

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TRABZON HAVAALANI İÇ HATLAR YOLCU TRAFİĞİNİN BENZETİM İLE
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisi Sepideh SABETGHADAM

**MAYIS 2015
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Sepideh SABETGHADAM tarafından hazırlanan**

**TRABZON HAVAALANI İÇ HATLAR YOLCU TRAFİĞİNİN
BENZETİM İLE İNCELENMESİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 12 / 05 / 2015 gün ve 1602 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç.Dr.Emrullah DEMİRCİ



Üye : Doç.Dr.Coşkun HAMZAÇEBİ



Üye : Doç.Dr.Selçuk ÇEBİ



**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Bu çalışma kapsamında, Trabzon havaalanı iç hatlar terminalinin yolcu trafiği, iyileştirilme amacı ile Arena benzetim programından yararlanarak incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında yolcu terminalinin hangi bölümlerde daha yoğun olduğu belirlenmiş, daha sonra Arena benzetim programı ile mevcut durum modellenmiştir. Model çeşitli senaryolarla çalıştırılmış ve son olarak iyileştirilmiş sistem önerisi sunulmuştur.

Öncelikle bu çalışmanın oluşturulmasında bana yol gösteren ve tez çalışmam boyunca destek veren tez danışmanım Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ'ye, bu zamana kadar her türlü maddi manevi desteğini esirgemeyen sevgili annem Mitra Moharrami ve kardeşim Mohammadreza Sabetghadam, değerli arkadaşlarım Ahmet Cem Özkan, Fatma Betül Yeni, Behice Meltem Kayhan ve diğer tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sepideh SABETGHADAM

Trabzon 2015

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Trabzon Havaalanının İç Hatlar Yolcu Trafiğinin Benzetim ile İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Emrullah Demirci'nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 27/05/2015

Sepideh SABETGHADAM

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Havaalanlarının İşlevi.....	3
1.3. Havacılık Terminal Hizmetleri.....	4
1.4. Trabzon Havaalanı	5
1.5. Benzetim Kavramı.....	8
1.6. Benzetimin Türleri	9
1.6.1. Zamana Göre Benzetim Modelleri	10
1.6.2. Rassal Değişkenler İçermesine Göre Benzetim Modelleri.....	11
1.6.3. Durum Değişkenlerin Aldıkları Değerlere Göre Benzetim Modelleri	11
1.7. Benzetimin Amaçları.....	12
1.8. Benzetim Ne Zaman Kullanılır	12
1.9. Benzetimin Avantajları.....	13
1.10. Benzetimin Dezavantajları	13
1.11. Benzetimin Uygulama Alanları.....	14
1.12. Benzetim Çalışmasının Adımları	15
1.12.1. Problemin Tanımı ve Amaçların Belirlenmesi.....	15
1.12.2. Modelin Kurulması.....	16
1.12.3. Verilerin Toplanması.....	16
1.12.4. Modelin Geliştirilmesi.....	16
1.12.5. Doğrulama	16
1.12.6. Modelin Değerlendirilmesi.....	16
1.12.7. Deneysel Tasarım	17

1.12.8.	Deneyler	17
1.12.9.	Sonuçların Analizi ve Belgelendirilmesi.....	17
1.13.	ARENA Benzetim Yazılımı	17
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	20
3.	UYGULAMA VE BULGULAR.....	24
3.1.	Problemin Tanımlanması ve Amaçların Belirlenmesi	24
3.1.1.	Sistemin Performans Ölçütleri	25
3.1.2.	Sistem Performans Değişkenleri	25
3.2.	Terminal Giden Yolcu Bölümünün Tasarlanması.....	26
3.3.	Modelleme İçin Gereken Veriler.....	26
3.4.	Verilerin Toplanması ve Analizi.....	28
3.4.1.	Bilet Kontrol Gişeleri (Gelişler arası zamanlar).....	29
3.4.2.	Bilet Kontrolünde İşlem Süresi	30
3.4.3.	İkinci X-ray’de Gelişler Arası Süreler	32
3.4.4.	İkinci X-ray’de Biniş Kartların Kontrol Süreleri	34
3.4.5.	Çanta Kontrol Noktalarından Geçme Süreleri	36
3.5.	Modelin Oluşturulması.....	37
3.6.	Modelin Giriş Bilgileri	37
3.7.	Modelin Doğrulanması.....	38
3.8.	Benzetim Modelin Çalıştırılması.....	39
3.9.	Benzetimin Sonuçları	43
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
5.	KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

TRABZON HAVAALANI İÇ HATLAR YOLCU TRAFİĞİNİN BENZETİM İLE
İNCELENMESİ

Sepideh SABETGHADAM

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ

2015, 50 Tez Sayfa

Bu çalışmada, Trabzon havaalanı iç hatlar terminalinin giden yolcu kısmı benzetim ile incelenmiştir. Yolcuların işlem ve bekleme süreleri toplanıp, istatistiksel analizleri yapılmıştır. Uygulamada benzetimin modelinin kurulması için Arena programı kullanılmıştır.

İlk olarak mevcut durumun modeli kurularak darboğazlar belirlenmiştir. Ardından elde edilmiş modelin parametreleri (hizmet veren üniteler, görevlilerin sayısını) değiştirilerek yeni senaryolar oluşturulmuştur. İlk kurulan model ile daha sonra elde edilen modeller karşılaştırılmış ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

Sonuç olarak, kalkış saatlerinin yoğunluğunun değerlendirilmesi ile havaalanındaki çalışanlara haftalık çalışma planı verilmesi ve bu şekilde gereksiz maliyetlerden tasarruf edilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havaalanı, Yolcu Terminali, Benzetim, Benzetim İle Modellemesi.

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF TRABZON AIRPORT'S DOMESTIC PASSENGER
TRAFFIC USING SIMULATION

Sepideh SABETGHADAM

Karadeniz Technical University
Institute Of Applied Sciences
Industrial Engineering Department
Advisor: Assoc. Prof. Dr. Emrullah DEMİRÇİ
2015, 50 Pages

In this study, domestic departure of Trabzon airport is investigated using simulation. Waiting and process times of passengers were observed, collected and statistical analysis was done. Arena software is used to build the model in application.

First the present status at the airport has been modelled to detect the bottlenecks. Then by changing the obtained model's parameters (serving units, number of staff) new models have been built. Then a comparison was made between two models and they have been evaluated.

Consequently, considering the intensity of departure time, a weekly working program is suggested for airport staff to avoid unnecessary expenses.

Keywords: Airport, Passenger Terminal, Simulation, Simulation Modelling.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Havaalanı Sistemi	4
Şekil 1.2.	Trabzon Havaalanı üstten görünüşü	6
Şekil 1.3.	Yedi yıllık dönemde toplam yolcu sayısı	7
Şekil 1.4.	Yedi yıllık dönemde toplam iç hatlar yolcu sayısı	8
Şekil 1.5.	Benzetim teknikleri.....	10
Şekil 1.6.	Benzetim sisteminin adımları (Law, 2008).	15
Şekil 1.7.	Arena programının arayüzü	19
Şekil 3.1.	Trabzon haavalanı iç hatlar terminali	24
Şekil 3.2.	Havaalanı iç hatlar terminali simülasyon tasarımı.....	26
Şekil 3.3.	Yolcuların gelişler arası süreleri.....	29
Şekil 3.4.	Bilet kontrol gişelerin işlem süreleri	31
Şekil 3.5.	İkinci x-ray'de gelişler arası süreler	33
Şekil 3.6.	İkinci X-ray'de biniş kartlarının kontrol süreleri	35
Şekil 3.7.	Çanta kontrol noktalarından geçme süreleri.....	36
Şekil 3.8.	Mevcut benzetim sistemin çalıştırılması	39
Şekil 3.9.	Deney tekrar sayılarına bağlı başarımların ölçütlerinin ortalamalarının değişimi.....	42

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Havaalanlarının iç hat uçak trafiği.....	7
Tablo 1.2. Benzetim yazılımları.....	18
Tablo 2.1. Literatür’de yapılmış çalışmaların özeti	22
Tablo 3.1. Modelleme için gereken veriler	27
Tablo 3.2. 2013 yılı Trabzon Havaalanı iç hatlar yıllık toplam kalkışlarının saatlere göre dağılımı.....	28
Tablo 3.3. Bilet kontrol gişeleri veri istatistikleri	29
Tablo 3.4. Bilet kontrol işlem süreleri özet istatistikleri.....	30
Tablo 3.5. X-ray geliş sürelerinin özet istatistikleri.....	32
Tablo 3.6. İkinci X-ray’de biniş kartlarının kontrol sürelerinin özet istatistikleri	34
Tablo 3.7. Modelin giriş verileri	38
Tablo 3.8. Model çalıştırma verileri	38
Tablo 3.9. Oluştularan mevcut modelin farklı tekrar sayılarla	40
Tablo 3.10. Havaalanı benzetim modelinin sonuçları (yolcu bekleme süreleri).....	41
Tablo 3.11. Havaalanı benzetim modelinin sonuçları (bekleyen yolcu sayısı).....	41
Tablo 3.12. Oluştularan iyileştirilmiş modelin farklı tekrar sayılarla	45
Tablo 3.13. Mevcut modelin iyileştirilmiş model ile karşılaştırılması.....	46

SEMBOLLER DİZİNİ

DHMİ	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
FIFO	: İlk giren ilk çıkar yöntemi (First In First Out)
PC	: Kişisel bilgisayar (Personal Computer)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yüzyıllar boyunca ulaşımın gelişmesi beraberinde insanoğlunun kültürel, ekonomik ve sosyal yönlerinin gelişmesine neden olmuştur. Her zaman gelişmiş olan bölgeler, ulaşım şartları uygun olan bölgeler olmuştur. Farklı bir deyim ile ulaşım, medeniyetin vazgeçilmez altyapılarından biridir (Harper, 1982).

Gelişmiş dünyada zaman ve hızın giderek hayati bir önem taşıdığı görülmektedir. Hızlı, konforlu ve güvenli olması nedeniyle havayolu taşımacılığı teknolojisi sürekli ve süratli bir şekilde gelişmektedir. Karayolu, denizyolu, demiryolu, havayolu ve boru hattı taşımacılığı insanları ve yükleri taşıma imkânını sağlayan beş temel ulaşımı oluşturmaktadır. Havayolu taşımacılığı hız ve konfor özelliğini en yüksek şekilde sunmakla birlikte çok zor şartlarla ulaşılabilecek noktalara bile çok güvenli ve hızlı bir şekilde hizmet etmektedir. Bilhassa 2. dünya savaşından sonra ticari hava taşımacılığı büyük bir hızla gelişmeye başlamış ve dünya ekonomisinin gelişimine yön veren, uzak mesafeleri bir birine bağlayarak sosyal gelişim ve küreselleşmeyi sağlayan önemli bir unsur haline gelmiştir (ACI, 1998).

Türkiye’de havayolu taşımacılığı 1983 yılında çıkarılan 2920 sayılı kanun ile özelleştirilmiş ve özel havayolu sektörü başlamıştır. Bu kanun ile önemli düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemelerin peşine yerel yöneticilerin ve halkın yoğun istekleri dikkate alınmış ve “ Her ile bir havaalanı” politikası geliştirilmiştir. Bu gelişmeler özel hava taşımacılığının gelişmesine neden olmuştur (URL-3, 2006).

Türkiye gelişmiş ülkelere göre hava taşımacılığı konusunda yeterince yararlanamamıştır ve beklenen ilerleme düzeyini elde edememiştir. Havayolu kullanımının hala istenilen düzeyde olmamasının sebeplerinden birisi terminallerde işlem ve bekleme süreleri fazla olmasından kaynaklı kısa mesafelerde tercih edilmemesidir. Ancak en önemli sebebi bilet ücretlerinin fazla olmasıdır. Havayolu taşımacılığı maliyetinin fazla olması dört kısımdan kaynaklanmaktadır; havayolu uçuş araçlarının ilk maliyet ve giderleri, havaalanı işletme hizmetleri maliyetleri, hava seyrüsefer hizmetleri maliyetleri ve ödenen vergiler. Bu maliyetlerin azalması beraberinde ücretlerin düşmesine neden olacaktır. Bu durum ise havayolu ulaşımının daha fazla tercih edilmesini sağlayacaktır.

Rekabet dünyasının giderek gelişmekte olması hizmet sektörünü fazlasıyla etkilemektedir. Havaalanı da bu sektörün önemli parçalarından birisi olmaktadır. Bu nedenle havacılık sektörünün yeniliklere ve gelişmelere açık olması, hizmet ve müşteri memnuniyetini arttırması gerekmektedir.

Havaalanı çok karmaşık bir sistem olduğu için bilgisayar ve teknolojiyi iyi şekilde kullanmalı, yüksek kalite ve en düşük maliyet ile yönetilmelidir. Bilgisayar ve teknolojinin sunduğu imkânlardan birisi de benzetim ile modellemedir. Havaalanında yapılacak benzetim çalışması ile tasarım ve süreçlerde yapılacak değişiklikler program ortamında denenebilir, bu şekilde gereksiz büyüklükteki harcamaların önüne geçilebilir.

Benzetimde doğru veriler yüklendiği takdirde her türlü modelleme denenebilir, denemeler sonucunda masraf yapmadan hızlı bir şekilde her türlü değişim yapıp neticeleri görülebilir ve bu sayede doğru karar vermede yardımcı olabilmektedir.

Çalışmada, Trabzon havaalanının iç hatlar giden yolcu trafiğinin belli saatlerde yoğun olması nedeniyle bilet kontrol gişeleri ve ikinci x-ray'de yolcuların kuyrukta bekleme süreleri incelenmiş, beklme sürelerinin fazla olma sebebi ile iyileştirilmeye karar verilmiştir.

Bu tez çalışmasında havaalanının bir alt sistemi olan iç hatlar terminalinin giden yolcu terminalinde yolcu hareket süreçleri incelenmiş, bekleme verileri toplanmış ve bu veriler ile mevcut sistemin modeli kurulmuştur. Oluşturulmuş modelde denemeler yapılmış ve darboğazlar belirlendikten sonra yoğun olan birimlerlerde bazı alternatif öneriler sunulmuştur.

Çalışmanın ilk kısmında havaalanı kavramı, Trabzon havalimanı mevcut durumu ve benzetim ile modelleme hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde konu ile ilgili yapılan literatür araştırması özetlenmiştir. Üçüncü bölümde iç hatlar terminali giden yolcu terminali ile ilgili genel bilgiler, verilerin istatistiksel analizi ve Arena programında modelleme süreci anlatılmıştır. Mevcut durumun modeli kurulduktan sonra bazı parametreler değiştirilerek yeni senaryolar oluşturulmuş ve modelin mevcut durumu ile karşılaştırılmıştır. Bu şekilde, yapılabilecek iyileştirmeler belirlenmiş ve öneriler sunulmuştur.

