ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma Şeyma YÜKSEL

BÜYÜK ÖLÇEKLİ HAVAALANLARINDA BAGAJ SIRALAMA İSTASYONU ATAMA PROBLEMİ VE UYGULAMASI

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2016

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BÜYÜK ÖLÇEKLİ HAVAALANLARI İÇİN BAGAJ SIRALAMA İSTASYONLARI ATAMA PROBLEMİ VE UYGULAMASI

Fatma Şeyma YÜKSEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 30/06/2016 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

……	**…….**	**……..**
Yrd. Doç. Dr. Figen ANTMEN	Prof. Dr. Rızvan EROL	Yrd. Doç. Dr. Esra KOYUNCU
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

……
Prof.Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BÜYÜK ÖLÇEKLİ HAVAALANLARINDA BAGAJ SIRALAMA İSTASYONU ATAMA PROBLEMİ VE UYGULAMASI

Fatma Şeyma YÜKSEL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman :Yrd. Doç. Dr. Z. Figen ANTMEN
Yıl: 2016, Sayfa: 65
Jüri :Prof. Dr. Rızvan EROL
:Yrd. Doç. Dr. Z. Figen ANTMEN
:Yrd. Doç. Dr. Esra KOYUNCU

Havaalanlarında bir uçağın hareket zamanı ile varış zamanı arasında birçok iş olmaktadır. Uçağın bir kapıya atanması, uçaktan yolcuları çıkışa aktarmak, bagajların sirküle olması, uçağın yakıt ihtiyacının giderilmesi, yeni yolcuların kontrol edilmesi ve uçağa alınması, yeni malzemeleri uçağa aktarmak bunlardan birkaçıdır. Tüm bu aksiyonlar belirli kısıtlar altında gerçekleşecektir. Bütün bu kısıtlar altında kaynakların en anlamlı şekilde kullanılması hizmet kalitesini ve müşteri memnuniyetini artıracaktır.

Bagaj sıralama istasyonu atama problemi, uçaklar ve terminal için çeşitli kısıtları göz önünde bulundurarak bagajların uçağa ulaştırılması işlemidir. Bu tez çalışmasında, bagajlar için optimizasyon problemine çeşitli hedefler belirlenerek optimal matematiksel model sunulmaya çalışılmıştır. Farklı tampon süreleriyle oluşturulan model test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bagaj Sıralama İstasyonu Atama Problemi, Havaalanı Optimizasyonu

ABSTRACT

MSc THESIS

BAGGAGE SORTING STATION ASSIGNMENT PROBLEMS AND APPLICATIONS FOR LARGE-SCALE AIRPORTS

Fatma Şeyma YÜKSEL

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Z. Figen ANTMEN
Yıl: 2016, Sayfa:65
Jury : Prof. Dr. Rızvan EROL
: Assist. Prof. Dr. Z. Figen ANTMEN
: Assist. Prof. Dr. Esra KOYUNCU

Airports are many jobs in the movement time with a time of arrival of the aircraft. The appointment of a door of the aircraft, transfer to exit the plane's passengers, have circulated the baggage, removing the aircraft's fuel needs, the control of new passenger and aircraft purchase, to import new aircraft materials, are some of them. All of these actions will take place under certain constraints. All of the resources under this restricts the use of significantly will improve the quality of service and customer satisfaction.

Baggage sorting station assignment problem, airplanes and various constraints is the process of delivering the aircraft to the terminal baggage considering. In this thesis, the optimization problem for baggage focused on trying to determine the optimal mathematical model by a variety of targets. Models created with different buffer time tested.

Key Words: Baggage Sorting Station Assignment Problem, Airport Optimization

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve bana yol gösteren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Z. Figen ANTMEN'e tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Çalışmama maddi ve manevi katkısı olan tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmam süresince bana her konuda destek veren ve yanımda olan ailem, dostlarım ve eşime sonsuz teşekkürler.

1. **İÇİNDEKİLER** **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER ..... ….IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VIII
1. GİRİŞ 1
1.1. Problemin Tanımı 3
1.2. Problemin Amacı 4
1.3. Çalışmanın Kapsamı 4
1.4. Çalışmanın Özgün Katkısı 5
1.5. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu 5
1.5.1. Çalışmanın Adımları 5
1.5.2. Çalışmanın Organizasyonu 6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 7
2.1. Kapı Atama Problemleriyle İlgili Yapılmış Önceki Çalışmalar 8
2.2. Bagaj İşleme Problemleriyle İlgili Yapılmış Önceki Çalışmalar 11
3. MATERYAL VE METOD 15
3.1. Materyal 15
3.2. Metod 18
3.2.1. Matematiksel Modelleme 18
3.2.1.1. Model Notasyonu 19
3.2.1.2. Varsayımlar 20
3.2.1.3. Amaç Fonksiyonu 20
3.2.1.4. Karar Değişkenleri 21
3.2.1.5. Kısıtlar 21
3.2.1.6. Bagaj yükleme zamanı ve tampon süre hesapları 24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 27
4.1. Veriler. 27

4.5.1. Zaman Verileri 27
4.5.2. Tampon Süre Hesaplanması.....28
4.2. Matematiksel Modelin GAMS Çözümü.....31
4.2.1. Hesaplanan Tampon Süreye Göre Program Çıktıları.....31
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 59
KAYNAKLAR 61
ÖZGEÇMİŞ 65

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 4.1. Gerçek e_j'lerin hesaplanan değerleri 29
Çizelge 4.2. Hesaplanan t_j zamanları 30
Çizelge 4.3. R=20 değeri için 1-50 uçuşları arası atama sonuçları 32
Çizelge 4.4. R=20 değeri için 51-100 uçuşları arası atama sonuçları 33
Çizelge 4.5. R=20 değeri için 101-150 uçuşları arası atama sonuçları 34
Çizelge 4.6. R=20 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları 35
Çizelge 4.7. R=19 değeri için 51-100 uçuşları arası atama sonuçları 39
Çizelge 4.8. R=18 değeri için 101-150 uçuşları arası atama sonuçları 40
Çizelge 4.9. R=17 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları 41
Çizelge 4.10. R=16 değeri için 1-50 uçuşları arası atama sonuçları 43
Çizelge 4.11. R=16 değeri için 51-100 uçuşları arası atama sonuçları 44
Çizelge 4.12. R=16 değeri için 101-150 arası uçuşların atama sonuçları 45
Çizelge 4.13. R=16 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları 46
Çizelge 4.14. R=21 değeri için 51-100 uçuşları arası atama sonuçları 48
Çizelge 4.15. R=22 değeri için 101-150 uçuşları arası atama sonuçları 49
Çizelge 4.16. R=23 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları 50
Çizelge 4.17. R=24 değeri için 1-50 arası uçuşların atama sonuçları 52
Çizelge 4.18. R=24 değeri için 51-100 arası uçuşların atama sonuçları 53
Çizelge 4.19. R=24 değeri için 101-150 arası uçuşların atama sonuçları 54
Çizelge 4.20. R=24 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları 55

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Havaalanı iskelelerinde uçak stantlarının yerleşimine örnek..……..…...3
Şekil 3.1. 2016 yılı ilk 5 ay için yolcu sayıları.....12
Şekil 3.2. Örnek giden yolcu kat planı (Sabiha Gökçen Havaalanı).....13
Şekil 3.3. Uçuş hizmet süresi için tampon süre kullanımı 18
Şekil 4.1. İlk 65 uçuş için istasyon atamalarının GANT şeması gösterimi 32
Şekil 4.2. R=20 değeri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımları 37
Şekil 4.3. R=19, R=18, R=17 değerleri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımları 42
Şekil 4.4. R=16 değeri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımı 47
Şekil 4.5. R=21, R=22, R=23 değerleri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımları 51
Şekil 4.6. R=24 değeri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımları 56
Şekil 4.7. R=16, R=20 ve R=24 değerleri için toplam atama sayısı karşılaştırması 57

1. GİRİŞ

20.yy'nin ikinci yarısından itibaren, hizmet sektörünün ekonomideki yeri dikkatleri üzerine çekecek derecede ilerleme göstermiştir. 2004 yılı itibariyle hizmet endüstrisi uluslararası ticaretin yaklaşık üçte ikilik kısmını oluşturmaktadır. Hizmet işletmeleri, bireysel ihtiyaçları karşıladığı gibi, endüstriyel ihtiyaçları da karşılamak amacıyla ulaşım, finansal hizmetler, iletişim hizmetleri de sunmaktadırlar. Havayolu ulaştırma sektöründe meydana gelen değişimler, genel olarak hizmet sektöründeki gelişmelerin bir etkisi olarak da değerlendirilebilir. Son yıllarda, globalleşmenin de etkisiyle havayolu ulaşımında önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Havayolu taşımacılığı her geçen gün gelişen ağı ile havayolu kaynaklarının anlamlı kullanılması havalimanı hizmet kalitesi için daha da önemli hale gelmektedir. Havaalanı kaynaklarını yönetme uluslararası yönetilen bir havaalanı olmak için önemlidir. Havayolu kaynaklarının anlamlı kullanılması havalimanı hizmet kalitesi için son derece önemlidir. Havayolu taşımacılığı her geçen gün gelişen ağı ile havalimanı hizmet kalitesine duyulan ihtiyacı da arttırmaktadır. Havaalanı kaynaklarını yönetme/planlama konusu uluslararası yönetilen bir havalimanı olabilmek için önemli bir durum oluşturmaktadır.

Globalleşen yeni pazar yapısında, yolcuların hizmet kalitesine yönelik beklentileri farklılaşmakta, bu farklılaşma yolcuların beklentilerinden doğan hizmet kalitesini etkilemekte ve havayolu işletmelerinin müşteri memnuniyetini sağlayarak rekabetin hakim olduğu piyasada üstünlüğü sağlamasını zorlaşmaktadır. Havayolu işletmelerinin hizmeti sunmadaki başarısının ölçülmesinde geri dönüş yolcular tarafından gerçekleştirildiğinden hizmet kalitesindeki nihai karar yolcuya aittir. Bu nedenle havacılıkta sunulan hizmetlerde başarı sağlamanın ölçütü müşteri memnuniyetidir. Rekabetin oldukça yoğun hissedildiği havayolu ulaştırma sektöründe firmaların başarılı olmaları için müşterilerinin globalleşen pazarda değişen beklenti ve isteklerini anlaması ve bunlara cevap bulması önem arz etmektedir. Sektörde yaşanan bu sürekli kendini revize etme ve pazarda kalabilme çabalarının verdiği sonuç olan gelişim olgusu ayrıca, havayolu işletmelerinin bu değişimlere karşı bilinçli adımlarla hareket etmesi, onlara büyük ölçüde rekabet

avantajı kazandıracaktır. Ancak bu durum zamanında, hatasız, etkin maliyetli çözümler gerektirmektedir.

Firmalar tüketicilerin şikâyet ve beklentilerini daha iyi anlayabilmek amacıyla sundukları ürün ve hizmetlerinin kalitesinin değerlendirilebilmesi için araştırmalar yapmaktadırlar. Yoğun rekabetin yaşandığı pazar ortamında firmaların başarılı olması, müşteriye yakın durabilmesine ve müşteri isteklerini tatmin edebilmesine bağlıdır. Bu nedenle müşteri memnuniyetinin ölçülmesi günümüzde işletmelerin en yaygın olarak uyguladığı pazarlama araştırmalarından birisidir.

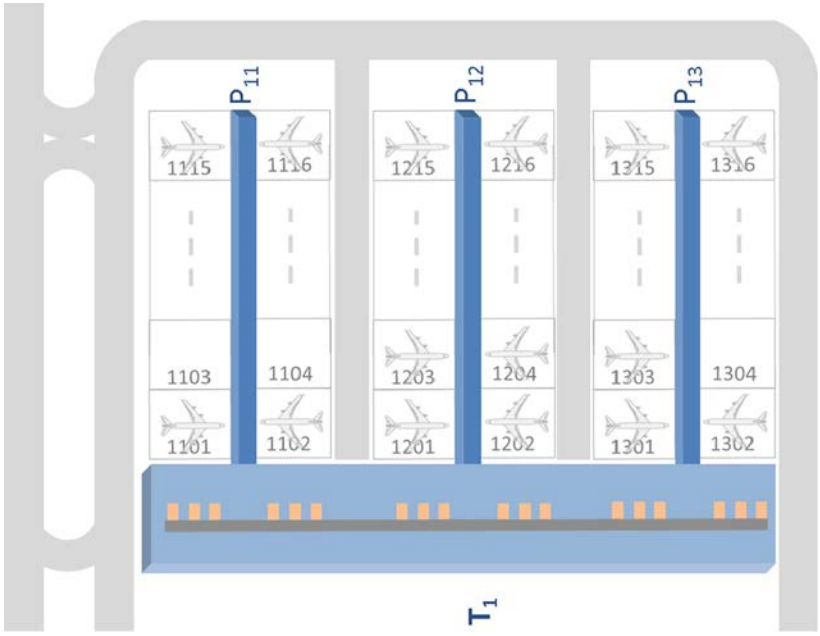
Havayolu işletmeciliği sektöründe müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyen, önem arz eden kısımlar ise yolcuların uçağa biniş ve iniş işlemleri sırasında gerçekleşen işlemlerdir. Bir uçağın hareket zamanı ve varış zamanı arasında birçok işlem meydana gelmektedir. Uçaktan yolcuları çıkışa aktarmak en belirgin işlerden biridir. Ek olarak; bagajlarının sirküle olması, uçağın yakıt ihtiyacının giderilmesi, yeni yolcuların kontrol(check-in) edilmesi ve uçağa bindirilmesi, yeni malzemeleri uçağa konulması(boarding), uçağın temizlenmesi vardır. Tüm bu aksiyonlar uçak kapıda beklerken hatta ayrılmasından sonra gerçekleştirilecektir. Tüm bu işlemler müşteri memnuniyetini doğrudan veya dolaylı yoldan etkileyecektir. Kapı atama ve bagajların uçağa ve müşterilere ulaştırılması memnuniyeti doğrudan etkileyen işlemlerdir.

