

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**BİR HAVAYOLUNDA KÜME KAPSAMA MODELİ İLE
EKİP ÇİZELGELEME PROBLEMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:
Esra AÇIKGÖZ

İstanbul, 2018

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**BİR HAVAYOLUNDA KÜME KAPSAMA MODELİ İLE
EKİP ÇİZELGELEME PROBLEMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:
Esra AÇIKGÖZ

Öğrenci No:
150892011

Danışman:
Yrd. Doç. Dr. Sabahattin Kerem AYTULUN

İstanbul, 2018

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Bir Havayolunda Küme Kapsama Modeli ile Ekip Çizelgeleme Problemi**” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve onurumla doğrularım. 02.03.2018

Esra AÇIKGÖZ

E. Açıkgöz

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

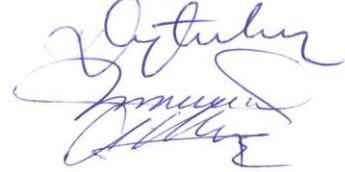
Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi, 1508922011...no'lu ESEA AKIKOĞLU in 6/2/18 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda, 48 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında oybirliğiyle, KASIM K. kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : Endüstri müh.
Programı : Endüstri mühendisliği
Tez Başlığı : BİR HAVAYOLUNDA KÜRE KAPSAMA MODELİ NE EKP Çıktılarına Problemler

Tez Sınav Jürisi	Öğretim Üyesi
Danışman	: Yrd. Doç. Dr. K. AYDILAN
Üye	: Prof. Dr. Semra BİRGÜN
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Sergh KILIC

İmza



1 Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

2 Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında "kabul", "düzeltme" veya "red" kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

3 İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

TEŐEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca bana yol gösteren, değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaőan Yrd. Doç. Dr. Sabahattin Kerem AYTULUN 'a ve bana her zaman her konuda destek olan aileme en samimi duygularımla teőekkür ederim.

Esra AÇIKGÖZ



Adı ve Soyadı : Esra AÇIKGÖZ
Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Sabahattin Kerem AYTULUN
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans, 2018
Alanı : Endüstri Mühendisliği
Anahtar Kelimeler : Ekip Çizelgeleme, Küme Kapsama Modeli

ÖZ

EKİP ÇİZELGELEME

Havayolu taşımacılığında emniyet güvenliği ve yolcu memnuniyeti önemlidir. Son yıllarda gelişen yazılımlar ile birlikte havayolları arasında rekabetler olmaktadır. Havayolu taşımacılığında mühendislik, uçak ve uçuş çizelgeleme, havayolu ekip maliyetleri gibi temel havayolu problemleri büyük masrafları da beraberinde getirmektedir. Havayolu firmalarında özellikle doğru yapılamayan ekip maliyetleri büyük masraflara neden olur. Doğru mühendislik çalışmaları ve uygun algoritma ve modellerle bu planlamalar yapılır, bu sayede havayolu şirketleri ciddi tasarruflar elde edebilir. Havayolu firmaları için ekip çizelgeleme, uçuş çizelgeleme, uçak çizelgeleme, filo atama gibi her biri kendi alanında ayrı bir çalışma gerektiren temel konulardır.

Bu tez çalışmasında ilk olarak havayolu planlama süreçlerinden bahsedilmiştir. Her bir havayolu çizelgelemesinin yapılması ve bu çizelgeleri oluşturabilmek için kullanılan algoritma ve yöntemlerden bahsedilmiştir.

Çalışma kapsamında daha çok ekip planlamanın bir havayolu şirketi için önemi ve maliyetleri üzerinde durulmuştur. Uygulama aşamasında veriler özel bir havayolu şirketinden alınmış ve haftalık olarak hazırlanmış bir uçuş tarifesi üzerinden çözüme başlanmıştır.

Tez çalışmasında İki farklı programlama dilinden yararlanılmıştır. Öncelikle programın birinci aşaması GAMS yazılım programı ile ikinci aşaması ise LINGO yazılım programı üzerinden çözülmüştür.



Name and Surname : Esra AÇIKGÖZ
Supervisor : Assist Prof. Dr. Sabahattin Kerem AYTULUN
Degree and Data : Master Thesis, 2018
Major : Industrial Engineering
Key Words : Airline Crew Schedule, Cluster Coverage Model,

ABSTRACT

CREW SCHEDULING

Safety and passenger satisfaction in airline transportation is important. In recent years, the development of the software has been competing among airlines. In airline transportation, basic airline problems such as engineering, aircraft and flight scheduling, airline crew costs, are accompanied by large costs. Crew costs that are not particularly accurate to airline companies will incur large costs. With the right engineering work and the appropriate algorithms and models, these planning are made accurately, so that airline companies can get serious savings. For airline companies, each of them, such as team scheduling, flight scheduling, airplane scheduling, fleet assignment, are the main subjects requiring a separate study in their field.

In this thesis study, the airline planning processes were first mentioned. The algorithms and methods used to make each airline scheduling and create these scheduling are mentioned.

Within the scope of the work, more team planning has been focused on the importance and costs for an airline company. During the application phase, the data was taken from a private airline and the solution was initiated on a weekly flight schedule.

The thesis study has been utilized in two different programming languages. The first phase of the program was resolved via the GAMS software and the second phase was solved through the LINGO software.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	i
ABSTRACT	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLOLAR LİSTESİ	viii
TANIM VE KISALTMALAR	i
GİRİŞ	1
1.HAVAYOLU OPERASYONLARINDA PLANLAMA VE ÇİZELGELEME	3
1.1.Uçuş Çizelgeleme	3
1.2. Uçak Çizelgeleme.....	4
1.3. Filo Atama	5
1.4. Ekip Çizelgeleme.....	6
1.5. Düzensiz Olaylar	8
1.6. Uçuş Dizisi Bulma.....	8
1.7. Havayolu Şirketlerinde Gider Dağılımı	9
2.HAVAYOLLARI İLE İLGİLİ GEÇMİŞ YILLARDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	11
2.1. Geçmiş Yıllarda Tamsayılı Programların Kullanıldığı Çalışmalar	11
2.2. Geçmiş Yıllarda Sezgisel Yöntemlerin Kullanıldığı Çalışmalar.....	13
3. EKİP ÇİZELGELEME VE EKİP ATAMA	14
3.1. Matematiksel Programlama Yöntemleri.....	15
3.1.1. Dantzing-Wolfe Algoritması.....	15
3.1.2. Sütun Türetme Algoritması.....	15
3.1.3. Dal-Sınır Algoritması.....	15
4.2. Sezgisel Algoritmalar	16

4.2.1. Karınca Kolonileri Optimizasyonu	16
4.2.2. Genetik Algoritmalar	17
4.2.3.Tabu Arama.....	17
4.3.Atama Problemleri	17
4.3.1. Macar Algoritması	17
4. EKİP PLANLAMA	19
4.1.Ekip Eşleştirme ve Ekip Planlama Aşamaları	19
4.1.1. Ekip Çizelgeleme Probleminin Küme Kapsama Modeli ile Çözülmesi	20
4.1.2. Amaç	21
4.1.3. Parametreler ve İndisler	21
5.BİR HAVAYOLUNDA KÜME KAPSAMA MODELİ İLE EKİP ÇİZELGELEM	23
5.1. Amaç, Kısıtlar ve Matematiksel Modeller.....	23
5.1.2.Küme Kapsama Modeli.....	42
5.1.3.Amaç ve Matematiksel Modeller	42
6.SONUÇLAR	51
KAYNAKÇA	53
EKLER	55
LINGO PROGRAM ÇÖZÜM ÇIKTILARI.....	55
GAMS ÇIKTILARI.....	58

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 1 :Havayolu Çizelgeleme Aşamaları	3
Şekil 2: Havayolu Planlamalarında Ekip Eşleşme Yeri	7
Şekil 3: İstanbul Merkezli Uçuş Dizisi Örneği	9
Şekil 4: Havayolu Şirketlerinde Gider Dağılımı, ATA Raporu,2005	10
Şekil 5: Ekip Çizelgeleme Çözüm Yaklaşımları	18
Şekil 6: Azami uçuş görev süreleri	20
Şekil 7: GAMS Çıktısında (1) Değerine Karşılık Gelen Seferler.....	29
Şekil 8: GAMS Çıktısında (1) Değerine Karşılık Gelen Seferlerin Maliyetleri.....	29



TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1: Haftalık Uçuş Tarifesi	4
Tablo 2: Havayolu şirketinden alınan mevcut tarife	26
Tablo 3: (1) Değerini Alan Eşleşmelerin Tamamı.....	30
Tablo 4: m.uçuşun n.eşleşmeyi kapsayıp kapsamadığı çizelge	43



KISALTMALAR

SHGM: Sivil havacılık Genel Müdürlüğü

UGS: Uçuş görev süresi

TGS: Toplam Görev Süresi

ATA: Air Transportation Association



GİRİŞ

Dünyada her geçen gün hızla gelişmekte olan havayolu taşımacılığı çeşitli havayolu şirketleri arasında da ciddi rekabetlerin oluşmasını sağlamaktadır. Havayolu işletmeciliği pahalı bir iştir. Havayolu şirketlerinin önceliği, güvenli taşıma hizmeti, müşteriye kaliteli bir hizmet sunabilmektedir. Havayolu personel ekibi, uçak, yedek parça, mühendislik, yakıt, konaklama, bakım, onarım gibi faktörlerin tümü çok büyük maliyetlere sebep olmaktadır. Tüm bu faktörlerin insanlara en iyi hizmeti verebilmesi içinde yapılan tüm planlamaların en doğru şekilde olması gerekmektedir. Havacılık sektörü gelişen teknoloji ve yazılımlar ile birlikte artık daha da büyümektedir. Havayolu firmaları gelişen çağa ayak uydurmak ve kendi aralarında ki rekabeti arttırmak için en uygun uçuş, uçak ve ekip çizelgelerini yapmak zorundadır. Havayolu firmalarının yakıtlardan sonra en çok problem yaşadığı alanlardan biride ekip çizelgelemedir. İşletmeler belli başlı yöntemleri kullanarak maliyetlerde ciddi farklar ortaya koymuştur.

Türkiye’de havayolu şirketleri ekip ve uçuş çizelgeleme oluştururken Sivil Havacılık Genel Müdürlüğünün (SHGM), Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları ile Dinlenme Gereklikleri Talimatına uymak ve bu talimatlar doğrultusunda çizelgelerini yapmak zorundadır.

Bu çalışma kapsamında da en ucuz maliyetle oluşturulan bir ekip planlama uygulaması yapılmıştır. Ekip çizelgelemenin amacı oluşturulan uçuş tariflerinin hepsini kapsayan uygun minimum maliyetle bir ekip eşleşmesi oluşturmaktır. Bu çalışmada en uygun maliyetleri ekip eşleşmelerini bulmak için küme kapsama modelinden faydalanılmıştır. Küme kapsama modeli aşamalı olarak çözülmüştür.