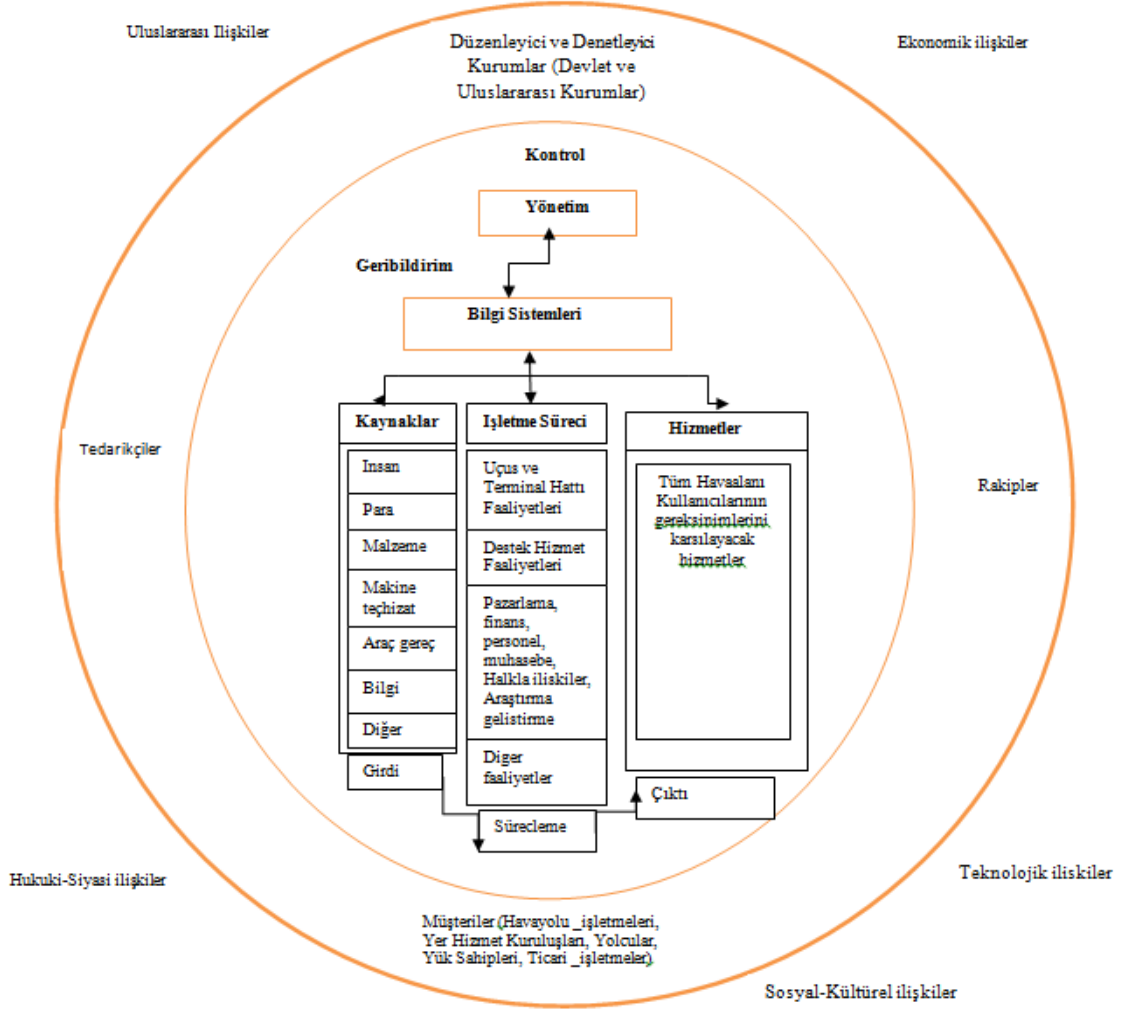
1.2. Havaalanlarının İşlevi

Havaalanı; insanların, diğer canlıların ve eşyanın emniyetli ve etkin bir şekilde hava yoluyla taşınabilmesi için hava aracı işleticileri, hava alanları ve hava seyrüseferiyle ilgili her türlü altyapı, destek ve tamamlayıcı hizmet sunan birimlerden oluşan bir sistemdir (Kuyucak, 2007).

Havaalanları çok geniş fiziki alanlarda büyük yatırımlar ile oluşturulur. Bu yatırımlar, ileri teknolojik cihazlar ile elektrik ve elektronik sistemlere sahip olmalıdır (Kaya, 2005). Havaalanı farklı alt sistemlerden oluşan büyük bir sistemdir. Sistem belli alt sistemlerden ve parçalardan oluşan bir bütündür. Bu alt sistemler normalde bağımsız çalışabilmektedir. Buna rağmen alt sistemler her zaman ve sürekli iletişimde olmalıdır çünkü bu alt sistemler bir birini tamamlayıcı fonksiyonlara sahiptir. Açık sistemler aynı zamanda dış muhit ile etkileşimde olmalıdır (Koçel, 1995).

Havaalanı sistemi, belli amaçları gerçekleştirmek için farklı kaynaklardan elde ettiği para, insan gücü, malzeme, araç-gereç, makine, bilgi ve girdileri kullanarak uçuş ve uçuşu destekleyen faaliyetler ile diğer havaalanı faaliyetleri olarak farklı işlemlerden geçirip hava taşımacılığı hizmet kapsamında, havayolu işletmeleri, yer hizmeti kuruluşları, yolcular, kamu/özel kuruluşları ile diğer farklı kullanıcıların isteklerini yerine getirecek tarzda havaalanı hizmetlerine dönüştüren açık bir sistemdir (Kaya, 2002). Bu birimler arası bağlantı Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

Buradan yola çıkarak havaalanı sisteminin alt sistemleri; “havayolu işletmeleri, yer hizmetleri, destek hizmet kuruluşları, ticari işletmeler, devlet kurumları, ulusal ve uluslararası havacılık otoriteleri, düzenleyici kurumlar ile son kullanıcılardan oluşmaktadır.” (Kesikbaş, 2006).



Şekil 1.1. Havaalanı Sistemi (Kaya, 2000).

1.3. Havacılık Terminal Hizmetleri

Türkiye’de sivil trafiğe açık olan havaalanı sayısı 70’dir. Bu havaalanlarının büyük kısmı Devlet Hava Meydanları İşletmesi tarafından işletilmektedir. Büyük yolcu kapasiteli havaalanlarının terminalleri (Atatürk, Adnan Menderes Havalimanları gibi) özel sektör tarafından işletilmektedir. 2012 yılında 130.351.000 olan toplam yolcu sayısı, 2013 yılında 149.531.000’e ulaşarak % 14,7’lik bir artışı göstermiştir. En fazla artış % 17,6 ile iç hatlar uçuşunda görülmektedir (URL-3). İç hatlar uçuşlarında meydana gelen bu artış, terminallerde yoğunlaşmaya sebep olmakta ve bu nedenle yolculara iyi bir hizmet sunmak ve müşteri memnuniyeti sağlamak giderek zorlaşmaktadır.

Temel olarak her havaalanında iki ana terminal mevcuttur. İlki iç hatlar uçuşlarına, ikincisi dış hatlar uçuşlarına ayrılmıştır. İç hatlar terminali kabaca iki aşamalı x-ray kontrolü, bilet ve bilet kontrol gişeleri ile bekleme salonlarından oluşmakta, dış hatlar terminali ise bunların yanı sıra gümrük ve pasaport kontrol işlemi yapan birimlerden oluşmaktadır

1.4. Trabzon Havaalanı

Trabzon havalanı 1957 yılından bu yana Karadeniz'in dünyaya açılan önemli bir kapısıdır. Toplam 1.377.244 m² kurulu alanı bulunan Trabzon havalimanında 14.035m² lik iç hatlar terminali ve 9.710 m² lik dış hatlar terminali olmak üzere toplam 23.745 m² lik 3.5 milyon yolcu/yıl kapasiteli 2 adet terminal mevcuttur. Trabzon havalanı iç hatlar terminal binası ve otoparkı 2008 yılında yenilenmiştir. Trabzon havalanı 660*120 m ebatlarında aprona sahip olup aynı anda 14 adet büyük gövdeli uçak park kapasitesindedir. 1988 yılında geçici hudut kapısı ilan edilen havalanı tarifeli/tarifesiz, iç hatlar/dış hatlar uçuşlarına açık, 24 saat süre ile yerli ve yabancı hava trafiğine hizmet vermektedir. Trabzon havalanı denize paralel tek havalanıdır, ayrıca şehir merkezine en yakın havaalanları arasında yer almaktadır. Şehir merkezine uzaklığı 6km'dir. Şekil 1.2'de Trabzon havalanının üstten görünüşü verilmiştir.



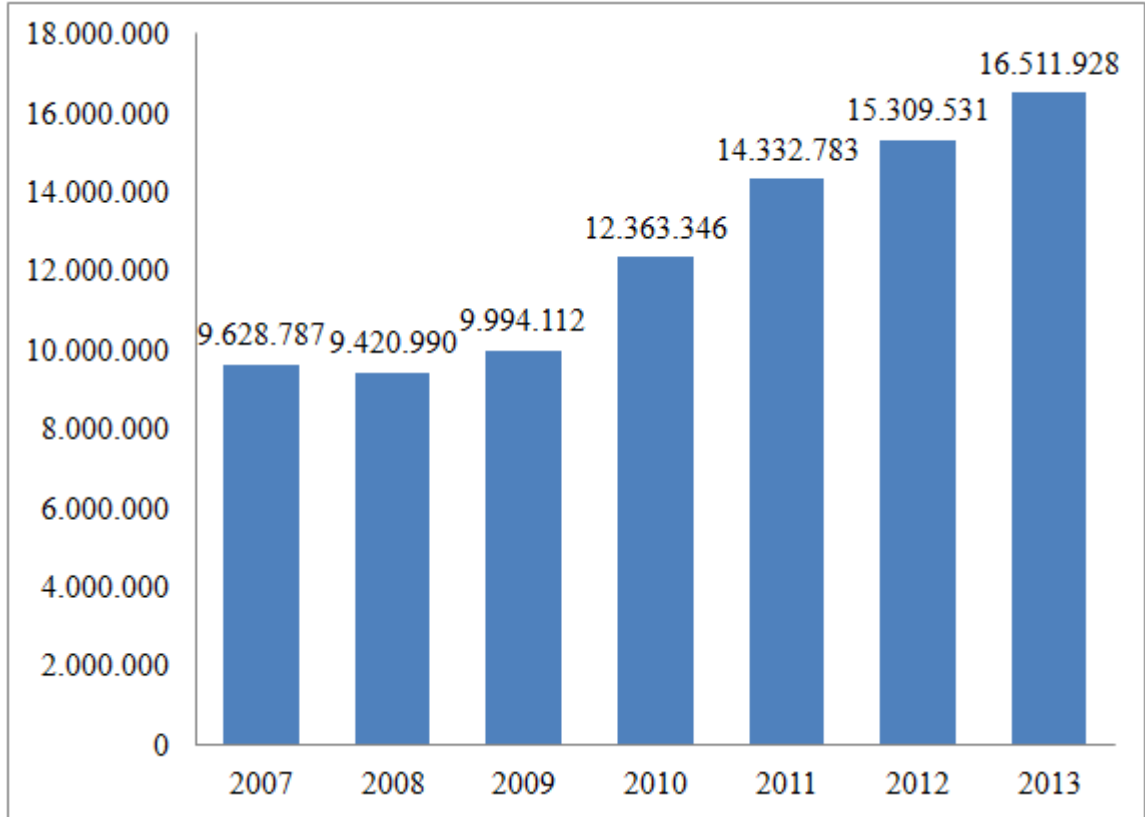
Şekil 1.2. Trabzon Havaalanı üstten görünüşü

Tablo 1.1’de Trabzon havalanının 2014 yılı sonu itibariyle toplam iç hat uçak trafiği ve 2013 yılına göre artış yüzdesi verilmiştir.

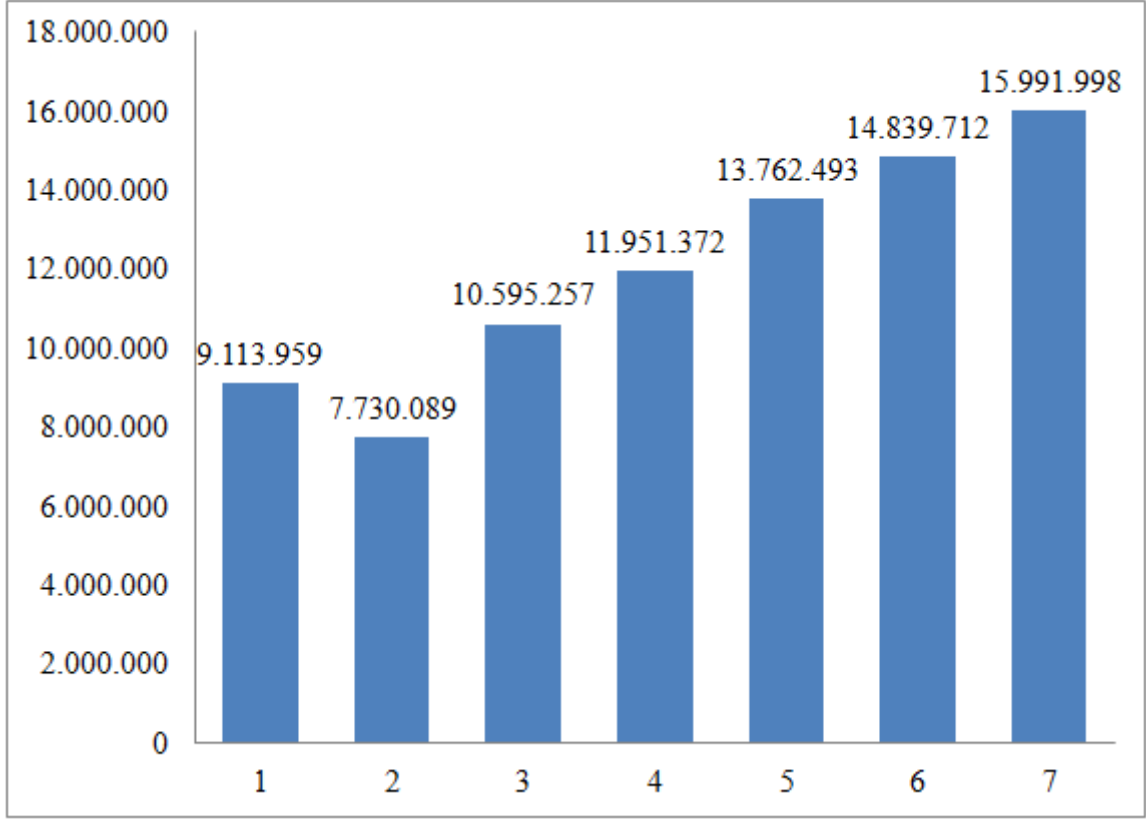
Tablo 1.1. Havaalanlarının iç hat uçak trafiği

Havaalanları	2014 Aralık Sonu	2014/2013 (%)
İstanbul Atatürk	144.771	4
İstanbul Sabiha Gökçen	113.097	23
Ankara Esenboğa	78.712	-2
İzmir Adnan Menderes	62.873	7
Antalya	48.472	9
Gazipaşa Alanya	2.773	187
Muğla Dalaman	12.174	9
Muğla Milas- Bodrum	20.036	22
Adana	37.604	1
Trabzon	18.588	2

Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'te Trabzon havalanına ait yolcu sayısı istatistikleri verilmiştir.



Şekil 1.3. Yedi yıllık dönemde toplam yolcu sayısı



Şekil 1.4. Yedi yıllık dönemde toplam iç hatlar yolcu sayısı

1.5. Benzetim Kavramı

Benzetim, karmaşık sistemlerin tasarımı ve analizinde kullanılan en güçlü analiz araçlarından birisidir. Genel anlamda benzetim, zaman içinde sistemin işleyişinin taklididir. Benzetim çeşitli koşullar altında sistemin tavrının gözlemlenebilmesi için bu sistemin modellenmesi olarak da tanımlanabilir. Benzetimin başka tanımı ise gerçek hayattaki olay ve işlemlerin sanal bir ortamda zamana bağlı olarak taklidir. İlk aşama olarak mevcut sistemin sanal yapısı oluşturulur ve bu oluşturulan yapı, gerçek sistemin tüm özelliklerini gözetleyebilmek için kullanılır (Yılmaz, 2007).

Benzetimin en yaygın tanımı; “bir sistemin taklit edilmesidir”. Kesikli sistemlerde benzetimin tanımı ise; “sistem performansını artırmak için bilgisayar modellerini kullanarak dinamik sistemlerin taklit edilmesi” şeklinde tanımlanabilir (Sönmez, 2009).

Benzetim yazılımları, sistemlerin üzerinde yapılabilecek değişikliklerin etkilerini, gerçek sisteme uygulamadan önce değerlendirme imkânını sunabiliyorlar. Diğer analitik yaklaşımlar, kısıtlayıcı varsayımlarının ve sadeleştirici genellemelerin var olduğu

sistemlerde yetersiz kalabiliyor, işte bu tür sistemlerde benzetim modellemeleri uygun olmaktadır (Weng ve Houshmand, 1999).

