

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAVAALANI YOLCU HAREKETLERİNİN
SİMULASYONU İÇİN MODEL ÖNERİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Özer ARUSOĞLU**

Anabilim Dalı : Bilişim

Programı : Tasarımda Bilişim

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ

HAZİRAN 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAVAALANI YOLCU HAREKETLERİNİN
SİMULASYONU İÇİN MODEL ÖNERİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Özer ARUSOĞLU
(523061021)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 07 Haziran 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ (İTÜ)

**Diğer Jüri Üyeleri : Öğr. Gör. Dr. Hakan TONG (İTÜ)
Doç. Dr. Birgül ÇOLAKOĞLU (YTÜ)**

HAZİRAN 2010

Aileme,

ÖNSÖZ

Kıymetli fikirleriyle yüksek lisans eğitimi ve tez çalışmam sürecinde bana yol gösteren ve yardımını hiç eksik etmeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Gülen Çağdaş' a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sürecinde yardımlarını eksik etmeyen Zeynep Erözkan ve Deniz Özden ve desteklerini esirgemeyen tüm dostlarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Haziran 2010

Özer ARUSOĞLU

Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Tezin Kapsamı	2
1.3 Tezde İzlenen Yöntem	2
2. HAVAALANI PLANLAMASINDA KULLANILABİLECEK TASARIM İLKE VE KRİTERLERİ	3
2.1 Yer Seçimine Yönelik İlke ve Kriterler.....	4
2.2 Pist, Apron, Terminal İlişkilerine Yönelik İlke ve Kriterler	5
2.2.1 Pist Tasarım Kriterleri.....	5
2.2.2 Apron Tasarım Kriterleri	6
2.2.3 Terminal Binası Tasarım Kriterleri	10
2.3 Mekan İlişkileri.....	11
2.4 Sirkülasyon Diyagramları	11
2.4.1 Gelen Yolcu ve Bagaj Sirkülasyon Diyagramları.....	13
2.4.2 Giden Yolcu ve Bagaj Sirkülasyon Diyagramları.....	13
2.5 Havaalanı Mekan Analizleri	16
2.5.1 Bilet Kontrol.....	16
2.5.2 Yolcu Güvenlik Gözlemlemesi.....	18
2.5.3 Pasaport Kontrolü	19
2.5.4 Gümrük ve Göçmen Kontrolü	19
2.5.5 Bagaj Alım.....	20
2.5.6 Giden Yolcu Salonu	21
2.5.7 Uçuş Kapısı.....	22
2.5.8 Lobi / Bekleme Alanı	22
2.5.9 Sirkülasyon Alanları	23
2.5.10 Havaalanı İç Hizmet Birimleri	23
2.5.11 Ofisler	24
2.5.12 Yemek Hizmetleri	24
2.5.13 Dinlenme Odaları	25
2.5.14 Danışma ve Uçuş Bilgi Ekranları	25
2.5.15 Satış ve Alışveriş Birimleri	25
2.6 Yolcu Karakteristikleri.....	26
2.6.1 Normal Koşullar.....	26
2.6.2 Panik Durumu	26
2.6.3 Gazlar, Sıvılar ve tanecikli akışlar ile olan benzerlikler	27
2.6.4 Yolcu Yürüyüş Hızları.....	28

2.6.5 Havaalanı Yolcu Tipleri	29
2.7 Havaalanı Kapasitesi ve Rötar Durumları ile ilgili kriterler	30
2.7.1 Havaalanı Terminal Binası Kapasitesi.....	30
2.7.2 Rötar Durumları	31
2.8 Sonuç	32
3. HAVAALANI DEĞERLENDİRMESİ İÇİN BENZETİM MODELLERİ	33
3.1 Ağ Modelleri.....	33
3.2 Sıralama Teorileri	34
3.3 Benzetim Modelleri	35
3.3.1 Hesaplama Modelleri	36
3.3.2 Zaman Odaklı Modeller.....	38
4. HAVAALANI YOLCU HAREKETLERİNİN SİMÜLASYONU İÇİN MODEL ÖNERİSİ	43
4.1 Model'in Tanımı, Kapsamı ve İzlenen Yöntem	43
4.1.1 Kapsamı	43
4.1.2 İzlenen Yöntem.....	44
4.2 Kullanım Alanları ve Kullanıcı Kitlesi	44
4.3 Model'in Özellikleri ve Kısıtlamaları.....	44
4.4 Model'in Algoritması ve Akış Diyagramları	50
4.4.1 Dış Hatlar Gelen Yolcu Algoritması ve Akış Diyagramları	50
4.4.1.1 Uçaktan iniş ve geliş kapısından geçme.....	51
4.4.1.2 Geliş Salonu.....	53
4.4.1.3 Pasaport kontrollerinden geçiş.....	53
4.4.1.4 Bagaj Alımı.....	55
4.4.1.5 Gümrük kontrolünden geçme.....	56
4.4.1.6 Bekleme alanına geliş.....	58
4.4.2 Dış Hatlar Giden Yolcu Algoritması ve Akış Diyagramları	58
4.4.2.1 Terminal girişi güvenlik kontrolü.....	58
4.4.2.2 Bilet kontrol noktası.....	59
4.4.2.3 Pasaport kontrolü.....	59
4.4.2.4 Ara birimler.....	61
4.4.2.5 Uçuş kapısı kontrolü.....	61
4.4.2.6 Bekleme salonu.....	62
4.4.2.7 Uçağa binış	63
4.5 Analiz Ölçütleri.....	63
4.5.1 Hizmet Seviyesi Tanımlaması.....	63
5. SONUÇ	67
KAYNAKLAR	71

KISALTMALAR

FAA	: Federal Aviation Administration
IATA	: Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
SC	: Schengen
Non-SC	: Non-Schengen
APM	: Airport Planning Manual
CPM	: Critical Path Model
ACAP	: Accounting Model for the Analysis of Passenger Flows
ALSIM	: Havaalanı Yer Birimleri Simulasyon Modeli
YUP	: Yıllık Uçuş Planı
LOS	: Level of Service (Hizmet Seviyesi)

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : Uçakların Kapıda Durma Süreleri (Dakika)	6
Çizelge 2.2 : Mekan İlişkileri.....	12
Çizelge 4.1 : İşlem Birimleri Ortalama Süreleri	47
Çizelge 4.2 : Hizmet Seviyeleri (LOS)	65
Çizelge 4.3 : Hizmet Seviyeleri (Yeterli Alan)	66

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Havaalanı Sisteminin Şematik Anlatımı	3
Şekil 2.2 : Havaalanı Bileşenleri	5
Şekil 2.3 : Pist Biçimleri: (a): Paralel, (b):Kesişen, (c): Karma Pistler	6
Şekil 2.4 : Doğrusal Şemalar	7
Şekil 2.5 : Parmak Şemalar	7
Şekil 2.6 : Uydu Şemalar	8
Şekil 2.7 : Taşımalı Şemalar	9
Şekil 2.8 : Karma Şemalar	9
Şekil 2.9 : Gelen Yolcu ve Bagaj Akış Şeması	14
Şekil 2.10 : Giden Yolcu ve Bagaj Akış Şeması	15
Şekil 2.11 : Bilet Kontrol Noktası / Yolcu Grafiği (Kişi/adet)	17
Şekil 2.12 : Bilet Kontrol Önündeki Kuyruk Alanı / Yolcu Sayısı Grafiği	18
Şekil 2.13 : Bagaj Alım Alanı / Yolcu Sayısı Grafiği (Kişi/m ²)	20
Şekil 2.14 : Bagaj Alım Kontuarı / Yolcu Sayısı Grafiği (Kişi/m)	21
Şekil 2.15 : Lobi- Bekleme Alanı / Yolcu Sayısı Grafiği (Kişi/m ²)	23
Şekil 2.16 : Yemek ve Çeşitli Mekanlar / Yolcu Sayısı Grafiği (Kişi/m ²)	24
Şekil 3.1 : Ağ Analizi Sembolik Gösterimi	34
Şekil 3.2 : Sonraki Gerekli Aktivite Noktasına Geçme Olasılığı	37
Şekil 3.3 : Bireysel Bekleme ve Servis Sürelerinin Sıralama Modelindeki Hesaplamaları	39
Şekil 4.1 : B algoritması	45
Şekil 4.2 : Etkin Koridor Genişliği	48
Şekil 4.3 : Gelen Yolcu Simulasyonu Akış Diagramı	51
Şekil 4.4 : Gelen Yolcu Pasaport Kontrolü Akış Diagramı	54
Şekil 4.5 : Gelen Yolcu Simulasyonu Akış Diagramı	57
Şekil 4.6 : Giden Yolcu Kontrol Noktaları Akış Diagramı	60
Şekil 4.7 : Giden Yolcu Simulasyonu Akış Diagramı	64

HAVAALANLARI YOLCU HAREKETLERİNİN SİMULASYONU İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

ÖZET

Havaalanları günümüz ulaşım sektöründe çok büyük öneme sahiptir. Her gün milyonlarca kişi uçakları kullanmaktadır. Gün geçtikçe artan uçak ve uçuş sayısı sebebiyle terminal kapasiteleri yeterli gelememekte ve gecikmeler yaşanmaktadır. Bu ihtiyaca karşılık yapılan yeni binalar tasarım sürecinde alınan kararlara rağmen, pratikte yeterli kapasiteyi sağlayamamaktadır.

Bu bağlamda tez kapsamında, havaalanlarındaki kapasite ve yeterlilik gereksinimlerinin test edilmesinde yararlanılabilecek bir simülasyon için öneri geliştirilmiştir.

Tezin giriş bölümünde havaalanlarıyla ilgili genel bilgi verilmiş, tezin amacı, kapsamı, izlenen yöntemler ve tezin sağlayacağı yararlar tanımlanmıştır.

İkinci bölümde havaalanları planlamasında kullanılabilecek tasarım ilke ve kriterlerinden bahsedilmiştir. Bu bağlamda yer seçimine yönelik ilke ve kriterler, pist, apron, terminal ilişkileri incelenmiştir. Sonrasında, terminal binasındaki mekan ilişkileri analiz edilerek, gelen ve giden yolcu akış diyagramları saptanmıştır. Bu akış diyagramları üzerinden belirlenmiş mekanların analizi yapılarak, her mekanın ortalama işlem zamanı, kapasiteleri ve özellikleri incelenmiştir. Bütün mekanlar incelendikten sonra, yolcu karakteristikleri araştırılmış ve yolcu tipleri, yürüyüş hızları, normal ve panik durumundaki hareketleri incelenmiştir. Bunların sonucunda terminal binasının kapasitesi ve gecikme durumları ile ilgili kriterler incelenerek terminal binası için oluşturulacak benzetim modelinin altyapısı oluşturulmuştur.

Üçüncü bölümde, literatür araştırılması yapılarak, şu ana kadar yapılmış havaalanı terminal binası benzetim modelleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar kendi içlerinde sistemlerine göre ayrılmıştır.

Dördüncü bölümde, oluşturulması planlanan havaalanı yolcu hareketleri simülasyon modelinin geliştirilebilmesi için, modelin tanımı, kapsamı, yöntemi, kullanım alanları ve kullanıcı kitlesi belirtilmiştir. Sonrasında, modelin özellikleri ve kısıtlamaları açıklanmış, bu kriterler dahilinde modelin akış diyagramları ve algoritmaları ortaya konmuştur. Ve son olarak da sonuçların değerlendirilebilmesi için analiz ölçütleri belirtilmiştir.

Son bölümde, modelin oluşturulabilmesi için çalışmaların sonuçları açıklanarak, değerlendirme yapılmış, modelin gelecekteki çalışmalar için ne gibi olanaklar sağladığı anlatılmıştır.

A MODEL PROPOSAL FOR SIMULATION OF AIRPORT TERMINAL PASSENGER MOVEMENTS

SUMMARY

Airports have a very important role in today's transportation sector. Everyday millions of people travel with airplanes. Because of the increase of airplanes and flights each day, terminal capacities become unsatisfactory and delays occur. Despite the plans done on design stage, new facilities to meet the need are unsuccessful in practice.

In this context, to solve this problem, creating a model to test the capacity and efficiency requirements of airports is intended.

In the introduction section general information about airports, purpose and content of the thesis, methodology, and benefits are covered.

In the second section, design principles and criteria that can be used in airport planning are given. In this context, principles and criteria of choosing right location, runway, apron and terminal relations are examined. Afterwards, relations between facilities in terminal buildings are analyzed and incoming/departing passenger flow diagrams are established. With these diagrams, certain facilities are analyzed and average utilization times, capacities and specifications of each facility are observed. After this, passenger characteristics are studied and passenger types, walking speeds, actions on normal and panic situations are examined. With these information, criteria about the capacity of terminal buildings and delay situations are analyzed and a simulation infrastructure is created.

In the third section, literature research about airport terminal building simulation models is done. Found studies are categorized by their systems.

In the fourth section, to develop the simulation models of airport passengers behaviors, definition of the model, content, methodology, area of usage and user group are specified. After, specifications and restrictions of the model are explained and, according to these criteria, flow diagrams and algorithms of the model are stated. Finally to evaluate the results, analysis measures are given.

In the final section, results of studies to develop the model are explained, evaluated and opportunities for future projects in the event that model is created are stated.

1. GİRİŞ

Tren istasyonları, otogarlar ve havaalanları çoğunlukla kendi kapasitelerinin üstünde çalışan mekanlardır. Günümüzde tasarım sürecinde alınan kararlar ve öngörüler ilerleyen zamanlarda yapının kullanıma geçmesiyle birlikte gereksinimleri sağlayamamaktadır. Bu tez havaalanlarındaki kapasite, yeterlilik, acil durum gereksinimlerinin simülasyonu için oluşturulacak modelin algoritmasının geliştirilmesini amaçlamaktadır. Böylece verilen kararların ve yeterliliklerinin tasarım aşamasından itibaren kontrol edilebilmesi sağlanmakta ve süreç içerisinde değişen gereksinimlere cevap verecek müdahaleler mümkün kılınmaktadır.

Havaalanları, otogar ve tren istasyonlarından farklı olarak birbirinden bağımsız olması beklenen bir çok sirkülasyon çeşidinin aynı mekan içerisinde bir sistemi oluşturması gereken yapılardır. Aynı zamanda her bir dolaşımın kendi içindeki özerkliği ve güvenliği sağlanmalıdır. Örneğin gelen yolcu ile giden yolcunun ayrılması, uçağa varıncaya dek geçilmesi gereken güvenlik ve kontrol noktalarının çokluğu ve çeşitliliği, bagaj teslim ve alışı için ayrıca kurgulanması gereken sirkülasyonlar, pasaport kontrolü vb. birçok zorunluluk havaalanı içerisindeki sirkülasyonları otogar ve tren istasyonlarına göre farklılaştırırken planlanmasını nispeten daha fazla gerekli kılmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Bu araştırmadaki amaç, yapılması planlanan havaalanlarında yolcu hareketleri simülasyonu için bir algoritma geliştirmektir. Havaalanı mekanları, havaalanlarındaki yolcu hareketleri ve havaalanı tasarım kriterleri birlikte incelenerek model yazılması sürecinde gerekli parametrelerin sağlanması amaçlanmıştır. Mekanların ve bu mekanlara ait parametrelerin yolcu tip ve hareketleriyle birlikte ele alınarak modelin algoritması oluşturulacaktır. Değişken durumlar karşısında alternatif senaryolar üretebilecek bir program geliştirilebilmesi amaçlanmıştır. Bu süreçte yapının tasarım aşamasından itibaren yaya akışı simülasyonları yapılarak oluşabilecek muhtemel sorunların önceden giderilebilmesine olanak sağlanacaktır. Ayrıca oluşturulacak model, gelişim süreci içerisinde oluşabilecek gereksinimlere cevap verecek, gerekli

olması halinde her türlü müdahaleyi mümkün kılacak ve böylece sürdürülebilir bir tasarım için teknik adımlardan biri atılmış olacaktır.

1.2 Tezin Kapsamı

Araştırma kapsamında ilk olarak havaalanı planlamasında kullanılabilecek tasarım ilke ve kriterleri incelenecektir. Bu kapsamda öncelikle havaalanı yer seçimine yönelik ilke ve kriterler pist, apron ve terminal ilişkileri çerçevesinde incelenecektir. Daha sonra tasarım ilke ve kriterleri terminal binaları için biçimsel açıdan ele alınacaktır. Havaalanı mekan analizleri yapılarak bilet satış, bilet kontrol, uçağa binış kontrolü, güvenlik kontrolü gibi aşamalar değerlendirilecektir. Bu doğrultuda gidiş ve geliş terminalleri için sirkülasyon diyagramları oluşturulacak ve mekan ilişkileri saptanacaktır.

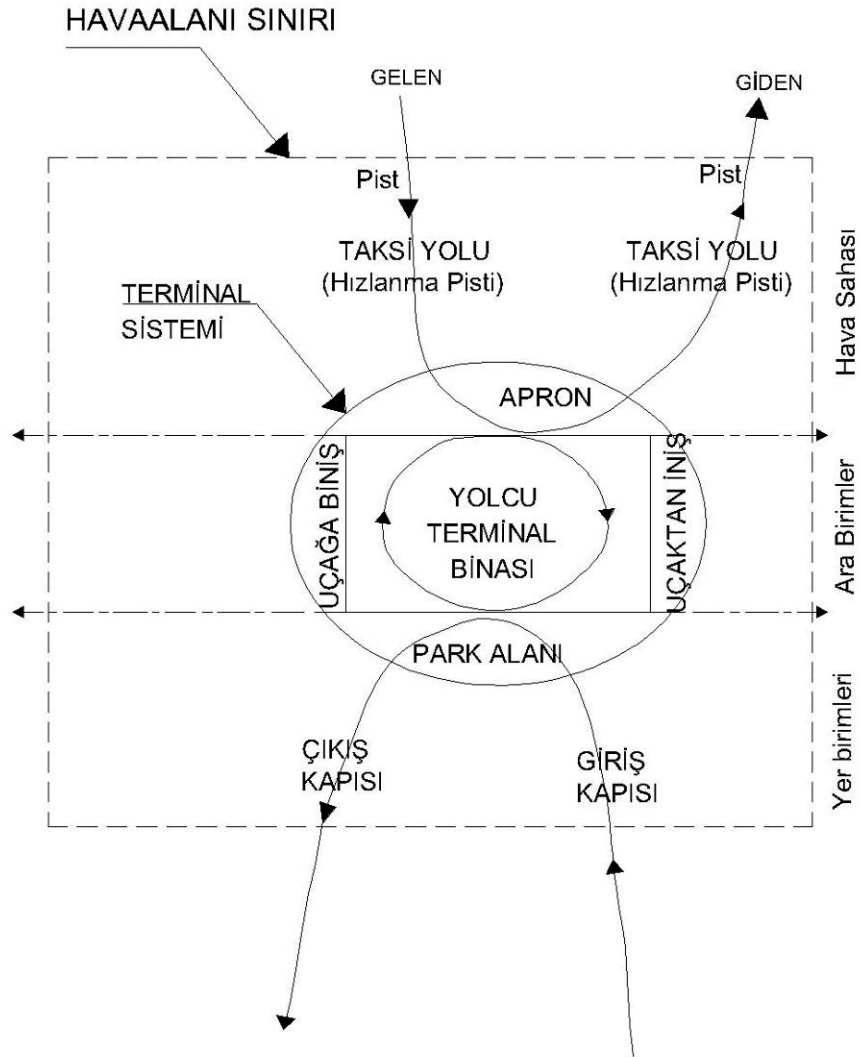
Her mekan, yeterlilik ölçütleri göz önünde tutularak analiz edilecektir. Son olarak ise, simülasyon modeli geliştirilmesi için modelin tanınması, kullanıcı kitlesi, kurallar, sınırlamalar, akış diyagramları anlatılacaktır.

1.3 Tezde İzlenen Yöntem

Araştırma kapsamında model geliştirebilmek için öncelikle havaalanları analizleri yapılmıştır. Farklı havaalanları analiz edilerek mekan ilişkileri sirkülasyon analizleri ve kapasitelerinin parametreleri ortaya çıkarılmıştır. Farklı yolcu tipleri tanımlanarak havaalanı içerisindeki hareketleri analiz edilmiştir. Programın geliştirilebilmesi için gerekli model sistematığı, akış diyagramları, havaalanı mekan parametreleri ve analiz kriterleri gibi veriler belirtilmiş, programlama aşamasına kadar olan veri altyapısı tamamlanmıştır.

2. HAVAALANI PLANLAMASINDA KULLANILABİLECEK TASARIM İLKE VE KRİTERLERİ

Havaalanları hava taşımacılığı tarafından hava sahası (airside) ve yer sahası (landside) olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Hava sahası uçak pisti, taksi yolları, apron ve uçakların hareketlerine yardım eden diğer tesislerden oluşmaktadır. Yer sahası tesisleri işe yolcuların ve bagajlarının uçaklara biniş ve inişine imkan veren mekanlardır. Yer sahasının bileşenleri çoğunlukla yolcu termal binası, kaldırım alanları, bağlantı yolları ve geçiş kapılarıdır (Parizi,1995).



Şekil 2.1 : Havaalanı Sisteminin Şematik Anlatımı (Braaksma, 1973)

2.1 Yer Seçimine Yönelik İlke ve Kriterler

Havaalanı yapıları maddi olanakların kullanılması ve zaman açısından oldukça büyük bütçe ve sürelerin söz konusu olduğu inşaatlardır. Bundan dolayı kullanım süresinin mümkün olduğunca uzun olması ve kullanım süresince tüm ihtiyaçların en üst düzeyde ve en iyi verimle karşılanabilmesi hedeflenir. Konumlandığı arazinin imkanlarının havaalanı için uygun olmasının yanı sıra süreç içerisinde gelişimi ile çevresine zarar vermemesi beklenir.

Havaalanlarının konumlandığı yerin seçiminde en önemli etken pistlerin araziye yerleşmesinin uygunluğudur. Pist uzunlukları, sayısı, yönleri ve pistlerin yakın çevresindeki topografik ya da yapıli çevre engellerinin olup olmaması arazinin kullanılış kapasitesi ve biçimini belirleyen faktörlerdir. Pist sayısının belirleyicisi havaalanında şimdi ve gelecekte olması planlanan uçak yoğunluğu iken pist yönünü hakim rüzgar hızı ve yönü etkiler. Pist uzunluğu ise uçak teknolojileri kriterlerine bağlıdır.

Yer seçimini etkileyen faktörler:

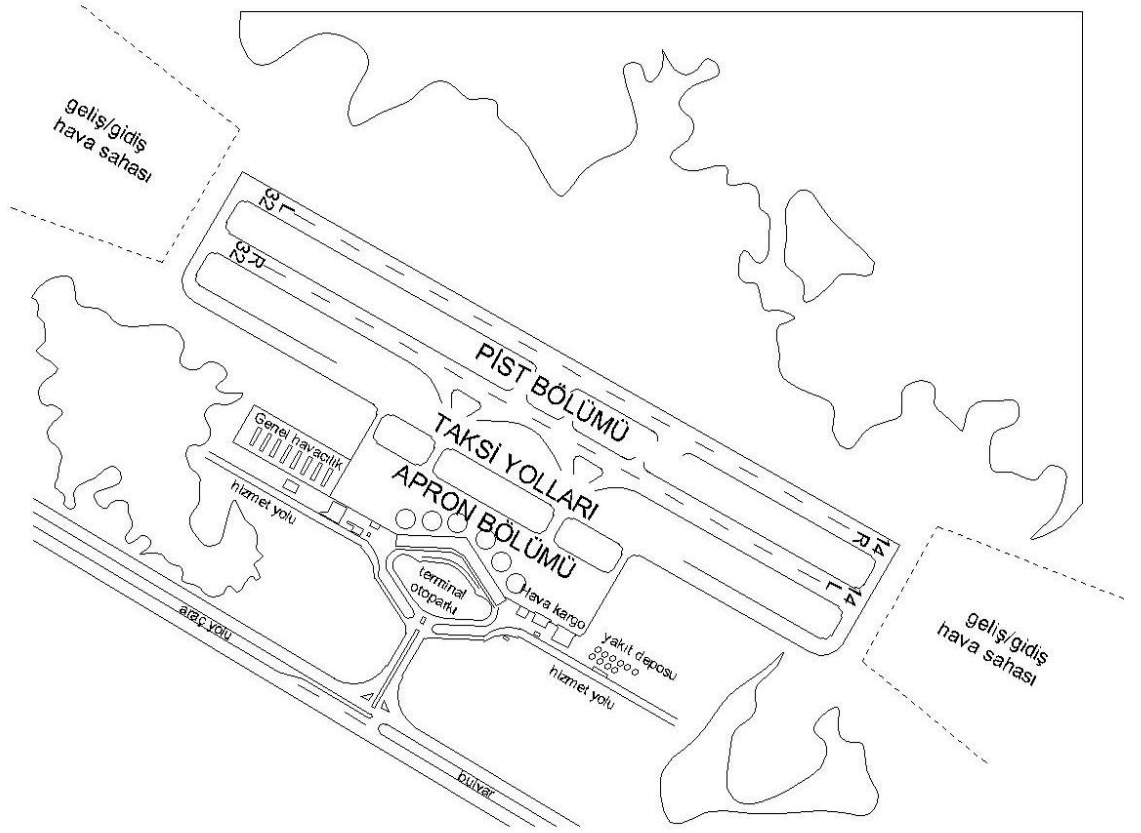
- Arazi verileri
- Topografya
- Çevre havaalanlarına olan uzaklıklar
- Ulaşım imkanları
- Bölgedeki atmosferik koşullar
- Yakın çevrenin yakın gelecekteki kullanım kararları, değerleri ve kullanım şekilleri
- Uçuş eyleminin gerekleri
- Çevresinde gürültüden etkilenebilecek işlevlerin varlığı
- Şehir merkezine olan uzaklık

Yer seçimini etkileyen “şehir merkezine uzaklık” faktörü, son zamanlarda havaalanlarının çevresinde ticaret, konferans, büro, otel, sergi birimleri, bankalar gibi fonksiyonların yerleştirilmesine yönelik eğilimler nedeniyle eskiye oranla daha az kısıtlayıcıdır.