Birinci bölümde uygulamada istenilen kısıtlar oluşturulmuştur ve bunlar matematiksel modele dönüştürülmüştür. Oluşturulan matematiksel modeller ile GAMS programının da birbirileri ile uyumlu uçuş çiftleri oluşturulmuştur. Aslında bu aşamada LINGO yazılım programı kullanılacak idi. Ancak LINGO problemin boyutunu ele alacak kadar hafıza kullanamamıştır. Bu sebeple GAMS ile model

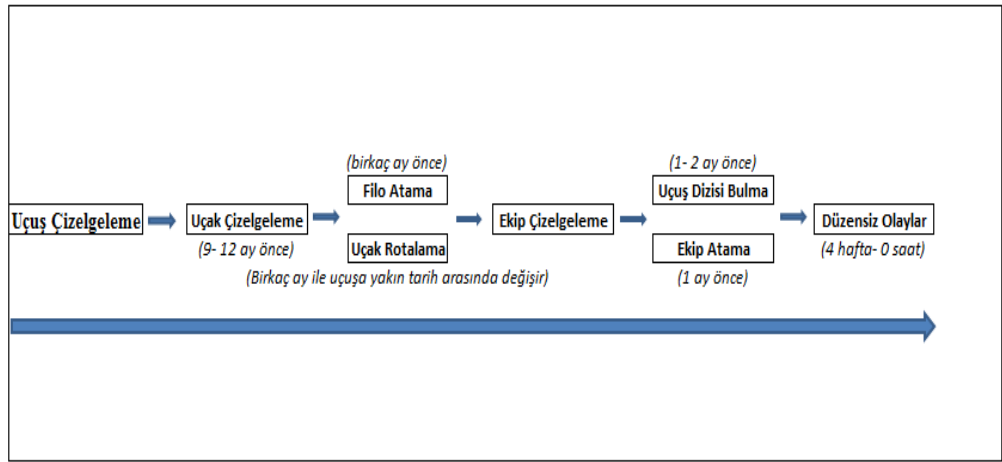
özümlemesi yapılmıştır. Bu eşleşmelerin yapılan çözümler sonucunda ayrıca maliyetleri de hesaplanmıştır.

İkinci bölümde ise yeniden matematiksel modeller oluşturulmuştur ve bunlarda LINGO programın aktarılarak hızlı bir şekilde çözüm bulunmuştur. Kullanılan kısıtlar ve hesaplamalarda kapsanan eşleştirmelerin maliyetleri hesaplanmış ve bu maliyetler içinden de en uygun olanı seçilerek ekipler atanmıştır.



1.HAVAYOLU OPERASYONLARINDA PLANLAMA VE ÇİZELGELEME

Havayolu operasyonlarında planlama her çizelgeleme kendi içinde ama birbirleriyle bağlantılı olacak şekilde planlanır. Uçuş çizelgeleme ile başlayan süreç, uçak çizelgeleme, filo atama, uçak rotalama, ekip çizelgeleme, ekip atama, düzensiz olaylar ve yeniden uçuş, uçak ve ekip atama çizelgeleri düzenlenerek son bulur.



Şekil 1: Havayolu Çizelgeleme Aşamaları

1.1.Uçuş Çizelgeleme

Havayolu planlamalarının ilk aşaması uçuş çizelgeleme ile başlamaktadır. Uçuş çizelgeleme, uçuşlardan bir sene önce başlar yaklaşık olarak 9 ay önce sonlanır. Uçuş çizelgelemesi, her uçuş bacağına kalkış-varış zamanının ve yerlerini ayrıca uçuş numaraları ile uçuşların haftanın hangi günlerinde gerçekleştiğini gösterir. Program, genellikle 3 ya da 6 aylık dönemleri kapsayacak oluşturulur. Programda

mevcut şartlara göre ufak değişiklikler yapılabilir. Tablo 1’de bir havayolunun örnek uçuş çizelgesi gösterilmiştir.

Tablodaki 80 numaralı uçuşu gerçekleştirecek olan uçak, 06:30’ da İstanbul Atatürk havalimanından uçuşa başlayacak ve 10:15’de Trabzon Havalimanında uçuşunu tamamlayacaktır.

Tablo 1: Haftalık Uçuş Tarifesi

Uçuş No	Kalkış Yeri	Varış Yeri	Kalkış Zamanı	Varış Zamanı	Günler	Gün1	Gün2	Gün3	Gün4	Gün5	Gün6	Gün7
80	IST	TZX	06:30	10:15	1234567	1	2	3	4	5	6	7
81	TZX	IST	09:00	10:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7

80 numaralı uçuş haftanın her günü uçuşu gerçekleştirdiği de Tablo’1 de gösterilmiştir. Uçuş Çizelgesi havayolunda işletmelerinin kar oranını belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Uçuş çizelgeleme yapılırken yolcu talepleri, kısıtlar, havayolları işletmeleri arasındaki rekabet, pazar tahminleri, gelişen teknoloji gibi durumlar dikkate alınır.

1.2. Uçak Çizelgeleme

Havayolu planlamasının ikinci aşaması olarak tasarlanmaya başlanır. Uçuş çizelgeleme tamamen oluşturulduktan sonra filo atama ve uçak rotalama ile ilgili konular çözülmeye başlanır. Filo atamasında, uçuş bacaklarına en küçük maliyetle uçak tipleri yani filolar atanır. Uçak çizelgesinin son adımında belli bir filo içerisindeki her uçak, filo atama aşamasında filo için belirlenmiş uçuş rotalarına atanır. Uçuş çizelgeleme çalışmaları, uçuş operasyonlarının birkaç ay öncesinde başlar ve uçuşun gerçekleştiği an son bulur.

1.3. Filo Atama

Filo atama, uçuş çizelgelemesi yapılmış olan her bir uçuş seferine uçak atanmasıdır. Uçuş seferlerine filolar atanır ve yolcu kapasitesi bu noktada önemlidir. Gelen talepler incelendiğinde eğer yolcu talebi az olan bir uçuş seferine yolcu kapasitesi yüksek bir uçak atanırsa ya da yolcu kapasitesi yüksek olan bir uçuş seferine düşük kapasiteli bir uçak atanırsa bu durum yüksek uçuş maliyetlerine, yakıt israfına ve yolcu kaybına neden olur. Havayolu şirketlerine maliyetler ile birlikte düşük kaliteli hizmeti de beraberinde getirir. Bu durum da havayolu şirketleri için ciddi kazanç ve yolcu kayıplarına neden olmaktadır.

Bir uçuş seferinin kazancı gidilecek yer ile ilgili yolcu taleplerine uygun uçak büyüklüğüne bağlıdır. Filo atamanın amacı da tam olarak bu noktada önem arz etmektedir. Doğru filo kullanılarak talep edilen tüm uçuş seferlerinin uygun olması havayolu şirketleri için maksimum kazanç sağlar.

Tüm bu noktalar filo atama probleminde havayolu işletmelerinin çizelgeleme süreçlerinde önemli bir parçasını oluşturur. Her gün çok sayıda uçuş programlandığından uçuş sayısı, büyük bir havayolu işletmesinde kolayca binlere ulaşabilir. Filo ataması, uçuş çizelgelemesi ekip çizelgelemesi, uçak rota ataması, bakım planlama ve gelir yönetimi gibi havayolu işletmesinin diğer karar süreçlerini etkiler ve bu süreçlerde alınan kararlardan etkilenir. Tüm bu nedenler dolayı, filo atama sorunlarını çözebilmek, havayolu işletmeleri için her zaman zorlu bir süreçtir aynı zaman da doğru hedef ve sonuçlara ulaşıldığı takdir de iyi bir kazanç kaynağıdır.

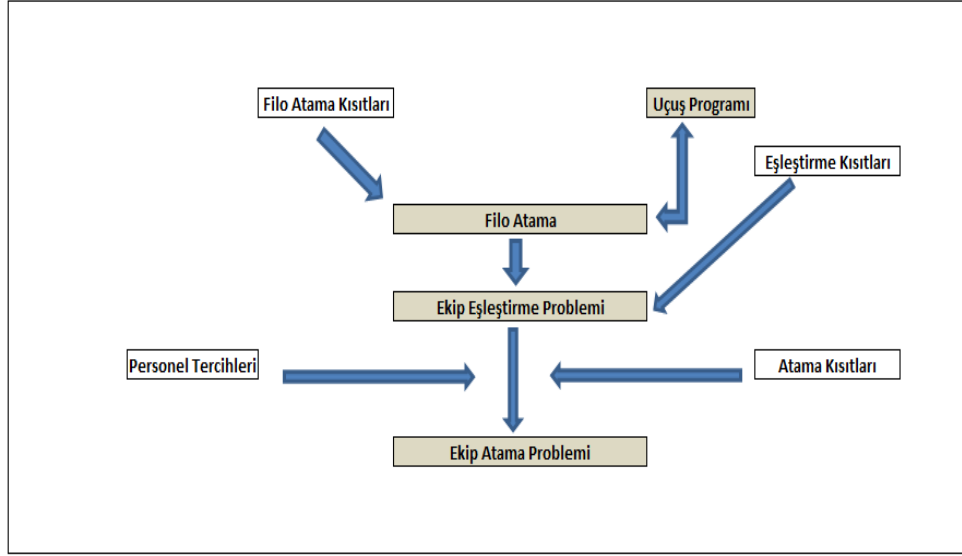
1.4. Ekip Çizelgeleme

Havayollarına ekonomik etkisinden dolayı ekip çizelgeleme problemi oldukça önemlidir. Yakıt maliyetlerinden sonra ekip maliyetleri de havayolu şirketleri için en büyük maliyetlerden birinin oluşturmaktadır. Ekip maliyetlerinin belirlenmesi havayollarının elinde olduğu için maliyetleri en aza indirmek planlama açısından oldukça önemlidir. Ekip çizelgeleme probleminde her uçağın en az bir ekip eşleşmesi tarafından kapsandığı en düşük maliyetli eşleştirmeler kümesini bulmaya çalışmaktır.

Uzun yıllardır ekip planlaması ve çizelgelemesi ile ilgili havayolu şirketleri ile yöneylem araştırması ve matematik toplulukları tarafından birçok çalışma yapılmaktadır. (Guo vd., 2006; Sohoni vd., 2006; Kohl ve Karish, 2004; Butchers vd., 2001; Moudani vd., 2001; Gamache vd., 1999; Andersson vd., 1998; Ryan, 1992).

Stojkovic vd. (1998), ekip çizelgeleme probleminin planlama ve operasyon aşamalarından oluştuğunu, planlama aşamasında eşleştirme ve uçuş personelinin atama probleminin bulunduğunu söylemektedir. Karmaşıklığına bağlı olarak havayolu şirketlerinin çoğu çizelgelemeyi, ekip eşleştirme ve ekip atama olmak üzere iki aşamada ele almaktadır (Guo vd., 2006; Kohl ve Karisch, 2004; Kerati vd., 2002; Yan ve Chang, 2002; Stojkovic vd., 1998). Operasyon aşamasında ise, uçuş çizelgesi zamanındaki değişiklikler, 42 uçuşların iptali veya yeni uçuşlar ile ilgili değişiklikler, uçak tipindeki değişikliklerle ilgilenilir.

Şekil 2' de bir havayolu ekip planlamanın çizelgeleme yapısı içinde yeri görülmektedir (Kerati vd., 2002; Moudani vd., 2001).



Şekil 2: Havayolu Planlamalarında Ekip Eşleşme Yeri

Ekip çizelgeleme ile ilgili havayollarında pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalarda SHGM yönetmeliğindeki kısıtlar dikkate alınarak genetik algoritmalar, sezgisel yöntemler ve matematiksel programlamalardan faydalanılarak en uygun çözüm sağlama amaçlanır. Kullanılan yöntemler sayesinde uygun algoritmalar oluşturularak havayolu maliyetlerinde ciddi tasarruflar sağlanır.

Her uçuş bacağına olması gereken ekipler; pilot, yardımcı pilot, kabin ekibi, uçak mühendisi gibi havayolu personellerinden oluşur. Uçuşlarda olması gereken ekip sayısı her uçuş için uçuş süresine, uçağın büyüklüğü ve kapasitesine göre farklıdır. Ekip çizelgeleme probleminin amacı, her uçuşta olması gereken ekibin minimum maliyetli olacak şekilde eşleştirilmesidir.