Kuyruk sistemlerin analizinde benzetim tekniğinden yararlanılabilir. Benzetim modellenmesinde ilk olarak seçilen sistemin karakterlerini yansıtacak bir model oluşturulmalıdır. Kurulan modelin mevcut sistemdeki özellikleri yansıtmayı yansıtmadığı test edilmelidir. Daha sonraki adımda, yani modelin gerçeği yansıttığı kabul edildikten sonra, oluşturulan alternatif modeller ile performans kıyaslaması yapıp en iyi performansı sağlayan alternatif model mevcut durumun çözümü olarak kabul edilebilir (Sönmez, 2009).

Analitik çözümlerin sistemdeki raslantısal yapıları tam olarak yansıtamaması ve sistemin elemanları ile bu elemanlar arasındaki fazla ve karmaşık yapıların olduğu sistemlerde benzetim yönteminin uygulamasını gerekir (Law ve Kelton, 2000).

Üretim ve hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmeler, genellikle büyük boyutlara, karmaşık yapılara ve bazı belirsizliklere sahip oldukları için bu tür problemlerin çözümünde analitik metodlar zor bazende imkânsız olabilir bu yüzden böyle sistemlerde problemi en iyi şekilde incelenmesi için benzetim kullanılabilir (Gündüz, 2005).

Rekabetin günden güne arttığı dünyada işletmeler artık daha fazla ve geniş pazarlara açılabilme amacıyla müşteri memnuniyetini daha da ön planda tutmakla birlikte maliyetlerini de düşürmeli, aynı zamanda iyi ve verimli bir sistem için sürekli iyileştirmeler yapmalıdır. Bu yeniliklerin uygulama aşamasına gidebilmesi için önce sonuçlarının görülebilmesi ve yanlış kararların önüne geçilmesi amacıyla benzetimden yararlanılır (Banks, 1998).

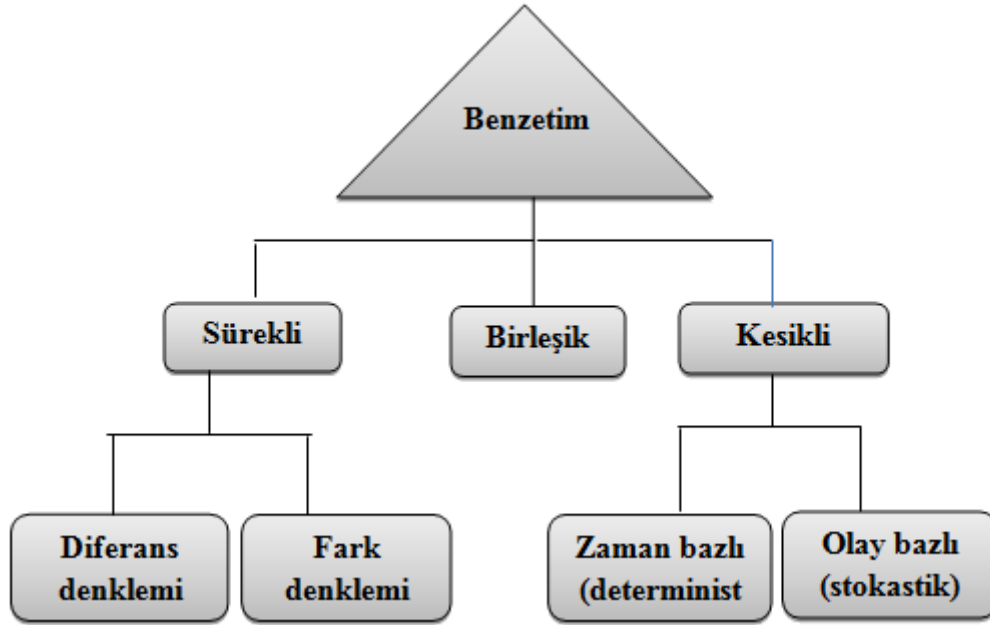
Benzetim, sürecin işleyişinde tekrar olanağı vermekle birlikte sisteme farklı yönlerden bakma imkânı da sağlar. İşletmedeki süreçlerde sorunların ve darboğazların incelenmesi ve belirlenmesi gerçek hayatta çok uzun zaman alabilirken bilgisayarda çok kısa sürede yapılabilmektedir. Buna ek olarak yapılacak yatırımların sonuçlarını ve hatta yeniliğe gerek kalmadan küçük bir değişiklik ile sistemin performansını artırılması da yine benzetim ile mümkündür (Sezen ve Günel, 2007).

1.6. Benzetimin Türleri

Benzetim türleri üç ana gruba ayrılmaktadır;

1. Zamana göre
2. Rassal değişkenler içermesine göre

3. Durum değişkenlerin aldıkları değerlere göre



Şekil 1.5. Benzetim teknikleri (Demirci, 1993)

1.6.1. Zamana Göre Benzetim Modelleri

Zamana göre benzetim modelleri statik benzetim modeli ve dinamik benzetim modeli olmak üzere ikiye ayrılır.

Statik benzetim modelinde zaman fonksiyonu veya ölçütü yer almamaktadır. Örnek: bir firmanın günlük üretmesi gereken n sayıdaki ürünü varsayalım, böyle bir durumda bu ürünlerin ne kadar zaman içerisinde üretilmesi veya kaç saatte bitmesi hiç bir önem taşımamaktadır.

Dinamik benzetim modeli ise sistemin çalışma zamanına göre (bir aralık veya tüm çalışma zamanı dikkate alınarak) yapılan modellemedir. Örneğin; bir banka için kurulan bir benzetim modeli 8 saatlik bir çalışma zamanı dikkate alınarak çalıştırılır.

1.6.2. Rassal Değişkenler İçermesine Göre Benzetim Modelleri

Rassal değişkenler içermesine göre benzetim modelleri belirli (deterministic) ve olasılıklı (stochastic) olmak üzere ikiye ayrılır.

Belirli benzetim modeli olasılıklı değişkenler içermeyen bir benzetim türüdür. Bu modellerde verilen her girdi seti için bir çıktı seti elde edilmektedir. Buna örnek olarak sisteme gelişlerin randevuyla olduğu bir bekleme hattı sistemine tüm müşteriler randevu saatinde gelirse gelişler deterministik olacağından modelin çıktısı da sistemin performansına karşılık gelecektir.

Olasılıklı benzetim modeli ise bir veya birden fazla rassal değişken içeren benzetim modelidir. Stokastik benzetim modeli kullanılarak elde edilen çıktı rassal olup modelin karakteristiklerinin tahminidir. Örneğin banka benzetim modelinde varışlar arası zaman aralığı ve servis zamanları rassal değişkenlerdir.

1.6.3. Durum Değişkenlerin Aldıkları Değerlere Göre Benzetim Modelleri

Durum değişkenlerinin aldıkları değerlere göre benzetim modelleri kesikli ve sürekli olmak üzere ikiye ayrılır.

Kesikli benzetim modelinde durum değişkenleri zaman içinde yalnızca kesikli noktalarda değişir. Örneğin banka müşteri sayısı sisteme müşteri geldiğinde veya müşteri servisi tamamlandığında değişir.

Sürekli benzetim modelinde sistemin durum değişkenleri, zaman içinde sürekli olarak değişir. Havada bir uçağın hareketi sürekli sisteme bir örnektir. Hız ve pozisyon gibi durum değişkenleri sürekli olarak değişir (URL-1, 2013)

Üzerinde çalışılan sistem zamanı dikkate alarak çalıştığı için dinamik sistem, rassal değişkenlere sahip olduğu için olasılıklı ve aynı zamanda yolcu sayısı zaman zaman değiştiği için kesikli sistem olarak tanımlanabilmektedir.

1.7. Benzetimin Amaçları

Benzetim amaçları aşağıdaki gibi gösterilebilir;

Değerlendirme: Belirlenmiş kriterlere göre alternatif ve önerilen sistemin ne kadar doğru çalıştığının belirlenmesidir

Karşılaştırma: Önerilmiş sisteminin tasarımları ve politikaların karşılaştırılmasıdır.

Tahmin: Belirlenen şartlar altında sistemin performansını, sonuçlarını ve gidişatlarını tahmin edilebilmesidir.

Duyarlılık analizi: Sistemin performansı üzerinde hangi faktörlerin etkili olduğunun belirlenmesidir

Optimizasyon: En iyi performans değerini veren faktör düzeylerinin bir kombinasyonunun belirlenmesidir.

Darboğaz analizi: Bir sistemde darboğazların belirlenmesi amacıyla benzetim kullanılır (Pedgen vd., 1995).

1.8. Benzetim Ne Zaman Kullanılır

Gerçek bir sistem üzerinde deneysel çalışmalar yapılması ve deneyim elde edilmesi oldukça zordur. Bu tip durumlarda sistemin bir modelini oluşturma gereği duyulur ve bunun için benzetim yöntemi kullanılır bu durumlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

- Çalışılan sistem deney yapmaya uygun değilse,
 - Sistem henüz tasarım aşamasında ise,
 - Gerçek sistemde deney yapılamaz ise,
 - Mevcut problemlerin analitik çözümü mevcut değilse,
 - Gerçek sisteme erişim kolay değilse,
 - Sistem çok yavaş veya çok hızlı ise,
 - Sistemin performans analizi yapılacaksa,
- benzetim kullanılır.

1.9. Benzetimin Avantajları

Sistemde etkili olan faktörlerin birbirleriyle etkilişimi ve aynı zamanda sistemin işleyişi hakkında belli süreçlerde bilgi elde edilebilir. Bu süreçlerde beklentilerin nerelerde gerçekleştiği belirlenip bu sayede darboğaz analizleri yapılabilir (URL-4, 2007).

Oluşturulan sistem üzerinde çeşitli denemeler ve değişiklikler yapmak işletme için pahalıya mal olabilir. Yapılacak farklılıklar ve denemelerin olumlu sonuç verip veremeyeceği bilinemez, aynı zamanda bu denemeleri yapmak çok uzun zaman alabilir. Benzetimden yararlanarak kurduğumuz modelin üzerine çok kısa bir sürede ve daha fazla maliyet oluşturmadan istediğimiz denemeleri defalarca yapabiliriz (Sezen ve Günal, 2007).

Benzetim, karmaşık sistemlerin tüm özelliklerini ve ayrıntılarını defalarca denetleyebilme imkânı sunar. Benzetimin diğer kullanım sebebi de karışık problemlerde analitik çözümlerin yetersiz ve sınırlı kalmasıdır (Fabrycky, 1999).

1.10. Benzetimin Dezavantajları

Benzetimin dezavantajları şu şekilde sıralanabilir;

- Benzetim modelleme amacıyla yapılan mevcut durumun araştırılması süreci zaman alıcıdır. Bu sebeple ile bilgisayar ortamında program koşumu maliyetli olabilir.
- Maliyeti etkileyen başka bir neden ise benzetim modellerinin birden fazla (n kez) çalıştırılmasıdır.
- Benzetim sonuçlarının yorumlanması, normal tekniklerin sonuçlarına benzemediği için zor olabilmektedir.
- Simülasyonla oluşturulan modeller olasılıklı yapıya sahip oldukları için gerçek sistem hakkında sadece tahminlerde bulunabilirler.
- Benzetim modellemesi çok kapsamlı verilere ihtiyaç duyar bu verilerin toplanması uzun zaman alabilmektedir.

1.11. Benzetimin Uygulama Alanları

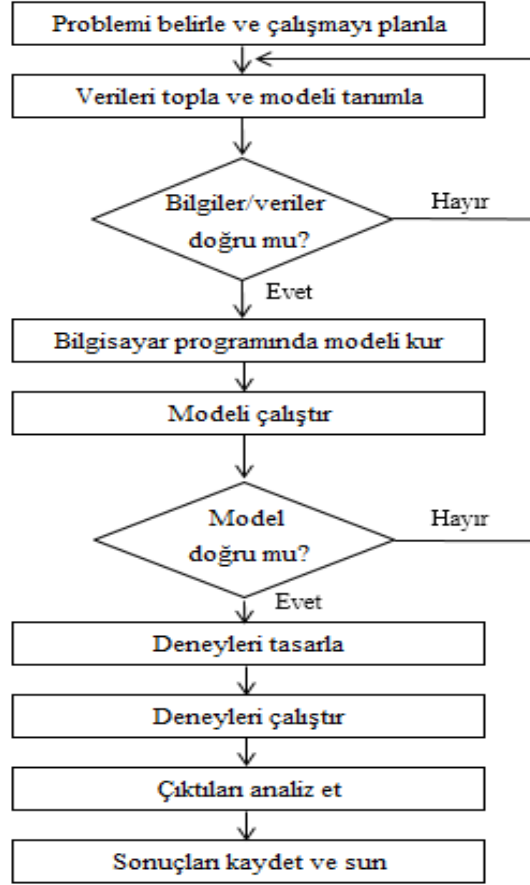
Temel bilimlerden mühendislik bilimlerine kadar birçok alanda kullanılan benzetim yazılım sistemleri veri tabanı yapısı, montaj hatları, fabrika yerleşimi, stok ve mal analizi, nüfus analizi hesaplaması gibi çok farklı alanlarda uygulanan bir yöntemdir (URL-1, 2013).

Uygulama alanları aşağıdaki temel başlıklarla gösterilebilir:

1. Depolama ve yerleşim; en uygun tesis yerleşimin seçimi, depolama sisteminin optimizasyonu
2. Üretim uygulamaları; üretim hattı planlama ve optimizasyonu, üretim kapasite analizi
3. Ulaşım; demiryolu kapasite analizi, metro istasyonunun incelenmesi
4. Lojistik; dağıtım ağı planlama ve analizi, lojistikte optimizasyon
5. Sağlık sistemleri; hastane acil servisi kapasite simülasyonu, ambulans hizmeti optimizasyonu
6. Havalimanı; liman ve terminaller, havalimanı yolcu trafiğinin incelenmesi, liman gemi kapasitesinin incelenmesi
7. İş süreci modelleme; Bir tünel inşa sürecinin simülasyonu
8. Pazar analizi; İletişim pazarında müşteri tercihlerinin simülasyonu
9. Toplumsal süreçler ve gelişim; bir ülkenin gelecek gelişiminin tahmini

1.12. Benzetim Çalışmasının Adımları

Benzetim sisteminin çalışma adımları Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1.6. Benzetim sisteminin adımları (Law, 2008).

1.12.1. Problemin Tanımı ve Amaçların Belirlenmesi

Benzetim ile incelenecek sistemin problemleri, yani benzetimin amacı belirlenir. Benzetimin doğru şekilde çalışması ve problemlere yararlı çözümler üretilmesi için problemin doğru bir şekilde ve tam olarak tanımlanması gerekmektedir. Problemin tanımlanmasında mevzu ile ilgili tüm birimlerin görüşleri, beklentileri ve önerileri dikkate alınmalıdır (Banks vd., 2001).

1.12.2. Modelin Kurulması

Benzetim çalışmasında problemi tanımladıktan sonra modelin genel yapısı oluşturulmalıdır. Bu modelde sistemin ana elemanları veya öğeleri tanımlanır ve öğeler arası ilişkiler verilir.

1.12.3. Verilerin Toplanması

Sistem içersindeki bazı süreçler ve olaylar için kesin bilgiler mevcut iken, bazıları için bilgiler yetersiz olabilmektedir. Bu tür durumlarda bizzat veri toplanabilir, uzman kişilerden bilgiler alınabilir veya sezgisel yöntemlerle tahminler yapılabilir. Veri toplama sürekli devam etmelidir. Detaylı çalışmalarda yeni verilerin de sisteme yüklenmesi gerekmektedir (Turna, 2009).

1.12.4. Modelin Geliştirilmesi

Model kurulduktan sonra düzenlemeler yapılarak modele aktarılır ve model tekrar gözden geçirilir ve iyileştirilir.

1.12.5. Doğrulama

Model kurulup gerçek verilerle çalıştırıldıktan sonra elde edilen çıktılarla gerçek sistem çıktıları uyuşuyorsa model doğrulanmış demektir. Aksaklıkları gidermek amacı ile animasyonlar çalıştırılabilir, ama hattaların tespiti için yeterli olmayabilir. Hatayı fark edebilmek için farklı birisi tarafından da incelenmesi gerekir (Banks, 1998).

1.12.6. Modelin Değerlendirilmesi

Oluşturulan modelin sistemdeki akış veya çıktıları tam olarak gösterip göstermediğinin belirlenmesi için yapılan işlemdir. Eğer uyumsuzluk varsa gerekli değerlendirme yapılır, modelin girdileri değiştirilerek modelin tepkisi ölçülür. Bu değerlendirmeyi, sistemi kullanan kişilerle beraber yapmalıdır (Turna, 2009).