Yer seçiminde ve değerlendirilmesinde etkili olabilecek etkenler başlıca 3 grupta toplanabilir:

- a) Operasyonel etkenler: Uçuş alanı, hava durumu, mevsim etkileri (kış), sis ya da duman gibi etkenler, engeller ile yaklaşma ve yere inme yardımları.
- b) Sosyal etkenler: Arazi kullanımı, ulaşım olanakları, şehir merkezi ya da alt merkezlere ulaşım süreleri, gürültü
- c) Maliyet etkeni: Altyapı hizmetlerine yakınlık, arazinin fiziksel değerleri (su, kaya-kum durumu), topografya

2.2 Pist, Apron, Terminal İlişkilerine Yönelik İlke ve Kriterler

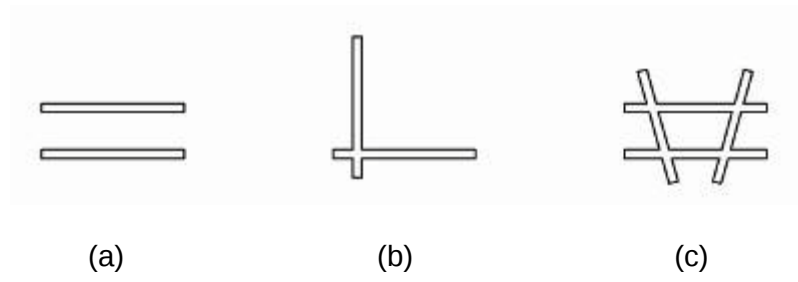


Şekil 2.2 : Havaalanı Bileşenleri (FAA, 1980)

2.2.1 Pist Tasarım Kriterleri

- a) Tek pist kapasitesi: Eğer apron ve trafik araçları uygunsa 195.000 uçak/yıl'dır. Eğer yerel uçaklara ayrılmışsa 150.000 uçak/yıl'dır.
- b) Kapasite dışında kaza, tamir vb. nedenler bir pistin daha olmasını gerekli kılar.
- c) İlave kısa bir pistin yapılması 5 yılda %60 kapasite artışı sağlar.
- d) Kesişen veya açık V pistler kapasite artışı için tavsiye edilmezler.

e) Pist biçimleri Şekil 2.3'de görülmektedir.



Şekil 2.3 : Pist Biçimleri: (a): Paralel, (b):Kesişen, (c): Karma Pistler (FAA, 1980)

Terminal apronu için uçak durma yeri sayısını belirlemede kullanılacak formül (2.1) aşağıdaki gibidir (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız,1997):

$$S = \sum (T_i / 60 \times N_i) + \alpha \quad (2.1)$$

S: Uçak yeri sayısı

T_i: Uçağın kapıda durma süresi

N_i: Pik saatte gelen uçak sayısı

α: Ekstra uçak yeri (isteniyorsa)

Çizelge 2.1 : Uçakların Kapıda Durma Süreleri (Dakika) (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız,1997)

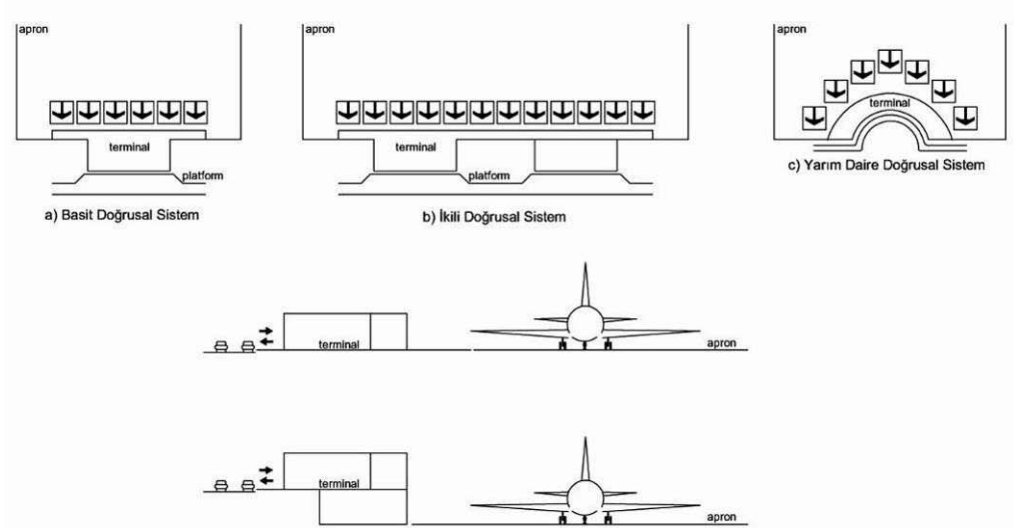
Grup	Uçak Tipi	İç Hat (Direk – Dolaylı)		Dış Hat
S	B.737, CC-9	25	45	-
M	B.707, B.754	45	50	60
L	A300,DC10, L1011	45-60	60	120
LL	B-747	-	60	120-180

2.2.2 Apron Tasarım Kriterleri

Apron tasarımında ve terminal ile ilişkisinin düzenlenmesinde 6 farklı şema söz konusudur.

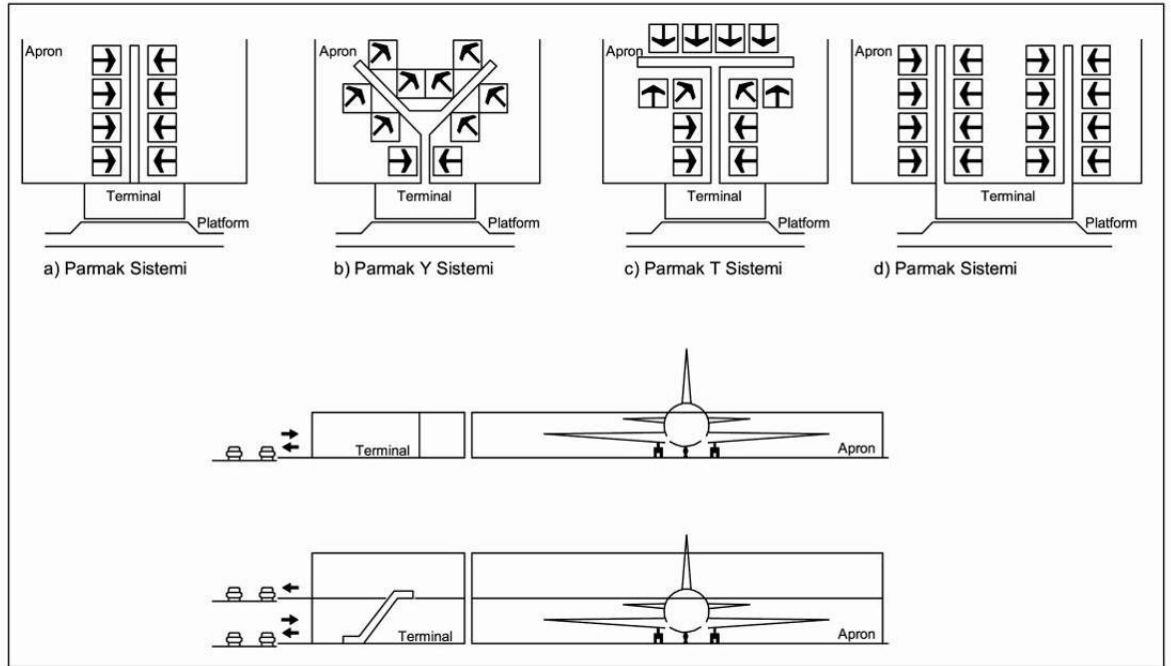
Basit şema: Trafik yoğunluğu düşük olan havaalanlarında tercih edilebilen bir şemadır. Terminal binası önündeki aprona açılı noise-in, noise-out pozisyonunda park ederler. Kapasite artışı için apronun genişletilmesi yeterli olur (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız).

a) Doğrusal şema: Terminal binası cephesi boyunca paralel, dik veya açılı park edilebilir ve apron ile terminal binası arasındaki boşluk apron trafiği için kullanılır. Trafiğin yoğun olduğu havaalanlarında, uçak çekimi için çift apron taksi yolları gereklidir (Şekil 2.4).



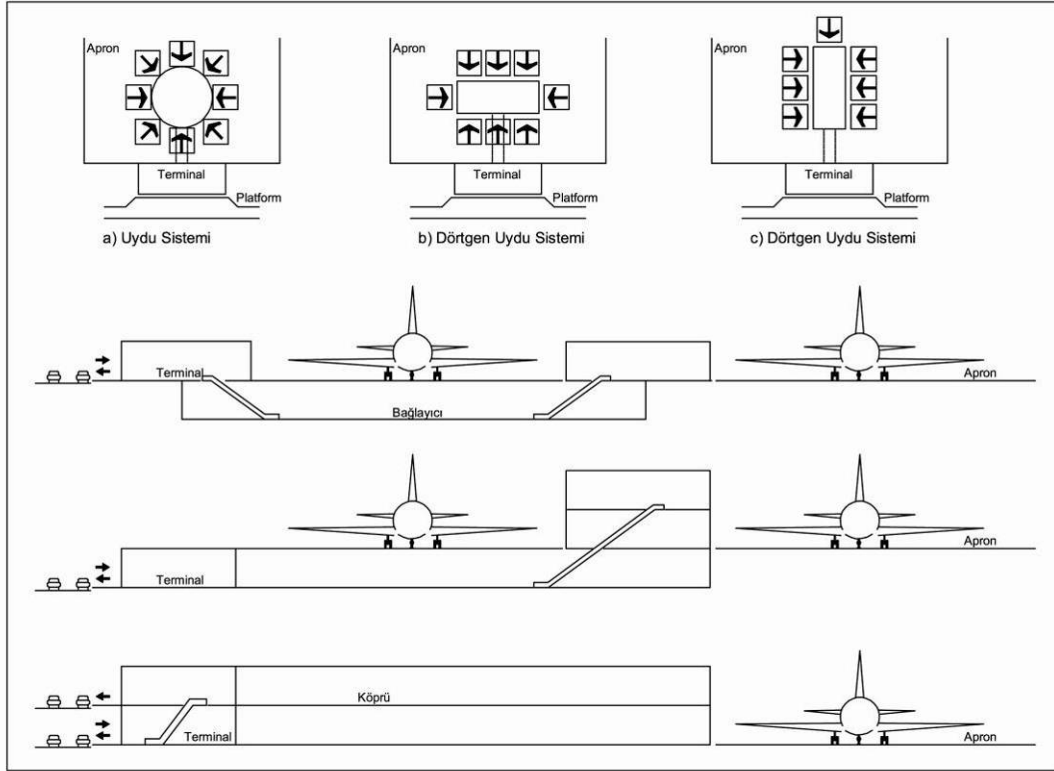
Şekil 2.4 : Doğrusal Şemalar (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997)

b) Parmak şema: Parmak şeklindeki uzantının her iki tarafına açılı, paralel ve dik (noise-in) yanaşılabilir. Çok kapı mevcutsa iki parmak arasında çift taksi yolu tasarlanmalıdır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 : Parmak Şemalar (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997)

c)Uydu şema: Terminal binasının dışında uçakların yanaştığı uydu birimlerinin olduğu şemadır ve uydularda yolcu giriş noktalarına uçaklar radyal olarak yanaşırlar. Uydular terminale köprü, tünel ya da zeminden bağlanır (Şekil 2.6).



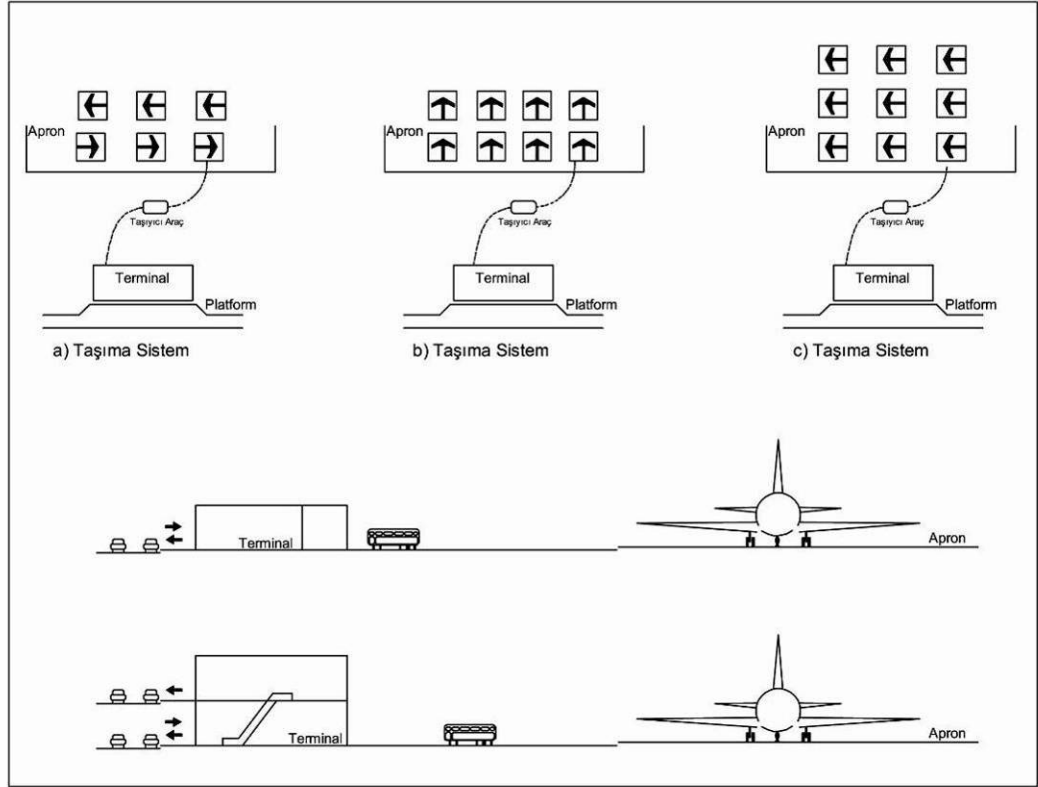
Şekil 2.6 : Uydu Şemalar (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997)

d) Taşıma şema: Uçakların piste yakın park etmesine olanak veren bu şemada uçaklar terminal binasından uzakta oldukları için yolcu, bagaj ve kargonun uçağa taşınması apronda trafik yaratır ve zaman kaybına neden olur (Şekil 2.7).

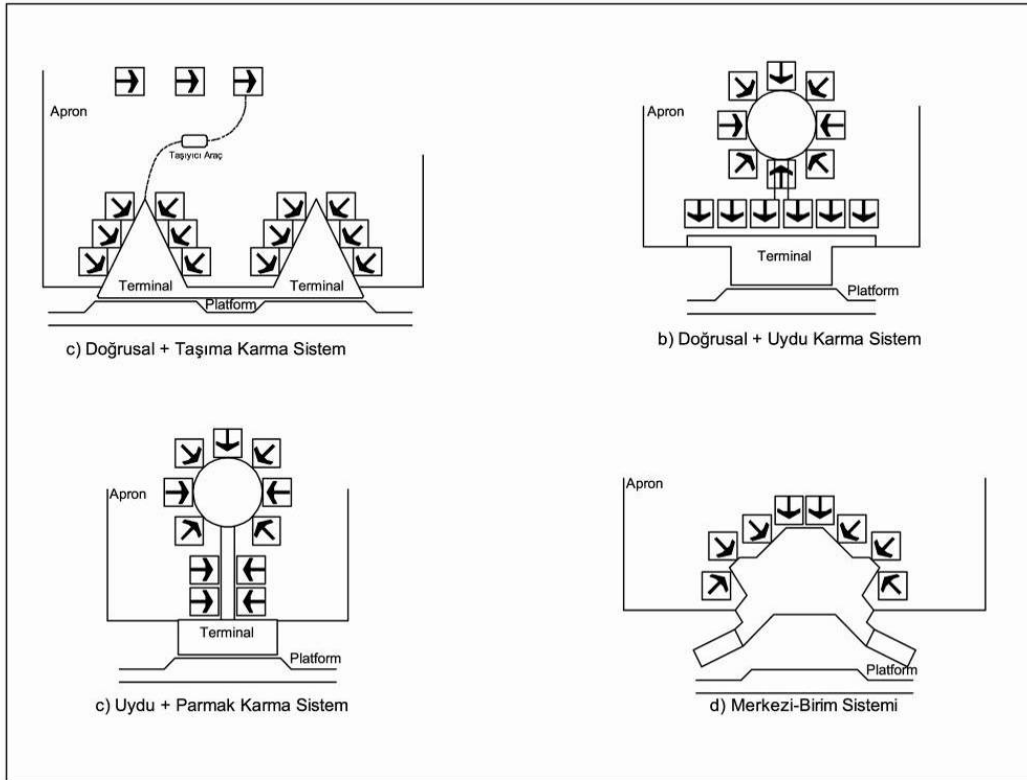
e) Karma şema: Tasarımda bir ya da iki şemanın birlikte kullanıldığı karma şema genellikle pik trafikte taşımali şemanın diğerleri ile birlikte kullanılmasıyla oluşur (Şekil 2.8) (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997):

Apron çeşitleri:

Bakım terminal apronu: Hava alanı, hangar, motor test, atölye, depo gibi ihtiyaçları zorunlu kılan bir hava yolu üstü konumundaysa bakım terminal apronu gereklidir. Hava alanı politikasına uygun şekilde başka uçaklara da servis verebilecek şekilde tasarlanmalıdır ve yolcu terminal apronundan uzakta konumlanması tercih edilir (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997).



Şekil 2.7 : Taşımalı Şemalar (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997)



Şekil 2.8 : Karma Şemalar (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997)

Park etme apronları: Uçakların apronda uzun süreli (6-7 saat) beklemesi ya da geceyi apronda geçirmesi söz konusuysa bu sürelerde park apronlarına çekilmelidir. Park etme apronlarının yolcu terminal apronlarına yakın olması tercih edilir (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997).

Yolcu terminal apronları: yolcu indirmek için uçakların park ettikleri apronlardır. Terminal binasına yakın olması ya da doğrudan ilişkisinin kurulmuş olması veya ulaşımının sağlanması gerekir (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997).

2.2.3 Terminal Binası Tasarım Kriterleri

Terminal binasının tasarımında terminal binasının yerleştiği yerin koşulları, pistlerin durumu, kullanım yoğunluğu, yolcu özellikleri, apronlarda uçakların park etme biçimleri gibi başat etkenler göz önünde bulundurulmalıdır. Tüm bu özellik ve durumların etkileri sonucu, mimari konsept açısından 5 farklı şemadan söz edilebilir (Çağdaş, Dökmeci, Erkman, Şener, Sağlamer, Orhon ve Yıldız, 1997):

- a) **Basit terminal şeması:** Düşük yoğunluklu hava alanları veya havaalanlarında yer alan özel şirketlerin kullanımı için uygun olan şemada, küçük bekleme alanı, bilet kontrol ve bilet satış noktası, birkaç çıkış ve aprondaki park yerlerine yürüyerek ulaşımı mümkün kılan bir apron şeması söz konusudur. Bu tip terminal şemalarında genellikle doğrusal gelişme ile kapasite artışı sağlanır.
- b) **Doğrusal terminal şeması:** Apron cephesi boyunca doğrusal şekillenen şemada yolcu ve bagaj işlemlerinin merkeze yakın çözülmesi yürüme mesafesini dengeleyecektir. Ancak apronun doğrusal büyümesi yolcu yürüme mesafelerini artıracaktır. Yürüme mesafelerini en aza indirmek için yürüme bantlarının kullanılması veya bagaj işlemleri için birkaç nokta oluşturulması ve kara tarafı kapı sayısının artırılması yoluna gidilebilir. Bagaj işlem noktası ve kara tarafındaki kapıların oluşturduğu ünitenin doğrusal plan üzerine eklenmesiyle gelişim sağlanabilir. Terminal binasından uçaklara erişim apron cephesinden uzanan köprülerle ya da hemzemin olarak sağlanabilir.
- c) **Parmak terminal şeması:** Terminal binasına eklenmiş bir koridorda kapıların ve kapı bekleme hollerinin yer aldığı modeldir. Bilet ve bagaj işlemleri merkezdeki terminal binasında yer alırken uçaklar koridorun iki tarafındaki apronlara park eder. Terminalin kapasite artışı halinde yeni bir koridorun ilave edilmesi yeterli olacaktır.

d) Uydu terminal şeması: Terminal binasına bağlantısı tünel ya da köprü vasıtasıyla olan şemadır. Kapı ve bekleme hollerinin ayrı bir binada yer aldığı modelde gelişme yeni bir uydunun eklenmesiyle sağlanır.

e) Diğer şemalar: Taşımalı şemada yolcular, kapılardan apronlarda beklemekte olan uçaklara vasıtalarla ulaştırılır. Karma şemalı terminaller iki ya da daha çok şemanın bir arada tasarlanmasıyla oluşur. Birim terminal, ana terminal binası dışında bütünüyle bağımsız olabilen özel bir terminal binasının oluşturulması fikrine dayanır.

Terminal binasının üçüncü boyutta biçimlenişi ile ilgili tasarım yaklaşımları şunlardır:

a) Tek katlı yol-tek katlı terminal: Yolcu geliş ve gidişleri aynı kotta yer alırken yolcunun uçağa erişimi merdivenle olmaktadır.

b) Tek katlı yol-çift katlı terminal: İşlemlerin yapıldığı yol kotundan sonra gidiş bekleme holü ve kapıların bulunduğu üst kota çıkılarak uçağa erişimin bu kotta köprülerle çözüldüğü şemadır.

c) Çift katlı yol-çift katlı terminal: Tüm trafiğin yol ve terminal olarak iki katta çözüldüğü şemadır.

d) Tek katlı yol-çift katlı terminal: Geliş ve gidiş yollarının aynı kotta, yatay bölücülerle ayrılarak çözümlendiği şemadır.

2.3 Mekan İlişkileri

Havaalanı terminal binasını analiz edebilmek ve işleyiş sistemini öğrenebilmek için öncelikle havaalanlarında bulunan mekanlar listelenmiş ve bu mekanlar arasındaki ilişkiler Çizelge 2.2'de belirtilmiştir. Mekanlar birbirleriyle bulundukları ilişki düzeyleri açısından 3 kategoride ilişkilendirilmiştir.

2.4 Sirkülasyon Diyagramları

Yolcu terminal binasının sistem performansını etkileyen faktörleri keşfetmek için geliş ve gidiş fonksiyon akış diyagramları incelenmiştir (Şekil 2.9, Şekil 2.10). Bu diyagram üzerinden yolcu ve bagaj geliş ve gidiş sistemi mekanlarla ilişkili olarak görülebilmektedir. Terminalin şekli ya da kapasitesi mekanların çok ya da az olmasıyla değil, mekanların biçimlenişiyle bağlantılıdır (Jim and Chang, 1998).

Ayrıca unutulmamalıdır ki, her bölüm ayrı ayrı ele alınmalıdır, ama bölümler arasındaki ilişki de göz ardı edilmemelidir; çünkü herhangi bir bölümdeki kalabalık

ya da gecikme onu takip eden tüm bölümleri de etkileyecektir (Parizi, 1995).

2.4.1 Gelen Yolcu ve Bagaj Sirkülasyon Diyagramları

Geliş Salonu iç ve dış hatlar geliş olarak ayrılmıştır (Şekil 2.10). İç Hatlar salonuna gelen yolcu transit yolcu olmadığı takdirde doğrudan bagaj alım noktasına ulaşabilmektedir. Bu süreçte wc, telefon gibi tamamlayıcı birimler de bulunur. Sonrasında ise yolcu iç hatlar geliş terminalinden ayrılmaktadır. Dış hatlar geliş terminalinde ise uçaktan indikten sonra Pasaport kontrolünden geçen yolcular bu noktada bir sorun yaşandığı takdirde polis kontrol noktasına geçerler. Pasaport kontrolünde sorun olmadığı takdirde ise wc, telefon gibi tamamlayıcı birimlerin yanı sıra Duty-Free mağazalarına ulaşırlar. Bagaj alım noktası ise bu birimlerin sonrasında gelmektedir.

Her iki terminal için bagaj kaybolması sonucunda başvuracakları kayıp bagaj bölümü bulunmaktadır.

