutsa; toplanan veriler küçükten büyüğe doğru sıralanır.

$$x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n$$

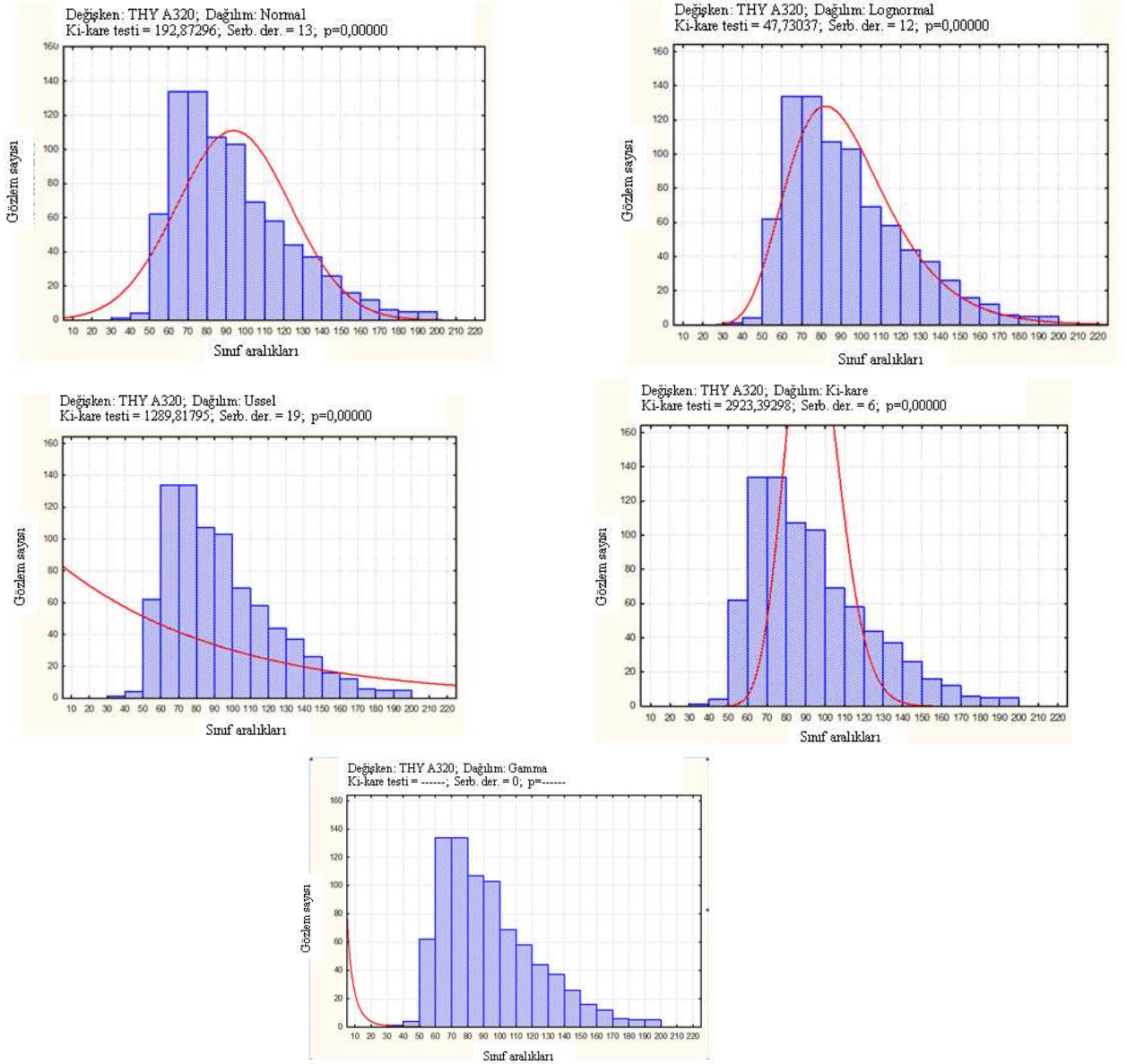
Sürekli, parçalı (piecewise) doğrusal dağılım fonksiyonu tanımlanır.

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x < x_{(1)} \\ \frac{i-1}{n-1} + \frac{x-x_{(i)}}{(n-1)(x_{(i+1)}-x_{(i)})} & x_{(i)} \leq x < x_{(i+1)} \\ 1 & x_{(n)} \leq x \end{cases} \quad (5.11)$$



Kesikli değişkenler içinse orjinal veri mevcutsa ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ), ampirik dağılım tanımlamak çok kolaydır. Olası her X değeri için ampirik fonksiyon  $p(x)$  olasılık kütle fonksiyonu olarak tanımlanır (Dengiz [31]).

$$F(x) = \begin{cases} \sum_{-\infty}^x p(x_i) & x_i \leq x \leq x_n \end{cases} \quad (5.12)$$



Şekil 5.2 THY'ye ait A320 tipi uçakların kapı işgal sürelerine ait teorik dağılımı belirleme çalışmaları

Ampirik dağılım doğrudan gözlem verilerine bağlı olarak elde edilmektedir. Kapı işgal sürelerinin ampirik dağılımını belirlemek üzere Kenneth R. MacLeod'a [32] ait Simülasyonda Rasgelelik ders notlarından faydalanılmıştır.

Buna göre ampirik dağılımı elde etmek amacıyla izlenen yol aşağıda belirtilmiştir:

- Veriler küçükten büyüğe doğru sıralanır.
- Daha sonra her bir verinin gerçekleşme sayısı belirlenir.
- Ardından gerçekleşme yüzdeleri ile yığılımlı yüzdeler belirlenir. Yığılımlı yüzdelerden faydalanarak frekans sınıflarının sınır değerleri belirlenir.
- Bu işlemin ardından rasgele sayılar üretilerek bu sayıların düştüğü aralığa bağlı olarak rasgele değişkenler elde edilir (MacLeod [28]).

Örneğin, THY A320 uçaklarının kapı işgal süreleri 47-199 dakika arasında değişim göstermektedir ve elimizde 800 adet veri bulunmaktadır. THY'ye ait A320 uçaklarının kapı işgal süreleri için ampirik dağılım oluşturulurken izlenen yol şu olmuştur:

Veriler küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır (Çizelge 5.4, 1. sütun).

- Her değer için eldeki veriler içinde gerçekleşme sayısı belirlendikten sonra gerçekleşme sayılarının toplam içindeki yüzdeler ve yığılımlı yüzdeler belirlenmiştir (Çizelge 5.4, 2., 3. ve 4. sütunlar).
- Yığılımlı yüzdelerden faydalanarak her değer için sınıf aralıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.5, 5. sütun).
- Excel programının **Rand()** fonksiyonundan faydalanarak rasgele sayılar üretilmiştir (Çizelge 4.5, 6. sütun).
- Üretilen rasgele sayıların yığılımlı yüzdelerle ilgili olarak denk düştüğü satırdaki kapı işgal süreleri belirlenerek rasgele süreler üretilmiştir (Çizelge 5.4, 7. sütun).
- Aynı yöntem, şirketler için ve bu şirketlere ait her uçak tipi için ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve her biri için kapı işgal sürelerine ait rassal veriler elde edilmiştir (EK F).

Çizelge 5.4 THY'ye ait A320 tipi uçaklarının kapı işgal sürelerinin ampirik dağılıma göre elde edilişi

THY'ye ait	Gözlem	Yüzdeler	Yığılımlı	Sınıf sınırı		Rasgele	Ampirik
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		(6)	(7)
47	2	0,00					
49	1	0,00	0,0013	0,0013	0,0024	0,80692503	119
50	1	0,00	0,0025	0,0025	0,0049	0,23318323	70
51	2	0,00	0,0050	0,0050	0,0087	0,65936888	100
52	3	0,00	0,0088	0,0088	0,0124	0,70395783	106
53	3	0,00	0,0125	0,0125	0,0187	0,79500901	119
54	5	0,01	0,0188	0,0188	0,0249	0,19465321	69
55	5	0,01	0,0250	0,0250	0,0312	0,07958204	59
56	5	0,01	0,0313	0,0313	0,0437	0,27495816	73
57	10	0,01	0,0438	0,0438	0,0549	0,59534336	95
58	9	0,01	0,0550	0,0550	0,0687	0,48996642	87
59	11	0,01	0,0688	0,0688	0,0799	0,06175118	58
60	9	0,01	0,0800	0,0800	0,0874	0,48778554	87
61	6	0,01	0,0875	0,0875	0,1012	0,80799906	119
62	11	0,01	0,1013	0,1013	0,1124	0,09716093	61
63	9	0,01	0,1125	0,1125	0,1324	0,83462502	124
...	...	...	...	...	...	...	...
163	1	0,00	0,9712	0,9712	0,9736	0,60131713	96
164	2	0,00	0,9737	0,9737	0,9749	0,03388944	56
165	1	0,00	0,9750	0,9750	0,9761	0,82507770	123
166	1	0,00	0,9762	0,9762	0,9774	0,41522618	81
169	1	0,00	0,9775	0,9775	0,9786	0,71404275	107
171	1	0,00	0,9787	0,9787	0,9799	0,24408153	71
172	1	0,00	0,9800	0,9800	0,9824	0,63773473	98
175	2	0,00	0,9825	0,9825	0,9849	0,03315878	56
176	2	0,00	0,9850	0,9850	0,9874	0,37489915	78
182	2	0,00	0,9875	0,9875	0,9886	0,18422229	68
187	1	0,00	0,9887	0,9887	0,9911	0,72479398	108
190	2	0,00	0,9912	0,9912	0,9924	0,89264969	134
192	1	0,00	0,9925	0,9925	0,9936	0,83932312	125
193	1	0,00	0,9937	0,9937	0,9949	0,95249215	153
197	1	0,00	0,9950	0,9950	0,9974	0,40094520	80
199	2	0,00	0,9975	0,9975	1,0000	0,00900295	52
<b>Toplam</b>	800	1,00					

Havayolu Şirketi-Uçak tipi dağılımı

#### Havayolu Şirketi dağılımı

Ocak-Haziran 2008 tarihleri arasında AHL'ye gelen uçakların yaklaşık %51'i THY'ye aittir. Havayolu şirket tiplerinin oluşturulması aşamasında bu veriden faydalanılmıştır (Çizelge 5.5; 2. sütun) Geliş aralıklarının oluşturulması için izlenen yol burada da

kullanılmış ve havayolu şirketi tipi için de ampirik dağılım ile rassal veriler elde edilmiştir (Çizelge 5.5; 3, 4, 5 ve 6. sütunlar).

Çizelge 5.5. AHL'ye gelen uçakların şirket tiplerinin ampirik olarak belirlenmesi

	Gerçekleşen uçuş sayısı	Yüzdelerik değer	Yığışımli yüzdelerik değer	Sınıf sınır değerleri	Rasgele sayılar	Ampirik dağılıma göre elde edilen şirket tipleri
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Diğer şirketler (Digsir)</b>	10355	0,49	0,49	0-49	0,037836092	Digsir
<b>THY</b>	10864	0,51	1,00	50-100	0,738189208	THY
					0,133248291	Digsir
<b>Toplam</b>	21219	1			0,850588197	THY

#### Havayolu Şirketlerinin kullandığı Uçak Tipleri Dağılımı

THY ve THY dışındaki şirketlerin kullanmakta olduğu uçak tiplerine ait dağılımı elde etmek için de aynı yol izlenmiştir. Çizelge 5.6 ve 5.8'de sırasıyla THY şirketine ve THY dışındaki şirketlere ait uçak tiplerinin ampirik dağılımının elde edilmesi amacıyla yapılan çalışma gösterilmektedir.

Çizelge 5.6 Ampirik dağılıma uygun şekilde elde edilen THY uçak tipleri

THY'nin kullandığı uçak tipleri	Toplam uçaklar içinde uçak tipine bağlı olarak gerçekleşen THY'ye ait uçuş sayısı	Toplam uçaklar içinde THY'ye ait olan uçuşların yüzdelerik değeri	Toplam uçaklar içinde THY'ye ait olan uçuşların yığışımli yüzdelerik değeri	Rasgele sayılar	Ampirik dağılıma göre elde edilen THY uçak tipleri
			0		
B734	90	0,01	0,01	0,614859	B738
A313	282	0,03	0,03	0,525432	B738
A343	694	0,06	0,10	0,571377	B738
A330	713	0,07	0,16	0,154909	A330
A320	881	0,08	0,24	0,472706	B738
A321	2191	0,20	0,45	0,104538	A330
B738	6013	0,55	1,00	0,08137	A343
				0,095278	A343
<b>Toplam</b>	10864	1,00		0,687508	B738

Cizelge 5.7 Ampirik dağılıma uygun şekilde elde edilen THY dışındaki şirketlere ait uçak tipleri

THY dışındaki şirketlerin kullandığı uçak tipleri	Toplam uçaklar içinde uçak tipine bağlı olarak gerçekleşen diğer şirketlere ait uçuş sayısı	Toplam uçaklar içinde diğer şirketlere ait uçuşların yüzdelik değeri	Toplam uçaklar içinde THY'ye ait olan uçakların yığılımlı yüzdelik değeri	Rasgele sayılar	Ampirik dağılıma göre elde edilen diğer şirketler uçak tipleri
			0		
A313	73	0,01	0,01	0,53013	A321
A330	145	0,01	0,02	0,822536	A320
B773	264	0,03	0,05	0,393683	A319
M82	311	0,03	0,08	0,206593	B735
B763	342	0,03	0,11	0,864479	A320
AB6	355	0,03	0,14	0,597852	A321
B733	447	0,04	0,19	0,132119	AB6
B735	466	0,05	0,23	0,078826	B763
B752	513	0,05	0,28	0,866589	A320
B734	545	0,05	0,33	0,532403	A321
A319	719	0,07	0,40	0,237556	B752
B738	1018	0,10	0,50	0,158093	B733
A321	2156	0,21	0,71	0,865794	A320
A320	3001	0,29	1,00	0,861859	A320
				0,899409	A320
<b>Toplam</b>	10355	1,00		0,763518	A320

### 5.2.2 Modelin Sayısal Çözümü

Sayısal çözüm için GAMS (General Algebraic Modeling System) programı kullanılmıştır. GAMS, optimizasyon için tasarlanmış yüksek seviyeli bir modelleme sistemidir. GAMS, lineer, nonlinear ve tamsayı optimizasyon problemleri için özel olarak tasarlanmış bir programdır ve özellikle büyük, kompleks problemler için kullanılmaktadır. GAMS'ta veriler, basit liste ve tablo formlarında verilir, modeller basit cebirsel ifadelerle yazılır (GAMS resmi internet sitesi [33]).

GAMS terminolojisine göre, indisler Sets başlığı altında, veriler Parametreler başlığı, karar değişkenleri Variables başlığı, kısıt ile amaç fonksiyonları ise Equations başlığı altında verilmektedir (Brooke vd. [34]). Aşağıda “ger1\_1” dosyasının GAMS'ta çözülmesi amacıyla oluşturulan modele ilişkin açıklamalar yer almaktadır. Model için GAMS'ta yazılan kod ve ilgili açıklamalar Ek H'de verilmiştir. GAMS ortamında “ger

1\_1” dosyasına ait çözüme ilişkin bilgilerin (çözüm sonucunda uçakların atandığı kapılar, çözüm süresi, amaç fonksiyonunun aldığı değer, çözümün optimum olup olmadığı vs.) elde edildiği rapor EK I’da özet olarak verilmiştir. Diğer dosyalar için de EK H ve EK I’da elde edilen sonuçlar benzer şekilde elde edilmiştir.

Tüm kısıt fonksiyonlarının terminolojiye uygun şekilde belirtilmesinin ardından amaç fonksiyonunu minimize etmek üzere model çözülmüştür. Çözüm için, sayısal model karışık tamsayı programlama problemi olarak tanımlanmış ve Gams/Cplex çözüm algoritması kullanılarak çözüm elde edilmiştir. Cplex, dal-sınır algoritması kullanılan ve büyük çaptaki tamsayı programlama problemlerine hızlı çözüm getiren bir algoritmadır [33].

Her modele ait çözüm sonucunda ortalama bagaj iletimi ve ortalama yolcu iletimi değerleri elde edilmiştir. Bunun için gerekli olan verilerden biri olan açık park alanına atanan uçaklardaki yolcuların iletim süresi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

Çizelge 5.8 Açık park alanına atanan uçaklarda bulunan yolcuların terminale ortalama iletim süresi

İşlem	Ortalama süre (dakika)
Yolcuların uçaktan inişi	5
Otobüse binme ve otobüsün dolmasını bekleme	3
Açık park alanından terminale gidiş	5
Terminalde otobüsten iniş	1
Pasaport noktasına erişim	1
Bagaj bantlarına erişim	1
<b>Toplam süre</b>	<b>16</b>

Çizelge 5.8’a göre, yolcular için açık park alanından terminale iletim süresi ortalama 16 dakika olarak belirlenmiştir. Açık park alanına atanmış uçaklar için ortalama bagaj iletim süresi ise 30 dakika olarak belirlenmiştir. Bagaj iletimi ile ilgili yapılan tüm işlemler uçak, terminal kapısına da atansa, açık park alanına da atansa aynıdır.

### Matematik modelin AHL’ye uygulanması ( 3 Nisan örneği)

4.1 ifadesinde belirtilen amaç fonksiyonu ile yine bu ifadeye bağlı olarak tanımlanan kısıtlar için 3 Nisan gününe ait veriler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$i = \{ i_1, i_2, \dots, i_{37} \}$$

$$I_G = \{ i_{15}, i_{28} \}$$

$$I_D = I'_G$$

$$j = \{ 201, 202, \dots, 224 \}$$

$$J_G = \{ 208, 212, 214, 216, 218, 219, 223 \}$$

$$J_{GT} = \{ 212, 214, 218 \}$$

$$J_{GTR} = \{ 213, 215, 219 \}$$

$$J_{GTL} = \{ 211, 213, 217 \}$$

$$J_S = \{ 224 \}$$

$$J_R (212) \rightarrow 213, \quad J_R (214) \rightarrow 215, \quad J_R (218) \rightarrow 219,$$

$$J_L (212) \rightarrow 211, \quad J_L (214) \rightarrow 213, \quad J_L (218) \rightarrow 217,$$

$$J_{G0} : \{ 216 \}$$

$t_1^a$  : Çizelge 5.1'de 3 numaralı sütunda verilmiştir.

$t_1^d$  : Çizelge 5.1'de 6 numaralı sütunda verilmiştir.

$$U_{K1} = \{ (i_1, i_7), \dots, (i_1, i_{37}), (i_2, i_{28}), \dots, (i_2, i_{37}), \\ (i_3, i_{24}), \dots, (i_3, i_{37}), (i_4, i_{14}), \dots, (i_4, i_{37}), \\ (i_5, i_{16}), \dots, (i_5, i_{37}), (i_6, i_{13}), \dots, (i_6, i_{37}), \\ (i_7, i_{19}), \dots, (i_7, i_{37}), (i_8, i_{15}), \dots, (i_8, i_{37}), \\ (i_9, i_{35}), \dots, (i_9, i_{37}), (i_{10}, i_{19}), \dots, (i_{10}, i_{37}), \\ (i_{11}, i_{32}), \dots, (i_{11}, i_{37}), (i_{12}, i_{26}), \dots, (i_{12}, i_{37}), \\ (i_{13}, i_{25}), \dots, (i_{13}, i_{37}), (i_{14}, i_{26}), \dots, (i_{14}, i_{37}), \\ (i_{15}, i_{28}), \dots, (i_{15}, i_{37}), (i_{16}, i_{33}), \dots, (i_{16}, i_{37}), \\ (i_{17}, i_{27}), \dots, (i_{17}, i_{37}), (i_{18}, i_{26}), \dots, (i_{18}, i_{37}), \\ (i_{21}, i_{33}), \dots, (i_{21}, i_{37}), (i_{22}, i_{32}), \dots, (i_{22}, i_{37}), \\ (i_{23}, i_{35}), \dots, (i_{23}, i_{37}), (i_{24}, i_{36}), (i_{24}, i_{37}) \}$$

$$U_{K2} = \{ (i_1, i_2), \dots, (i_1, i_{37}), (i_2, i_3), \dots, (i_2, i_{37}), \\ (i_3, i_4), \dots, (i_3, i_{37}), (i_4, i_5), \dots, (i_4, i_{37}), \\ (i_5, i_6), \dots, (i_5, i_{37}), (i_6, i_7), \dots, (i_6, i_{37}), \\ (i_7, i_8), \dots, (i_8, i_{37}), (i_8, i_9), \dots, (i_8, i_{37}), \\ (i_9, i_{10}), \dots, (i_9, i_{37}), (i_{10}, i_{11}), \dots, (i_{10}, i_{37}), \\ (i_{11}, i_{12}), \dots, (i_{11}, i_{37}), (i_{12}, i_{13}), \dots, (i_{12}, i_{37}), \\ (i_{13}, i_{14}), \dots, (i_{14}, i_{37}), (i_{15}, i_{16}), \dots, (i_{15}, i_{37}), \\ (i_{16}, i_{17}), \dots, (i_{16}, i_{37}), (i_{17}, i_{18}), \dots, (i_{17}, i_{37}), \}$$

$(i_{18}, i_{19}), \dots, (i_{18}, i_{37}), (i_{19}, i_{20}), \dots, (i_{19}, i_{37}),$   
 $(i_{20}, i_{21}), \dots, (i_{20}, i_{37}), (i_{21}, i_{22}), \dots, (i_{21}, i_{37}),$   
 $(i_{22}, i_{23}), \dots, (i_{22}, i_{37}), (i_{23}, i_{24}), \dots, (i_{23}, i_{37}),$   
 $(i_{24}, i_{25}), \dots, (i_{24}, i_{37}), (i_{25}, i_{26}), \dots, (i_{25}, i_{37}),$   
 $(i_{26}, i_{27}), \dots, (i_{26}, i_{37}), (i_{27}, i_{28}), \dots, (i_{27}, i_{37}),$   
 $(i_{28}, i_{29}), \dots, (i_{28}, i_{37}), (i_{29}, i_{30}), \dots, (i_{29}, i_{37}),$   
 $(i_{30}, i_{31}), \dots, (i_{30}, i_{37}), (i_{31}, i_{32}), \dots, (i_{31}, i_{37}),$   
 $(i_{32}, i_{33}), \dots, (i_{32}, i_{37}), (i_{33}, i_{34}), \dots, (i_{33}, i_{37}),$   
 $(i_{34}, i_{35}), \dots, (i_{34}, i_{37}), (i_{35}, i_{35}), (i_{35}, i_{37}), (i_{36}, i_{37})$

$t_{j,sa}^b$  : Çizelge 3.25'te 2 numaralı sütunda verilmiştir.

$bs_{j,sa}$  : Çizelge 3.2'de 4 numaralı sütunda verilmiştir.

$X_{ij}=1$ , eğer  $i$  uçağı  $j$  kapısına atanmışsa;  $X_{ij}=0$ , diğer durumlarda.

Belirtilen veriler dışında AHL'ye özgü bazı kısıtlar ve kullanılan veriler de aşağıda belirtilmiştir:

$$I_{AB6} = \{i \in I : i = \text{AB6 tipindeki uçaklar}\}$$

$$I_{202} = \{i \in I : i = \text{A319, A320, A321 tipindeki uçaklar}\}$$

$$I_{313} = \{i \in I : i = \text{A313 tipindeki uçaklar}\}$$

$$I_{752} = \{i \in I : i = \text{B752 tipindeki uçaklar}\}$$

$$J_{752} = \{j \in J : 202, 203, 204, 211, 213\}$$

$$J_{AB6} = \{j \in J : 201, 202, 203, 204, 205, 206, 211\}$$

$$J_{313} = \{j \in J : 201, 202, 203, 204\}$$

$$\sum_{\substack{i \in I_{313} \\ j = j_1}} X_{ij} = 0 \quad \forall j_1 \in J_{313} \quad (5.13)$$

$$\sum_{i \in I_{202}} X_{ij} = 0 \quad j=202 \quad (5.14)$$



$$\sum_{\substack{i \in I_{AB6} \\ j = j_1}} X_{ij} = 0 \quad \forall j_1 \in J_{AB6} \quad (5.15)$$

$$\sum_{\substack{i \in I_{752} \\ j = j_1}} X_{ij} = 0 \quad \forall j_1 \in J_{752} \quad (5.16)$$

(5.13)'ten (5.16) ifadesine kadar AHL kapılarına özgün kısıtlar belirtilmiştir.

Yolcuların pasaport kontrol noktasında ortalama 5 dakikalık bir zaman kaybına uğradığı kabul edilmiştir. Aynı şekilde şutaltı noktasında toplanan bagajların bagaj bantlarına iletim süresi de Bagaj Handling Departmanı'ndan alınan bilgi doğrultusunda 3 dakika olarak kabul edilmiştir. Bu süreler de yolcu ve bagaj iletim sürelerine eklenmektedir.