1.12.7. Deneysel Tasarım

Kurulan model üzerinde hangi deneylerin veya hangi senaryoların yapılacağıının planlanmasıdır. Senaryoların karşılaştırabilmesi veya sonuçların elde edilebilmesi için yapılan bir çalışmadır.

1.12.8. Deneyler

Benzetim modeli üzerinde tasarlanan (planlanan) deneyler yapılarak (model çalıştırarak) sonuçlar incelenerek ve en iyi alternatifler belirlenir. Aynı zamanda deney sayısı, deney süreleri (modelin çalışma süreleri) belirlenir ve modelin güvenilirliği denir.

1.12.9. Sonuçların Analizi ve Belgelendirilmesi

Benzetim çıktıları istatistiksel olarak analiz edilerek (ortalama, standart sapma, güven aralığı, vb) gerçek sistemle ilgili bulgular elde edilir ve bunlar yorumlanarak öneriler geliştirilir. Modellemede sonuçlar iyi bir şekilde belgelendirilmelidir bu sayede sonuçları karşılaştırarak en iyi sonucu veren alternatif belirlenebilir. Sonuçlar, tablo, grafik veya animasyon şeklinde olabilir.

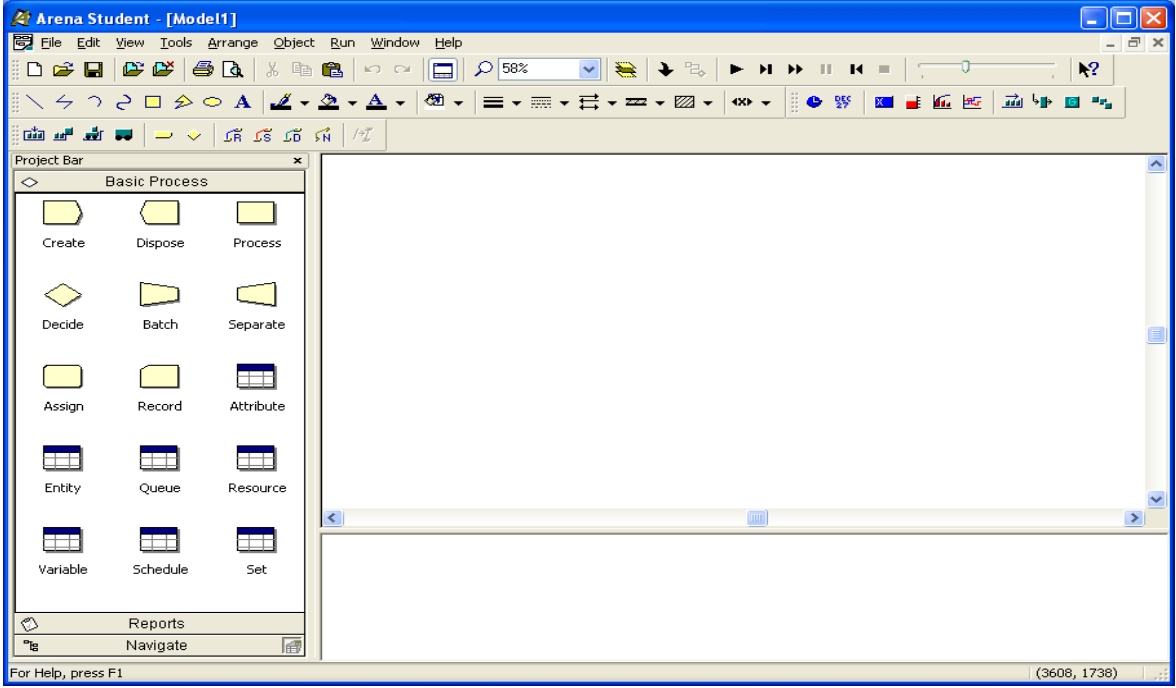
1.13. ARENA Benzetim Yazılımı

Son yıllarda gelişmekte olan benzetim yazılımları ile optimizasyon ve benzetim tekniklerinin birlikte kullanılması hiç zor olmamaktadır. Benzetim yazılımları, her geçen gün gelişmekte olan görsellik yönleri ile dikkat çekmektedirler, her ne kadar görsellik sistemin doğruluğunu etkilemese de sunum şeklini daha etkin yapabilmektedir. Son dönemde benzetim yazılımları nesne tabanlı olması neden ile kod yazma zorluğunu ortadan kaldırmaktadırlar (Sönmez, 2009). Tablo 1.2'de kullanılmakta olan benzetim yazılımları gösterilmektedir

Tablo 1.2. Benzetim yazılımları

Benzetim Yazılımları	Sağlayan firma	Yazılımların kullanım alanı	Yazılımın Uygulandığı Sektörler
@RISK	Polisade Corporation	Tüm çıktıların hesaplanması ve oluşma olasılıklarının hesabı	Üretim, enerji, finans
ARENA	Rockwell Automation	Tesis yer seçimi, çizelgeleme, hasta yönetimi,	Sağlık, lojistik, hizmet sektörleri
MedModel	ProModel Corporation	Sağlık sistemlerinde performans yönetimi	Sağlık sistemleri
Portfolio Simulator	ProModel Corporation	Portfolyo yönetimi	Çizelgeleme
Process Simulator	ProModel Corporation	Yalın üretim, 6 sigma, sürekli gelişim	Genel amaçlı
ProModel	ProModel Corporation	Kapasite planlama, maliyet analizi	Üretim, lojistik
Proof Animation	Wolverine Software Corporation	Benzetim modellerinin animasyon ile gösterimi	Animasyonun gerektiği sektörler
Simio	Simio LLC	Lojistik, Sistem modelleme	Hizmet sektörleri
SIMUL8	SIMUL8 Corporation	Kaynak kullanım oranlarını arttırmak	Sağlık, üretim

Arena programı System Modeling Corporation isimli firma tarafından geliştirilmiştir. Bu program başarılı bir simülasyon elde edebilmek için ihtiyaç duyulan girdi-çıkı analiz ve sunum için gereken animasyonları sunabilmektedir. Arena özellikle sağlık sektöründe, üretim ve akış hatları için özel uygulamalar sağlamaktadır. Aynı zamanda windows tabanlı bir program olduğu için araç çubukları ve menülerle çalışma kolaylığı sunabilmektedir. Şekil 1.7'de Arena programının ara yüzü gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Arena programının arayüzü

ARENA'nin karmaşık sistemlerin analizinde kullanım nedeni ise esnek yapıya sahip olması ve windows tabanlı olmasındandır. Bu tez çalışmasında benzetim dili olarak ARENA seçilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Lozano ve arkadaşları (2004), Malaga havaalanında yaptıkları benzetim çalışmasında her yolcunun uçuş sınıfı ile gideceği meydanın bilgilerini dikkate almışlardır. Bu benzetim sonucunda varolan her kuyruk hakkında anında bilgi ya da detay elde edilebilmektedir.

Andreatta ve arkadaşları (2007), 2004 olimpiik oyunlarında ATHEN havaalanında meydana gelecek trafik yoğunluğunun analizi amacıyla bir benzetim modeli oluşturmuşlardır. Modeli belli artış derecelerinde 3 senaryo üzerinden incelemişlerdir. Benzetim programı olarak SLAM'ı kullanmışlardır.

Jim ve Chang (1997), çalışmalarında havaalanlarındaki planlama dengesizliğinin özellikle yolcu terminallerinde olduğunu belirtmiştir. Yolcu terminalinde meydana gelen tıkanmaların artışını incelemiş ve SLAM 2 kullanarak bir iyileştirilmiş model oluşturmuşlardır.

Verback ve Valentin (2002), benzetim yöntemi bir çok sistem ve ortama uygulanabilmektedir. Bu çalışmada benzetim yöntemini başka yöntemlere kıyasen havaalanı sistemine, yapısı ve ortamına daha etkili ve aynı zamanda daha başarılı sonuçlar elde edebileceğini vurgulamışlardır. Schiphol havaalanındaki yolcuların hareketlerinin benzetim ve analizi hakkındaki projeyi başarı ile uygulamışlardır. Kullandıkları yöntem geleneksel yöntemlere göre çok daha hızlı ve iyi sonuçlar elde etmektedir.

Rackl ve arkadaşları (1999), çalışmalarında havaalanı trafiğinin kontrolü ve doğru bir şekilde dağılması için benzetim yöntemini uygulamışlardır. Değerlendirmeler sonucunda CORBA ve DİS adlı programların, diğer programlara göre hem çok daha hızlı hem de karmaşık sistemler için daha uygun olduklarını belirtmişlerdir.

Gatersleben ve Weji (1999), yaptıkları çalışmada havaalanı yolcu akışlarını benzetim ile incelemiş ve darboğazları tespit etmişlerdir. Darboğazları gidermek için ise iyileştirilmiş bir model oluşturmuşlardır.

Otamendi ve arkadaşları (2008), yeni bir havaalanında yalnızca kaynakların programlanmasında değil, operasyonların normal zamanının kontrolü için de kullanabilecek bir araç aramışlardır. Analitik hiyerarşi metodu ve JAVA ile geliştirdikleri benzetim modelini JAVA ve Visual Basic' te oluşturdukları iki görselleştirme platformu ile desteklemişlerdir.

Kurt (2003), çalışmasında esnek bir üretim sisteminde benzetim ve yapay sinir ağı tekniklerinden yararlanarak planlama, çizelgeleme ve analiz etme amacı ile bir tasarım sistemi geliştirmiştir. Bu yöntem ile esnek üretim sisteminde makine sayısının belirlenmesi, malzeme taşıma sistemi seçimi (v.b.) gibi işlemleri yapmıştır.

Sezen ve Günal (2007), alternatif karar destek araçlarına göre benzetimin avantajları incelemiş ve benzetimin yöneticilerin sık kullanmama sebeplerini araştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda benzetimin bir süre daha kullanılmasının pek mümkün olmadığını gözlemlemiş, bu durumu ancak benzetim metodunu yaygınlaştırarak aşabileceklerini belirtmişlerdir.

Çetinsaya ve arkadaşları (2004), iş süreçlerinin analizi ve iyileştirilmesinde benzetim tekniğinin etkinliğini bir hastane polikliniğine uygulayarak göstermişlerdir. Çalışmalarında, işletmelerin mevcut durumlarını inceledikten sonra eğer işletmenin hedeflerinden uzaklaştığı anlaşılırsa benzetim ile yeni bir modelle tasarım yapılması vurgulanmıştır. Benzetimi bu durumda kullanmanın diğer bir sebebi ise masrafsız yanlış kararların görülebilmesi imkanını sağlamasıdır.

Akad ve Gedizlioğlu (2007), çalışmalarında toplu taşıma türü seçimi için benzetim destekli analitik hiyerarşi yöntemi ile bir model oluşturmuşlardır. Bu benzetim modelinden elde edilen verileri analitik hiyerarşi yönteminde kullanmışlardır.

Ballis ve arkadaşları (2002), çalışmada dönemlik tarifersiz uçuşların yolcularının havaalanı terminali üzerinde etkileyişi incelenmiştir. Yolcuların havaalanı terminalini nasıl etkilediğini göstermek ve incelemek amacı ile benzetimden yararlanarak bir model oluşturulmuşlardır.

Xing ve arkadaşları (2008), çok amaçlı esnek sipariş programlama problemini özel bir yazılıma sahip olan Matlab dili modellemişlerdir. Bu modellerin verdiği sonuçları ise çok amaçlı esnek sipariş çözümüne uygun görülmüştür.

Chow ve arkadaşları (2008), çalışmalarında uzakdoğu'da bir terminalin acil durumdaki tahliye zamanı çıkış kapılarının oluşan yoğunluğu incelenmiştir. Tahliye zamanı ortaya çıkan yolcu yoğunluğu gidermek amacı ile Exodus ve Simulex programları ile iki model oluşturularak bu problem incelenmiştir.

Olabiriyakul ve Das (2007), çalışmalarında ABD havaalanlarının yolcuları güvenlik kontrolünde gördükleri işlemlerine odaklanmıştır. Bu yüzden bazı geliş şartları değiştirerek farklı modeller oluşturulmuştur. Bu modelleri inceleyip ve denemeler yapılarak fayda analizi yapılmıştır.

Turna (2009), Kayseri havaalanı dış hatlar terminlanin yolcu trafiğini ProModel benzetim programı ile inceleyip ve darboğazlarını belirlemiştir. Darboğazları azaltmak amacı ile iyileştirilmiş modelde farklı senaryolar kurup önerilerde bulunmuştur.

Stolletz (2011), çalışmasında havaalanı terminal binlerinde yolcuların bilet kontrol hizmeti almak amacıyla farklı aşamalarından geçtiklerini ve bu nedenle uzun kuyruklar oluştuğunu tespit etmiştir. Bu kuyrukları incelemek için farklı bir yöntem geliştirmiş ve sayısal deneylerle yöntemin güvenilirliğini ispatlamıştır.

Suryani ve arkadaşları (2012), çalışmalarında terminal kapasitesi ve hava kargo talebi arasındaki bağlantıyı değerlendirerek kapasite-talep dengesini belirlemek için gelecekte talebin tahmini ve aynı zamanda buna bağlı olarak kapasitenin belirlenmesi gerekmektedir. Bu hedefle yaptıkları benzetimde talep tahminine göre farklı deneyler yapılmış ve terminalin kapasitesi ile ilgili yapabilecek değişiklikleri önermişlerdir.

Gerther ve arkadaşları (2013), çalışmalarında hava taşımacılığına ait teknolojileri detaylı bir şekilde değerlendirip, bu değerlendirmelerin sonucunda uçakların kalkış zamanları, yolcu sayıları, uçak rotaları, pist kapasitesi gibi kriterleri göz önünde bulundurarak çok ajanlı benzetim (MATsim) yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 2.1. Literatür’de yapılmış çalışmaların özeti

Yazar	Y.yılı	Konu
Jim ve Chang	1997	Yolcu terminalinde meydana gelen tıkanmaların artışını incelemiş ve SLAM 2 kullanarak bir iyileştirilmiş model oluşturmuşlardır.
Rackl vd.	1999	Havaalanı trafiğinin kontrolü ve doğru bir şekilde dağılması için CORBA ve DİS benzetim yöntemini uygulamışlardır.
Gatersleben ve Weji	1999	Yaptıkları çalışmada havaalanı yolcu akışlarını benzetim ile incelemiş ve darboğazları tespit etmiş ve iyileştirilmiş bir model sunmuşlardır.
Ballis vd.	2002	Dönemlik tarifersiz uçuşların yolcularının havaalanı terminali üzerinde etkileyişini benzetimden yararlanarak incelenmişlerdir.
Verback ve Valentin	2002	Schiphol havaalanındaki yolcuların hareketlerinin benzetim ve analizi hakkındaki projeyi başarı ile uygulamışlardır.
Kurt	2003	Esnek bir üretim sisteminde benzetim ve yapay sinir ağı tekniklerinden yararlanarak planlama, çizelgeleme ve analiz etme amacı ile bir tasarım sistemi geliştirmiştir.
Lozano vd.	2004	Malaga havaalanında yaptıkları benzetim çalışmasında her yolcunun uçuş sınıfı ile gideceği meydanın bilgilerini dikkate alarak sistemde varolan kuyruklar hakkında anında bilgi elde edebilmektedirler.
Çetinsaya vd.	2004	İş süreçlerinin analizi ve iyileştirilmesinde benzetim tekniğinin etkinliğini bir hastane polikliniğine uygulayarak göstermişlerdir.
Andreatta vd.	2007	2004 olimpik oyunlarında ATHEN havaalanında meydana gelecek trafik yoğunluğunun analizi amacıyla bir benzetim modeli oluşturmuşlardır.