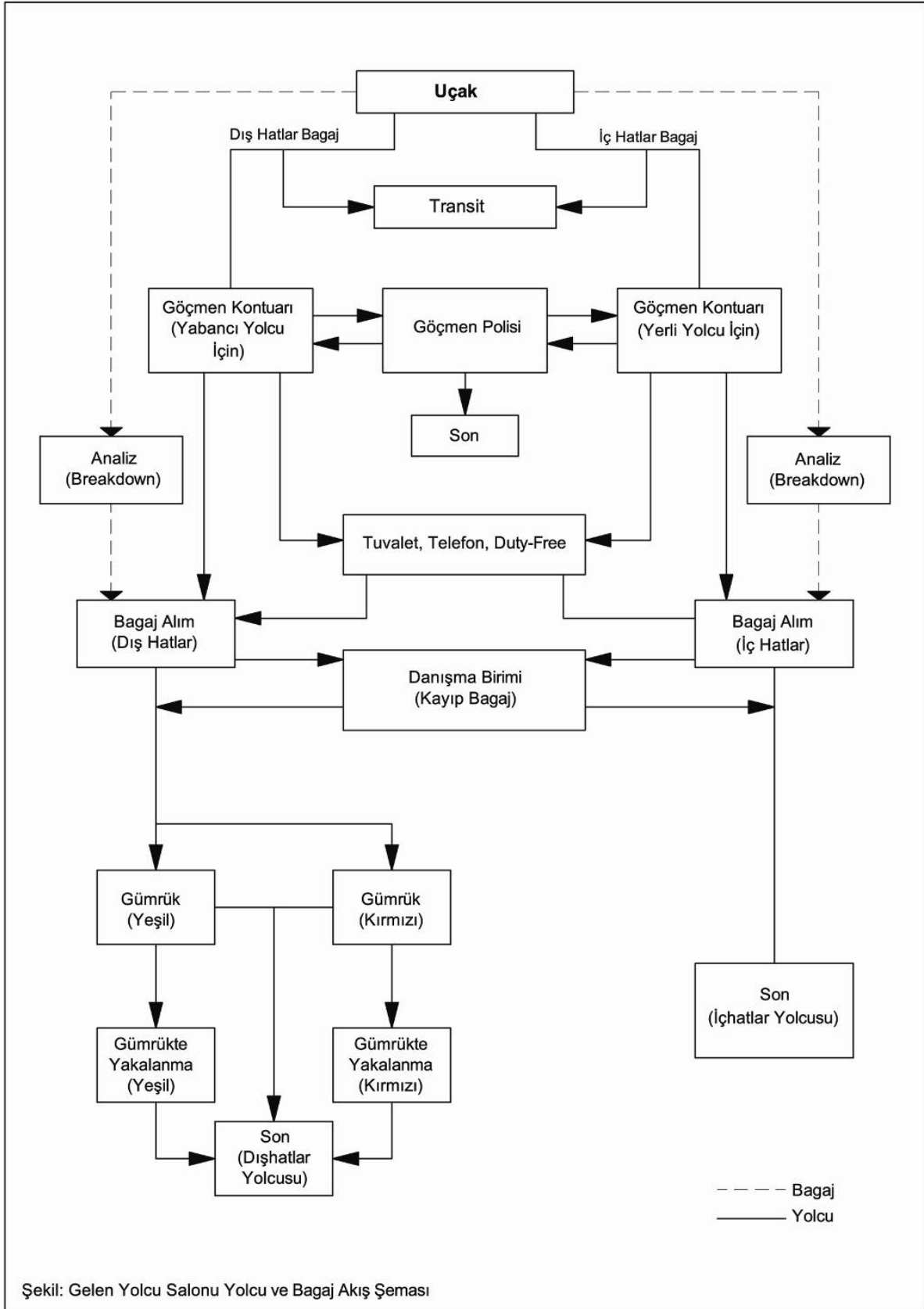
2.4.2 Giden Yolcu ve Bagaj Sirkülasyon Diyagramları

Gidiş Salonu, geliş salonu gibi iç ve dış hatlar olmak üzere 2 bölümde çözümlenmektedir. Geliş terminalleri girişinde polis kontrol noktaları bulunmaktadır. Bu kontrol noktaları geçildikten sonra yolcular bilet kontrol noktalarına ulaşabilmektedir. Her firmanın 1. sınıf ve ekonomi sınıfı olmak üzere 2 bilet kontrol noktası bulunmaktadır (Şekil 2.10).

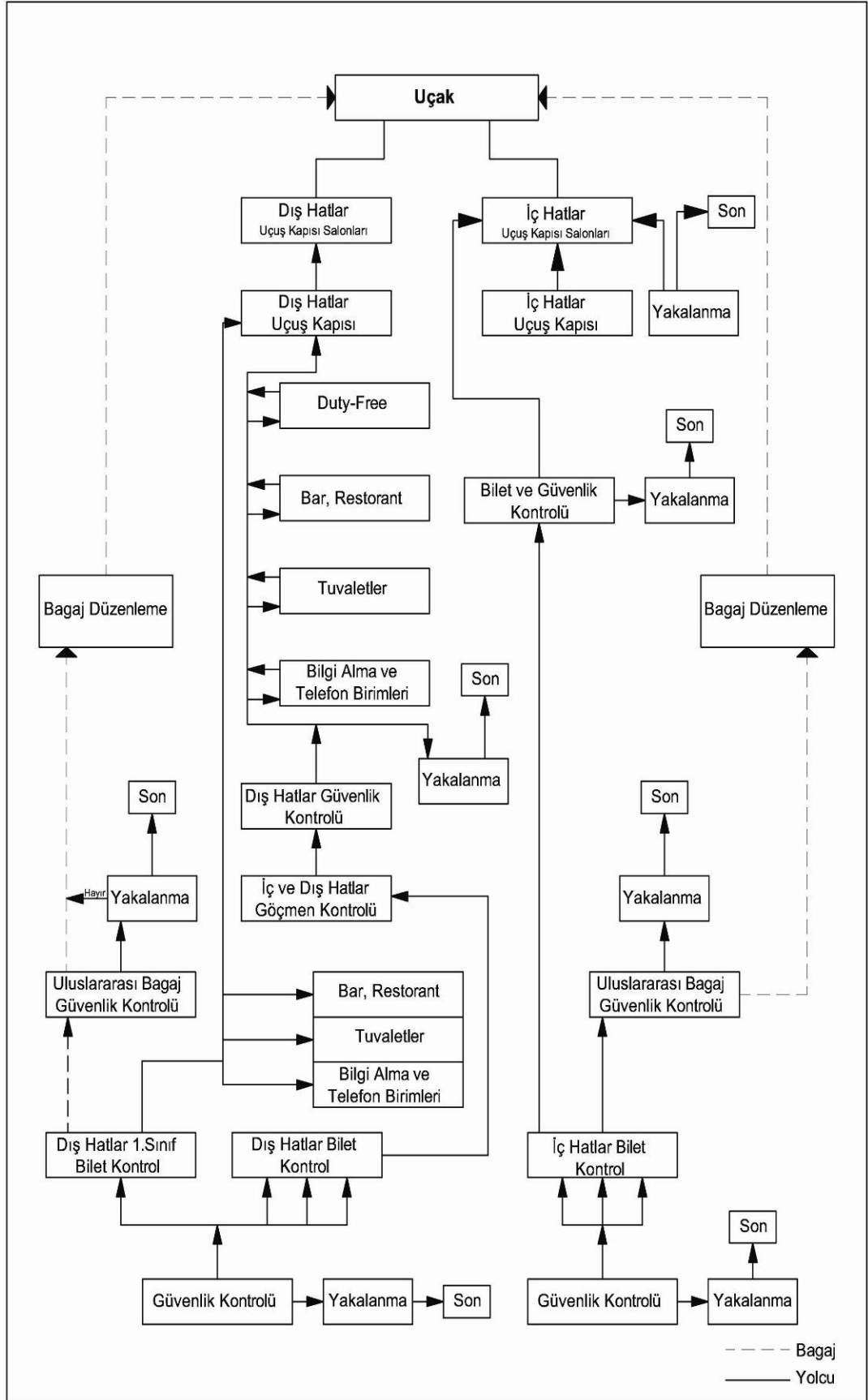
Bilet kontrolü ve bagaj tesliminden sonra yolcular bar, restoran gibi mekanlarda zaman geçirebilmekte ya da wc, bilgi ya da telefon birimlerini kullanabilmektedir. İç hatlar gidiş yolcuları güvenlik kontrol noktasını geçtikten sonra restoran, bar ve wc gibi birimleri kullanabilmekte ya da direkt olarak uçak kalkış kapısına gidebilmektedir. Uçak kalkış kapısındaki son güvenlik kontrol noktasından sonra uçağa binmektedir.

Dış hatlar yolcuları bilet kontrol noktasından sonraki pasaport kontrolü sırasında sorun yaşamadıkları takdirde içinde Duty-Free dükkanları, barlar, restoranlar ve tuvaletlerin bulunduğu salona geçmektedirler. Yolcular bu birimleri geçtikten sonra, uçak giriş kapısında son güvenlik kontrolünden geçmekte ve uçağa binebilmektedirler.

1. sınıf yolcuları ise iç ve dış hatlar yolcularıyla aynı sistem dahilinde ilerlemelerine rağmen kendilerine ayrılmış özel birimleri kullanmaktadırlar. Bagajlar bilet kontrolü sırasında alındıktan sonra güvenlik kontrollerinden geçirilerek, uçağa alınmaktadır.



Şekil 2.9 : Gelen Yolcu ve Bagaj Akış Şeması (Jim, Chang, 1998)



Şekil 2.10 : Giden Yolcu ve Bagaj Akış Şeması (Jim, Chang, 1998)

2.5 Havaalanı Mekan Analizleri

Havaalanı terminal binası mekan analizleri yolcu hareketlerinden doğan bir takım işlevlerin birbirleriyle olan ilişkisi üzerinden yapılabilir. Bilet kontrolü, güvenlik kontrolü, bekleme ve sirkülasyon alanları, bagaj alım, pasaport ve gümrük kontrolü, tuvaletler gibi terminal binasını şekillendiren işlevler ile uçuş kapısı aracılığıyla mekanın uçakla ilişkisini kuran ara birimler arası ilişkiler havaalanı mekan analizlerini biçimlendirmektedir. Mekan analizleri havaalanının işletilmesi konusunda birçok noktada yardımcı olmaktadır. Örneğin, terminal binasının pistlere yakın olmasını sağlar ve verimliliği artırır (Kıyıldı,2005). Taksi mesafesini kısaltan ve böylece yakıt tasarrufu sağlayan bu sistemlerde uçak yerde daha az hizmet eder ve böylece trafik karışıklığı önlenmiş olur.

Havaalanı terminal binasındaki bilet kontrol noktası, yolcu güvenlik gözlemlemesi, pasaport kontrolü, gümrük ve göçmen kontrol noktaları, bagaj alım bölümü, uçuş kapısı birimleri standart birimlerdir. Bu birimler her havaalanında bulunması gereken birimlerdir. Diğer birimlerin bulunması ise havaalanı büyüklük ve kapasitesine göre değişkenlikler göstermektedir.

2.5.1 Bilet Kontrol

Bilet kontrolü için gerekli olan kontuar sayısı, bir yolcunun bilet kontrol süresi ile yolcuların bilet kontrol noktasına geliş dağılımına bağlıdır (Şekil 2.11). Sabah uçuşları için yolcuların bilet kontrole ulaşma süreleri 1.5 saatlik bir zaman dilimiyken bu süre gün içerisindeki uçuşlarda 2-2.5 saatlik bir dilime yayılır.

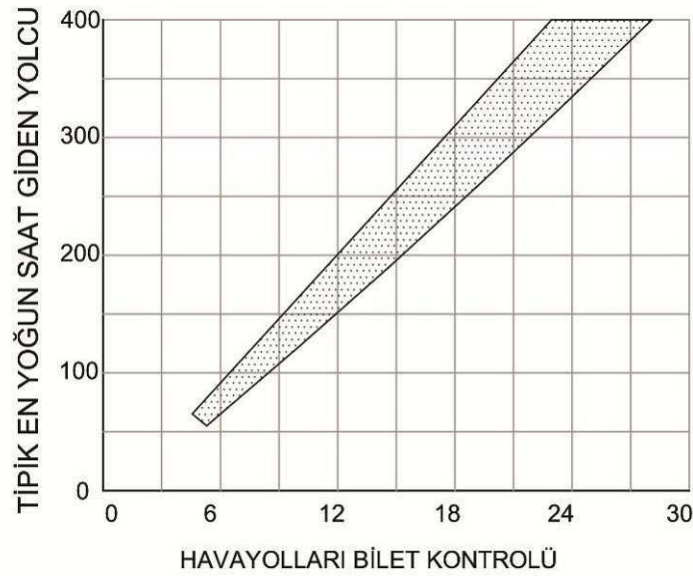
Sabah uçuşlarında, uçuşa 40-20 dakika kala olan 20 dakikalık sürede bilet kontrole yolcu gelişleri yoğunken (yolcuların %40'ı), gün içerisindeki diğer uçuşlarda bu yoğunluk uçuşa 50-30 dakika kala olan 20 dakikalık dilimde (yolcuların yaklaşık %30'u) gerçekleşir.

Giden yolcunun en yoğun saatlerde havaalanında geçirdiği 20-30 dakikalık süredeki ihtiyaçları göz önünde bulundurularak giden yolcu hareket örüntüsü üzerinde bulunan işlevsel birimler tespit edilir (FAA, 1980).

Bilet kontrol işlemleri, terminal binası içinde gerçekleştirilebildiği gibi park alanında ya da giden yolcu indirme platformunda da gerçekleştirilebilir.

Bilet kontrol kontuarlarının biçimleri, terminal binasının plan şemasını etkiler. Bilet kontrol kontuarlarının 3 farklı kullanım biçimi vardır (FAA,1980):

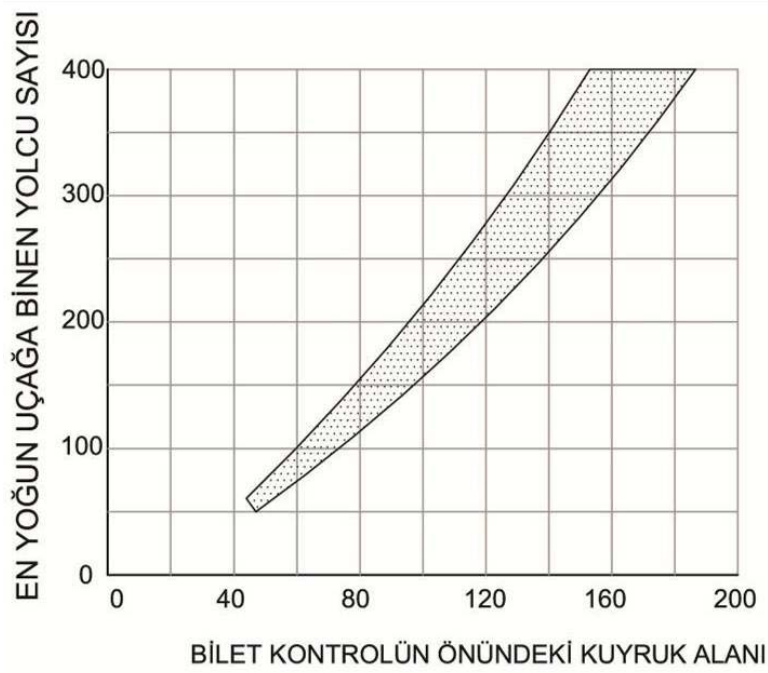
- Merkezi bilet kontrol kavramı: Bilet kontrol kontuarları terminal binası içinde merkezi bir noktada bulunur.
- Ayrılmış bilet kontrol kavramı: Bilet kontrol işlevleri terminal binası içerisinde farklı iki ya da üç noktada tasarlanır.
- Kapıda bilet kontrol kavramı: Yolcu kapasitesinin az olduğu terminallerde uçak kapısına en yakın noktada bilet kontrolünün gerçekleştirilmesidir. Üç farklı bilet kontrol kontuar biçimi vardır: Doğrusal kontuarlar, içinden geçilen kontuarlar, ada biçimli kontuarlar.



Şekil 2.11 : Bilet Kontrol Noktası / Yolcu Grafiği (Kişi/adet) (FAA, 1980)

Bilet kontrol kontuarlarının tasarımında göz önünde bulundurulması gereken unsurlar (FAA, 1980):

- Kontuarlar önünde oluşacak kuyruklar yaya akımıyla dik olarak kesişmemeli ve kontuarlar yaya akım yönüne uygun bir biçimde gruplandırılmalıdır. Grup sayısının artması yaya akımının dağılmasına ve düzensizliğe neden olur.
- Bilet kontrol holünde havayolu şirketleri için tasarlanan ofis alanlarının büyüklükleri minimum tutulmalı ve holdeki görsel sürekliliğe engel olmayacak şekilde konumlandırılmalıdır.
- Uçuş bilgileri panosu, bilet kontrol holünün her yerinden algılanabilir olmalı ancak yolcu akışlarına engel olmamalıdır.
- Bilet kontrol kontuarı önünde en fazla 5 kişilik bir bekleme süresi kabul edilebilir. Kuyruk boyu için 0.9m/kişilik bir mesafe ortalama olarak kabul edilen bir değerdir.



Şekil 2.12 : Bilet Kontrol Önündeki Kuyruk Alanı / Yolcu Sayısı Grafiği (Kişi/m²) (FAA, 1980)

- Büyük ve orta boy terminal binalarındaki bilet kontrol kontuarlarının önünde, yolcular için 4.5 m. Uzunluğundaki kuyrukta bekleme alanını da içeren 15 m.'lik bir açıklık olmalıdır.
- Bilet kontrolünde bekleme süresi 15 dakikadan az ise iyi, 15-25 dakika arası kabul edilebilir, 25 dakikadan fazla ise yetersiz olduğu kabul edilir.
- Bilet kontrol kontuarlarında bekleyen bagajlı yolcular için bekleme alanının büyüklüğü 1.6 m²/kişi'den büyük ise çok iyi, 1.6 m²-1.2 m² arası iyi, 1.2 m²-1.0 m² kabul edilebilir, 1.0 m²'den küçükse yetersizdir.

2.5.2 Yolcu Güvenlik Gözlemlemesi

FAR Port 121 kapsamında yolcu taşımacılığı yapan firmalar bölüm 121.538'e göre tüm yolcularının izlenmesinden sorumludur. Hava alanlarında uçuş öncesi yolcuları izlemek için günümüzde 3 tip izleme istasyonu kullanılmaktadır: Steril alan, bekleme alanı, uçak giriş kapısı.

Yüksek dikkat gösterilecek görüntüleme merkezlerinin tipi, yeri ve sayıları, yolcu akışını terminal boyunca en az kişi ve alet ile izlenebilmesi amaçlanarak tasarlanmalıdır. Buna göre tek izleme istasyonu önerilmektedir. Birim ekipmanları yürüyerek kontrol sağlayan metal detektörler ve bagajlar için X-RAY cihazlarıdır.

Bu mekanlar ortalama 10-15 m² olmalıdır.

Mevcut terminal binalarında tek güvenlik noktası yeterli olmayabilir. Bu durumlarda ise farklı güvenlik noktalarıyla çalışılmalıdır. Bunlar uçağa gidiş kapıları, kalkış salonları ya da terminal alanlarıdır.

Kuyruk bekleme alanları yine bu güvenlik noktalarında düzenlenmelidir. Şüpheli kişilerin tamamen aranması gerekliliğinden dolayı bekleme süreleri artabilir. Güvenlik birimleri kuyruk oluşması nedeniyle sirkülasyon alanını kesmeyecek şekilde düzenlenmelidir.

2.5.3 Pasaport Kontrolü

Genel olarak, uluslararası uçuş gelen yolcuları ya da giden yolcuları için Pasaport Kontrolü ve Gümrük formalitelerinin açık olması gerekir. Tipik olarak, gelen ve giden tüm yolcular pasaport kontrolünden (ve bazen gümrükten) geçmektedir. Göçmen ve pasaport kontrol kombine edilebilir, ancak işlemler havaalanından havaalanına Avrupa Birliği içinde dahi farklılık göstermektedir. Genellikle Schengen (SC) ve Non-Schengen (non-SC) vatandaşlar için ayrı kontrol alanları verilmektedir. Yürüyüş hızları, bilet kontrol alanlarından pasaport kontrol noktasına ve geliş kapılarından pasaport kontrol noktalarına olan uzaklık mevcut gelen yolcuların yoğunluğunu belirlemektedir. Bu bakış açısına göre, tipik talep ve işletim faktörlerinin hizmet düzeyini ve kapasiteyi etkilemesi mümkündür. Pasaport kontrolü birimi için kapasite değeri yolcuların pasaport kontrolü (ve göçmen kontrolleri) için beklemesi gereken ortalama süre dikkate alınarak ve kuyrukta bekleyen kişi sayısı ve kuyruğun kapladığı alan üzerinden değerlendirilir. Kontrolörlerin sınırlı olanakları hizmet düzeyini düşürebilir. Bu tür durumlarda havaalanı operatöründen, bekleyen yolcuların memnuniyetsizliğini azaltmak için ek alan talebinde bulunmaktadır. Denetim hizmet sistemi, çok kanallı kuyruk modeli tarafından temsil edilir ve çok amaçlı olarak, şartları gözlemler, ortalama gecikmeleri hesaplar ve yeterli kuyruk boyutlarını değerlendirir (Brunetta, Lorenzo, Righi, 1999).

2.5.4 Gümrük ve Göçmen Kontrolü

Uluslararası havalimanlarındaki yabancı yolcular, gümrük, pasaport ve bagaj kontrolünden geçirilmektedir. Bu bölüm diğer birimlerden ayrı bulunmaktadır. Bu bölüm dahilinde yabancı yolcuların pasaportları ve diğer dokümanları kontrol edilmektedir. Birim bölmeler halinde meydana gelmiş olan mekanda yoğunluk arttığında kuyruklar oluşmaktadır.

Gelen uçağın sayısı, büyüklüğü ve yük kapasitesine göre bu birim biçimlenmektedir. Gelen yolcu dağılımları yolcu yürüyüş hızı, geliş kapısından denetim alanına olan uzaklıkla belirlenebilir.

İşletme karakteristikleri ve planlama standartlarını belirleyen FAA'nın rehberleri tarafından önerilen standart veri, görevli başına saatte 50 yolcudur (Transportation Research Board,1987).

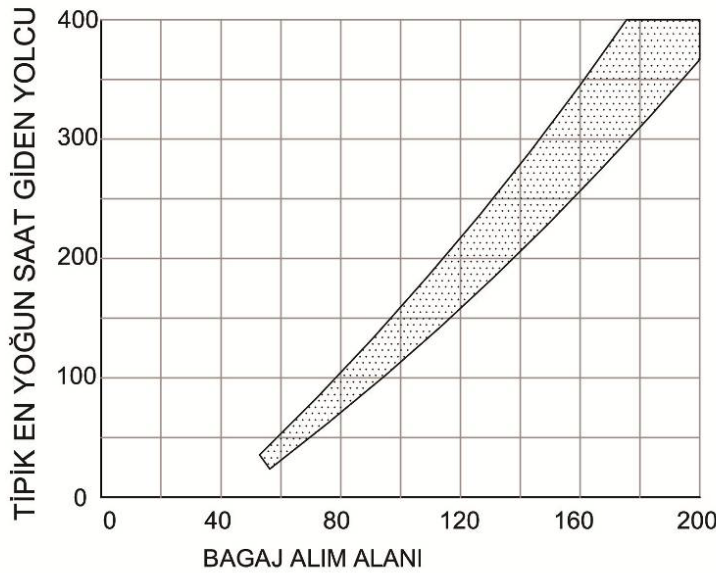
Alan standartları ise diğer yolcu bekleme alanlarıyla benzerlikler göstermektedir.

Servis seviyesine ve kapasiteye etki eden faktörler akış sayısı, alan, personel, yolcu karakterleri, uçuş ve takvim yoğunluğudur. Servis seviyesinin değerlendirme kriteri ise bekleme zamanı ve kuyruk uzunluğudur (FAA, 1980).

2.5.5 Bagaj Alım

Havaalanlarında bagaj alımları gelen yolcuların havaalanlarını terk etme sürelerini etkileyen en önemli birimlerden biridir. Bagaj sayısı ortalama yolcu başına bir bagaj olarak düşünülmektedir (FAA, 1980). Bagaj alım alanları yolcu çıkış rotası doğrultusunda konumlandırılmaktadır (Parizi, 1995).

Bagaj alım noktaları sirkülasyonun olmadığı, yolcuların rahat bir şekilde bagajlarını bekleyebilmesini sağlamalıdır (FAA, 1980).

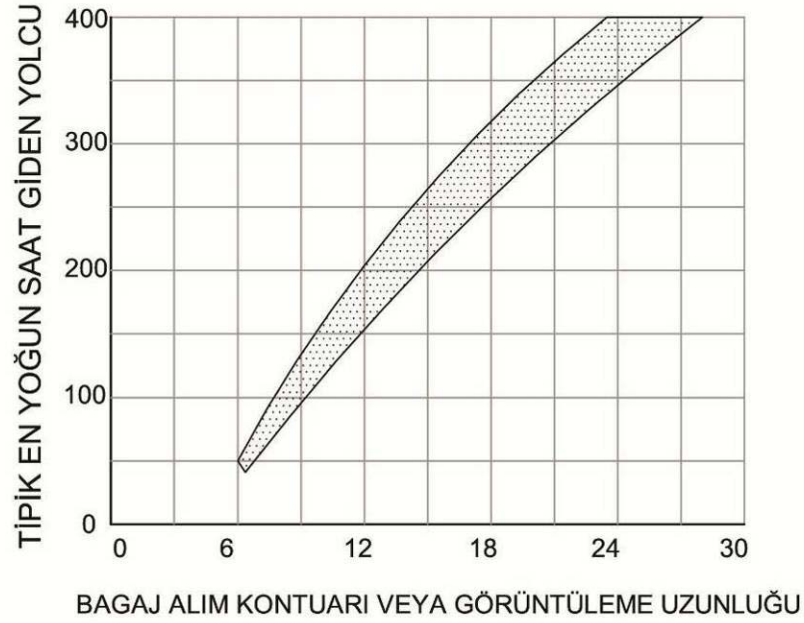


Şekil 2.13 : Bagaj Alım Alanı / Yolcu Sayısı Grafiği (Kişi/m²) (FAA, 1980)

Yolcuların uçak iniş süreleri ortalama 10-20 dakika olduğuna göre, bagajların bu süre içinde bagaj alım bandına yerleştirilmesi gerekmektedir. Bagaj alım bandının

yeterli uzunlukta olması ve yolcunun görüş ve alım mesafesine uygun şekilde düzenlenmesi gerekmektedir (FAA, 1980).

Toplam bagaj alım alanı bir saatte havaalanına inen toplam yolcu sayısı ile doğru orantılıdır. Bagaj alım m²'leri Şekil 2.13'te (Parizi, 1995) belirtilmektedir. Grafikte, 0.75 m genişliğindeki bagaj alım bandının, gelen yolcu sayısına göre uzunluk değerinin aralığı verilmiştir (FAA, 1980).



Şekil 2.14 : Bagaj Alım Kontuarı / Yolcu Sayısı Grafiği (Kişi/m) (FAA, 1980)

Banttın alınan bagajların beklemesi için 4m'lik, manevralar için ise 3m'lik alana ihtiyaç vardır. Çalışma alanının uzunluğu en az bagaj alım mekanının uzunluğuna eşit olmalıdır (FAA,1980).

2.5.6 Giden Yolcu Salonu

Uçuş kapısının bitişindeki bekleme alanlarına, kalkış salonu, çıkış kapısı salonları ya da bekleme odaları denmektedir (FAA, 1980).

Bu mekandaki yolcu kapasitesi bu alana servis verecek uçak sayısı, doluluk oranı ve uçağa binme zamanının başlamasıyla kalkış zamanı arasındaki süresiyle belirlenir.