Çizelge 5.9 ve 5.10'da sırasıyla gerçek ve rassal veriler kullanılarak Senaryo 1 uyarınca oluşturulan modeller çözülmüştür. Buna göre bagaj iletiminin minimize edilmesi amaçlanarak yapılan kapı ataması işlemi sonucunda gerçek verilerle ortalama 5,13 dakikalık bir bekleme süresi elde edilmiştir. Rassal verilerin kullanıldığı modellerde ise yine bagaj iletimi minimizasyonu amaçlandığında ortalama bekleme süresi 5,17 dakika olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.9 Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) gerçek veriler kullanılarak elde edilen sayısal çözüm sonuçları

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi
ger1_1	2	21,09	15,84	5,25
ger1_2	0	20,63	15,60	5,03
ger1_3	0	20,72	15,74	4,98
ger1_4	0	20,43	15,53	4,90
ger1_5	4	21,77	16,26	5,50

Çizelge 5.10 Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) rassal veriler kullanılarak elde edilen sayısal çözüm sonuçları

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi (dakika)
ras1_1	0	20,50	15,60	4,90
ras1_2	0	20,65	15,62	5,03
ras1_3	0	20,71	15,60	5,11
ras1_4	0	20,66	15,61	5,05
ras1_5	0	20,60	15,43	5,17

### 5.2.3 Modelin Kural Tabanlı Çözümü

Kural tabanlı çözüm için modelleme, Arena programında gerçekleştirilmiştir. Arena, yüksek seviye simülatörlerin kullanım kolaylığı ile simülasyon dillerinin ve hatta Visual Basic veya C gibi genel amaçlı yazılım dillerinin esnekliğini bir araya getiren bir simülasyon programıdır. Bunu, grafik simülasyon modellemeye ait alternatif ve değiştirilebilir şablonlar ile veya bir araya getirildiğinde çok çeşitli simülasyon modelleri oluşturulabilen modüller kullanarak sağlamaktadır. Gösterim ve organizasyon kolaylığı açısından modüller bir şablon oluşturmak amacıyla paneller içinde gruplandırılmaktadır. Panelleri kullanarak tamamıyla farklı simülasyon modeli yapılarına ve kapasitelerine ulaşılabilmektedir. Farklı panellerdeki modüller aynı model içinde kullanılmaktadır.

Herhangi bir zamanda düşük seviye modülleri, örneğin, hazır olarak sunulan panellerden alınabilmekte, özel değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Farklı bir program ortamından veri alınması gibi özel ihtiyaçlar olduğunda modele Visual Basic veya C/C++ gibi dilleri kullanarak parçalar eklenebilir veya bu veriler doğrudan sözkonusu programlardan alınabilir.

ARENA'daki modüller aslında SIMAN (bir simülasyon dilidir) bileşenleridir, yani kişiye/duruma özel modüller oluşturulabilir. Arena, ayrıca aynı çalışma ortamında dinamik animasyon olanağı da sağlamaktadır. Bunun yanında grafikler, istatistiksel tasarım ve analiz gibi iyi bir simülasyon çalışmasının parçası olan destekleri de sunmaktadır.

Yapılan incelemeler sonucunda kapı atama modelinin simülasyonu için ARENA programının kullanılmasına karar verilmiştir. Bu program kullanılarak yapılmış çalışmalar incelendiğinde benzer modellerin ARENA sayesinde oluşturulabildiği görülmüştür. Bu çalışmalardan biri, Ottman vd. [35] tarafından United Parcel Service (UPS) için yapılmış çalışmadır.

Çalışmada Louisville Uluslararası Havalimanı'nı kullanmakta olan UPS uçaklarının taksi ve parketme sürelerini minimize edecek uçak kalkış çizelgelerinin oluşturulması aşamasında planlamacılara yardımcı olacak bir model geliştirilmiştir.

Hem havaalanının hem de UPS'in büyümesi sonucu, havalanına geliş ve gidiş sayılarının gün geçtikçe artması nedeniyle UPS uçaklarının günlük kalkış ve taksi operasyonlarını analiz edecek bir simülasyon modeli ARENA programı kullanılarak (Taxi Simulation Model) geliştirilmiştir. Modelin girdileri, uçak çizelgelerini, uçuş tiplerini ve pist bilgilerini içermektedir. Model çıktıları ise; her bir uçuş için uçak kalkış istatistikleri ve pist verimliliğidir. Model normal işletme şartlarında uçak kalkış operasyonunu temsil etmek üzere tasarlanmıştır; uçuş çizelgesi, park pozisyonu, havalanma yönü ile uçak tipi ve havaalanı düzenlemelerine bağlı değişkenler dikkate alınmıştır (Ottman vd. [35]).

System Modelling Corporation tarafından geliştirilmiş olan ARENA modelleme sistemi, herhangi bir sistemi temsil eden, animasyon olanağına sahip simülasyon modelleri oluşturma imkanı sağlamaktadır. İlk olarak 1993 yılında kullanılan ARENA, tamamıyla görsel model geliştirilmesi için nesneye dayalı tasarım (uygulamaları ve bilgisayar programlarını tasarlamak için obje ve objeler arasındaki etkileşimin kullanıldığı programlama tarzı) kullanmaktadır (Takus ve Profozich [36]).

### **ARENA Modülleri**

ARENA'da model tasarlamak için kullanılan temel yapı bloklarına modül adı verilir. Bunlar, simüle edilecek işlemleri tanımlayan akış şemaları ve veri objeleridir. Modüller, ARENA penceresinde bulunan Proje Çubuğu kısmındaki panellerde bulunurlar.

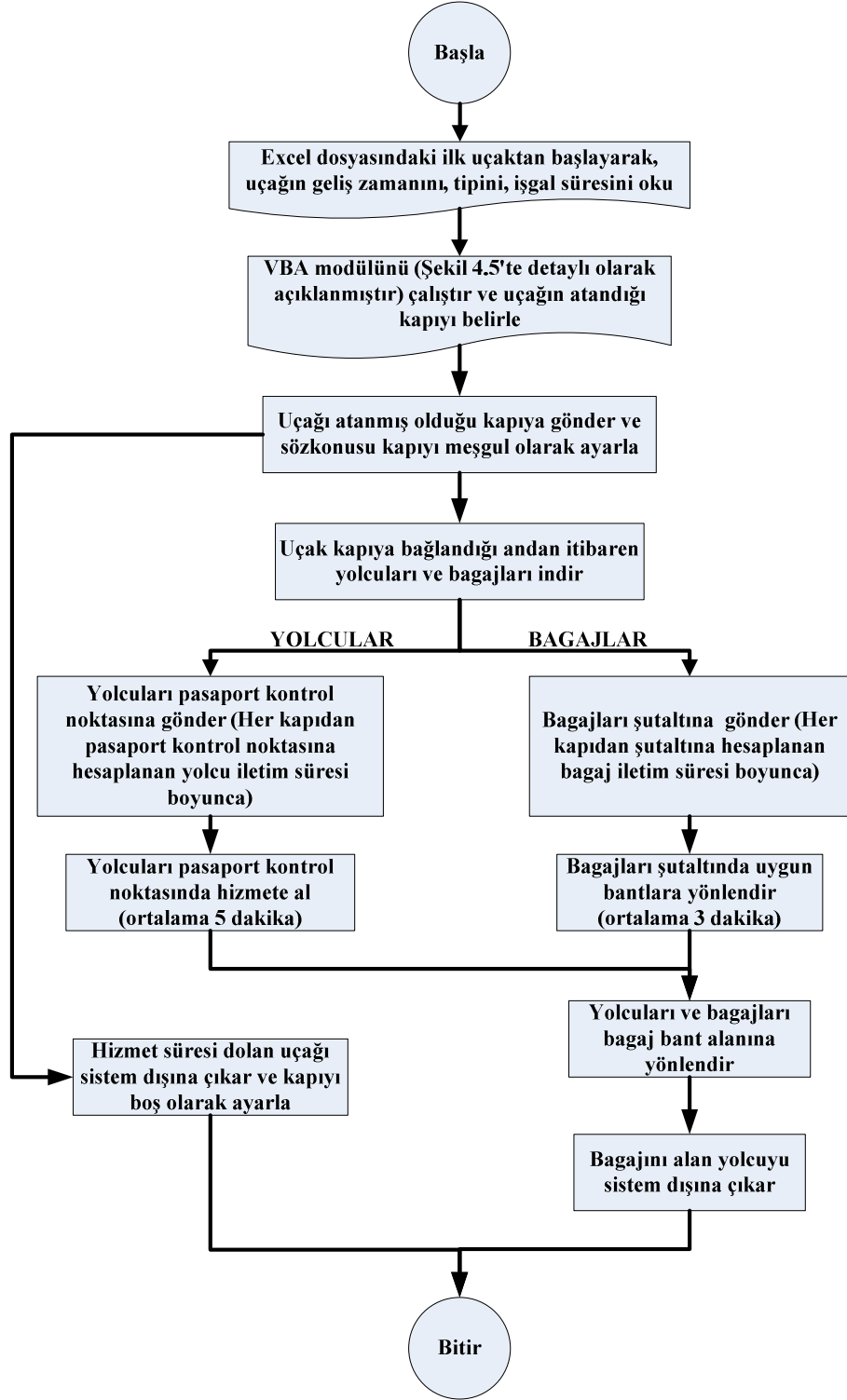
Modüller iki temel tipte bulunur: Akış çizelgesi modülleri ve veri modülleri. Akış çizelgesi modülleri modeldeki dinamik işlemleri tanımlar ve bu modüller elemanların

ilerlediği noktalar, yerler olarak düşünülebilir. Bir akış çizelgesi modülüne (model penceresine panelden sürüklenerek konduktan sonra) çift tıklandığında o modüle ait diyalog kutusu açılır ve gerekli değişiklikler bu pencere üzerinde gerçekleştirilir.

Veri modülleri ise elemanlar, kaynaklar ve kuyruklar gibi değişik tipte işlem elemanlarının özelliklerini tanımlar. Bu modüller yardımıyla değişkenler, sayısal değerler ve ifadeler oluşturulabilir. Elemanlar veri modülleri arasında dolaşmazlar ve veri modülleri model penceresi üzerinde akış modülleri gibi gösterilmezler. Bu modüller daha çok “sahne arkasında” farklı tipte değerlerin, ifadelerin ve koşulların tanımlanmasını sağlar. Akış modüllerinin aksine bir modelde birden fazla sayıda veri modülü kullanılmaz, ancak tek bir veri modülü adı altında çok sayıda modül ifade edilebilir. Örneğin, bir modelde tek bir kuyruk (Queue) veri modülü bulunur ve model dahilindeki tüm kuyruklar bu veri modülü başlığı altında tanımlanır (Kelton vd. [24]).

#### **Atatürk Uluslararası Dış Hatlar Terminali'ne Ait Kural Tabanlı Çözüm Modeli**

Yapılan çalışmalar ve gerekli verilerin de elde edilmesi sonucunda Şekil 5.3'te aşamaları verilen model geliştirilmiştir. Buna göre veriler bir Excel dosyasından okunmakta, model dahilinde bulunan bir VBA (Visual Basic Application) modülü yardımıyla atamalar gerçekleştirilmekte ve sonuç olarak ortaya çıkan maliyetler (yolcu iletim ve bagaj iletim maliyetleri) elde edilmektedir. Şekil 5.3'te bagaj iletimi minimizasyonunun gerçekleştirildiği modele ait genel akış şeması verilmiştir. Şekil 5.4'te ise model içinde atamaların belirli bir kurala göre gerçekleşmesini sağlayan VBA modülüne ait akış şeması verilmiştir.



Şekil 5.3 Kural tabanlı modelin aşamaları

## Kural Tabanlı Çözüm Algoritması

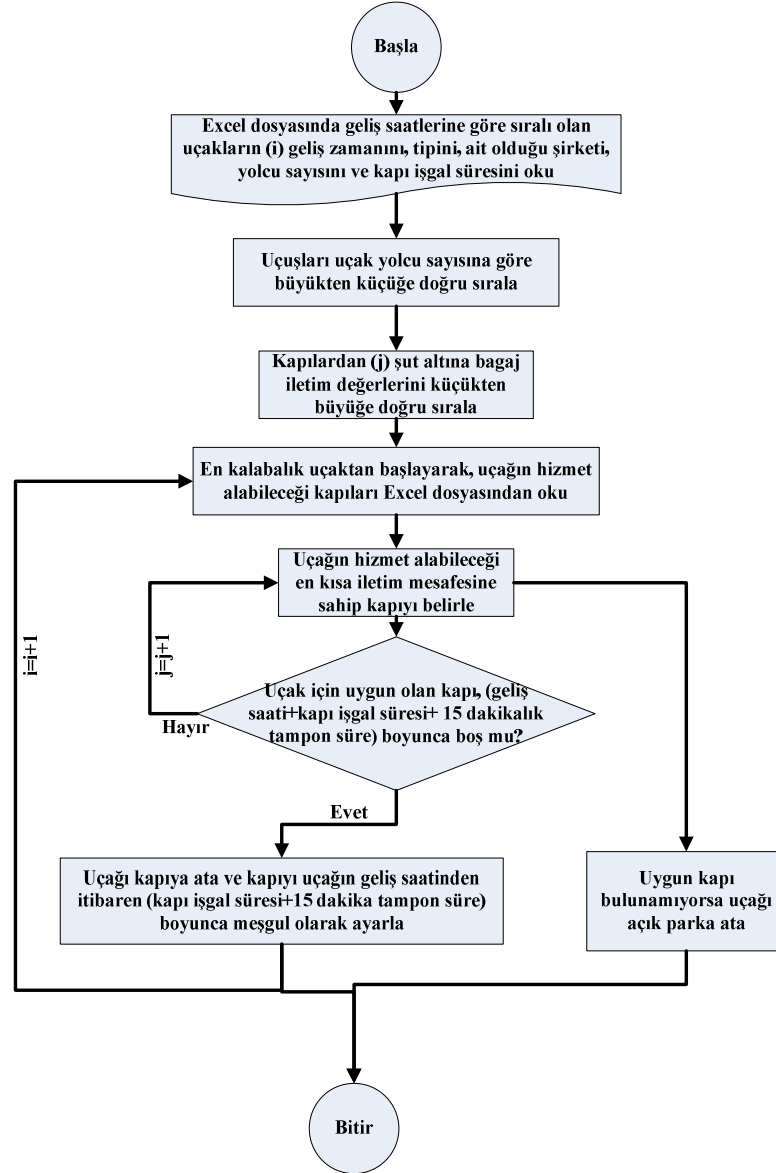
Uçakların kapılara atanması esnasında bugüne kadar yolcu yürüme süresi minimize edilmiştir. Önerilen matematiksel model (5.2 ifadesi) doğrultusunda bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesi için aşağıda izah edilen algoritma kullanılmıştır. Buna göre;

Belirli bir  $t$  süresi için;

6. Havalimanına geliş yapacak dış hat uçaklarını gövde tipine göre (dar veya geniş) ayır ve bunları bagaj sayılarına göre (modelde her yolcunun 1 bagaj taşıdığı kabulü yapılmıştır, dolayısıyla sıralama aynı zamanda yolcu sayılarına göre sıralama anlamına da gelmektedir) büyükten küçüğe doğru sırala.
- 6 Havalimanı dış hat köprülerinde hizmet veren kapıların hizmet verdiği uçak tiplerini dikkate alarak geniş ve dar gövdeli uçaklara hizmet veren kapıları belirle.
- 7 Kapılardan şutaltı noktasına olan bagaj iletim sürelerini belirle (hem geniş hem dar gövdeli uçaklara hizmet veren kapılar için bagaj iletim süreleri geniş ve dar gövdeli uçaklar için ayrı ayrı hesaplanmalı)
- 8 Bagaj sayısı en büyük olan yani en kalabalık uçaktan başlayarak;
- 9 Uçağın beklenen geliş-gidiş saatlerini belirle,
- 10 Uçağın beklenen kapı işgal süresini belirle.
- 11 Hizmet ve zaman kriterlerini dikkate alarak ;
- 12 Uçağı bagaj iletim süresi en az olan kapıya atayarak uçağın geliş ve gidiş süreleri dahilinde kapıyı rezerve et.
- 13 Uygun kapı bulunamazsa uçağı açık park alanına yönlendir.
- 14 Bagaj sayısına göre oluşturulmuş listeye göre bir sonraki uçağın atama işlemini gerçekleştirmek için 3. adıma dönerek işlemleri tekrarla.
- 15 Tüm uçakların atanmış olması durumu için toplam bagaj iletim süresini hesapla.

Yukarıda izah edilen algoritma, kural tabanlı modele bir VBA (Visual Basic Application) modülü yardımıyla dahil edilmiştir. Buna göre girdilerin bulunduğu bir Excel tablosundan veri okuyan VBA modülünün detayları EK İ’de verilmiştir.

#### VBA Modülü



Şekil 5.4 Bagaj iletimi minimizasyonu algoritmasında en kalabalık uçağın en yakın kapıya atanması için kullanılan VBA modülü

#### Gerçek verilerle Kural Tabanlı Çözümü

İlk senaryo, uçakların minimum bagaj iletim değerleri dikkate alınarak kapılara atanması esasına dayanmaktadır. Burada ARENA bünyesinde oluşturulmuş Visual Basic modülü yardımıyla uçaklar yolcu sayılarına göre sıralanmakta ve geliş zamanları

dikkate alınarak kapılara atanmaktadır. Uçakların kapı işgal süreleri için işletmeciden alınan veriler kullanılmıştır.

Kural tabanlı modelde uçaklar, dosyadan okunan uçak geliş aralığına bağlı olarak üretilmektedir. Üretilen bu uçaklara ait tip ve şirket bilgileri yine dosyadan okunmaktadır. Uçakların uygun kapılara gönderilmesinin ardından kapıda hizmet almaya başlayan uçak, yolcularını ve bagajlarını indirmektedir. Yolcuların uçağın atanmış olduğu her bir kapıdan pasaport kontrol noktasına ve pasaport kontrol noktasından bagaj bantlarına yürüme süreleri (Çizelge 3.20 ve 3.26) ile bagajların yine kapılardan şutaltına iletim süreleri model içinde “Distance” veri modülü altında verilmiştir.

Modelde, havaalanından alınan verilerden oluşturulan ve EK F’de verilen gerçekleşmiş uçuş ve kapı bilgileri kullanılmıştır. Gelen uçakların geliş zamanları, tipleri, kapı işgal süreleri değiştirilmemiş, ancak atama yapılırken bagaj iletim sürelerini minimize etmek amacıyla yukarıda anlatılan algoritma uyarınca en kalabalık uçağın uygun olan kapılar içinde bagaj iletim süresi en az olan kapıya atanması yöntemi izlenmiştir. Buna göre her gün için elde edilen ortalama bagaj iletim ve ortalama yolcu iletim değerleri ile açık parka atanan uçak sayıları Çizelge 5.11’de verilmiştir. Yine aynı çizelgede bagaj iletim süresi ile yolcu iletim süresinin farkı alınarak yolcuların bagaj bantlarında ortalama bekleme süreleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.11 Senaryo 1’in (Bagaj iletimi minimizasyonu) gerçek veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı çözüm sonuçları

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi (dakika)
ger1_1	3	21,46	16,08	5,38
ger1_2	0	20,80	15,80	5,00
ger1_3	2	21,30	16,07	5,24
ger1_4	0	20,62	15,73	4,89
ger1_5	4	21,93	16,22	5,72



## Rassal Verilerle Kural Tabanlı Çözüm

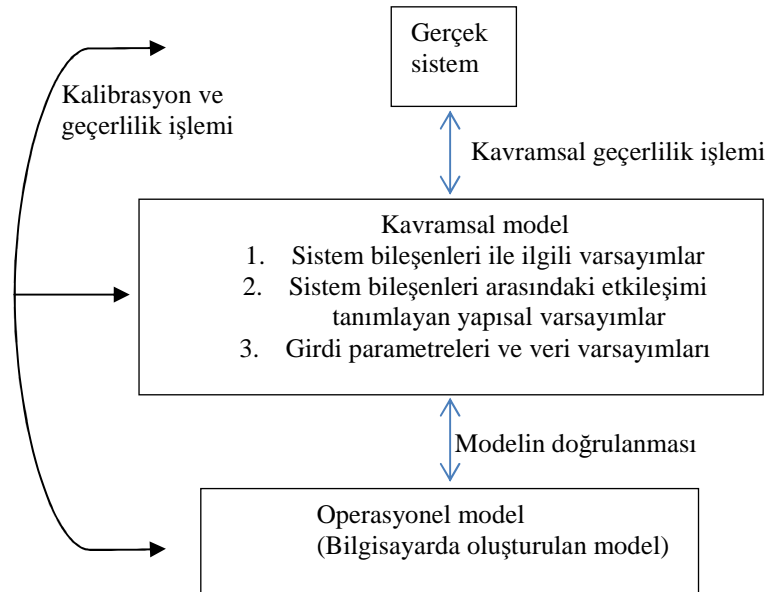
Gerçek verilerin yanısıra EK E’de verilen ve dağılımlar aracılığıyla oluşturulmuş olan rassal veriler de kullanılarak bagaj iletim minimizasyonu politikası sonucunda ortaya çıkan bagaj ve yolcu iletim değerleri ile yolcu bekleme süreleri Çizelge 5.12’te verilmiştir.

Çizelge 5.12 Senaryo 1’in (Bagaj iletimi minimizasyonu) rassal veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı çözüm sonuçları

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi (dakika)
ras1_1	2	21,52	16,06	5,47
ras1_2	5	21,78	16,10	5,67
ras1_3	0	20,79	15,63	5,16
ras1_4	1	21,19	16,11	5,08
ras1_5	0	20,84	15,86	4,98

## Kural Tabanlı Modelinin Doğruluğu ve Geçerliliği

Banks vd’ne [37] göre modelin doğruluğunun (verification) ve geçerliliğinin (validation) belirlenmesi işlemleri aşağıdaki bileşenlere sahiptir (Şekil 5.5):

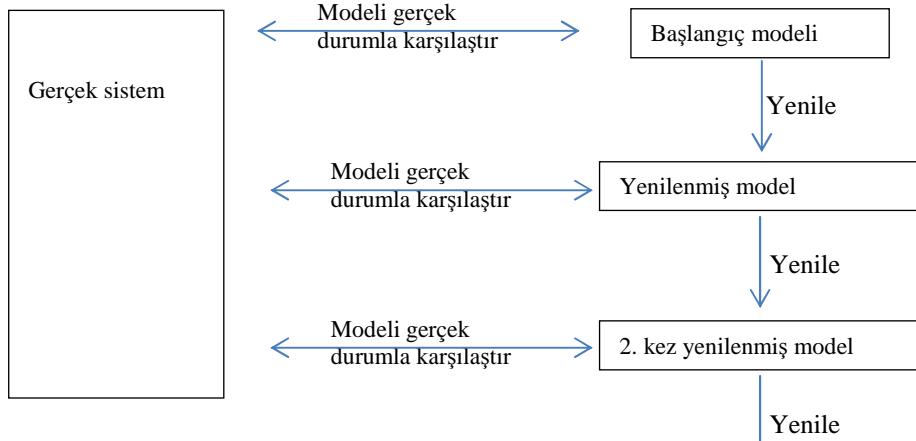


Şekil 5.5 Model oluşturma, doğrulanma ve geçerlilik işlemleri [37]

Modelin doğruluğu, modeli doğru kurmakla ilgilidir. Kavramsal model ile bilgisayarda oluşturulmuş modelin karşılaştırılması esasına dayanır. İşlem sırasında sorulan sorular şunlardır: Model bilgisayarda doğru olarak gerçekleştirilmiş mi? Girdi parametreleri ve modelin mantıksal yapısı doğru bir biçimde ifade edilmiş mi?

Geçerlilik ise doğru modeli oluşturmakla ilgilidir. Modelin gerçek sistemi temsil edip etmediği ile ilgili bir işlemdir. Geçerlilik genelde modelin kalibre edilmesi ile gerçekleştirilir. Kalibrasyon, model ile gerçek sistem davranışının tekrarlı bir şekilde karşılaştırılması ve ikisi arasındaki farkların kullanılarak modelin geliştirilmesi anlamındadır. Bu işlem, modelin geçerliliğinin kabul edilebilir duruma gelmesine kadar tekrar edilir (Şekil 5.6). Modelin geçerliliğinin ve doğruluğunun belirlenmesi işlemleri kavramsal olarak farklı olsa da genelde aynı anda gerçekleştirilmektedir. Model doğruluğunun belirlenmesi için en kolay uygulama, model çıktısının uygunluk açısından detaylı olarak incelenmesidir [37].