Tablo 2.1'in devamı

Yazar	Y.yılı	Konu
Sezen ve Günal	2007	Alternatif karar destek araçlarına göre benzetimin avantajları incelemiş ve benzetimin yöneticilerin sık kullanmama sebeplerini araştırmışlardır.
Olabiriyakul ve Das	2007	ABD havaalanlarının yolcuları güvenlik kontrolunda gördükleri işlemlerine odaklanmıştır. Bu yüzden bazı geliş şartları değiştirerek farklı modeller oluşturulmuştur.
Akad ve Gedizlioğlu	2007	Toplu taşıma türü seçimi için benzetim destekli analitik hiyerarşi yöntemi ile bir model oluşturmuşlardır.
Chow vd.	2008	Uzakdoğu'da bir terminalin acil durumdaki tahliye zamanı çıkış kapılarının oluşan yoğunluğunu Exodus ve Simulex programaları ile incelemişlerdir.
Otamendi vd.	2008	Yeni bir havaalanı için analitik hiyerarşi metodu ve JAVA ile geliştirdikleri benzetim modelini JAVA ve Visual Basic' te oluşturdukları iki görselleştirme platformu ile desteklemişlerdir.
Turna	2009	Kayseri havaalanı dış hatlar terminlanın yolcu trafiğini ProModel benzetim programı ile inceleyip ve darboğazlarını belirlemiştir.
Stolletz	2011	Havaalanı terminal binalarında check-in sisteminde birçok aşamadan oluşan servis sürecinde meydana gelen yolcu kuyruklarını analiz etmek amacıyla bir yaklaşım sunmuştur.
Suryani vd.	2012	Terminal kapasitesi ve hava kargonun kapasite-talep dengesini belirlemek için yaptıkları benzetimde talep tahminine göre farklı deneyler yapılmış ve terminalin kapasitesi ile ilgili yapabilecek değişiklikleri önermişlerdir.
Gerther vd.	2013	Havayolu taşımacılığına ait teknolojilerin değerlendirmelerin sonucunda uçakların kalkış zamanları, yolcu sayıları, uçak rotaları, pist kapasitesi gibi kriterleri göz önünde bulundurarak çok ajanlı benzetim (MATsim) yöntemi kullanılmıştır.

Havaalanı ile ilgili yapılan benzetim çalışmalarında genellikle bir kuyruk simülasyonu, trafik yoğunluğunun incelenmesi, darboğaz noktalarının incelenmesi, operasyon planlaması üzerinde durulmuştur. Bu tez çalışmasında da Trabzon Havaalanının iç hatlar giden yolcu terminalinin trafik yoğunluğu incelenmiştir.

Trabzon havaalanı'nın önümüzdeki yıllarda genişletilmesi, hatta uluslararası havaalanı özelliğine kavuşturulması planlanmaktadır. Doğu karadeniz bölgesinin bugünkü tek havaalanı olmasından dolayı hava trafiği gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle Trabzon Havaalanı'nın genişlemesi durumunda veya hava trafiğinin artması durumunda, iç hatlar terminalinin nerelerinde dar boğazlar oluşabileceğini öngörebilmek için yapılan benzetim çalışması, bu tez konusunun amacını oluşturmuştur.

Tez çalışmasında geçmiş verileri değerlendirerek gün içerisinde en yoğun ve en kalabalık saatler seçilmiştir. Bu saatlerde yolcuların havaalanında kuyrukta geçirdikleri bekleme süreleri toplanmıştır. Verileri toplama sürecinde, birinci x-ray'in verilerinin değerlendirmeme nedeni ise bu x-rayden geçen ve yolcu olmayan insan sayısının fazla olmasıydı, bilet kontrol gişelerinde ve ikinci x-ray'de oluşan kuyrukların kişi sayısı ve servis süreleri toplanılmış ve değerlendirmiştir.

3. UYGULAMA VE BULGULAR

Bu bölümde iç hatlar terminali giden yolcu bölümünde yapılmış olan uygulamalardan bahsedilecektir. Uygulama yapılan model kesikli bir benzetim sistemidir. Durum değişkeni yolcu sayısı her yolcu tamamlandığında değişmektedir. Uygulama yapılan alan 2 bölümden oluşmaktadır, birinci bölüm bilet kontrolü, ikincisi ise ikinci x-ray kontrol bölgesidir. Bu bölümlerde yapılan uygulamaların hepsi detaylı bir şekilde bu aşamada anlatılmaktadır. Şekil 3.1’de Trabzon Havaalanı iç hatlar terminalinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.1.Trabzon haavalanı iç hatlar terminali

3.1. Problemin Tanımlanması ve Amaçların Belirlenmesi

Havaalanı iç hatlar terminalinin bilet kontrolü ve ikinci x-ray kısmında oluşan bir yolcu tıkanıklığının özellikle günün belli saatlerinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle havaalanının mevcut durumu, yoğun olan saatler göz önüne alınmıştır. Kuyruk ve bekleme yerleri yoğun olan saatlerde belirlenmiştir, daha sonra homojenize etme ve bu beklemeleri en aza indirme amacı ile iyileştirilmiş model alternatif olarak sunulmuştur.

3.1.1. Sistemin Performans Ölçütleri

Benzetim modeline uygulanan çalışma stratejilerinin sistem davranışına etkilerinin ölçülmesi, bir takım değerlendirme performans ölçütlerinin hesaplanmasıyla yapılır.

Sisteme gelen yolcular $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ile gösterilirse; burada n , işlemi bitirilmiş yolcu sayısı; x_i ise i . yolcuya ait işlem süresi veya bekleme süresi gibi performans ölçütleridir. Bu değerlendirme ölçütlerinin ortalama, standart sapma, en büyük değer, en küçük değer gibi istatistiksel değerleri verilmelidir. Ortalama işlemi Denklem 1.1'de, standart sapma Denklem 1.2'de, en büyük değer Denklem 1.3'te ve en küçük değer Denklem 1.4'te verilmiştir.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1.2)$$

$$x_{ENB} = ENB\{X_i\} \quad (1.3)$$

$$x_{ENK} = ENK\{X_i\} \quad (1.4)$$

Burada \bar{x} , x değişkeninin ortalamasını; x_i , i . yolcuya ait değişkenini; s , x değişkeninin standart sapmasını; x_{ENB} , x değişkeninin en büyük değerini; x_{ENK} , x değişkeninin en küçük değerini ifade etmektedir.

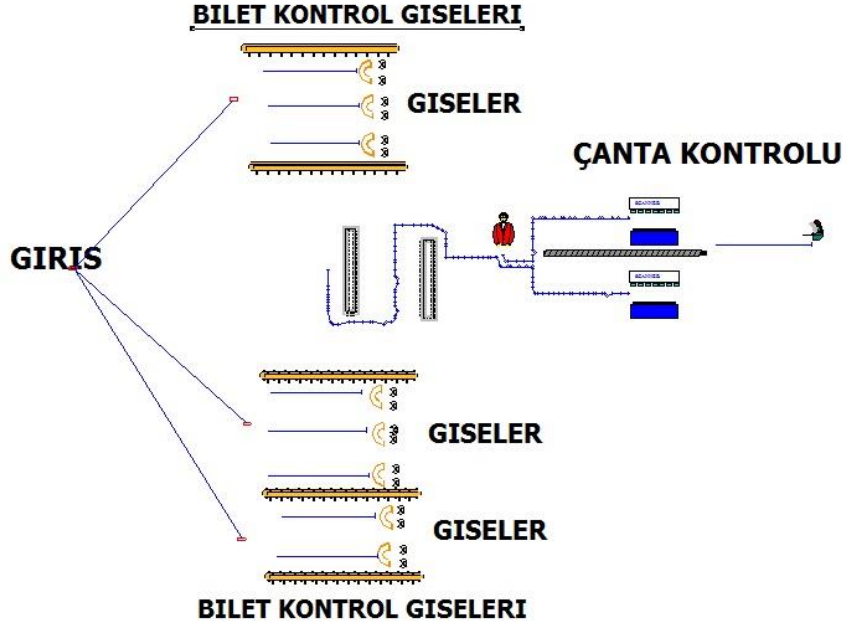
3.1.2. Sistem Performans Değişkenleri

Oluşturulan sistemin performans değişkenleri aşağıda gösterilmektedirler;

- Yolcuların bilet kontrol gişelerinde işlem süreleri
- Yolcuların ikinci x-ray'de işlem süreleri

3.2. Terminal Giden Yolcu Bölümünün Tasarlanması

Uygulama yapılacak alanda işlem ve bekleme süreleri gözlem yapılmış ve bu gözlemlerin sonucunda bekleme ve kuyruk oluşan kısımlar belirlenmiştir. Belirlenmiş kısımların iş akışları incelenerek, analizlerin sonucunda elde edilmiş bilgilerle yolcu terminalinin çizimi yapılmıştır. Arena ile oluşturulan iç hatlar terminali Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Havaalanı iç hatlar terminali simülasyon tasarımı

3.3. Modelleme İçin Gereken Veriler

Bu çalışmada mevcut durum ve iyileştirilmiş alternatif durum modelleri için verilerin belli zamanlarda ve düzenli bir şekilde toplanmasına özen gösterilmiştir. Bu verilerin bir listesi Tablo 1.3’te gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Modelleme için gereken veriler

Gerekli Veriler	Yararlanılan Kaynaklar	
	Bilgi sistemi	Zaman tutma çalışması
Girişler arası varışları		✓
Bilet kontrol gişelerinin işlem süreleri (servis süreleri)		✓
İkinci x-ray'de girişler arası varışları		✓
Yıllık yolcu sayısı	✓	
İkinci x-ray'de bavulların cihazdan geçme süreleri		✓
İkinci x-ray'den geçtikten sonra son güvenlik kontrolünün süreleri		✓
Yıllık uçuş sayısı	✓	
İkinci x-ray'de güvenlik kontrol süreleri		✓

3.4. Verilerin Toplanması ve Analizi

Benzetim modelin kurulması ve çalıştırılmasında kullanılacak veriler Trabzon DHMİ kayıtlarından elde edilerek toplanmıştır. İlk olarak gün içinde kalkan uçakların saat aralıkları 2013 için incelenmiş ve en yoğun saatler tespit edilmiştir. Veriler Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. 2013 yılı Trabzon Havaalanı iç hatlar yıllık toplam kalkışlarının saatlere göre dağılımı (URL-2, 2013).

Saat grubu	İç Hat Kalkış Sayısı
0-2	496
2-4	678
4-6	1153
6-8	1831
8-10	1118
10-12	878
12-14	1254
14-16	1168
16-18	766
18-20	1807
20-22	935
22-24	483

Yolcuların yoğun olduğu saat aralıkları belirlenmiş ve en yoğun saat aralıkları için veriler toplanmıştır. Veriler toplanma işlemi (6-8), (8-10), (12-14), (18-20) saatlerde gerçekleşmiştir. Veri toplama süreci bir aylık bir dönemde gerçekleşmiştir. Her yolcunun kontrol noktalarında geçirdikleri zamanlar, gözlem yapılarak elde edilmiştir. Özellikle yolcuların kontrol noktalarının arasında yaptıkları geçişlere ait olan verilerin toplanmasında zorluklar yaşanmıştır. Yaptığımız ölçümler her kontrol noktası için farklı zamanlarda yapılmıştır ve bu ölçümlerin sonucu elde edilen veriler analiz edilmiştir.

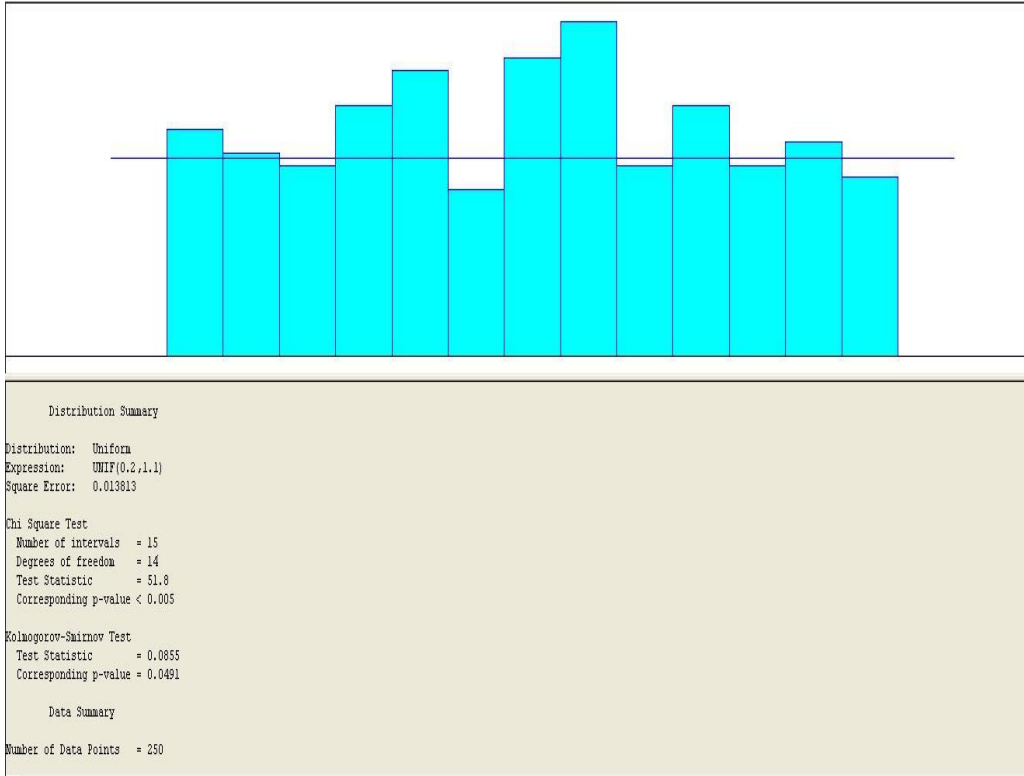
3.4.1. Bilet Kontrol Gişeleri (Gelişler arası zamanlar)

Bilet kontrol gişeleri ile ilgili Tablo 3.1'den yararlanarak en yoğun olan dört ayrı zamanı belirlenerek veriler toplanmıştır. Veriler istatistiksel olarak analiz edildiğinde değerleri Tablo 3.2'de görüldüğü gibi uniform dağılımına uyduğu görülmüş, chi square ve kolmogrov-smirnov yöntemleriyle test edilmiştir.

Tablo 3.3.Bilet kontrol gişeleri veri istatistikleri

Ortalama: 2.963636	Standart sapma: 1.777214
En büyük değer: 9	En küçük değer: 1
UNIF (0.2, 1.1)	

Şekil 3.3'te yolcuların gelişler arası süresinin ARENA çıktısı verilmiştir.



Şekil 3.3. Yolcuların gelişler arası süreleri

Bu durumda bilet kontrol kısmında gelişler arası zaman verilerine ilişkin hipotez testini, H_0 ve H_1 hipotezlerini geliştirerek aşağıdaki gibi yapabiliriz:

H_0 : Yolcuların gelişleri uniform dağılımına uymaktadır.

H_1 : Yolcuların gelişleri uniform dağılımına uymamaktadır.

Şekil 3.3’de görüldüğü gibi Chi Square ve Kolmogrov-Smirnov testlerine göre H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Bu durumda yolcuların geliş arası zaman verileri uniform dağılımına uygun görülmektedir.

Yolcular birinci x-ray’i geçtikten sonra biletlerini kontrol ettirmek için kuyruklara girmeye başlamaktadırlar. Terminalde bilet kontrolü yapan 4 firmanın görevlileri çalışmaktadırlar. Bu firmalar aynı müşteri yüzdesine sahip olmadıkları için 3 farklı guruba ayrıldı, ikisi yaklaşık aynı müşteri sayısına hizmet vermektedirler. Bu firmalar (Firma 1,2) oluşturduğumuz modelde yolcuların firma tercihine göre % 40 dağılımına uygun görülmüştür, diğer iki farklı firmayı da tek grup şeklinde gruplanmıştır (3ve4) bu gruba ait firmalar %20 dağılımına sahip olmaktadır. Firma 1 ve 2 belirlenen yoğun saatlerde en ilgi gören firmalardır, 3 veya 4 firmaları ise oldukça sakindir. Bu nedenle firma 1 ve 2 ortalama her uçuş için üç gişe açmaktadırlar ama diğer iki firma ortalama 2 gişe açmaktadır. Gişelerde her firma için 2 görevli çalışmaktadır.