Yapılan incelemelerin gösterdiği gibi kalkıştan 15 ila 20 dakika öncesinde yolcuların %70 ila %90'ı kapının yakınlarında bulunmaktadır.

Bu servis işleyişine etkileyen faktörlerden bazıları oturma ve bekleme alanı geometrileri ve oturma alanı sayısı, uçağa biniş metodu ve havayolları servis karakteristikleridir. Servis seviyesi değerlendirme kriteri yoğunluk ya da tıkanıklık durumlarıdır (FAA, 1980).

2.5.7 Uçuş Kapısı

Uçuş kapısı tek bir uçağın terminale yanaştığında yolcu, bagaj ve posta indirilip yüklenmesini sağlar. Uçuş Kapıları kapasitesi sürekli talep altında uçağın yükleme ve boşaltması operasyonlarını gerçekleştirebilme yeteneğine bağlıdır. Bu da tüm uçak hizmetlerinin ağırlıklı ortalama kullanım süresinin tersidir. Kapı kapasitesi talebin yoğun olduğu saatlerde, belli aralıklarla belli sayıdaki kapının yer temin edebileceği en fazla uçak sayısını göstermektedir. Bu kapasite, uçakların kapıları işgal etme süresine göre hesaplanır. Bir uçak kapıda ortalama 30 dakika kalıyorsa, bu kapının kapasitesi saatte iki uçaktır. (Horonjeff ve McKelvey, 1994).

Uçuş Kapısı Kullanım Süreleri aşağıdaki verilere bağlıdır.

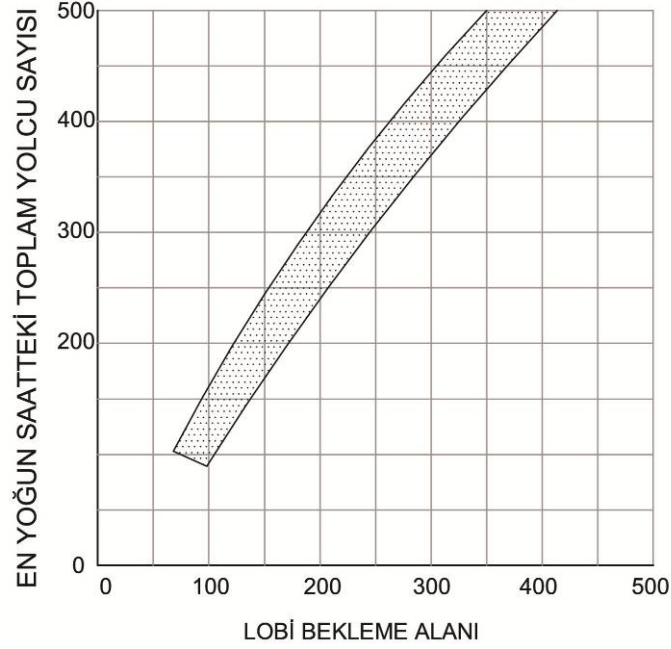
- Uçağın cinsi
- Uçuş olduğu takdirde, uçuşun geliş-gidiş yada direk gidiş olup olmadığı
- Uçağa binen ve inen yolcu sayısı
- Bagaj ve Posta miktarı
- Apron Personeli etkinliği
- Tüm uçuş kapılarının uçuşlara hazır olup olmadığı yada kaçının özel uçuş ve uçaklara tahsis edildiği.

2.5.8 Lobi / Bekleme Alanı

Bilet gişesinin hemen yanında bekleme ve oturma için yeterli alanın bulunduğu bir lobiye ihtiyaç vardır. Lobi, erken gelen yolcular, uçuşu ertelenmiş yolcular ve yolcuları uğurlamaya gelen yolcu yakınlarını ağırlamaya yetecek kadar geniş olmalıdır. Evrak kontrol, dinlenme odaları, telefon kulübeleri, güvenlik kontrol noktaları ve bagaj teslim alanlarına kolay erişimin sağlanabileceği bir bölümde konumlandırılmalıdır. Lobi terminal boyunca sirkülasyonun sağlandığı temel merkezdir ve oturma alanları, bilet gişesinde sırada beklemekte olan yolcular veya yolcu trafik akışıyla kesişmemelidir (FAA, 1980).

Şekildeki veriler lobi veya bekleme alanı miktarı için kılavuz olarak kullanılabilir. Özel etkinlik katılımcıları, ortak dinlenme birimlerine giden topluluklar ve heyetler için grafikte belirtilmiş olan lobi / bekleme alanına ek olarak bölümlerin açılması gerekebilir. Bu durumların oluşma sıklığı baz alınarak ayrılacak bölümler konusunda planlama yapılabilir. Yüzde 10 ila 15 arası sirkülasyon alanı ve yolcu kabulü eğri görülmektedir. Bilet gişesi önünde oluşturulacak sıra için ayrılması gereken alan boyutları şekilden elde edilebilir. Bekleme sırası uzunluğu 6 metreden daha az

olmamalıdır. Bekleme sıraları, girişleri veya bilet gişesi yakınındaki sirkülasyon alanlarını engellememelidir. Sirkülasyon için ayrılan alanlara Şekil 2.15'den elde edilen alanlar eklenir (FAA, 1980).



Şekil 2.15 : Lobi- Bekleme Alanı / Yolcu Sayısı Grafiği (Kişi/m²) (FAA, 1980)

2.5.9 Sirkülasyon Alanları

Sirkülasyon terminal planının başarılı olarak nitelendirilebilmesi için kilit elemanlardan biridir. Sirkülasyon alanının boyutları, yerleşim planı, tesislerin konumlandırılması ve boyutları baz almak suretiyle yaklaşık olarak terminal alanının %20 ila %30'una tekabül etmektedir. Örnek olarak, ilk planlarda kalkış peronu bir terminal salonunu içeriyor olabilir. Sonraki inşaa safhaları ek uçak park bölümü, genişletilmiş bilet gişesi, bilet sırası alanı ve bagaj teslim bölgelerini içerebilir. Bu durumda ek bir sirkülasyon alanına ihtiyaç duyulmaz ve bu alanın tüm alana oranı ilk planlanana göre daha düşük olacaktır. Olağanüstü büyümeye yol açabilecek durumlar dışında, %20'lik bir alan planlama amacıyla kullanılabilir. Planlamada gelecekte ortaya çıkabilecek gereklilikleri sağlamak amacıyla, mantıklı seviyelerde tutulmuş bir sirkülasyon alanına yer verilmelidir (FAA, 1980).

2.5.10 Havaalanı İç Hizmet Birimleri

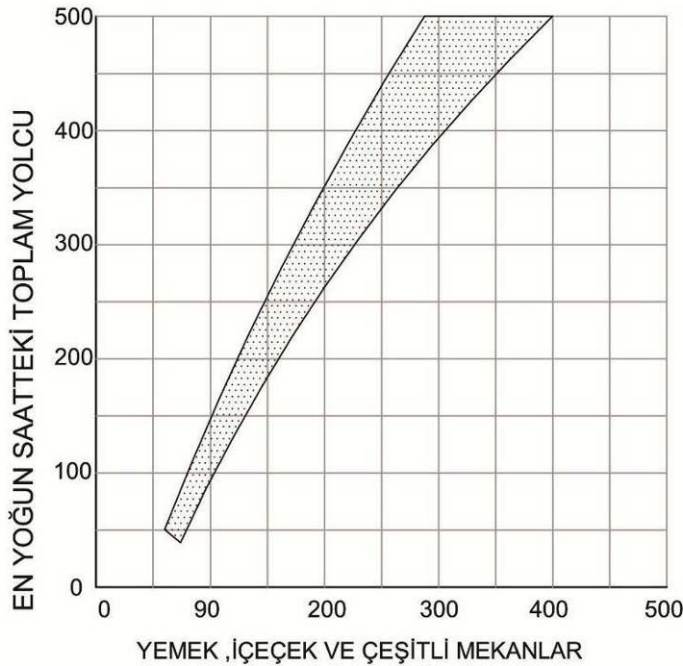
Kiracı havayolu şirketleri hizmetleri için ihtiyaç duydukları mekanları, mekan gereksinimlerine göre kendileri düzenlemektedir. Şekil 2.16'da havaalanı işlevlerinin boyutlandırılması ve ilk planlamasında kullanılacak toplam ofis ve operasyon alanlarının yaklaşık boyutlarını vermektedir (FAA, 1980).

2.5.11 Ofisler

Havaalanı ofis alanları, genel olarak bilet gişelerinin arkasında tasarlanmaktadır. Bu yerleşim hem bilet gişelerine, hem de bagaj alım ve yerleştirme alanına yakın olması gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. Çalışanlar için bu mekan öncelikli olarak bir ofis olmakla birlikte, dinlenme ve eğitim amaçlı olarak da kullanılabilir. Bazı durumlarda çok amaçlı bir oda tüm bu amaçlar için kullanılabilir. Havaalanı yöneticisinin ofisi bu bölümlerde yada bu kriterlerden bağımsız olarak başka bir konumda yer alabilmektedir (FAA, 1980).

2.5.12 Yemek Hizmetleri

Yeme-içme hizmetleri için minimum alan gereksinimi sıcak-soğuk önceden hazırlanmış içecekleri veren satış otomatları için gerekli olan alandan oluşmaktadır. 8 m²'lik bir alan bu gereksinimleri minimum seviyede karşılayabilmektedir (FAA, 1980). Eğer havaalanının ilk aşaması için satış otomatı tipi servis planlanıyorsa, terminal atıştırmalık yemek ve içecek sunulan barı kabul edebilecek kapasitede olmalıdır. Yolcu miktarı ve diğer havaalanı kullanıcıları 40 ila 60 m²'lik minimum personel tesisini destekleyebilecek şekilde verilmiş olan kararlarda bir sonraki adımda düşünülmüş olmalıdır. Çok merkezli (nonhub) yüksek yoğunluklu havaalanları bir kahve satış ve servis birimi, birkaç masa sandalye ve ayrıca bir mutfak gerektirebilir (FAA, 1980).



Şekil 2.16 : Yemek ve Çeşitli Mekanlar / Yolcu Sayısı Grafiği (Kişi/m²) (FAA, 1980)

Bu birim yerel koşullar ve potansiyel müşteriler doğrultusunda karar verilerek, müşteri hacmine göre sunulacak havayolları yemekleri, tekil yada genel amaçlı servis vermektedir. Bu koşullar altında birim alanı 100 ila 300 m² değişiklik göstermektedir (FAA, 1980).

2.5.13 Dinlenme Odaları

Kamusal (halka açık) dinlenme odaları, bilet gişesi lobisi, yeme-içme birimleri ve bagaj alma bölümüne yakın bir yerde konumlanmalıdır. Birçok çok merkezli (non-hub) terminalde dinlenme odaları merkezi bir noktada toplanır. İlave dinlenme odaları giden yolcu salonuna yakın olmalı ve/veya güvenli bir bölgede konumlandırılmalıdır. Genellikle özel tuvaletler idari birimler ile kullanım alanlarının kesişiminde ve kamusal olmayan alanlarda yer alması gerekmektedir. Bütün bunların yanı sıra tesislerin engelli kullanıcılar göz önünde bulundurularak kullanım ve erişim konusunda sorun yaşamamaları gerekmektedir (FAA, 1980).

2.5.14 Danışma ve Uçuş Bilgi Ekranları

Yolcuların uçuşlar hakkında bilgi edinebilmesi için düzenlenen bölümdür. Uçağın uçuş kapısının numarası ve açılıp açılmadığı, bilet kontuarın işleme başlayıp başlamadığı ya da uçuşta rötar olup olmadığı ile ilgili tüm bilgilerin yansıtıldığı ekranlardır. Bir süre öncesine kadar sesli anonslarla yapılan bu duyurular yoğun olan havaalanlarında karışıklıklara sebep olmaktadır (Airport Planning Manual, 1987).

Bu sebeplerden dolayı uçuş bilgi ekranları bilet kontrol, bekleme alanları ile birlikte düzenlenmeleri gerekmektedir. Böylece bütün bu mekanlardan görüşü sağlanabilir. Ayrıca her taraftan görüş sağlandığı takdirde yürüyüş rotaları engellenmemiş olacaktır. Büyük binalarda tek bir bilgi ekranının her yönden görüşü sağlanamayacağı için birden çok ekranla bilgi akışı sağlanmalıdır (Airport Planning Manual, 1987).

2.5.15 Satış ve Alışveriş Birimleri

Gazete ve kitap satış yerleri yıllık 200.000 yolcu üzerinde olan havaalanlarında diğer birimlerden ayrı olarak düşünülmektedir. Minimum 14 m² den oluşur ve yıllık 1 milyon ortalama yolcu için 56 ile 65 m² arasında değişen alan yeterli olacaktır. Hediyeleşim ya da giysi satış birimleri küçük havaalanlarında gazete, kitap satış birimleriyle birlikte yer alırken yıllık 1 milyon yolcu kapasiteli terminallerde 56 ila 65 m² arasında asgari yer planlanmalıdır (Airport Planning Manual, 1987).

2.6 Yolcu Karakteristikleri

Havaalanındaki yolcu karakteristikleri incelenmeden önce yolcuların normal koşullarda ve panik durumlarındaki hareket eğilimlerinin incelenmesi gerekmektedir.

2.6.1 Normal Koşullar

Ortaya çıkan az veya çok “kaotik” olarak nitelendirebileceğimiz bireysel yolcu hareketlerine karşın, Arns (1993) tarafından hazırlanan hızlı çekim filmlerde net olarak görülen düzenli hareketlere de rastlanmaktadır (D. Helbing,1997, 1998,2001).

1. Yayaların dolambaçlı yolda ilerlemekten hoşlanmadıkları ve istediği yön kalabalık da olsa alternatif doğrultulara yönelmeyip aynı yönde hareket ettiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, yayaların genellikle en kısa yol yerine en hızlı yolu tercih ettiklerine dair kanıtlar da mevcuttur (Ganem,1998). Genel olarak, yayalar istedikleri hedefe ulaşmak için gerekli çabayı minimize etmek amacıyla, yürüyüş konforunu olduğu kadar dolambaçlı yolları da göz önünde bulundurmaktadırlar.
2. Yayalar kendilerine has diledikleri bir hızda ilerlemeyi tercih etmektedirler; bu hız, hedefe zamanında ulaşabilmek amacıyla daha hızlı yürümenin zorunlu olduğu durumlar dışarıda tutulacak olursa, en konforlu (Örn. En az enerji harcanan) yürüme hızıdır (Weidmann,1993). Tercih edilen yaya hızı 0.26m/s’lik bir sapma payı ile ortalama 1.34m/s’dir. Ancak ortalama hız cinsiyet ve yaş, zaman aralığı, ziyaretin nedeni, çevresel faktörler vb. durumlara (Predtetschenski and Milinski,1971) göre değişkenlik gösterebilir (Weidmann,1993).

Yayalar diğer yaya ve çevreye (sokaklar, duvarlar ve engeller; Bkz. Transportation Research Board,1985) karşı mesafelerini koruyarak ilerlemektedirler. Bu mesafe yayanın acele etme seviyesiyle doğru orantılı olarak küçülmekte ve yaya yoğunluğunun artmasıyla da azalmaktadır.

2.6.2 Panik Durumu

Paniğe kapılarak koşuşturma durumu en trajik toplu hareketlerden biridir (Jacobs and Hart,1992; Coleman,1990; LeBon,1960; Turner and Killian, 1987) çünkü çoğu kez panik durumu, insanların çarpma veya ezilme gibi nedenlerle ölmelerine yol açmaktadır. Bu davranış kalabalık binalarda yangın çıkması gibi hayati tehlike yaratan durumlarda normal karşılanabilmesine rağmen, bir pop konserinde iyi yer kapabilmek için oluşan izdiham sonucunda ortaya çıkması anlaşılması zor bir durum

olarak göze çarpmaktadır. Ne yazık ki artan nüfus, ulaşım imkanlarının artması sonucu pop konserleri, spor karşılaşmaları vs gibi etkinliklerin çoğalmasıyla birlikte bu faciaların sayısı her geçen gün artmaktadır (Johnson, 1987). Yine de panik durumuna (Mintz,1951; Kelley, Condry Jr., Dahlke and Hill, 1965) dair sistematik çalışmalar çok nadirdir (Keating,1982; Miller, 1985; Johnson, 1987) ve insan topluluklarının dinamiklerinin öngörülmesine yönelik çok az sayıda sayısal teori mevcuttur (Klumpf, Meyer-König, Wahle and Schreckenber , 2000; Still,1993,2000). Buna karşın aşağıda belirtilen özellikler tipik olarak nitelendirilebilir (Helbing, Farkas and Vicsek, 2000) :

1. Kaçış paniklerinde, insanlar gerginleşmektedir, örneğin kendilerini kaybederek harekete geçmeye meyillidirler.
2. Normalden çok daha hızlı hareket etmeye çalışmaktadırlar (Predtetschenski and Milinski, 1971)
3. Bireyler birbirlerini itmeye başlarlar, insanlar arası etkileşimler fizikselleşmeye başlar.
4. İlerlemek, özellikle darboğazlardan geçiş koordinasyonsuz halde gerçekleştirilmektedir (Mintz, 1951)
5. Çıkışlarda kargaşa ortaya çıkmaktadır (Mintz, 1951). Bazen yığılma ve tikanıklıklar gözlemlenmektedir (Predtetschenski and Milinski, 1971).
6. Karmaşa halindeki kalabalıkların oluşturduğu fiziksel etkileşimler 4500N/m (Elliott and Smith,1993)'e varan tehlikeli basınç kuvvetlerine neden olabilmektedir, bu kuvvet çelik bariyerleri eğebilir veya duvarları yıkabilir.
7. Kaçış yere düşen veya yaralanarak “engel” haline gelen insanlar tarafından yavaşlatılmaktadır.
8. İnsanlar sürü psikolojisine uymaktadır, örneğin diğer insanlardan gördüğü hareketleri gerçekleştirmektedirler (Keating, 1982; Quarantelli, 1957).
9. Alternatif çıkış noktaları genellikle es geçilmektedir veya kaçış durumunda efektif olarak kullanılamamaktadır (Keating, 1982; Elliott and Smith, 1993).

2.6.3 Gazlar, Sıvılar ve tanecikli akışlar ile olan benzerlikler

Yoğunluk az olduğunda yayalar özgürce hareket edebilmektedirler ve kalabalık dinamikleri gazların davranışlarına benzetilebilir. Orta ve yüksek dereceli kalabalıklarda, yaya hareketleri sıvılar ve tanecikli akışlardakine benzer bir karakter göstermektedir:

1. Yayaların kar üzerinde bıraktıkları izler sıvıların akış izleriyle benzerlik göstermektedir (Helbing, 1993).
2. Karşı yönlerde yürüyüşlerin kenar çizgilerinde “viskoz parmaklama” görülebilir (Kadanoff, 1985; Stanley and Ostrowsky, 1986).

Duran kalabalıklara karşı hareket halinde bulunan yaya akışları (Helbing, 1997, 1998, 2001; Arns,1993) nehir yataklarının formasyonu ile benzerlik göstermektedirler (Stølum,1996; Caldarelli, 2000).

3. Tanecikli akışlardaki ayrışma ve katmanlaşma fenomenine benzer olarak (Santra, Schwarzer and Herrmann, 1996) eğer yaya yoğunluğu yeterince yüksek ise (Oeding, 1963; Helbing, 1991, 1997, 1998, 2001), yayalar spontan bir şekilde düzenli yürüme yönlerinde organize olmaktadır.

Darboğazların yaşandığı yerlerde (koridorlar, merdivenler veya kapılar) yaya geçişleri kararsızdır (Helbing, Molnár and Schweitzer, 1994; Helbing and Molnár, 1995). Bu “tuz salıncacı” (Yoshikawa, Oyama, Shoji, and Nakata, 1991) veya tanecikli “kum saatine” (Wu, Måløy, Hansen, Ammi, and Bideau, 1993) benzetilebilir.

4. Yoğun yaya kalabalıklarının birbirini itmesinde şok dalgalarının yayılması görülebilir (Virkler, ve Elayadath,1994).
5. Panik halindeki kalabalıklarda meydana gelen yığılma ve tıkanmalar, dar ağızlardaki kaba tanecikli akışlarla benzerlik göstermektedir (Ristow, ve Herrmann, 1994; Wolf, ve Grassberger, 1997).

Özet olarak, normal koşulların sıvı dinamiğiyle, panik halinin ise tanecikli akışlarla benzerlik gösterdiği söylenebilir (Helbing, Farkas, Molnár, ve Viscsek, 2002).

2.6.4 Yolcu Yürüyüş Hızları

Yolcu yürüme hızı ve akım oranı yaya hareketlerini etkileyen faktörlerdendir J.Burke (1979), yaya hareketlerini, yayaların çevreden gelen uyarıcıya gösterdikleri duyarlılıkların sonucunda çıkan tepki şeklinde açıklamıştır. J.L. Pauls ise yayaların çevre koşullarına bağlı olarak bireysel tepkilerle moleküller gibi hareket ettiklerini belirtmektedir (Çağdaş,1986).

Yüksek yoğunluklarda etkileşimin daha fazla, düşük yoğunlukta ise daha az rol oynadığı görülmektedir. 2 kişi/m²’den çok olan yoğunluklarda akım azalmaktadır (Pauls, 1980). Bir geçitteki akım oranını veren fonksiyon aşağıdaki gibidir:

$$\text{Akım oranı (K/s)} = \text{Ortalama yürüme hızı (m/s)} \times \text{ortalama yoğunluk (kişi/m}^2\text{)} \times \text{yol genişliği (m)} \quad (2.2)$$

Yürüme hızı yoğunluğa ve çevreye bağlı olarak değişkenlik gösterir. Yaya yoğunluğu ve yaya yürüyüş hızı karşılıklı etkileşim halindedir. Bu durumu J.L. Pauls (1974), yoğunluğun artmasıyla artan psikolojik girişim ve fiziksel ilişkinin bir sonucu olarak açıklamaktadır (Pauls, 1974).

Yürüme hızını etkileyen faktörler arasında, gün içindeki zaman, yürüme amacı, cinsiyet, yaş, yalnız olma ya da grupla hareket etme, dış giysi, hava durumu vs gibi nedenler de sayılabilir. Yoğunluk/ortalama yürüme hızı grafiğinde görülen sonuçların farklı olma nedenleri, gözlemlerin farklı gruplar üzerinde yapılmış olması ve bu gruplardaki yaya karakteristiklerinin farklı olmasıdır (Tregenza, 1978).

2.6.5 Havaalanı Yolcu Tipleri

Genel olarak yolcu karakterleri iş sebebiyle yolculuk edenler ve turizm, kişisel yada dini sebeplerle yolculuk edenler olarak 2 çeşide ayrılır. İş sebebiyle yolculuk edenler genellikle daha çok deneyimlidirler ve yolcu terminal binası servislerini tam verimle kullanmaktadırlar. Diğer tipteki yolcular ise büyük oranda daha az deneyime sahiptir. Havaalanı prosedürlerine alışkın ve servisleri kullanmaktadır. Yolcu tiplerindeki belirgin çeşitlilikler ve karakteristikler havaalanı terminal binasındaki gerekliliklere ve çalışan ihtiyacına etki etmektedir (Airport Planning Manual (APM), 1987)

Ayrıca havaalanı yolcuları iki tipte ele alınabilir (APM, 1987):

- Dış hatlar yolcuları: Ülkeler arasında yolculuk yapanlar ve hükümet için teftiş yapan sınır görevlileri.
- İç hatlar yolcuları: Ülke sınırları içinde yolculuk eden yolcular. Yolcular devlet kontrolünden geçmeden seyahat etmektedirler. Bu kontrollere gümrük kontrolleri de dahildir.

Yolcu tiplerini belirgin olarak ayıran başka bir kategori ise (APM, 1987):

- Giden yolcular; havayollarını kullanmayı amaçlayan yolcu.
- Gelen yolcular: Uçakla havaalanına inen ama başka bir uçuşla devam etmeyen yolculardır.
- Transit yolcular: Uçakla havaalanına geldikten sonra, aynı uçakla ya da farklı bir uçakla, farklı bir noktaya gidecek yolculardır.

2.7 Havaalanı Kapasitesi ve Rötar Durumları ile ilgili kriterler

Bir ulaşım sisteminin etkinliği, etkili biçimde taşıma birim süreci açısından ölçülür.

Sistem performansı özgün birimlerin hızına bağlı olduğunda, bu birimlerin tüm sistem kapasitesi hesabının yapılması gerekmektedir. Sistem, birimlerin görerek ilerlemesiyle oluşmaktadır. Bu sistem içindeki en yavaş birim sistem hızını belirleyen birimdir (Horonjeff ve McKelvey, 1993).

Havaalanının kapasitesini azaltan ve gecikmelere yol açan faktörler 4 başlıkta toplanabilir. Bunlar, havaalanı hava tarafı kapasitesi, hava sahası kapasitesi, yer ulaşım kapasitesi ve yolcu terminal kapasitesidir (Kıyıldı,2005).

2.7.1 Havaalanı Terminal Binası Kapasitesi

Dönem kapasitesi bir servis biriminin bir süreç içinde maksimum yapabileceği işlem seviyesidir. Servis birimlerinin gerçek azami ya da nihai kapasitelerinin ölçülebilmesi için sürekli bir ihtiyaç olması gerekir. Fakat bu havacılıkta mümkün değildir. Sanal olarak bu yığın operasyon zamanı kısıtlanarak ya da çalışan sayısı indirgenerek sağlansa bile bu sadece servis kalitesindeki kötüleşmeye sebep olmaktadır. Bu nedenle, tasarımcılar bunu iniş çıkışlar gösteren ihtiyaca göre en iyi hizmet düzeyi sağlayacak şekilde tasarlamayı amaçlamaktadırlar. Genellikle havaalanı tasarım şartnamelerinde terminal binası kapasitesi, yeterli seviyede kapasite sağlamak için gereksinimin yüksek yüzdesi ile rötar durumunun düşük yüzdesinin oranı ele alınarak belirlenir (Horonjeff ve McKelvey, 1993). Bu bağlamda görülmektedir ki kapasite ile rötar birbiriyle bağlantılıdır. Yeterli kapasiteyi sağlayarak farklı taleplere uygun olarak hiçbir rötar gerçekleşmeden hizmet verilmesi gerekmektedir (Horonjeff ve McKelvey, 1993).