Ekip atamada maliyetlerin minimum edilmesine ilaveten ekip üyeleri için yaşam kalitesi de önem kazanmaktadır. Amaç; etkin maliyet ve ekip memnuniyetinin birlikte iyileştirilmesidir. (1) (Kohl ve Karisch, 2004; Barnhart vd., 2002; Stojkovic vd, 1998).

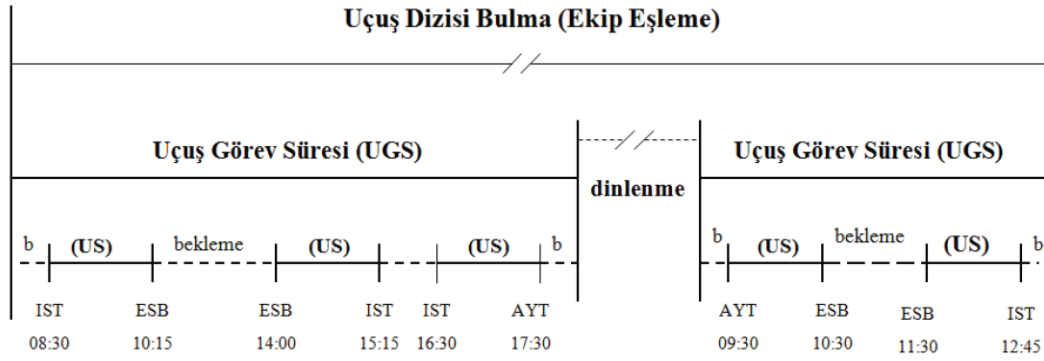
1.5. Düzensiz Olaylar

Her havayolunda önceden planlanan uçuş, uçak ve ekip çizelgeleri vardır. Uçak arızası, uçak kazası, kötü hava koşulları, hava trafiği, personel rahatsızlığı gibi durumlardan dolayı oluşturulan bu çizelgeler uygulanamaz hale gelir bunun için yeniden planlamalar yapılması gerekir. Havayolları kısa süre içerisinde tüm bu meydana gelen aksaklıklara hem en kısa süre içinde hem de en uygun ve en az maliyetle yeniden oluşturmak zorundadır.

1.6. Uçuş Dizisi Bulma

Uçuş dizisi bulma problemi, ekip eşleme (crew pairing) olarak da adlandırılır. Bu problemde, aynı filo tipi için ekibin yaşadığı şehirdeki havaalanında başlayan ve son bulan ardışık uçuş bacak dizisi bulunur. Büyük havayolu işletmelerinde genellikle birden fazla ekip üssü vardır. Uçuş dizisi bulma probleminin boyutu, havayoluna bağlı olarak bir ile beş gün arasında değişen uçuş dizilerinden oluşabilir. Bu süreçte, ekip üyeleri yaşamlarını sürdürdükleri şehir dışında bazı şehirlerde genellikle geceyi dinlenerek geçirirler. Uçuş görev süresi (UGS), tek bir uçuş ya da uçuş dizilerinden oluşmuş bir uçuş görevi için, uçuş ekip üyesinin uçuş hazırlığı ile başlayan ve aynı uçuş veya uçuş dizilerinin sonundaki tüm uçuş görevlerinden muaf tutulduğu toplam süredir. Oluşturulan her bir uçuş görevi süresi (UGS), uçuşun programlandığı zamandan bir saat önce ve bir uçuş veya dizi uçuşun sona ermesi ile motor kapatma zamanından 30 dakika sonra son bulur. UGS hesaplanırken, ilk uçuş bacağından 1 saat önce mesaiye başlama süresi, iki şehir arası uçuş süresi, bir şehre varış ve şehirden ayrılış arası yerde geçen zaman ve iş periyoduna son uçuş bacağından sonra 30 dakika mesai kapama süresi eklenir. Uçuş süresi (US); bir hava aracının kalkış yapmak maksadıyla, kendi gücü ile veya harici bir güç uygulanmak suretiyle ilk hareketine başlama anından, uçuşun veya görevin sonunda tam olarak durarak yolcu, yük veya diğer muhteviyatı indirme ve/veya bindirme amacıyla kendisine tahsis edilen park yerine gelme anına kadar geçen toplam süreyi ifade etmektedir. Şekil 3' de, merkez üssü İstanbul olan ekip için oluşturulmuş iki günlük uçuş dizisi gösterilmektedir. Birinci görev, üç uçuş bacağı, ikinci görev ise iki uçuş

bacağını içerir. Uçuş dizisi bulma probleminde uçuş bacakları arasındaki süre, gün bağlantısı veya bekleme (sit) olarak adlandırılır. Günlük uçuş görevleri arasındaki süre, gece bağlantısı veya dinlenme olarak adlandırılır. Briefing almak (b olarak gösterilmiştir) ve briefing vermek olarak bilinen (b olarak gösterilmiştir) görevden önceki ve sonraki zaman periyodunda, ekip tarafından düzenlenmesi gereken evrak işleri tamamlanır (Shaw, 2003).



Şekil 3: İstanbul Merkezli Uçuş Dizisi Örneği

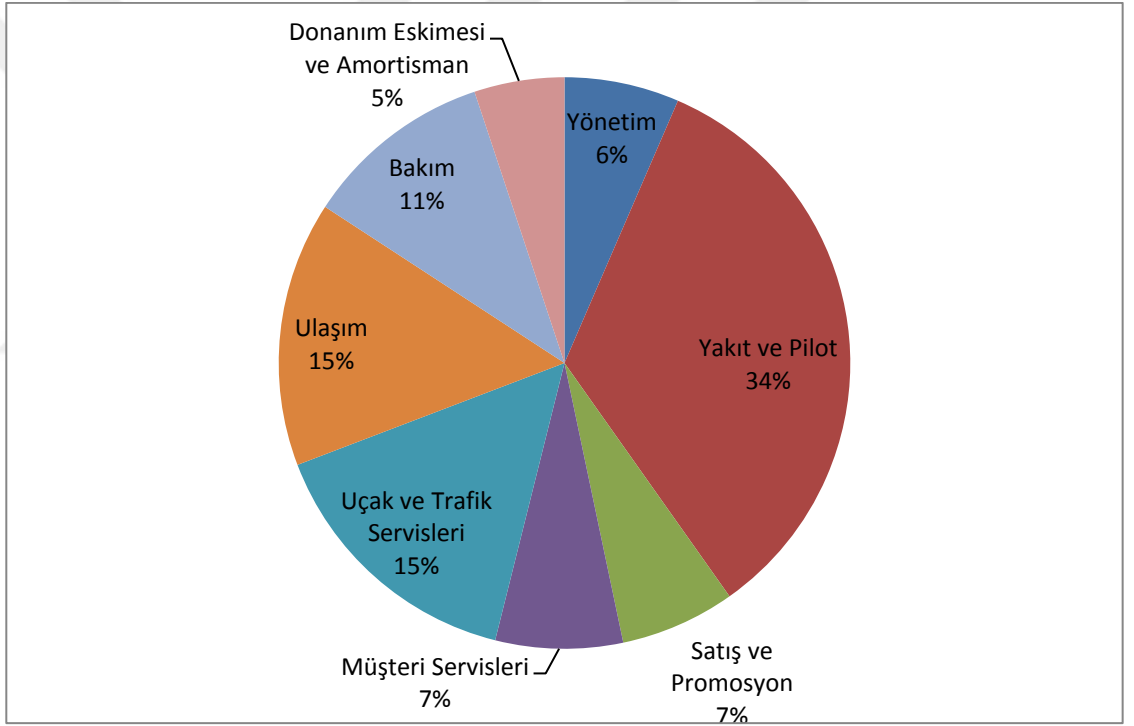
1.7. Havayolu Şirketlerinde Gider Dağılımı

Havayolu taşımacılığı günümüzde hızla ilerleyen sektörlerden biri haline almıştır. Havayolu taşımacılığı sektörü insanların en kısa sürede ve güvenilir bir şekilde seyahat etmesinin yanında artan maliyetlerle de başa çıkmak zorundadır. ATA tarafından 2005 yılına ait gider grafiği Şekil 1 'de gösterildiği gibidir.

Havayolunda meydana gelen bu giderleri en aza indirmek, müşteri memnuniyetini arttırmak için doğru yazılım programları, algoritmalar ve ciddi mühendislik çalışmaları gerektirmektedir. Havayolları, yapılacak uçuşların doğru zamanda gerçekleşeceğini varsaymaktadır. Ancak olumsuz hava koşulları, ani gelişen uçak ve ekip değişiklikleri ile ilgili problemler aksamalara neden olabilmektedir. Bu gibi durumlarda yolcuları mağdur etmemek ve aynı zamanda büyük gider kayıplarına sebebiyet vermemek için iyi bir planlama ve oluşan

değişikliklere hızlı çözüm yolları oluşturarak gerekli güncellemeler ile sorunlar büyük ölçüde önlenir. Aksi durumlarda müşteri memnuniyetsizliği, yolcu kayıpları, şirketler için güven sorunlarına neden olabilmektedir.

Sonuç olarak, uçuş ve ekip çizelgeleme problemleri çok önceden düzenlediği, uçuş kalkış yeri, varış yeri, kalkış zamanı ile varış zamanı, uçak tipi, uçağın kapasitesi ve özellikleri, kalkış havaalanı ile varış havaalanlarının özellikleri ve SHGM kısıtları göz önüne alınarak en uygun uçuş ve ekip çizelgeleri minimum gider ve maksimum gelir sağlayacağı şekilde mühendisler tarafından oluşturulur.



Şekil 4: Havayolu şirketlerinde gider dağılımı, ATA Raporu, 2005

2. HAVAYOLLARI İLE İLGİLİ GEÇMİŞ YILLARDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Geçmiş Yıllarda Tamsayı Programların Kullanıldığı Çalışmalar

Son yıllarda havayolu taşımacılığının, yolcu kapasitelerinin artmasından dolayı uçuş planlamaları ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Geçmiş yıllarda yapılan ve günümüzde de gelişen teknoloji, yazılım ve mühendislik çalışmaları ile optimum çözüm yöntemleri kullanılmaya devam etmektedir.

1997 Yılında Clarke ve ark. Hava yolu şirketleri, önceden planladığı uçuş çizelgelemeleri ile bu uçuşlara filo ataması yapmışlardır. Bu çalışma kapsamında filo ataması bir problem olarak düşünülmüş, problem çeşitli algoritmalar ile çözülmüş ve sonrasında da bakım ve ekip ile ilgili kısıtlar da eklenerek çözüme devam edilmiştir. Ancak kısıtların eklenmesi ile birlikte istenilen sonuca ulaşamadığı ve problemin çözüm süresini de uzattığı tespit edilmiştir.

Clarke ve ark. bu çalışmada uygulamış olduğu yöntemleri bir havayolu şirketinde kullanmış istenilen sonuçlara da ulaşmışlardır. Bunun ile birlikte kısıtların eklenmesi ve problemin karmaşıklığının artması üzerine bu çözüm yöntemlerinin yetersiz olduğunu tespit etmişlerdir.

1997' de Mathaisel çalışmasında ise, uçuş çizelgelerini oluştururken farklı konular altında çalışmalarını sürdürmüş, optimizasyon destekli bir sistem kurması ile havayollarının bu gibi çalışmalara ihtiyaçlarının olduğunu gözlemlemiştir.

1999' da Jarrah ve Strehler tarafından yapılan aktarmasız uçuşlar üzerinde durularak ve bu konu ile ilgili optimizasyonlar yaparak çalışmaları sürdürmüşlerdir. Yapılan çalışma sonucunda Amerika' nın ileri gelen bir havayolu şirketi için en karlı uçuş rotasyonu belirleyerek, yıllık kar amacını arttırmayı başarmıştır.