Havacılık sektöründe yaşanmakta olan bu durumlar, ülke ekonomisine büyük boyutlarda yük oluşturmaktadır. Türkiye'de özellikle yolcu ve yük taşımacılığında yıllardır maliyeti yüksek, kalite düzeyi düşük taşımacılık yapılmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda ulaşım ağının ve ihtiyaç duyulan hava taşıt filosunun oluşturulması için gerekli olan yatırım maliyetlerine ilave olarak, ulaşım ağları üzerinde taşıtların hareketi sırasında oluşan yüksek maliyetler işletmelerin sırtında büyük yük oluşturmaktadır. Bu gibi durumlar göz önünde bulundurulduğunda, kalite kavramının gittikçe hayatımızda önem kazanması, beklentileri karşılamaya çalışırken maliyetin de minimize edilmesinin hedefler arasına alınmasına neden olmuştur.

1.1. Problemin Tanımı

Havaalanlarında daha önce ele alınmayan fakat son birkaç yılda popüler olan konulardan biri de bagaj problemleridir. Bagaj problemleri hava taşımacılığı kullanıcı konseyinin 2009 raporunda iptaller ve gecikmelerden sonra 3. en çok şikâyet alınan konu haline gelmiş, 2010 yılında ise 2. Sıraya yükselmiştir. Ayrıca sivil hava trafiğindeki artış da bu problemin karmaşıklığını artırmaya devam edecektir. Bu durumu düzeltmek için mevcut sistem veya kurulacak sistem son derece önemlidir.

Havaalanları içerisinde uçakların park ettiği *stant* adı verilen alanlar vardır. Stantların olduğu alan da *iskele* olarak adlandırılır. Havaalanlarında kapı sayısını artırmak amacıyla iskelelerin iki tarafına da çıkıntı yapılabilir (Şekil 1). *Kapı* ise yolcuların havaalanından uçağa geçtikleri çıkışlardır. Stantlar trafik sıkışıklığına göre kapıya bağlı olabilir veya uzakta olabilir ve aynı zamanda yolcular uçağa otobüs aracılığıyla aktarılabilir.



Şekil 1.1. Havaalanı iskelelerinde uçak stantlarının yerleşimine örnek

Bu sistem içerisinde bir de bagajların uçağa aktarılması işlemi bulunmaktadır. Geçici depolanan bagajlar seyahat için bagaj sistemlerine yüklenir. Sıralama

istasyonlarında bagajlar sıralanır. Hatlarla taşınan bagajlar; bagaj arabalarıyla veya doğrudan uçağa gönderilir. Bu istasyonlar genelde her kapıda bulunmamaktadır bu nedenle kapıları istasyonlara eşlemek önem arz etmektedir. Ayrıca bagajlar geldiğinde uçak kapıya gelmemiş olabilmekte ve sıralama istasyonunda bekletilmektedir. Yani sıralama istasyonuna kapıdan daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece bagaj ayırma istasyonları ve stantlar arasında birebir uygunluk ve ideal yer garanti edilememektedir. Atkin (2008) de belirttiği gibi bu olay her zaman pratik olmaz; çünkü geri dönüş zamanlarında belirsizlikler de olacaktır. Bagaj sıralama istasyonlarının en iyi şekilde uçuşlara/kapılara eşlenmesi; bagajın yanlış yerde olması, diğer uçuş bagajlarına karışma olasılığı gibi sorunları azaltmaya ve sıralama istasyonundan uçağa olan bagaj yolculuğunu kısaltmaya yardımcı olur.

Bu çalışma ile bagajlar için istasyon atama problemine çeşitli hedefler değerlendirilerek çözüm sunulmaya çalışılmıştır.

1.2. Problemin Amacı

Yapılacak bu çalışmada sıralama istasyonları atanırken uçak kalkış saati sınırlarında tüm bagajların ilgili uçaklarına gitmiş olmasının sağlanması istenmektedir. Eğer kalkış süresine kadar bu işlem gerçekleşmemiş olursa bagajlar inişte yolculara ulaştırılamamış olacaktır. Sıralama istasyonlarında çakışma olmamasını sağlamak diğer amaçlardan biridir. Son olarak ise, gerçek zamanlı veriler kullanılarak çıkan atama sonuçlarının gerçeğe yakın olması amaçlanmaktadır.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmada söz konusu problem aşağıdaki kapsamda ele alınmıştır:

1. Ataması gerçekleştirilecek bagajlar iç hatlar giden yolcu uçaklarına ait bagajlar olarak ele alınacaktır.

2. Modelde incelenen kaynaklar; uçağın havaalanına geliş ve kalkış saatleri, bagajların uçağa ulaşma ortalama süreleri, spesifik bagaj miktarları ve istasyonlar ve uçaklar arasındaki mesafe olarak sınırlandırılmıştır.
3. Model çalıştırılırken mevsimler ve olağanüstü nedenlerden kaynaklı ertelenen veya geciken uçuşlar göz ardı edilmiştir.

1.4. Çalışmanın Özgün Katkısı

Son zamanlarda yeni çalışmalar yapılmakta olan 'bagaj sıralama istasyonu atama problemi' alanı, bu çalışmada yapılan araştırmalar ve kurulan modeller üzerinde incelenmiş olup bagajların uçağa ulaştırılması süresi açısından oluşturulan kısıtlar tekrardan revize edilerek ele alınmıştır.

1.5. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu

1.5.1. Çalışmanın adımları

Çalışmada takip edilecek adımlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1. *Problemin Formülasyonu:* Problem parametreleri, karar değişkenleri ve hedefleri tanımlanmıştır.
2. *Literatürün Değerlendirmesi:* Önceki çalışmalar değerlendirilerek, literatürdeki noksanlar saptanmıştır. Buradan yola çıkılarak çalışmanın özgün katkıları belirlenmiştir.
3. *Model Geliştirilmesi:* Giden yolcu uçuşları ve bagaj yüklenme süreleri modelin girdileri olmuştur. Geliştirilen model ile bagajların sıralama istasyonlarına atanması test edilmiştir.
4. *Sonuçların değerlendirilmesi ve sonraki çalışmalar:* Yapılan testler neticesinde elde edilen sonuçlar özetlenerek önemli kısımlar vurgulanmış ve çalışmanın devamı için önerilerde bulunulmuştur.

1.5.2. Çalışmanın Organizasyonu

Çalışmanın giriş kısmından sonraki bölümler şu şekilde olacaktır: İkinci bölümde literatür incelenip literatürdeki eksikler belirlenmeye çalışılmıştır. Üçüncü bölümde kullanılacak materyallerin ait olduğu havaalanıyla ilgili veriler anlatılıp, model için kullanılacak metot anlatılmıştır. Dördüncü kısımda model çalıştırılıp, çıktıları değerlendirilerek tartışılmıştır. Son kısımda ise elde edilen önemli sonuçlar belirtilerek sonraki çalışmalara öneriler sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ülkemizde her geçen gün gelişmekte olan havayolu taşımacılığındaki yoğunluğun artması, sürekli gelişimi zorunlu hale getirmektedir. Gelişim, fiziksel anlamda sınırlı bir biçimde gerçekleştirilebileceğinden havaalanlarında mevcut işletmenin iyileştirilmesi konusuna ağırlık vermek daha anlamlı bir hale gelmiştir. Havaalanı işletmesinin içerdiği en önemli konulardan biri, havaalanı performans ölçütü olan yolcu memnuniyetini doğrudan etkileyen optimizasyon problemleri üzerinde yoğunlaşmak daha etkili çözümler üretilmesine yardımcı olacaktır.

Havaalanlarında optimizasyon problemleri genel olarak aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır.

- Taşınabilir Kaynaklı Optimizasyon Problemleri
    - ✓ Ekip Çizelgeleme Problemi
    - ✓ Araç Optimizasyon Problemi
- Taşınabilir Olmayan Kaynaklı Optimizasyon Problemleri
    - ✓ Kapı Atama Problemi
    - ✓ Bagaj İşleme Problemleri

Kaynakları taşınabilir ve taşınabilir olmayan olarak ayırmak veri tabanı yönetimi için önemlidir. Taşınabilir kaynak problemleri genellikle çizelgeleme yöntemleriyle çözüme ulaştırılır. Taşınabilir olmayan kaynak problemleri ise daha çok atama problemiyle çözüme ulaştırılır. Söz konusu problemler yukarıda izah edildiği üzere kendi içerisinde de kapı atama ve bagaj işleme olarak ikiye ayrılır. Havaalanlarında kapı atama Havaalanı kapı ataması işlemi, uçakların çeşitli ölçütler göz önünde bulundurularak kapılara (köprülere) tahsis edilmesi işlemidir.

Havaalanı kapı ataması problemi ana hedeflerine göre sınıflandırılabilir. Başlıca hedefler; kapıya atanmayan uçak sayısını minimize etmek, yolcu ve bagajlar için toplam yürüme ve taşıma mesafesini minimize etmek, özellikli kapılar için havayolu tercihlerini maksimize etmek ve atama sağlamlığını maksimize etmek. Yani kısaca kapı atama problemi operasyonel ihtiyaçları giderirken aynı zamanda uçak, havaalanı ve yolcular için maksimum fayda sağlar.

Kapı atama probleminin devamındaki problem ise kapılara atanan uçak yolcularının bagajlarının yolculara ulaştırılmasına kadar olan işlemlerdir. Bu işlemler;

- Bilet kesim alanından kalkış kapısına bagajları taşıma,
- Aktarma uçuş yolcularının bagajlarını bir kapıdan başka kapıya taşıma,
- Geliş kapılarından bagaj teslim alanlarına bagaj getirme.

Bu üç işlemden ilki bagaj sıralama istasyonları aracılığıyla gerçekleşmektedir. Söz konusu mevcut istasyonlardan hangisinde, hangi uçuşun bagajlarının taşınacağı ise büyük bir problem arz etmektedir. Bu istasyonlara atama problemi yaklaşımıyla çözüm getirilmeye çalışılmıştır.

Önceki çalışmalar kapı atama ve bagaj sıralama istasyonu atama problemi olarak iki grupta ele alınmıştır. Çünkü bagaj sıralama istasyonu problemi aslında kapı atama probleminin bir sonraki aşaması olarak değerlendirilmektedir.

2.1. Kapı Atama Problemiyle İlgili Yapılmış Önceki Çalışmalar

Braaksma ve Shortreed(1971), tarafından terminal içi seyahati en aza indirmek için nicel yöntemler kullanılmaya çalışılmıştır.

Wirasing vd.(1987), aynı alanda çalışmaları genişleterek yürüme mesafesini hesaplamak için çoklu iskeleli terminal geometrisini de içeren bir yöntem önermiştir. Wirasing mevcut çalışmasında bir havaalanında yolcu yürüme mesafesi için en uygun geometriyi bulmak için bir yöntem geliştirmiştir.

Robuste(1991); de çalışmayı yolcuların ve bagajların transferini içeren merkez terminaline taşımıştır.

Bandara ve Wiransinghe(1992) de Wirasing'in çalışmalarını devam ettirmiş ve söz konusu sonuçları genelleştirmek için daha fazla sayıda terminal tipleri, eşit olmayan iskeleler, merkez transferleri vb. verileri eklemek suretiyle ön terminal tasarımı için bazı kurallar önermişlerdir. Belirli bir yolcu ve trafik hacmi kompozisyonuna göre Bandara ve Wiransinghe önerilerde bulunmuşlar ve gecikme maliyetlerini önerilerine dahil etmişlerdir.

Yapılan çalışmaların çoğu ön tasarım sürecinde optimizasyona dayalıyken Babic(1984) vd. , Mangoubi ve Mathaisel(1985)' in yaptığı gibi bazı araştırmacılarda tam sayılı modelleme ve yöneylem araştırması yaklaşımlarıyla çalışmışlardır. Söz konusu yaklaşımlarda; terminal düzeni göz önüne alındığında toplam yolcu yürüyüş mesafesine, transfer yolcularının hacmine, kapıdan kapıya uzaklığa, kapı bagaj teslim arası uzaklığa, giriş kapı arası uzaklığa ve uçuş kapı atamalarına dayanmaktadır. Babic vd. de kapı atama problemini doğrusal 0-1 tam sayılı programlama modeli olarak formüle etmiştir. Dal sınır algoritmasını transfer yolcuları göz önünde bulundurmayarak kurmuştur. Mangoubi ve Mathaisel de problemi sonuçlandırmak için doğrusal programlama gevşetmesi ve doyumsuz sezgiseli kullanmışlardır. Problemi lineerleştirilmiş ikinci dereceden bir tam sayılı programlama modelini çözmenin zor ve zaman alıcı olacağının dikkatini çekmişler ve model üzerinde daha fazla çalışmamışlardır.

Hamzwawi(1987), uçuşların kapılara atanmasını simüle etmek ve kapı kullanımıyla ilgili kuralların etkilerini görmek için kural tabanlı bir sistem ortaya koymuştur.

Bihr(1990), çalışmasının amacı transfer kapıları arasındaki transfer yolcu mesafelerini en aza indirgemektir. Gelişleri sabit olan uçuşlar da en az yürüme mesafesini bulmak için ikili doğrusal programlama kullanmıştır. Kapı belirlemek için atama problemlerinin kullanılmasının daha tutarlı ve kolay sonuç vereceği anlaşılmış ve daha sonrasında birçok 0-1 tam sayılı programlar, karma tam sayılı programlar veya ağ akış problemleri olarak formüle edilmiş bir dizi analitik modeller oluşturulmuştur.

Gosling(1990), Denver Stapleton havaalanının önemli bir merkezinde bir kapı ataması için uygulanmış uzman bir sistem ortaya koymuştur.

Muthukrishnan ve Srihari(1991) de duyarlılık analizini probleme eklemişlerdir.