Havaalanı kapasitesi teorik ve pratik kapasite olarak iki farklı başlıkta ele alınabilir;

• Teorik Kapasite

Bir havaalanındaki uçakların hiçbir geciktirici etkiye maruz kalmadan belirli sürede en fazla sayıda iniş ve kalkışı gerçekleştirdiği varsayımı ile hesaplanan kapasite durumudur (Kıyıldı,2005).

• Pratik Kapasite

Havaalanının yoğun olduğu 2 saatlik dilimde her uçağın dört dakikayı geçmeyen sürelerle gecikmesini varsayarak kapasitenin hesaplandığı durumdur. Her uçağın dört dakika rötar yapmayacağı gerçeğini göz önünde bulundurarak daha az ve daha fazla rötar yapan uçakların yaklaşık olarak birbirini dengelemesini sağlayan pratik

kapasite hesabı, hiçbir uçağın gecikme yapmayacağı varsayımı üzerine kurulu olan teorik kapasite hesabına göre daha güvenli sonuçlar verecektir (Oyman,1998).

2.7.2 Rötar Durumları

Gecikme, hava taşımacılığı sistemindeki kapasite yetersizliğinin neden olduğu tıkanıklığın bir göstergesi ve havaalanı kapasitesinin fiili bir ölçüsüdür (Kıyıldı,2005).

FAA'nın 1980 yılında yaptığı çalışmalara göre havaalanı gecikmeleri 4 aşamada incelenebilir.

- 1) Uçağın park sahasından çıkış izin zamanı ile çıkış zamanı arasındaki fark kapı gecikmesi olarak adlandırılmakta ve genellikle 1 dakika veya daha az sürmektedir.
- 2) Uçağın taksi yollarını kullanarak pist başına gitmesi ve havalanması sırasında gerçekleşen gecikmeler taksi çıkış gecikmesi olarak anılmaktadır. Bu gecikmeler genellikle 6 dakikayı geçmemektedir.
- 3) Bilgisayar tarafından hesaplanan uçuş saati ile gerçekleşen uçuş saati arasında oluşan süre farkı uçuştaki gecikme olarak adlandırılır ve bu da yaklaşık 3 dakika sürmektedir.
- 4) İnişten park sahasına gidişte geçen sürede gerçekleşen gecikmeler körüğe giriş gecikmesi olarak adlandırılmaktadır.

Tüm bu çalışmaların sonucunda FAA havaalanlarındaki ortalama bir gecikmenin 12 dakika olacağını öngörmektedir.(Kıyıldı,2005)

Pist, kapılar ya da havadaki yıllık rötarlar birçok sebepten dolayı gerçekleşebilir. Saatlik ya da günlük küçük, büyük rağbet, yaşanan tüm olaylar rötar durumlarını etkileyebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı yıllık rötar hesaplamalarının sezonluk, günlük, saatlik gibi farklı çeşitlerde talep ve kapasite doğrultusunda yapılması gerekmektedir.

Yıllık rötar, her ne kadar yorucu ve veri, zaman ve güç kaybına neden olan bir yöntem olsa da, 365 günlük rötarların toplanmasıyla elde edilmektedir (Ashford ve Wright, 1992). FAA'ya göre ise 365 günlük talep göz önüne alınarak, bu karakteristiğe uygun az sayıda temsili günler belirlenir. Bu günlerdeki rötarlar hesaplanıp, temsili günlerin kapsamı dahilinde ele alınan günlerle çarpılarak yıllık toplam rötar bulunmaktadır.

Havaalanı terminal binasının kapasite analizindeki en önemli noktası yolcu rötarlarını en aza indirerek sıklığı en alt seviyeye çekmektir. Bundan dolayı,

koridorlardaki tahmini yürüme zamanları, işlem yapılan birimlerdeki rötarlar ve akış oranları kapasite ölçümündeki en önemli noktalardır (Solak, B. Clark ve Johnson, 2009).

Tüm yaya hareket çalışmaları, yaya yürüyüş hızı ile sıklık düzeyi arasındaki ilişkilerin tahminini içermektedir. Yaung'ın (1999) hazırladığı serbest akış hızlarının Sarkar ve Janardhan'ın yaptığı çalışmaların (1997) ilişkilerine adapte edildikten sonra derlenen havaalanı terminal binası koridorlarındaki hız (m/sn) ile yoğunluk (yolcu/m²) ilişkisi lineer fonksiyon olarak düzenlenmiştir (2.3).

$$S = -0.34\varnothing + 1.34 \quad (2.3)$$

Formülünde S hız, $\varnothing$ ise yoğunluktur (Solak, B. Clark ve Johnson, 2009).

2.8 Sonuç

Tez kapsamında araştırılan havaalanları hakkında öncelikle pist, apron, terminal ilişkileri analiz edilmiştir. Farklı tipteki havaalanlarının ortak ve farklı yönleri belirlendikten sonra terminal binası ve terminal binası bileşenleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu süreçte veriler dünya havacılık standartlarını belirleyen FAA ve IATA tarafından elde edilmiştir.

Havaalanları karmaşık yapılar olmasından dolayı kendi içinde çalışan birçok birimden oluşmaktadır. Bu birimlerden bilet kontrol noktası, yolcu güvenlik gözlemlemesi, pasaport kontrolü, gümrük ve göçmen kontrol noktaları, bagaj alım bölümü ve uçuş kapısı birimleri bütün havaalanlarında bulunması gerekenlerdir. Diğer birimler ise havaalanlarının kapasite, büyüklük ve ihtiyacına göre konumlandırılmaktadır. Bütün bu mekanların kapasiteye göre yeterlilik kriterleri grafiklerle ifade edilmiştir. Bu birimlerin tek birinin bile yetersiz kalması tüm havaalanının işleyişini engellemeye yeterlidir. Bu sebeple havaalanı terminal binası birimleriyle birlikte insan hareketleri incelenmiş, normal ve panik durumdaki davranışları sunulmuştur.

3. HAVAALANI DEĞERLENDİRMESİ İÇİN BENZETİM MODELLERİ

Yaya akışları terminalin en yoğun olduğu zamanlarda bile tahminlere dayalı ve değişken olmaktadır. Bazı birimlerin günlük, hatta saatlik akış yoğunlukları bilinse bile detaylı tasarım yapılamamaktadır. Simülasyon süresince insan davranışlarını incelemek ve bagaj akış sistemini detaylandırmak için birimler arasındaki ilişkiler 3 bölümde incelenmektedir. Bunlar:

- Ağ Modelleri
- Sıralama modelleri
- Simülasyon modelleridir.

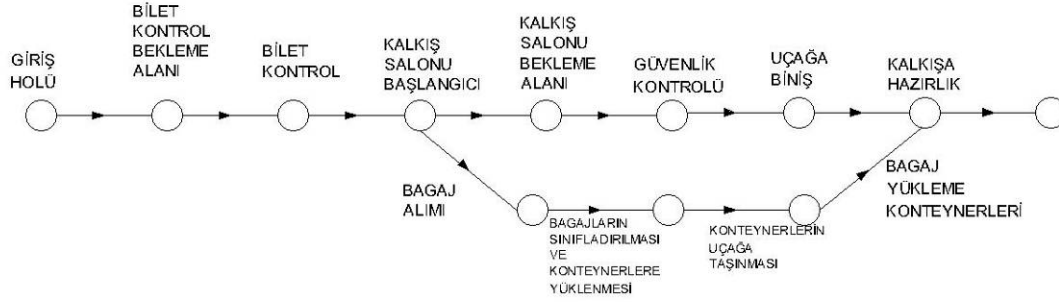
Şu ana kadar yapılan modeller bu yöntemlerin en az birini kullanmaktadır. Ağ modeli akış şemasını oluşturmakta, sıralama modeli kuyruk uzunluğu ve kuyruğun alanı hesaplanmakta, benzetim modelleri insan hareketlerinin davranışlarını oluşturmakta kullanılmaktadır.

3.1 Ağ Modelleri

Ağ modelleri hemen hemen bütün modellerin akış diyagramlarında kullanılmaktadır. Ağ analizi yolcu ve bagaj yürütme sisteminin çeşitli birimlerinin ara bağlantıları analizi için çok kullanışlı bir yöntemdir. Ağ sistemlerinde genel olarak yolcu işlemi diyagramı oluşturularak, servis birimleri düğüm noktalarıyla, hareket rotaları ise bağlantılarla temsil edilmektedir. Bu tip sunumlar terminal içindeki yolcunun çeşitli konumlarda oluşabilecek rötarlarını tahmini olarak belirtmektedir (Horonjeff ve McKelvey, 1993).

J.B. Braaksma'nın 1970 tarihli çalışmasında uygulanmış olan "Critical-Path Model" (CPM)'de gelen yolcu rötar tahminleri hesaplanmıştır. CPM, yolcu ve bagaj akış sisteminin çeşitli aktivitelerini koordine etmek amacıyla tasarlanmıştır. Düğüm noktalar, kritik aktivitelerin olduğu, en çok zaman harcanan, kolayca tanımlanabilen ve tüm sistemin performansına olan etkisinin daha ayrıntılı analiz edilebildiği noktalardır (Horonjeff ve McKelvey, 1993).

Ağ analizi modelinde servis süreleri, bekleme zamanları doğrudan analiz edilememektedir. Bu analizler için Analitik Kuyruk Modeli kullanılması gerekmektedir (Horonjeff ve McKelvey, 1993).



Şekil 3.1 : Ağ Analizi Sembolik Gösterimi (Horonjeff ve McKelvey, 1993)

3.2 Sıralama Teorileri

Sıralama modelleri hizmet birimlerinin belirlenmiş seviyedeki yoğunluk karşısında tahminlerine ve kuyruk boylarının hesaplanmasına imkan vermektedir (Horonself ve McKelvey,1993). Sıralama modelleri birimlerin tek tek kuyruk uzunluğu ve alanının hesaplamasında kullanılmasından dolayı akış ve bekleme birimlerinde bu model kullanılmaktadır. Analitik sıralama modelleri, sıralama problemleri için analitik çözümler kullanarak gecikmeleri ve sıra uzunluklarını saptamaktadır (Ashford, O'leary ve McGinity, 1976; Ashford 1976; Gentry and Doyle, 1978; McKelvey, 1988). Tipik olarak sıralama sistemi, müşteri girişleri dağılımı, hizmet zamanları dağılımı, hizmet kanallarının sayısı ve işlem yapan tesisin bağlı olduğu idareye göre belirlenir. Yolcular bir sisteme gelir, sırada bekler, eğer var ise hizmet alır ve sistemden ayrılır. Analitik sıralama sistemleri yolcu varış dağılımı ve hizmet zamanı dağılımının bilindiğini ve öngörülen gecikme ve sıra uzunlukları gibi parametrelerin matematiksel ifadelerden elde edilebileceğini kabul eder.

Anselmo Setti 1990 yılında oluşturduğu modeli terminali yolcu işlemcilerinden oluşan bir ağ olarak tanımlamaktadır. Ağdan ayrılan yolcular, önceden belirlenmiş oranlara göre bağlı olduğu ağlar arasındaki bağı koparmaktadır. Ağ, sadece işlemciler arasındaki ortalama uzaklığı temsil eden tek yönlü hatlardan oluşmaktadır.

Bu tür modellerde toplanmış olan en yoğun zaman ihtiyaçlarını kullanmaktadır ve her bir işlemcideki ihtiyacın, maksimum en yoğun zaman ihtiyacının bir bölümü olduğunu varsayar. Model her bir işlemci ve tüm uçağa binme/ uçaktan inme ağları

için çeşitli performans değerlerini oluşturur. İşlemci performans değerleri; yararlanma faktörü, ortalama yolcu gecikme zamanı ve ortalama sıra uzunluğudur. Ağ performans göstergeleri ise; toplam ve ortalama gecikme zamanları, toplam ve ortalama hizmet zamanları ve toplam ve ortalama yürüme zamanlarıdır (Anselmo Setti, 1990).

Genelde olasılıksal sıralama ağları için geliştirilen analitik çözümlemelerin kendine has bazı sorunları vardır, bunlardan en önemlileri; ardı ardına diziliimli sıralar arası bağlantı kurulumu esnasında matematiksel izlenebilirliğin korunması, sabit hal varsayımlarının geçerliliği ve aşırı yoğunluk dönemlerinin idaresidir.

McKelvey (1988)'in sunmuş olduğu tipteki bir analitik sıralama modeli, ayrı seferlerin terminali nasıl etkilediğini dikkate alamamaktadır, çünkü model belli bir yoğun zamandaki toplam ihtiyacı göz önünde bulundurmakta, ayrı uçuşlar tarafından oluşturulan ihtiyaçları görmezden gelmektedir. Planda gerçekleşen her bir değişiklik ile yoğun zaman üzerindeki toplam ihtiyaç tekrardan hesaplanarak ifade edilmelidir. Ayrıca sabit hal varsayımlarına göre, terminal performansı, maliyet verimliliği değerlendirmesi için de istendiği üzere, uzun bir zaman periyodu için analiz edilememektedir. McKelvey (1988) tarafından öne sürülen model sadece işlem tesislerini göz önünde bulundurmakta ve yolcuların bir tesisten diğerine geçişinde ilave gecikmelerin olmadığını varsaymaktadır. Model bu nedenle bekleme alanlarındaki izdiham ve terminalin bazı bölgelerindeki yolcuların uçağa binme/uçaktan inme sürecindeki bir diğer safhaya geçişlerde, hızlı ilerlemek istememelerinden kaynaklanan sıkışıklıkları ele almamaktadır.

Sonuç olarak analitik sıralama modelleri terminal işlem tesislerinin tasarımı ve boyutlandırması açısından yeterlidir, ancak maliyet verimliliği değerlendirmesi için pek uygun değildir, çünkü bekleme alanlarını düzgün bir şekilde temsil edilememektedir (Anselmo Setti, 1990).

3.3 Benzetim Modelleri

McCabe ve Carberry (1975) benzetim modellerini iki temel kategoriye ayırmıştır: hesaplama modelleri ve zaman-odaklı modeller. Hesaplama modelleri makro boyuttadır ve belirleyicidir, sistemin durumunu önceden belirlenmiş kurallara göre açıklamaktadır. Zaman-odaklı modeller ise mikro boyuttadır ve yolcuların hareketlerini tekil olarak belirtir. Zaman-odaklı modeller temel olarak devamsız veya devamlıdır. Devamsız-olay simülasyonunda sistem, zaman içinde izole edilmiş noktalarda ortaya çıkan durum değişiklikleri ile anlatılır. Sistemin durumundaki

değişiklikler “olay” olarak adlandırılır ve “olay” zamanları arasında sistem durumunun değişmediği kabul edilir. Devamlı-olay simülasyonu, sistemin davranışlarını belirten durum değişkenlerini kullanan bir denklemler serisi üzerine kurulmuştur. Devamlı hal değişkenlerinin dinamik değişkenlikleri, gerçek-dünya sistemini simüle etmektedir.

Yolcu terminallerinin tekil bileşenlerinin devamlı-olay simülasyonu ile simüle edilebilmesine karşın, terminal sistemi, yolcu akışlarını karakterize etmek için gerekli olan sistem denklemlerinin karmaşık yapısı nedeniyle, genellikle devamsızlık temel alınarak simüle edilmektedir (Mumayiz, 1990).

3.3.1 Hesaplama Modelleri

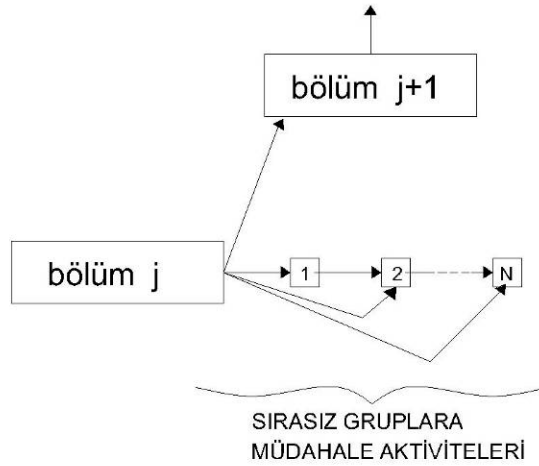
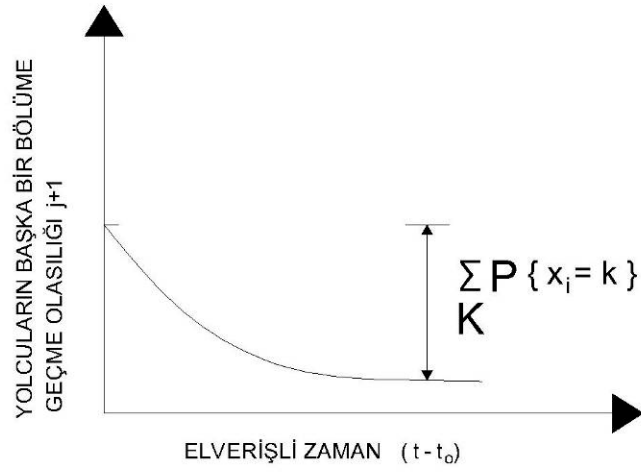
Hesaplama modelleri, olayları büyük planda inceler, ve yolcuları gruplar halinde değerlendirir. Benz, Chow ve Lutin (1986) New York'taki Grand Central Station'daki (Büyük Merkez İstasyon'undaki) yolcu akışının simülasyonunda bu modeli kullanmıştır. İstasyon, düğüm noktaları başlangıç, son veya bağlantıların kesişim noktaları olan bir şebeke olarak ifade edilmiştir. Başlangıç noktaları yolcuların sisteme girdiği, bitiş noktaları da yolcuların sistemden çıktığı noktalar. Yolcuların sistemi en kısa yoldan terkettiği kabul edilir; yolculardan başlangıç/bitiş çiftlerini kullananların yüzdesini göstermek için O/D matrisi kullanılır. Ampirik (ya da deneysel) bulgular modeldeki "yolcuların en kısa yolları kullandığı" kabulünü doğrulamıştır ve bu sayede tipik (veya herhangi) bir günde tren varış saatleri ve yolcu sayıları hesaba katılarak her bağlantıdaki yolcu yoğunluğu doğru bir şekilde hesaplanabilmiştir (Anselmo Setti, 1990).

McCullogh ve Roberts (1979) havaalanı yolcu terminallerindeki, yolcu akışının analizini yapan “ACounting model for the Analysis of Passenger flows” (ACAP) hesaplama modelini açıklamışlardır. Model terminali birbiriyle iç içe bağlı birçok bölümden oluşan bir şebeke olarak açıklayıp, bu şebeke üzerindeki akışı belli zaman aralıklarında inceler. Ortalama bekleme süreleri ve kuyrukların uzunlukları deneysel modellerle regresyon analizi kullanılarak hesaplanır.

ACAP, belli bir bölümdeki yolcuların sayısını hesaplamak için, önceki bölümlerden geçip gelen yolcuların sayısını hesaba katan indirgemeli bir algoritma kullanır. Her zaman aralığında, sisteme giren yolcular, kullanıcıdan alınan bilgilerden elde edilir ve program sistemdeki her iki nokta arasındaki yolcu akışını buna dayanarak hesaplar (Anselmo Setti, 1990).

Kuyrukların uzunluğu ve hizmet verilen yolcuların sayısı regresyon (regression) analiz formülleri kullanılarak hesaplanır. Mesela güvenlik noktalarını temsil etmede 4

regresyon modeli kullanılır. Ayrıca Gualda (1978)'ya göre bu yöntemin diğer yetersiz bir yanı da regresyon modellerinin sadece araştırma yapılan havaalanlarında geçerli olup, diğer havaalanlarına uygulamanın, ancak regresyon modellerinin uyumluluğu kontrol edildikten sonra mümkün olmasıdır. Benzer şekilde, yeni teknolojiler veya yöntemlerdeki değişiklikler sebebiyle, yolcu işlemlerindeki prosedür değişiklikleri gibi araştırma sırasında ortaya çıkan şartlar regresyon modelleri tarafından ihmal edilmektedir. Modellerin yeni şartları tam temsil edebilmesi için, yeni bilgilerin toplanmasına ihtiyaç vardır. Aynı sebepten dolayı, regresyon modelleri zaman içerisinde istikrarlı değildir ve kalibrasyon katsayılarını güncellemek için periyodik aralıklarla yeni bilgi toplanması gerekmektedir.



Şekil 3.2 : Sonraki Gerekli Aktivite Noktasına Geçme Olasılığı (Park, 1977)

Mumayiz (1990), sonradan yolcu işlemlerinin simülasyonunu yapabilmek için ACAP'in Monte Carlo yöntemleriyle gitgide artan dağılım servis zamanlarını hesap edip kullandığını belirtir. Bu da yazarların, terminal bölümlerinin simülasyonlarında

regresyon modellerinin yetersiz kaldığını kabul etmelerinin bir işaretidir. Ne yazık ki, ACAP'in bu yeni sürümü hiç bir pratik uygulamada kullanılmamıştır.

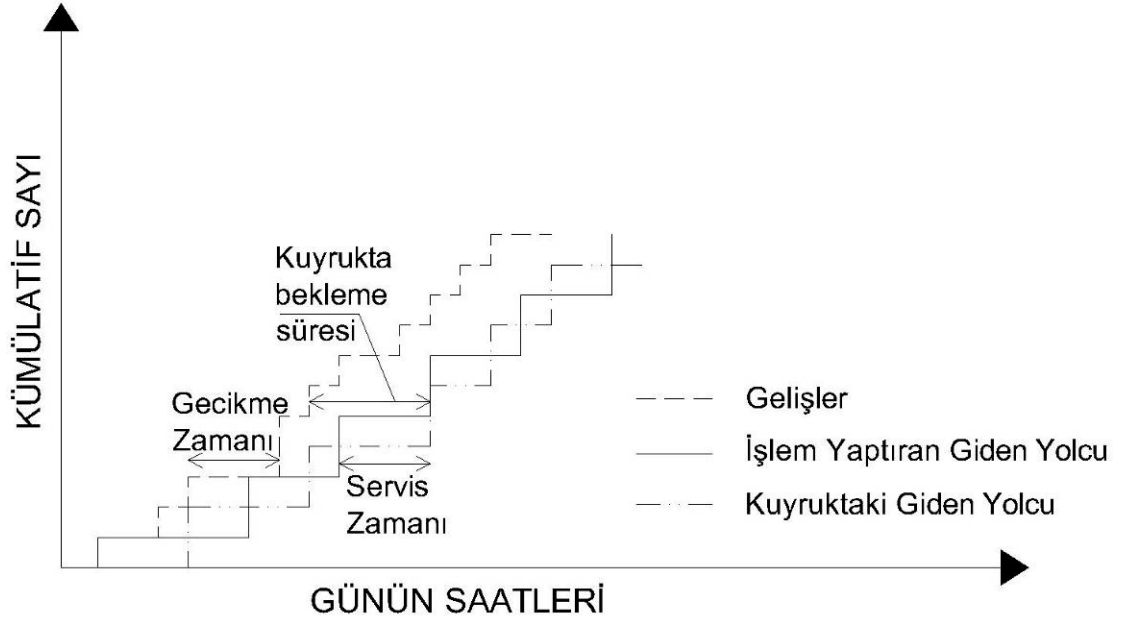
ACAP'in ilginç bir özelliği de (kayıt yaptırıp uçağa binmeyi beklerken dergi satın alma, bir şeyler içme, vs gibi şeylerle uğraşan) yolcuların terminaldeki önemli işler arasında alakadar oldukları yan aktiviteleri modelleyen (simulation) ara aktivite noktasıdır (intervening activity node). Şekil, 3.2'de de görüldüğü gibi, bir yolcunun bir sonraki önemli aktiviteye girişmesini, uçuşa kalan süreye bağlı bir olasılık olarak ifade eder (Park, 1977; Dunlay ve Park, 1978). ACAP'tan sonra geliştirilen bazı programlar da dahil, diğer birçok model, yolcuların bir işlemten diğerine doğrudan gittiklerini kabul ederek, terminalin diğer yan hizmet bölümlerinin yolcuların işlem aşamaları üzerindeki etkisini ihmal eder (Anselmo Setti, 1990).

3.3.2 Zaman Odaklı Modeller

Zamana Odaklı simülasyon modelleri sistemin durumunu mikroskopik olarak tanımlar, her yolcu için tek tek gecikmeleri/rötarları ve servis sürelerini üretir. “Discrete event stochastic” simülasyonu rastgele sayı örneklemini (sampling) varış ve servis sürelerinin dağılımını kurmak için kullanır. Buradan da bireysel gecikmeler hesaplanır (Şekil 3.3). Bilgisayarlar “discrete event” simülasyonuna daha uygundur çünkü varış ve servis zamanı hesaplamasının, yolcu servis ünitesine her yaklaştığında tekrarlanması gerekmektedir (Anselmo Setti, 1990).

Yolcu terminal sistemi analizi için geliştirilmiş “discrete event stochastic” simülasyonlarının çoğu GPSS ve SLAM gibi ileri seviyeli simülasyon dilleriyle yapılmaktadır. Mumayız (1990), çoğu 1970’lerde geliştirilmiş bu modeller için detaylı bir değerlendirme yapmıştır.

Havaalanı yer birimleri simülasyon modeli (ALSIM) “discrete event stochastic mainframe” temelli bir simülasyon modelidir ve Bechtel corp. tarafından geliştirilmiş, “Transportation Systems Center of The U.S. Department of Transportation” tarafından ise sonradan alınıp, geliştirilip modifiye edilmiştir (Gorstein ve McCabe, 1982). Bu model GPSS-V ile yazılmış, alt programları ise FORTRAN ve IBM/370 dillerinde kodlanmıştır. ALSIM, hareketi yeniden tanımlayarak ve bireysel uçağa binen ve uçaktan inen yolcuları ve ziyaretçileri işleme katarak birikme istatistikleri (bekleme süresi, sıra uzunluğu ve işgali) üretir (Gorstein ve McCabe, 1978).