Kural tabanlı modelin doğruluğunun belirlenmesi işlemi için de model çıktısının incelenmesi yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 5.6 Model kalibrasyonunun tekrarlı işlem süreci [37]

Mevcut durumda sistemde herhangi bir değişiklik veya karar verme prosedürü olmadığından modelin girdileri (uçak tipleri, hizmet süreleri, hizmet alınan kapı vs.) ile çıktıları karşılaştırılmıştır. Örnek verilecek olursa, Çizelge 5.1’de verilen, 3 Nisan 2008 gününe ait girdiler ile modelin çıktısı (EK J) karşılaştırıldığında; diğer şirketlerden birine ait olan ve 15:07 saatinde sisteme giriş yapan B734 tipi uçağın 202 numaralı kapıda 0-57 (15:07-16:04) dakikaları arasında hizmet aldığı görülmektedir. Tüm çizelge incelendiğinde sözkonusu saatler arasında B734 tipinde başka uçak olmadığı, ayrıca 202

numaralı kapıdan hizmet alan uçaklardan birinin B734, diğerinin de 76. dakikada gelen, 71 dakika hizmet alan, yine diğer şirketlerden birine ait olan B735 uçağı olduğu görülmektedir. Buna göre model çıktısı incelenirse; 202 numaralı kapının meşgul olduğu sürenin 128 dakika olduğu görülmektedir (EK J). B734 tipi uçağın yolcu sayısı 146, B735 tipindeki uçağın yolcu sayısının da 110 olması nedeniyle 202 numaralı kapıdan 256 adet bagajın ve 256 adet yolcunun çıkış yaptığı da yine model raporundan okunmaktadır (EK J).

Bagaj iletim minimizasyonu algortimasının kullanıldığı modellerde ise yolcu sayısı en fazla olan uçağın atandığı kapının o an için uygun olan kapılardan en kısa iletim mesafesine sahip olan kapıya atanıp atanıp atanmadığının kontrolünün yanısıra sistemin kuyruklarla ilgili çıktıları kontrol edilmiştir. Oluşturulan modele göre kapılarda kuyruk oluşmasına izin verilmemekte, kapı atanmayan uçaklar açık park alanına yönlendirilmektedir. Buna göre 3 Nisan 2008 tarihinde gelen uçakların bagaj iletimi minimizasyonu kuralı kullanılarak kapılara atandığı “ger1\_1” isimli modelin girdileri ile çıktıları kıyaslanmıştır. Verilen algoritma gereğince sözkonusu güne ait uçaklar öncelikle yolcu sayılarına bağlı olarak büyükten küçüğe doğru sıralanmaktadır (Çizelge 5.13). Çizelge 5.13’te ayrıca modelin çalıştırılması sonucunda uçakların atandığı yeni kapı numaraları da verilmiştir. Bu durumda yolcu sayısı en fazla olan uçak THY’ye ait A343 tipindeki uçaktır. Bu uçağın hizmet alabileceği kapılar 208, 212, 214, 216, 218, 219, 223 kapılarıdır. Kapıların bagaj iletim süreleri Çizelge 3.26’da verilmiştir. Sözkonusu kapıların bagaj iletimi süreleri incelendiğinde A343 tipi uçağın hizmet alabileceği en kısa süreye sahip kapının 218 olduğu görülmektedir (Çizelge 3.26). Çizelge 5.13’e bakılırsa sözkonusu uçağın 218 numaralı kapıya atandığı görülecektir. Aynı şekilde bir sonraki en kalabalık uçak olan B763 tipindeki uçak, yine geniş gövdeli olması nedeniyle A343 ile aynı kapılardan hizmet alabilmektedir. Bu uçak da en kısa bagaj iletim süresine sahip 2. kapı olan 216 numaralı kapıya atanmıştır. B763 tipi uçağın geliş ve gidiş saatleri (85-151 dakikaları) arasında en kısa iletim süresine sahip olan 218 numaralı kapı A343 tarafından (136. dakikada gelmiş ve simülasyon boyunca 218 numaralı kapıda kalmıştır) işgal edilmekte olduğundan 218’den sonra en kısa iletim süresine sahip olan 216 numaralı kapı atama için seçilmiştir.

Bunun yanında EK J’de verilen “ger1\_1” dosyasına ait çıktı raporunun kuyruk bilgileri incelendiğinde kapılarda hiç kuyruk oluşmadığı görülmektedir.

Çizelge 5.13 3 Nisan 2008 gününe ait uçakların kural tabanlı model sonucunda atandıkları kapılar (uçaklar yolcu sayılarına göre sıralı)

GELİŞ ARA.	GELİŞ SAATLERİ	KAPI İŞGAL SÜRESİ	UÇAK- ŞİRKET	YOLCU SAYISI	ATANDIĞI KAPI
4	136	374,00	A343THY	295	218
9	85	66,00	B763digsir	216	216
2	73	70,00	A321digsir	185	217
3	105	41,00	A321digsir	185	220
2	116	58,00	A321digsir	185	215
2	118	46,00	A321digsir	185	221
2	156	70,00	A321THY	185	222
15	15	138,00	B738THY	165	213
3	22	67,00	B738THY	165	220
12	34	71,00	B738THY	165	222
4	38	49,00	B738digsir	165	215
12	50	75,00	B738digsir	165	211
3	59	120,00	B738digsir	165	210
2	61	62,00	B738THY	165	209
2	63	103,00	B738THY	165	201
8	71	75,00	B738digsir	165	202
5	130	63,00	B738THY	165	203
2	132	92,00	B738THY	165	204
0	132	100,00	B738THY	165	205
2	138	110,00	B738THY	165	209
3	141	100,00	B738THY	165	211
2	143	109,00	B738THY	165	206
5	154	100,00	B738THY	165	207
3	159	62,00	B738THY	165	217
5	164	116,00	B738THY	165	220
5	169	100,00	B738THY	165	213
4	19	68,00	A320digsir	150	221
6	56	43,00	A320digsir	150	203
5	90	81,00	A320digsir	150	219
12	102	46,00	A320digsir	150	214
6	111	202,00	A320digsir	150	212
3	114	94,00	A320digsir	150	208
3	121	58,00	A320digsir	150	223
4	125	56,00	A320digsir	150	Açık park
0	0	57,00	B734digsir	146	217
3	76	71,00	B735digsir	110	Açık park
6	149	100,00	B738THY	110	Açık park

Model doğruluğu için yapılan çalışmalar belirtildikten sonra, modelin geçerliliği konusunun tüm modeli oluşturma aşamasında gerçekleştiği ifade edilmelidir. Söz konusu çalışmalar boyunca TAV'da görevli uzmanlarla girdiler, varsayımlar ve

sonuçlar paylaşılmış ve onayları alındıktan sonra modelin geliştirilmesine devam edilmiştir.

### **Mevcut Durum ile nerilen Model Sonuçlarının Karşılaştırılması**

Arena ve Gams programlarında elde edilen üzümlerin mevcut duruma göre nasıl bir değişiklik sağladığını belirlemek için öncelikle mevcut durumun belirlenmesi gerekmektedir.

### **Mevcut Durumun Belirlenmesi**

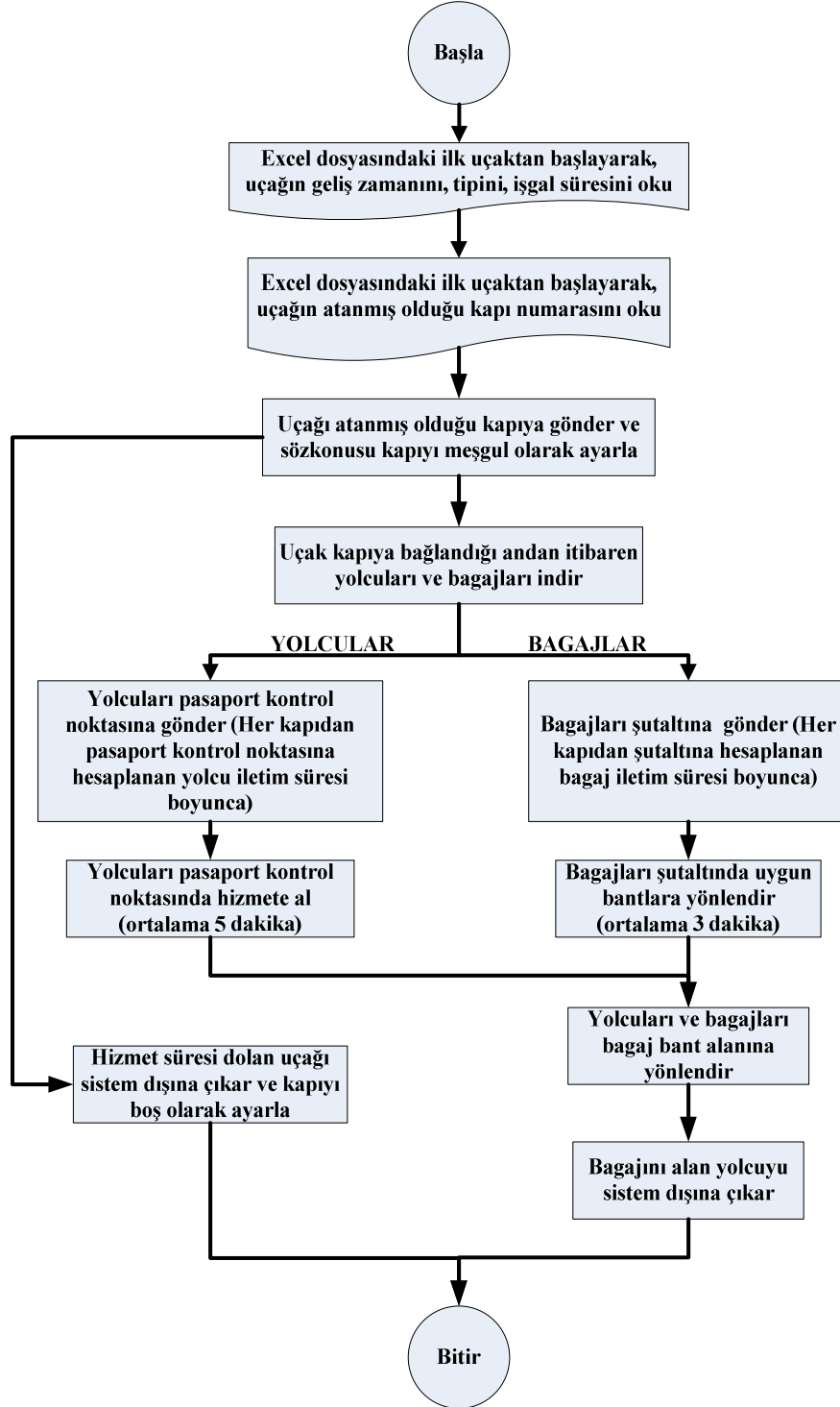
Mevcut durumda oluşan bekleme sürelerinin belirlenmesi için yine Arena programı kullanılmıştır. Arena’da oluşturulacak mevcut durum modeli için gerçekleşen uçuşlara ait veriler hiçbir değişiklik yapılmadan girdi olarak kullanılmıştır. Mevcut durumda uçakların atanmış olduğu kapılar da belli olduğu için kapı seçiminin gerçekleştirildiği ve bagaj iletimi minimizasyonu için kullanılan algoritmanın gerçekleştirildiği VBA modülü kaldırılmıştır. Bu model ‘‘Mevcut Durum modeli’’ olarak adlandırılmıştır.

Havalimanında gerçekleşen mevcut durumun incelendiği mevcut durum modelinde seçilen 5 günde saat 15:00-18:00 arasında Atatürk Uluslararası Havalimanı’na gelen uçakların sayısı ile açık park alanına atanmış olan uçakların sayısı izelge 5.14’te verilmiştir.

Çizelge 5.14 İncelenen 5 günde 15:00-18:00 saatleri arasında gelen uçak sayıları ile açık park alanına atanan uçak sayıları

<b>Tarih</b>	<b>15:00-18:00 arasında dış hatlara gelen uçak sayısı</b>	<b>Açık park alanına gönderilen uçak sayısı</b>
<b>03 Nisan 2008</b>	37	7
<b>17 Nisan 2008</b>	32	8
<b>11 Mayıs 2008</b>	36	9
<b>08 Haziran 2008</b>	35	8
<b>16 Haziran 2008</b>	38	10

Modele ilişkin aşamalar Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7 Gerçekleşen iletim sürelerini elde etmek amacıyla oluşturulan mevcut durum modeline ait akış diyagramı

Modelde son işlem olarak her bir kapıya ve açık park alanına gönderilen uçaklardan inen yolcuların ve bagajların toplam iletim süreleri hesaplanmıştır. Ele alınan 5 gün için elde edilen sonuçlar Çizelge 5.15’da verilmiştir.

Çizelge 5.15 İncelenen 5 günde gerçekleşen iletim ve bekleme süreleri

Tarih	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi (dakika) (5 gün ortalaması)
03 Nisan 2008	7	23,20	17,16	6,04	6,52
17 Nisan 2008	8	23,93	17,30	6,63	
11 Mayıs 2008	9	24,14	17,56	6,58	
08 Haziran 2008	8	23,68	17,18	6,49	
16 Haziran 2008	10	24,12	17,28	6,84	

Elde edilen sonuçlara göre; 3 nisan 2008 günü, 37 uçak ile toplam 6137 yolcu dış hat terminaline gelmiştir. Her yolcunun bir bagaja sahip olduğu kabulü yapıldığından toplam bagaj sayısı da 6137 olmuştur. Gelen 37 uçağın 7 adeti açık park alanına atanmıştır. Sonuçlar ARENA programı bünyesinde hazırlanan bir rapor ile elde edilmektedir.

Ortalama bagaj iletim süresi, ortalama yolcu iletim süreleri elde edildikten sonra Önerilen Matematiksel Model başlığı altında verilen (5.10) ifadesi yardımıyla yolcuların bagaj bantlarında ortalama bekleme süresi hesaplanmıştır. Buna göre bagajların bagaj bantları alanına ortalama iletim süresi ile yolcuların bagaj bantlarına ortalama iletim sürelerinin farkı bulunarak yolcuların bagaj bantında ortalama bekleme süreleri elde edilmiştir. 5 gün için elde edilen bekleme süreleri Çizelge 5.15’da verilmiştir. Çizelge 5.15’ya göre gerçek verilerin analiz edildiği 5 gün için ortalama bekleme süresi 6,52 dakika/yolcu olarak elde edilmiştir.

#### *Mevcut Durum ile Sayısal Çözümün Karşılaştırılması*

#### **Mevcut Durum ile Gerçek Verilerle Sayısal Çözüm**

Gerçekleşmiş bekleme süreleri ile aynı veriler kullanılarak GAMS’ta elde edilen sonuçlar kıyaslandığında (Çizelge 5.16) yolcuların bekleme sürelerinde %25’e varan iyileşme sağlandığı görülmektedir. Gerçekleşmiş durumda açık park alanına

gönderilmiş olan uçakların da kapılarda hizmet alma olanağı bulmuş olması elde edilen sonuçlar arasındadır.

Çizelge 5.16 Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) gerçek veriler kullanılarak elde edilen sayısal çözüme ait bekleme süreleri ile gerçekleşen günlere ait bekleme sürelerinin karşılaştırılması

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Yolcu bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme süresinde azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63		
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58		
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49		
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84		
ger1_1	2	21,09	15,84	5,25	0,79	13,13
ger1_2	0	20,63	15,60	5,03	1,60	24,14
ger1_3	0	20,72	15,74	4,98	1,60	24,38
ger1_4	0	20,43	15,53	4,90	1,59	24,54
ger1_5	4	21,77	16,26	5,50	1,33	19,52

### Mevcut Durum ile Rassal Verilerle Sayısal Çözüm

GAMS'ta gerçek veriler yerine rassal veriler kullanılarak her veri takımı için ortalama bekleme süreleri değerleri elde edilmiştir. Rassal veriler kullanıldığında elde edilen süreler ile gerçekleşmiş bekleme sürelerini karşılaştırmak için her dosyaya ait bekleme süreleri ile gerçekleşmiş bekleme sürelerinin ortalamaları alınmıştır. Sonuçta bekleme sürelerinde %22,51 oranı ile yaklaşık 1,5 dakika azalma sağlanmıştır (Çizelge 5.17).



Çizelge 5.17 Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) rassal veriler kullanılarak elde edilen sayısal çözüme ait ortalama bekleme süresi ile gerçekleşen günlere ait ortalama bekleme süresinin karşılaştırılması

Dosya adı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Ortalama bekleme süresi (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	23,20	17,16	6,04	6,52		
17.Nis.08	23,93	17,30	6,63			
11.May.08	24,14	17,56	6,58			
08.Haz.08	23,68	17,18	6,49			
16.Haz.08	24,12	17,28	6,84			
ras1_1	20,50	15,60	4,90	5,05	1,47	22,51
ras1_2	20,65	15,62	5,03			
ras1_3	20,71	15,60	5,11			
ras1_4	20,66	15,61	5,05			
ras1_5	20,60	15,43	5,17			

*Mevcut Durum ile Kural Tabanlı Çözümün Karşılaştırılması*

### Mevcut Durum ile Gerçek verilerle Kural Tabanlı Çözüm

Çizelge 5.18 Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) gerçek veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı çözüme ait bekleme süreleri ile mevcut durumda oluşan bekleme sürelerinin karşılaştırılması

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Yolcu bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme süresinde azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63		
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58		
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49		
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84		
ger1_1	3	21,46	16,08	5,38	0,66	10,96
ger1_2	0	20,80	15,80	5,00	1,63	24,59
ger1_3	2	21,30	16,07	5,24	1,35	20,47
ger1_4	0	20,62	15,73	4,89	1,60	24,66
ger1_5	4	21,93	16,22	5,72	1,12	16,38

Bagaj iletim süresini minimize etmeyi amaçlayan algoritma ile elde edilen sonuçlarla gerçekleşmiş bekleme süreleri (Çizelge 5.18) karşılaştırıldığında hem açık park alanına atanan uçakların sayısında önemli bir azalma elde edilmektedir hem de yolcuların bagaj bantlarında ortalama bekleme süreleri de % 11 ile % 25 arasında oranlarda azalmıştır.

### **Mevcut Durum ile Rassal Verilerle Kural Tabanlı Çözüm**

Mevcut durum ile rassal verilerin kullanıldığı model sonuçları, mevcut durum dosyalarının kendi içinde, rassal veri dosyalarının da kendi içinde ortalamaları alınarak karşılaştırılmıştır. Gerçekleşen bekleme süreleri ile rassal verilerin kullanıldığı modelin sonuçları karşılaştırıldığında bekleme süresi ortalama 6,52 dakikadan 5,27 dakikaya inmiştir. Bu da yaklaşık %19 değerinde bir değişim anlamına gelmektedir (Çizelge 5.19).

Çizelge 5.19 Senaryo 1'in (Bagaj iletimi minimizasyonu) rassal veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı çözüme ait ortalama bekleme süresi ile mevcut duruma ait ortalama bekleme süresinin karşılaştırılması

Dosya adı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Ortalama bekleme süresi (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	23,20	17,16	6,04	6,52		
17.Nis.08	23,93	17,30	6,63			
11.May.08	24,14	17,56	6,58			
08.Haz.08	23,68	17,18	6,49			
16.Haz.08	24,12	17,28	6,84			
ras1_1	21,52	16,06	5,47	5,27	1,24	19,08%
ras1_2	21,78	16,10	5,67			
ras1_3	20,79	15,63	5,16			
ras1_4	21,19	16,11	5,08			
ras1_5	20,84	15,86	4,98			

### ÖNERİLEN MODEL İŞİĞİNDA KAPI İŞGAL SÜRESİ VE KAPI KULLANIM KISITLARININ BAGAJ İLETİM SÜRESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Konuyla ilgili incelenen çalışmalarda uçak-kapı atama işlemi sonucunda ortaya çıkan bekleme süresi üzerinde kapı işgal sürelerinin veya kapı kullanım kısıtlarının etkisinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple işgal sürelerinde meydana gelecek bir değişikliğin veya kapı kullanım kısıtlarının kaldırılmasının bekleme süresini, dolayısıyla bagaj bekleme alanındaki hizmet seviyesini nasıl etkileyeceğini belirlemek amacıyla aşağıda sözü edilen senaryolar üretilmiştir.

Kapı işgal süresinin etkileri incelenirken gerçek verilerde THY ile Diğer şirketler tarafından kullanılan ortak tipteki uçakların kapı işgal süreleri eğer uçak THY'ye aitse % 30 oranında azaltılmıştır. Rassal verilerde ise THY'ye ait bir uçağın işgal süresi, aynı tipte olan ancak diğer şirketlere ait işgal süreleri içinden seçilmiştir.

Kapı kullanım kısıtı ile ilgili verilerde yapılan değişiklik için ise uçakların tüm kapılardan hizmet alabileceği bilgisi eklenmiştir.

#### 6.1 Uçakların Kapı İşgal Süresinin Bagaj İletim Süresi Üzerindeki Etkisi

Çizelge 3.14'te belirtildiği üzere THY'ye ait uçaklar, kapıları Diğer Şirketler'e ait aynı tipte uçaklara kıyasla çok daha uzun süre işgal etmektedir (ortalama %30 daha fazla). Bu bölümde, THY'ye ait uçakların diğer şirketlerin uçakları ile aynı kapı işgal süresine sahip olması durumunda toplam yolcu süresi, toplam bagaj süresi, açık park alanına

atanmış uçak sayısı değerleri incelenmiştir. Bu senaryoda da ilk senaryodaki gibi bagaj iletim süresinin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Kullanılan veriler oluşturulurken sadece THY ile Diğer şirketlerin kullandığı ortak tipte uçakların kapı işgal süreleri azaltılmıştır. Çizelge 3.15'e göre THY ile diğer şirketlerin filolarında ortak olarak kullanmakta olduğu 7 tip uçak bulunmaktadır. Bunlar A320, A313, A321, A330, B734 ve B738'dir. Bu uçaklara ait kapı işgal süreleri incelendiğinde THY'nin diğer şirketlere göre yaklaşık %30 daha fazla işgal süresine sahip olduğu belirlenmiştir.

Uçakların kapı işgal sürelerinin yolcu bekleme süresi üzerindeki etkisinin incelendiği senaryoda gerçek veri dosyalarında THY işgal süreleri %30 oranında azaltılmıştır. Bunun dışındaki verilerin tümü aynı kalmıştır. Rassal veri dosyalarında ise THY işgal sürelerini gerçek verilerdeki gibi belirli bir oranda azaltmak yerine her uçak tipi ve şirketi için oluşturulan rassal kapı işgal süreleri kullanılmıştır. Buna göre, örneğin, THY'ye ait B738 tipindeki bir uçağın rassal kapı işgal süresi belirlenirken, bu değer THY'ye ait B738 tipi uçak işgal sürelerinden değil, diğer şirketlerin B738 tipi uçaklarının işgal sürelerinden alınmıştır

Senaryo 2'nin Sayısal Çözümü

*Gerçek verilerle Sayısal Çözümü*

Senaryo 2'nin gerçek verilerle GAMS ortamında modellenmesi sonucunda elde edilen iletim ve bekleme süreleri Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Senaryo 2'nin gerçek veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Yolcu bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme süresinde azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63		
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58		
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49		
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84		
ger2_1	0	20,61	15,68	4,94	1,10	18,28
ger2_2	0	20,53	15,56	4,97	1,65	24,95
ger2_3	0	20,64	15,65	5,00	1,59	24,12
ger2_4	0	20,40	15,45	4,95	1,55	23,80
ger2_5	1	20,91	15,90	5,01	1,83	26,81

Uçakların hemen hemen tümü kapılarda hizmet alabilmiştir. Bekleme sürelerinde de yaklaşık 1 ile 2 dakika arasında iyileşme sağlanmıştır.

#### ***Rassal verilerle Sayısal Çözümü***

Rassal verilerin kullanıldığı durumda ise Senaryo 2'de ortalama 1,5 dakika iyileşme (% 22,56 azalma) sağlanmıştır.

Çizelge 6.2 Senaryo 2'nin rassal veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Ortalama bekleme süresi (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04	6,52		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63			
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58			
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49			
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84			
ras2_1	0	20,43	15,60	4,83	5,05	1,47	22,56
ras2_2	0	20,53	15,46	5,06			
ras2_3	0	20,62	15,43	5,19			
ras2_4	0	20,43	15,30	5,13			
ras2_5	0	20,39	15,38	5,02			

#### Senaryo 2'nin Kural Tabanlı Çözümü

##### *Gerçek verilerle Kural tabanlı Çözüm*

Gerçek verilerle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.3'te verilmiştir. Bu senaryo için gerçek verilerin kullanıldığı sonuçlar karşılaştırıldığında hemen hemen tüm uçakların kapılara atanabildiği görülmektedir (Çizelge 6.3). Bunun yanında yolcu bekleme süresinde de gerçekleşen süreler göre yaklaşık % 17 ile % 26 arasındaki oranlarda bir iyileştirme sağlanmıştır. Bu, yolcuların ortalama 1,5 dakika daha az beklemesi anlamına gelmektedir.