2000 Yılında Hsu ve Wen, çalışmalarında müşteri memnuniyeti ve servisleri optimize etmeyi gerçekleştirmek için ağ tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Yapılan bu ağ tasarımında, matematiksel bir yöntem olan Grey Teorisini ve çok amaçlı

programlamayı kullanarak uçuşların havayolları maliyetini minimize etmeyi amaçlayan bir model tasarlamışlardır.

2000 Yılında Bolat uçuş çizelgesi ve farklı uçak tiplerine göre uçakların havaalanı giriş kapılarına atanması üzerinde durmuştur. Giriş kapılarının kullanılmadığı süreleri minimize etmeyi amaçlayan bir 0-1 tamsayılı programlama kullanmıştır.

2000 Yılında Bruinsma ve ark. yaptıkları çalışma kapsamında Avrupa'nın küçük şehirlerinden bazılarını için kıtalar arası gerçekleşen uçuşlarda bağlantı noktaları olarak düşünmüşlerdir. Böylece büyük Avrupa şehirlerindeki havaalanı performanslarını kıyaslamışlardır. Ulaşım süresi, çizelgelemeleri oluşturma süreleri, maliyetler gibi durumlar dikkate alınmış ancak maliyetlerin düşmesinden büyük bir etkiye sahip olmadığını bulmuşlardır.

2003' de Plugurtha, Nambisan tarafından gerçekleştirilen çalışmada karlılığı arttırmak için genetik algoritma kullanmıştır. Çalışmada taleplerde meydana gelen değişikliklerde çözüme katılmıştır. Problemin modelleme aşamasında doğrusal tam sayılı programlama kullanılmış ve problemin çözümünde genetik algoritmadan faydalanılmıştır. Çalışma sonucunda bir çok testler yapılmış ve istenen hedefe ulaşıldığını göstermiştir.

2004 Yılında Ghoseiri uçakların aksine trenlerin rotası üzerinde bir çizelgeleme çalışması yapmışlardır. Bu çalışma kapsamında benzer amaçlara sahip olduğu nu fark etmişlerdir. Çalışmanın amacı, trenlerin yakıtların tasarruf sağlamak, bunun yanında yolcu memnuniyeti ve tren yolculuklarında geçen süreleri de dikkate almışlardır. Pareto analizini ve matematiksel programlamalardan da yararlanarak amaca ulaşmışlardır.

2005 Yılında Huang çalışmasında, havayolundaki arızalar, olumsuz hava koşulları, teknik sıkıntılar gibi sorunlar olduğundan meydana gelecek yolcunun fazladan bekleme sürelerini en aza indirmeyi sağlayacak karar verme yöntemlerini dikkate almış ve çözümde iki model kullanmıştır.

2005 Yılında Wu ‘nun yaptığı çalışmada havayolu şirketleri tarafından yapılan uçuş çizelgelemesini zamanında gerçekleşmesini değerlendirmiştir. Yaptığı çalışma neticesinde uçuş seferlerinde yaşanan gecikme süreleri ile simülasyon çalışması yapmış ve deneyleri sonucunda dışarıdan etki eden nedenlere karşı yapılan bu çizelgelemenin hassas olduğunu ancak yeniden düzenlemeye elverişli durumların oluşturulduğunu tespit etmiştir.

2.2. Geçmiş Yıllarda Sezgisel Yöntemlerin Kullanıldığı Çalışmalar

1989 Yılında TA Feo ve Jonathan Bard tarafından yapılan çalışma uçuşların atanması sorununu ele almışlardır. Çalışmada atamalar günlük çizelgeler yerine haftalık çizelgeler olarak yapılmıştır. Probleme uçakların belli dönemlerde bakıma girmesi gibi bir kısıt eklenmiştir. Problem kapasitesinin büyük olmasından dolayı sezgisel algoritmalar üzerinde çalışılmıştır. Yapılan Çalışmalar sonucunda ise verilerdeki artış ile birlikte çözüm sürelerinde de artış olduğu saptanmıştır.

2005 Yılında Kılıç ve Kalyan tarafından yapılan çalışmalarda uçak çizelgeleme üzerine durulmuştur. Bu problemi meta-sezgisel yöntemleri kullanarak çözmüştür. Çalışmanın amacı, uçakların iniş sürelerini beklenen süre doğrultusunda gerçekleşmesini sağlamak ve bu sayede şirket maliyetlerini en aza indirmektir. Problemden karınca kolonileri yönteminden faydalanılmıştır. Uygulanan yöntemler sonucunda da çözüme ulaşma süresi diğer yöntemlere kıyasla daha kısa sürede olduğunu göstermiştir.

2006 Yılında Andersson tarafından yapılan çalışmada, uçuş çizelgelerinde oluşabilecek herhangi bir sıkıntı durumunda meta sezgisel yöntemleri kullanmanın çözüme ulaşmada iyi sonuçlar getireceği üzerinde durmuştur. Aniden gelişen hava olayları ya da teknik arızalar nedeniyle meydana gelebilecek olumsuz durumları önlemek ve kısa yoldan çözüme ulaşmak için tavlama benzetimi yöntemi ile tabu arama yöntemlerini uygulamış ve bu sayede yeni çizelgeler oluşturmuştur. Çalışmanın sonucunda anlaşılan tabu arama yönteminin özellikle bu tip sorunlarda iyi bir çözüm yolu sunacağını kanıtlanmıştır.

2007 Yılında Yan tarafından yapılan çalışma Tayvan hava yolları için iyi bir uçuş çizelgesi ve uygun rotaları belirlemeye yönelik ve bu sayede maliyetini arttıracak bir çizelgeleme modeli oluşturulmuştur. Çalışma sezgisel yöntemler kullanılarak çözülmüştür. Bu sayede problem çözümünün en iyi sonuçlara yakın olduğuna dikkat çekmiştir.

3. EKİP ÇİZELGELEME VE EKİP ATAMADA YAKLAŞIMLAR

Ekip çizelgeleme problemlerinin çözmek için çeşitli algoritmalar vardır. Bunlar sezgisel ve kesin algoritmalar olmak üzere ikiye ayrılır. Kesin algoritmalar için büyük zamanlara ihtiyaç olmak ile birlikte karmaşık problemlerin çözümünü bulmak konusunda sıkıntılar yaşanabilmektedir. 1970'li yıllardan itibaren bilgisayar ortamında çizelgeleme yapmak yaygınlaşmıştır ve bu sayede teorideki çalışmalar bilgisayar ortamında çözülmeye dönüştürülmüştür. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile birlikte optimum sonuçları veren yazılım programları üretilmiştir.

Günümüz şartlarında pek çok işletme müşterilerine daha iyi bir hizmet ve ürün kalitesi sağlamağı amaçladığı için ve oluşan rekabet ortamını da göz önünde bulundurulması ile birlikte aynı zamanda gelişen teknoloji ile birlikte farklı çözüm yaklaşımları arayışı için girmişlerdir. Bu tüm firmalar için geçerlidir. Bir demiryolu, karayolu ya da havayolu şirketi içinde, bir hastanede hemşire planlaması içinde geçerlidir. Tüm bu süreçlerde çeşitli programlama dillerinden, yazılım sistemlerinden faydalanılmaktadır. Havayolu için, Barnhart vd. (2002), ekip çizelgeleme problemlerinin üç zorluğundan bahsetmektedirler. Birincisi, kurallar ve anlaşmalara bağlı olarak uygun görevlerin belirlenmesindeki güçlükler. İkincisi, bu tür problemlerin aşırı sayıda (kimi zaman bu sayılar milyonun üstünde olabilir) değişkene sahip olmasından ötürü çözümünde karşılaşılan güçlükler. Üçüncüsü tüm değişkenlerin tam sayı değerli olmasıdır. Bilgisayarların performansının artmasıyla birlikte ekip planlama problemlerinin çözümü için çeşitli optimizasyon yaklaşımları denenmiştir. Örnek olarak; matematiksel programlama yöntemleri, yapay zeka yöntemleri, genetik algoritmalar, sezgisel yaklaşımlar ve bunların kombinasyonları

verilebilir (Moudani vd., 2001). Thiel (2005), ekip çizelgeleme probleminin ilgili yazında sıklıkla kullanılan çözüm yaklaşımlarını Şekil 4' deki gibi göstermiştir.

3.1. Matematiksel Programlama Yöntemleri

Bu problemde kullanılan yöntemler 0-1 tamsayılı programlama, karışık tamsayılı programlama ve doğrusal programlardır.

3.1.1 Dantzig-Wolfe Yöntemi

Dantzig- Wolfe yöntemi Dantzig-Wolfe tarafından 1961' de keşfedilmiştir. Bu yöntem sütun ile çok yakından ilişkilidir ve oldukça pratik bir yöntemdir. Büyük ölçekli ve ele alınması zor olan matematiksel problemlerinin çözümünü bulur ve çözümü kolaylaştırır. Ana problemler alt problemlere bölünür ve asıl amaç olan ana problemin ne istediği sorusuna cevap aramaktadır. Alt problemlerden ana problemlere gönderilen değişkenler ile ayrıştırma yöntemi sağlanmaktadır. Bu şekilde değişkenler optimum istenen sonuca ulaşıncaya kadar devam eder ve en iyi sonuca ulaşır. Dantzig- Wolfe yöntemi bu tarz ayrıştırma yöntemlerinin en iyilerinden biridir ve büyük ölçülü problemlerin çözümünde etkili sonuçlara ulaştırmaktadır.

3.1.2. Sütun Türetme Modeli

Büyük ölçekli tam sayılı problemlerde kullanılan yöntemlerden biridir. Sütun türetme algoritmasında sürecin her adımında problem küçük değişkenler ile çözüme gitmektedir.

1988 yılında Lavoie ve 1987 yılında Crainic and Rousseau ekip planlama problemini küme kapsama problemi ile ele almış ve sonrasında sütun türetme algoritmasından faydalanmışlardır.

1992 Yılında Anbil ise çalışmasında problemi küme ayrıştırma olarak ele almış ve daha sonra sütun türetme algoritmasında oldukça etkili olan Sprint yaklaşımını geliştirmişlerdir.

3.1.3. Dal-Sınır Algoritması

Kombinatoryal problemleri çözmek için kullanılan bir yöntem de dal-sınır algoritmasıdır. Gezgin satıcı probleminde bu yöntem uygulanmıştır. Dal- sınır algoritmaların da veriler arttıkça problemin boyutu ve zorluk derecesi de artacaktır. (1995, Pinedo , 1993 Morton ve Pentico)

Çizelgeleme problemleri bir çok teknik ve yöntemler çözülebilmektedir. Ancak kısıtlar arttıkça problemde giderek karmaşık bir döngüye girecektir. Bu gibi durumlarda tamsayı program algoritmaları problemleri çözmede yeterli değildir. Dal-Sınır algoritmasında en iyi çözüm elde edilebilir.

1998 Yılında Stojkovic ekip planlama problemini küme ayrıştırma olarak ele almış ve dal-sınır algoritmasını kullanarak sütun türetme yönteminin geliştirmeye katkı sağlamıştır. Problemin çözüm süresi veriler doğrultusunda farklılıklar getirmesi ile birlikte çözüm süresi ve hedeflenen amaca ulaşmada güzel sonuçlara ulaşılmıştır.

4.2. Sezgisel Algoritmalar

Çizelgeleme problemlerinde boyutlar büyüdükçe tam sayılı programlama yöntemleri çözümü bulmak için yetersiz kalmaktadır. Bu durumlar da bilgisayar ortamında büyük boyutlu hesaplamaların yapılabilmesi gerekmektedir. Bu yüzden sezgisel yöntemler geliştirilmiştir. Karınca kolonileri optimizasyonu, tabu arama, genetik algoritmalar bu yöntemlerden bazılarıdır.