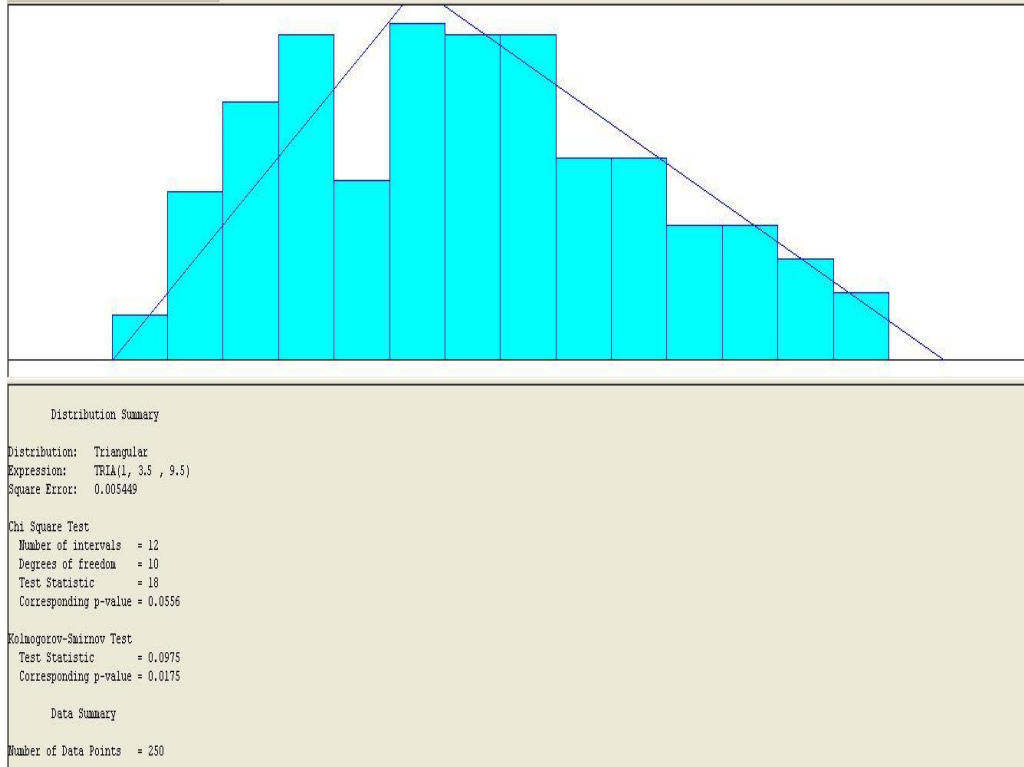
3.4.2. Bilet Kontrolünde İşlem Süresi

Yolcular biniş kartlarını almak ve bavullarını teslim etmek için bilet kontrol gişelerine gitmektedirler. Bazı zamanlarda bu kısımda kuyruk oluşmaktadır, bu neden ile işlem süreleri toplanılmış ve veri analizi yapılmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonucu verilen üçgen dağılıma uyduğu görülmüş ve Tablo 3.3’te özet istatistikler verilmiştir.

Tablo 3.4. Bilet kontrol işlem süreleri özet istatistikleri

Ortalama: 3.361446	Standart sapma: 3.98089
En büyük değer: 0	En küçük değer: 27
TRIA(1, 3.5, 9.5)	

Şekil 3.4’te bilet kontrol gişelerinin işlem sürelerinin ARENA çıktısı verilmiştir.



Şekil 3.4. Bilet kontrol gişelerin işlem süreleri

Bu durumda yolcuların bilet kontrol gişelerin işlem süreleri verilerine ilişkin hipotez testini, H_0 ve H_1 hipotezlerini geliştirerek aşağıdaki gibi yapabiliriz:

H_0 : Yolcuların yolcuların bilet kontrol gişelerin işlem süreleri Triangular dağılımına uymaktadır.

H_1 : Yolcuların yolcuların bilet kontrol gişelerin işlem süreleri Triangular dağılımına uymamaktadır.

Şekil 3.4'de görüldüğü gibi Chi Square ve Kolmogrov-Smirnov testlerine göre H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Bu durumda yolcuların bilet kontrol gişelerin işlem süreleri verileri Triangular dağılımına uygun görülmektedir.

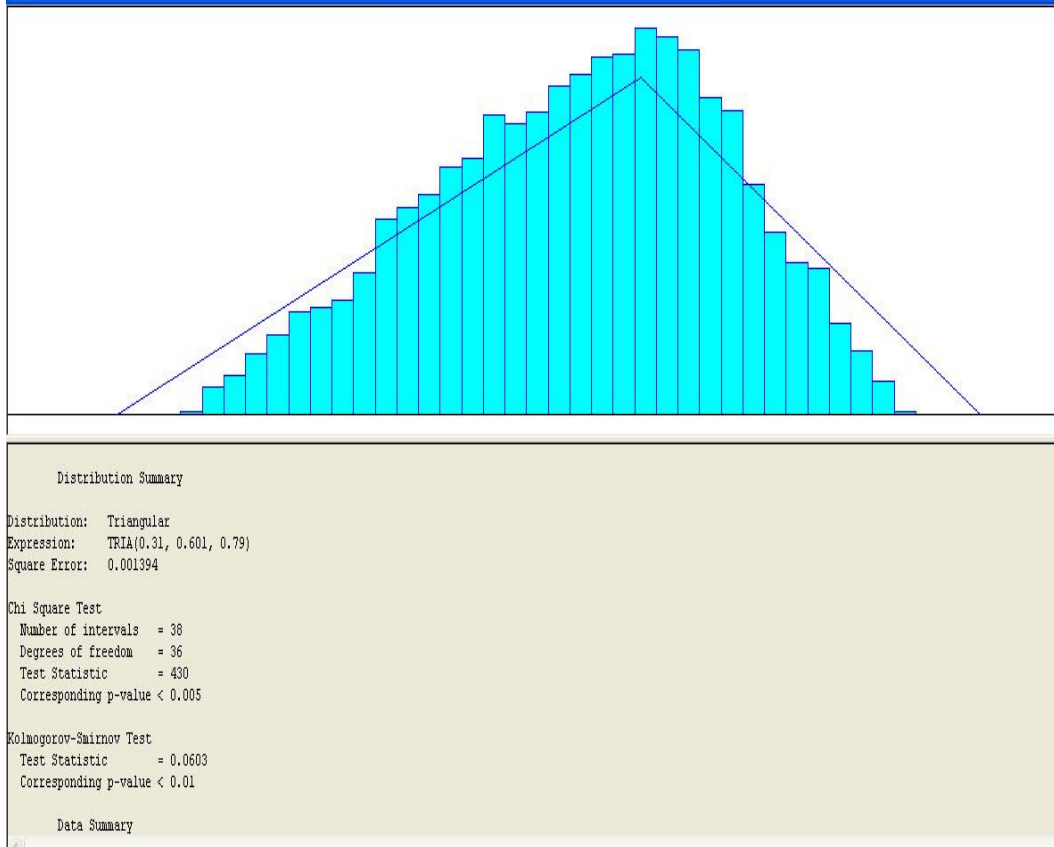
3.4.3. İkinci X-ray'de Gelişler Arası Süreler

Gelen yolcuların biletlerini aldıktan sonra arındırılmış bekleme salonuna geçmek üzere ikinci x-ray'den geçmeleri gerekmektedir. Yolcular x-ray'den geçmeden önce üzerlerindeki tüm metal eşyaları çıkarıp el çantalarını x-ray cihazının üzerine bırakmaktadırlar. Daha sonra kendileri de x-ray kapısından geçmeleri gerekmektedir. Trabzon havalimanında iki x-ray kapısı ve bir görevli mevcuttur. Bu noktada toplanılan veriler istatistiksel analizi yapılarak x-ray birimindeki geliş süresi üçgen dağılıma uyduğu ve Tablo 3.4'te özet istatistikleri verilmiştir.

Tablo 3.5. X-ray geliş sürelerinin özet istatistikleri

Ortalama: 2.48	Standart sapma: 1.194861
En büyük değer: 6	En küçük değer: 1
TRIA (0.31, 0.601, 0.79)	

Şekil 3.5'te ikinci x-ray'de gelişler arası sürelerinin ARENA çıktısı verilmiştir.



Şekil 3.5. İkinci x-ray'de gelişler arası süreler

Bu durumda yolcuların ikinci x-ray'de gelişler arası zaman verilerine ilişkin hipotez testini, H_0 ve H_1 hipotezlerini geliştirerek aşağıdaki gibi yapabiliriz:

H_0 : Yolcuların ikinci x-ray'de gelişleri Triangular dağılımına uymaktadır.

H_1 : Yolcuların ikinci x-ray'de gelişleri Triangular dağılımına uymamaktadır.

Şekil 3.5'de görüldüğü gibi Chi Square ve Kolmogorov-Smirnov testlerine göre H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Bu durumda yolcuların ikinci x-ray'de geliş arası zaman verileri Triangular dağılımına uygun görülmektedir.

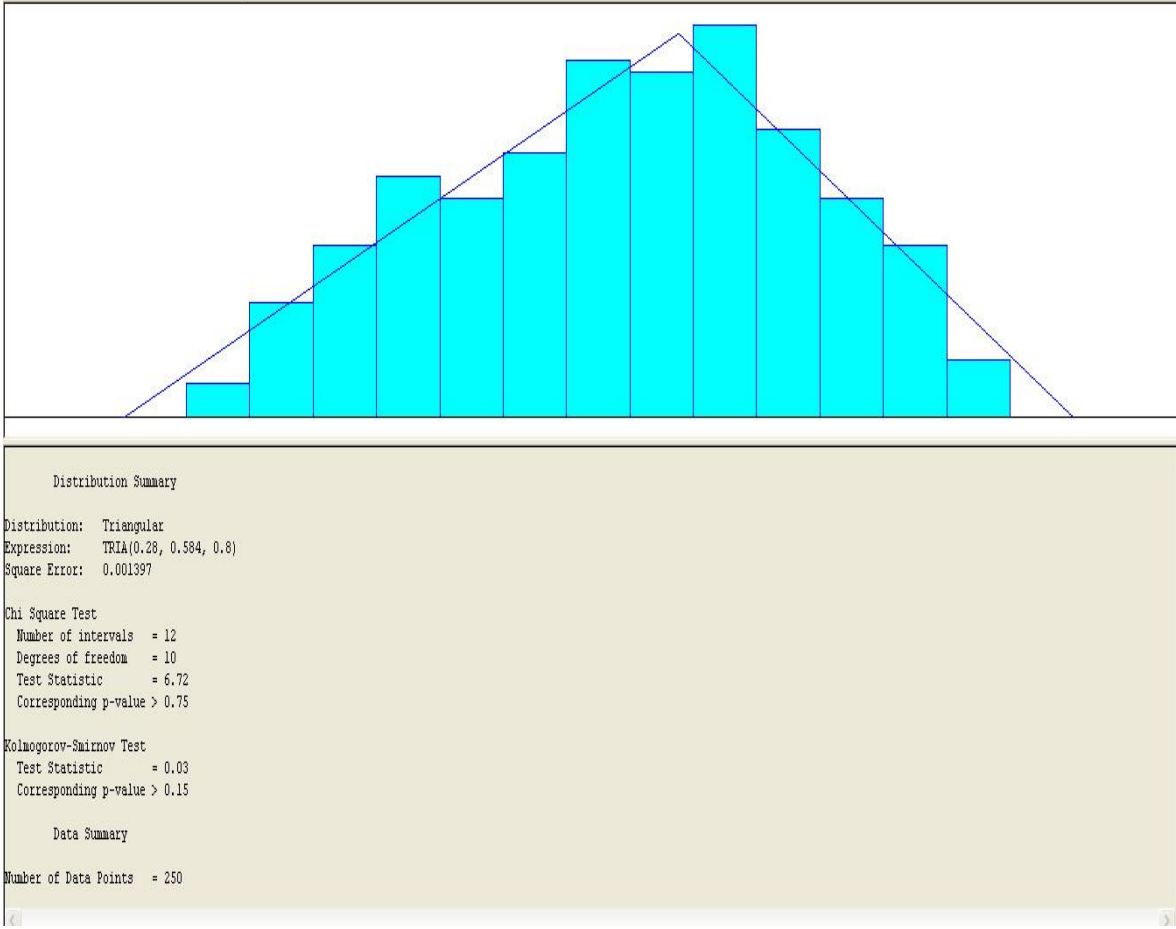
3.4.4. İkinci X-ray'de Biniş Kartların Kontrol Süreleri

Tablo 1.1'de görüldüğü gibi yolcuların kimlik ve biniş kartları görevli tarafından kontrol edildiği için ikinci x-ray'de bazen kuyruk oluşmaktadır, bu kısımda yolcuların bekleme süreleri fazla olabilmektedir. Bu sebepten dolayı bu kısma ait olan verilerde toplanılmış ve analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre verilerin üçgen dağılıma uygun olduğu görülmüş ve test edilerek doğrulanmıştır. Tablo 3.6'te özet istatistikleri verilmiştir.

Tablo 3.6. İkinci X-ray'de biniş kartlarının kontrol sürelerinin özet istatistikleri

Ortalama: 2.48	Standart sapma: 1.194861
En büyük değer: 6	En küçük değer: 1
TRIA (0.28, 0.584, 0.8)	

Şekil 3.6'da İkinci X-ray'de biniş kartlarının kontrol sürelerinin ARENA çıktısı verilmiştir.



Şekil 3.6. İkinci X-ray'de biniş kartlarının kontrol süreleri

Bu durumda yolcuların ikinci x-ray'de biniş kartlarının kontrol verilerine ilişkin hipotez testini, H_0 ve H_1 hipotezlerini geliştirerek aşağıdaki gibi yapabiliriz:

H_0 : Yolcuların ikinci x-ray'de biniş kartlarının kontrol süresi Triangular dağılımına uymaktadır.

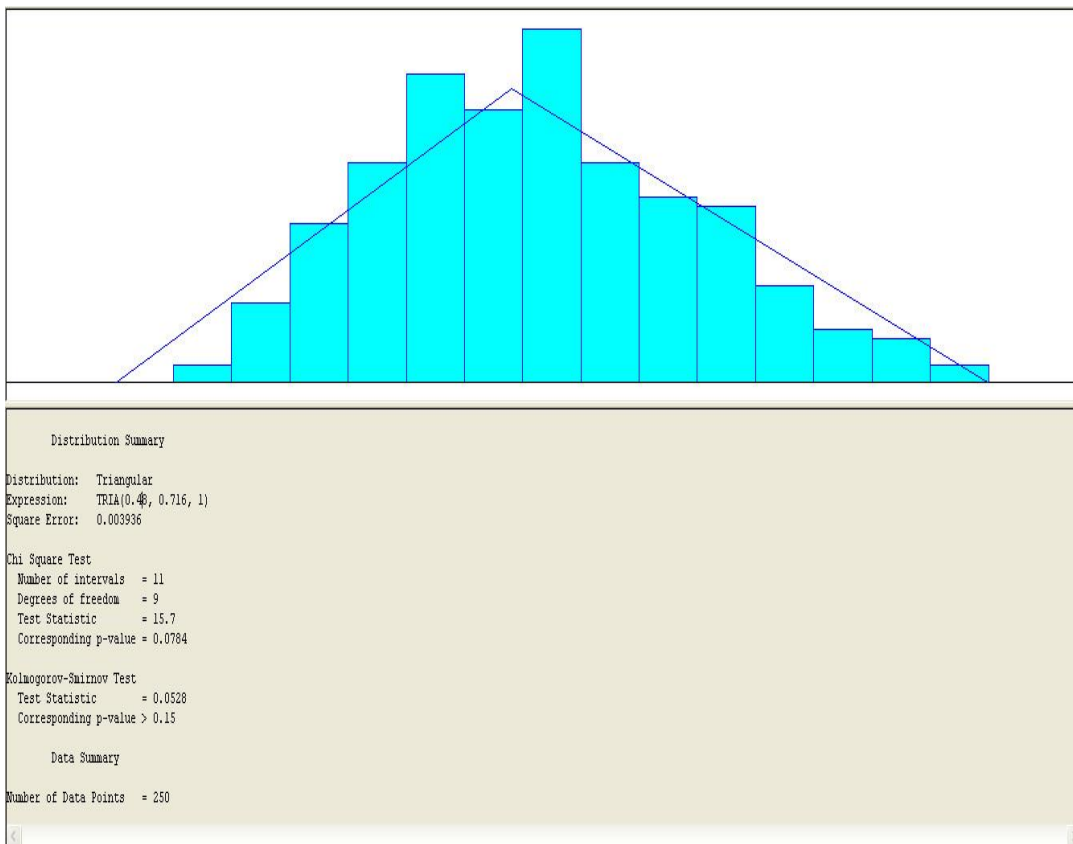
H_1 : Yolcuların ikinci x-ray'de biniş kartlarının kontrol süresi Triangular dağılımına uymamaktadır.