Çizelge 6.3 Senaryo 2'nin gerçek veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Yolcu bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme süresinde azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63		
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58		
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49		
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84		
ger2_1	1	20,99	15,97	5,03	1,01	16,78
ger2_2	0	20,70	15,70	5,01	1,62	24,45
ger2_3	0	20,81	15,88	4,93	1,66	25,15
ger2_4	0	20,65	15,59	5,06	1,43	22,05
ger2_5	1	21,05	15,99	5,06	1,78	26,08

#### Rassal Verilerle Kural Tabanlı Çözüm

Rassal verilerle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.4 Senaryo 2'nin rassal veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Ortalama bekleme süresi (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme süresinde oluşan azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04	6,52		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63			
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58			
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49			
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84			
ras2_1	0	20,69	15,61	5,09	5,18	1,33	20,43
ras2_2	5	21,79	16,05	5,75			
ras2_3	0	20,90	15,93	4,97			
ras2_4	0	20,81	15,82	4,99			
ras2_5	0	20,73	15,60	5,13			

## 6.2 Kapı Kullanım Kısıtlarının Bagaj İletim Süresi Üzerindeki Etkisi

Atatürk Havalimanı Dış Hatlar terminali kapılarının ancak bir kısmının geniş gövdeli uçaklara hizmet vermesi terminal kapasitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle geniş gövdeli bir uçağın atandığı kapının her iki yanındaki kapılarda oluşan kullanım kısıtı olumsuz bir durum oluşturmaktadır. Fiziksel bir değişiklik önerilmesine rağmen her kapının her tipte uçağa hizmet vermesi durumu da incelenmiştir. Kapı kullanım kısıtlarının kaldırıldığı bu senaryoda gerçek verilerde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Sadece atama yapılırken uçakların tiplerine bağlı olarak hizmet alabileceği kapılarda herhangi bir kısıt olmaması sağlanmıştır.

### Senaryo 3'ün Sayısal Çözümü

#### *Gerçek verilerle Sayısal Çözüm*

Çizelge 6.5'te verilen sonuçlara göre sadece THY'ye ait uçakların kapı işgal sürelerinin % 30 oranında azaltılması bekleme süresini 0,89 ile 1,77 dakika arasındaki değerlerde azaltmıştır.

Çizelge 6.5 Senaryo 3'ün gerçek veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Yolcu bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme süresinde azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63		
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58		
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49		
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84		
ger3_1	2	21,03	15,88	5,15	0,89	14,73
ger3_2	0	20,59	15,63	4,96	1,66	25,10
ger3_3	0	20,65	15,76	4,89	1,69	25,74
ger3_4	0	20,31	15,59	4,73	1,77	27,24
ger3_5	4	21,72	16,25	5,47	1,37	19,97



### *Rassal verilerle Sayısal Çözüm*

Rassal verilerin kullanıldığı Senaryo 3 sonuçları Çizelge 6.6'da verilmiştir. Bekleme süresinde 1,62 dakika azalma sağlanmıştır. Bu gerçek duruma göre yolcuların bekleme süresinde ortalama % 25 iyileşme anlamına gelmektedir.

Çizelge 6.6 Senaryo 3'ün rassal veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Ortalama bekleme süresi (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04	6,52		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63			
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58			
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49			
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84			
ras3_1	0	20,44	15,63	4,81	4,90	1,62	24,81
ras3_2	0	20,53	15,65	4,88			
ras3_3	0	20,52	15,63	4,89			
ras3_4	0	20,59	15,67	4,92			
ras3_5	0	20,39	15,40	4,99			

### *Kural Tabanlı Çözüm*

#### *Gerçek verilerle Kural tabanlı Çözüm*

Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.7'de verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında kapı kullanım kısıtlarının kaldırılması, gerçekleşmiş bekleme sürelerinin ortalama % 22 değerinde azalmasını sağlayarak bekleme süresinin yaklaşık 1,5 dakika iyileşmesini sağlamıştır (Çizelge 6.7).

Çizelge 6.7 Senaryo 3'ün gerçek veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Yolcu bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme süresinde azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63		
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58		
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49		
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84		
ger3_1	3	21,40	16,14	5,26	0,78	12,89
ger3_2	0	20,80	15,80	5,00	1,63	24,59
ger3_3	1	21,05	15,91	5,14	1,44	21,92
ger3_4	0	20,48	15,52	4,96	1,53	23,61
ger3_5	4	21,84	16,15	5,70	1,14	16,72

#### *Rassal Verilerle Kural Tabanlı Çözüm*

Rassal verilerde de herhangi bir değişiklik yapılmamış, sadece tüm uçakların tüm kapılardan hizmet alabilmesi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.8'de verilmiştir. Gerçekleşmiş durumda oluşan bekleme süreleri ile kapı kullanım kısıtının kaldırıldığı senaryonun sonuçları karşılaştırıldığında (Çizelge 6.8) tüm kapıların tüm uçaklar tarafından kullanılabilirdiği durumda yolcu bekleme süresinde %20 değerinde bir iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Çizelge 6.8 Senaryo 3'ün rassal veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Ortalama bekleme süresi (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04	6,52		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63			
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58			
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49			
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84			
ras3_1	0	20,87	15,80	5,07	5,24	1,28	19,57
ras3_2	5	22,63	16,43	6,20			
ras3_3	0	20,72	15,74	4,98			
ras3_4	1	21,14	16,11	5,03			
ras3_5	0	20,70	15,77	4,93			

### 6.3 Kapı İşgal Süresi Ve Kapı Kullanım Kısıtlarının Bagaj İletim Süresi Üzerindeki Etkilerinin Birarada Değerlendirilmesi

İkinci ve üçüncü senaryoların bileşimi olarak düşünülebilecek olan dördüncü senaryoda hem tüm kapılar her tipte uçağa hizmet vermektedir, hem de THY'ye ait uçaklar Diğer Şirketler'in uçakları ile aynı işgal süresine sahiptir.

Önceden de belirtildiği gibi gerçek verilerde THY'ye ait uçakların kapı işgal süreleri %30 azaltılmıştır. Rassal verilerde ise bu tip uçakların kapı işgal süresi rasgele üretilen verilerden seçilirken THY'ye değil Diğer Şirketlere ait uçak tiplerinin kapı işgal sürelerinden alınmıştır.

#### Senaryo 4'ün Sayısal Çözümü

##### *Gerçek verilerle Sayısal Çözüm*

GAMS'ta elde edilen sonuçlara göre (Çizelge 6.9), bekleme sürelerindeki azalma miktarı 1,2 ile 1,84 dakika arasında değişmektedir.

Çizelge 6.9 Senaryo 4'ün gerçek veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Yolcu bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme süresinde azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63		
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58		
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49		
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84		
ger4_1	0	20,54	15,70	4,84	1,20	19,87
ger4_2	0	20,49	15,58	4,91	1,72	25,95
ger4_3	0	20,64	15,75	4,90	1,69	25,62
ger4_4	0	20,29	15,57	4,72	1,77	27,27
ger4_5	1	20,87	15,87	5,00	1,84	26,93

#### Rassal verilerle Sayısal Çözüm

Rassal veriler kullanıldığında ise bagaj bekleme süresinde ortalama 1,66 dakika azalma sağlanmıştır.

Çizelge 6.10 Senaryo 4'ün rassal veriler kullanılarak sayısal çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Ortalama bekleme süresi (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04	6,52		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63			
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58			
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49			
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84			
ras4_1	0	20,38	15,62	4,76	4,86	1,66	25,49
ras4_2	0	20,41	15,50	4,92			
ras4_3	0	20,42	15,49	4,94			
ras4_4	0	20,24	15,49	4,76			
ras4_5	0	20,26	15,35	4,91			

## Kural Tabanlı Çözüm

### Gerçek verilerle Kural tabanlı Çözüm

Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.11’de verilmiştir.

Çizelge 6.11 Senaryo 4’ün gerçek veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Yolcu bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme süresinde azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63		
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58		
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49		
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84		
ger4_1	1	20,85	15,86	4,98	1,06	17,50
ger4_2	0	20,62	15,72	4,90	1,73	26,04
ger4_3	0	20,70	15,72	4,99	1,60	24,25
ger4_4	0	20,47	15,63	4,83	1,66	25,60
ger4_5	1	21,02	15,81	5,21	1,63	23,82

Gerçekleşmiş durumla karşılaştırıldığında bekleme süresinde % 17,5 ile % 26,04 oranları arasında değişen iyileşmeler sağlanmıştır (Çizelge 6.11).

### Rassal Verilerle Kural Tabanlı Çözüm

Rassal verilerin kullanıldığı bu son senaryoda kapı işgal süreleri 2. Senaryodaki işgal süreleri ile eşit alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.12’de verilmiştir.

Son senaryoda rassal veri girişi ile elde edilen sonuçlar, gerçekleşmiş bekleme süresi ile karşılaştırıldığında %23’lük bir iyileşme ile bekleme süresi 1,47 dakika kadar azaltılmıştır (Çizelge 6.12).

Çizelge 6.12 Senaryo 4'ün rassal veriler kullanılarak kural tabanlı çözümde elde edilen sonuçları ve mevcut duruma göre elde edilen iyileşme miktarı

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı	Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)	Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)	Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi	Ortalama bekleme süresi (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma (dakika)	Ortalama bekleme sürelerinde oluşan azalma yüzdesi (%)
03.Nis.08	7	23,20	17,16	6,04	6,52		
17.Nis.08	8	23,93	17,30	6,63			
11.May.08	9	24,14	17,56	6,58			
08.Haz.08	8	23,68	17,18	6,49			
16.Haz.08	10	24,12	17,28	6,84			
ras4_1	0	20,67	15,66	5,01	5,05	1,47	22,58
ras4_2	5	21,59	16,08	5,52			
ras4_3	0	20,71	15,66	5,05			
ras4_4	0	20,61	15,65	4,96			
ras4_5	0	20,55	15,87	4,69			

#### 6.4 Sayısal ve Kural Tabanlı Çözümlerin Karşılaştırılması

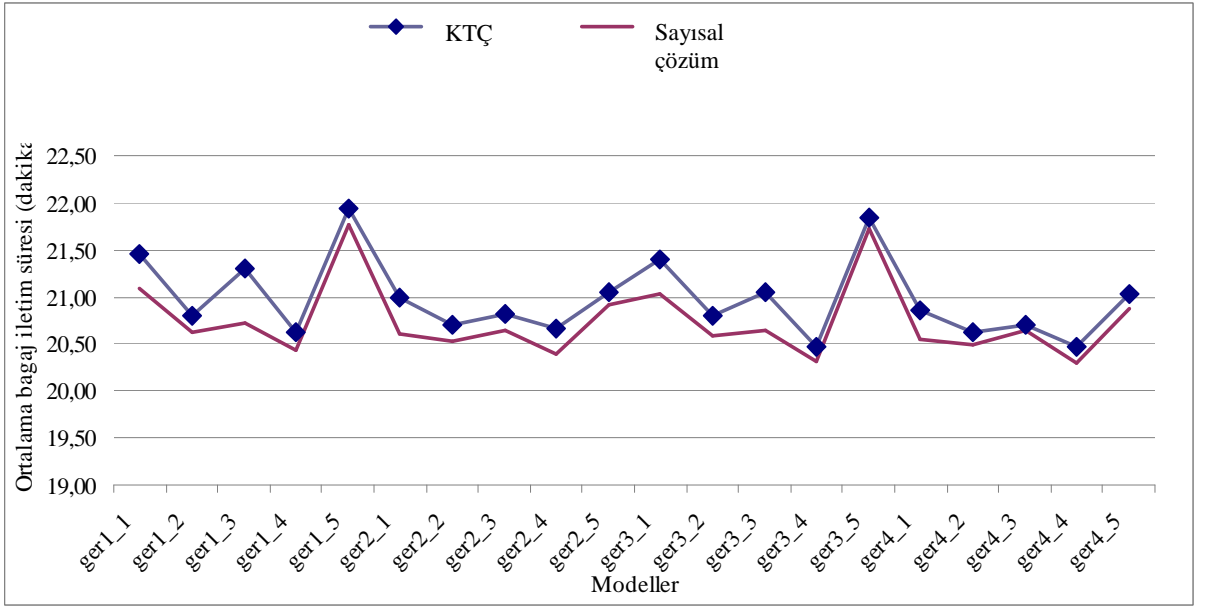
Çözüm ve senaryolar için kullanılan iki ayrı yöntem olan sayısal ve Kural Tabanlı çözümlerinin bagaj iletim süreleri, yolcu iletim süreleri ve yolcu bekleme sürelerine ilişkin sonuçlar Çizelge 6.13 ve 5.14'te verilmiştir. Çizelge 6.13'te gerçek veriler kullanıldığında elde edilen sonuçlar, Çizelge 6.14'te ise rassal veriler kullanılarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

##### *Gerçek verilerle Sayısal Çözüm ve Kural Tabanlı Çözüm Sonuçları*

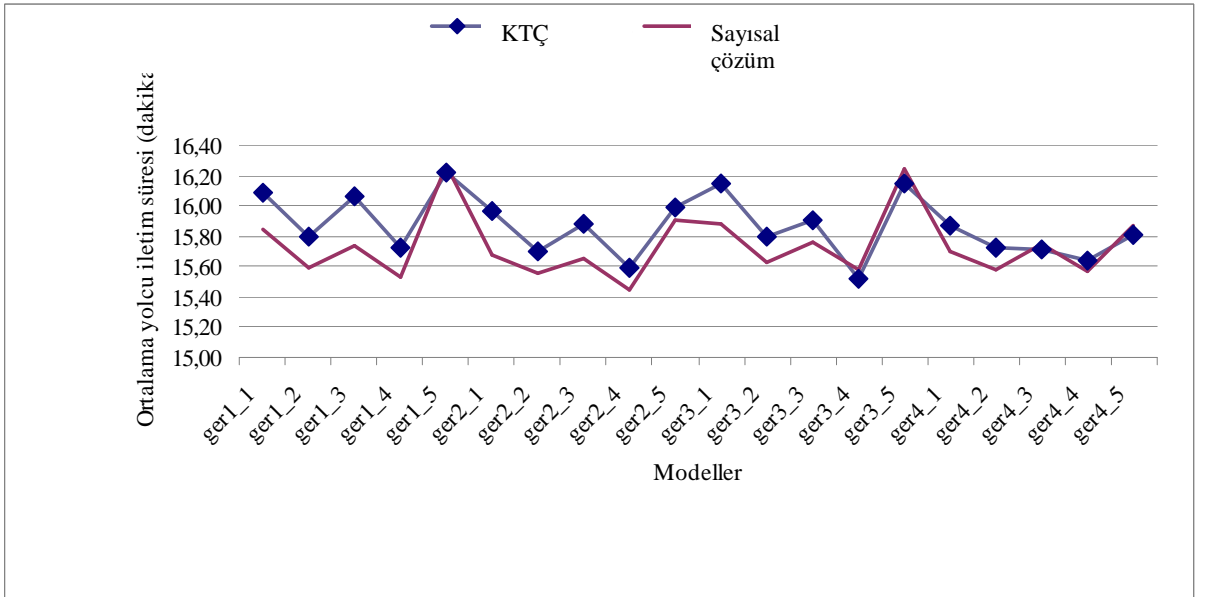
Çizelge 6.13'te gerçekleşmiş verilerin ve farklı koşulların senaryolaştırıldığı tüm dosyaların hem GAMS hem de ARENA sonuçları özetlenmiştir. Ortalama bagaj iletim sürelerine ait değerler Şekil 6.1'de, ortalama yolcu iletimi değerleri Şekil 6.2'de verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü üzere sayısal çözüm, kural tabanlı çözüme göre daha kısa bagaj ve yolcu iletim değerleri sağlamaktadır. Ancak yolcu bekleme sürelerinde fark oldukça küçüktür.

Çizelge 6.13 Gerçek veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı çözüm (KTC) ve sayısal çözüm sonuçları

Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı		Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)		Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)		Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi (dakika)		
	KTC	Sayısal	KTC	Sayısal	KTC	Sayısal	KTC	Sayısal	
03.Nis.08	7		23,2		17,16		6,04		
17.Nis.08	8		23,93		17,3		6,63		
11.May.08	9		24,14		17,56		6,58		
08.Haz.08	8		23,68		17,18		6,49		
16.Haz.08	10		24,12		17,28		6,84		
Senaryo 1 (gerçek veriler)	ger1_1	3	2	21,46	21,09	16,08	15,84	5,38	5,37
	ger1_2	0	0	20,8	20,63	15,8	15,6	5	5,03
	ger1_3	2	0	21,3	20,72	16,07	15,74	5,24	4,98
	ger1_4	0	0	20,62	20,43	15,73	15,53	4,89	4,9
	ger1_5	4	4	21,93	21,77	16,22	16,26	5,72	5,5
Senaryo 2 (gerçek veriler)	ger2_1	1	0	20,99	20,61	15,97	15,68	5,03	5,01
	ger2_2	0	0	20,7	20,53	15,7	15,56	5,01	4,97
	ger2_3	0	0	20,81	20,64	15,88	15,65	4,93	5,01
	ger2_4	0	0	20,65	20,4	15,59	15,45	5,06	4,95
	ger2_5	1	1	21,05	20,91	15,99	15,9	5,06	5,01
Senaryo 3 (gerçek veriler)	ger3_1	3	2	21,4	21,03	16,14	15,88	5,26	5,35
	ger3_2	0	0	20,8	20,59	15,8	15,63	5	4,96
	ger3_3	1	0	21,05	20,65	15,91	15,76	5,14	4,89
	ger3_4	0	0	20,48	20,31	15,52	15,59	4,96	4,73
	ger3_5	4	4	21,84	21,72	16,15	16,25	5,7	5,47
Senaryo 4 (gerçek veriler)	ger4_1	1	0	20,85	20,54	15,86	15,7	4,98	5
	ger4_2	0	0	20,62	20,49	15,72	15,58	4,9	4,91
	ger4_3	0	0	20,7	20,64	15,72	15,75	4,99	4,9
	ger4_4	0	0	20,47	20,29	15,63	15,57	4,83	4,72
	ger4_5	1	1	21,02	20,87	15,81	15,87	5,21	5

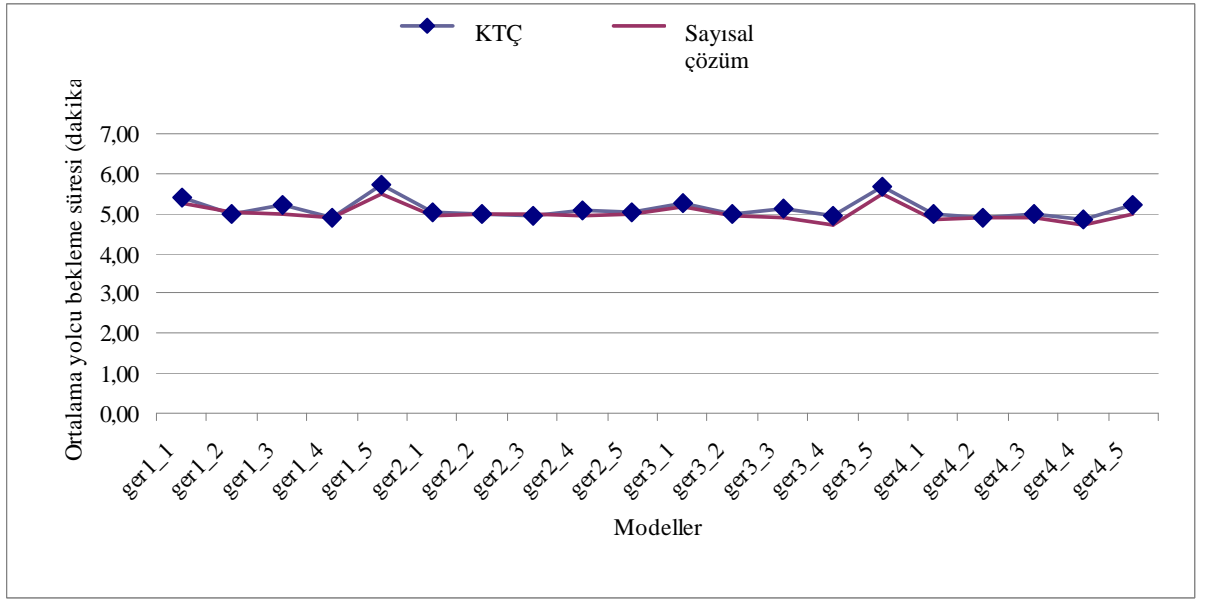


Şekil 6.1 Ortalama bagaj iletim değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Gerçek veriler kullanılarak)



Şekil 6.2 Ortalama yolcu iletim değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Gerçek veriler kullanılarak)





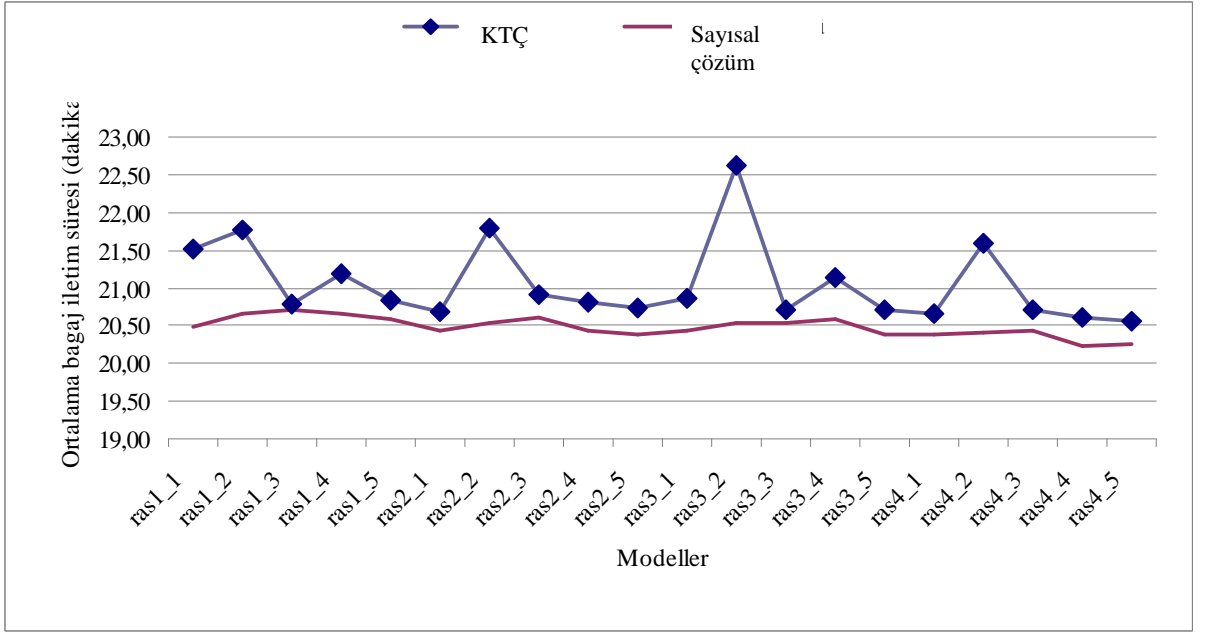
Şekil 6.3 Ortalama yolcu bekleme süresi değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Gerçek veriler kullanılarak)

#### *Rassal verilerle Sayısal ve Kural Tabanlı Çözüm sonuçları*

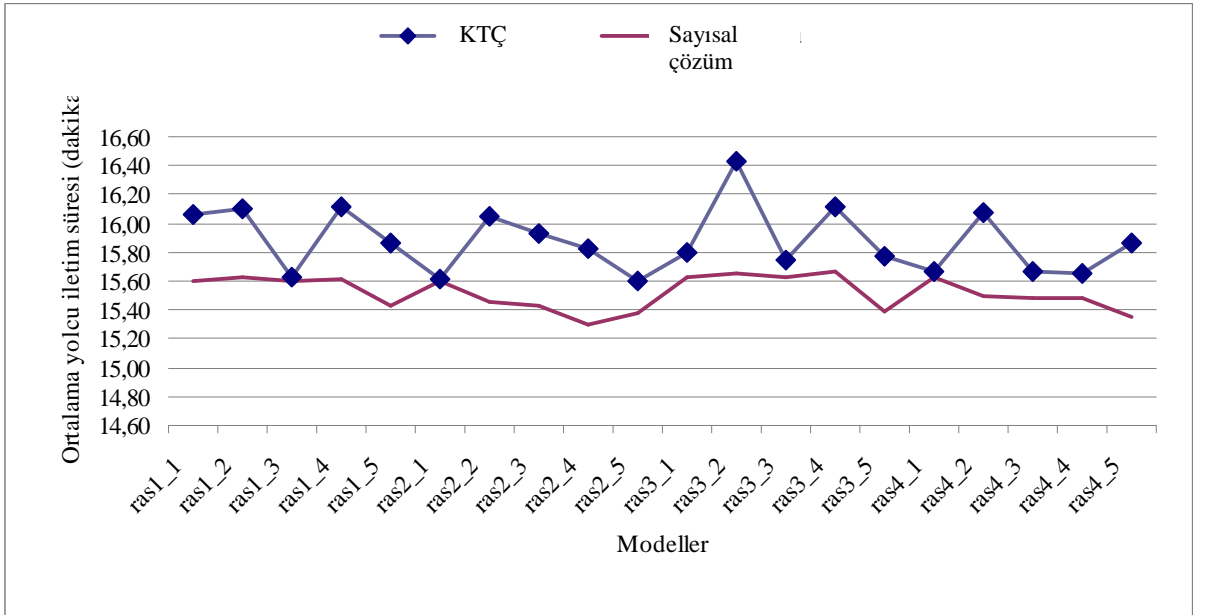
Rassal verilerin girdi olarak kullanıldığı durumlarda elde edilen bagaj, yolcu iletim değerleri ile yolcuların bekleme süreleri Çizelge 6.14'te verilmiştir. Sonuçlar ayrıca Şekil 6.4, 5.5 ve 5.6'da grafik üzerinde de ifade edilmiştir. Gerçek verilerde olduğu gibi GAMS, ortalama bagaj iletim ve yolcu iletim süreleri için çok daha iyi sonuç vermektedir. Yolcu bekleme sürelerinde ise sayısal çözüm ve kural tabanlı çözüm arasındaki fark azalmaktadır.