Cheng(1997), çok amaçlı kısmi paralel atamalar için matematiksel programlama tekniklerini bilgi tabanlı bir atama sistemiyle birleştirmiştir.

Sağlam yaklaşımlar geliştirmek için yapılan çalışmaların ilki Bolat(1999) tarafından gerçekleştirilmiş. Bolat'ın amaçları toplam yolcu bekleme zamanının ve yürüme mesafesinin, kapıya atanmayan uçuşlarının en aza indirilmesi ve kapıların kullanım oranlarının artırılması ya da bu amaçların kombinasyonu şeklindedir. Ancak planlanan tüm modellerde sabit veriler kullanılmış ve gerçekte çıkabilecek ani değişmelere çözüm getirmemektedir. Bolat(2000) bu eksikliği tamamlamak için kapılardaki boş zamanları minimum seviyeye çekmeyi hedeflemiştir. Probleme özel bilgi için de genetik algoritmayı kullandı. Gerçek verilerle yapılan deneyler optimum ve optimuma yakın sonuçlar verdi.

Bolat(2001)'ın amacına yakın şekilde Zheng vd. da boş zaman varyansının en aza inidirilmesini istemiştir. Modeli rahatlatmak amacıyla ilk çözüm verecek meta sezgisel yöntemler ortaya koymuştur.

Wei ve Lui(2007), toplam yürüme mesafesini en aza indirmek ve sağlam kapı ataması yapmak amaçlarını içeren çok amaçlı modeller sunmuşturlar. Ayrıca Hu ve Di Paolo da çok amaçlı modellere genetik algoritmalı çözümler sunmuştur.

Gu ve Chung(1999) minimum ekstra gecikme zamanlı çizelgelerini hesaplayan bir algoritma önermişlerdir.

Tang(2009), kapı tekrar atamaları için geçici kapı sıkıntılarının ve stokastik uçuş gecikmelerinin olduğu bi model geliştirmişlerdir. Sonraki çalışmasında da çeşitli uçuş gecikmelerinin doğrultusunda, tekrarlanan kapı tekrar atamalarını ele almak amacıyla tasarlanmış bir bilgisayar aracı geliştirmiştir.

Yan vd.(2010) , güçlü bir temel alt yapısına sahip kapı tekrar atama modeli geliştirmişlerdir.

Ding(2004) da yolcu yürüme mesafesini minimize etmek için doyumsuz algoritmadan sonra atanan uçakları tekrar değerlendirmeye almakta ve stand kapı arası uçak değişimini öngörmektedir.

Arslan (2011), çalışmasında Ding(2004) 'in modeli üzerine çalışma yapmıştır. Stand-uçak arası değişimi yapmayıp toplam yolcu yürüme mesafesini sadece kapılara atanan uçuşlar arasındaki değişimler en aza indirilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak iki bağımsız model oluşturulmuş ve test edilmiştir.

2.2. Bagaj İşleme Problemiyle İlgili Yapılmış Önceki Çalışmalar

Quackenbush S. , William H. VE Ark. (2000), Bir iletişim ağında, hava yolu yolcular için bagaj taşıma düzenlemesi ilişkin olarak internet sistemi ve yöntemini esas alan bir çalışma öne sürmüşlerdir. Söz konusu çalışmada bir kullanıcıdan uçuş bilgi ve bagaj bilgileri iletişim ağı üzerinden alınır. Genellikle bu bir Web sayfasında bir online seyahat sağlayıcısı (örneğin, havayolu) ve kullanıcı girişi bilgiler yakalama bir kombinasyonu ile gerçekleştirilmektedir Gezginlerin bir masaüstü ya da dizüstü bilgisayar, bir el iletişim cihazı, internet bağlantısı, ya da diğer uygun iletişim cihazı ile cep telefonu kendi bagaj yeri ile ilgili güncellenmiş bilgilere erişimine ilişkin çalışmaları konu almaktadır.

Pitt, Wai ve Teck (2002), çalışmalarında havaalanı yolcu bina tasarımının maliyet açısından ele almışlardır. En uygun bina tasarımı hem yolcu hem bagaj taşınması açısından büyük ölçüde teknolojiye bağlıdır. Kötü seçilen bir teknolojinin verimliliği azaltacağı öne sürülmüştür. Çalışmalarında çeşitli sistemleri inceleyip hangisinde nasıl bir sonuç ortaya çıktığı analiz edilmiştir.

Abdelghany A. , Abdelghany K. ve Narasimhan (2005), sıkışık havaalanlarında bagaj işleme tesisleri için zamanlama modeli kurmuşlardır. Mevcut iskelelerdeki uçuşlara bagaj işleme tesisi atamışlar ve farklı iskelelere atanan bagaj miktarının karşılaştırılabilir olması gerektiğini savunmuşlardır. Söz konusu durum eşdeğer yükü garanti edecek, ayrıca aynı anda operasyonda olan bagaj işleme tesisi sayınının az olması gerektiğini öne sürmüş ve mevcut duruma gerekçe olarak ise bagaj işleme tesisi sayınının az olması durumunda aynı anda daha az insan gücü gerekeceğini savunmuşlardır. Son olarak ise bir bagaj işleme tesisi birden çok iskeleye ayrılıyorsa bu iskelelerin birbirine yakın olması gerektiği ve buna göre atama yapılması gerektiği durumu incelemişlerdir. Kurdukları model yukarıdaki farklı operasyonel

gereksinimleri tatmin ederken mevcut iskelelerden kullanımı optimize etmeye çalışır. Model de greedy algoritmasından faydanılmıştır.

Jacobson S. H. Ve Ark. (2005) Havacılık sektöründe güvenliğin ulusal çıkarlar ve toplum huzuru açısından önemli bir sorun olduğunu ileri sürerek Amerika Birleşik Devletleri tarihi boyunca havaalanlarındaki güvenlik aygıtları ve bagaj tarama işlemlerinin uçak hedefleyen terör eylemlerine karşı önemli bir savunma sağlayacağını öne sürmüşlerdir. Söz konusu çalışmada bagaj tarama güvenlik cihazlarının dağıtımını ve kullanımı ile ilgili NP-tam karar problemlerini ortaya çıkağını ileri sürmüşlerdir. Bu sorunların üç farklı dağıtım performans ölçüleri olan; kaplanmamış bagaj bölümleri, kaplanmamış uçuş segmentlerini ve yolcu segmentleri dahil tamsayı programlama modellerini bu sorunların optimizasyonu sürümlerini ele almak ve güvenlik aygıtı dağıtımları gösterilmişlerdir.

Rijsenbrij, ottjes (2007), uçaklardan bagajların taşınması üzerine çalışma yapmışlardır. Güncel bagaj taşıma yöntemlerinin yorucu ve zaman alıcı olduğu öne sürülmüş, alternatif ulaşım ve yeniden zamanlanmış plan önerilmiştir. Önerilen çözümün prototip simülasyonu kurularak test edilmiştir.

Saeid Nahavandi (2007) Zamanlama check-in istasyon operasyonları ve havalimanı sistemleri içinde zorlu bir problem olduğunu. check-in ve kaynak planlamaları belirlemeden önce, önemli adımlardan birinin durağan olmayan koşullar altında Bagaj Handling Sistemi (BHS) işletim kapasitesini tahmin etmek olduğunu ileri sürmüşlerdir. Söz konusu çalışmada BHS sistemi içinde bir çok amaçlı bagaj seyahat süresini en aza indirmek ve verim performans ölçütleri en üst düzeye çıkarırken tıkanıklıkları, check-in istasyonlarında meydana geldiği gibi optimum girdi ve çalışma koşullarını, tahmin etmeye yönelik çalışmalar kaleme almıştır.

Ting Zhang1 ve Ark. (2008)RFID'in sadece uygulanabilir, yeni ve günlük nesne tanımlanması için uygun maliyetli bir aday olduğu ancak aynı zamanda havacılık tedarik zincirinin farklı aşamalarında boyunca izlenebilir görünürlük sağlamak için önemli bir araç olarak kabul edildiği, ve Hava bagaj teslim uygulamasında, RFID etiketleri bagaj takibi yönelik yeteneğini geliştirmek için kullanıldığına ilişkin bir çalışmadır.

Asco, Atkin ve Burke (2011-2014), yapmış oldukları bagaj sıralama istasyonlarıyla ilgili ilk çalışmaların da birden fazla hedefle istasyon atama problemi için yapıcı algoritmalar sunup etkilerini karşılaştırıp, mevcut sıralamanın tezatlıkları karşılaştırılmıştır. Uygun algoritma istasyon sayısına ve hizmet süresinde kısaltma olup olmamasına göre seçilmesi gerektiği, hizmet süresinde ki kısaltma her uçuşun bagajları için verilen tampon süreye göre yapılacağını 2014 yılındaki çalışmalarında bir önceki mevcut çalışmalarının genişletilmiş analizini yapmışlardır. Kabul edilen sabit işlem süresine diğer uçuşla bagaj karışıklığı olmaması için verilen tampon süreden yapılabilecek maksimum kısaltmayı hesaplama üzerine model kurmuşlardır. Kabul edilir ve yararlı çözümler sunmaya çalışmışlardır.

Yeni ele alınan bir konu olan bagaj sıralama istasyonlarıyla alakalı yapılan çalışmalar kurulan modeller ve algoritmalar genellikle kapı atama problemi modellerinden yararlanılarak çalışılmıştır.

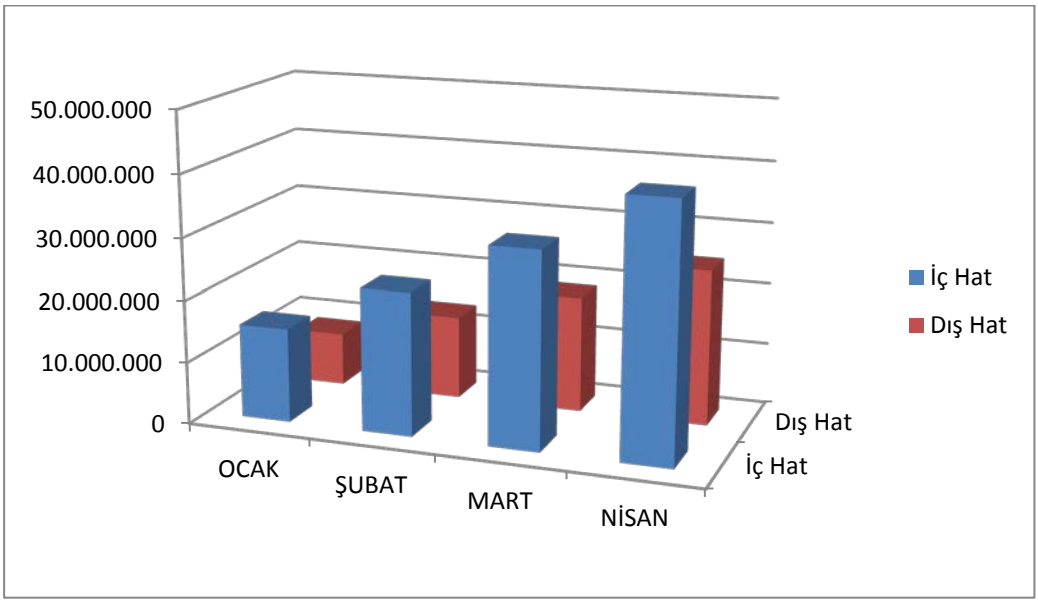
3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Türkiye içinde bulunduğu coğrafyası dolayısıyla oldukça stratejik bir konumdadır. Ancak bu stratejik konumun sağladığı avantaj yeterince kullanılamamaktadır. Bu konumu dolayısıyla Türkiye konum itibariyle sadece yakın çevresi dikkate alındığında bile yaklaşık 200 milyonluk bir pazara hitap etmektedir. Bu da Türkiye'nin lojistik üs olması için önemli bir sebeptir. Gelişmiş bir ülkede lojistik faaliyetlerin GSMH'nin %15'ini oluşturduğu düşünüldüğünde lojistik faaliyetlerin sağlayacağı katma değerin oldukça yüksek olacağı açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca böyle bir hizmetin gerçekleştirilmesine imkan sağlayacak olan altyapı çalışmalarının ki bunlar arasında liman, demir yolu, havayolu ve yetişmiş kalifiye iş gücünün oluşturulması gibi hususlar belirtilebilir. Söz konusu etkenlerden en hızlısı olan ve memnuniyet açısından artı oluşturacak hava taşımacılığı sektörü taşıma süresinin önemli olduğu uzun mesafeli ve yükte hafif olan ürünlerin taşınmasında tercih edilen ve kısa sürede çok hızlı teknolojik ve yapısal değişiklikler gösteren bir sektör olarak ön plana çıkmaktadır. Bir yandan yüksek kapasiteli, yakıt tasarrufu sağlayan, düşük gürültü ve emisyona sahip uçakların geliştirilmesi havayolu şirketlerinin hizmet kalitesini yükseltirken diğer yandan serbestleşme ve özelleştirme sayesinde sektörün daha ticari bir yapıya dönüştürülmesi bu sektörü tüketicilerin hakim olduğu bir pazara dönüştürmüştür. Ancak havayolu taşımacılığı ürünlerin alıcıya kısa sürede ve güvenli bir biçimde ulaşmasını sağlarken taşıma kapasitelerinin sınırlı olması nedeniyle belirli büyüklükteki yükler taşınamamakta ve diğer sektörlere göre daha maliyetli olmaktadır. Türkiye'de son yıllarda havayolu taşımacılığında yaşanan gelişmeler neticesinde düzenli ulaşım sağlanan havaalanı sayısı 55'e yükselmiştir. 1980'li yılların ortalarına kadar ulaşım tek şirket (THY) vasıtasıyla gerçekleştirilirken, 2010 yılında bu sayı 17'ye çıkmış, buna paralel olarak da uçak sayısı ve koltuk kapasitelerinde artışlar sağlanmıştır (Bakırcı, 2012: 340). Bu gelişmeler sonucunda 2003-2013 döneminde, dış hatlarda uçan yolcu sayısı % 190 artışla 25,3 milyondan 73,3 milyona; iç hatlarda taşınan yolcu sayısı da % 732 artışla

9,1 milyon yolcudan 76,1 milyon yolcuya ulaşmıştır. 2003-2013 döneminde gerek iç ticarette gerekse dış ticarette havayolu ile taşınan yük miktarı da internet üzerinden yapılan alışverişlerin etkisiyle hızla artmıştır. Bu dönemde, iç hat yük taşıması %290 artışla 190 bin tondan 740 bin tona ulaşırken; dış hatlarda aynı dönemde %140 artışla 770 bin tondan 1.85 milyon tona ulaşmıştır (Türkiye'nin Lojistik Görünü- mü, www.economy.gov.tr).