4.2.1. Karınca Kolonileri Optimizasyonu

Karınca kolonileri optimizasyonu problemlerinde, optimuma en yakın çözüm bulunur. Bilim adamlarının karıncaları izleyerek geliştirdiği bir yöntemdir. Karıncalar bir yiyeceğe giden en kısa yolu kör olmalarına rağmen bularak ulaşırlar. Yiyeceğe giden yolda karşılarına bir engel çıkar ise yeniden bir en kısa yol rotası belirleyerek yeni yolu bulurlar. Karıncalar yiyeceklere giden yolları bulabilmek için kimyasal bir salıya sahiptirler. Salıladıkları bu sıvı sayesinde yiyeceğe gittikleri yolda bu salıyı bırakarak kendilerinden sonra gelen karıncalara da yol göstermiş olurlar. Bu şekilde yapılan incelemeler sonucunda da matematiksel bir model

geliştirilmiştir. Bu yöntem ile ilgili ilk çalışma 1991 yılında Dorigo ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Problemi çözmek için yapay karıncalar kullanılmıştır ve çizgi üzerindeki bu karıncaların hareketleri izlenerek çözüme ulaşılmıştır. Karınca kolonileri optimizasyonun da algoritma tekrarludur ve her bir tekrar aşamasında belli sayıda karınca çözüme girer.

4.2.2. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritmalar en iyi çözüme ulaşamayabilir ancak en iyi çözüme yakın çözümleri sunabilmektedir. (Goldberg, 1989).

İlk olarak doğrusal olmayan en iyileme problemlerine uygulanan genetik algoritmalar, son yıllarda araç rotalama, çizelgeleme ve gezgin satıcı gibi farklı mühendislik problemlerinde de başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. (Karaoğlan ve Altıparmak, 2005).

4.2.3. Tabu Arama

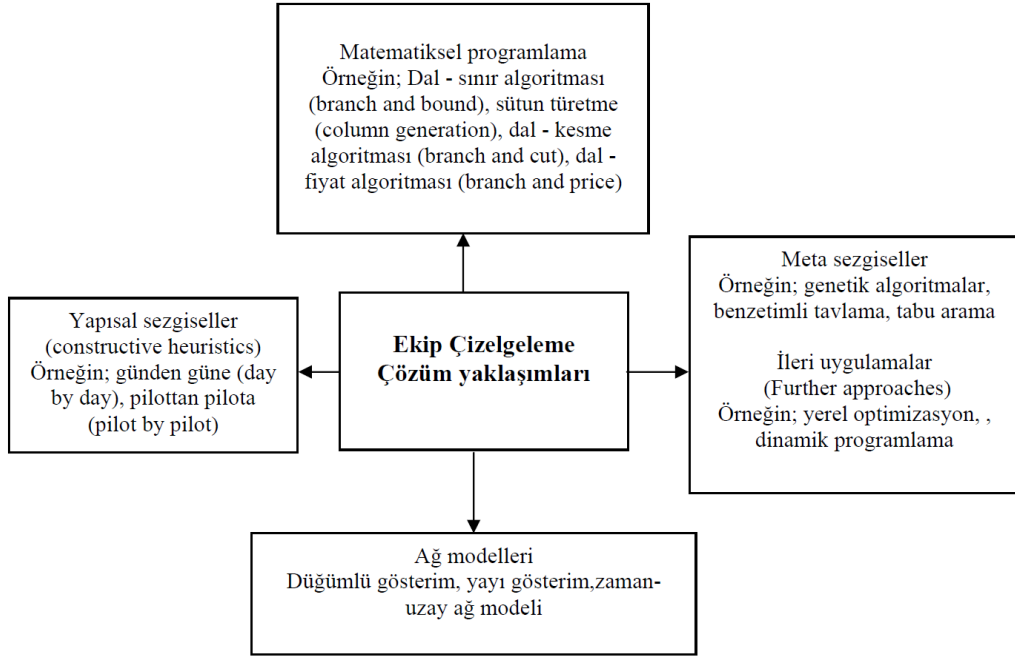
Tabu arama optimizasyon problemlerini çözmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Tabu aramada komşuluk önemli bir yapı taşı oluşturur. Çözümde en iyiyi bulabilmek için amaç fonksiyon açısından en uygun hareket noktalarının seçilmesidir. Bu hareketler de problemin yapısına bağlıdır.

4.3. Atama Problemleri

Problemi çözmek için en iyi öaliyete ulaşmak ve hedeflenen amaca ulaşmada başarılı bir yöntemdir. (Kohl and Karisch , 2004, Stojkovic 1998) Atama problemini bir çok farklı yolla elde edilebilir. (Öner ve Ülengin, 2003).

4.3.1. Macar Algoritması

En çok kullanılan yöntemlerden biridir. Macar algoritmasında maliyet matrisi sürekli yeni bir indirgenmiş matrise dönüştürülerek çözüme gidilir. Macar algoritması 1955 yılında Kuhn tarafından geliştirilmiş, kolay ve etkili bir yöntemdir.



Şekil 5: Ekip Çizelgeleme Çözüm Yaklaşımları

4. EKİP PLANLAMA

4.1. Ekip Eşleştirme ve Ekip Planlama Aşamaları

Ekip planlama süreci günlük ekip eşleştirme optimizasyon problemiyle başlar ve haftalık-aylık eşleştirmeler olarak tamamlanır. Eşleştirme bir ekip üyesi için aynı ekip üssünde başlayan ve biten uçuş ayakları dizisini ifade eder. Her ay için tüm uçuş ayaklarının kapsandığı eşleştirmeler bulunduktan sonra ekip üyelerinin uçuşlara atanma süreci tamamlanır. (Ulucan ve Eryiğit, 2004; Chu vd., 1997). Ekip eşleştirme problemi verilen tüm uçuşları kapsayacak şekilde minimum maliyetli eşleştirmelerin yapılmasını içerir. Eşleştirmeler tüm yasal kriterleri karşılayarak kurallara, anlaşmalara uygun olarak kaliteli çözümler üretecek şekilde yapılmalıdır.

Ekip eşleştirme probleminde temel sorun ve düşünülmesi gerekli ana kısıtlar; pilot, kabin görevlileri ve diğer ekip üyeleri ile ilişkili olan uluslararası ve yerel yasal düzenlemeler, sivil havacılık kuralları, iş akdi kuralları, havayolu şirketinin kendi iç düzenlemeleri ve politikaları gibi hususlardır. Bu yasal düzenlemeler, her bir pilotun veya ekip üyelerinin bir görev periyodunun uzunluğunun ne kadar olacağını, dinlenme aralıklarının ve süresinin minimum ne kadar olacağını belirler (Ulucan ve Eryiğit, 2004; Barnhart ve Shenoı, 1998; Stojkovic vd., 1998; Day ve Ryan, 1997).

Ekip eşleştirme problemleri şirketler ya da ülkeler açısından kurallar ve maliyetlere bağlı olarak farklılık gösterse de ana özellikleri benzerdir. Eşleştirmenin tersine ekip atama farklı pek çok yaklaşımla ele alınabilir. Amaç yaşam kalitesi kriterini dikkate alarak maliyetlerin minimizasyonudur. Havayollarında farklı atama prensipleri kullanıldığı gibi, bunları kombine eden esnek sistemler de uygulanmaktadır. (Kohl ve Karisch, 2004).

Maliyeti en küçük yapacak birbirleriyle uyumlu olacak en iyi kişi ve görev eşleşmesinin bulunmasını amaçlamaktadır. (A.Öner- F.Ülengin, 2003)

Havayolu uçuş personeli Sivil havacılık Genel Müdürlüğü Uçuş Ve Görev Süresi Sınırlamaları İle Dinlenme Gereklilikleri Talimatına uymak zorundadır.

Uçuş ekip planlaması yapılırken azami uçuş görev süresi gibi talimatlarda mevcut olan kısıtlara mutlaka dikkate alınmalıdır. Uçuş Ve Görev Süresi Sınırlamaları İle Dinlenme Gereklilikleri Talimatı (SHGM). Bu aynı zaman da hem iyi bir ekip planlama hem de daha düşük maliyetli eşleşme ve uçucu personel hizmet kalitesine sebep olur.

Görev Başlangıç Saati	1-4 İNİŞ	5 İNİŞ
05:00 - 14:00	14 saat	13 saat
14:01 - 17:00	13 saat	12 saat
17:01 - 04:59	12 saat	11 saat

Şekil 6: Azami uçuş görev süreleri

4.1.1. Ekip Çizelgeleme Probleminin Küme Kapsama Modeli ile çözülmesi

Ekip çizelgelemede her uçağın ez az bir ekip eşleşmesi ile kapsandığı en düşük maliyetli eşleşmeler kümesini bulmaktır. Havayolunda ekip çizelgeleme yapmak için problem bir küme kapsama modeline dönüştürülür.

Küme kapsama problemi doğrusal program olarak ele alınır ve çözülür. Küme kapsama problemi 0-1 tam sayılı programlamadır. Çözümün sonunda değişkenlerin 0 veya 1 olarak ortaya çıktığı görülür. Problemde amaç, eşleşme maliyetlerini minimize etmektir. Kısıt ise, her uçuş seferinin en az bir kez eşleşme tarafından kapsanmasını sağlamaktır.

4.1.2.Amaç

$$Z_{\min} = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

$$\sum_{j=1}^{n_t} a(i,j) * X(j) \geq 1 \quad i=1,2,\dots,m \quad (3.2)$$

$$x(j) \in \{0,1\} \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.3)$$

Amaç toplam maliyetin hesaplandığı fonksiyondur. (3.2) de tanımlanan ise tüm satırların en az bir kez kapsanmasını isteyen kısıttır.

4.1.3. Parametreler ve İndisler

i : Uçuş seferi ($i = 1,2,3,\dots,m$)

j : Eşleşme ($j = 1,2,3,\dots,n$)

$C_{(j)}$: j .eşleştirmesinin maliyeti

m : uçuş seferlerinin sayısı

n_t : t .iterasyondaki eşleştirme sayısı n_t

t : mevcut iterasyon

$C(j) = \text{Enb} \{120, * 0.6, \text{uçuş Kullanım Süresi}\}$

i, j, k ve $l \in n$

$l \in m$

Problem kapsama modeli ile çözüldükten sonra her bir uçuş seferi için dual değerleri LINGO' ya gönderilir ve burada problem çözümlenerek uygun sonuca ulaşmaktadır.

Çalışmada uçuş çizelgesindeki her seferin gösterildiği, her bir uçuşun başlangıç ve bitiş zamanlarının yer aldığı, personelin merkez noktada başlayıp geri bu noktaya döndüğü her bir uçuş seferindeki en uygun maliyeti bulmak ile ilgilenir. Burada bulunan her yol her bir eşleştirmeye aittir.

Eşleştirme Maliyeti =Max [eşleşmenin uçuş süresi, (eşleşmenin uçuş süresi+molalar)*0.6, 120]

Eşleştirmenin maliyeti, eşleşmede üstten uzakta geçen toplam zamanın %60' kadardır. Eğer toplam uçuş zamanı %60' dan büyük ise, fazladan maliyet oluşur.

5. BİR HAVAYOLUNDA KÜME KAPSAMA MODELİ İLE EKİP ÇİZELGELEME PROBLEMİ

Bu tez çalışmasında, İstanbul'da bir havayolu şirketinden alınan veriler kullanılmıştır. Haftalık uçuş seferlerini kapsayan bu tarife de haftanın her günü olan uçuşlar ve haftanın belli günlerinde olan uçuşlar vardır. Bu çalışma kapsamında elde ettiğimiz verilerle birlikte minimum maliyetli ekip planlama çalışması yapılacaktır.