Şekil 3.6'de görüldüğü gibi Chi Square ve Kolmogrov-Smirnov testlerine göre H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Bu durumda yolcuların ikinci x-ray'de biniş kartlarının kontrol süresi Triangular dağılımına uygun görülmektedir.

3.4.5. Çanta Kontrol Noktalarından Geçme Süreleri

Yolcuların kimlik ve bilet kontrolünden sonra çanta veya bavullarının güvenlik kontrol amacı ile x-ray cihazlarından geçirilmektedir. Bu durumda kuyruk oluşabilmektedir. Bu nedenle bu kısımlara ait olan veriler de toplanmış ve aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi analiz edilerek üçgen dağılıma uyduğu görülmüş ve test edilmiştir.

Şekil 3.7’de çanta kontrol noktalarından geçme sürelerinin ARENA çıktısı verilmiştir.



Şekil 3.7. Çanta kontrol noktalarından geçme süreleri

Bu durumda yolcuların ikinci x-ray’de çanta kontrol noktalarından geçme sürelerinin ilişkin hipotez testini, H_0 ve H_1 hipotezlerini geliştirerek aşağıdaki gibi yapabiliriz:

H_0 : Yolcuların ikinci x-ray’de çanta kontrol noktalarından geçme süresi Triangular dağılımına uymaktadır.

H_1 : Yolcuların ikinci x-ray’de çanta kontrol noktalarından geçme süresi Triangular dağılımına uymaktadır.

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi Chi Square ve Kolmogrov-Smirnov testlerine göre H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Bu durumda yolcuların ikinci x-ray’de çanta kontrol noktalarından geçme süresi Tringular dağılımına uygun görülmektedir.

3.5. Modelin Oluşturulması

Veriler toplandıktan sonra tasnif edilerek istatistik analiz yapılmış ve dağılımları belirlendikten sonra bilgisayarda kurulan havaalanı modeline girilerek modelin çalıştırma sürecine geçilmiştir.

Oluşturulan modelde varlık olarak yolcuları tanımlanmıştır. Yolcuların bilet kontrol gişelerine dağılımı rotalar ile gerçekleştirilmektedir. Bilet kontrol gişeleri yolcular tarafında en tercih edilen firmalara ayrılmıştır. Bu firmalar tercihlere göre birinci firma, ikinci firma, üçüncü veya dördüncü firma olarak sıralanmıştır ve gişeler 1,2,3,4,5,6,7,8 olarak tanımlanmıştır. Her gişede iki görevli çalışmaktadır. Yolcular görevlilerden biletlerini alıp bavullarını teslim ettikten sonra ikinci x-ray e doğru hareket ederler. İkinci x-ray de biletleri son olarak kontrol etme amacı ile bir görevli modelde tanımlanmıştır. Yolcular biletlerini kontrol ettirdikten sonra el bavullarını ya da çantalarını son kontrol için cihaza bırakırlar, bu cihazı birinci çanta kontrolü ve ikinci çanta kontrolü olarak tanımlanmıştır. En son yolcular x-ray ‘den geçtikten sonra başka bir görevli tarafından aranıyorlar, bu ise modelde güvenlik görevlisi olarak tanımlanmıştır.

3.6. Modelin Giriş Bilgileri

Benzetim modeli, Trabzon Havaalanı’nın mevcut durumunu ortaya kuyduktan sonra, modelin doğruluğu test edilir. Model doğrulandıktan sonra çalıştırarak havaalanı ile ilgili yöntem ve işletim politikalarının etkileri değerlendirerek raporlar üretilir.

Benzetim modelinin oluşturulmasında sistem öğelerinin belirlenmesi, modelin giriş verilerinin oluşturulması (veri toplama ve derleme), öğeler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, modeli giriş verileri ile çalıştırılması ve modelin geçerliliğinin araştırılması gibi aşamalar söz konusudur. Modelin çalıştırılabilmesi için modelin giriş bilgileri, modele aktarılacak biçimde düzenlenir.

Benzetim modelinin giriş parametreleri, havaalanından toplanan verilerin derlenmesiyle elde edilebilir ve bu bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.7. Modelin giriş verileri

GELİŞLER:	
Bilet gişelerinin işlem süresi	TRIA (1, 3.5, 9.5)
Bilet gişelerinin geliş arası süreler	UNIF (0.2, 1.1)
İkinci x-ray'de geliş arası süreler	TRIA (0.31, 0.0601, 0.19)
İkinci x-ray'de işlem süreleri	TRIA (0.28, 0.584, 0.8)
Çanta kontrol kısmından geçmeleri	TRIA (0.48, 0.716, 1)
Yolcuların firmalara göre dağılımı	1.Firma:%40 2.Firma:%40 3\4.Firma: %20
STRATEJİLER:	Öncelik strateji: FIFO Yatırım stratejisi: mevcut durum
BENZETİM ÇALIŞMA SÜRESİ:	30 gün

3.7. Modelin Doğrulanması

Benzetim modeli ilk olarak mevcut durum için yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 3.7'de verilmiştir. Tablodaki sonuçlar incelendiğinde elde edilen yolcu bekleme sürelerinin ortalaması ile toplanan verilerde elde edilen yolcu bekleme süreleri (örneğin; bilet kontrolünde işlem süreleri) birbirine benzer çıkmıştır.

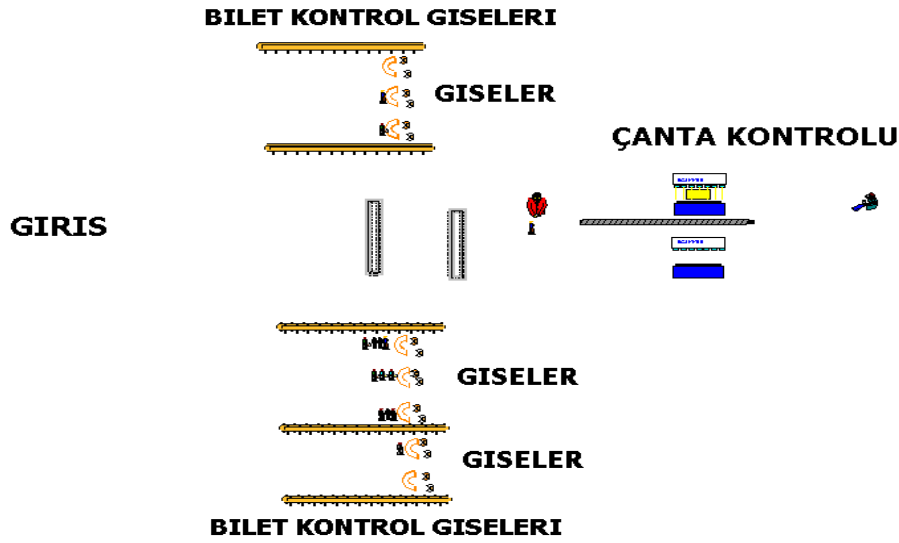
Modelin giriş parametreleri değiştirilerek elde edilen sonuçlar üzerinden yorum yapılabilir. Örneğin modelin giden yolcu sayısı arttığı zaman model yeniden çalıştırarak çıktıda dar boğazlar oluşuyorsa (bekleme süreleri artıyorsa) veya bu parametreleri azaltıp model tekrar çalışıyorsa, model parametre değişkenlerine cevap veriyor ve doğru çalışıyor demektir. Model çalıştırmaya ait veriler Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Model çalıştırma verileri

Birinci firmanın birinci bilet kontrol gişesinin ortalama işlem süresi mevcut modelden elde edilen değeri (Trian 1,3.5,9.5)	Birinci firmanın birinci bilet kontrol gişesinin ortalama işlem süresi mevcut modelin parametresini değiştirilerek elde edilen değeri(Trian 1,2,3)
16.2130	0.9653

3.8. Benzetim Modelin Çalıştırılması

Benzetim modeli kurulduktan sonra PC’de Arena benzetim paket programına aktarılmış ve toplanan verilerle çalıştırılmıştır. Böylece mevcut sistem modellenmiştir. Arena’da oluşturulan benzetim modeli Şekil 3.8’de gösterildiği gibi oluşturulmuş ve çalıştırılmıştır.



Şekil 3.8. Mevcut benzetim sistemin çalıştırılması

Yolcular sisteme giriş kısmından girmektedirler. Yolcular bilet kontrol gişelerine gidip biniş kartlarını kontrol etmektedirler. Biniş kartlarını aldıktan sonra ikinci x-ray’de görevli tarafından biniş kartları kontrol edildikten sonra el bagajlarını çanta kontroluna bırakıp ve x-ray’den geçmektedirler.

Tablo 3.9. Oluştularan mevcut modelin farklı tekrar sayılarla

Tekrar sayısı	Birinci firmanın birinci bilet kontrol gişesinin ortalama bekleme süresi
1	17.8878
2	16.7141
3	16.3937
4	15.4692
5	16.1741
6	15.9966
7	15.7716
8	16.1673
9	16.1156
10	16.213
Ortalama	16.2903
Std.sapma	0.652937436
Varyans	0.426327296

Tablo 3.9 göre ortalama $\bar{x}(10) = 16.2903$ ve varyans $s^2 = 0.4263$ olarak hesaplanarak %90 güven aralığı aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$\bar{X}(n) \pm t_{n-1;1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{s^2(n)}{n}} \quad (2.1)$$

$$16.2903 \pm t_{9;0.95} \cdot \sqrt{\frac{0.4263}{10}} \text{ bulduğumuz değerlere göre;} \quad (2.2)$$

$$16.2903 \pm 1.83 \cdot \sqrt{\frac{0.4263}{10}} = 16.2903 \pm 0.3778 \quad (2.3)$$

Yaptığımız hesaplamalara göre bir yolcunun birinci firmanın birinci bilet kontrol gişesinde geçirdiği süre %90 güven aralığı ile [15.9125; 16.6681] aralığındadır.

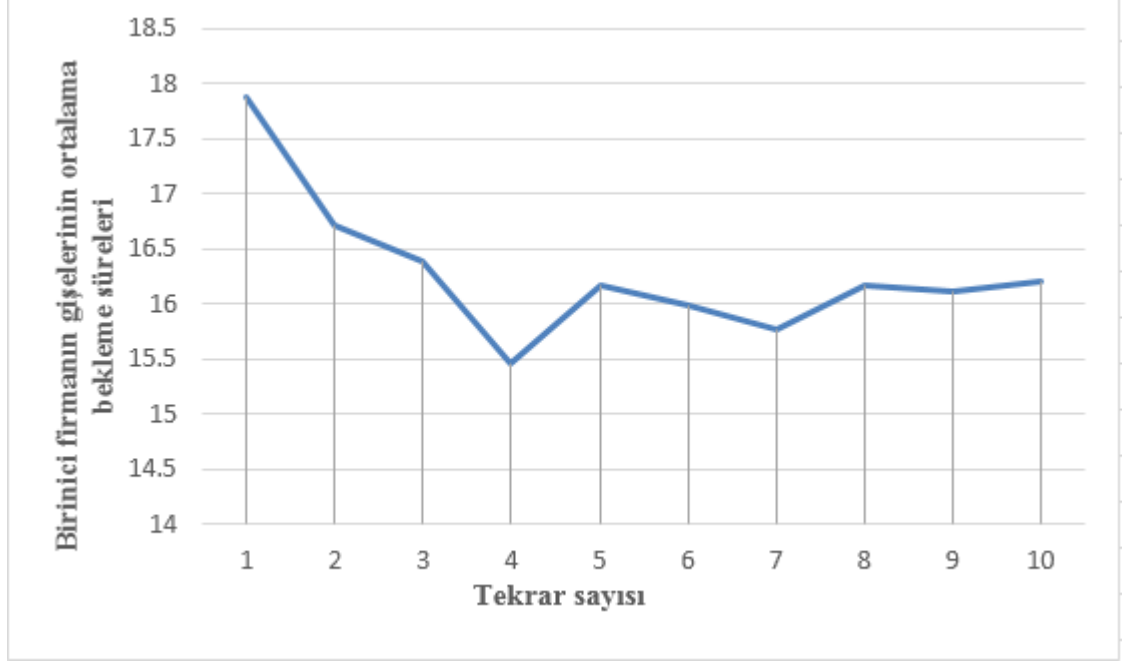
Tablo 3.10. Havaalanı benzetim modelinin sonuçları (yolcu bekleme süreleri)

Öğeler	Ortalama yolcu bekleme süreleri
Birinci çanta kontrol kuyruğu	0.1663
İkinci çanta kontrol kuyruğu	0.1661
İkinci x-ray'de biniş kartlarını kontrol eden görevli	1.2436
Birinci bilet kontrol gişesi	16.2130
İkinci bilet kontrol gişesi	14.9771
Üçüncü bilet kontrol gişesi	14.4136
Dördüncü bilet kontrol gişesi	16.9844
Beşinci bilet kontrol gişesi	15.8224
Altıncı bilet kontrol gişesi	15.3659
Yedinci bilet kontrol gişesi	3.7926
Sekizinci bilet kontrol gişesi	2.9807

Tablo 3.11. Havaalanı benzetim modelinin sonuçları (bekleyen yolcu süreleri)

Öğeler	Ortalama bekleyen yolcu sayısı
Birinci çanta kontrol kuyruğu	0.1278
İkinci çanta kontrol kuyruğu	0.1277
İkinci x-ray'de biniş kartlarını kontrol eden görevli	1.9125
Birinci bilet kontrol gişesi	3.4547
İkinci bilet kontrol gişesi	3.1325
Üçüncü bilet kontrol gişesi	2.8061
Dördüncü bilet kontrol gişesi	3.6218
Beşinci bilet kontrol gişesi	3.3025
Altıncı bilet kontrol gişesi	2.9755
Yedinci bilet kontrol gişesi	0.7224
Sekizinci bilet kontrol gişesi	0.3473

Benzetimin denge durumun belirlenmesi amacı ile kurulan modelde daha sağlıklı sonuçlar alınabilmesi için model belli tekrarlarla koşturulmuştur ve örnek olarak birinci firmanın birinci gişesi için elde edilen veriler Şekil 3.9’ da gösterilmiştir. Buna göre beşinci koşturumda model sonuçlarındaki değişim azalmış ve daha doğru sonuçlar elde edilmeye başlamıştır.



Şekil 3.9. Deney tekrar sayılarına bağlı başarımların ortalamalarının değişimi

Benzetimin çalıştırdıktan sonra modelin çalışma koşulları belirlenir, çalışma koşulları olarak başlangıç koşulları, bitiş koşulları ve stratejiler belirlenir.

Bu çalışmada var olan bir sistemin benzetimi yapılmıştır. Buna göre;

Başlangıç koşulları:

- Başlangıçta iç hatlardaki girişler boştu.
- Bilet kontrol, x-ray cihazları devreye girer.
- Bekleme salonlarının kapasitesi sonsuzdur.

Bitiş koşulları:

- Benzetim modeli 30 günlük bir süre için 10 kez çalıştırılmıştır.

Stratejiler:

- Öncelik stratejisi olarak ilk gelen önce kural FIFO uygulanmıştır.
- Yatırım stratejisi olarak darboğaz noktalarına yatırım olarak elde edilmiştir.

3.9. Benzetimin Sonuçları

Kurduğumuz iyileştirilmiş modelde birinci firmaya bir gişe ve aynı şekilde ikinci firmayada bir gişe daha eklemekle birlikte x-ray'e bir görevliyi daha ekledik ve bu sayede kuyruklarda beklenen yolcu sayısı ve bekleme zamanlarını düşürebildik. Sonuçlar Tablo 3.11 ve Tablo 3.12'te gösterilmektedir.