Çizelge 6.14 Rassal veriler kullanılarak elde edilen kural tabanlı çözüm (KTC) ve sayısal çözüm sonuçları

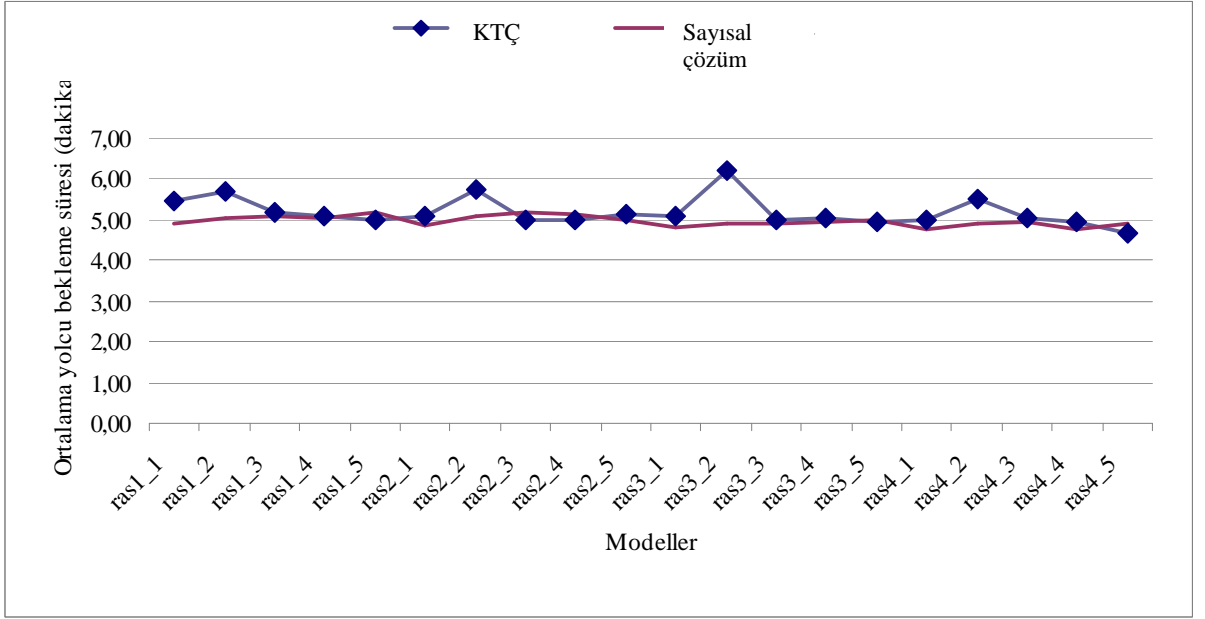
Dosya adı	Açık park alanına gönderilen uçak sayısı		Ortalama bagaj iletim süresi (dakika)		Ortalama yolcu iletim süresi (dakika)		Yolcular için bagaj bantlarında bekleme süresi (dakika)		
	KTC	Sayısal	KTC	Sayısal	KTC	Sayısal	KTC	Sayısal	
03.Nis.08	7		23,2		17,16		6,04		
17.Nis.08	8		23,93		17,3		6,63		
11.May.08	9		24,14		17,56		6,58		
08.Haz.08	8		23,68		17,18		6,49		
16.Haz.08	10		24,12		17,28		6,84		
Senaryo 1 (rassal veriler)	ras1_1	2	0	21,52	20,5	16,06	15,6	5,47	4,9
	ras1_2	5	0	21,78	20,65	16,1	15,62	5,67	5,03
	ras1_3	0	0	20,79	20,71	15,63	15,6	5,16	5,11
	ras1_4	1	0	21,19	20,66	16,11	15,61	5,08	5,05
	ras1_5	0	0	20,84	20,6	15,86	15,43	4,98	5,17
Ortalama değerler (dakika)								5,27	5,05
Senaryo 2 (rassal veriler)	ras2_1	0	0	20,69	20,43	15,61	15,6	5,09	4,83
	ras2_2	5	0	21,79	20,53	16,05	15,46	5,75	5,06
	ras2_3	0	0	20,9	20,62	15,93	15,43	4,97	5,19
	ras2_4	0	0	20,81	20,43	15,82	15,3	4,99	5,13
	ras2_5	0	0	20,73	20,39	15,6	15,38	5,13	5,02
Ortalama değerler (dakika)								5,18	5,05
Senaryo 3 (rassal veriler)	ras3_1	0	0	20,87	20,44	15,8	15,63	5,07	4,81
	ras3_2	5	0	22,63	20,53	16,43	15,65	6,2	4,88
	ras3_3	0	0	20,72	20,52	15,74	15,63	4,98	4,89
	ras3_4	1	0	21,14	20,59	16,11	15,67	5,03	4,92
	ras3_5	0	0	20,7	20,39	15,77	15,4	4,93	4,99
Ortalama değerler (dakika)								5,24	4,90
Senaryo 4 (rassal veriler)	ras4_1	0	0	20,67	20,38	15,66	15,62	5,01	4,76
	ras4_2	5	0	21,59	20,41	16,08	15,5	5,52	4,92
	ras4_3	0	0	20,71	20,42	15,66	15,49	5,05	4,94
	ras4_4	0	0	20,61	20,24	15,65	15,49	4,96	4,76
	ras4_5	0	0	20,55	20,26	15,87	15,35	4,69	4,91
Ortalama değerler (dakika)								5,05	4,86
Ortalama değerler (dakika)			21,06	20,48	15,88	15,52	5,19	5,04	



Şekil 6.4 Ortalama bagaj iletim değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Rassal veriler kullanılarak)



Şekil 6.5 Ortalama yolcu iletim değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Rassal veriler kullanılarak)



Şekil 6.6 Ortalama yolcu bekleme süresi değerleri için sayısal ve kural tabanlı çözüm sonuçları (Rassal veriler kullanılarak)

Çizelge 6.15'te ve 5.16'da sırasıyla gerçek verileri ve rassal veriler kullanılarak elde edilen Sayısal ve Kural Tabanlı çözümler ile elde edilen iyileşme miktarları (bekleme süresinde elde edilen azalma) ile iyileşme oranları verilmiştir.

Çizelge 6.15 Gerçekleşen bekleme sürelerine göre gerçek veriler kullanılarak kural tabanlı çözüm ve sayısal çözümde elde edilen iyileşme miktarları ve oranları

Dosya adı		Yolcular için bagaj bantlarında gerçekleşen bekleme süresi (dakika)			
		İyileşme miktarı (dakika)		İyileşme oranı (%)	
		ARENA	GAMS	ARENA	GAMS
03.Nis.08		6,04			
17.Nis.08		6,63			
11.May.08		6,58			
08.Haz.08		6,49			
16.Haz.08		6,84			
Senaryo 1 (gerçek veriler)	ger1_1	0,66	0,79	10,96	13,13
	ger1_2	1,63	1,6	24,59	24,14
	ger1_3	1,35	1,6	20,47	24,38
	ger1_4	1,6	1,59	24,66	24,54
	ger1_5	1,12	1,33	16,38	19,52
Senaryo 2 (gerçek veriler)	ger2_1	1,01	1,1	16,78	18,28
	ger2_2	1,62	1,65	24,45	24,95
	ger2_3	1,66	1,59	25,15	24,12
	ger2_4	1,43	1,55	22,05	23,8
	ger2_5	1,78	1,83	26,08	26,81
Senaryo 3 (gerçek veriler)	ger3_1	0,78	0,89	12,89	14,73
	ger3_2	1,63	1,66	24,59	25,1
	ger3_3	1,44	1,69	21,92	25,74
	ger3_4	1,53	1,77	23,61	27,24
	ger3_5	1,14	1,37	16,72	19,97
Senaryo 4 (gerçek veriler)	ger4_1	1,06	1,2	17,5	19,87
	ger4_2	1,73	1,72	26,04	25,95
	ger4_3	1,6	1,69	24,25	25,62
	ger4_4	1,66	1,77	25,6	27,27
	ger4_5	1,63	1,84	23,82	26,93

Çizelge 6.16 Gerçekleşen bekleme sürelerine göre rassal veriler kullanılarak kural tabanlı çözüm ve sayısal çözümde elde edilen iyileşme miktarları ve oranları

Dosya adı		Yolcular için bagaj bantlarında gerçekleşen ortalama bekleme süresi (dakika)			
		Ortalama iyileşme miktarı (dakika)		Ortalama iyileşme oranı (%)	
		ARENA	GAMS	ARENA	GAMS
03.Nis.08		6,52			
17.Nis.08					
11.May.08					
08.Haz.08					
16.Haz.08					
Senaryo 1 (rassal veriler)	ras1_1	1,24	1,47	19,08	22,51
	ras1_2				
	ras1_3				
	ras1_4				
	ras1_5				
Senaryo 2 (rassal veriler)	ras2_1	1,33	1,47	20,43	22,56
	ras2_2				
	ras2_3				
	ras2_4				
	ras2_5				
Senaryo 3 (rassal veriler)	ras3_1	1,28	1,62	19,57	24,81
	ras3_2				
	ras3_3				
	ras3_4				
	ras3_5				
Senaryo 4 (rassal veriler)	ras4_1	1,47	1,66	22,58	25,49
	ras4_2				
	ras4_3				
	ras4_4				
	ras4_5				

## 6.5 Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali'nde Bagaj İletim Süresi ve Terminal İçi Hizmet Seviyesi

(1.1) ifadesi incelendiğinde belirli sayıda yolcunun geldiği belirli bir mekandaki hizmet indeksi değerinin ancak yolcuların mekandaki bekleme sürelerinin değişimine bağlı olarak farklı değerler alabileceği görülmektedir.

Örneğin, 8 Haziran 2008 günü gerçekleşen 6,49 dakikalık bekleme süresi ile, hizmet indeksi değeri  $Hİ = \frac{60A}{6,49_{ys}}$  değerini almıştır.

Burada,

$A \rightarrow$  Alan ( $m^2$ )


$ys \rightarrow$  Terminale gelen saatlik yolcu sayısını (yolcu/saat) ifade etmektedir.

8 Haziran 2008 tarihinde gerçekleşen atamaların bagaj iletimi minimizasyonu kuralı gereğince gerçekleştirildiği “ger1\_4” modelinde ise yolcu bekleme süresi 4,98 değerini almıştır. Bu durumda oluşan hizmet indeksi değeri,  $Hİ = \frac{60A}{4,98_{ys}}$  şeklinde hesaplanmaktadır.

Açıkça görülmektedir ki hizmet indeksi değeri aynı mekan ve aynı yolcu sayısının sözkonusu olduğu durumlarda sadece yolcuların mekanda bekleme sürelerine bağlı olarak değişmektedir.

Çizelge 6.17’de Terminal Binası mekan standartları ile ardışık standartlar (A hizmet düzeyi ile B hizmet düzeyi, B hizmet düzeyi ile C hizmet düzeyi vs.) arasındaki değişim yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge 6.17 Hava terminal binası mekan standartları ve aralarındaki değişim yüzdesi

Tesis	Minimum Hizmet Düzeyi (m <sup>2</sup> /yolcu)					
	A	B	C	D	E	F
Bagaj Alım Sahası (herhangi bir araç olmadan) (IATA)	>2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	<1.2
						
Ardışık hizmet düzeyleri arasında Hizmet İndeksi değişimi yüzdesi	% 10	% 11,1	% 12,5	% 14,3		

Çizelge 6.17'deki değişim oranları ile Çizelge 6.15 ve 6.16'daki değişim oranları karşılaştırıldığında kapı atama politikasına (örneğin, bagaj iletimini minimize etmek) ve işletmeye yönelik değişikliklerin (örneğin, kapı işgal süreleri veya kapı kullanım tahditlerinde değişiklik yapmak) hizmet seviyesini bir, hatta iki üst düzeye veya alt düzeye taşıyacak büyüklüklerde etkisi olduğu görülmektedir.



### SONUÇ VE ÖNERİLER

Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali'nde kapı ataması işleminin incelendiği bu tez sonucunda farklı kapı atama seçenekleri uygulanması durumunda açık park alanlarına en az sayıda uçak gönderilerek varolan terminal kapılarının daha etkin ve verimli olarak kullanılabilceği, yolculara sunulan hizmetin iyileştirilebileceği gösterilmiştir.

3 Nisan 2008 Perşembe günü 15:00-18:00 saatleri arasında dış hatlara hizmet veren ve havalimanına iniş yapan uçakların 30'u dış hatlar terminali kapılarına, 7'si ise açık park alanına atanmıştır. Aynı şekilde, 17 Nisan 2008'de gelen 32 uçaktan 8'i, 11 Mayıs'ta gelen 36 uçaktan 9'u, 8 Haziran'da gelen 35 uçaktan 8'i ve 16 Haziran günü gelen 38 uçaktan 10'u açık park alanına yönlendirilmiştir.

Açık park alanına yönlendirilen uçakların çoğu, terminal kapılarında yer olduğu halde açığa atanmıştır. İncelenen günlere ait gerçek veriler kullanılarak analiz edilen senaryoların hemen hemen hepsinde açık park alanına atanmış uçakların terminal kapılarında hizmet alması sağlanabilmiştir. Bu durum yolcular için terminale daha az zahmetle erişme yani daha iyi bir hizmet anlamına gelmektedir. İşletmeci açısından da kapıların verimli kullanılması yönünde olumlu bir gelişmedir.

Senaryolar tek tek incelenirse;

Senaryo 1'de önceden de belirtildiği gibi kullanılan verilerde hiçbir değişiklik yapılmadan, bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesi amaçlanarak atama yapılmıştır. Burada kapılarda yer olduğu sürece uçaklar açık park alanına yönlendirilmemektedir. Senaryo 1'de 5 adet gerçek veri, 5 adet de rassal olarak üretilmiş veri kullanılmıştır.

Gerçekleşmiş bekleme sürelerine göre %11 ile % 25 arasında azalma sağlanmıştır. Gerçek verilerin kullanıldığı modellerde sayısal çözümler bekleme sürelerinde ortalama 1,39 dakika, kural tabanlı çözümler ise ortalama 1,27 dakikalık iyileşme sağlamaktadır. Aynı senaryoda rassal veriler kullanıldığında iyileşme miktarı sayısal çözümlerde ortalama 1,47 dakika, kural tabanlı çözümlerde ise ortalama 1,24 dakika olmuştur.

2. Senaryo’da uçakların atanması politikasında yine bagaj iletiminin minimize edilmesi amaçlanmış, bunun yanında THY’nin kapı işgal süreleri diğer şirketlerin aynı tipteki uçaklarının işgal sürelerine yaklaştırılarak azaltılmıştır. Diğer şirketlerin kapı işgal sürelerinin de beklenenden daha fazla olduğu bilinmekle beraber, bu çalışma kapsamında sadece THY’nin kapı işgal süreleri azaltılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; bekleme sürelerinde %17 ile %27 arasında iyileşmeler sağlanmıştır. Bekleme süreleri sayısal çözümlerle ortalama 1,54 dakika, kural tabanlı çözümler sayesinde ise ortalama 1,5 dakika azaltılmıştır.

Senaryo 3’te, girdiler değiştirilmemiş (Senaryo 1’deki girdileri ile aynı), bu kez AHL’ye özgü kapı kullanım kısıtlarında değişiklik yapılmıştır. Geniş gövdeli uçakların belirli kapılardan hizmet alabileceği kısıtı ortadan kaldırılmış, her uçağın her kapıdan hizmet alabildiği varsayılmıştır. Sonuç olarak, %15 ile % 27 değerinde iyileşmeler ile yolcu bekleme süreleri ortalama olarak gerçek verilerde 1,39 dakika, rassal verilerde ise 1,45 dakika azaltılmıştır.

Son senaryo olan 4. Senaryoda yine THY’ye ait uçakların kapı işgal süreleri azaltılmıştır. Ayrıca kapı kullanım kısıtları kaldırılmıştır. Bu durumda ortaya çıkan iyileşme değerleri %17 ile %27 oranlarında gerçekleşmiş ve yolcu bekleme süreleri gerçek veriler kullanıldığında ortalama 1,59 dakika, rassal veriler kullanıldığında ise 1,57 dakika azalmıştır.

Yolcuya verilen hizmet seviyesinde sağlanan iyileşmenin yanısıra, senaryolar dahilinde gerçekleşen atamalar sayesinde, gerçekleşmiş durumda açık park alanına atanan uçakların hemen hemen tümü kapılarda hizmet alabilmiştir. Sadece bekleme süresinde değil, terminale ulaşmak için yolcuya sunulan hizmet aşamalarında da iyileşme sağlanabilmiştir.

- Bagaj iletimi minimizasyonunun terminal hizmet seviyesi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi

Kapı ataması problemine yönelik geliştirilen veya önerilen çözümlerde yolcu yürüme sürelerinin, ele alınması/minimize edilmesi gereken en önemli değişken olduğu belirtilmektedir ([1]), [3], vd.). Bu çalışma kapsamında yolcu yürüme süreleri yerine bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesi sayesinde bagaj bantı başında yolcuların bekleme sürelerinde ortalama % 20 (yolcu bekleme süresi 6,52 dakikadan yaklaşık 5,18 dakikaya düşmüştür) bir iyileşme sağlanmaktadır. Bu değer küçük görünse de, yolcu başına 1,34 dakikalık kazanç, sözkonusu 3 saat içinde havalimanı dış hatlar terminali geliş katına gelen ortalama yolcu sayısı (yaklaşık 6000) ile çarpıldığında kayda değer (toplamda 8040 yolcu-dakika) bir kazanç anlamına gelmektedir.

- Kapı işgal süresinin terminal hizmet seviyesi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi

Bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesi ile birlikte işletmeye yönelik bazı değişiklikler de önerilmiştir. TAV Bagaj Handling Departmanı'ndan alınan veriler incelendiğinde kapı işgal sürelerinin oldukça uzun olduğu tespit edilmiştir.

Boeing firması tarafından yapılan çalışmalarda da (Şekil 4.5 ve 4.6) görüleceği gibi dar gövdeli bir uçağın yer işgal süresi yaklaşık 26 dakika, geniş gövdeli bir uçağın yer işgal süresi ise yaklaşık 60 dakikadır. 2008 yılının ilk 6 ayında Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali kapılarında hizmet alan uçakların %25'i 61-80 dakika arasında işgal sürelerine sahiptir (Çizelge 4.10). Havalimanını kullanan uçakların sadece %12'sinin geniş gövdeli olduğu düşünüldüğünde kapıların gereğinden çok fazla sürelerde işgal edildiği görülmektedir.

Dikkat çekici bir başka nokta da havalimanını kullanan uçakların %51'inin sahibi olan THY'nin kapı işgal süreleridir. İşgal süreleri kapılara göre veya uçak tiplerine göre incelendiğinde (Çizelge 4.13 ve 4.14) görülmüştür ki, THY'nin ortalama kapı işgal süreleri diğer şirketlere göre yaklaşık %30 daha fazladır.

Bu noktadan yola çıkarak yine bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesi amaçlanırken THY'ye ait kapı işgal süreleri diğer şirketlerin kapı işgal sürelerine eşit alınmıştır. Sonuçta ortalama bagaj bekleme süresinde mevcut duruma göre ortalama % 23 değerinde (1,5 dakika) bir azalma (bekleme süresi ortalama 6,52 dakikadan 5,01 dakikaya düşmüştür) gerçekleşmiştir. Bu da incelenen 3 saatlik zaman dilimi için yaklaşık toplam (6000 x 1,5) 9000 yolcu-dakika değerinde bir kazanç sağlamaktadır.

Çizelge 4.13 ve 4.14 incelendiğinde THY dışındaki havayolu şirketlerine ait kapı işgal sürelerinin de uçak üreticileri tarafından belirlenen işgal sürelerine göre çok daha uzun olduğu görülmektedir. Uçak üreticileri tarafından belirlenen kapı işgal süreleri işletme esnasında mutlaka uzayacaktır. Ancak bu konuda bir sınırlandırma getirilmesinin hem kapıların verimliliğini hem de yolcu memnuniyetini olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Bu kapsamde ele alınan senaryolar sonucunda da yine hizmet seviyesini önemli derecede etkileyecek iyileşme değerleri elde edilmiştir.

- Kapı kullanım kısıtlarının terminal hizmet seviyesi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi

Atatürk Uluslararası Havalimanı'nda fiziksel kısıtlar nedeniyle tüm kapılar geniş gövdeli uçaklara hizmet verememektedir. Bunun yanında geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıların her iki yanındaki kapıların hizmet verebilme özellikleri de sınırlı hale gelmektedir.

Fiziksel bir değişiklik söz konusu olmasına rağmen havalimanındaki tüm kapıların her tür uçağa hizmet verebilmesi durumu da incelenmiştir. Bagaj iletimi minimizasyonu dikkate alınırken, diğer senaryolardaki kapı kullanım tahditleri dikkate alınmadığında mevcut duruma göre bagaj bekleme süresinde % 21,41 değerinde bir iyileşme meydana gelmiştir.

Bunun yanında, THY'ye ait kapı işgal sürelerinin de diğer şirketlerin süresine eşit alınması ve kapı kullanım tahditlerinin kaldırılması koşulları aynı senaryoda incelendiğinde bagaj bekleme süresinde % 24,24 değerinde bir azalma sözkonusu

olmuştur. Bu azalma (1,59 dakika) toplam yolcu sayısı ile çarpıldığında 9540 dakikalık bir toplam kazanç anlamına gelmektedir.

Çizelge 6.17’de verilen ardışık hizmet düzeyleri arasındaki değişim yüzdeleri ile Çizelge 6.15 ile 6.16’daki değişim oranları birarada değerlendirildiğinde kapı ataması politikasında veya kapıları işletme yönteminde yapılacak değişikliklerin hizmet seviyesini en az bir üst düzeye çekebileceği de görülmektedir.

Tüm bu tespitler ışığında çalışmanın daha ileriye götürülebilmesi açısından aşağıdaki öneriler sunulmaktadır.

Atatürk Uluslararası Havalimanı Dış Hatlar Terminali’ne bağlı olan kapılara atama yapılırken bagaj iletim sürelerinin minimize edilmesinin amaç olarak dikkate alınması önerilmektedir. Bunun yanında hizmet kalitesini yükseltmek amacıyla kapı işgal sürelerine kısıt getirilmesi de sunulan öneriler arasındadır.

Kapasitenin artırılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalarda, mekanların ortak kullanımının olumlu etkileri belirtilmektedir. De Neufville ve Belin [38] tarafından yapılan çalışmada dış hat ve iç hat kapılarının ortak kullanımı sayesinde kapasitenin artış gösterebileceği belirtilmiştir. Kim [39], doktora tezinde geniş gövdeli uçaklara hizmet veren kapıların terminal kapıları içindeki farklı yerleşimleri konusunda çalışmıştır. Bu bağlamda terminal kapılarının yerleşimlerinin değerlendirilmesi, gerekirse ortak mekan (örneğin, geniş gövdeli uçaklara iç hat terminali kapılarında hizmet verilmesi) kullanımı gibi çözümlerin araştırılması önerilmektedir.