Şekil 3.3 : Bireysel Bekleme ve Servis Sürelerinin Sıralama Modelindeki Hesaplamaları (Anselmo Setti, 1990)

ALSIM terminali, uçuş kapısı, vergi, göçmen bürosu, bilet alma ve bilet kontrol noktası, araba kiralama, uçağa biniş ve uçaktan iniş, yaya kaldırımı, bagaj teslim ve otopark çıkışları gibi hizmetler bütünü olarak tanımlar. ACAP'taki karmaşık aktivite modellemesine sahip değildir. Uçağa binen yolcuyla ilgili işlem giriş yolunda başlar, yaya kaldırımında, bilet kontrol gişelerinde, güvenlik kontrolünde ve bekleme odalarında devam eder, uçak kalkış kapısında ise sonlanır. Yolcu etmeye gelenler güvenlik noktasında veya çıkış kapısında ayrılarak terminal çıkışından otoparka doğru ilerler (Anselmo Setti, 1990).

Uçaktan inen yolcu süreci varış kapısında başlar. Bagajlı yolcular bagaj teslim alanına doğru ilerler. Bagajlarını teslim aldıktan itibaren bagajsız yolcu olarak kabul edilirler. Bagajsız yolcular, onlara atanmış yerden ulaşım moduna bağlı olarak ya yaya kaldırımına veya araba kiralama gişesine doğru giderler. Yolcuları karşılayanlar terminale yaya kaldırımından veya otoparktan girerek buluşma bölgesine ulaşırlar. Karşılayanlarla yolcular kapıda veya yaya kaldırımında karşılaşırlar. Uluslararası yolcular, standart işlemlerin dışında göçmen bürosu ve gümrük incelemesine tabi tutulurlar. Aktarmalı yolcular iki saat içinde terminali terk edecek uçuşlara gelişigüzel şekilde atanırlar ve uçağa binen diğer yolcular gibi değerlendirilirler (Anselmo Setti, 1990).

ALSIM in diğer ilgili kabulleri Mumayiz (1990) tarafından şöyle açıklanmaktadır:

- Hizmetler benzer ve havaalanı tipinden bağımsızdır,

- Servis süresi dağılımları zamandan ve hizmet verenlerin yükünden bağımsızdır,
- Tek sıralar çok kanallı (multi-channel) servisleri temsil etmektedir,
- Yolcular bir servisten diğer servise direkt geçmektedir,
- Zamana bağlı talebe uçuş programı sebep olmaktadır.

ALSIM geniş bir veri seti gerektirmektedir. İlginçtir ki, ALSIM'in sonuç raporu, veri hazırlamakla ilgili bir bölüm içermektedir. Bu bölümde veri toplamının maliyeti ve sonuçları tartışılmakta ve büyük bir havaalanındaki tipik bir veri toplama araştırması için 40000-50000 dolar arası bir maliyet öngörülmektedir (1982 değerlerine göre). Rapor ayrıca veri toplama hacmini azaltmak için benzer havaalanlarından elde edilen verilerin kullanımını önermektedir (Gorstein ve McCabe, 1982).

ALSIM ile elde edilen sonuçlar servis noktalarındaki yolcu akışı, ortalama sırada bekleme süresi, işgal, servis noktalarının ortalama kullanım değerleri ve sıra uzunluklarıdır. Bunların dışında kara (landside) kullanıcılarının yürüme mesafeleri ve yer birimleri tesislerindeki toplam işlem süresini de vermektedir (Gorstein ve McCabe, 1978).

ALSIM, 20000 yolcunun 165 uçuş için terminali kullandığı 100 kapılı bir havaalanındaki yoğun bir 5 saatlik süreci t dakikalık bir CPU süresi içinde IBM/370 "Mainframe" i kullanarak simüle eder. İşletebilmek için GPSS-V ve FORTRAN IV Compiler ve 570 KB çekirdek kapasitesi gerekmektedir (Mumayiz, 1990).

Üniversiteler, hükümet birimleri ve özel şirketler, ileri seviye simülasyon dillerinde yazılmış başka "discrete-event time-oriented" simülasyon modelleri geliştirmiştir. Kullanılan diller arasında GPSS (Cheng ve Gilmour, 1978), SLAM (Mumayiz ve Ashford, 1986)) veya GASP (Olsen, 1973) vardır. Diğer modeller, genellikle FORTRAN olmak üzere ileri seviye programlama dillerinde yazılmıştır. Mumayiz (1990)'in Transport Canada'daki raporuna göre, IBM AT mikro bilgisayarlarında BASIC, Pascal ve FORTRAN ile yazılmış interaktif modeller geliştirdiğini bildirmektedir. Bu modeller, terminaldeki kapı atanmasını, yerdeki ulaşımı ve yolcu akışını analiz etmektedir. Yolcu akışı modeli yolcunun kaldırım kenarı ile uçak arasında belli rotaları izleyerek hareketini simüle eden bir "discrete event stochastic" modeldir. Diğer araştırmacılar (Jovanovic, Jelaska ve Janic, 1984) IBM/370 mainframe üzerinde FORTRAN kullanarak terminallerdeki bazı hizmetleri modellemiş ve kalkış rotalarının etkisini analiz etmiştir. "Discrete event stochastic" modeller veriler yeterli olduğu ve yolcular program dahilinde hareket ettiği sürece

yolcunun işlemlerini oldukça detaylı olarak üretebilmektedir. Uzun hesaplama süreleri nedeniyle ve özellikle modeli yürütmek için “mainframe” gerektiği durumlarda, modeli elde etmek için yüksek ücretler söz konusudur (Anselmo Setti, 1990).

4. HAVAALANI YOLCU HAREKETLERİNİN SİMÜLASYONU İÇİN MODEL ÖNERİSİ

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler ışığında, modeller sadece son aşamada bir hesaplama aracı olarak değil, tasarımın her aşamasında kullanılabilen, zaman zaman tasarımcıyı kontrol ederek çıkabilecek hataları önceden önleyebilen sistemlerdir. Bilişimin mimarlık alanında, yapıların tasarım sürecinden, uygulama ve yapım sonrasındaki sürece kadar birçok aşamada kullanılması söz konusudur. İnsan hareketleri benzetimleri uygulanarak, farklı tipte mekan ve koşullar (yangın, deprem vb. gibi) karşısında insan davranışları analiz edilmektedir. Böylelikle oluşabilecek sorunların önceden çözülebilmesi için yapının tasarım aşamasında müdahale imkanı sunulabilmektedir. Ayrıca binaların sadece teorik değil, pratik kapasitesinin ölçülmesini sağlamaktadır.

1960'lerden bu yana havaalanı benzetim modelleri oluşturulmaktadır. Bunların istenen analiz sistemleri büyük ölçüde mevcut havaalanlarına göredir. Bu süreçte Tez kapsamında geliştirilmek istenen model, projenin uygulama öncesi ve sonrasına yönelik tüm analiz ve benzetimlerle tasarımın yeterliliğini kontrol altına almayı amaçlamıştır

4.1 Model'in Tanımı, Kapsamı ve İzlenen Yöntem

Tez kapsamında havaalanlarındaki yolcu hareketlerinin benzetiminin geliştirilmesini sağlayacak bir model önerisi sunulmaktadır. Farklı işletim sistemlerinde farklı bilgisayar programları tarafından yazılabilmesi için modelin algoritması oluşturulmuştur. Model Java ya da C++ gibi programlar tarafından oluşturulabilir. Kodlama yapılan programa göre planlar kullanıcı tarafından arayüzle ya da programcı tarafından oluşturulacak bir sisteme bağlı olarak kodlanarak girişi yapılabilir. Program, farklı tipteki yolcu hareketleri benzetimini, girilmiş olan havaalanına uygulayarak, havaalanı yolcu terminali binasının yeterliliğini ölçmektedir.

4.1.1 Kapsamı

Tez kapsamında geliştirilmek istenen model proje uygulama öncesi ve sonrasına yönelik tüm analiz ve benzetimlerle tasarımın yeterliliğini kontrol altına almayı

amaçlamıştır. Model yolcuların havaalanı terminal binasına girmesinden itibaren, uçağa binisine kadar ve uçaktan inişinden havaalanı terminalinden çıkana kadar geçen süreçteki olayların tümünün benzetimini oluşturmaktadır. Yolcuların ve yakınlarının terminal binası içindeki hareketleri ve terminal birimlerinin etkinliklerinin benzetimini oluşturarak, bu etkenlere bağlı olarak oluşabilecek sıkışıklık ya da gecikmeleri önceden bildiren bir model altyapısı ortaya konmuştur.

4.1.2 İzlenen Yöntem

Benzetim modelinin oluşturulabilmesi için, öncelikle mevcut havaalanı terminal binaları analiz edilmiştir. Böylece terminal binalarını oluşturan birimler çıkarılmış ve bu birimler ayrı ayrı analiz edilerek, sistem içindeki rolü ve özellikleri çıkarılmıştır. Bu bağlamda yapılan mevcut çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalarda eksikleri giderecek ve daha güncel bilgileri derleyen bir sistem oluşturulmuştur.

4.2 Kullanım Alanları ve Kullanıcı Kitleleri

Havaalanları kara ve hava ulaşımını birbirine bağlaması ve gitgide artan uçak ve uçuş sayılarıyla birlikte kapasitelerinin aşma durumuna gelmiştir. Bu nedenle günümüzde bir çok havaalanlarında gecikmeler yaşanmaktadır. Bunun önüne geçmek için birçok havaalanı yapımına başlanmış birçoğuna ise başlanması planlanmıştır. Ancak yapılan ve yapılacak olan havaalanlarının zaman içinde yetersiz kalmaması için ve havaalanının pratik kapasitesinin daha gerçekçi öğrenilebilmesi için yolcu hareketleri benzetim modeli hazırlanmıştır. Havaalanları yolcu simülasyonu modeli yapı sektöründe tasarımcılardan işverenlere kadar geniş bir kullanıcı ağı için havaalanlarının tasarım aşamasında, uygulamaya geçilmeden terminal binası yeterliğinin ölçülmesi ve olası sorunların önceden tespiti için kullanılabilir. Ayrıca havaalanlarının yeniden düzenlenmesi ve kapasite artırımı durumunda mevcut terminal binası kapasitesinin ve yapılması planlanan değişikliklerin sonucunda oluşacak planları test ederek, istenen değişikliklerin yeterliliğinin ölçülmesini sağlamaktadır. Bir başka kullanım alanı da, havaalanları için yeterlilik onayı veren DHMİ gibi devlete bağlı kuruluşların onay verme aşamasında modelin kullanımını ön şart olarak göstermesi olabilir.

4.3 Model'in Özellikleri ve Kısıtlamaları

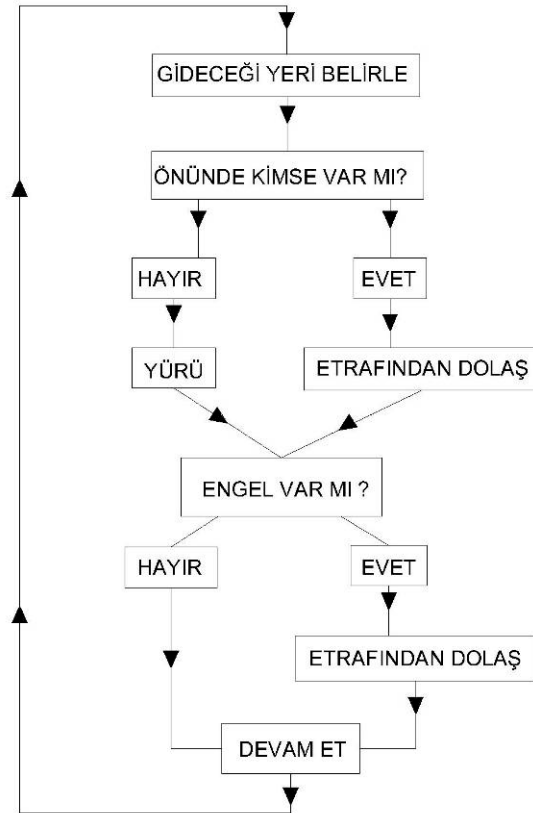
Modeldeki akış diyagramlarının oluşturulabilmesi için ağ modellerini, birimlerdeki kuyruk uzunluğu ve kaplanan alanı hesaplamak için sıralama modellerini ve insan karakterlerini ve yolcu için ise benzetim modellerini kullanmaktadır.

Akış diyagramları ağ modeli kullanılarak oluşturulmaktadır. Böylece yolcunun model içerisindeki tüm hareketleri hesaplanmaktadır. Model Ağ, sıralama modellerinin de kullanıldığı bir simülasyon modeli olarak tasarlanmıştır. Akış diyagramları için ağ analizi kullanılarak yolcunun yürüyüş seçenekleri ortaya konmuştur. Sıralama Teorileri işlem birimlerine gelen yolcuların, işleminin gerçekleşebilmesi için beklediği durumlarda oluşan kuyruk hesapları için kullanılmaktadır. Diğer tüm alanlarda yolcu hareketlerini temsil edilebilmesi için simülasyon modeli kullanılmıştır.

Havaalanı terminal binası benzetim modelindeki birimler 3 bölüme ayrılmıştır (Wright ve Ashford, 1992: Brunetta, Righi, Andreatta, 1999):

- İşlem birimleri
- Bekleme Birimleri
- Akış Birimleri

İşlem Birimleri: Havaalanı terminal binasındaki yolcuların ve yolcuların bagajlarının işlemlerden geçtikleri birimlerdir. Bu birimler bilet kontrol, güvenlik kontrol noktaları, bagaj alım, gümrük ve göçmen kontrolü uçuş kapıları, pasaport kontrol birimleri gibi yolcuların ve bagajların operasyon alanlarıdır.



Şekil 4.1 : B algoritması

Havaalanlarında, havaalanı kapasitesi ve büyüklüğüne bağlı olarak her işlem biriminden en az bir adet bulunmaktadır. Bu sayıların artması işlem süresini arttırmamakta fakat yolcunun ya da bagajın bekleme süresinin uzamasını etkilemektedir.

Bu birimlerin bir adetinin süreleri çizelge 4.1'de belirtilmiştir. İşlem birimlerindeki işlem süreleri doğrudan kapasite ve gecikmelere sebep olmaktadır. Herhangi bir birimin oluşturduğu gecikme diğer birimleri de etkilemekte ve gecikme sağlamaktadır.

Model içindeki işlem birimlerinin hesaplamaları benzetim modelleriyle oluşturulmaktadır. İşlem birimlerindeki oluşabilecek kuyruk uzunluğu ve bu kuyruğun kapladığı alan ise sıralama modelleriyle hesaplanmaktadır.

Model kapsamında bütün kontrol noktalarının önündeki kuyruklardaki yönelimler A ve B algoritmaları ile standardize edilmiştir (Şekil 4.2).

A algoritması:

Dışardan girilen veriler:

Kaç kontrol/ geçiş noktası bulunmaktadır.

- Önünde kimse var mı?
 - oEğer yok ise işlem noktasına ilerle
 - oEğer var ise
 - Başka kontrol noktası açık mı?
 - Eğer yok ise bekle
 - Eğer var ise önünde kimse var mı?
 - oEğer yok ise o kontrol noktasına ilerle
 - oEğer var ise bulunduğu kuyruktan az kişi mi var?
 - Eğer az kişi varsa o kontrol noktasına yönel
 - Eğer yok ise bekle

Her adımda;

- Yeterli m² olup olmadığını
- Güvenli mesafeye sahip olup olmadığını

- Hizmet seviyesinin yeterli olup olmadığını kontrol et.
- Eğer yetersiz ise kullanıcıyı uyar.

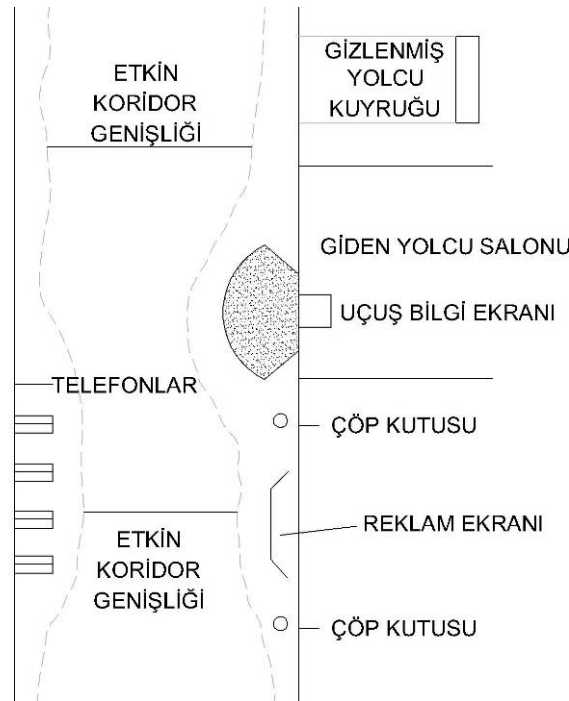
Çizelge 4.1 : İşlem Birimleri Ortalama Süreleri (Horonjeff ve McKelvey, 1993)

Birim Tipi	Kişi Başına Düşen Servis Zamanı (Sn)	Standard Sapma
Giriş ve Çıkış Kapıları		
Otomatik (bagajlı)	2.0-2.5	0.5
Otomatik (bagajsız)	1.0-1.5	0.75
Manüel (Bagajlı)	3.0-5.0	1.0
Manüel (Bagajsız)	1.5-3.0	0.75
Merdivenler	3.0-4.0	1.0
Asansörler	1.0-3.0	1.0
Kaldırımda yürümek	1.0-3.0	1.0
Apron Kapıları		
Merdivenli	4.0-8.0	2.0
Merdivensiz	3.0-7.0	1.5
Uçuş yolu	2.0-6.0	1.0
Bilet Alma ve Bagaj		
Manüel bagaj ile birlikte	180-240	60
Manüel bagajsız	100-200	30
Sadece Bagaj	30-50	10
Bilgi Alma	20-40	10
Otomasyon Bagaj ile birlikte	160-220	30
Otomasyonlu Bagajsız	90-180	40
Güvenlik		
El bagajı kontrolü	30-60	15
Otomatik olarak	30-40	10
Koltuk Seçimi		
Tek uçuş	25-60	20
Çok uçuşlu	35-60	15
Araba kiralama		
Bilet Kontrol	120-240	60
Ayrılma	180-300	90
Otomatik Bilet Kontrol	60-90	20
Bagaj Alım		
Manüel	10-15	8
Otomatik Bant	5-10	5
Otomatik pist	5-10	5
Otomatik T	6-12	5

Bekleme Birimleri: Bekleme birimleri Yolcuların uçak kalkmadan önce ve uçuş indikten sonra bekleme yaptıkları, ya da dolaştıkları alanlardan oluşmaktadır. Bunlar lobiler, yolcu salonları gibi mekanlardır. Bu birimlerin modeli, simülasyon modeli tarafından düzenlenir. Metrekare başına düşen insan sayısına göre kapasite hesaplanır.

Akış Birimleri: Yolcuların farklı işlem birimleri ile bekleme birimleri arasındaki sirkülasyonu sağlayan birimlerdir. Terminal binası geometrisi, yürüyüş hızları ve mesafesiyle doğrudan bağlantılıdır. Akış yeterliliği genellikle büyük havaalanlarının terminal binalarında daha fazla ön plana çıkmaktadır. Terminal binasının girişindeki kontrol noktası geçildiği andan itibaren yolcunun uçağa binene kadar olan mesafe ile birlikte terminal binası işlem birimleri arasındaki bağlantı yollarını da içermektedir.

Sirkülasyon alanları içerisindeki yan birimler akış birimlerinin etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda standart koridor genişliğinden ise etkin yürüyüş genişliği (Şekil 4.2) hesaplamalarda kullanılır. Akış birimlerindeki yeterlilik etkin yürüyüş genişliğinin yolcu sayısına oranıyla belirlenir.



Şekil 4.2 : Etkin Koridor Genişliği (Horonjeff ve McKelvey, 1993)

Bütün bu birimler, akış birimleri ile birbirine bağlanmaktadır. Her bir birimden çıkış ile diğer birime geçiş arasında geçen süre, birimler arasındaki uzaklığa göre değişiklik göstermektedir.

Modelin uçağa biniş ile ilgili algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Birimden çıkış sağla
- Diğer birime olan uzaklığı hesapla
- Bu mesafeyi yolcu hızına böl
- Elde edilen işlem süresi kadar yolcunun hareketini sağla
- Bu işlemi her yolcu için her birimden sonra tekrarla

Kısıtlamalar

Programın sınırlamaları aşağıdaki gibi şekillendirilmiştir.

- Terminal binası birimlerinin standart olanları her modelde bulunmakta fakat bazı birimler terminal şekline, büyüklüğüne ya da isteğe bağlı olarak programa eklenebilmektedir.
- Modelin yeterliliği uluslararası FAA ve IATA'nın belirlediği hizmet seviyesine göre belirtilmektedir.
- Havaalanındaki sadece yolcu ve bagaj hareketleri model kapsamındadır.
- Havaalanında çalışanlar benzetim kapsamında değildir.
- Bagaj taşıyıcıları benzetim hesabı kapsamında değildir.
- Modelin tek tek kat planları üzerinde çalıştırıldığı düşünülmektedir.
- Yolcuların sadece yürüdükleri varsayılmaktadır.
- Modeldeki bilet kontrol, pasaport kontrol, güvenlik kontrol noktaları, bagaj alımı, gümrük ve göçmen kontrolü, uçuş kapısı sayısı modelin kullanıcısı tarafından belirlenebilmektedir.
- Yolcu karakteristikleri ve cinsiyetleri benzetim modelini etkileyen bir unsur olarak ele alınmamıştır.
- Yolcuların gidecekleri birime en kısa yolu tercih ettikleri varsayılmaktadır.
- Yolcunun, gitmesi gereken birimin doluluk oranı IATA hizmet standartlarının altında ise, bulunduğu birime en yakın bekleme alanına yöneleceği varsayılmaktadır.
- Her yolcunun genel kabul gören bir mahremiyet sınırına sahip olduğu ve çevredeki engellerle (duvar, kapı, parapet vb.) güvenli mesafeleri koruduğu varsayılmaktadır.
- Havaalanında giden ve gelen yolcu sayısı kullanıcı tarafından girilecektir.
- Transit yolcu sayısı kullanıcı tarafından girilecektir.
- Havaalanı modeli yolcunun terminal binasına girmesinden uçağa binmesine kadar geçen süreyi kapsamaktadır.
- Tuvaletler model kapsamında değerlendirmeye alınmamıştır.

4.4 Model'in Algoritması ve Akış Diyagramları

Bu model tüm havaalanı binalarının tasarımında ve yeniden planlanmasında kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Havaalanları kapsamı açısından 2 bölümde incelenebilmektedir.

- Dış Hatlar
- İç Hatlar

Bu iki bölümde işleyişleri açısından aynı sistematığe sahiptir. Gümrük işlemleri dış hatları iç hatlardan ayıran en önemli farklılıklardan birisidir. Dış ve iç hat bölümleri kendi içlerinde geliş ve gidiş olmak üzere iki bölümde incelenmektedir.

Dış hatlar terminalinin mekansal ve işlevsel gereksinimleri iç hatlar terminalinden daha fazla olduğundan tez kapsamında, hem iç hatlar hem de dış hatlar terminal binalarına örnek oluşturması için, dış hatlar terminal binası gelen yolcu ve giden yolcu hareketleri algoritması çözümlenmiştir.

Sistemin ana prensibi yolcuların terminal binasına girdikleri andan itibaren, sıralamadaki birimlere doğru ilerlemesi ve bu süreçte hizmet seviyesinin belirlenen düzeyin altına düşmemesidir.

4.4.1 Dış Hatlar Gelen Yolcu Algoritması ve Akış Diyagramları

Yolcuların uçaktan indikten sonra terminal binasından çıkana kadar ya da başka bir uçağa binene kadar geçen süreyi içerir.

Gelen yolcuların terminal binası içindeki hareketleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Uçaktan iniş ve geliş kapısından geçme
2. Geliş salonu
3. Pasaport kontrolünden geçiş
4. Bagaj alımı
5. Gümrük kontrolünden geçme
6. Bekleme alanına geliş
7. Varış lobisine geliş / geçiş

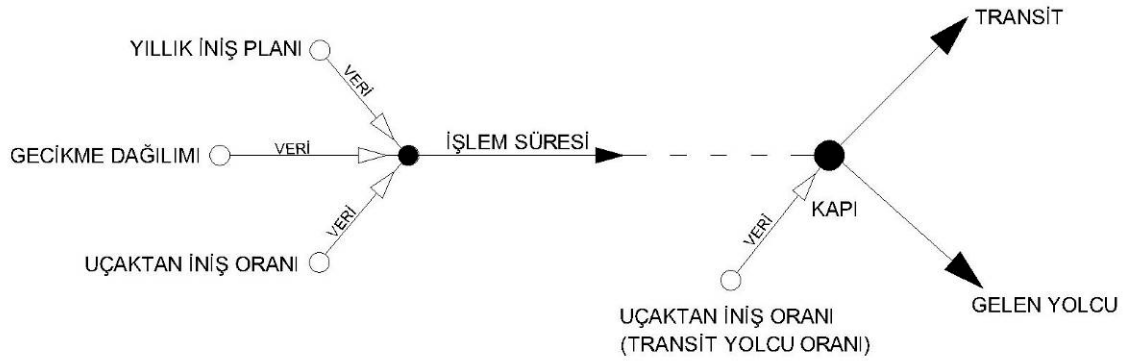
Havaalanı terminal binalarının büyüklükleri ve kapasiteleri değişmekte bile olsa bu sıralamada değişiklik olmamaktadır. Bu bölümde değişen, kontrol noktalarının azalması ya da artması ve alanların mekansal farklılıklar göstermesidir.