Ülkemizde son dönemde ise 2015 yılı içerisinde 63 milyon yolcu havayolu taşımacılığıyla seyahat etmiştir. 2016 yılı içerisindeyse bu sayının yaklaşık 65 milyon olması hedeflenmektedir. Yüksek yolcu potansiyeline sahip bu alanda yapılan bu çalışmanın uygulaması; yolcu potansiyeli yüksek bir havaalanından alınan verilerle gerçekleştirilmiştir. İncelenen havaalanı açıldığı yıldan bu yana iç hatlar ve dış hatlar olmak üzere iki alanda da toplam yolcu sayısını neredeyse 600 katına çıkaran bir havaalanıdır. İlgili havaalanının, yolcu sayısı 2016 yılı içerisinde de artarak devam etmektedir. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. 2016 yılı ilk 5 ay için yolcu sayıları(http://www.dhmi.gov.tr/istatistik.aspx)

Hava limanlarında yolcular iç hatlar giden, iç hatlar gelen, dış hatlar giden, dış hatlar gelen ve aktarmalı olarak 5 kısma ayrılır. Bu kısımların hepsini birden ele almak problemi karmaşıklaştıracağından dolayı, sadece iç hatlar giden yolcularının

uçuşları ele alınarak atama yapılacaktır. İç hatlar giden yolcuları için havaalanındaki ilk aşama, yolcuların bilet check-in işlemlerini yapmaları ve varsa uçak bagajlarını teslim etmeleridir. İkinci aşama, güvenlik kontrolüdür. Üçüncü aşama ise çağrı yapıldığında ilgili kapıdan uçağa geçmektir (Şekil 3.2).

Yolcular dışında ilgili uçuşla ilgili bagaj sisteminde ise başka işler olmaktadır. İlki uçuş bagaj işlemi saati öncesi bagajların bekleyeceği sıralama istasyonlarına yönlendirilmesi, ikincisi ise zamanı gelen uçuşun bagajlarının sıralama istasyonundan uçağa yönlendirilmesidir. Yolcular uçaklarına geçtiklerinde bagajlarında hareket saatinden önce uçağa yüklenmiş olması gerekmektedir.



Şekil 3.2. Örnek giden yolcu kat planı (Sabiha Gökçen Havaalanı)

Bu çalışmada havaalanından iç hatlara gidecek olan uçuşların kalkış zamanları, bagajların uçağa yüklenme süreleri, havaalanının mevcut kapı ve istasyon sayıları kullanılarak, daha iyi sonuçlar elde etmek üzere belirli kısıtlar altında test edilmiş ve sonuçlar diğer bölümlerde detaylı olarak anlatılmıştır.

3.2. Metot

Havaalanı işletmeciliği son derece yoğun bir faaliyettir. Büyük bir faaliyet alanı ise bagaj sistemleridir. Müşteri memnuniyetinde ikinci sıraya yükselen bagaj işlemenin 3 ana fonksiyonu bulunmaktadır;

- Check-in alanından kalkış kapısına bagajları taşıma,
- Bagajları bir kapıdan başka bir kapıya taşıma,
- Geliş kapılarından bagaj teslim alanına bagaj getirme.

Bu üç ana fonksiyonunda belirli kısıtlar altında gerçekleştirilmesi istenmektedir. En büyük kısıt zamandır. Giden uçuş bagajlarının uçuş saatinden önce uçağa varması, gelen uçuş bagajlarının en kısa sürede yolculara ulaştırılması ve transfer yolcu bagajlarının bir sonraki uçuş bagajlarına eklenmesi önemli zaman kısıtlarındandır.

Çalışmada, bu üç fonksiyon arasından çalışmamıza konu olan Check-in alanından kalkış kapısına bagaj taşıma problemi için model kurulmuştur ve GAMS programlama dilinde test edilmiştir. İlgili modelle ilgili bilgiler aşağıda anlatılacaktır.

3.2.1. Matematiksel Modelleme

Çalışma kapsamında problem için doğrusal programlama tekniklerinden olan ulaştırma ve atama problemleri yöntemine dayalı olarak kurulmuştur. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda probleme uygun görülen daha önce kurulmuş modellerden yeni kısıtlar eklenerek yararlanılmıştır. Yeni oluşturulan kısıtlar daha sonraki başlıklarda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.2.1.1. Model notasyonu

Bir optimizasyon problemi olan bagaj sıralama istasyonu atama probleminde çok sayıda amaç fonksiyonu kullanılabilmektedir. Bunların bazıları mesafeyi azaltma, tüm uçuşların istasyona atanması, boş kalma zamanlarının azaltılması olarak ifade edilebilir. Tek bir amaç fonksiyonun hedeflenmesi gibi, amaç olarak birden fazla fonksiyonun ele alındığı problemlerde bulunmaktadır.

Asco ve ark.(2014)'de bagaj sıralama istasyonu atama problemi için geliştirdikleri modelde notasyonlar aşağıdaki notasyonları kullanmışlar:

N: dikkate alınacak bagaj sıralama istasyon sayısı

M: sıralama istasyonu tahsis edilmesi gereken uçuş sayısı

e_j: uçuş j için hizmet bitiş zamanı

t_j: uçuş j için hizmet başlangıç zamanı

C_j: uçuş j için kabul edilen spesifik bagaj miktarı

D_{ij}: i. bagaj ayırma istasyonu ile j. uçuş arasındaki mesafe

R: uçuş hizmet süresi için belirlenen tampon süre

Asco ve ark.(2014)'nın oluşturdukları notasyonlardan *R* bu çalışmada farklı olarak ele alınmıştır. Asco ve ark.(2014) izin verilen hizmet süresinin maksimum azaltılacağı süreyi hesaplatmış ve ona göre probleme çözüm sunulmuştur. Bu çalışma da ise geçmiş veriler kullanılarak belirlenen tampon süre kullanılmıştır.

3.2.1.2.Varsayımlar

Probleme ilişkin modelleme aşağıdaki varsayımlar dikkate alınarak oluşturulmuştur.

- Sadece iç hatlar giden yolcu bagajları ele alınmıştır.
- Herhangi bir hava muhalefeti veya olağanüstü bir durum olmadığı tüm uçakların saatinde havaalanına indiği ve kalktığı varsayılmıştır.
- Model bir gün 24 saat olarak çalıştırılacaktır.

3.2.1.3.Amaç fonksiyonu

Çalışmanın amaç fonksiyonlarından ilkini maksimum atama oluşturmaktadır. Maksimum atama uçuşların maksimum sayıda istasyonlara atanmasını, açıkta kalan uçuş sayısının minimum olmasını ifade etmektedir. Bu amaç atama problemleri için ortak amaçtır atanacak olan kümenin hepsinin atanması hedeflenir, kısıtlar dahilinde maksimum atama gerçekleşir. Kullanılan amaç fonksiyonu; Asco ve ark.(2014) çalışmalarında kullandığı amaç fonksiyonundan değiştirilmeden alınmıştır.

İkinci amaç fonksiyonu minimum mesafe içinse sıralama istasyonu ve uçuş kapısı arasındaki mesafe dikkate alınacaktır. İstasyon ile uçuş kapısı arasındaki mesafenin minimum olması hem zaman açısından hem de harcanan enerji açısından önemlidir.

Bir diğer amaç fonksiyonu ise; adil atama fonksiyonudur. Atamalar arasında daha adil bir dağılım için bu amaç gereklidir. Çünkü bir istasyon tam dolu olarak çalışırken bir diğerinin boş olması istenmez. Her istasyona eşit olamasa da eşite en yakın dağılım olması istenir. Abdelghany ve ark.(2006) da ki çalışmalarında oluşturdukları adil dağılım kısıtı bagaj sıralama istasyonlarına toplam atanan uçuş bagaj işlem sürelerinin toplamı arasındaki farkın minimum olmasını hedefler. Bu çalışmada Abdelghany ve ark.(2006)'nın kısıtından farklı olarak sürenin değil atama sayıları arasındaki farkın minimum olması hedeflenmiştir.

Amaç fonksiyonlarının matematiksel gösterim şekli;

Maksimum atama = $\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} y_{ij}$ (3.1.)

Minimum mesafe = $\sum_{j=1}^{M}(Cj.\sum_{i=1}^{N}(yij * Dij))$ (3.2.)

Adil atama= $\min\sum_{i}^{N}\left|\sum_{j=1}^{M} yij - \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} yij}{N}\right|$ (3.3.)

olarak ifade edilir.

3.2.1.4. Karar değişkenleri

Matematiksel modelde amaç fonksiyonları kısıtlar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilirken modelin karar değişkeni hesaplanacaktır. Atama problemlerinde amaçtan çok karar değişkenleri önemlidir. Çünkü çözümü karar değişkenleri ortaya koyacaktır. Bu modelde karar değişkeni olan sıralama istasyonları uçuş atamaları (y_{ij}) 'nin değerleri belirlenecektir. y_{ij} karar değişkeni binary(0-1) değişken olarak tanımlanmıştır.

3.2.1.5. Kısıtlar

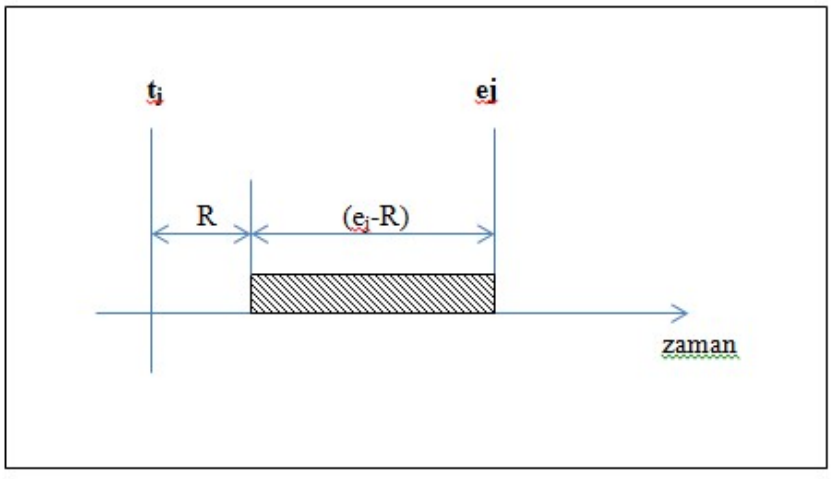
Amaç fonksiyonu gerçekleştirilmeye çalışılırken kısıtlar önemli rol oynamaktadır. Çünkü problemin çözümünde asıl yol kısıtlardan geçmektedir. Tüm kısıtların sağlandığı çözüm en iyi çözümdür. Bu problem içinde oluşturulan kısıtlar şu şekildedir:

- *Atama limiti* : Her uçuş en fazla bir istasyona atanabilir. Birden fazla istasyona atanamaz. Bu kısıtın göz ardı edilmesi durumunda uçuşlar birden fazla istasyona atanacak ve doğru bir atama gerçekleştirilemeyecektir. Doğru atama gerçekleşmemiş olması da yolcu bagajlarının karışmasına veya uçağın kalkış saatini geciktirmesine sebep olacaktır. Her iki durumda müşteri memnuniyeti açısından olumsuzdur. Bazı özel durumlarda örneğin; gelen uçuş yolcularının bir kısmının

aktarma yolcusu olması gibi, birden çok istasyona atama gerçekleşebilir, fakat bu çalışmada karmaşıklığı azaltmak amacıyla aktarma yolcularını göz ardı edilmiştir. Asco ve ark.(2014) da bu kısıtı en fazla bir istasyona atanmalı olarak kullanmışlardır.

$$\sum_{i=1}^{N} yij \leq 1 \qquad (3.4.)$$

- *Hizmet kısıtı* : Bagaj sıralama istasyonu aynı anda sadece bir uçuş tarafından kullanılabilir, bir uçuşun bagajlarını uçağa ulaştırabilir. Birbirine yakın saatli uçuşların aynı istasyona atanması durumunda uçuş bagajlarında karışıklık olabilir. Bu karışıklığı önlemek için yakın kalkış saatli uçuşların farklı istasyonlara atanması gerekir. Eğer yakın zamanlı uçuşlardan birinin hizmet başlama zamanı bir diğerinin hizmet bitiş zamanı arasındaki süre tampon süreden küçükse yani tampon süre iki yakın saatli uçuşun bagaj işlemlerini karşılamaya yetiyorsa aynı istasyona atanabilir. Aksi durumda atanamaz.(Şekil 3.3.) Tampon süre (R) bu gibi aksilikleri önlemek için verilen süredir. Yakın saatli uçuşun atanması tampon süreyle belirlenir. Bu açıdan tampon süre atamalar için önemli kısıtlardan birini oluşturmaktadır.



Şekil 3.3. Uçuş hizmet süresi için tampon süre kullanımı

Bu kısıtı oluştururken j uçuşuyla aynı uçuş olmayan bir l uçuşu tanımlanır ($j \neq l$), ve yukarıda belirtilen $tl \leq ej \leq el$ durumunu sağlayan uçuşlarda uygulanır. Eğer tampon süre farktan küçükse;

$$(ej - tl) > R \quad \Big\} \quad ise \qquad yij + yil \leq 1 \tag{3.5}$$

Aksi durumda;

$$(ej - tl) \leq R \quad \Big\} \quad ise \qquad (yij + yil - 1)(ej - tl) \leq R \tag{3.6}$$

Denklemi ele alınır.