Yapılan tez çalışması kapsamında ele alınan bagaj iletim süreleri AHL bazında modellenmiştir. Bagaj iletim sürelerinin modellenmesi ile ilgili her uçuşa atanan ekip ve ekipman sayılarının uçağın özelliklerine bağlı olarak değişebileceği gözönünde bulundurularak daha detaylı bir çalışmanın yapılması, böylece bagaj iletim sürelerini etkilemesi olası etkenlerin de dikkate alınması önerilmektedir. Bunun yanında bagaj iletim sürelerinin havalimanı yer trafiğinden de etkilendiği, dolayısıyla bagaj taşıyan traktörlerin bu kesinti sebebiyle hızlarını sabit tutamadığı çalışanlardan alınan bilgiler dahilindedir. Bu noktada şut altı bölgesinin yani tüm bagajların toplandığı noktanın yer seçimi ile ilgili de daha detaylı bir çalışma yapılması önerilmektedir. Ayrıca açık park

alanına atanan uçaklarda bulunan bagajların ve yolcuların terminale iletilmesi için gerekli olan araç ve ekip atama işleminin de detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Yolcuların bagaj alım sahasına geçmeden hemen önce pasaport kontrol noktasında aldığı hizmet yapılan çalışmada ortalama bir değer olarak kabul edilmiştir. Söz konusu bölgede bulunan gişelerin her birinin modellenmesi, açık ve kapalı gişe sayısının etkilerinin kuyruk uzunluğu üzerindeki etkileri de gelecekte yapılması önerilen çalışmalar arasındadır. Bununla birlikte AHL Dış Hatlar Terminali'nde 223 numaralı kapıya yakın bir bölgede 10 gişelik bir pasaport kontrol noktasının olduğu da belirlenmiştir. Söz konusu gişeler eleman yetersizliği nedeniyle kullanılamamaktadır. Bu gişelerin de faal duruma getirilmesi ile yolcu iletim süreleri ve bagaj bekleme sürelerinde meydana gelmesi olası değişikliklerin de incelenmesi gerekmektedir.

Şut altı bölgesine taşınan bagajların bagaj bant alım sahasında bulunan bagaj bantlarına atanması işlemi de incelenmesi önerilen konular arasındadır. Burada yine yolcuların pasaport kontrol noktalarına erişim süresi de dikkate alınarak yapılacak bir atama çalışması ile yolcunun toplam iletim süresinin iyileştirilmesi önerilmektedir.

AHL'ye gelen yolcuların sahip olduğu bagaj sayısı çalışma kapsamında 1 olarak alınmıştır. Bu değer yapışacak daha detaylı bir inceleme ve anketle yolculuk tiplerine bağılı olarak elde edilmesi de öneriler arasındadır.

Ek olarak yapılacak bir anketle yolcuların bekleme süresi ile algıladıkları bekleme süresi üzerinde bir çalışma yapılmalıdır. Bu sayede, bekleme süresi algısı ile pek çok etken (örneğin yolcunun gerçekleştirdiği yolculuk süresi, sahip olunan bagaj sayısı, yolcunun alışveriş alışkanlığı) arasında bir ilişki olup olmadığı belirlenebilir.

## KAYNAKLAR

- 
- [1] Mangoubi R.S. ve Mathaisel D.F.X. (1985). "Optimizing Gate Assignments at Airport Terminals" *Transportation Science*, 19 (2): 173-188.
  - [2] Cheng Y., (1997). "A Knowledge-Based Airport Gate Assignment System Integrated with Mathematical Programming" *Computers and Industrial Engineering*, 32 (4): 837-852.
  - [3] Haghani A. ve Chen M., (1998). "Optimizing Gate Assignments at Airport Terminals" *Transportation Research-A*, 32 (6): 438-454.
  - [4] Cheng Y., (1998). "A Network-Based Simulation of Aircraft at Gates in Airport Terminals", *Journal of Transportation Engineering*, March/April: 188-196.
  - [5] Bolat A., (1999). "Assigning Arriving Flights at an Airport to the Available Gates", *Journal of Operational Research Society*, 50: 23-24.
  - [6] Yan S. ve Huo C., (2001). "Optimization of Multiple Objective Gate Assignments" *Transportation Research Part-A*, 35: 413-432.
  - [7] Xu J. ve Bailey G., (2001). "The Airport Gate Assignment Problem: Mathematical Model and a Tabu Search Algorithm" *Proceeding of the 34th Hawaii International Conference On System Sciences*, (3): 30-32.
  - [8] Yan S., Shieh C. ve Chen M., (2002). "A Simulation Framework for Evaluating Airport Gate Assignments" *Transportation Research Part-A*, 36: 885-898.
  - [9] Ding H., Lim A., Rodriguez B. ve Zhu Y., (2004). "New Heuristics for Over-Constrained Flight to Gate Assignments", *Journal of Operational Research Society*, 55: 760-768.
  - [10] Ding H., Lim A., Rodrigues B. ve Zhu Y., (2005). "The Over-Constrained Airport Gate Assignment Problem", *Computers and Operations Research*, 32: 1867-1880.
  - [11] Dorndorf U., Drexl A., Nikulin Y. ve Pesch E., (2005). "Flight Gate Scheduling: State-of-the-Art and Recent Developments", *Omega*, 35: 26 - 334.
  - [12] Dorndorf U., Jaehn F., Lin C., Ma H., Pesch E., (2007). "Disruption Management in Flight Gate Scheduling", *Statistica Neerlandica*, 61 (1): 92-114.
  - [13] Hu X.B. ve Di Paolo E., (2007). "An Efficient Genetic Algorithm with Uniform Crossover for the Multi-Objective Airport Gate Assignment Problem", 2007 IEEE Congress on Evolutionary Computation, IEEE Press, Singapore, 55-62.
  - [14] Drexl A. ve Nikulin Y., (2008). "Multicriteria Airport Gate Assignment and Pareto Simulated Annealing", *IIE Transactions*, 40: 385-397.

- [15] Maister H.D., (2005). "The Psychology of Waiting Lines", The Service Encounter, Lexington Books.
- [16] Brunetta L., Righi L. ve Andreatta G., (1999). "An Operations Research Model for the Evaluation of An Airport Terminal: SLAM (Simple Landside Aggregate Model)", Journal of Air Transport Management, 5(3): 161-175.
- [17] Pagani J., Abd El Halim A.O., Hassan Y. ve Easa S., (2002). "User-percieved LOS Evaluation Model for Airport Baggage Handling Systems", 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board Proceedings, 30-42.
- [18] De Neufville R. ve Odoni A., (2003). "Airport Systems Planning, Design, and Management" McGraw-Hill, Inc. New York, USA.
- [19] Yen J., Chu C. ve Huang J., (2002). "Evaluating Performances of the Baggage-Claim Facilities at Airports" 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Proceedings CD-ROM.
- [20] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) web sitesi, Havayolu istatistikleri, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), 04 Ekim 2010.
- [21] Acar M.K., (2004). "Robust Dock Assignments at Less-Than-Truckload Terminals", Yüksek Lisans Tezi, Department of Industrial and Management Systems Engineering College of Engineering University of South Florida.
- [22] Bolat A., (2001). "Models and A Genetic Algorithm of Static Aircraft-Gate Assignment Problem", Journal of Operational Research Society, 52:1107-1120.
- [23] Karaboğa D., (2004). "Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları" Atlas Yayın Dağıtım, Türkiye.
- [24] Kelton W.D., Sadowski R.P. ve Sturrock D.T. (2007). "Simulation with ARENA" McGraw-Hill, Inc. New York, USA.
- [25] Horonjeff R. ve McKelvey F.X., (1994). "Planning and Design of Airports" McGraw-Hill, Inc. New York, USA.
- [26] DHMİ Atatürk Havalimanı web sitesi, [www.dhmiata.gov.tr](http://www.dhmiata.gov.tr), 20 Nisan 2009.
- [27] Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) web sitesi, [www.dhmi.gov.tr](http://www.dhmi.gov.tr), 20 Nisan 2009.
- [28] Boeing web sitesi, [www.boeing.com](http://www.boeing.com), 25 Haziran 2009.
- [29] Statistica 7.0, Elektronik Elkitabı, 2004.
- [30] Law A. L. ve Kelton W. D., (2000). "Simulation Modelling and Analysis", McGraw-Hill, Inc. New York, USA
- [31] Dengiz B., (2010). "Benzetim", Ders notları, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [32] MacLeod K. R., (2010). "Simülasyonda Rasgelelik", Ders Notları, East Carolina University, College of Business, Dep. of Marketing and Supply Chain Management.
- [33] GAMS resmi web sitesi, [www.gams.com](http://www.gams.com), 7 Temmuz 2010.
- [34] Brooke A., Kendrick D., Meeraus, A., Raman, R. (1998). "GAMS, A User's Guide", Gams Development Corporation, Washington, USA.



- [35] Ottman W.S., Ford A.C., Reinhardt G.R. ve United Parcel Service, (1999). "An Aircraft Taxi Simulation Model for the United Parcel Service Louisville Airpark" Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, 1221-1225.
- [36] Takus D.A. ve Profozich M.D. (1997). "ARENA Software Tutorial" Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, 541-544.
- [37] Banks J., Carson, II J. S., Nelson H. L., Nicol D. M., (2001). "Discrete Event System Simulation", Prentice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, New Jersey, USA.
- [38] De Neufville R. ve Belin S., (2002). "Airport Passenger Buildings: Efficiency Through Shared Use of Facilities" ASCE Journal of Transportation Engineering, 128(3): 211-217.
- [39] Kim, Yeon Myung, (1997). "Methodology for Design and Evaluation of Airport Terminal Configuration" Doktora Tezi, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park.

**EK A**

---

**AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİ KAPILARINA AİT KULLANIM  
KOŞULLARI**

UÇAKLARIN TIPLERİNE GÖRE KÖPRÜLERE DAĞILIMI

UÇAK TİPİ	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	
734-DC9-T134-F100-B717																								
MD80-88-90																								
B727																								
A319 / 320 / 321																								
B738 - YK42																								
TU154 ( B / M )																								
B757 ( 200 / 300 )																								
A310																								
TU204																								
IL62																								
A300																								
B767																								
L1011-DC10-MD11																								
IL86																								
A330																								
A340-IL96																								
B747 ( 100 / 200 / SP )																								
B747 (400) B777 (200)																								
B777 (300)																								

UÇAK ALINIYOR TAHDİTLİ KULLANIM UÇAK ALINMIYOR

TAHDİTLİ KULLANIM BÖLÜMÜ :

211 B734, B717 DC-9, F100 TU-134	212 B747-100-200 SP, A340, 330, MD11, IL86, DC10, B767	213 A 319-320-321 B738, B727-200 MD80-88-90, B734, TU 134
213 A 319-320-321 B738, B727-200 MD80-88-90, TU 134, DC9	214 B747-100-200 SP, A340, 330, MD11, IL86, DC10, B767	215 A 319-320-321 B738, B727-200 MD80-88-90, B734, TU 134
215 BOŞ	216 B747-100-200 400, B777-200, A340,330, MD11 IL 86, B767	217 A 319-320-321 B738, B727-200 MD80-88-90, B734, TU 134
217 A 319-20-21 B738, B727-20 MD80-88-90, B734, TU 134	218 B747-100-200 SP - 400 B777 -200 - 300 A340,330, MD11	

**EK B**

---

**AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİ UÇUŞLARINA AİT BİR ÖRNEK**

BUNLUK UCUS PROGRAMI IST 'DAN DIBER MEYDANLARA

TARİH = 20060722 CUMARTESI. ACL GMT

*Gidıs Gelıs*

UTIP	UREG	ETD	NEREYE	SEFNO	NEREDEN	ETA
32B	JLE	1:45	TZX IST	542	541 TZX	0:45 -110
319	JLN	3:00	GZT IST	680	127	
32P	JLB	4:00	TZX IST	546	104	
734	JEZ	4:00	ADA IST	454	117	
734	JED	4:00	DNZ IST	236	1143 CAI	3:00 -120
738	JFV	4:05	DLM IST	214	101	
734	JEV	4:15	DIY IST	630	1410 KZN	3:10 -121
734	JEN	4:30	MLX IST	734	---	
3P1	JMA	4:45	VIE IST	1883	201	
738	JFU	4:45	AMS IST	1951	1552 HAJ	2:35 -222
738	JFR	4:45	BRU IST	1937	1169 AUH	3:35 -216
313	JCV	4:50	DRV IST	1825	407 AVT	3:20 -209
317	JDB	4:50	MUC IST	4629	451 ADA	3:30 -212
321	JMD	4:50	MAN IST	1993	105 ESB	3:10 -206
738	JFN	4:50	STR IST	1701	1353 ALA	2:40 -221
313	JCY	4:55	ZRH IST	1907	97 ADA	4:00 -210
32P	JLD	5:00	ADB IST	312	1676 CGN	2:35 -110
734	JDH	5:00	ESB KSY ESB MLX ESB IST	108	44	
738	JGP	5:00	SZF IST	570	102	
343	JDM	5:00	IST	8001	---	
313	JCZ	5:05	DUS IST	1523	72	
32M	JME	5:05	BJV IST	286	105	
332	JND	5:05	LHR IST	1979	21 PEK	2:40 -219
738	JFG	5:05	MPX IST	1873	204	
734	JEY	5:10	KYA IST	248	1213 AMM	3:35 -127
738	JGI	5:15	HAM IST	1661	1363 ASB	3:15 -217
320	JPB	5:20	ADA IST	458	4471 ADA	0:45 -108
738	JGK	5:20	VAN IST	806	1173 KWI	3:25 -114
73C	JKD	5:20	KIV IST	1469	44	
32A	JLG	5:25	OTP IST	1443	207 DLM	3:10 -207
738	JGG	5:25	AVT IST	412	1277 THR	3:30 -126
32P	JLI	5:30	ADB IST	314	297 BJV	3:10 -107
734	JDT	5:30	ATH IST	1845	44	
738	JFF	5:30	FRA IST	1587	305 ADB	3:10 -208
738	JGM	5:35	ASR IST	260	1508 NUE	2:45 -2
738	JFD	5:35	OSL IST	1751	1744 SXF	2:20 -214
734	JDY	5:40	KBP IST	1457	1281 TBZ	3:25 -5
734	JER	5:40	SVO IST	1413	44	
738	JGB	5:40	TXL IST	1721	44	
32P	JLC	5:45	BSL IST	1941	1265 ECN	3:35 -215
32S	JLF	5:45	HAI IST	1553	107 ESB	4:15 -220
320	JPA	6:00	ADB IST	316	575 SZF	3:25 -206
734	JEU	6:00	ESB DIY ESB ERZ ESB IST	116	109 ESB	5:00 -101
738	JGJ	6:10	FCD IST	1861	44	
321	JRA	6:30	AVT IST	430	112	
3P1	JMB	6:45	STN IST	1971	44	
738	JFY	7:00	ESB DUS ESB ARN ESB	118	267 ASR	5:10 -111
738	JFL	7:10	MAD IST	1857	1341 GVD	5:45 -221
738	JFT	7:15	TIP IST	1135	409 AVT	5:55 -204
32B	JLE	7:35	ARN IST	1793	543 TZX	6:05 -203
738	JGF	7:35	BVA IST	1777	111 ESB	6:00 -201
313	JDA	7:40	ALG IST	1153	1075 BOM	5:45 -216

**EK C**

---

**AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİ KAPILARINA ATAMA İŞLEMİ  
İÇİN KULLANILAN ÇİZELGE**

ATATÜRK HAVALIMANI BAŞMÜDÜRLÜĞÜ

ECLE-EC

EEA-EEB

Handwritten data on the top grid, including a date '12.05.2011' and various numerical entries.

Handwritten data on the bottom grid, including a date '12.05.2011' and various numerical entries.

HAZİRAN 2011  
MÜHÜRÜ  
KAYITLARI

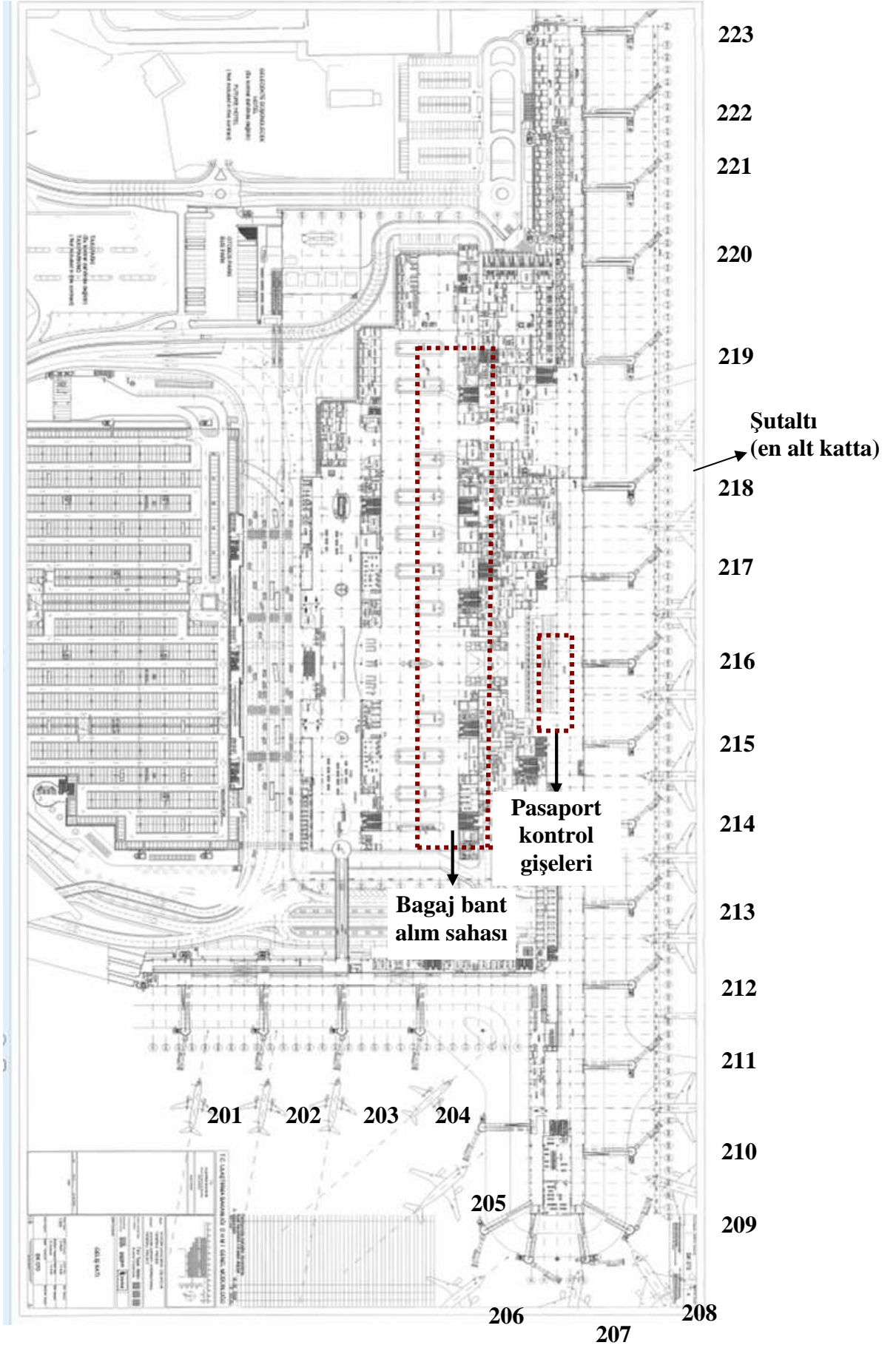
HAZİRAN 2011  
MÜHÜRÜ  
KAYITLARI

**EK D**

---

**AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİ GELİŞ KATI PLANI**





**EK E**

---

**İNCELENEN GÜNLERDE AHL DIŞ HATLAR TERMİNALİNE  
GELEN UÇUŞLAR**

Geliş saati	Geliş aralıkları	Yığılımlı geliş aralıkları	Hizmet alınan kapı	Kapı işgal süresi (dakika)	Uçak tipi	Şirket adı
08 Haz 2008 14:43:00		0	221K	80	B738	THY
08 Haz 2008 14:59:00	16	16	213K	49	B738	Digsir
08 Haz 2008 15:17:00	18	34	220K	60	B738	THY
08 Haz 2008 15:22:00	5	39	211K	43	B735	Digsir
08 Haz 2008 15:24:00	2	41	210K	35	B738	Digsir
08 Haz 2008 15:29:00	5	46	203K	43	B738	Digsir
08 Haz 2008 15:35:00	6	52	214K	103	B738	THY
08 Haz 2008 15:40:00	5	57	207K	104	B738	THY
08 Haz 2008 15:43:00	3	60	apron	120	B738	Digsir
08 Haz 2008 15:46:00	3	63	apron	120	B738	Digsir
08 Haz 2008 15:47:00	1	64	apron	120	B738	Digsir
08 Haz 2008 15:55:00	8	72	222K	54	A321	THY
08 Haz 2008 15:59:00	4	76	206K	71	A321	THY
08 Haz 2008 16:06:00	7	83	202K	36	B738	Digsir
08 Haz 2008 16:10:00	4	87	208K	174	A321	THY
08 Haz 2008 16:16:00	6	93	223K	80	B763	Digsir
08 Haz 2008 16:23:00	7	100	apron	120	B738	THY
08 Haz 2008 16:25:00	2	102	210K	50	B738	Digsir
08 Haz 2008 16:31:00	6	108	215K	51	B738	Digsir
08 Haz 2008 16:34:00	3	111	213K	57	A320	Digsir
08 Haz 2008 16:35:00	1	112	219K	151	A330	THY
08 Haz 2008 16:44:00	9	121	216K	46	A321	Digsir
08 Haz 2008 16:53:00	9	130	209K	75	B738	THY
08 Haz 2008 17:09:00	16	146	apron	120	B738	THY
08 Haz 2008 17:14:00	5	151	apron	120	A320	THY
08 Haz 2008 17:16:00	2	153	211K	81	A320	Digsir
08 Haz 2008 17:23:00	7	160	205K	58	B738	THY
08 Haz 2008 17:28:00	5	165	214K	271	A330	THY
08 Haz 2008 17:32:00	4	169	apron	120	B738	THY
08 Haz 2008 17:33:00	1	170	206K	75	B738	THY
08 Haz 2008 17:36:00	3	173	213K	43	A320	Digsir
08 Haz 2008 17:38:00	2	175	220K	123	A321	THY
08 Haz 2008 17:46:00	8	183	204K	83	A321	Digsir
08 Haz 2008 17:54:00	8	191	apron	120	A321	THY
08 Haz 2008 17:56:00	2	193	203K	114	A320	Digsir

Geliş saati	Geliş aralıkları	Yığılmış geliş aralıkları	Hizmet alınan kapı	Kapı işgal süresi (dakika)	Uçak tipi	Şirket adı
17 Nis 2008 14:58:00		0	209K	89,00	B738	THY
17 Nis 2008 15:13:00	15	15	213K	59,00	A320	Digsir
17 Nis 2008 15:24:00	11	26	205K	67,00	B738	Digsir
17 Nis 2008 15:27:00	3	29	218K	106,00	A320	THY
17 Nis 2008 15:44:00	17	46	222K	69,00	B738	THY
17 Nis 2008 15:49:00	5	51	212K	72,00	B738	THY
17 Nis 2008 15:54:00	5	56	apron	120,00	B763	Digsir
17 Nis 2008 15:55:00	1	57	211K	57,00	A320	Digsir
17 Nis 2008 16:02:00	7	64	apron	120,00	A321	Digsir
17 Nis 2008 16:03:00	1	65	206K	113,00	A320	Digsir
17 Nis 2008 16:05:00	2	67	214K	55,00	A320	Digsir
17 Nis 2008 16:08:00	3	70	apron	120,00	A320	Digsir
17 Nis 2008 16:16:00	8	78	215K	69,00	B738	THY
17 Nis 2008 16:18:00	2	80	201K	54,00	B738	Digsir
17 Nis 2008 16:22:00	4	84	207K	63,00	B735	Digsir
17 Nis 2008 16:25:00	3	87	203K	74,00	A321	Digsir
17 Nis 2008 16:32:00	7	94	220K	128,00	B738	THY
17 Nis 2008 16:36:00	4	98	221K	44,00	A321	Digsir
17 Nis 2008 16:38:00	2	100	219K	49,00	B763	Digsir
17 Nis 2008 16:46:00	8	108	209K	73,00	B738	Digsir
17 Nis 2008 16:48:00	2	110	apron	120,00	B738	Digsir
17 Nis 2008 16:51:00	3	113	apron	120,00	B738	THY
17 Nis 2008 16:53:00	2	115	217K	42,00	A320	Digsir
17 Nis 2008 16:56:00	3	118	213K	108,00	A320	Digsir
17 Nis 2008 17:06:00	10	128	204K	42,00	A321	Digsir
17 Nis 2008 17:10:00	4	132	210K	62,00	B738	Digsir
17 Nis 2008 17:13:00	3	135	211K	48,00	B735	Digsir
17 Nis 2008 17:29:00	16	151	207K	81,00	A320	Digsir
17 Nis 2008 17:32:00	3	154	apron	120,00	A320	THY
17 Nis 2008 17:38:00	6	160	apron	120,00	A320	THY
17 Nis 2008 17:40:00	2	162	221K	72,00	B738	THY
17 Nis 2008 17:49:00	9	171	apron	120,00	B738	THY