4.4.1.1 Uçaktan iniş ve geliş kapısından geçme

Bu bölümde gelen yolcu hareketleri modelinin başlangıcı oluşturulmaktadır. Bölüm kapsamında kullanıcının yıllık uçuş planı gecikme dağılımını, uçak için ortalama yolcu sayısını ve birincil kapı düzenlemesi verilerini dışarıdan girmesi gerekmektedir. Bu verilerden Yıllık Uçuş Planı (YUP) ve gecikme dağılımı olmadan program başlamaktadır. Uçak için ortalama yolcu sayısı girilmediği takdirde oran %100 olarak alınmalıdır. Birincil kapı düzenlemesi verisi girilmediği takdirde ise her uçak için tek kapı hesaba katılmaktadır.

Modelin uçaktan iniş ve geliş kapısından geçme algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Uçuş planı girilmesi
- Gecikme dağılımı girilmesi
- Birincil kapı düzenlemesi verileri girilmesi
- Uçaktan inen ortalama yolcu oranı
- İniş işleminin gerçekleşmesi
- Kapılara gelinmesi
- Uçaktan iniş oranı girilmesi
- Bir sonraki birime geçiş



Şekil 4.3 : Gelen Yolcu Simulasyonu Akış Diagramı

Uçaktan iniş ve geliş kapısını geçme süreci:

A1. Yıllık uçuş planı verisi girildi mi?

- Eğer girildi ise bir sonraki adıma geç
- Eğer girilmesi ise programın başına dön

A2. Gecikme dağılımı girildi mi?

- Eğer girildi ise bir sonraki adıma geç
- Eğer girilmedi ise A1'e geri dön

A3. Birinci kapı düzenlemesi verileri girildi mi?

- Eğer girildi ise bir sonraki adıma geç
- Eğer girilmedi ise

-Verileri girmek istiyor musunuz?

oEğer evet ise A2'nin sonuna gel

oEğer hayır ise katsayısı 1 olarak hesapla ve bir sonraki adıma ilerle

A4. Uçaklardaki ortalama yolcu oranı girildi mi?

- Eğer girildi ise bir sonraki adıma geç
- Eğer girilmedi ise

- Verileri girmek istiyor musunuz?

• Eğer evet ise A3'ün sonuna gel

• Eğer hayır ise katsayısı 1 olarak hesapla ve bir sonraki adıma ilerle

A5. İlk 4 adım gerçekleştikten sonra iniş işlemi hesaplanmaktadır. Bu işlem için uçaktan inen yolcuların kapıdan geçiş süresi 2.0-2.5 sn olarak hesaplanmaktadır. Bu işlem süresi gerçekleşirken her yolcu için uçaktan indiği andan itibaren;

Hizmet seviyesi yeterli midir?

- Eğer yeterli ise yolcu bir sonraki adıma doğru ilerler.
- Eğer yeterli değil ise yolcu uçaktan inememektedir.

A6. Uçuştan iniş gerçekleştikten sonra uçuş kapılarına gelinmektedir. Tüm yolcular indikten sonra uçuş kapısı kapanmaktadır.

A7. Yolcular terminal binasına geçtikleri andan itibaren ikiye ayrılır;

- Transit yolcu (Transit yolcu oranları kullanıcı tarafından girilir.)
- Gelen yolcu

Transit yolcu oranını giriniz? (%)

- Eğer cevap 0 ile 100 arasında ise belirtilen orandaki yolcu sayısı hesaplanmaz.

- Eğer cevap bu aralıkta değil ise kullanıcıya soruyu tekrar sor.
- Kullanıcı yeniden geçersiz oran girdiğinde transit yolcu sayısını %0 al.

A8. Önceki bütün bölümlerden geçtikten sonra hizmet seviyesi yeterli ise bir sonraki birime doğru ilerlenir.

- Hizmet seviyesi yeterli midir?
- Eğer evet ise bir sonraki bölüme geçilir.
- Eğer hayır ise bir sonraki bölüme geçilememektedir.

4.4.1.2 Geliş Salonu

Yolcuların uçuş kapılarından çıktıktan sonra pasaport kontrolüne dek devam eden alanları kapsar ve akış birimlerinden biridir. Bu bölüm havaalanları arasında değişiklik gösterebilmektedir.

Koridorun alanı ve efektif koridor genişliği bu akış biriminin hızını ve yeterliliğini belirlemektedir.

Birim süresince program, yeterliliği kontrol etmektedir.

Modelin geliş salonu algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

Servis seviyesi yeterli mi?

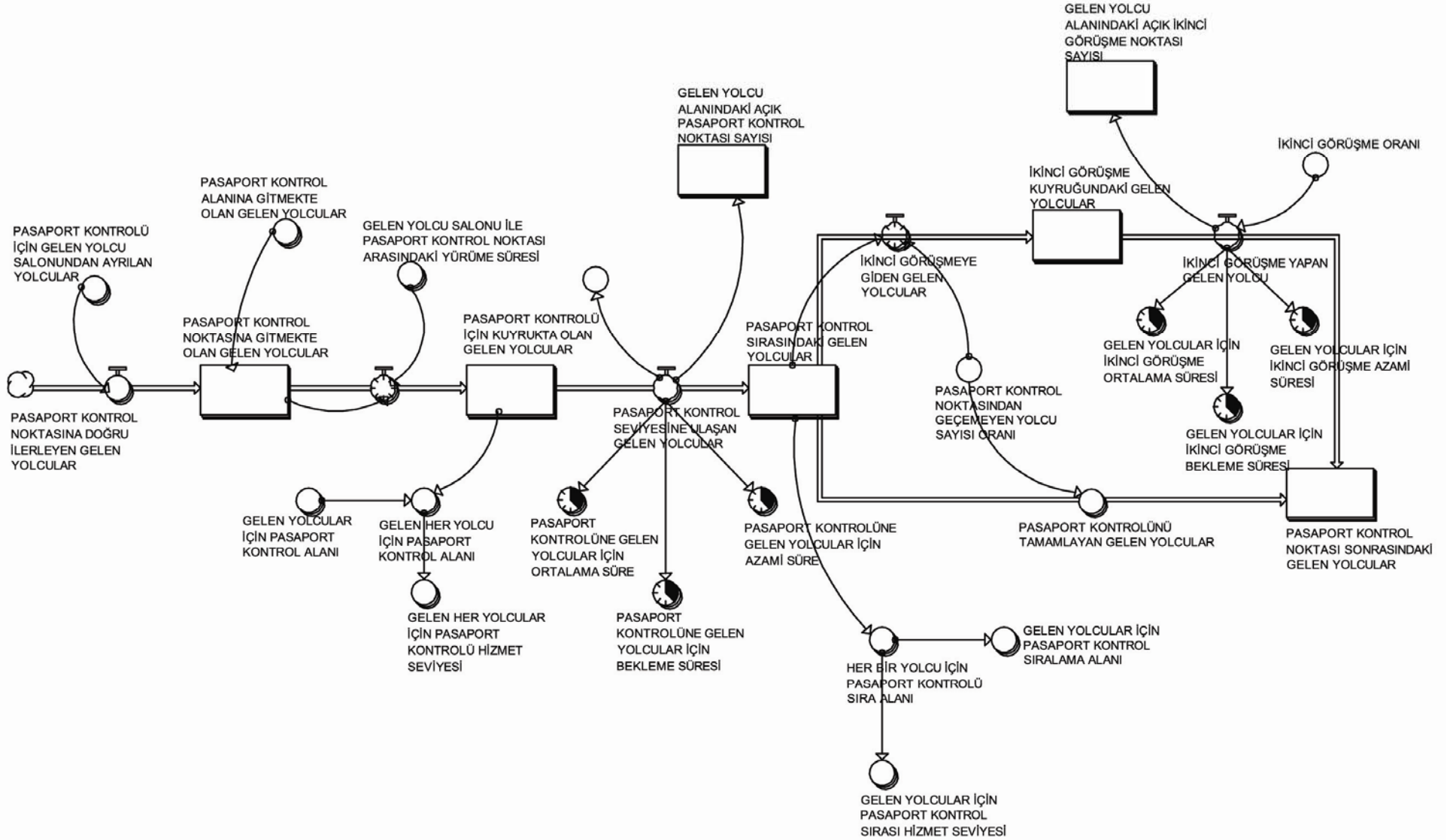
- Eğer evet ise yürümeye devam et
- Eğer hayır ise dur, bekle ya da geriye dön

4.4.1.3 Pasaport kontrollerinden geçiş

Pasaport kontrol birimi bilet kontrol birimi gibi bir işlem birimidir. Pasaport kontrol biriminin bilet kontrol biriminden farkı iç hatlar terminalinde bulunmamasıdır. Pasaport kontrol noktası dış hatlar gelen ve giden yolcu akışlarında bulunmaktadır. Bu birim için kullanılan kaç kontrol noktasının (kontuar sayısı) açık olduğunun belirtilmesi gerekmektedir. Pasaport kontrolünde bir sorunla karşılaşıldığı takdirde ikinci sorgulama odasına geçilmektedir. Pasaport kontrolünde ortalama işlem süresi kişi başına 30 sn ile 3 dakika arasında değişmektedir.

Modelin pasaport kontrollerinden geçiş algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Pasaport kontrol noktasına ilerle
- B nolu algoritmayı uygula
- Hizmet seviyesi yeterli mi?



Şekil 4.4 : Gelen Yolcu Pasaport Kontrolü Akış Diagramı (Zografos, Manataki, 2010)

oEğer evet ise bir sonraki adıma ilerle

o Eğer hayır ise dur ve yeterli olana kadar bekle

- Kaç kontuar açık?
- A nolu algoritmasını uygula
- Pasaport kontrol noktasına gel
- İşlem süresi kadar bekle
- Pasaport kontrolü sırasında sorunla karşılaşıldı mı?
- Eğer evet ise ikinci görüşme odasına geç
 - İşlem süresi kadar bekle
 - Sorun çözüldü mü?
 - Eğer evet ise pasaport kontrol noktasına çık ve bir sonraki birime ilerle
 - Eğer hayır ise yolcu işlem biriminden çıkartılır.
- Eğer hayır ise bir sonraki birime ilerle

4.4.1.4 Bagaj Alımı

Pasaport kontrolünden sorunsuzca geçen ve devam eden yolcular bagaj alım salonuna doğru ilerler.

Bagaj alım bantlarına doğru ilerlenirken bilgi ekranlarında yolcuya hangi banttan bagajını alacağı bilgisi verilir.

Bagajın alım bantlarının şekli ve tipi planlar tanıtılırken kullanıcı tarafından girilmektedir.

Bagaj alım bandı sayısı da yine kullanıcı tarafından belirlenmektedir.

Bagaj alım bantlarına ilerleyen yolcunun hangi banda doğru ilerleyeceğini bildiği varsayılmaktadır.

Yolcuların kişi başına tek bir bagaj alma süresi 5 ile 10 saniye arasında değişir. Standart sapması ise 5 saniyedir.

Modelin bagaj alım algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Bagaj alım bantlarına ilerle (bilgi ekranından hangi banttan alacağını öğren).
- Bagaj alım bandının yanına git
- Bagaj alım bandının çevresinde yeterli alan var mı?

- Eğer var ise bagajı beklemeye başla
- Eğer yok ise yeterli alan olana kadar bulunduğun yerde bekle
- Bagajın geldi mi?
 - Eğer geldi ise
 - Bandın yanında mısın?
 - Eğer bandın yanında isen bagajını al (işlem süresi kadar bekle)
 - Eğer bandın yanında değilsen bandın yanına gelene kadar bekle.
 - Eğer gelmedi ise beklemeye devam et.
- Başka bagajın var mı?
 - Eğer evet ise “bagajın geldi mi?” basamağına geri dön.
 - Eğer hayır ise, bir sonraki birime ilerle
- Hizmet seviyesi yeterli mi?
 - Eğer evet ise bir sonraki birime yönel
 - Eğer hayır ise hizmet seviyesi yeterli olana kadar bekle.

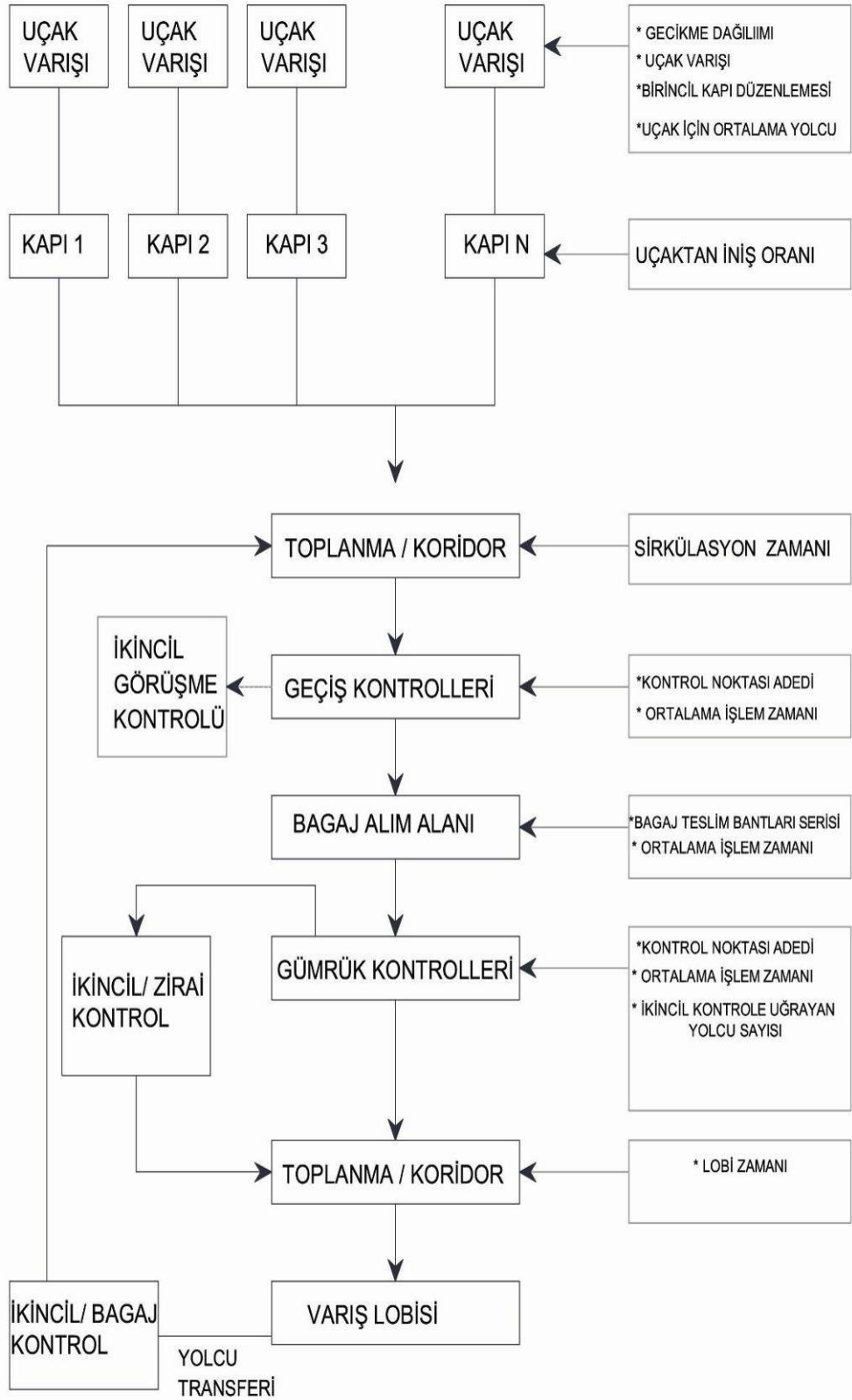
4.4.1.5 Gümrük kontrolünden geçme

Gümrük kontrol noktası bir işlem birimidir. Prosedürler olarak daha çok pasaport kontrol noktasına yakındır. Gümrük noktasının, pasaport noktasından farkı gümrük uygulamalarının her yolcu için gerçekleşmemesidir.

Kullanıcı tarafından kontrol noktası sayısı, kontrole uğrayan yolcu sayısı oranı ve ikinci kontrole uğrayan yolcu sayısı girilmektedir.

Modelin gümrük kontrolünden geçme algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Gümrük kontrolü uygulanacak mı?
 - Eğer evet ise işlem süresi kadar bekle.
 - Kontrole uğranacak mı?
 - Eğer evet ise işlem süresi kadar bekle.
 - Eğer hayır ise işlem süresi kadar ilerle.
 - Eğer hayır ise işlem süresi kadar ilerle.



Şekil 4.5 : Gelen Yolcu Simulasyonu Akış Diagramı (Horonjeff ve McKelvey, 1993)

4.4.1.6 Bekleme alanına geliş

Gümrük kontrol alanından geçen yolcular geliş lobisine doğru ilerler ve çıkış kapısına yönelirler. Geliş lobisindeki kişi sayısının yolcu yakınları hesaba katılarak hesaplanması gerekmektedir. Yolcu yakını sayısı havaalanlarına göre değişebilmektedir. Bu nedenle kullanıcı tarafından girilmelidir.

4.4.2 Dış Hatlar Giden Yolcu Algoritması ve Akış Diyagramları

Dış hatlar yolcularının havaalanı terminal binasına girmesinden uçağa binmesine kadar geçen süreci içerir.

Giden yolcuların terminal binası içindeki hareketlerinin sınıflandırılması şu şekildedir:

1. Terminal girişi güvenlik kontrolü
2. Bilet kontrol
3. Pasaport kontrolü
4. Ara birimler (yeme, içme, alışveriş)
5. Uçuş kapısı kontrolü
6. Bekleme salonu
7. Uçağa biniş

Havaalanı terminal binaları kapasite ve büyüklükleri bakımından farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklara rağmen yapılmış olan sıralamada sadece 5. sıradaki ara birimler bölümü değişiklikler gösterir. Diğer bölümlerdeki farklılıklar birimlerde kontrol noktasındaki sayı artışı veya bekleme salonunun alanı olmaktadır.

Kullanıcı tarafından yapılan uçuş planı doğrultusunda program başlar.

4.4.2.1 Terminal girişi güvenlik kontrolü

Terminal binasına giren yolcu güvenlik noktasına doğru ilerler. Bu birim bir işlem birimidir. Kontrol noktasındaki işlem süresi 30 ile 60 saniye arasında değişmektedir. Standart sapması ise 15 saniyedir. İşlem birimlerindeki A algoritmasının gerçekleşmesi halinde kontrol işlemine başlanır. Modelin, terminal girişi güvenlik kontrolü algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- A algoritmasını uygula
- A algoritmasını uygulaması bitti mi?
 - o Eğer evet ise işlem süresi kadar bekle ve bir sonraki birime doğru yönel

- o Eğer hayır ise A algoritması bitene kadar bekle

4.4.2.2 Bilet kontrol noktası

Bilet kontrol noktası bir işlem birimidir. Bilet kontrol süresi bir kişi için 120 ile 240 saniye arasında değişmektedir. Standart sapması ise 60 saniyedir. Uçuş bilgisi alınması ise ortalama 20 ile 40 saniye arasında değişmektedir.

Modelin bilet kontrol noktası algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Uçuş bilgi ekranlarına doğru ilerle
- B algoritmasını uygula
- Bilgi ekranına ulaştığında işlem süresi kadar bekle
- İşlem süresi bittiğinde bilet kontrol noktasına ilerle
- Kaç kontuar açık sorusunun yanıtını alana kadar bekle
- A algoritmasını uygula
- Hizmet seviyesi yeterli mi?
 - o Eğer evet ise bilet kontrol noktasında işlem süresi kadar bekle
 - o Eğer hayır ise hizmet seviyesi yeterli olana kadar bekle
- Bilet kontrol noktasındaki işlem bittiğinde bir sonraki birime yönel.

4.4.2.3 Pasaport kontrolü

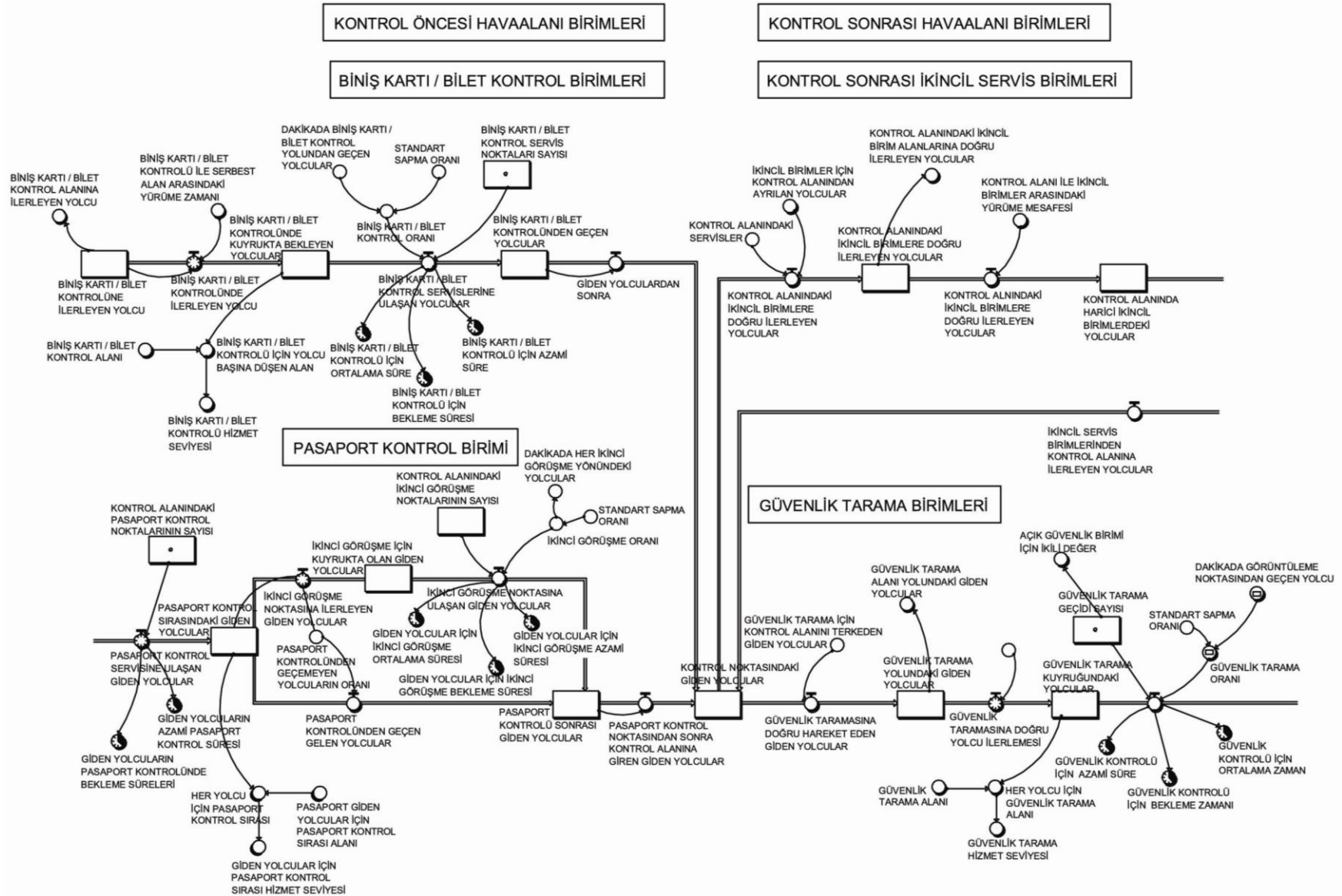
Pasaport kontrol birimi bilet kontrol birimi gibi bir işlem birimidir. Bilet kontrol biriminin aksine pasaport kontrol birimi iç hatlar terminalinde bulunmamaktadır.

Kullanılan kontuar sayısı kullanıcı tarafından girilmektedir. Kuyruk ve yolcu hareketleri işlem birimlerinde oluşturulduğu sıralamada devam eder. Pasaport kontrol işlemi bir kişi için ortalama 30 sn ile 3 dakika arasında değişmektedir.

Pasaport kontrolünde bir sorunla karşılaşıldığı takdirde 2. Sorgulama odasına geçilmektedir.

Modelin pasaport kontrol noktası ile ilgili algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Pasaport kontrol noktasına ilerle
- B nolu algoritma
- Kaç kontuar açık
- A algoritmasını uygula



Şekil 4.6 : Giden Yolcu Kontrol Noktaları Akış Diagramı (Zografos, Manataki, 2010)

- Pasaport kontrol noktasına gel
- İşlem süresi kadar bekle
- Pasaport kontrolü sırasında sorunla karşılaşıldı mı?
 - o Eğer evet ise 2. görüşme odasına geç
 - İşlem süresi kadar bekle
 - Sorun çözüldü mü?
 - Eğer evet ise pasaport kontrol noktasına çık ve bir sonraki birime ilerle
 - Eğer hayır ise yolcu işlem biriminden çıkartılır.
 - o Eğer hayır ise bir sonraki birime ilerle

4.4.2.4 Ara birimler

Ara birimler, yeme, içme alanları, alışveriş alanları gibi mekanlardır. Bu mekanlar küçük havaalanlarında küçük alanlar kaplamaktadır. Bu birimler aynı zamanda bekleme birimleridir.

Bu mekanların yeterliliği kişi başına düşen m² ile ölçülmektedir. Yolcular bu birimlerde zaman geçirebilir ya da birimlere uğramadan geçebilmektedirler. Bu sebeple bu mekanlara uğrama oranı kullanıcı tarafından belirlenir.

Modelin ara birimler ile ilgili algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Ara birimleri var mı?
 - o Eğer var ise hangileri var? (A) yeme (B) içme (C) alışveriş
 - Eğer veriler girildi ise
 - A,B ve C'nin kullanım oranları nedir?
 - o Eğer yok ise bir sonraki birime ilerle.

4.4.2.5 Uçuş kapısı kontrolü

Uçuş kapısı kontrol noktası işlem birimlerinden bir tanesidir. Bu birimi diğer kontrol noktalarından ayıran özellik, kontrol noktası sayısının tek olmasıdır. Bu nedenle kontrol noktasındaki bekleme zamanı daha fazladır. Ortalama işlem zamanı 30 ile 60 saniye arasındadır. Standart sapması ise 15 saniyedir.

Uçuş kapısı kontrolünden geçen yolcu uçağa binmeden önceki son bekleme salonuna ulaşır.