Asco ve ark.(2014) bu kısıtı oluştururken tampon süreyi sabit almayıp tampon süreden de kesinti yapmak için bir karar değişkeni oluşturmuşlardır. En fazla izin verilen kısıtlamayı belirleyerek ona göre atama gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada ise tampon süre sabit kabul edilip hesaplanması elde edilen veriler ile PERT mantığıyla elde edilmiştir.

3.2.1.6. Bagaj yükleme zamanı ve tampon süre hesapları

Bagaj yükleme zamanı(hizmet başlama zamanı) ve tampon süre net olarak bilinmediğinden dolayı bu iki değeri bizim hesaplamamız gerekmektedir. Eğer faaliyetlerin süreleri kesin olarak bilinmiyorsa proje için belirlenmiş bir teslim zamanında bitirme olasılığını bulmak için PERT(Program Evaluation and Rewiew Tecnique) yöntemi kullanılabilir. Bu çalışmada da bu iki veriyi hesaplamak için bu yöntemden faydalanılmıştır. PERT yönteminde eylem için üç zaman tahmini yapılır:

- İyimser süre(a): Faaliyetin en erken tamamlanma süresidir. Bu sürenin tahmininde her şey planlandığı gibi gider ve tüm etmenler faaliyeti olumlu yönde etkiler kabul edilir.

- Kötümser süre(b): Faaliyetin en geç tamamlanma süresidir. Bu sürenin tahmininde hiç bir şey planlandığı gibi gitmez ve beklenmedik olaylar faaliyete olumsuz etki kabul edilir.
- Ortalama olabilir süre(m): Eğer varsa daha önceki uygulamalardan alınmış bilgilerin ya da tahmini çalışmalarının sonuçları kullanılarak normal koşullar altında faaliyetin tamamlanacağı süreye en yüksek olasılıkla tamamlanma süresine denir. En gerçekçi süredir.

M değerinin (a+b)/2 ile çakışması gerekmez altında veya üstünde bir değer alınabilir. PERT analizinde süreler olasılıklı olarak kabul edilir. a,b,m eylem süreleri benzer projelerden veya deneyimli kişilerin ölçümleriyle elde edilir. Bu zaman tahminleri kullanılarak yapılan matematiksel ve istatiksel işlemler sonucunda, her eylemin ve olayın tahmin edilen süre içinde gerçekleşme olasılıkları hesaplanır.

Bu çalışmada da bagaj yükleme zamanları her uçuş için kesin olarak bilinmediğinden dolayı; elde edilen zamanlar bu yöntem kullanılarak hesaplanmış ve modelde test edilmiştir.

Uçuş kalkış zamanları hizmet bitiş zamanı olarak kabul edilmiştir. Hesaplanan ortalama hizmet süresi ve standart sapmanın toplamı hizmet bitiş zamanından çıkarılarak hizmet başlama zamanları bulunmaktadır.

Tampon süre ise hesaplanan ortalama süreyle en kısa hizmet süresi arasındaki fark olarak kabul edilmiştir. Çünkü model çalıştırılırken kabul edilen varsayımlar arasında olağanüstü bir durum olma olasılığı göz ardı edilmiştir.

$$ortj = \frac{aj+4mj+bj}{6} \tag{3.7.}$$

$$stdj = \frac{bj-aj}{6} \tag{3.8.}$$

$$tj = ej - (ortj + stdj) \tag{3.9.}$$

Standart sapma oranı modelde duyarlılık analizi yapabilmek için kullanılmıştır. Hesaplanan standart sapma tampon süre hesabına artı ve eksi olarak eklenerek çeşitli tampon süreler hesaplatmış, model çalıştırılıp test edilmiştir, etkileri incelenmiştir. Çıkan sonuçlar ilerleyen bölümde verilip, tartışılacaktır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulanan çözüm yaklaşımının genel amacı, uçuş bagajlarını çakışma olmadan sıralama istasyonlarına maksimum atamasını sağlamaktır. Havaalanı bagaj sıralama istasyonlarıyla ilgili yapılan bu çalışma, bir havaalanından alınan gerçek verilerle bir günlük uçuşlarda uygulanmıştır. Kurulan model GAMS(General Algebraic Modeling System) 23.5.1 programlama dilinde kodlanıp çalıştırılmıştır. GAMS matematiksel programlama ve optimizasyon için tasarlanan yüksek seviyeli bir dildir. GAMS programında doğrusal, doğrusal olmayan problemler modellenebilir ve çözümlenebilir. GAMS' in temellerini kümeler, veri girişi, değişkenler, denklemler, model ve çözüm oluşturmaktadır.

4.1. Veriler

Modelde uygulanmak üzere alınan verilere göre bir gün için 198 iç hatlar gidiş uçuşu ve uçuşların atanabileceği 15 sıralama istasyonu bulunmaktadır.

4.1.1. Zaman Verileri

Model kısıtları için önem arz eden hizmet zamanları modele dışarıdan girilmiştir ve kullanılan zamanlar gerçek verilerden alınmıştır. Alınan veriler bir gün 24 saat için geçerlidir.

Bolat (1999), çalışmasında, birim zamanı 5 dakika olarak kabul etmiş ve kullanacağı zaman verilerini bu birime göre modeline aktarmıştır. Böylece büyük zaman değerleri kullanmayarak karmaşıklığı azaltmıştır. Birçok kapı atama problemi çalışmalarında bu zaman birimi kullanılmıştır.

Bu çalışmada ise zamanlar aradaki tampon süreler 5 dakikalık birimlerde duyarlılık analizi net sonuç veremeyeceğinden dolayı; 60 dakika 100'e çevrilerek yazılmıştır (Çizelge 4.1). Çevrilen yeni e_j 'ler (3.9) denkleminde yerine koyularak t_j'ler hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

4.1.2. Tampon Süre Hesaplanması

Bir uçuşun hizmet başlama ve bitiş süresi arasına başka bir uçuşun hizmet başlama zamanı denk geliyorsa; bu iki uçuşun aynı sıralama istasyonuna atanıp atanmayacağına tampon süreye bakılarak atama kararı verilir. Eğer verilen tampon süre bu farktan büyükse, iki uçuşun aynı istasyona atanmasında bir sakınca yoktur. İstasyon iki işi aynı zaman diliminde yapabilir. Tampon süre bu farktan küçükse, istasyon iki uçuşu aynı anda gerçekleştiremeyeceğinden, uçuşların farklı istasyonlara atanmaları gerekecektir. İstasyon aynı zaman diliminde iki işi yapamaz. Tampon süre, hesaplanan *ortalama süre* (ort_j) ile *en kısa hizmet süresi (A)* arasındaki fark olarak alınmaktadır.

Çizelge 4.1. Gerçek e_j'lerin hesaplanan değerleri

	Gerçek e_j	Hes. e_j		Gerçek e_j	Hes. e_j		Gerçek e_j	Hes. e_j		Gerçek e_j	Hes. e_j		Gerçek e_j	Hes. e_j
1	1210	1100	41	0805	616	81	1200	1050	121	1235	1142	161	1330	1175
2	0810	700	42	0735	600	82	2235	2125	122	0010	2300	162	1520	1433
3	0840	758	43	1845	1725	83	1320	1183	123	1055	908	163	1440	1266
4	2110	2008	44	2325	2192	84	0130	2392	124	2010	1900	164	1720	1633
5	2010	1900	45	0120	2398	85	1955	1875	125	0900	800	165	2050	1916
6	1450	1366	46	2155	2000	86	2020	1883	126	2000	1900	166	1345	1208
7	1925	1833	47	2110	1925	87	2145	2016	127	1230	1150	167	0015	2258
8	1125	1033	48	0820	625	88	0125	2392	128	1340	1250	168	2335	2208
9	1425	1333	49	0840	666	89	0120	2383	129	1000	800	169	1545	1416
10	0130	2398	50	0750	658	90	2150	2033	130	1940	1850	170	1130	983
11	0940	783	51	2040	1925	91	0715	542	131	2125	1975	171	1245	1133
12	1335	1216	52	0900	733	92	1820	1700	132	1310	1142	172	2020	1908
13	0955	842	53	0140	2398	93	1010	866	133	2010	1883	173	0945	850
14	1655	1550	54	0745	666	94	2145	2016	134	2050	1983	174	2355	2250
15	0905	766	55	0110	2383	95	1550	1425	135	2105	1950	175	2000	1900
16	2115	1983	56	0810	616	96	2010	1858	136	2245	2158	176	1640	1550
17	2215	2042	57	1500	1333	97	0725	600	137	2005	1900	177	1155	1092
18	1935	1825	58	0915	792	98	1845	1716	138	2340	2250	178	1530	1350
19	2235	2092	59	0740	600	99	0825	700	139	2220	2133	179	2015	1900
20	0730	600	60	1810	1683	100	2125	1992	140	0955	875	180	2150	2066
21	0110	2033	61	1930	1783	101	1230	1100	141	1840	1766	181	0845	775
22	0730	575	62	0925	775	102	1950	1800	142	0830	750	182	1630	1550
23	1110	983	63	1250	1150	103	1245	1108	143	1555	1425	183	0040	2333
24	2225	2083	64	2135	2033	104	0805	666	144	0810	700	184	0910	750
25	0730	616	65	0920	775	105	1945	1833	145	1635	1525	185	1315	1200
26	2055	1933	66	0825	625	106	1945	1758	146	0845	700	186	0840	725
27	1815	1642	67	0735	600	107	2345	2233	147	2345	2250	187	1620	1516
28	2115	1992	68	2050	1900	108	2245	2133	148	1830	1650	188	0740	650
29	2135	2008	69	1130	992	109	1540	1416	149	2040	1900	189	2010	1900
30	1835	1692	70	1405	1225	110	0150	2398	150	1720	1633	190	0810	692
31	2215	2042	71	2025	1892	111	0920	800	151	2055	1933	191	1250	1150
32	0100	2392	72	2205	2033	112	0900	800	152	0005	2300	192	0910	750
33	0825	650	73	1845	1733	113	0950	883	153	1240	1133	193	2350	2250
34	2135	2025	74	0935	775	114	2215	2125	154	0800	700	194	0955	858
35	1420	1233	75	2010	1833	115	0800	700	155	1750	1625	195	0830	700
36	0740	616	76	2010	1866	116	1300	1200	156	0730	650	196	2020	1875
37	0910	800	77	0125	2398	117	1850	1783	157	2035	1883	197	0950	858
38	0945	783	78	1105	966	118	1330	1233	158	1335	1208	198	0915	800
39	2215	2042	79	1410	1233	119	1905	1792	159	2040	1925			
40	0735	600	80	1620	1475	120	0030	2350	160	2015	1908			

Çizelge 4.2. Hesaplanan t_j zamanları

	t_j		t_j		t_j		t_j		t_j		t_j		t_j		t_j
1	1050	26	1883	51	1875	76	1816	101	1050	126	1850	151	1883	176	1500
2	650	27	1592	52	683	77	2348	102	1750	127	1100	152	2250	177	1042
3	708	28	1942	53	2348	78	916	103	1058	128	1200	153	1083	178	1300
4	1958	29	1958	54	616	79	1183	104	616	129	750	154	650	179	1850
5	1850	30	1642	55	2333	80	1425	105	1783	130	1800	155	1575	180	2016
6	1316	31	1992	56	566	81	1000	106	1708	131	1925	156	600	181	725
7	1783	32	2342	57	1283	82	2075	107	2183	132	1092	157	1833	182	1500
8	983	33	600	58	742	83	1133	108	2083	133	1833	158	1158	183	2283
9	1283	34	1975	59	550	84	2342	109	1366	134	1933	159	1875	184	700
10	2348	35	1183	60	1633	85	1825	110	2348	135	1900	160	1858	185	1150
11	733	36	566	61	1733	86	1833	111	750	136	2108	161	1125	186	675
12	1166	37	750	62	725	87	1966	112	750	137	1850	162	1383	187	1466
13	792	38	733	63	1100	88	2342	113	833	138	2200	163	1216	188	600
14	1500	39	1992	64	1983	89	2333	114	2075	139	2083	164	1583	189	1850
15	716	40	550	65	725	90	1983	115	650	140	825	165	1866	190	642
16	1933	41	566	66	575	91	492	116	1150	141	1716	166	1158	191	1100
17	1992	42	550	67	550	92	1650	117	1733	142	700	167	2208	192	700
18	1775	43	1675	68	1850	93	816	118	1183	143	1375	168	2158	193	2200
19	2042	44	2142	69	942	94	1966	119	1742	144	650	169	1366	194	808
20	550	45	2348	70	1175	95	1375	120	2300	145	1475	170	933	195	650
21	1983	46	1950	71	1842	96	1808	121	1092	146	650	171	1083	196	1825
22	525	47	1875	72	1983	97	550	122	2250	147	2200	172	1858	197	808
23	933	48	575	73	1683	98	1666	123	858	148	1600	173	800	198	750
24	2033	49	616	74	725	99	650	124	1850	149	1850	174	2200		
25	566	50	608	75	1783	100	1942	125	750	150	1583	175	1850		

4.2. Matematiksel Modelin GAMS Çözümü

Modelde kullanılan kısıtlar ve formüller kapalı formdan açık forma dönüştürülerek GAMS programında çalıştırılmıştır. GAMS programına uçuşların hizmet başlama, hizmeti bitirme zamanları ve tampon süre dışardan girilmektedir. Tampon süre, zaman aralıkları tam sayı olma duruma göre üst ve alt limitlerine göre revize edilmiştir.