Geliş saati	Geliş aralıkları	Yığılımlı geliş aralıkları	Hizmet alınan kapı	Kapı işgal süresi (dakika)	Uçak tipi	Şirket adı
11 May 2008 14:56:00		0	203K	84	A320	Digsir
11 May 2008 14:59:00	3	3	219K	287	B763	Digsir
11 May 2008 15:08:00	9	12	203K	82	A321	Digsir
11 May 2008 15:21:00	13	25	206K	54	B738	THY
11 May 2008 15:29:00	8	33	202K	54	B735	Digsir
11 May 2008 15:32:00	3	36	apron	120	B738	THY
11 May 2008 15:34:00	2	38	apron	120	B738	THY
11 May 2008 15:39:00	5	43	221K	80	B738	THY
11 May 2008 15:42:00	3	46	215K	60	B738	THY
11 May 2008 15:48:00	6	52	208K	104	B738	THY
11 May 2008 15:51:00	3	55	223K	82	A321	THY
11 May 2008 15:53:00	2	57	214K	85	A321	THY
11 May 2008 15:56:00	3	60	207K	71	B752	Digsir
11 May 2008 16:07:00	11	71	apron	120	A313	Digsir
11 May 2008 16:11:00	4	75	apron	120	B738	Digsir
11 May 2008 16:12:00	1	76	205K	59	B738	Digsir
11 May 2008 16:13:00	1	77	209K	143	A313	THY
11 May 2008 16:18:00	5	82	204K	33	B733	Digsir
11 May 2008 16:20:00	2	84	210K	71	B738	THY
11 May 2008 16:26:00	6	90	211K	55	B734	Digsir
11 May 2008 16:27:00	1	91	216K	72	B738	Digsir
11 May 2008 16:34:00	7	98	217K	49	A321	Digsir
11 May 2008 16:36:00	2	100	201K	58	A321	Digsir
11 May 2008 16:38:00	2	102	213K	47	A319	Digsir
11 May 2008 16:55:00	17	119	202K	45	B735	Digsir
11 May 2008 16:59:00	4	123	apron	120	A320	THY
11 May 2008 17:05:00	6	129	apron	120	B738	THY
11 May 2008 17:07:00	2	131	apron	120	B738	THY
11 May 2008 17:11:00	4	135	apron	120	B738	THY
11 May 2008 17:23:00	12	147	204K	49	A321	Digsir
11 May 2008 17:30:00	7	154	208K	98	A343	THY
11 May 2008 17:33:00	3	157	210K	68	B738	THY
11 May 2008 17:35:00	2	159	207K	83	A320	THY
11 May 2008 17:40:00	5	164	212K	71	B738	THY
11 May 2008 17:42:00	2	166	220K	87	A321	THY
11 May 2008 17:46:00	4	170	apron	120	B738	THY

Geliş saati	Geliş aralıkları	Yığılımlı geliş aralıkları	Hizmet alınan kapı	Kapı işgal süresi (dakika)	Uçak tipi	Şirket adı
16 Haz 2008 14:59:00		0	203K	58	A320	Digsir
16 Haz 2008 15:12:00	13	13	205K	69	B738	THY
16 Haz 2008 15:19:00	7	20	217K	86	A321	THY
16 Haz 2008 15:26:00	7	27	220K	165	B738	THY
16 Haz 2008 15:29:00	3	30	212K	82	B738	THY
16 Haz 2008 15:34:00	5	35	apron	120	A321	Digsir
16 Haz 2008 15:47:00	13	48	219K	120	B738	THY
16 Haz 2008 15:52:00	5	53	apron	120	A319	Digsir
16 Haz 2008 15:54:00	2	55	210K	73	A320	Digsir
16 Haz 2008 15:59:00	5	60	209K	134	B738	THY
16 Haz 2008 16:01:00	2	62	apron	120	A320	Digsir
16 Haz 2008 16:06:00	5	67	215K	105	B738	THY
16 Haz 2008 16:10:00	4	71	206K	125	A313	THY
16 Haz 2008 16:12:00	2	73	204K	55	B738	Digsir
16 Haz 2008 16:15:00	3	76	218K	77	A319	Digsir
16 Haz 2008 16:18:00	3	79	208K	46	A321	Digsir
16 Haz 2008 16:23:00	5	84	201K	104	B738	Digsir
16 Haz 2008 16:26:00	3	87	222K	111	A321	THY
16 Haz 2008 16:37:00	11	98	203K	70	A321	Digsir
16 Haz 2008 16:39:00	2	100	202K	72	B735	Digsir
16 Haz 2008 16:42:00	3	103	apron	120	B738	THY
16 Haz 2008 16:48:00	6	109	apron	120	B738	THY
16 Haz 2008 17:02:00	14	123	apron	120	B738	THY
16 Haz 2008 17:09:00	7	130	211K	94	A320	Digsir
16 Haz 2008 17:12:00	3	133	207K	38	A321	Digsir
16 Haz 2008 17:14:00	2	135	214K	77	A343	THY
16 Haz 2008 17:16:00	2	137	apron	120	A320	THY
16 Haz 2008 17:17:00	1	138	204K	106	A321	THY
16 Haz 2008 17:21:00	4	142	205K	182	A321	THY
16 Haz 2008 17:27:00	6	148	221K	86	B738	THY
16 Haz 2008 17:28:00	1	149	213K	115	B738	Digsir
16 Haz 2008 17:32:00	4	153	apron	120	B738	THY
16 Haz 2008 17:35:00	3	156	216K	77	A313	THY
16 Haz 2008 17:37:00	2	158	208K	31	B738	THY
16 Haz 2008 17:38:00	1	159	217K	128	A321	THY
16 Haz 2008 17:42:00	4	163	apron	120	A320	THY
16 Haz 2008 17:45:00	3	166	212K	43	A319	Digsir
16 Haz 2008 17:50:00	5	171	apron	120	B738	Digsir

**AMPİRİK DAĞILIMLA ELDE EDİLEN KAPI İŞGAL  
SÜRELERİNE ÖRNEKLER (DAKİKA)**

THY A320	119	70	100	106	119	69	59	73	95	87
58			87	119	61	124	71	119	78	55
51	80	94			98	89	71			
THY A321	93	87	112	46	78	118	106	85	58	156
151			111	98	82	142	87	75	114	118
157	72	98			126	166	102			
THY A313	153	155	77	93	129	82	75	78	119	155
107			142	131	151	73	68	62	150	115
69	94	74			85	163	88			
THY A343	94	73	90	146	87	125	85	59	115	77
152			119	151	132	186	104	54	169	199
131	186	120			65	187	170			
THY A330	86	149	168	196	81	154	147	105	174	114
105			115	68	84	54	163	107	143	195
119	149	157			148	160	130			
THY B738	66	109	73	107	76	80	60	182	109	111
99			75	131	81	73	81	99	91	147
137	125	169			151	149	118			
THY B734	148	118	123	70	176	76	73	88	78	76
79			99	93	199	79	80	87	88	105
122	125	167			80	104	95			
Diğ. Şir. A31363		110	106	81	90	81	88	83	99	106
65			82	98	119	100	99	97	98	106
88	76	97			69	65	111			

Diğ. Şir. A31946	55	78	56	65	45	66	43	60	124
64		70	64	63	130	92	118	55	125
71 71	76			66	67	70			
Diğ. Şir. A32070	77	58	47	81	68	130	53	109	164
57		42	43	55	53	59	95	68	38
83 60	38			61	43	47			
Diğ. Şir. A32143	63	74	55	70	148	46	72	77	148
61		83	88	56	72	48	36	66	106
49 82	59			63	59	62			
Diğ. Şir. A330105	155	119	105	91	108	123	74	157	125
101		111	160	89	111	98	96	108	111
135 126	94			128	72	108			
Diğ. Şir. B73356	66	46	36	39	103	102	58	41	45
79		78	69	53	53	116	54	84	74
60 110	86			55	66	58			
Diğ. Şir. B73443	35	46	41	71	49	50	55	63	57
75		53	51	48	60	62	56	72	92
61 76	65			93	76	93			
Diğ. Şir. B73541	78	78	47	69	63	76	51	129	93
95		59	79	78	77	79	100	60	77
84 70	75			75	103	95			
Diğ. Şir. B75284	99	87	82	62	113	153	76	56	47
97		116	105	144	105	134	71	74	101
138 96	103			122	94	115			
Diğ. Şir. B73862	62	97	67	57	70	66	61	70	78
60		73	69	91	53	90	52	50	53
33 58	74			57	76	65			
Diğ. Şir. B76379	61	72	55	86	62	173	88	139	73
71		88	182	68	68	168	66	115	173
117 85	75			87	80	78			
Diğ. Şir. B77378	77	81	79	93	90	93	102	98	102
102		89	109	93	87	105	101	96	103
90 100	106			94	102	103			
Diğ. Şir. M82 47	44	49	57	43	60	50	75	52	59
72		64	51	53	84	76	57	79	82
75 71	91			64	79	78			



Diğ. Şir. AB6	114	75	53	97	124	64	70	119	87	100
60			129	74	78	98	133	110	148	103
99	105	117			126	132	136			

**EK G**

---

**RASSAL OLARAK ÜRETİLEN 5 VERİ TAKIMI**

Geliş aralıkları	Yığılımlı geliş aralıkları	Kapı işgal süresi (dakika)	Uçak tipi	Şirket adı
	0	70	A320	digsir
3	3	78	A320	digsir
1	4	46	A319	digsir
1	5	43	A321	digsir
15	20	55	A319	digsir
6	27	114	AB6	digsir
2	29	64	A321	digsir
4	32	78	A319	digsir
0	33	153	A313	THY
1	34	60	A320	digsir
3	37	66	B738	THY
6	43	109	B738	THY
7	50	73	B738	THY
1	51	75	AB6	digsir
4	55	119	A320	THY
1	56	43	B734	digsir
12	67	107	B738	THY
1	68	62	B738	digsir
18	86	50	A320	digsir
1	87	76	B738	THY
1	88	63	B738	digsir
3	91	47	M82	digsir
11	102	35	B734	digsir
9	110	99	B738	digsir
2	112	80	B738	THY
1	113	60	B738	THY
17	130	85	A320	digsir
1	132	73	A320	digsir
0	132	182	A320	THY
5	137	78	B773	digsir
2	139	93	A321	THY
5	145	109	B738	THY
8	153	76	A321	digsir
1	154	70	B738	digsir
2	156	70	A320	THY
6	162	111	B738	THY
3	165	136	A320	digsir
4	169	84	B752	digsir
12	181	99	B738	THY

Geliş aralıkları	Yığılımlı geliş aralıkları	Kapı işgal süresi (dakika)	Uçak tipi	Şirket adı
	0	75	B738	THY
10	10	88	A321	THY
1	11	131	B738	THY
3	14	56	B733	digsir
7	20	46	B734	digsir
1	21	81	B738	THY
14	35	60	A320	digsir
4	39	41	B735	digsir
2	41	86	A330	THY
5	47	73	B738	THY
5	51	81	B738	THY
3	54	149	A330	THY
1	55	99	B738	THY
1	56	114	A321	THY
14	70	79	B763	digsir
6	76	56	A319	digsir
5	81	53	AB6	digsir
1	82	91	B738	THY
4	86	147	B738	THY
7	94	49	A321	THY
3	96	137	B738	THY
4	100	78	B735	digsir
1	101	61	B738	digsir
0	101	125	B738	THY
1	102	58	A321	digsir
2	104	66	B733	digsir
2	105	46	B733	digsir
1	106	102	A320	THY
14	120	169	B738	THY
6	125	151	B738	THY
28	153	149	B738	THY
1	154	73	A343	THY
3	157	117	A320	digsir
5	162	82	A321	THY
8	170	118	B738	THY
3	173	123	A321	THY
6	179	120	B738	THY

Geliş aralıkları	Yığılımlı geliş aralıkları	Kapı işgal süresi (dakika)	Uçak tipi	Şirket adı
	0	90	A343	THY
17	17	146	A343	THY
0	17	36	B733	digsir
2	18	45	A319	digsir
0	19	46	B734	digsir
3	22	47	B735	digsir
7	29	52	A321	digsir
7	36	61	B763	digsir
1	38	63	A313	digsir
0	38	65	A319	digsir
5	43	66	A321	THY
1	44	67	A320	digsir
11	55	74	A321	digsir
3	58	75	B738	digsir
4	62	78	B735	digsir
2	64	79	A321	digsir
7	71	85	A321	digsir
12	83	87	A343	THY
4	87	87	B752	digsir
2	89	92	A321	THY
10	99	97	AB6	digsir
4	103	108	A320	THY
2	106	112	A321	THY
1	107	113	B738	THY
6	112	114	B738	THY
5	117	114	B738	THY
1	118	115	B738	THY
2	120	132	B738	THY
7	127	133	B738	THY
1	128	135	B738	THY
6	134	147	B738	THY
7	141	152	B738	THY
26	167	153	A321	digsir
5	172	157	A321	digsir
4	176	159	B738	THY
6	182	161	A321	THY

Geliş aralıkları	Yığılımlı geliş aralıkları	Kapı işgal süresi (dakika)	Uçak tipi	Şirket adı
	0	122	A321	THY
19	19	152	B738	THY
15	34	110	A321	THY
10	44	41	B734	digsir
1	45	53	A320	digsir
4	49	71	A321	digsir
3	51	156	A313	THY
4	55	95	A321	THY
14	69	114	B738	THY
1	69	94	A321	digsir
6	76	100	A321	digsir
7	82	156	A321	THY
3	85	72	B738	digsir
4	89	132	B738	THY
5	94	196	A330	THY
2	96	113	B738	THY
0	96	69	A321	digsir
2	99	72	B763	digsir
6	105	102	A321	THY
8	113	91	A321	THY
4	117	114	B738	THY
18	136	147	B738	THY
1	136	86	A321	digsir
3	139	71	B734	digsir
8	147	63	A321	digsir
3	150	184	B738	THY
15	165	131	A321	THY
1	166	125	A343	THY
4	170	136	A321	THY
3	173	52	A321	digsir
3	176	55	B763	digsir
2	178	176	A321	THY

<b>Geliş aralıkları</b>	<b>Yığılmış geliş aralıkları</b>	<b>Kapı işgal süresi (dakika)</b>	<b>Uçak tipi</b>	<b>Şirket adı</b>
	0	197	B738	THY
1	1	63	B735	digsir
3	4	66	A319	digsir
5	10	43	A319	digsir
8	17	67	A320	digsir
3	20	74	A320	digsir
6	27	108	A320	THY
14	40	121	A320	THY
13	53	68	A321	digsir
14	66	102	A321	digsir
5	71	80	A321	digsir
11	81	119	A321	THY
4	86	148	A321	THY
1	86	81	A330	THY
5	91	85	A343	THY
11	102	59	A343	THY
3	105	124	AB6	digsir
1	106	64	AB6	digsir
5	111	39	B733	digsir
16	127	103	B733	digsir
10	137	102	B733	digsir
13	150	49	B734	digsir
2	152	63	B735	digsir
4	156	68	B738	digsir
2	158	78	B738	digsir
2	160	87	B738	digsir
3	162	70	B738	digsir
2	165	133	B738	THY
1	165	139	B738	THY
2	167	193	B738	THY
1	168	133	B738	THY
4	172	116	B738	THY
10	182	135	B738	THY

## MODELİN SAYISAL ÇÖZÜMÜ İÇİN BİR ÖRNEK

03 Nisan 2008 günü 15:00-18:00 saatleri arasında gerçekleşen 37 adet geliş u1'den u37'ye, dış hatlar terminalindeki kapılar da 201'den 224'e kadar (açık park alanına 224 numarası verilmiştir) Sets başlığı altında numaralandırılmıştır. Burada, amaç ve kısıt fonksiyonları yazılırken 2 farklı uçak kullanılabileceğinden uçaklar u ve u2 olarak kodlanmıştır.

Kapılara ait bagaj ve yolcu iletim süreleri, uçakların tiplerine bağlı olarak yolcu sayıları, uçakların geliş aralıkları, hizmet süreleri ve tipleri Parameters başlığı altında ifade edilmiştir.

Uçakların kapılara atanması (atama) bir değişken olarak tanımlanmıştır (Variables başlığı altında).

Ayrıca, kısıt fonksiyonları ile amaç fonksiyonu da Equations başlığı altında ifade edilmiştir. Amaç fonksiyonu "cost" olarak tanımlanmış, daha sonra "cost..  $m = e = \text{sum}((u,k), \text{atama}(u,k) * \text{mesafeler}(k) * \text{yolcular}(u))$ " ifadesi ile belirtilmiştir. Kısıt fonksiyonları için örnek verilecek olursa, A313 tipindeki bir uçağın hizmet alabileceği kapılar tanımlanırken " $\text{ucakkapi\_a313}(u) \$(\text{ucaktipi}(u)=A313).. \text{atama}(u,'201') + \text{atama}(u,'202') + \text{atama}(u,'203') + \text{atama}(u,'204') = e = 0$ " ifadesi yazılmıştır. Buna göre A313 tipinde bir uçağın 201, 202, 203 ve 204 numaralı kapıya atanmasına, atama değerinin 0 olması sağlanarak izin verilmemektedir.

**Sets** u uçaklar /u1\*u37/  
k kapılar /201\*224/ ;

alias(u,u2);

acronyms A313, A319, A320, A321, A330, A343, AB6, B733, B734, B735, B737, B738, B752, B762, B763, B773, M82;

**Parameters** mesafeler(k) kapi bagaj mesafeleri /  
201 18.48230722, 202 18.48746485, 203 18.49305258,  
204 18.49886698, 205 18.51594173, 206 18.5249213,  
207 18.52791844, 208 19.81912363, 209 17.05976688,  
210 17.02133925, 211 16.96018251, 212 19.57705174,  
213 16.82965395, 214 19.42505199, 215 16.67107792,  
216 18.85978982, 217 16.46580849, 218 18.85593841,



219 19.27626819,220 16.63129515,221 16.71222981,  
222 16.78570075,223 20.33549373,224 30/

*yolcsure(k) kapi yolcu sureleri /*  
201 13.08,202 12.44,203 11.80,204 11.16,205 11.27,  
206 11.91,207 11.85,208 13.44,209 11.64,210 11.21,  
211 10.47,212 13.02,213 9.08,214 10.24,215 7.69,  
216 7.80,217 7.75,218 11.08,219 12.34,220 10.45,  
221 11.09,222 11.73,223 15.67,224 16/

*yolcular(u) ucak yolcu sayilari /*  
u1 146,u2 165,u3 150,u4 165,u5 165,u6 165,u7 165,  
u8 150,u9 165,u10 165,u11 165,u12 165,u13 185,u14 110,  
u15 216,u16 150,u17 150,u18 185,u19 150,u20 150,u21 185,  
u22 185,u23 150,u24 150,u25 165,u26 165,u27 165,u28 295,  
u29 165,u30 165,u31 165,u32 110,u33 165,u34 185,u35 165,  
u36 165,u37 165/

*varis(u) ucak varis /*  
u1 0,u2 15,u3 19,u4 22,u5 34,u6 38,u7 50,  
u8 56,u9 59,u10 61,u11 63,u12 71,u13 73,u14 76,  
u15 85,u16 90,u17 102,u18 105,u19 111,u20 114,u21 116,  
u22 118,u23 121,u24 125,u25 130,u26 132,u27 132,u28 136,  
u29 138,u30 141,u31 143,u32 149,u33 154,u34 156,u35 159,  
u36 164,u37 169/

*sure(u) ucak hizmet suresi /*  
u1 57,u2 138,u3 68,u4 67,u5 71,u6 49,u7 75,u8 43,  
u9 120,u10 62,u11 103,u12 75,u13 70,u14 71,u15 66,u16 81,  
u17 46,u18 41,u19 202,u20 94,u21 58,u22 46,u23 58,u24 56,  
u25 63,u26 92,u27 100,u28 374,u29 110,u30 100,u31 109,  
u32 100,u33 100,u34 70,u35 62,u36 116,u37 100/

*ucaktipi(u) ucak tipleri /*  
u1 B734,u2 B738,u3 A320,u4 B738,u5 B738,u6 B738,u7 B738,  
u8 A320,u9 B738,u10 B738,u11 B738,u12 B738,u13 A321,  
u14 B735,u15 B763,u16 A320,u17 A320,u18 A321,u19 A320,  
u20 A320,u21 A321,u22 A321,u23 A320,u24 A320,u25 B738,  
u26 B738,u27 B738,u28 A343,u29 B738,u30 B738,u31 B738,  
u32 B738,u33 B738,u34 A321,u35 B738,u36 B738,u37 B738/;

**variables**  *atama(u,k) ucak - kapi atamasi*

*m amac fonksiyonu*

*y yolcu sure*

*toplamyolcu;*

*toplamyolcu.l = sum(u,yolcular(u));*

*Binary variable atama;*

### **Equations**

*cost*

*ys*

*a(u)*

*cakisma(u,u2,k)*  
*ucakkapi\_a313(u)*  
*ucakkapi\_a319(u)*  
*ucakkapi\_a320(u)*  
*ucakkapi\_a321(u)*  
*ucakkapi\_a330(u)*  
*ucakkapi\_a343(u)*  
*ucakkapi\_ab6(u)*  
*ucakkapi\_b752(u)*  
*ucakkapi\_b763(u)*  
*ucakkapi\_b773(u)*  
*ucakkapi\_m82(u)*,  
*buyukucak(u, u2);*

*cost.. m = e = sum((u,k), atama(u,k)\*mesafeler(k)\*yolcular(u));*  
*ys.. y = e = sum((u,k), atama(u,k)\*yolcusure(k)\*yolcular(u));*  
*a(u).. sum(k, atama(u,k)) = e = 1;*

*cakisma(u,u2,k)\$(varis(u) + sure(u) + 15 > varis(u2) and varis(u) < varis(u2) and ord(k) < 24).. atama(u,k) + atama(u2,k) = l = 1;*

*ucakkapi\_a313(u)\$(ucaktipi(u)=A313).. atama(u,'201') + atama(u,'202') + atama(u,'203') + atama(u,'204') = e = 0;*

*ucakkapi\_a319(u)\$(ucaktipi(u)=A319).. atama(u,'202') = e = 0;*

*ucakkapi\_a320(u)\$(ucaktipi(u)=A320).. atama(u,'202') = e = 0;*

*ucakkapi\_a321(u)\$(ucaktipi(u)=A321).. atama(u,'202') = e = 0;*

*ucakkapi\_a330(u)\$(ucaktipi(u)=A330).. atama(u,'201') + atama(u,'202') + atama(u,'203') + atama(u,'204') + atama(u,'205') + atama(u,'206') + atama(u,'207') + atama(u,'209') + atama(u,'210') + atama(u,'211') + atama(u,'213') + atama(u,'215') + atama(u,'217') + atama(u,'220') + atama(u,'221') + atama(u,'222') = e = 0;*

*ucakkapi\_a343(u)\$(ucaktipi(u)=A343).. atama(u,'201') + atama(u,'202') + atama(u,'203') + atama(u,'204') + atama(u,'205') + atama(u,'206') + atama(u,'207') + atama(u,'209') + atama(u,'210') + atama(u,'211') + atama(u,'213') + atama(u,'215') + atama(u,'217') + atama(u,'220') + atama(u,'221') + atama(u,'222') = e = 0;*

*ucakkapi\_ab6(u)\$(ucaktipi(u)=AB6).. atama(u,'201') + atama(u,'202') + atama(u,'203') + atama(u,'204') + atama(u,'205') + atama(u,'206') + atama(u,'211') = e = 0;*

*ucakkapi\_b752(u)\$(ucaktipi(u)=B752).. atama(u,'202') + atama(u,'203') + atama(u,'204') + atama(u,'211') + atama(u,'213') = e = 0;*

*ucakkapi\_b763(u)\$(ucaktipi(u)=B763).. atama(u,'201') + atama(u,'202') + atama(u,'203') + atama(u,'204') + atama(u,'205') + atama(u,'206') + atama(u,'207') + atama(u,'209') + atama(u,'210') + atama(u,'211') + atama(u,'213') + atama(u,'215') + atama(u,'217') + atama(u,'220') + atama(u,'221') + atama(u,'222') = e = 0;*

*ucakkapi\_b773(u)\$(ucaktipi(u)=B773).. atama(u,'201') + atama(u,'202') + atama(u,'203') + atama(u,'204') + atama(u,'205') + atama(u,'206') + atama(u,'207') + atama(u,'209') + atama(u,'210') + atama(u,'211') + atama(u,'212') + atama(u,'213') + atama(u,'214') + atama(u,'215') + atama(u,'216') + atama(u,'217') + atama(u,'220') + atama(u,'221') + atama(u,'222') = e = 0;*