Çalışmanın bu bölümünde aşamalı olarak küme kapsama modelleri oluşturulacak daha sonrasında GAMS ve LINGO programları kullanılarak en uygun çözüm bulunacaktır.

Küme kapsama modelinin matematiksel model gösterimi aşağıdaki gibidir.

5.1. Amaç, Kısıtlar ve Matematiksel Modeller

$$Z_{\min} = \sum_{k=1}^n C_k X_k$$

$$\sum_{k=1}^n a(i, k) * x(k) \geq 1 \quad \forall i = 1, \dots, 100 \quad (5.2)$$

$$a(i, k) \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, \dots, 100 \quad (5.3)$$

$$X(k) \geq 0 \quad \forall k = 1, \dots, nt \quad (5.4)$$

SHGM Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları ile Dinlenme Gereklilikleri Talimatı dikkate alınmıştır.

- (i, j, k, l) : Uçuş Seferleri,
- Bir görevde en fazla iniş sayısı 4,
- i . seferin kalkış yeri mutlaka IST ve l . Seferin varış yeri de IST olmalıdır.
- i . seferin kalkış yeri ile j . seferin varış yeri, j . Seferin kalkış yeri ile k . Seferin varış yeri, k . Seferin kalkış yeri ile l . seferin varış yeri mutlaka eşit olmalıdır.
- $i \neq j \neq k \neq l$ olacak şekilde bir uçuş eşleşmesinde aynı sefer bulunmamalıdır.
- i, j, k, l seferleri arasındaki molalar en fazla 30 dakika,
- i, j, k, l seferlerinin uçuş süreleri toplamı en fazla 390 dakika,
- i, j, k, l seferlerinin uçuş süreleri ile mola sürelerinin toplamı en fazla 840 dakika,
- Her bir görev için uygun başlangıç süreleri tanımlanacaktır.
- Eğer yukarıda yer alan şartları yerine getiren bir i, j, k, l sefer grubu elde edilirse $ue4(i, j, k, l)$ ikililik değişkenini “1” aksi halde “0” yapılmalıdır.
- $ue4(i, j, k, l) = 1$ olan bütün değişkenler içinde aşağıdaki ifadeye uygun olarak maliyetleri hesaplanır ve $maliyet4(i, j, k, l)$ değeri olarak atanır.
- $Maliyet4(i, j, k, l) = \max[\text{eşleşmenin uçuş süresi}, (\text{eşleşmenin uçuş süresi} + \text{molalar}) * 0.6, 120]$
- $k(i) = \text{Kalkış Yeri}$
- $v(l) = \text{Varış Yeri}$
- $k(i) = v(l) = \text{İstanbul}$

Eğer İstanbul kalkışlı bir seferin geri dönüşü İstanbul olmaz ise eşleşmenin dışında kalacaktır.

$$v(i) = k(j) \quad ((i,j), (j,k), (k,l))$$

$$v(j) = k(k)$$

$$v(k) = k(l)$$

$$\text{uçuş süresi}(n), \text{mola}(n,m), \text{uçuş seferleri}(i,j,k,l)$$

$$\text{Maliyet}(i,j,k,l) ;$$

$$\text{Uçuş süresi}(n) = vz(n) - kz(n);$$

$$\text{Mola}(n,m) = kz(m) - vz(n)$$

- $ky(i) = \text{İstanbul}$ ve $vy(l) = \text{İstanbul}$ ve $(vy(i) = ky(j))$ ve $(vy(j) = ky(k))$ (5.5)
- $vy(k) = ky(l)$ ve (5.6)
- $Mola(i,j) \leq 30$ (5.7)
- $Mola(j,k) \leq 30$ (5.8)
- $Mola(k,l) \leq 30$ (5.9)
- $Uçuş\ süresi(i) + uçuş\ süresi(j) + uçuş\ süresi(k) + uçuş\ süresi(l) \leq 390$ (5.10)
- $Uçuş\ süresi(i) + mola(i,j) + uçuş\ süresi(j) + mola(j,k) + uçuş\ süresi(k) + mola(k,l) + uçuş\ süresi(l) \leq 840$ (5.11)
- $Toplam = \Sigma(i,j,k,l)$
- $Maliyet(i, j, k, l), uçuş\ süresi(i, j, k, l) = 1 = \max((uçuş\ süresi(i) + uçuş\ süresi(j) + uçuş\ süresi(k) + uçuş\ süresi(l), uçuş\ süresi(i) + mola(i,j) + uçuş\ süresi(j) + mola(j,k) + uçuş\ süresi(k) + mola(k,l) + uçuş\ süresi(l)) * (0.6), 120)$ (5.12)
- $Uçuş\ süresi(i) + mola(i,j) + uçuş\ süresi(j) + mola(j,k) + uçuş\ süresi(k) + mola(k,l) + uçuş\ süresi(l) \leq 840$ bu şartları sağlıyor ise = 1 olmalı aksi halde = 0 olmalıdır. Tüm bunların sonucunda dörtlü gruplara atamak için eğer 1 ise dahil edilir 0 ise elenir.

Tüm bu kısıtlardaki kurallar Sivil Havacılık Genel Müdürlüğün, Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları ile Dinlenme Gereklilikleri Talimatına aittir ve havayolu şirketi bu kuralların dışına çıkmadan minimum maliyetli ekip planlamalarını uygulamayı amaçlar.

Çalışmanın ilk bölümünde havayolundan alınan haftalık 100 uçuş seferinden oluşan tarife Tablo 2 'de gösterilmiştir. Tablo da günler bölümünde gösterilen (1,2,3,4,5,6,7) değerleri haftanın günlerini ve o günlerde uçuş olduğunu ancak "0" ile gösterilen günler ise o gün uçuş olmadığını belirtir.

Tablo2: Havayolu şirketinden alınan mevcut tarife

Uçuş No	Kalkış Yeri	Varış Yeri	Kalkış Zamanı	Varış Zamanı	Günler	Gün1	Gün2	Gün3	Gün4	Gün5	Gün6	Gün7
10	IST	ADA	00:45	02:25	1000000	1	0	0	0	0	0	0
10	IST	ADA	02:30	04:10	0000007	0	0	0	0	0	0	7
11	ADA	IST	04:50	06:35	1234567	1	2	3	4	5	6	7
12	IST	ADA	06:35	08:10	0234067	0	2	3	4	0	6	7
13	ADA	IST	08:55	10:35	0234067	0	2	3	4	0	6	7
16	IST	ADA	15:30	17:05	1234567	1	2	3	4	5	6	7
17	ADA	IST	18:10	19:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7
18	IST	ADA	18:20	19:55	1234567	1	2	3	4	5	6	7
19	ADA	IST	20:45	22:20	0000007	0	0	0	0	0	0	7
19	ADA	IST	20:45	22:25	0000060	0	0	0	0	0	6	0
24	IST	ASR	18:20	19:45	1234567	1	2	3	4	5	6	7
29	ASR	IST	04:30	05:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7
33	DIY	IST	03:00	05:05	1234567	1	2	3	4	5	6	7
34	IST	DIY	12:10	14:05	1234567	1	2	3	4	5	6	7
35	DIY	IST	14:45	16:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7
36	IST	DIY	18:40	20:35	1234567	1	2	3	4	5	6	7
44	IST	GZT	01:05	02:40	1000060	1	0	0	0	0	6	0
45	GZT	IST	22:30	00:10	0000507	0	0	0	0	5	0	7
47	GZT	IST	03:40	05:20	1234567	1	2	3	4	5	6	7
48	IST	GZT	19:50	21:25	1234567	1	2	3	4	5	6	7
62	IST	MLX	13:25	15:05	1234567	1	2	3	4	5	6	7
63	MLX	IST	15:45	17:30	1234567	1	2	3	4	5	6	7
78	IST	GNV	20:30	22:10	1230560	1	2	3	0	5	6	0
79	GNV	IST	03:30	05:15	0234067	0	2	3	4	0	6	7
80	IST	TZX	06:30	08:10	1234567	1	2	3	4	5	6	7
81	TZX	IST	09:00	10:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7
82	IST	TZX	16:35	18:15	1234567	1	2	3	4	5	6	7
83	TZX	IST	19:00	20:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7
86	IST	TZX	15:00	16:35	0000060	0	0	0	0	0	6	0
87	TZX	IST	17:10	18:45	0000060	0	0	0	0	0	6	0
88	IST	TZX	00:25	02:05	1000500	1	0	0	0	5	0	0
88	IST	TZX	00:55	02:35	0000060	0	0	0	0	0	6	0
88	IST	TZX	01:35	03:15	0000007	0	0	0	0	0	0	7
89	TZX	IST	21:10	23:00	0004007	0	0	0	4	0	0	7
89	TZX	IST	21:20	23:10	0000060	0	0	0	0	0	6	0
89	TZX	IST	22:00	23:55	0000500	0	0	0	0	5	0	0
94	IST	TZX	18:40	20:20	1234567	1	2	3	4	5	6	7
95	TZX	IST	04:35	06:25	1234567	1	2	3	4	5	6	7
124	IST	BJV	07:10	08:20	1234567	1	2	3	4	5	6	7

Uçuş No	Kalkış Yeri	Varış Yeri	Kalkış Zamanı	Varış Zamanı	Günler	Gün1	Gün2	Gün3	Gün4	Gün5	Gün6	Gün7
125	BJV	IST	09:00	10:10	1234567	1	2	3	4	5	6	7
126	IST	BJV	15:20	16:30	1234567	1	2	3	4	5	6	7
127	BJV	IST	17:40	18:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7
140	IST	EZS	19:20	21:05	1234567	1	2	3	4	5	6	7
145	EZS	IST	05:10	07:00	1234567	1	2	3	4	5	6	7
150	IST	ADB	02:50	03:55	1234560	1	2	3	4	5	6	0
151	ADB	IST	04:40	05:45	1234567	1	2	3	4	5	6	7
152	IST	ADB	04:05	05:10	1204567	1	2	0	4	5	6	7
154	IST	ADB	07:30	08:35	1234567	1	2	3	4	5	6	7
155	ADB	IST	10:05	11:10	1234567	1	2	3	4	5	6	7
156	IST	ADB	14:35	15:40	1234567	1	2	3	4	5	6	7
157	ADB	IST	16:20	17:25	1234567	1	2	3	4	5	6	7
158	IST	ADB	17:40	18:45	1234567	1	2	3	4	5	6	7
159	ADB	IST	19:45	20:50	1234507	1	2	3	4	5	0	7
165	ADB	IST	06:25	07:30	1204567	1	2	0	4	5	6	7
172	IST	SZF	10:00	11:35	1234567	1	2	3	4	5	6	7
175	SZF	IST	12:50	14:30	1234567	1	2	3	4	5	6	7
176	IST	SZF	18:15	19:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7
177	SZF	IST	04:05	05:40	1234567	1	2	3	4	5	6	7
201	ECN	IST	03:40	05:15	1234567	1	2	3	4	5	6	7
204	IST	ECN	06:15	07:45	1000567	1	0	0	0	5	6	7
205	ECN	IST	12:15	13:40	1000567	1	0	0	0	5	6	7
206	IST	ECN	15:00	16:30	0000507	0	0	0	0	5	0	7
207	ECN	IST	17:10	18:45	0000507	0	0	0	0	5	0	7
208	IST	ECN	19:25	20:55	1234567	1	2	3	4	5	6	7
218	ECN	DIY	08:25	09:40	0000507	0	0	0	0	5	0	7
219	DIY	ECN	10:20	11:35	0000507	0	0	0	0	5	0	7
221	AYT	IST	05:20	06:35	1234567	1	2	3	4	5	6	7
222	IST	AYT	06:00	07:15	1234567	1	2	3	4	5	6	7
223	AYT	IST	08:05	09:20	1234567	1	2	3	4	5	6	7
224	IST	AYT	11:25	12:35	1234567	1	2	3	4	5	6	7
225	AYT	IST	13:20	14:40	1234567	1	2	3	4	5	6	7
226	IST	AYT	15:30	16:45	1234567	1	2	3	4	5	6	7
227	AYT	IST	17:25	18:40	1234567	1	2	3	4	5	6	7
228	IST	AYT	18:10	19:25	1234567	1	2	3	4	5	6	7
231	AYT	IST	06:20	07:40	1000060	1	0	0	0	0	6	0
232	IST	AYT	17:10	18:25	0000007	0	0	0	0	0	0	7
232	IST	AYT	20:30	21:45	1000500	1	0	0	0	5	0	0
265	IST	CDG	08:15	11:55	1234567	1	2	3	4	5	6	7
266	CDG	IST	13:00	16:25	1234567	1	2	3	4	5	6	7
287	ODS	IST	10:25	11:55	1030500	1	0	3	0	5	0	0