Oluşturulan model karışık tam sayılı programlamaya uygun olduğundan; GAMS programında model MIP (Mix İnteger Programming) olarak çalıştırılmıştır. Maksimum atama amaç fonksiyonu değeri 198 bulunup tüm uçuşlar istasyonlara atanmıştır. Adil atama amacı ise istasyonlara toplam atanan uçuş sayıları arasındaki fark en fazla 1 olarak bulunmuş ve minimum fark hedefi korunmuştur. Model, ayrıca, duyarlılık analizi için programda değişen tampon sürelerine göre de test edilmiştir. Elde edilen çıktılar aşağıdaki bölümlerde verilmektedir.

4.2.1. Hesaplanan tampon süreye göre program çıktıları

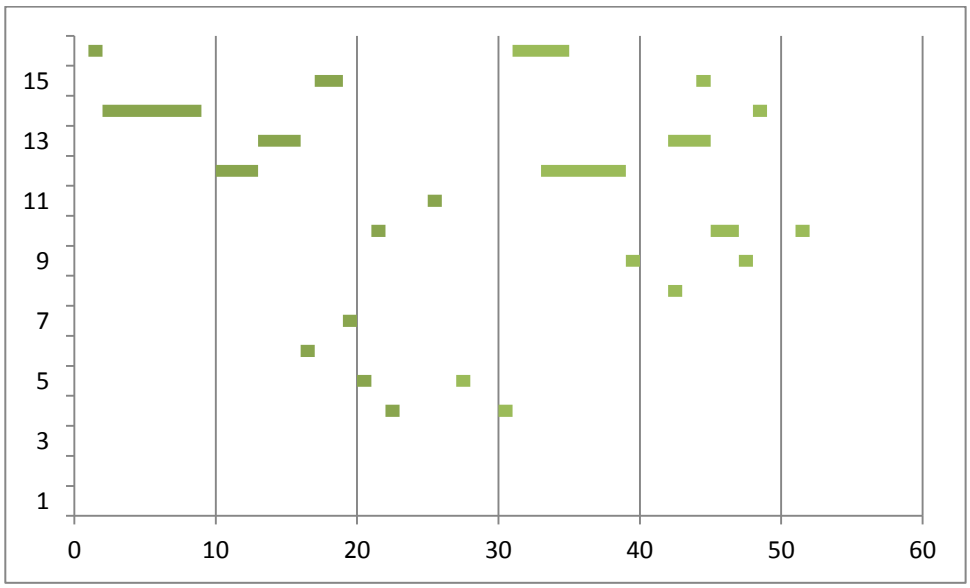
Kabul edilen tampon süre (R), hesaplanan standart sapma değerine göre alt ve üst değerleri alınarak duyarlılık analizi yapmak için modele girilip programda çalıştırılmıştır.

- *R=20 için program çıktıları*

Tampon süre için hesaplanan değerdir. Bulunan ortalama süreyle en kısa hizmet süresi arasındaki fark olarak alınmıştır. Program bu değer için (R=20) optimal çözümü 694 iterasyonda; 198 bularak tüm uçuşları sıralama istasyonlarına atamıştır. Hiçbir uçuş açıkta kalmamıştır. Maksimum atamaya ulaşılmıştır.

Çakışma ihtimali olan uçuşlar aynı istasyona atanmadığından, atanan uçuşların dağılımı mantıklıdır. Atama sonuçları çok büyük bir tablo oluşturduğu için dört parçaya bölünerek Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da uçuş atamaları verilmiştir.

Şekil 4.1 ‘de ise atamaların GANT şemasıyla gösterimi ilk 55 uçuş için atamalar gösterilmiştir. Tüm uçuşlar için tek bir GANT şemasında çok büyük bir tablo oluşturacağından ve incelemek zor olacağından; bölünerek sadece ilk kısım gösterilmiştir. Çizelge gösterimlerinde sonuçlar daha kolay incelenebilmektedir.



Şekil 4.1. İlk 65 uçuş için istasyon atamalarının GANT şeması gösterimi

Çizelge 4.3. R=20 değeri için 1-50 uçuşları arası atama sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1																									
2																									
3																						x			
4																				x					
5																x									
6																			x						
7																									
8																									
9																					x				
10																									x
11																									
12													x	x	x										
13		x	x	x	x	x	x	x	x														x	x	
14											x						x	x							
15	x									x		x													
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1			x																				x		
2																									
3				x										x											
4	x																								
5																									
6																									
7																								x	
8																						x			x
9																			x		x				
10																									
11					x		x	x	x		x		x					x							
12										x		x			x					x					
13																x									
14																	x								
15		x				x																			

Çizelge 4.4. R=20 değeri için 51-100 uçuşları arası atama sonuçları

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
1																									
2		x						x																	
3															x										
4																						x			
5			x			x																			
6														x			x	x		x			x	x	x
7																									
8																									
9					x		x		x	x	x	x	x												
10																									
11																					x				
12																									
13																									
14																			x						
15	x			x												x									
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1								x						x	x			x							
2					x											x									
3																				x					
4																					x			x	
5												x													
6									x																
7													x						x			x			
8																							x		
9																									
10																									
11																									
12										x							x								
13		x		x			x																		
14	x		x																						x
15						x					x														

Çizelge 4.5. R=20 değeri için 101-150 uçuşları arası atama sonuçları

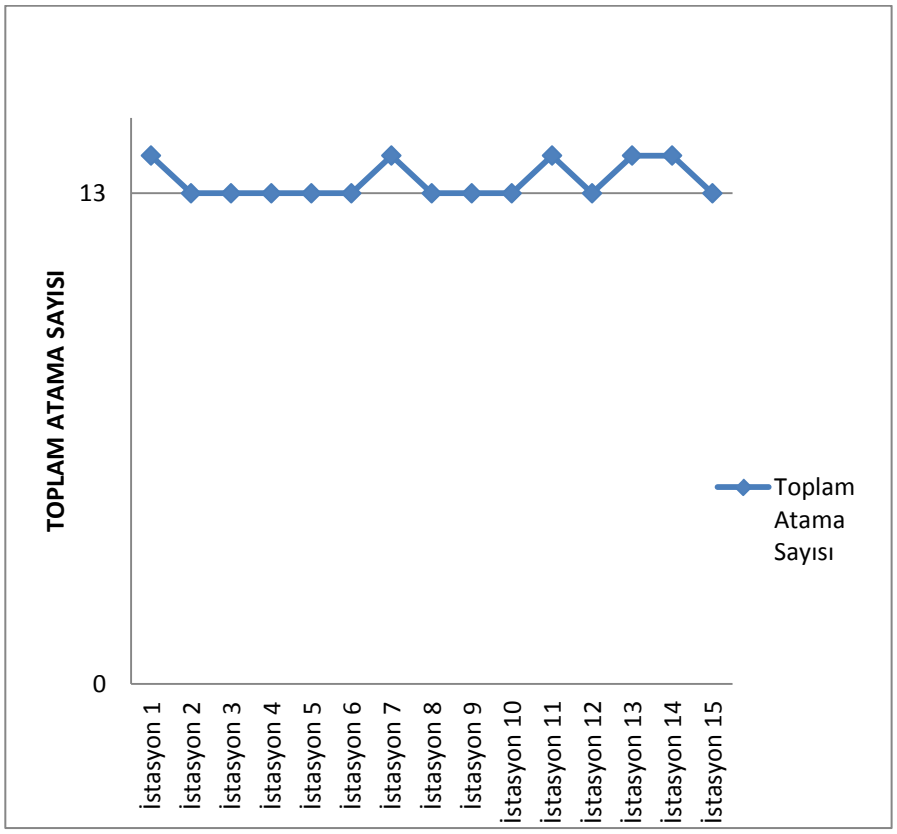
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
1			x	x			x				x				x										
2																x	x								
3																									
4		x				x												x			x		x	x	x
5																									
6													x												
7	x																								
8								x	x	x									x	x		x			
9					x																				
10												x													
11																									
12														x											
13																									
14																									
15																									
	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
1																								x	
2									x				x						x	x					
3																									
4																							x		
5			x	x						x	x				x										
6														x							x				
7												x													
8						x	x	x																	x
9																									
10	x																								
11																x	x	x				x			
12																									
13																									
14																									
15		x			x																				

Çizelge 4.6. R=20 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları

	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
1	x	x																							
2																									x
3			x				x	x							x										
4																									
5										x	x														
6																			x						
7				x																					
8																									
9																									
10												x	x	x		x	x	x		x	x		x		
11									x																
12																						x		x	
13																									
14					x	x																			
15																									

	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198		
1																									
2													x			x									
3			x								x							x	x						
4																									
5		x																			x				
6																									
7							x	x	x			x										x	x		
8																									
9	x			x																					
10																				x					
11					x																				
12																									
13																									
14										x				x	x		x								
15		x			x																				

Adil atama hedefine göre istasyonlara dağıtılan uçuşların dağılımı Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. R=20 değeri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımları

Şekilde de görüldüğü gibi istasyonlar arasında adil bir atama gerçekleşmiştir. İstasyonlar arasındaki toplam atama sayıları farkı en fazla 1 olmuştur.

- *R=19, R=18, R=17 değerleri için program çıktıları*

Bu değerler tampon süre için ilk hesaplanan değerin bir standart sapmasına kadar olan alt değerleridir. Alt değerleri için çalıştırmanın amacı değişen R değerleriyle duyarlılık analizi yapmaktır.

Program bu değerler için çalıştırılmış ve üçü için de optimal çözümü 694 iterasyonla; maksimum atama hedefi için 198 bularak tüm uçuşları sıralama istasyonlarına atamıştır. Üç değer için de program tarafından yapılan atamalar R=20 değeri için atanan değerlerle birebir aynıdır. Yani optimal çözümleri tampon sürenin

bir standart sapma kadar alt değerleri için aynıdır. Yeni tampon sürelerin de yakın zamanlı uçuşları çakışmadan atamaya yeterli olduğu görülmüştür.

Atama sonuçları yine çok büyük bir tablo oluşturduğu için ve R=20 değeriyle sonuçlarının aynı olması nedeniyle R=19 için 51-100 arası uçuş atamaları Çizelge 4.7, R=18 için 101-150 arası uçuş atamaları Çizelge 4.8, R=17 için 151-198 arası uçuş atamaları Çizelge 4.9' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. R=19 değeri için 51-100 uçuşları arası atama sonuçları

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
1																									
2		x						x																	
3															x										
4																						x			
5			x			x																			
6														x			x	x		x			x	x	x
7																									
8																									
9					x		x		x	x	x	x	x												
10																									
11																					x				
12																									
13																									
14																			x						
15	x			x												x									
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1								x						x	x			x							
2					x											x									
3																				x					
4																					x			x	
5												x													
6									x																
7													x						x			x			
8																							x		
9																									
10																									
11																									
12										x							x								
13		x		x			x																		
14	x		x																						x
15						x					x														

Çizelge 4.8. R=18 değeri için 101-150 uçuşları arası atama sonuçları

	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
1			x	x			x				x				x										
2																x	x								
3																									
4		x				x												x			x		x	x	x
5																									
6													x												
7	x																								
8								x	x	x									x	x		x			
9					x																				
10												x													
11																									
12														x											
13																									
14																									
15																									

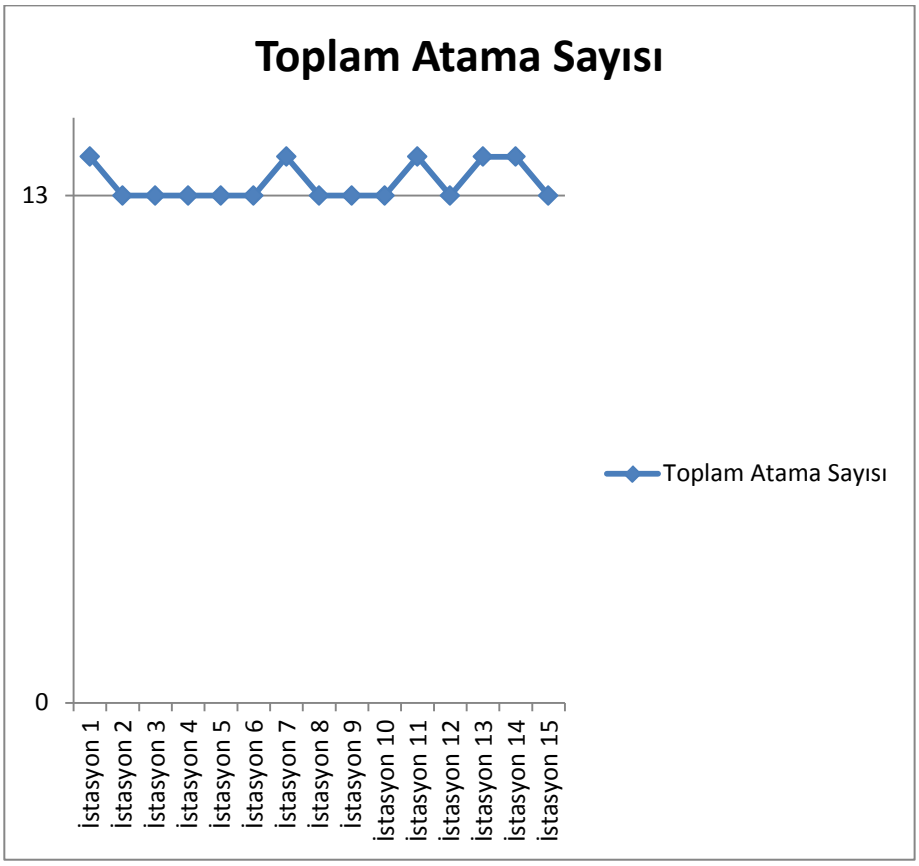
	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
1																								x	
2									x				x						x	x					
3																									
4																							x		
5			x	x						x	x				x										
6														x							x				
7												x													
8						x	x	x																	x
9																									
10	x																								
11																x	x	x				x			
12																									
13																									
14																									
15		x			x																				

Çizelge 4.9. R=17 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları

	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
1	x	x																							
2																									x
3			x				x	x							x										
4																									
5										x	x														
6																			x						
7				x																					
8																									
9																									
10												x	x	x		x	x	x		x	x		x		
11									x																
12																						x		x	
13																									
14					x	x																			
15																									

	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198		
1																									
2													x			x									
3			x								x							x	x						
4																									
5		x																			x				
6																									
7							x	x	x			x										x	x		
8																									
9	x			x																					
10																				x					
11					x																				
12																									
13																									
14										x				x	x		x								
15						x																			

Adil atama hedefi sağlanmış, istasyonlara atanan toplam uçuş sayıları arasındaki fark minimum olmuştur. Bu hedefe göre istasyonlara dağıtılan uçuşların dağılımı R=19, R=18, R=17 için Şekil 4.3'de ortak olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.3. R=19, R=18, R=17 değerleri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımları

Şekilde de görüldüğü gibi istasyonlar arasında adil bir atama gerçekleşmiştir.