Tablo 3.11. İyileştirilmiş modelde yolcuların bekleme süreleri

Öğeler	Ortalama yolcu bekleme süreleri
Birinci çanta kontrol kuyruğu	0.1651
İkinci çanta kontrol kuyruğu	0.1641
İkinci x-ray'de biniş kartlarını kontrol eden görevli	1.2495
İkinci x-ray'de biniş kartlarını kontrol eden ikinci görevli	1.2537
Birinci bilet kontrol gişesi	2.0615
İkinci bilet kontrol gişesi	3.4504
Üçüncü bilet kontrol gişesi	2.5958
Dördüncü bilet kontrol gişesi	3.7393
Beşinci bilet kontrol gişesi	2.9519
Altıncı bilet kontrol gişesi	2.2298
Yedinci bilet kontrol gişesi	3.8335
Sekizinci bilet kontrol gişesi	3.0291
Dokuzuncu bilet kontrol gişesi	1.9434
Onuncu bilet kontrol gişesi	1.7637

Tablo 3.12. İyileştirilmiş modelde yolcuların sayısı

Öğeler	Ortalama bekleyen yolcu sayısı
Birinci çanta kontrol kuyruğu	0.1270
İkinci çanta kontrol kuyruğu	0.1261
İkinci x-ray'de biniş kartlarını kontrol eden görevli	0.9619
İkinci x-ray'de biniş kartlarını kontrol eden ikinci görevli	0.9622
Birinci bilet kontrol gişesi	0.1810
İkinci bilet kontrol gişesi	0.7192
Üçüncü bilet kontrol gişesi	0.4829
Dördüncü bilet kontrol gişesi	0.7877
Beşinci bilet kontrol gişesi	0.5732
Altıncı bilet kontrol gişesi	0.3174
Yedinci bilet kontrol gişesi	0.7316
Sekizinci bilet kontrol gişesi	0.3549
Dokuzuncu bilet kontrol gişesi	0.2589
Onuncu bilet kontrol gişesi	0.1196

Tablo 3.9 ve 3.11'a baktığımızda birinci firmaya 9. bilet kontrol gişesi ve ikinci firmaya 10. bilet kontrol gişesi eklenerek iyileştirilmiş ve mevcut modelin bilet kontrol gişelerine ait sonuçlar arasında birinci firmanın birinci gişesinde 14 dakika, ikinci firmanın birinci gişesinde ise 11.05 dakika azalma görülmektedir. Aynı şekilde diğer bilet kontrol gişelerinde değerlerin düştüğü görülmüştür. İkinci x-ray'de biniş kartları ve kimlik kontrol kısmında iyileştirilmiş model'de bir görevli eklediğimiz halde yolcuların daha hızlı bir şekilde işlemleri bittiği ve daha az bir sürede x-ray'e vardıklarından dolayı bir fark görülmektedir. Bu kısmla ilgili daha iyi bir sonuç elde edebilmek için bir görevli daha eklenmesi gerekmektedir. Bu iyileştirmeleri yaptığımızda fazla maliyetten kaçındığımız ve değerleri çok yüksek bulmadığımız için ekstra maliyete gerek duyulmamıştır

Tablo 3.13. göre ortalama $\bar{Z}(10) = 14.22725$ ve varyans $s^2 = 0.432463$ olarak hesaplanarak %90 güven aralığı aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$GA = \left[\bar{Z}(n) \mp t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{s^2(n)}{n}} \right] \quad (3.1)$$

$$14.227 \mp t_{9, 0.95} \sqrt{\frac{0.432}{10}} \text{ bulduğumuz değerlere göre;} \quad (3.2)$$

$$14.227 \mp 1.83 \cdot \sqrt{\frac{0.432}{10}} = 14.227 \mp 0.385 \quad (3.3)$$

Yaptığımız hesaplamalara göre bir yolcunun birinci firmanın birinci bilet kontrol gişesinde geçirdiği süre %90 güven aralığı ile [13.842; 14.612] aralığındadır ve bu aralıklar pozitif olduğu için alternatif sistem mevcut sisteme göre tercih edilebilir.

Tablo 3.12. Oluştularan iyileştirilmiş modelin farklı tekrar sayılarla

Tekrar sayısı	Mevcut modelde birinci firmanın birinci bilet kontrol gişesinin ortalama bekleme süresi	İyileştirilmiş modelde birinci firmanın birinci bilet kontrol gişesinin ortalama bekleme süresi	Mevcut modelin İyileştirilmiş modelden farkı
1	17.8878	2.0408	$\bar{Z} = 17.887 - 2.040 = 15.847$
2	16.7141	2.0917	$\bar{Z} = 16.714 - 2.091 = 14.6224$
3	16.3937	2.0708	$\bar{Z} = 16.393 - 2.070 = 14.3229$
4	15.4692	2.0775	$\bar{Z} = 15.469 - 2.077 = 13.3917$
5	16.1741	2.0603	$\bar{Z} = 16.174 - 2.060 = 14.1138$
6	15.9966	2.0634	$\bar{Z} = 15.996 - 2.063 = 13.9332$
7	15.7716	2.0532	$\bar{Z} = 15.771 - 2.053 = 13.7184$
8	16.1673	2.0578	$\bar{Z} = 16.167 - 2.057 = 14.1095$
9	16.1156	2.0535	$\bar{Z} = 16.115 - 2.053 = 14.0621$
10	16.2130	2.0615	$\bar{Z} = 16.213 - 2.061 = 14.1515$
Ortalama	16.2903	2.06305	14.22725
Std.sapma	0.652937436	0.014183813	0.657619
Varyans	0.426327296	0.000201181	0.432463

Tablo 3.10 ve 3.12'e bakıldığında bilet kontrol gişelerinin (1. Ve 2. gişeler) mevcut ve iyileştirilmiş model sonuçlarında kişi sayısı olarak 3 kişi kadar bir azalma görülmüştür. Diğer check-inler'de (3. Ve 4. gişeler) kişi sayısı 2 adet azalmaktadır. İkinci x-ray'in biniş kartları ve kimlik kontrol kısmına ait kuyruk sayısında 1 kişi azalma görülmektedir ve sonuçları Tablo 3.14'de verilmiştir.

Tablo 3.13. Mevcut modelin iyileştirilmiş model ile karşılaştırılması

Öğeler	Mevcut Modelin Ortalama Değerleri		İyileştirilmiş Modelin Ortalama Değerleri	
	Bekleme süreleri (dakika)	Bekleyen yolcu sayısı	Bekleme süreleri (dakika)	Bekleyen yolcu sayısı
İkinci x-ray'de biniş kartları kontrol eden görevli	1.2436	1.9125	1.2495	0.9619
Birinci gişe	16.2130	3.4547	2.0615	0.1810
İkinci gişe	14.9771	3.1325	3.4504	0.7102
Üçüncü gişe	14.4136	2.8061	2.5958	0.4829
Dördüncü gişe	16.9844	3.6218	3.7393	0.7877
Beşinci gişe	15.8224	3.3025	2.9519	0.5732
Altıncı gişe	15.3659	2.9755	2.2298	0.3174

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Trabzon Havaalanının iç hatlar terminalinin yolcu trafiğini incelediğimizde belli kısımlarda (bilet kontrol gişeleri, ikinci x-ray) yolcu trafiğinin yoğun olduğu tespit edilmiştir. Oluşan trafiği daha detayli bir şekilde incelemek amacı ile yolcuların daha yoğun olan kısımlarda yani bilet kontrol gişeleri ve ikinci x-ray'de veriler toplanmıştır.

Toplanan veriler Arena benzetim paket programı ile çalıştırılmış ve analiz edilmiştir, ilk olarak durumu yansıtan model kurulduktan sonra düzenlenen verilerle çalışmıştır. Mevcut modelde firmaların yoğunluğuna göre belli sayıda check-in kontuarları tahsis edilmiştir. İkinci x-ray'in biniş ve kimlik kartlarının kontrol kısmında ise bir kişi görev almaktadır, görevli sayısı ise yetmediği için kuyruk oluşmaktadır. Durum değerlendirme kısmında ise en yoğun yolcu trafiği bilet kontrol gişelerinde ve ikinci x-ray'de biniş kartları kontrol edilen kısımlarda olduğu için bu bölümlerde yolcuların kuyrukta bekleyen kişi sayısı ve aynı zamanda bekleme sürelerini en az maliyet ile indirilmeye karar verilmiştir. Bu nedenle yeni senaryolarla iyileştirilmiş yeni modeller farklı verilerle çalıştırılmıştır.

İyileştirilmiş modelde yolcu yoğunluğu incelenerek en yoğun iki firmanın check-in kontuar sayısına birer tane eklenmiştir. İkinci x-ray'in biniş kartlarının kontrol kısmına tıkanıklığı azaltmak amacı ile bir görevli daha eklenmiştir. Bu değişimlerin sayesinde yolcuların bekleme süreleri ve sayısında büyük bir fark görülmektedir.

Bu çalışmanın devamı olarak maliyet analizi ve yolcuların geçirdikleri tüm zamanı değerlendirip bu şekilde yolcunun havaalanında geçirdiği zamanı veya tüm gün uçuşlarına ait olan tüm gelen-giden yolcu trafiğini en aza indirebilen bir çalışma yapılabilir.

Bu çalışmanın zorluklarından biri ise alana giriş ve veri toplamak için izin kartın alınması gösterilebilir. Diğer zorluk ise en yoğun saatlerden biri saat 6-8 aralığı olması ve gişelerin uçuşlardan 2 saat önce check-in işlemine başladıkları için erken saatte veri toplama işlemine başlamak gösterilebilir. Ayrıca verilerin en az üç kişilik takım çalışması şeklinde olması daha çok rahat veriler toplanabilir.

5. KAYNAKLAR

- ACI, September 1998. "Creating Employment and Prosperity in Europe".
- Akad, M. ve Gedizlioğlu, E., 2007. Toplu Taşıma Türu Seęiminde Simüasyon Destekli Analitik Hiyerarşı Yaklaşımı, İTÜ Dergisi/D Mühendislik Cilt: 6, Sayı: 1, Sayfa, 88-98.
- Andreatta, G. ve Brunetta, L., Righi., L., 2007. Evaluating Terminal Management Performances Using SLAM, The Case of Athens International Airport, Computers & Operations Research, 34, 1532–1550.
- Ballis, A., Chen, Y.W. ve Yang K.W., 2002. Sizing Of Processing and Holding Air Terminal Facilities for Charter Passengers Using Simulation Tools, International Journal of Transport Management, 1, 101–113.
- Banks, J., 1998. Handbook of Simulation (Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice), New York, John Wiley&Sons.
- Banks, J., Carson B. ve Nelson D.M., 2001. Discrete Event System Simulation, Prentice Hall International Series in Industrial and System Engineering Series, Third Edition, New Jersey.
- Chow W.K.ve Candy M.Y., 2007, 2008. Waiting Time in Emergency Evacuation of Crowded Public Transport Terminals Received in Revised Form 2006, Safety Science, 46, 844–857.
- Çetinsaya, V., Öndemir, Ö. ve Baraçlı, H., 2004. İş Süreçlerinin İyileştirilmesinde Görsel Simüasyon Tekniğinin Kullanımı ve Bir Hastane Sisteminde Uygulanması, Ya/Em'2004 - Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği, 14. Ulusal Kongresi, Gaziantep ve Adana
- Demirci, E., 1993. Atölye Tipi Üretim Etkileřimli Benzetim Paketi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Dennis Pedgen, C., Sadowski, R.P. ve Shannon, R.E., 1995. Introduction to Simulation Using SIMAN, McGraw-Hill, Inc. New York, NY, USA.
- Fabrycky, W.J. ve Mize J.H, 1999. Introduction to Industrial and System Engineering, Prentice Hall International Series.
- Gatersleben, M.R., Weij, S.W. ve Van Der, 1999. Analysis And Simulation of Passenger Flows in an Airport Terminal Proceedings of The 1999, Winter Simulation Conference, Netherlands.

- Gündüz, Y., 2005. Akış Tipi Atölye Sisteminde Benzetim ile Eniyileme, Man Türkiye A.Ş'de Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Harper, D., 1982. Transportation in America. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Jim, H.k. ve Chang, Z.Y., 1997. An airport passenger terminal simulator: A planning and design tool.
- Kaya, E., 2000. Havaalanlarında Fiyatlandırma Açısından Mühasebe Bilgi Sistemi, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- Kaya, E. ve Sürmeli, F., 2002. Havaalanlarında Fiyatlandırma Açısından Mühasebe Bilgi Sistemi, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- Kaya, E., 2005. Havaalanlarında Yap İşlet Devret Uygulamaları: Antalya ve Atatürk Havalimanlarındaki Uygulamaların Değerlendirilmesi, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- Kesikbaş, E., 2006. Havalimanı Terminal İşletmeciliği Ve Konya Havaalanı Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya
- Koçel, T., 1995. İşletme Yöneticiliği: Yönetici Geliştirme, Organizasyon ve Davranış, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Kurt, A., 2003. Simülasyon-Yapay Sinir Ağı ile Esnek Üretim Sistemi Tasarımı, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak., Der Cilt 18, No: 2, 31-38.
- Kuyucak, F., 2007. Havaalanlarında Değer Odaklı Yönetim Yönelimi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması Ve Atatürk Havalimanı Terminal İşletmeciliği Uygulaması, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Law, A. M., Simulation Modeling and Analysis, McGraw Hill, USA, 2008.
- Law, A.M., Kelton, D.W., Simulation Modeling and Analysis, New York, McGraw Hill, Third Edition, 2000.
- Lozano, E.R., Laita, L.M. ve Macias, E.R., 2004. An Accelerated Time Simulation of Departing Passengers' Flow in Airport Terminals, Mathematics and Computers in Simulation, 67, 163–172.
- Olapiriyakul, S. ve Das, S., 2007. Design and Analysis of a Two-Stage Security Screening and Inspection System Journal of Air Transport Management, 13-67–74.
- Otamendi, J. Pastor, G.J.M. ve Garcia, A., 2008. Selection of the Simulation Software for the Management of the Operations at an International Airport Simulation Modelling Practice and Theory 16, 1103–1112.

- Rackl, G., Stefani, F.D., Heran, F., Pasquarelli, A. ve Ludwig, T., 1999. Airport simulation using CORBA and DIS.
- Sezen, H.K. ve Günal, M.M., 2007. Yöneticilerin Karar Verme Sürecine Yardımcı Bir Araç Olarak Benzetim Tekniği ve Kullanımını Kısıtlayan Etkenler, 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Sönmez, V., 2009. Kan Bankası İş Gücü Planlamasında Benzetim Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Turna, T., 2009. Bir Havaalanı Dış Hatlar Terminalinin Benzetim ile İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- URL-2, <http://slideplayer.biz.tr/slide/3416015/>, Ders Notları. Dengiz, B., Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Endüstri Mühendisliğine Giriş, 2013.
- URL-2, , <http://www.dhmi.gov.tr/istatistik.aspx>, Devlet Hava Meydanları İşletmesi.
- URL-3, <http://www.gokyuzuhaberci.com/15050202.htm>, Erdağı, O., “ Bölgesel Havacılığın Önemi”, 27 Mart 2006.
- URL-4, Yılmaz, Y., <http://slideplayer.biz.tr/slide/2402046/>,. Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Endüstri Mühendisliğine Giriş, Ders Notları, 2007.
- Verbraeck, A. ve Valentin, E., 2002. Simulation Building Blocks for Airport Terminal Modeling, Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, Netherlands.
- Weng, M.L. ve Houshmand, A.A., 1999. “Healthcare simulation: a case study at a local clinic”, Winter Simulation Conference Proceedings, USA.
- Xing, L.N., Chen, Y.W. ve Yang K.W., 2008. Multi-Objective Flexible Job Shop Schedule: Design and Evaluation by Simulation Modeling, Applied Soft Computing, 9 - 362–376.

ÖZGEÇMİŞ

Sepideh SABETGHADAM 1989 yılında İRAN’da doğdu. 2008 yılında Zanzan Azad Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimine başladı ve 2012 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.