Uçuş No	Kalkış Yeri	Varış Yeri	Kalkış Zamanı	Varış Zamanı	Günler	Gün1	Gün2	Gün3	Gün4	Gün5	Gün6	Gün7
288	IST	ODS	07:55	09:25	1030500	1	0	3	0	5	0	0
371	IST	AMS	08:15	12:00	1234567	1	2	3	4	5	6	7
372	AMS	IST	12:55	16:25	1234567	1	2	3	4	5	6	7
415	IST	DUS	08:35	12:05	1234567	1	2	3	4	5	6	7
416	DUS	IST	13:20	16:25	1234567	1	2	3	4	5	6	7
441	IST	MUC	11:00	13:25	1234567	1	2	3	4	5	6	7
442	MUC	IST	14:10	16:30	1234567	1	2	3	4	5	6	7
475	IST	TXL	09:10	12:15	1234567	1	2	3	4	5	6	7
476	TXL	IST	13:30	16:25	1234567	1	2	3	4	5	6	7
541	NAL	IST	03:30	06:10	1030500	1	0	3	0	5	0	0
542	IST	NAL	21:30	23:55	0204007	0	2	0	4	0	0	7
561	IST	FRA	08:40	11:55	1234567	1	2	3	4	5	6	7
562	FRA	IST	12:55	15:55	1234567	1	2	3	4	5	6	7
643	IST	VIE	08:30	10:55	1234567	1	2	3	4	5	6	7
644	VIE	IST	11:35	13:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7
683	ADA	NUE	20:35	00:10	0000500	0	0	0	0	5	0	0
684	NUE	ADA	00:50	04:05	0000060	0	0	0	0	0	6	0
742	IST	STR	08:15	11:15	1234567	1	2	3	4	5	6	7
743	STR	IST	11:55	14:50	1234567	1	2	3	4	5	6	7
761	ADB	NUE	19:45	22:50	0000060	0	0	0	0	0	6	0

Uçuş Çiftlerini oluştururken genel tarifedeki olan her bir uçuş gün bazında ayrılır. Örneğin IST-ADA uçuşu haftanın her günü olmasına rağmen IST-TZX uçuşu haftanın sadece altıncı günü yapılmıştır.

Çalışmanın bu bölümü iki aşamalı olarak çözülmüştür. Öncelikle havayolundan alınan haftalık uçuş tarifelerinden GAMS programı kullanılarak uçuş çiftleri bulunmuştur. Uçuş çiftleri birbirleriyle uyumlu olan eşleşmeler olarak adlandırılır. Mevcut tarifeye göre dört bacaklı uçuşların uygun olduğu saptanmıştır. Uçuş sefer listesinde yer alan seferlerden yasal uçuş kurallarını ihlal etmeden mümkün olan bütün dört bacaklı uçuş eşleştirmeleri GAMS ile hesaplanmıştır.

GAMS programı bir eşleşme maliyetini hesapladığı zaman $Maliyet(i,j,k,l) = 1$ değerini alıyor ise bu değerlerin hepsi programda hesaplanır. GAMS' de yapılan bu işlemler sonucunda Şekil 6' da sonuç elde edilir.

INDEX 1 = 5						
	29					
6.28	1.000					
INDEX 1 = 7						
	18	25	32	34	36	41
8.17	1.000					
8.24		1.000				
8.31			1.000			
8.33				1.000		
8.35					1.000	
8.42						1.000
INDEX 1 = 11						
	20	27	38	40		
12.19	1.000					
12.26		1.000				
12.37			1.000			
12.39				1.000		
INDEX 1 = 15						
	18	25	41			
16.17	1.000					
16.24		1.000				
16.42			1.000			
INDEX 1 = 17						
	6	10	27	29	38	40
18.5	1.000					
18.9		1.000				
18.26			1.000			
18.37				1.000		
INDEX 1 = 21						
	6	12	18	25	32	34

Şekil 7 : GAMS Çıktısında (1) Değerine Karşılık Gelen Seferler

GAMS çözüm tablosunda 1 değerine karşılık gelen seferlerin ayrıca maliyetleri de hesaplanır. Çözüm çıktısındaki bu değerler Şekil 7' de gösterilmiştir.

INDEX 1 = 5						
	29					
6.28	370.000					
INDEX 1 = 7						
	18	25	32	34	36	41
8.17	335.000					
8.24		363.000				
8.31			483.000			
8.33				453.000		
8.35					345.000	
8.42						390.000
INDEX 1 = 11						
	20	27	38	40		
12.19	444.000					
12.26		393.000				
12.37			360.000			
12.39				438.000		
INDEX 1 = 15						
	18	25	41			
16.17	351.000					
16.24		387.000				
16.42			414.000			
INDEX 1 = 17						
	6	10	27	29	38	40
18.5	380.000					
18.9		372.000				
18.26			369.000			
18.37				492.000		
INDEX 1 = 21						
	6	12	18	25	32	34
22.11		340.000				

Şekil 8: GAMS Çıktısında (1) Değerine Karşılık Gelen Seferlerin Maliyetleri

GAMS çözümünden bulunan bu sonuçlar eşleşme numaraları verilerek her bir sefere karşılık gelen değerler ve maliyetler yazılır. Çözümlerden sadece bir tanesi olan Şekil 6’ da gibi verilen tüm GAMS değerleri 1 değerini alan eşleşme ve seferler Tablo 4 ‘de gösterildiği gibi çizelgelere dönüştürülür.

Tablo 3: (1) Değerini Alan Eşleşmelerin Tamamı

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
1	1	2	17	18	345
2	1	2	24	25	375
3	1	2	37	38	501
4	1	2	42	41	402
5	5	6	28	29	370
6	7	8	17	18	335
7	7	8	24	25	363
8	7	8	31	32	483
9	7	8	33	34	453
10	7	8	35	36	345
11	7	8	42	41	390
12	11	12	19	20	444
13	11	12	26	27	393
14	11	12	37	38	360
15	11	12	37	40	438
16	11	12	39	40	438
17	15	16	17	18	351
18	15	16	24	25	387
19	15	16	42	41	414
20	17	18	5	6	380
21	17	18	9	10	372
22	17	18	26	27	369
23	17	18	26	29	492
24	17	18	37	38	290
25	17	18	37	40	414
26	21	22	11	12	340
27	21	22	17	18	270
28	21	22	24	25	300
29	21	22	31	32	420
30	21	22	33	34	390
31	21	30	5	6	504

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
32	21	30	31	32	420
33	21	22	42	41	327
34	21	30	37	38	426
35	23	25	5	6	459
36	23	25	9	10	483
37	23	25	26	27	480
38	23	30	5	6	459
39	23	30	31	32	375
40	23	30	37	38	381
41	24	25	3	4	444
42	24	25	5	6	370
43	24	25	9	10	360
44	24	25	19	20	408
45	24	25	26	27	357
46	24	25	26	29	480
47	24	25	39	40	402
48	31	32	3	4	390
49	31	32	19	20	335
50	31	32	28	29	390
51	31	32	39	40	345
52	33	34	3	4	489
53	33	34	19	20	453
54	33	34	26	27	402
55	33	34	39	40	447
56	35	36	5	6	390
57	35	36	9	10	414
58	35	36	31	32	345
59	35	36	37	38	312
60	35	36	37	40	456
61	37	38	3	4	345
62	37	38	13	14	360
63	37	38	19	20	290
64	37	38	28	29	339
65	37	37	39	40	300
66	42	41	3	4	429
67	42	41	9	10	385
68	42	41	13	14	465
69	42	41	19	20	393
70	42	41	26	27	342
71	42	41	26	29	465
72	42	41	39	40	387

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
73	43	44	45	46	477
74	43	44	57	58	441
75	43	44	64	65	390
76	43	44	73	74	345
77	43	44	73	76	435
78	43	44	75	76	435
79	47	48	66	67	370
80	51	52	57	58	444
81	51	52	64	65	393
82	51	52	73	74	360
83	51	52	73	76	438
84	51	52	75	76	438
85	55	56	47	48	380
86	55	56	49	50	372
87	55	56	64	65	369
88	55	56	64	67	492
89	55	56	73	74	290
90	55	56	73	76	414
91	59	60	43	44	325
92	59	60	51	52	340
93	59	60	55	56	270
94	59	60	62	63	300
95	59	60	69	70	420
96	59	68	47	48	504
97	59	68	69	70	420
98	59	68	73	74	426
99	61	63	47	48	459
100	61	63	49	50	483
101	61	63	64	65	480
102	61	68	47	48	459
103	61	68	69	70	375
104	61	68	73	74	381
105	62	63	45	46	444
106	62	63	47	48	370
107	62	63	49	50	360
108	62	63	57	58	408
109	62	63	64	65	357
110	62	63	64	67	480
111	62	63	75	76	402
112	69	70	45	46	390
113	69	70	57	58	335

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
114	69	70	66	67	390
115	69	70	75	76	345
116	71	72	47	48	390
117	71	72	49	50	414
118	71	72	69	70	345
119	71	72	73	74	312
120	71	72	73	76	456
121	73	74	45	46	345
122	73	74	53	54	360
123	73	74	57	58	290
124	73	74	66	67	339
125	73	74	75	76	300
126	77	78	79	80	477
127	77	78	91	92	441
128	77	78	97	98	390
129	77	78	105	106	345
130	77	78	105	108	435
131	77	78	107	108	435
132	81	82	99	100	370
133	85	86	91	92	444
134	85	86	97	98	393
135	85	86	105	106	360
136	85	86	105	108	438
137	85	86	107	108	438
138	89	90	81	82	380
139	89	90	83	84	372
140	89	90	97	98	369
141	89	90	97	100	492
142	89	90	105	106	290
143	89	90	105	108	414
144	93	94	77	78	325
145	93	94	85	86	340
146	93	94	89	90	270
147	93	94	95	96	300
148	93	94	101	102	420
149	93	94	110	109	327
150	95	96	79	80	444
151	95	96	81	82	370
152	95	96	83	84	360
153	95	96	91	92	408
154	95	96	97	98	357