- *R=16 değeri için program çıktıları*

Tampon süre için hesaplanan değerin tam bir standart sapma alt değeridir. Program bu değer için (R=16) optimal çözümü 793 iterasyonda; 196 bularak tüm uçuşları sıralama istasyonlarına atayamamıştır. 198 uçuştan 179 ve 189 nolu uçuşlar istasyonlara atanamamıştır. Atanamayan uçuş bagajları transfer araçlarıyla uçağa ulaştırılacaktır.

Çakışma ihtimali olan uçuşlar aynı istasyona atanmadığından, atanan uçuşların dağılımı mantıklıdır. Atama sonuçları çok büyük bir tablo oluşturduğu için dört parçaya bölünerek Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'da uçuş atamaları verilmiştir.

Çizelge 4.10. R=16 değeri için 1-50 arası uçuşların atama sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1																									
2																									
3									x																
4			x																						
5																									
6																					x				
7																									
8																									
9																									
10																									
11																				x					
12				x									x										x	x	
13												x													
14		x												x	x	x	x	x	x			x			x
15	x				x	x	x	x		x	x														
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1																									
2										x															
3																									
4																									
5									x																x
6																	x		x						
7																									
8				x		x	x	x							x			x							
9			x								x		x												
10																x									
11					x							x		x											
12	x	x																					x		
13																				x	x	x		x	
14																									
15																									

Çizelge 4.11. R=16 değeri için 51-100 arası uçuşların atama sonuçları

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
1						X																			
2											X		X	X	X	X		X							
3																			X	X		X		X	
4																					X				
5	X		X																						
6										X		X													
7																									
8		X					X	X																	
9																									
10																									X
11					X																				
12																									
13									X																
14				X																					
15																	X						X		
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1						X													X						
2																									
3					X									X			X								
4																X					X				
5							X															X			
6	X	X																							
7				X											X									X	X
8																									
9													X												
10									X	X															
11			X															X							
12																									
13											X												X		
14								X																	
15												X								X					

Çizelge 4.12. R=16 değeri için 101-150 arası uçuşların atama sonuçları

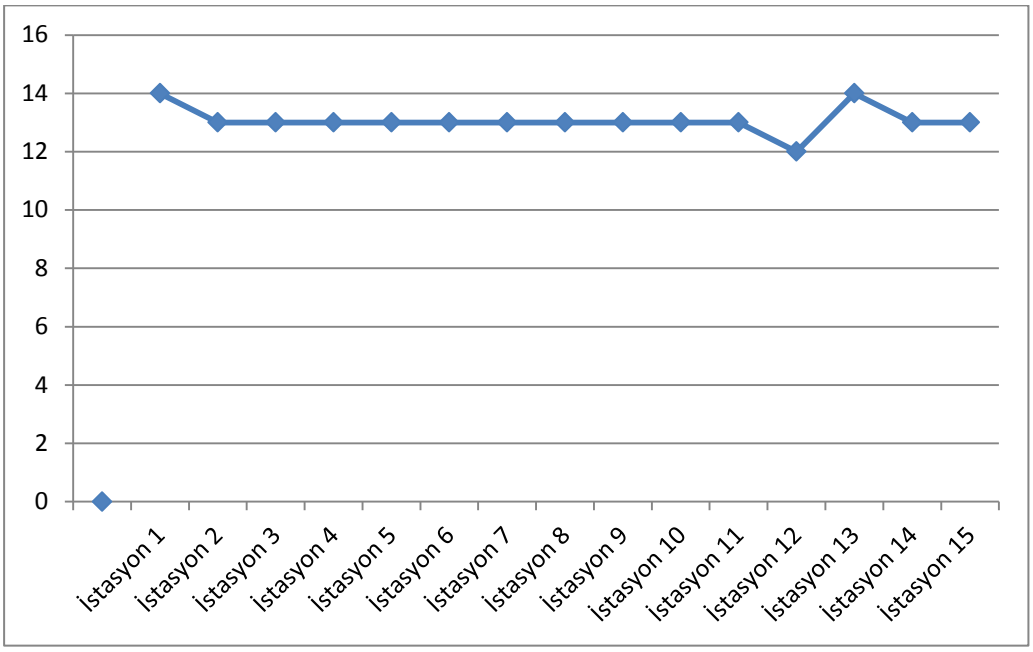
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
1					x																			x	x
2			x	x																					
3																									
4																		x	x			x			
5																				x					
6	x																								
7						x		x		x		x													
8																									
9							x		x				x	x	x	x	x				x				
10																									
11																									
12																									
13		x									x														
14																									
15																							x		
	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
1														x					x						
2																									
3					x	x	x																		
4				x					x		x														
5																						x			x
6			x							x															
7												x	x		x		x	x							
8								x								x									
9																									
10																									
11																				x	x		x	x	
12																									
13																									
14	x																								
15		x																							

Çizelge 4.13. R=16 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları

	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
1																									
2																									
3						x																x			
4	x		x		x																				
5		x					x												x		x				
6								x		x														x	
7																									
8									x		x														
9																									x
10														x	x	x	x	x		x					
11												x	x												
12																									
13				x																					
14																							x		
15																									

	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198		
1		x											x			x	x	x	x						
2	x		x																	x		x			
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10							x								x								x		
11																									
12						x		x		x	x	x													
13					x				x												x				
14																									
15																									

Adil atama hedefi sağlanmış, istasyonlara atanan toplam uçuş sayıları arasındaki fark minimum olmuştur. Bu hedefe göre istasyonlara dağıtılan uçuşların dağılımı R=16 için Şekil 4.4'de ortak olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.4. R=16 değeri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımı

Şekilde de görüldüğü gibi istasyonlar arasında adil bir atama gerçekleşmiştir. İstasyonlar arasındaki toplam atama sayıları farkı en fazla 2 olmuştur.

- *R=21, R=22, R=23 değerleri için program çıktıları*

Tampon süre için ilk hesaplanan değerin standart sapmasına kadar olan üst değerleridir. Program bu değerler için çalıştırılmış ve üçü için de optimal çözümü 694 iterasyonla ve 198 bularak tüm uçuşları sıralama istasyonlarına atamıştır. Üç değer için de program tarafından yapılan atamalar R=20 değeri için atanan değerlerle birebir aynıdır. Dolayısıyla optimal çözümleri de aynıdır. Atama sonuçları yine çok büyük bir tablo oluşturduğu için; sonuçlar Çizelge 4.14'da R=21 değeri için 51-100 arası, Çizelge 4.15'de R=22 değeri için 101-150 arası, Çizelge 4.16'de R=23 değeri için 151-198 arası uçuş atamaları verilmiştir.

İlgili çizelgelerden adil atama hedefinin sağlandığı görülmektedir. Bu hedefe göre istasyonlara dağıtılan uçuşların dağılımı R=21, R=22, R=23 için Şekil 4.5'de ortak gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. R=21 değeri için 51-100 uçuşları arası atama sonuçları

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
1																									
2		x						x																	
3															x										
4																						x			
5			x			x																			
6														x			x	x		x			x	x	x
7																									
8																									
9					x		x		x	x	x	x	x												
10																									
11																					x				
12																									
13																									
14																			x						
15	x			x												x									
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1								x						x	x			x							
2					x											x									
3																				x					
4																					x			x	
5												x													
6									x																
7													x						x			x			
8																							x		
9																									
10																									
11																									
12										x							x								
13		x		x			x																		
14	x		x																					x	
15						x					x														

Çizelge 4.15. R=22 değeri için 101-150 uçuşları arası atama sonuçları

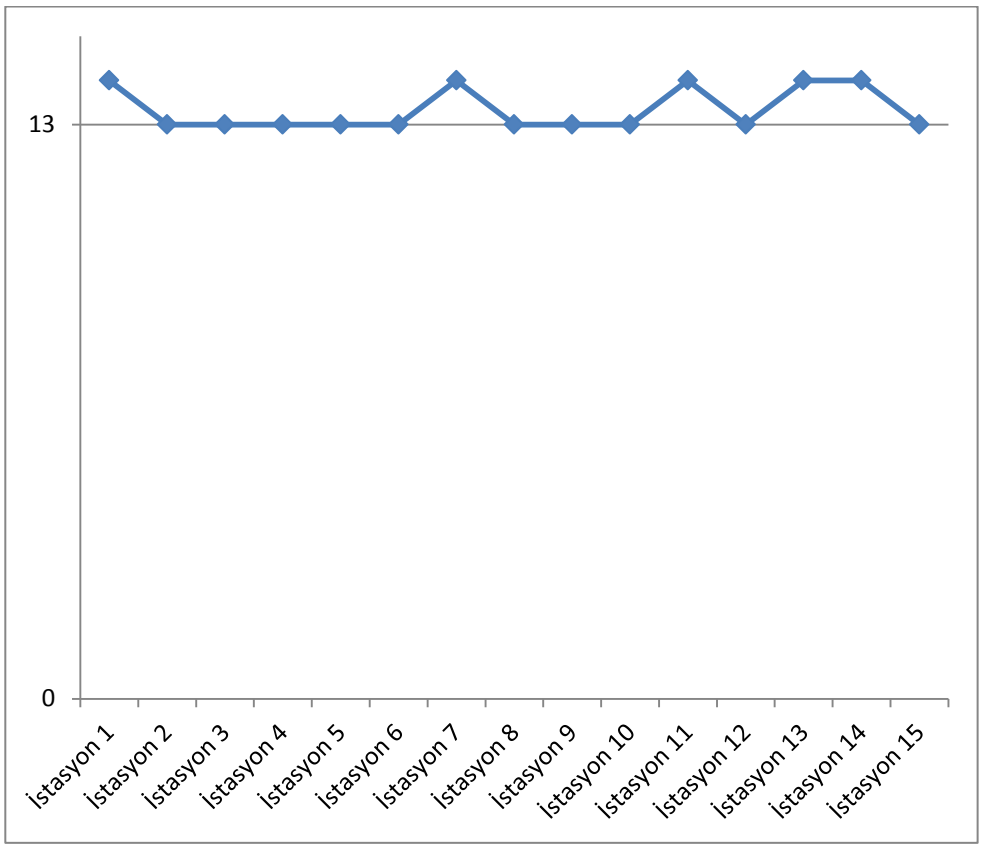
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
1			x	x			x				x				x										
2																x	x								
3																									
4		x				x												x			x		x	x	x
5																									
6													x												
7	x																								
8								x	x	x									x	x		x			
9					x																				
10												x													
11																									
12														x											
13																									
14																									
15																									

	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
1																								x	
2									x				x						x	x					
3																									
4																							x		
5			x	x						x	x				x										
6														x							x				
7												x													
8						x	x	x																	x
9																									
10	x																								
11																x	x	x				x			
12																									
13																									
14																									
15		x			x																				

Çizelge 4.16. R=23 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları

	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
1	x	x																							
2																									x
3			x				x	x							x										
4																									
5										x	x														
6																			x						
7				x																					
8																									
9																									
10												x	x	x		x	x	x		x	x		x		
11									x																
12																						x		x	
13																									
14					x	x																			
15																									

	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198		
1																									
2													x			x									
3			x								x							x	x						
4																									
5		x																			x				
6																									
7							x	x	x			x										x	x		
8																									
9	x			x																					
10																				x					
11					x																				
12																									
13																									
14										x				x	x		x								
15						x																			



Şekil 4.5. R=21, R=22, R=23 değerleri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımları

Şekilde de görüldüğü gibi istasyonlar arasında adil bir atama gerçekleşmiştir. İstasyonlar arasındaki toplam atama sayıları farkı en fazla 1 olmuştur.

- *R=24 değeri için program çıktıları*

Tampon süre için ilk hesaplanan değerin bir standart sapma üst değeridir. Program bu değer için (R=24) optimal çözümü 695 iterasyonda, maksimum atama hedefini 198 bularak tüm uçuşları sıralama istasyonlarına atamıştır. Çakışma ihtimali olan uçuşlar aynı istasyona atanmadığından atanan uçuşların dağılımı mantıklıdır. R=24 değeri için program tarafından yapılan atama sonuçları R=20 değeri için üretilen atama sonuçlarından farklıdır. Yani bu değerden sonra yapılan atamalar değişmiştir. Atama sonuçları çok büyük bir tablo oluşturduğu için dört parçaya

bölünerek Çizelge 4.17, Çizelge 4.18, Çizelge 4.19, Çizelge 4.20 olarak uçuş atamaları verilmiştir.