*ucakkapi\_m82(u)\$(ucaktipi(u)=M82).. atama(u,'203') + atama(u,'214') + atama(u,'217') + atama(u,'219') + atama(u,'220') + atama(u,'221') = e = 0;*

*buyukucak(u,u2)\$(ucaktipi(u)=A330 or ucaktipi(u)=A343 or ucaktipi(u)=B763 or ucaktipi(u)=B773) and varis(u2) > varis(u) and varis(u)+sure(u) < varis(u2).. atama(u2,'215') + atama(u,'216') = l = 1;*

```
Model kapiatama /all/;  
Solve kapiatama using mip minimizing m;  
display atama.l;  
scalar obs;  
obs = m.l / toplamyolcu.l;  
display obs;  
scalar oys;  
oys = y.l / toplamyolcu.l;  
display oys;
```

---

**MODELİN SAYISAL ÇÖZÜMÜ İÇİN GAMS SONUÇ RAPORUNA  
AİT BİR ÖRNEK**

GAMS Rev 141 Intel /MS Window 04/17/11 00:01:26 Page 2  
General Algebraic Modeling System  
Equation Listing SOLVE kapiatama Using MIP From line 67

GAMS Rev 141 Intel /MS Window 04/17/11 00:01:26 Page 4  
General Algebraic Modeling System  
Model Statistics SOLVE kapiatama Using MIP From line 67

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS 16 SINGLE EQUATIONS 11904  
BLOCKS OF VARIABLES 3 SINGLE VARIABLES 890  
NON ZERO ELEMENTS 26411 DISCRETE VARIABLES 888

GENERATION TIME = 0.109 SECONDS 6.0 Mb WIN216-141 Jan 24, 2005

EXECUTION TIME = 0.109 SECONDS 6.0 Mb WIN216-141 Jan 24, 2005  
GAMS Rev 141 Intel /MS Window 04/17/11 00:01:26 Page 5  
General Algebraic Modeling System  
Solution Report SOLVE kapiatama Using MIP From line 67

S O L V E S U M M A R Y

MODEL kapiatama OBJECTIVE m  
TYPE MIP DIRECTION MINIMIZE  
SOLVER CPLEX FROM LINE 67

\*\*\*\* SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION  
\*\*\*\* MODEL STATUS 1 OPTIMAL  
\*\*\*\* OBJECTIVE VALUE 111003.2545



	213	214	215	216	217	218
+						
u4				1.000		
u5			1.000			
u8	1.000					
u15				1.000		
u16		1.000				
u18					1.000	
u21	1.000					
u26			1.000			
u27			1.000			
u28						1.000
u36				1.000		

	219	220	221	222	223	224
+						
u1		1.000				
u6			1.000			
u10				1.000		
u13		1.000				
u14						1.000
u17			1.000			
u23					1.000	
u24	1.000					
u32						1.000
u34				1.000		
u35		1.000				
u37			1.000			

---- 74 PARAMETER ybm = 18.088

---- 79 PARAMETER ybs = 10.842

EXECUTION TIME = 0.062 SECONDS 3.4 Mb WIN216-141 Jan 24, 2005

USER: Centre Versailles - Grigon S021106:1507AB-WIN  
 I.N.R.A. DC2726  
 License for teaching and research at degree granting institutions

GAMS Rev 141 Copyright (C) 1987-2005 GAMS Development. All rights reserved  
Licensee: Centre Versailles - Grigon S021106:1507AB-WIN  
I.N.R.A. DC2726  
License for teaching and research at degree granting institutions

--- Starting compilation  
--- ger1\_1.gms(79) 3 Mb  
--- Starting execution  
--- ger1\_1.gms(20) 4 Mb  
--- Generating model kapiatama  
--- ger1\_1.gms(67) 6 Mb  
--- 11904 rows, 890 columns, and 26411 non-zeroes.  
--- Executing CPLEX

GAMS/Cplex Jan 26, 2005 WIN.CP.CP 21.6 027.030.041.VIS For Cplex 9.0  
Cplex 9.0.2, GAMS Link 26  
Cplex licensed for 5 uses of lp, mip and barrier.

Reading data...  
Starting Cplex...  
Tried aggregator 1 time.  
MIP Presolve eliminated 11480 rows and 47 columns.  
MIP Presolve modified 387 coefficients.  
Reduced MIP has 424 rows, 843 columns, and 8135 nonzeros.  
Presolve time = 0.05 sec.  
Clique table members: 424  
MIP emphasis: balance optimality and feasibility

Iteration log . . .  
Iteration: 1 Dual objective = 2404.008040  
Iteration: 70 Dual objective = 65840.210575  
Iteration: 134 Dual objective = 92184.456850  
Iteration: 213 Dual objective = 107015.521586  
Iteration: 285 Dual objective = 108138.419514  
Iteration: 366 Dual objective = 109064.994337  
Root relaxation solution time = 0.02 sec.  
Fixing integer variables, and solving final LP...  
Tried aggregator 1 time.  
DUAL formed by presolve  
LP Presolve eliminated 11904 rows and 890 columns.  
All rows and columns eliminated.  
Presolve time = 0.00 sec.

Proven optimal solution.

MIP Solution: 111003.254496 (409 iterations, 0 nodes)  
Final Solve: 111003.254496 (0 iterations)

Best possible: 111003.254496  
Absolute gap: 0.000000

Relative gap: 0.000000

--- Restarting execution  
--- ger1\_1.gms(67) 0 Mb  
--- Reading solution for model kapiatama  
--- ger1\_1.gms(67) 3 Mb  
--- Executing after solve  
--- ger1\_1.gms(79) 3 Mb  
\*\*\* Status: Normal completion



## MODELİN KURAL TABANLI ÇÖZÜMÜ İÇİN KULLANILAN VBA MODÜLÜ

Gelen uçaklara ait bilgiler Excel dosyalarından (örneğin, Çizelge 4.2’de verilen 3 Nisan 2008 gününe ait veriler) okunmaktadır. Buna göre Arena modelinde kullanılan VBA modülü gelen uçaklara ait geliş zamanı, kapı işgal süresi, uçak tipi ve şirket tipi bilgilerini bu dosyalardan alır. Uçakların yolcu yani bagaj sayılarına göre sıralanması işleminin gerçekleştirildiği bölüm aşağıdadır. Burada, çözüm algoritmasının 1. adımı gerçekleştirilmektedir.

```
Set oapp = New Excel.Application
Set oworkbook = oapp.Workbooks.Open("C:\trchl durum_tum kapilar")
Set oSheet = oworkbook.Worksheets("Sheet3")
oSheet.Select
oSheet.Range("A2:K41").Select
With oSheet
.Range("A2:K41").Sort _
Key1:=.Range("J2:J41"), Order1:=xlDescending, Header:=xlGuess
End With
```

Dosyalardan uçak tipi, hizmete başlangıç saati, hizmet alma süresi (kapı işgal süresi) bilgilerinin okunması işlemi VBA modülünün aşağıda belirtilen kısmında gerçekleşmektedir. Bu kısımda atanma işlemi esnasında dikkate alınması gereken kapı-uçak uygunluğu, kapıların kullanım kısıtları (geniş gövdeli bir uçağın atandığı kapının iki yanına dar gövdeli uçak atanması kısıtı), aynı kapıya atanan uçaklar arasında 15 dakikalık tampon süre bırakılması gibi kısıtlar kontrol edilir ve tüm şartlar sağlanıyorsa uçak kapıya atanır. Eğer, sözkonusu kısıtların herhangi biri uçağın kapıya atanmasına engel teşkil ediyorsa, uygun olan bir sonraki kapı denenir. Bu işlem sonunda uygun bir kapı bulunmazsa uçak açık park alanına yönlendirilir. Bu işlemlerin gerçekleştirildiği VBA modülü bölümü de aşağıda belirtilmiştir.

```
For i = 2 To 41
utipi = oSheet.Range("G" & i).value
baslangic = oSheet.Range("D" & i).value
sure = oSheet.Range("F" & i).value
atandi = False
For Each kcell In oworkbook.Worksheets("Sheet4").Range("A2:A25")
kapi = kcell.value
If (bos(kapi, baslangic, sure + 15)) And uygun(utipi, kapi) And
```

```

    tahditkontrol(utipi, kapi, baslangic, sure + 15) Then
    Call doldur(kapi, baslangic, sure + 15, utipi)
    oSheet.Range("K" & i).value = Trim(Str(kapi))
    atandi = True
    Exit For
End If

Next
If Not (atandi) Then
    oSheet.Range("K" & i).value = ""
End If
Next
With oSheet
    .Range("A2:K41").Sort    Key1:=.Range("A2:A41"),    Order1:=xlAscending,
Header:=xlGuess
End With
oWorkbook.Save
oWorkbook.Close
End Sub

```

Kapıların kullanım kısıtlarının belirtildiği bölüm aşağıdadır. Buna göre, gelen uçakların hizmet alabileceği kapılar da aynı Excel dosyasının farklı bir sayfasında bulunan ve EK 1'de verilen çizelge yardımıyla oluşturulmuş sayfadan okunur. Matematiksel model dahilinde ifade edilen kısıtlardan 4.7 ve 4.8 no'lu kısıtlar bu bölümde ifade edilmektedir.

```

Function tahditkontrol(ucak, kapi, baslangic, sure)
    tahditkontrol = True
    genisucak = "A330,A343,B763,B773"
    If InStr(genisucak, ucak) = 0 Then 'kontrol edilen ucak dar, kontrole gerek yok
        Exit Function
    End If
    kapideger = kapi - 201
    For i = baslangic To baslangic + sure - 1
        If kapi >= 212 And kapi <= 218 Then 'onceki kapi
            oncekiucak = kapidurum(kapideger - 1, i)
            If kapi = 216 and Not IsEmpty(oncekiucak) then '216 ozel durum
                tahditkontrol = False
                Exit Function
            ElseIf Not IsEmpty(oncekiucak) And InStr(genisucak, oncekiucak) > 0 Then
                tahditkontrol = False
                Exit Function
            End If
        End If
        If kapi >= 211 And kapi <= 217 Then 'sonraki kapi
            sonrakiucak = kapidurum(kapideger + 1, i)
            If Not IsEmpty(sonrakiucak) And InStr(genisucak, sonrakiucak) > 0 Then
                tahditkontrol = False
                Exit Function
            End If
        End If
    Next
End Function

```

*End Function*

Uçağın geliş saati, alması beklenen hizmet süresi ve kapıyı terketme saatlerine bağlı olarak kapıların hangilerinin uygun olup olmadığının kontrol edildiği bölüm aşağıda belirtilmiştir. Kapı işgal süreleri yine Excel dosyasından okunmaktadır (Çizelge 4.2).

*Function bos(kapi, baslangic, sure)*

*kapideger = kapi - 201*

*For i = baslangic To baslangic + sure - 1*

*If Not (IsEmpty(kapidurum(kapideger, i))) Then*

*bos = False*

*Exit Function*

*End If*

*Next*

*bos = True*

*End Function*

Çözüm algortimasının 2. ve 3. adımına göre uçaklar bagaj sayılarına göre sıralandıktan sonra en kalabalık uçağın en kısa bagaj iletim mesafesine sahip kapıya atanması için uygun olan kapıların bagaj iletim mesafelerinin okunması işlemi yine Excel tablosundan sağlanmaktadır. Bunun için Çizelge 3.26'da verilen iletim süreleri en küçükten büyüğe doğru sıralanmış kapılar içinden en kısa mesafeye sahip olan ve sözkonusu saatler dahilinde uygun kapı seçilir.

*Function uygun(ucak, kapi)*

*kapilitesi = oapp.Lookup(ucak, oapp.Worksheets("Sheet2"). Range("A1:A15"),*  
*Worksheets("Sheet2").Range("C1:C15"))*

*If InStr(kapilitesi, kapi) > 0 Then*

*uygun = True*

*Else*

*uygun = False*

*End If*

*End Function*

---

**KURAL TABANLI ÇÖZÜME AİT RAPOR ÖRNEĞİ**

Replications: 1 Time Units: Minutes

***Kapıların meşgul olduğu süre***

201K	180.00
202K	128.00
203K	94.00
204K	46.00
205K	41.00
206K	105.00
207K	81.00
208K	58.00
209K	191.00
210K	137.00
211K	46.00
212K	103.00
213K	138.00
214K	58.00
215K	109.00
216K	62.00
217K	187.00
218K	43.00
219K	0.00
220K	63.00
221K	202.00
222K	163.00
223K	66.00
apron	840.00

***Uçakların hizmet aldığı süre***

A320digsir	202.00
A321digsir	70.00
A321THY	120.00
B734digsir	57.00
B735digsir	71.00

B738digsir	120.00
B738THY	138.00
B763digsir	66.00
B773digsir	120.00

***Sisteme giren eleman sayısı***

A320digsir	2408.00
A321digsir	1484.00
A321THY	371.00
A343THY	591.00
B734digsir	293.00
B735digsir	221.00
B738digsir	1324.00
B738THY	4965.00
B763digsir	433.00
bagaj201	350.00
bagaj202	256.00
bagaj203	150.00
bagaj204	185.00
bagaj205	185.00
bagaj206	315.00
bagaj207	150.00
bagaj208	150.00
bagaj209	330.00
bagaj210	330.00
bagaj211	150.00
bagaj212	165.00
bagaj213	165.00
bagaj214	185.00
bagaj215	165.00
bagaj216	165.00
bagaj217	330.00
bagaj218	150.00
bagaj219	295.00
bagaj220	165.00
bagaj221	150.00
bagaj222	330.00
bagaj223	216.00
gelen ucak	38.0000
yolcu201	350.00
yolcu202	256.00
yolcu203	150.00
yolcu204	185.00
yolcu205	185.00
yolcu206	315.00
yolcu207	150.00
yolcu208	150.00
yolcu209	330.00
yolcu210	330.00
yolcu211	150.00
yolcu212	165.00

yolcu213	165.00
yolcu214	185.00
yolcu215	165.00
yolcu216	165.00
yolcu217	330.00
yolcu218	150.00
yolcu219	295.00
yolcu220	165.00
yolcu221	150.00
yolcu222	330.00
yolcu223	216.00

***Sistemden çıkan eleman sayısı***

A320digsir	2408.00
A321digsir	1484.00
A321THY	371.00
A343THY	591.00
B734digsir	293.00
B735digsir	221.00
B738digsir	1324.00
B738THY	4965.00
B763digsir	433.00
bagaj201	350.00
bagaj202	256.00
bagaj203	150.00
bagaj204	185.00
bagaj205	185.00
bagaj206	315.00
bagaj207	150.00
bagaj208	150.00
bagaj209	330.00
bagaj210	330.00
bagaj211	150.00
bagaj212	165.00
bagaj213	165.00
bagaj214	185.00
bagaj215	165.00
bagaj216	165.00
bagaj217	330.00
bagaj218	150.00
bagaj219	295.00
bagaj220	165.00
bagaj221	150.00
bagaj222	330.00
bagaj223	216.00
gelen ucak	38.0000
yolcu201	350.00
yolcu202	256.00
yolcu203	150.00

yolcu204	185.00
yolcu205	185.00
yolcu206	315.00
yolcu207	150.00
yolcu208	150.00
yolcu209	330.00
yolcu210	330.00
yolcu211	150.00
yolcu212	165.00
yolcu213	165.00
yolcu214	185.00
yolcu215	165.00
yolcu216	165.00
yolcu217	330.00
yolcu218	150.00
yolcu219	295.00
yolcu220	165.00
yolcu221	150.00
yolcu222	330.00
yolcu223	216.00

***Sisteme giren toplam bagaj ve yolcu sayıları***

bagaj iletim islemi 6137.00

pasaport kontrol islemi 6137.00

***Sistemden çıkan toplam bagaj ve yolcu sayıları***

bagaj iletim islemi 6137.00

pasaport kontrol islemi 6137.00

***Kuyrukta bekleme süreleri***

Minimum	Maximum
201 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
202 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
203 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
204 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
205 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
206 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
207 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
208 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
209 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
210 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
211 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
212 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
213 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
214 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
215 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
216 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
217 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
218 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
219 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00
220 nolu kapi hizmet.Queue	0.00 0.00

221 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
222 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
223 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
apronda hizmete basla.Queue	0.00	0.00

***Kuyrukta bekleyen eleman sayısı***

Minimum	Maksimum	
201 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
202 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
203 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
204 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
205 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
206 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
207 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
208 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
209 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
210 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
211 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
212 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
213 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
214 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
215 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
216 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
217 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
218 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
219 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
220 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
221 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
222 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
223 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
apronda hizmete basla.Queue	0.00	0.00
gelen ucagi hizmete al.Queue	0.00	0.00
pasaport kontrol islemi.Queue	0.00	0.00

***Kapuların anlık kullanımı***

201 nolu kapi	0.3600
202 nolu kapi	0.2560
203 nolu kapi	0.1880
204 nolu kapi	0.0920
205 nolu kapi	0.0820
206 nolu kapi	0.2100
207 nolu kapi	0.1620
208 nolu kapi	0.1160
209 nolu kapi	0.3820
210 nolu kapi	0.2740
211 nolu kapi	0.0920
212 nolu kapi	0.2060
213 nolu kapi	0.2760
214 nolu kapi	0.1160
215 nolu kapi	0.2180



216 nolu kapi 0.1240  
217 nolu kapi 0.3740  
218 nolu kapi 0.0860  
219 nolu kapi 0.7200  
220 nolu kapi 0.1260  
221 nolu kapi 0.4040  
222 nolu kapi 0.3260  
223 nolu kapi 0.1320

***Kapuların çizelgelenmiş kullanımı***

201 nolu kapi 0.3600  
202 nolu kapi 0.2560  
203 nolu kapi 0.1880  
204 nolu kapi 0.0920  
205 nolu kapi 0.0820  
206 nolu kapi 0.2100  
207 nolu kapi 0.1620  
208 nolu kapi 0.1160  
209 nolu kapi 0.3820  
210 nolu kapi 0.2740  
211 nolu kapi 0.0920  
212 nolu kapi 0.2060  
213 nolu kapi 0.2760  
214 nolu kapi 0.1160  
215 nolu kapi 0.2180  
216 nolu kapi 0.1240  
217 nolu kapi 0.3740  
218 nolu kapi 0.0860  
219 nolu kapi 0.7200  
220 nolu kapi 0.1260  
221 nolu kapi 0.4040  
222 nolu kapi 0.3260  
223 nolu kapi 0.1320

**Kapılarda hizmet alan uçak sayısı**

201 nolu kapi 2.0000  
202 nolu kapi 2.0000  
203 nolu kapi 1.0000  
204 nolu kapi 1.0000  
205 nolu kapi 1.0000  
206 nolu kapi 2.0000  
207 nolu kapi 1.0000  
208 nolu kapi 1.0000  
209 nolu kapi 2.0000  
210 nolu kapi 2.0000  
211 nolu kapi 1.0000  
212 nolu kapi 1.0000  
213 nolu kapi 1.0000  
214 nolu kapi 1.0000  
215 nolu kapi 1.0000  
216 nolu kapi 1.0000

217 nolu kapi 2.0000  
218 nolu kapi 1.0000  
219 nolu kapi 1.0000  
220 nolu kapi 1.0000  
221 nolu kapi 1.0000  
222 nolu kapi 2.0000  
223 nolu kapi 1.0000

***Kullanıcı tarafından tanımlanan parametreler***

Bagajların kapılardan sutaletina  
toplam iletim suresi 123951.28

Bagajların sutalti bant arasi  
toplam iletim suresi 18411.00  
Yolcuların kapılardan bantlara  
toplam yurume suresi 74618.26  
Yolcuların pasaport kontrolunde  
harcadigi toplam sure 30685.00  
acik park alanina gonderilen 7.0000  
Bagaj bantlarına iletilen bagaj 6137.00  
sayisi  
havaalanından cikan yolcuların 6137.00  
top sayisi  
Pasaport kontrolunden cikan 6137.00  
yolcu sayisi

Kuyrukta bekleme süreleri  
Minimum Maximum  
201 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
202 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
203 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
204 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
205 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
206 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
207 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
208 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
209 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
210 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
211 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
212 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
213 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
214 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
215 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
216 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
217 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
218 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
219 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
220 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
221 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00  
222 nolu kapi hizmet.Queue 0.00 0.00

223 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
apronda hizmete basla.Queue	0.00	0.00

Kuyrukta bekleyen eleman sayısı

Minimum Maksimum

201 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
202 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
203 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
204 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
205 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
206 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
207 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
208 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
209 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
210 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
211 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
212 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
213 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
214 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
215 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
216 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
217 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
218 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
219 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
220 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
221 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
222 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
223 nolu kapi hizmet.Queue	0.00	0.00
apronda hizmete basla.Queue	0.00	0.00
gelen ucagi hizmete al.Queue	0.00	0.00
pasaport kontrol islemi.Queue	0.00	0.00

Kullanıcı tarafından tanımlanan parametreler

Bagajların kapılardan sultaltına

toplam iletim suresi 123951.28

Bagajların sultalti bant arası

toplam iletim suresi 18411.00

Yolcuların kapılardan bantlara

toplam yurume suresi 74618.26

Yolcuların pasaport kontrolünde

harcadığı toplam süre 30685.00

acik park alanına gönderilen 7.0000

Bagaj bantlarına iletilen bagaj 6137.00

sayısı

havaalanından çıkan yolcuların 6137.00

top sayısı

Pasaport kontrolünden çıkan 6137.00

yolcu sayısı

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı:** Güzin AKYILDIZ ALÇURA  
**Doğum Tarihi ve Yeri:** 05.03.1976-Ergani  
**Yabancı Dili:** İngilizce  
**E-posta:** akyildiz@yildiz.edu.tr

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Ulaştırma	Yıldız Teknik Üniversitesi	2003
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	1999
Lise		Antalya Anadolu Lisesi	1994

### İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2000-Devam ediyor	YTÜ İnşaat Müh. Bölümü	Araş. Gör.

### YAYINLARI

#### Makale

1. Şahin, İ. and G. Akyıldız (2005) Bosphorus Bridge Toll Plaza in Istanbul, Turkey: Upstream and Downstream Traffic Features. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1910, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 99–107.

#### Bildiri

1. Şahin, İ. and G. Akyıldız (2005) Examination of Upstream and Downstream Traffic Features of the Bosphorus Bridge Toll Plaza in Istanbul. 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Proceedings CD-ROM, January 8 - 13, Washington, D.C.

2. Şahin, İ. and G. Akyıldız (2004) Examination of Traffic Flows in Bosphorus Bridge Toll Plaza in Istanbul. Advances in Civil Engineering 2004 6th International Conference, Proceedings Book, pp. 1839-1849, ISBN: 975-518-230-6, Boğaziçi University, October 6-8, Istanbul.
3. Akyıldız G., Gursoy M., Havaalanı Kapı Ataması Problemine İlişkin Bir İnceleme, 7. Ulusal Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Issue 1, Vol. 1, pp. 165-174, (2007)
4. Akyıldız G., Gursoy M., Havaalanı İşletimi Optimizasyonu, Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi 1. Proje Çalıştayı, Issue 1, Vol. 1, (2007)
5. Yardım, M. S., Akyıldız, G., Akıllı Ulaştırma Sistemleri ve Türkiye'deki Uygulamalar, 6. Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 405-414, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 23-25 Mayıs 2005, İstanbul.
6. Şahin İ., Akyıldız G., Zorer A., Gedizlioğlu E., Uzun Otoyol Kuyruklarının İncelenmesi ve İyileştirme Stratejilerinin Araştırılması, TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Paylaşım Konferansı, 2006, Ankara.

## **Proje**

1. Yard.Doç.Dr. İsmail Şahin, İnş.Müh. Adnan Zorer, Araş.Gör.Güzin Akyıldız, Uzun Otoyol Kuyruklarının İncelenmesi ve İyileştirme Stratejilerinin Araştırılması, TÜBİTAK/İÇTAG-I920, 2004, Görevi: Araştırmacı
2. Yard.Doç.Dr. İsmail Şahin, İnş.Müh. Adnan Zorer, Araş.Gör.Güzin Akyıldız, Uzun Otoyol Kuyruklarının İncelenmesi ve İyileştirme Stratejilerinin Araştırılması, YTÜ BAP/Proje No: 22-05-01-02, 2004, Görevi: Araştırmacı.
3. Yard. Doç. Dr. Mustafa Gursoy, Araş. Gör. Güzin Akyıldız Alçura, Havayolu Taşımacılığında Optimizasyon: Atatürk Havalimanı Kapı Ataması Simülasyonu, YTÜ BAP/Proje No:27-05-01-06, 2009, Görevi: Araştırmacı.