Modelin uçuş kapısı kontrol noktası ile ilgili algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Uçuş kapısı kontrol noktasına gel
- Önünde kimse var mı?
 - o Eğer var ise işlem süresi kadar bekle
 - Önünde kimse kalmayana dek bu işlemi tekrar gerçekleştir.
 - o Eğer yok ise kontrol noktasına gel
- İşlem süresi kadar bekle
- Sorunla karşılaşıldı mı?
 - o Eğer evet ise ikinci kontrolden geç
 - İşlem süresi kadar bekle
 - Sorun var mı?
 - Eğer var ise yolcu işlem biriminden çıkartılır.
 - Eğer yok ise bekleme alanına doğru ilerle
 - o Eğer hayır ise bekleme alanına doğru ilerle
- Hizmet seviyesi yeterli mi?
 - o Eğer evet ise bir sonraki birime yönel
 - o Eğer hayır ise seviye yeterli olana kadar diğer yolcuları beklet.

4.4.2.6 Bekleme salonu

Uçuş kapısı kontrolünden geçen yolcular bekleme salonuna geçer ve uçak kapıları açılana kadar bu alanda beklerler. Bu birim bekleme birimi olmasından dolayı m² başına düşen insan sayısı ile kapasitesi ölçülmektedir.

Modelin bekleme salonu ile ilgili algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Hizmet seviyesi yeterli mi?
 - o Eğer evet ise uçuş kontrol noktasından yolcu gelişini engelleme
 - o Eğer hayır ise uçuş kontrol noktasından yolcu gelişini durdur.
- Her yolcu içeri girdiğinde başa dön
- Hizmet seviyesinin yeterliliğini sına

4.4.2.7 Uçağa binış

Uçak kapısı açıldığı andan itibaren yolcuların uçağa alındığı noktadır. İşlem birimlerinden biridir. Ortalama işlem süresi her havaalanına göre değişmekte olduğundan kullanıcı tarafından mesafe girildikten sonra ortalama süre model tarafından hesaplanabilir.

4.5 Analiz Ölçütleri

4.5.1 Hizmet Seviyesi Tanımlaması

Hizmet seviyesi yolcu deneyimlerine dayanan bir veya daha çok tesisin hizmet kalite ve durumlarını temsil etmektedir. Bekleme zamanı, işlem zamanı, yürüme zamanı ve toplanma gibi hizmet seviyesi parametreleri açısından karşılıklı bağlantılar mevcuttur. Hizmet seviyesi hedefleri, havalimanı maliyetleri ve ekonomisi kadar havalimanının imajına da ciddi etkileri olduğundan dolayı önemlidir. Aslında belirli bir hizmet seviyesine erişmek, yeni işler için olumlu etki sağlamanın yanında yerel ve ulusal hedefleri de yansıtmaya yardımcı olabilir (Brunetta, Andreatta, Righi, 1999).

Havalimanı çevresindeki her bir bileşenin kendine has işletme karakteristiği ve talepleri vardır. Bu nedenle tek bir yöntem ile hizmet seviyesinin belirlenmesi zordur. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA)'nın azami trafik yoğunlukları hakkında yaptığı araştırma, hizmet seviyesi ve havalimanı kapasitesinin belirlenmesi için gerekli olan standart tanımlamalara olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır (IATA, 1981).

Hizmet seviyesi standartlarını belirlemek için, çalışma grubu potansiyel kalabalığın havalimanı çevresindeki tesislere (Örneğin işlem tesisleri, bekleme tesisleri ve akış tesisleri ile temasta bulunmaya) bağlı olarak farklı yollarla tespit edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Analiz edilen birime göre potansiyel kalabalığın tahmini için üç temel kapasite kıstası kullanılabilir. Bunlar sırasıyla statik, dinamik ve sürekli kapasitedir ve aşağıda tanımlanmaktadır (Svrcek,1994).

- **Statik kapasite** bekleme birimi veya alanının taşıma kapasitesini belirtmektedir ve genellikle herhangi bir dakikadaki sağlanan alanın taşıyabileceği kişi adedi olarak tanımlanır. Statik kapasite mevcut toplam kullanılabilir alan ve sağlanan hizmet seviyesinin bir fonksiyonudur. (Örneğin, kişinin ihtiyacı olan alan miktarı.)
- **Dinamik kapasite** bir alt sistemde birim zamandaki maksimum işlem oranı veya yayaların akış oranını belirtmektedir. Ölçüm göstergesi olarak seçilen mevcut taşıma birimi dahil olan tesis ve operasyonların doğasına bağlıdır.

- **Sürekli kapasite** belirli bir hizmet servisinin zaman ve yer standartları içindeki sürekli bir periyottaki trafik talebini karşılamak için gerekli olan toplam alt sistem kapasitesini tanımlamak amacıyla kullanılır.

Hizmet seviyesini (LOS) belirlemek için LOS=A (en iyi)'den LOS=F (kabul edilemez)'e kadar olan bir notlandırma sistemi kullanılmaktadır. Çizelge 4.2'de (IATA, 1981) hizmet seviyeleri, akış, gecikme ve konfor seviyesine göre açıklanmaktadır.

Her bir hizmet seviyesinin tanımının aynı olmasına rağmen, alt sistemlerin farklı mekansal gereksinimleri mevcuttur. Sistem yöneticileri ve tasarımcılar istenen veya gerekli hizmet seviyesini belirtmelidir. Genellikle, minimum C seviyesi önerilmektedir ve D seviyesi karmaşa zamanında kabul edilebilir olarak nitelendirilmektedir. işlem birimleri için çok yönlü LOS standartları belirlenmelidir. IATA kılavuzların da bu bilet kontrol noktası için kabul edilebilir bekleme zamanı ve bekleyen yolcular için yolcu başına ayrılması gereken alanlar LOS standartları olarak belirlenmiştir (Brunetta, Andreatta, Righi, 1999).

Çizelge 4.2 : Hizmet Seviyeleri (LOS)(IATA, 1981)

Hizmet Seviyesi	Seviye	Tanım
A	Mükemmel	Serbest akış, gecikme yok, mükemmel konfor seviyesi
B	Yüksek	Sabit akış, çok az gecikme, yüksek konfor seviyesi
C	İyi	Sabit akış, kabul edilebilir gecikme, iyi konfor seviyesi
D	Yeterli	Dengesiz akış, geçerli gecikme, yeterli konfor seviyesi
E	Yetersiz	Dengesiz akış, kabul edilemez gecikme, yetersiz konfor seviyesi
F	Kabul Edilmez	Karmaşık akış, çökmüş sistem, kabul edilemez konfor seviyesi

Çizelge 4.3 : Hizmet Seviyeleri (Yeterli Alan)(IATA, 1981).

Hizmet Seviyesi Alanı	A	B	C	D	E
Bagaj Alım (m ²)	2.00	1.80	1.60	1.40	1.20
Akış Alanları (yolcu /dk/m)	20.00	25.00	40.00	57.00	75.00
Bilet Kontrol (m ²)	1.80	1.60	1.40	1.20	1.00
Bekleme Alanı (m ²)	2.70	2.30	1.90	1.50	1.00
Sosyal Alan (m ²)	1.40	1.20	1.00	0.80	0.60

5. SONUÇ

Havaalanları hava ile kara yollarını birbirine bağlayan en önemli noktalardan biridir ve gelişen teknoloji ile birlikte ulaşımın en önemli noktası haline gelmiştir. Her geçen gün havayolu şirketleri uçak sayılarını arttırmakta, filolarına yeni uçaklar eklemektedir. Bu artış nedeniyle oluşan talebi karşılayabilmek için havaalanlarının tasarım sürecinde kapasiteye ileriye dönük genişleme olanakları dikkatle ele alınmalıdır.

Tez kapsamında havaalanı yolcu hareketleri modeli için bir algoritma önerisi verilmiştir. Bu öneriyi hazırlarken öncelikle mevcut havaalanları, sonrasında havaalanı terminal binaları üzerinde incelemelerde bulunulmuştur. Öncelikle havaalanlarının yerleşim konumları, biçimsel şekillenmeleri, pist ve terminal binasının ilişkilendirilmesi üzerinde durulmuştur. Sonrasında ise terminal binası bileşenleri incelenmiştir.

Terminal binasında bulunan mekanlar incelendikten sonra dış hatlar ve iç hatlarda gelen ve giden yolcu diyagramları oluşturulmuştur.

Modelin farklı kapasite ve büyüklükteki havaalanlarına adapte edilebilmesi için her havaalanında olması gereken mekanlar ve tercihli mekanlar olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Terminal binasındaki her birim analiz edilmiş ve bu birimlerin ölçütleri çıkartılmıştır. Bu analizler kapsamında ortalama işlem süreleri, bekleme süreleri, hizmet seviyeleri gibi hususlar saptanmıştır. Bulgular dahilinde her birimin kendine özgü bir hizmet seviyesi, kişi başına düşen yeterli alan gibi değerleri çıkarılmıştır. Ayrıca havaalanı kapasiteleri hakkında bilgi vererek teorik ve pratik kapasitelerin belirlenebilmesi için altlık oluşturulmuştur. Kapasite bilgileri verilirken de hizmet seviyeleri hakkında bir ön bilgi verilmiştir. Bir sonraki aşamada ise yolcu karakteristikleri incelenerek olağan durumlarda ve panik anında insan hareketleri analiz edilmiştir.

Havaalanı değerlendirmesi için kullanılan farklı modeller incelenmiş ve tez kapsamında kullanılan benzetim modellerine ilişkin örnekler açıklanmıştır.

Tez kapsamında kapsamı dış hatlar terminalindeki yolcu hareketlerinin benzetimini oluşturarak algoritma geliştirilmiştir. Yolcu sistemi giden ve gelen yolcu olarak ikiye

ayrılmış ve bu iki sistemin ve sistemdeki birimlerin diyagramları oluşturulmuştur. Diyagramlardaki etkenler tek tek incelenerek analizleri çıkartılmıştır.

Terminal birimleri özellikleri incelendikten sonra, birimler kendi içinde üçe ayrılmıştır.

- İşlem birimleri
- Bekleme Birimleri
- Geçiş Birimleri

Bu birimlerdeki yolcu karakteristikleri incelenmiş, yolcu yürüyüş hızları ve tipleri belirlenmiştir. Bu tipler dahilinde her birim için ayrı ayrı algoritmalar oluşturularak elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Akış diyagramları, kurallar ve kısıtlamalarla da desteklenmiştir.

Böylece bir bilgisayar mühendisinin programı yazabilmek için ihtiyaç duyduğu tüm veriler ve algoritma tez kapsamında sunulmuş bulunmaktadır.

Model mimarlar, mühendisler ve havacılık sektöründe kullanılabilecektir. Bundan önce geliştirilen tüm modeller inşaat mühendisleri tarafından hazırlandığı için mimari unsurlar göz ardı edilmiştir. Veri girişleri sadece text formatındadır. Bu tür program girdileri hem hazırlaması zor, hem de hazırlama sırasında çıkabilecek muhtemel hata oranı yüksek verilerdir.

Bilgi teknolojilerinin mimari konularla etkileşiminin artmasıyla birlikte, benzetim modelleri sadece formüllerden ibaret test araçları olmaktan çıkmış ve tasarım sürecinde mimari yol gösterici, yardımcı araçlar olarak önem kazanmıştır.

Havaalanı yolcu hareketleri benzetim modelinin programlama aşamasında java gibi görsel tabanlı programlar kullanılarak yolcu hareketleri eş zamanlı olarak ekrandan görülebilir. Böylece modelin hizmet seviyesinin kabul edilebilir sınırların altına düştüğü birimi ve anı kullanıcı tarafından zahmetsizce fark edilebilir. Program durdurulup yolcu sayısı düşürülerek kapasitenin maksimum ne kadar olabileceği hesaplanabilir. Modele yolcu sayıları, kontrol noktası sayıları gibi değişkenlerin kullanıcı tarafından girilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle farklı havaalanı kapasitelerinde model kullanılabilecektir.

Programın sonuçları sayısal olarak ve ayrıca plan üzerinden hizmet seviyelerine göre oluşturulacak grafik sistemiyle verilecektir. Böylelikle sayısal sonuçların okunması zor olsa bile, plan üzerinde oluşacak grafik sonuçlar kolaylıkla okunabilecektir.

Programın birçok modülden oluşması, dolayısıyla bilgisayar sistem gereksiniminin fazla olması, programın olumsuz yönlerinden en önemlisidir. Bu tür bir sistemin yazılması ve uygulanması büyük maliyet gerektirecektir. Program içinde ayrı sistemler (iç hat, dış hat, gelen ve giden yolcu) bir arada düşünülerek birbirlerine bağlı ya da birbirlerinden bağımsız çalışabilmesi öngörülmemiştir. Bu tür bir sistemin karışıklığa sebep olma ihtimali olduğu için hata oranı yüksektir. Ayrıca bütün sisteme aynı anda veri girişi çok uzun sürmektedir. Bu nedenle programın ilk aşamasında her bir sistemin ayrı ayrı tasarlanması gerekebilir.

Programın ileri aşamalarında terminal binasının dışında gelişen diğer etmenlerin de eklenmesi planlanmıştır. Pist ve taksi yolları hareketleri, terminale bağlı karayolları ulaşım sistemleri (otobüs, servis vb. gibi) eklenerek git gide benzetim modelinin gelişmesi planlanmaktadır.

Farklı tipteki yolcular eklenerek farklı yolcu hareketleri tanımlanabilir. Havaalanına daha önceden gelmiş olan yolcu ile ilk defa gelen yolcunun yönelimleri aynı olmayacağı gibi farklı yaş gruplarındaki bay-bayan yolcuların da hareketleri farklı olacaktır. Yolcuların yanında yakınlarının benzetimlerinin yapılması terminale giriş anından kontrol noktasına kadar olan bölümde, gelen yolcu bölümünde ve gelen yolcu karşılama bölümünde oluşabilecek yoğunluğun daha gerçekçi bir benzetiminin yapılmasını ve böylece daha sağlıklı bir sirkülasyon alanı analizinin yapılmasını sağlayacaktır. Yolcuların modelde temsil edilmesinde etmen tabanlı sistemler şu an için ön görülen en gerçekçi sistemdir. Çünkü etmenler deneme, öğrenme gibi yapay zeka unsurlarına sahiptir.

Programına eklenebilecek bir başka etken ise, terminal binası çalışanları olacaktır. Terminal çalışanları havaalanları için büyük önem taşır. Herhangi bir sorun anında en kısa sürede sorunu çözmek için hemen hemen her noktada bulunurlar. Ayrıca kontrol noktalarındaki çalışan sayısı, kontrol hızını etkileyen faktörlerden biridir.

Modelin uygulanması ile birlikte, havaalanlarıyla ilgili birçok alanda yapım sonrasında yaşanan kapasite sorunları yaşanmayacaktır. Modelin geliştirilmesi ile devlet kurumlarının bu programı bir yeterlilik şartı olarak gösterebilmesi mümkün olacak ve böylece çok büyük yatırımlarla yapılan havaalanı binaları daha uzun süre, daha etkin şekilde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Airport Planning Manual, 1987.** Doc 9184-AN/902, Part 1. *Master Planning*, 2nd Edition.
- Arns, T. 1993.** Video films of pedestrian crowds, (Wannenstr. 22, 70199 Stuttgart).
- Anselmo Setti, J. R. , 1990.** *Passenger Terminal Simulation Model*, Doktora Tezi, Waterloo, Ontario, Canada.
- Ashford N., and Wright P.H., 1992.** *Airport Engineering*, 3rd Ed., A Wiley-Interscience Publication
- Ashford, N., O'Leay, M., ve McGinity, P., 1976.** Stochastic modelling of passenger and baggage flows through an airport terminal. *Traffic Engineering and Control*, 207-210.
- Brilon, W. , Großmann, M. and Blanke, H. 1993.** Verfahren für die Berechnung der Leistungsfähigkeit und Qualität des Verkehrsablaufes auf Straßen, in *Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 669 (Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau, Bonn).
- Brunetta, L., L. Righi and G. Anderetta. 1999.** An Operations Research Model For The Evaluation Of An Airport Terminal: SLAM (Simple Landside Aggregate Model) *Journal of Air Traffic Management* **5**, 161-175.
- Burke,J. , 1979.** *The Description of a Model for Investigating the Emptying Times of Auditoria by Computer Simulation*, *Transactions of the Martin Centre for Architectural and Urban Studies*, Ed.: P.Steadman, J.Owers, Vol.4, Cambridge, 89.
- Caldarelli, G. 2000.** Cellular models for river networks, e-print cond-mat / 0011086
- Coleman, J. S. 1990.** Foundations of Social Theory, Chaps. 9 and 33 (Belknap, Cambridge,MA).
- Çağdaş, G., Dökmeci, V., Erkman, U., Şener, H., Sağlamer, G., Orhon, İ., ve Yıldız, D. 1997.** *Kurtköy Sabiha Gökçen Havalimanı Kapasite Arttırma Araştırma Raporu*.
- Çağdaş, G., 1986.** *Binalarda Boşalma Sürecinin Analizi ve Benzetimi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Elliott D. and Smith, D. 1993.** Football stadia disasters in the United Kingdom: Learning from tragedy, *Industrial & Environmental Crisis Quarterly* **7(3)**, 205-229.
- Federal Aviation Administration, 1980.** AC 150/5360-9, *Planning And Design of Airport Terminal Building Facilities at Non-hub Locations*, Washington, DC
- Ganem, J. 1998.** A behavioral demonstration of Fermat's principle, *The Physics Teacher* **36**, 76-78.
- Helbing, D. 1997.** *Verkehrsdynamik*, Springer, Berlin.

- Helbing, D. 2001.** P. Molnar, I. Farkas, and K. Bolay, *Self-organizing pedestrian movement*, *Environment and Planning B* 28.
- Helbing, D. 1993.** *Stochastische Methoden, nichtlineare Dynamik und quantitative Modelle sozialer Prozesse*, Ph.D. thesis (University of Stuttgart, 1992, published by Shaker, Aachen.)
- Helbing, D. 1998.** Pedestrian dynamics and trail formation, 21-36, in *Traffic and Granular Flow '97*, M. Schreckenberg and D. E. Wolf (Eds.)
- Helbing, D. 1994.** P. Molnar, and F. Schweitzer, *Computer simulations of pedestrian dynamics and trail formation*, in *Evolution of Natural Structures*, 229-234 (Sonderforschungsbereich 230, Stuttgart).
- Helbing D. and Molnár, P. 1995.** *Social force model for pedestrian dynamics*, *Physical Review E* 51, 4282-4286.
- Helbing, D. Farkas, I. and Vicsek, T. 2000.** Freezing by heating in a driven mesoscopic system, *Physical Review Letters* 84, 1240-1243.
- Helbing, D. Farkas, I. and Vicsek, 2000.** Simulating dynamical features of escape panic, *Nature* 407, 487-490.
- Helbing, D. 2001.** Traffic and related self-driven many-particle systems, e-print cond-mat / 0012229, to appear in *Reviews of Modern Physics* (2001).
- Horonjeff, R. , McKelvey. , 1994.** *Planning and Design of Airports*, 4th Ed. McGraw-Hill Inc.
- IATA., 1981.** Guidelines for Airport Capacity/Demand Management. Geneva, Switzerland.
- Jacobs B. D. and Hart, P.'t 1992.** Disaster at Hillsborough Stadium: a comparative analysis, in *Hazard Management and Emergency Planning*, **Chap. 10**, D. J. Parker and J. W. Handmer (Eds.) (James & James Science, London).
- Jim, H.K. , Chang, Z.Y., 1998.** An airport passenger terminal simulator: A planning and design tool, *Simulation Practice and Theory* 6, 387,396
- Johnson, N. R. 1987.** Panic at "The Who Concert Stampede": An empirical assessment, *Social Problems* 34 (4), 362-373.
- Kadanoff, L. P. 1985.** Simulating hydrodynamics: A pedestrian model, *Journal of Statistical Physics* 39, 267-283.
- Keating, J. P. 1982.** The myth of panic, *Fire Journal*, (May/1982) 57-61+147.
- Kelley, H. H. Condry Jr., J. C. Dahlke, A. E. and Hill, A. H. 1965.** Collective behavior in a simulated panic situation, *Journal of Experimental Social Psychology* 1, 20-54.
- Kıyıldı, R.K. , 2005.** *Havaalanı Kapasite Analizine Yeni Bir Yaklaşım*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
- Klüpfel, H. Meyer-König, M. Wahle, J. and Schreckenberg, M. 2000.** *Microscopic simulation of evacuation processes on passenger ships*, in *Theory and Practical Issues on Cellular Automata*, S. Bandini and T. Worsch (Eds.) (Springer, London).
- LeBon, G. 1960 (1895).** *The Crowd* (Viking, New York).

- McCabe, L. ve Carberry, T., 1975.** Simulation methods for airport facilities. In *Airport Landside Capacity – Special Report 159*, 112-122, Washington, D.C. Transportation Research Board, U.S. National Research Council.
- McKelvey, F.X., 1998.** Use of an analytical queuing model for airport terminal design. In *Transportation Research Record 1199*, 4-11, Washington, D.C. Transportation Research Board, U.S. National Research Council.
- Miller, D. L. 1985.** Introduction to Collective Behavior, Fig. 3.3 and Chap. 9 (Wadsworth, Belmont, CA).
- Mintz, A. 1951.** Non-adaptive group behavior, *The Journal of Abnormal and Normal Social Psychology* **46**, 150-159.
- Mumayiz, S., 1990.** An overview of airport simulation models. Paper presented at the 69th Annual Conference of the Transportation Research Board in Washington, D.C.
- Parizi M.S., 1995.** *An Optimum Resource Utilization Model For Airport Passenger Terminal Buildings*, PhD. Thesis, Carleton University, Ottawa, Ontario.
- Pauls, J.L., 1980.** *Building Evacuation: Research Findings and Recommendations, Fires and Human Behaviour*, Ed. : D.Canter, New York, John Wiley and Sons, 272-273.
- Pauls, J.L. , 1974.** Building Evacuation and other Fire-Safety Measures: Some Research Results and their Application to Building Design, Operation and Regulation, EDRA 5 Man Environment Interactions: Evaluations and Applications The State of the Art in Environmental Design Research, 4: Field Applications, Ed.: G.Davis, USA, Environmental Design Research Association Inc., 155.
- Predtetschenski W. M. and Milinski, A. I. 1971.** Personenströme in Gebäuden-Berechnungsmethoden für die Projektierung - (Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld)
- Quarantelli, E. 1957.** The behavior of panic participants, *Sociology and Social Research* **41**, 187-194.
- Ristow G. H. and Herrmann, H. J. 1994.** Density patterns in two-dimensional hoppers, *Physical Review E* **50**, R5-R8.
- Santra, S. B. Schwarzer, S. and Herrmann, H. 1996.** Fluid-induced particle segregation in sheared granular assemblies, *Physical Review E* **54**, 5066-5072.
- Solak, S. , Clarke, J.P.B., and Johnson, E.L., 2009.** Airport Terminal Capacity Planning, *Transportation Research, Part B*, **43**, 659–676
- Stanley H. E. and Ostrowsky, N. 1986.** (Eds.), *On Growth and Form* (Martinus Nijhoff, Boston).
- Still, G. K. 1993.** New computer system can predict human behaviour response to building fires, *Fire* **84**, 40-41.
- Stølum, H.-H. 1996.** River meandering as a self-organization process, *Nature* **271**, 1710-1713.
- Svrcek T., 1994.** *Planning level decision support for the selection of robust configurations of airport passenger buildings*. Ph.D. Thesis, Dept. Of Aeronautics & Astronautics, Flight Transportation Laboratory Report

R94-6, MIT, Cambridge, Ma,USA.

- Tregenza, P. , 1978.** Movement of People in Buildings - Some Recent Studies, *Architectural Science Review*, **Vol.21, No 1-2**, 45.
- Turner R. H. and Killian, L. M. 1987.** *Collective Behavior* (Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 3rd ed.).
- Virkler M. R. and Elayadath, S. 1994.** Pedestrian density characteristics and shockwaves, in *Proceedings of the Second International Symposium on Highway Capacity*, **Vol. 2**, 671-684, R. Akçelik (Ed.) (Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Weidmann, U. 1993.** Transporttechnik der Fußgänger, in Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Straßen- und Eisenbahnbau (Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Straßen- und Eisenbahnbau, ETH Zürich).
- Wolf D. E. and Grassberger, P. 1997.** (Eds.), *Friction, Arching, Contact Dynamics* (World Scientific, Singapore).
- Wu, X.-L. Måløy, K. J. Hansen, A. Ammi, M. and Bideau, D. 1993.** Why hour glasses tick, *Physical Review Letters* **71**, 1363-1366.
- Yoshikawa, K. Oyama, N. Shoji, M. and Nakata, S. 1991.** Use of a saline oscillator as a simple nonlinear dynamical system: Rhythms, bifurcation, and entrainment, *American Journal of Physics* **59**, 137-141.
- Zografos, K.G. , Manataki, I.E., 2010.** Assessing Airport Terminal Performance Using a System Dynamics Model, *Journal of Air Transport Management* **16**, 86–93
- [1] **Abrahart, R. J., and See, L., 1998:** Neural Network vs. ARMA Modelling: Constructing Benchmark Case Studies of River Flow Prediction. In *GeoComputation '98. Proceedings of the Third International Conference on GeoComputation*, University of Bristol, United Kingdom, 17–19 September (CD-ROM).
- [2] **IOC-UNESCO, 1981.** *International bathymetric chart of the Mediterranean*, Scale 1:1,000,000, 10 sheets, Ministry of Defence, Leningrad.

ÖZGEÇMİŞ

Özer Arusoğlu 1983 yılında Balıkesir, Bandırma’da doğmuştur. 1993’te başladığı eğitim hayatına İstanbul Üsküdar H. Avni Sözen Anadolu Lisesi’nden 2001 senesinde mezun olarak İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü’ne başlamıştır. 2006 yılında mezun olarak İ.T.Ü. Fen Bilimler Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, Mimari Tasarımda Bilişim yüksek lisans programına başlamıştır. 2008-2009 Güz ve Bahar Dönemlerinde ERASMUS kapsamında Politecnico Di Milano’ da bulunmuştur.