Çizelge 4.17. R=24 değeri için 1-50 arası uçuşların atama sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1															x	x									
2																									
3																									
4																									
5																									x
6																									
7																					x				
8																				x					
9																									
10																									
11																						x			
12												x	x	x					x						
13		x	x			x	x		x														x	x	
14				x	x					x	x						x	x							
15	x							x																	
	26	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**
1																						x			
2																	x								
3					x											x									
4																									
5		x																							
6						x	x																	x	
7			x																						x
8														x											
9																			x		x				
10																									
11	x							x	x	x	x		x					x							
12												x			x					x					
13																									
14																							x		
15				x																					

Çizelge 4.18. R=24 değeri için 51-100 arası uçuşların atama sonuçları

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
1									x																x
2																									
3														x										x	
4																									
5																					x				
6	x															x									
7																									
8												x													
9			x	x		x	x	x		x	x									x					
10																									
11		x																	x						
12																									
13																						x	x		
14																									
15					x								x		x		x	x							
	76	**77**	**78**	**79**	**80**	**81**	**82**	**83**	**84**	**85**	**86**	**87**	**88**	**89**	**90**	**91**	**92**	**93**	**94**	**95**	**96**	**97**	**98**	**99**	**100**
1							x		x														x		
2																									
3			x																						
4						x						x					x					x			
5													x						x	x	x				
6																									
7										x															
8					x													x							
9																									
10											x														
11														x										x	
12															x										x
13		x		x																					
14	x															x									
15								x																	

Çizelge 4.19. R=24 değeri için 101-150 arası uçuşların atama sonuçları

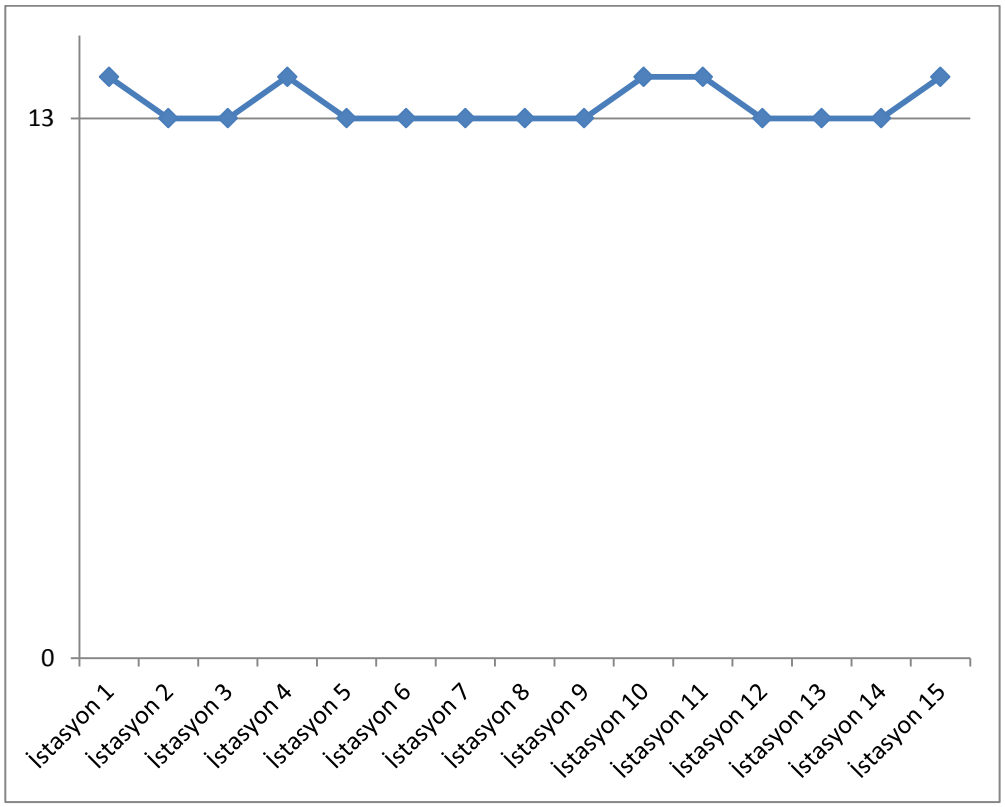
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
1	x	x										x													
2																		x					x		x
3																									
4			x																		x	x		x	
5																									
6											x		x	x		x	x								
7															x										
8								x	x	x									x	x					
9																									
10																									
11																									
12					x		x																		
13				x																					
14						x																			
15																									
	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
1																									
2													x		x		x	x					x		
3											x											x			
4			x						x											x					
5				x										x		x									
6								x													x				
7		x																							
8						x	x																		
9	x																								
10																									
11												x													
12																								x	
13																									
14										x															
15					x														x						x

Çizelge 4.20 . R=24 değeri için 151-198 arası uçuşların atama sonuçları

	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
1						x	x																		
2																									
3								x														x			
4																									
5									x																
6																			x						
7										x															
8	x																								x
9																									
10		x	x	x								x	x	x	x	x	x	x		x			x		
11																								x	
12											x														
13																									
14					x																x				
15																									

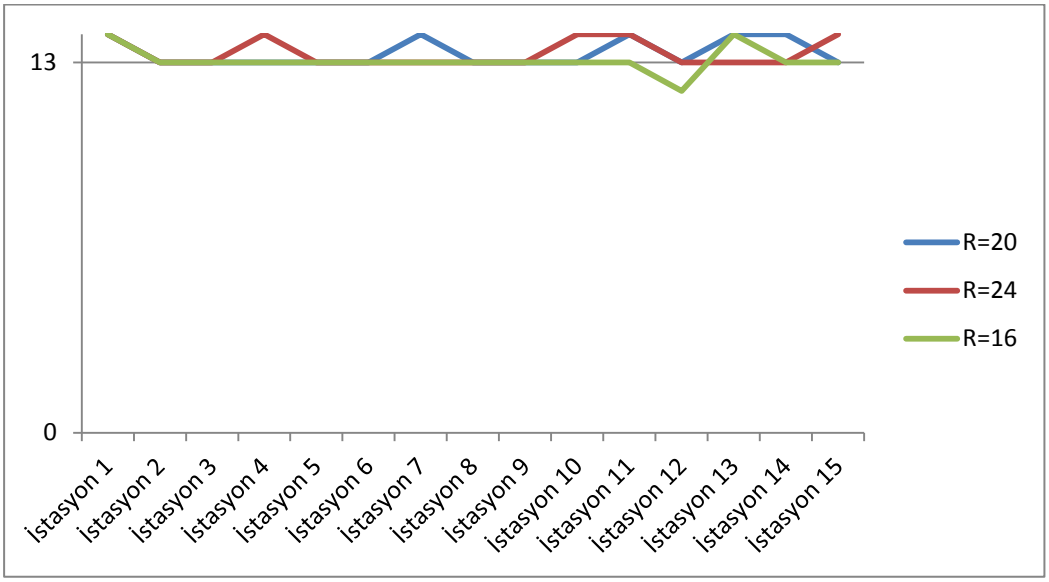
	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198		
1											x														
2													x	x	x	x									
3																	x		x	x	x		x		
4																									
5	x									x															
6																									
7							x	x	x			x						x				x			
8																									
9		x			x																				
10						x																			
11																									
12																									
13				x																					
14																									
15			x																						

Modelin kısıtlarından olan adil atama kısıtının sağlandığı görülmektedir. Bu kısıta göre istasyonlara dağıtılan uçuşların dağılımı Şekil 4.6'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. R=24 değeri için yapılan atamaların istasyonlara dağılımları

Farklı sonuçlar veren R=16, R=20 ve R=24 değerlerinin atama dağılımları Şekil 4.7'de daha iyi şekilde görülmektedir.



Şekil 4.7. R=16, R=20 ve R=24 değerleri için toplam atama sayısı karşılaştırması

Grafikte görüldüğü gibi üç optimal çözümün toplam atama sayısı atama dağılımlarında olduğu gibi farklılık göstermiştir.

Yapılan analizler sonucu değişen R(tampon süre) değerleri için bir istasyonun aynı zaman aralığında iki işi yapıp yapamayacağına bakılmış ve farklı dağılımların olduğu tespit edilmiştir. Tüm uçuşların atandığı çözümler optimal çözüm olmaya daha yakın bulunmaktadır. Çünkü atanmayan uçuşları transfer araçlarıyla uçağa yerleştirmek ekstra maliyet oluşturacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çalışmada, amacı tüm uçuşları kısıtları da göz önünde bulundurarak istasyonlara atamak olan bagaj sıralama istasyonu atama problemi üzerine çalışılmış olup tampon süreyle ilgili analizler yapılıp, önerilerde bulunulmuştur. Ortaya konulan çözüm yaklaşımı gerçek verilerle problem üzerinde test edilmiştir.

Geliştirilen modelin optimizasyon modelleri ile çözümleri yapılmış ve farklı tampon süreler için test edilip çıktılar analiz edilmiştir. Model test edilmek için GAMS programlama dilinde açık şekilde kodlanmış, veriler dışardan girilmiştir.

Sonuç olarak bagaj atama probleminde yapılan daha önceki çalışmalar üzerine tampon süre farklı açıdan ele alınıp etkili sonuçlar bulunmuştur.

5.2. Öneriler

Çalışmamızda kurulan modeli iç hatlar terminali giden yolcu bagajlarını (transfer yolcuları hariç) dikkate alarak sıralama istasyonlarına atadık. Ancak transfer yolcularda dahil edilerek bir model kurulabilir ve model çözümlenebilir.

Ayrıca modelde istasyonların birbiriyle mesafesi eşit olduğu için minimum mesafe amacı kullanım dışı kalmıştır. Amaca uygun veriler seçerek bu amaçta göz önünde bulundurularak farklılaştırılabilir.

Son olarak bir günlük çalıştırılan bu model daha uzun süreli çalıştırılarak havaalanının karakteristik özellikleri ortaya çıkarılabilir.

KAYNAKLAR

ABDELGHANY, A., ABDELGHANY, K., & NARASİMHAN, R. (2006). "Scheduling baggage-handling facilities in congested airports." Journal of Air Transport Management, 12(2), 76-81.

ARSLAN Ş., 2011. " Uçakların Terminal Kapılarına Atanması Probleminin Farklı Yöntemlerle Çözümü Ve Uygulaması" Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi

ASCO A., ATKİN J.A.D., BURKE E.K. 2011. "The airport baggage sorting station allocation problem". In J. Fowler, G.Kendall & B. McCollum (Eds.), Proceedings of the %th multidisciplinary international conference on sheduling : 419-444 Phoenix,ABD

ASCO A., ATKİN J.A.D., BURKE E.K. 2012. "An evolutionary algorithm fort he over-constrained airport baggage sorting station assignment problem." 9th International conference on simulated evolution and learning, SEAL2012, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7673 pp. 32-41

ASCO A., ATKİN J.A.D., BURKE E.K. 2014. "An analysis of constructive algorithms for the airport baggage sorting station assignment problem" J. Sched 17:601-619

Babic, O., Teodorovic, C., ve Tosic, V., (1984). "Aircraft stand assignment to minimize walking", J. Trans Engineering, 110: 55-66.

Bandara, S. ve Wirasignhe, S.C., (1992). "Walking distance minimization for airport terminal configurations", Transportation Research-A 26(1), 59-74.

Bihr, R.A., (1990). "Assigning arriving flights at an airport to the available Gates", Journal of the Operational Research Society, 50:23-34.

BRAAKSMA, J.P. VE SHORTREED, J.H., (1971). "Improving airport gate usage with critical path method", Transportation Engineering Journal of ASCE 97(TE2), 187-203.

Bolat, A., (1999). "Assigning arriving flights at an airport to the available gates", Journal of the Operational Research Society, 50: 23–34.

BOLAT A., (2000). “Procedures for providing robutsgate assignments for arriving aircrafts.” European Journal of Operational Research, 120(1), 63-80.

DİNG, H., LİM A., RODRİGUES B., &ZHU Y., (2004). “Aircraft and gate scheduling and optimization at airports.” System Sciences,2004. Proceedings of the 37th annual Hawaii international conference. Pp.1530-1605

DİNG H., RODRİGUES, & ZHU Y., (2005). “The over-constrained airport gate assignment problem” Computers and Operations Research, 32(7), 1867-1880.

HAMZWAWİ, S., (1986). “Management and planning of airport gate capacity: a microcomputer-based gate assignment simulation model”, Transportation Planning and Technology, 11:189–202.

HASSOUNAH, M. VE STEUART, G., (1993). “Demand for aircraft gates”, Transportation Research, 1423:26–33.

MANGOUBİ, R. S. VE MATHAİSEL, D. F. X., (1985). “Optimizing gate assignments at airport terminals”, Transportation Science, 19:173–88.

PİTT, M., WAİ, F.K., & TECK, P.C. (2002). “Technology selection in airport passenger and baggage handlings systems.” Facilities, 20(10), 314-326.

RİJSENBRİJ, J.C. & OTTJES, J.A. (2007). “New developments in airport baggage handling systems.” Transportation Planning and Technology, 30(4), 417-430.

ROBUSTE, F., (1991). “Centralized hub-terminal geometric concepts. I: walking distance”, Journal of Transportation Engineering, 117: 2.

ŞEKER M., 2010. “Stochastıc Aırport Gate Assıgnment Problem” Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Üniversitesi

TANG, C. H., (2009). “Real-time gate assignments under temporary gate shortages and stochastic flight delays”, IEEE/INFORMS International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics, 266-271, SOLI 2009.

WEİ, D. VE LİU C., (2007). “Optimizing Gate Assignment at Airport Based on Genetic-Tabu Algorithm”, Automation and Logistics, IEEE International Conference on (978-1-4244-1531-1):1140-1140, 2007, Jinan, China.

WİRASİNGHE, S.C., BANDARA, S., VE VANDEBONA, U., (1987). "Airport terminal geometries for minimal walking distances", Proceedings of the 10th Symposium on Transportation and Traffic Theory, eds N.H. Gartner and N.H.M. Wilson pp. 483-502.

http://www.sabihagokcen.aero/anasayfa

http://www.dhmi.gov.tr/istatistik.aspx

YAN, S. VE CHANG, C., (1998). "A network model for gate assignment", Journal of Advanced Transportation, 32:176–89.

YANG, S. VE HU, M., (2009). "Airport gate assignment based on improved GM(1,1) model", Grey Systems and Intelligent Services, IEEE International Conference on (978-1-4244-4914-9):407-407.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Erzurum'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimimi Adana'da tamamladı. 2007 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldu. 2013 yılında Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tezli yüksek lisans programına başlamıştır.