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
155	95	96	97	100	480
156	95	96	107	108	402
157	101	102	79	80	390
158	101	102	91	92	335
159	101	102	99	100	390
160	101	102	107	108	345
161	103	104	81	82	390
162	103	104	83	84	414
163	103	104	101	102	345
164	103	104	105	106	312
165	103	104	105	108	456
166	105	106	79	80	345
167	105	106	87	88	360
168	105	106	91	92	290
169	105	106	99	100	339
170	105	106	107	108	300
171	110	109	79	80	429
172	110	109	83	84	385
173	110	109	87	88	465
174	110	109	91	92	393
175	110	109	97	98	342
176	110	109	97	100	465
177	110	109	107	108	387
178	111	112	113	114	477
179	111	112	127	128	441
180	111	112	134	135	390
181	111	112	143	144	345
182	111	112	143	146	435
183	111	112	145	146	435
184	115	116	136	137	370
185	119	120	127	128	444
186	119	120	134	135	393
187	119	120	143	144	360
188	119	120	143	146	438
189	119	120	145	146	438
190	121	123	167	168	474
191	124	123	167	168	399
192	124	123	167	176	462
193	125	126	115	116	380
194	125	126	117	118	372
195	125	126	134	135	369

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
196	125	126	134	137	492
197	125	126	143	144	290
198	125	126	143	146	414
199	129	130	111	112	325
200	129	130	119	120	340
201	129	130	125	126	270
202	129	130	132	133	300
203	129	130	139	140	420
204	129	138	115	116	504
205	129	138	139	140	420
206	129	138	143	144	426
207	131	133	115	116	459
208	131	133	117	118	483
209	131	133	134	135	480
210	131	138	115	116	459
211	131	138	139	140	375
212	131	138	143	144	381
213	132	133	113	114	444
214	132	133	115	116	370
215	132	133	117	118	360
216	132	133	127	128	408
217	132	133	134	135	357
218	132	133	134	137	480
219	132	133	145	146	402
220	134	135	124	123	340
221	136	137	159	162	459
222	139	140	113	114	390
223	139	140	127	128	335
224	139	140	136	137	390
225	139	140	145	146	345
226	141	142	115	116	390
227	141	142	117	118	414
228	141	142	139	140	345
229	141	142	143	144	312
230	141	142	143	146	456
231	143	144	113	114	345
232	143	144	121	122	360
233	143	144	121	123	417
234	143	144	124	123	417
235	143	144	127	128	290
236	143	144	136	137	339

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
237	143	144	145	146	300
238	149	150	174	175	370
239	152	151	201	202	379
240	152	151	219	220	357
241	152	151	219	227	420
242	152	151	221	227	420
243	153	154	152	151	389
244	155	156	165	166	444
245	155	156	172	173	393
246	155	156	187	188	360
247	155	156	187	190	438
248	155	156	189	190	438
249	157	160	219	220	474
250	159	162	163	164	351
251	159	162	170	171	387
252	159	162	192	191	414
253	161	160	219	220	399
254	161	160	219	227	462
255	161	160	221	227	462
256	163	164	149	150	380
257	163	164	153	154	372
258	163	164	172	173	369
259	163	164	172	175	492
260	163	164	181	182	417
261	163	164	187	188	290
262	163	164	187	190	414
263	165	166	152	151	324
264	167	168	155	156	340
265	167	168	163	164	270
266	167	168	170	171	300
267	167	168	177	178	420
268	167	168	179	180	390
269	167	176	149	150	504
270	167	176	177	178	420
271	167	168	192	191	327
272	167	176	187	188	426
273	169	171	149	150	459
274	169	171	153	154	483
275	169	171	172	173	480
276	169	176	149	150	459
277	169	176	177	178	375

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
278	169	176	187	188	381
279	170	171	147	148	444
280	170	171	149	150	370
281	170	171	153	154	360
282	170	171	165	166	408
283	170	171	172	173	357
284	170	171	172	175	480
285	170	171	181	182	405
286	170	171	189	190	402
287	172	173	152	151	338,4
288	172	173	161	160	345
289	174	175	201	202	420
290	174	175	211	214	459
291	177	178	147	148	390
292	177	178	165	166	335
293	177	178	174	175	390
294	177	178	181	182	380
295	177	178	189	190	345
296	179	180	147	148	489
297	179	180	165	166	453
298	179	180	172	173	402
299	179	180	181	182	450
300	179	180	189	190	447
301	179	183	184	180	325
302	181	182	152	151	369
303	185	186	149	150	390
304	185	186	153	154	414
305	185	186	177	178	345
306	185	186	187	188	312
307	185	186	187	190	456
308	187	188	147	148	345
309	187	188	157	158	360
310	187	188	157	160	450
311	187	188	161	160	450
312	187	188	165	166	290
313	187	188	174	175	339
314	187	190	152	151	452,4
315	187	188	189	190	300
316	189	190	152	151	334
317	192	191	147	148	429
318	192	191	153	154	385

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
319	192	191	157	158	465
320	192	191	165	166	393
321	192	191	172	173	342
322	192	191	172	175	465
323	192	191	181	182	390
324	192	191	189	190	387
325	193	194	195	196	477
326	193	194	209	210	438
327	193	194	217	218	441
328	193	194	224	225	390
329	193	194	234	235	345
330	193	194	234	237	435
331	193	194	236	237	435
332	201	202	193	194	390
333	201	202	215	216	335
334	201	202	222	223	363
335	201	202	228	229	483
336	201	202	230	231	453
337	201	202	232	233	345
338	205	206	217	218	444
339	205	206	224	225	393
340	205	206	234	235	360
341	205	206	234	237	438
342	205	206	236	237	438
343	211	214	215	216	350
344	211	214	222	223	369
345	211	214	234	235	495
346	213	212	266	273	462
347	215	216	199	200	380
348	215	216	203	204	372
349	215	216	209	208	492
350	215	216	209	210	417
351	215	216	224	225	369
352	215	216	234	235	290
353	215	216	234	237	414
354	219	220	193	194	325
355	219	220	205	206	340
356	219	220	215	216	270
357	219	220	222	223	300
358	219	220	228	229	420
359	219	227	199	200	504

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
360	219	227	228	229	420
361	219	220	230	231	390
362	219	227	234	235	426
363	221	223	199	200	459
364	221	223	203	204	483
365	221	223	224	225	480
366	221	227	199	200	459
367	221	227	228	229	375
368	221	227	234	235	381
369	222	223	195	196	444
370	222	223	199	200	370
371	222	223	203	204	360
372	222	223	209	208	480
373	222	223	209	210	405
374	222	223	217	218	408
375	222	223	224	225	357
376	222	223	236	237	402
377	224	225	197	198	325
378	224	225	213	212	340
379	224	238	239	220	120
380	224	238	239	227	120
381	226	238	239	220	120
382	226	238	239	227	120
383	228	229	195	196	390
384	228	229	195	198	447
385	228	229	197	198	447
386	228	229	209	210	385
387	228	229	217	218	335
388	228	229	236	237	345
389	230	231	195	196	489
390	230	231	209	210	450
391	230	231	217	218	453
392	230	231	224	225	402
393	230	231	236	237	447
394	232	233	199	200	390
395	232	233	203	204	414
396	232	233	228	229	345
397	232	233	234	235	312
398	232	233	234	237	456
399	234	235	195	196	345
400	234	235	195	198	396

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
401	234	235	197	198	396
402	234	235	207	208	360
403	234	235	207	212	423
404	234	235	213	212	423
405	234	235	217	218	290
406	234	235	236	237	300
407	240	241	262	263	345
408	240	241	267	268	335
409	240	241	284	285	438
410	240	243	284	285	438
411	242	243	244	245	477
412	242	243	264	265	441
413	242	243	269	270	390
414	242	243	278	279	438
415	242	243	284	285	345
416	242	243	284	287	435
417	242	243	286	287	435
418	248	249	271	272	370
419	252	253	251	250	389
420	254	255	264	265	444
421	254	255	269	270	393
422	254	255	284	285	360
423	254	255	284	287	438
424	254	255	286	287	438
425	258	261	262	263	350
426	258	261	267	268	345
427	258	261	284	285	471
428	262	263	248	249	380
429	262	263	252	253	372
430	262	263	269	270	369
431	262	263	269	272	492
432	262	263	278	279	417
433	262	263	278	285	290
434	262	263	284	287	414
435	264	265	251	250	324
436	266	268	248	249	459
437	266	268	252	253	483
438	266	268	269	270	480
439	266	273	248	249	459
440	266	273	274	275	375
441	266	273	284	285	381

Eşleşme	i	j	k	l	Maliyet
442	267	268	244	245	444
443	267	268	248	249	370
444	267	268	252	253	360
445	267	268	264	265	408
446	267	268	269	270	357
447	267	268	269	272	480
448	267	268	278	279	405
449	267	268	286	287	402
450	269	270	246	247	320
451	269	270	251	250	338,4
452	269	270	260	259	340
453	274	275	244	245	390
454	274	275	244	247	444
455	274	275	246	247	444
456	274	275	264	265	335
457	274	275	271	272	390
458	274	275	278	279	380
459	274	275	286	287	345
460	276	277	244	245	489
461	276	277	264	265	453
462	276	277	269	270	402
463	276	277	278	279	450
464	276	277	286	287	447
465	276	280	281	277	325
466	278	279	251	250	369
467	282	283	248	249	390
468	282	283	252	253	414
469	282	283	274	275	345
470	282	283	284	285	312
471	282	283	284	287	456
472	284	285	244	245	345
473	284	285	244	247	393
474	284	285	246	247	393
475	284	285	256	257	360
476	284	285	256	259	417
477	284	285	260	259	417
478	284	285	264	265	290
479	284	287	251	250	452,4
480	284	285	271	272	339
481	284	285	286	287	300
482	286	287	251	250	334

GAMS' de 482 eşleşme ve 287 uçuş olduğu ortaya çıkmıştır. GAMS programında çıkan bu sonuçlardan sonra problemin ikinci çözüm aşamasına geçilir.

Çalışmanın ikinci aşamasına yasal bütün uçuş eşleşmeleri arasından küme kapsama modeli ile bütün uçuşları minimum maliyetle kapsayan uçuş eşleştirmeleri yapılmıştır. Yapılan bu işlem LINGO programı üzerinden çözülerek devam etmektedir.

5.1.2. Küme Kapsama Modeli

5.1.3. Amaç ve Matematiksel Modeller

- m : uçuşlar
- n : eşleşme
- A : kapsama
- $A_{(m,n)}$ olarak oluşturulan indisli değişkenler
- $C(k) = k$.eşleşmenin maliyeti

$$Z_{\min} = \sum_{k=1}^n C_k X_k$$

- $A_{(m,n)}$ olarak tanımlanan değişkenlerden,
- $A_{(m,n)}$ eğer m . uçuş – n .eşleşmeyi kapsıyor ise =1
- $A_{(m,n)}$ eğer m . uçuş – n .eşleşmeyi kapsamıyor ise = 0 değerini alır.

Excel'de oluşturulan;

=EĞER(YADA(H2=DOLAYLI(ADRES(I2+1;2));H2=DOLAYLI(ADRES(I2+1;3));H2=DOLAYLI(ADRES(I2+1;4));H2= formülü ile $a_{(m,n)}$ değişkenlerinin tüm değerleri 287 uçuş 482 eşleşme ile bir döngü haline getirilir. (Tablo 4' de sadece $n=1$.eşleşme için gösterilmiştir)

Tablo 4: m.uçuşun n.eşleşmeyi kapsayıp kapsamadığı çizelge

<i>m (uçuş)</i>	<i>n (eşleşme)</i>	<i>a_(m,n)</i>
1	1	1
2	1	1
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	1	0
11	1	0
12	1	0
13	1	0
14	1	0
15	1	0
16	1	0
17	1	1
18	1	1
19	1	0
20	1	0
21	1	0
22	1	0
23	1	0
24	1	0
25	1	0
26	1	0
27	1	0
28	1	0
29	1	0
30	1	0
31	1	0
32	1	0
33	1	0
34	1	0
35	1	0
36	1	0
37	1	0
38	1	0
39	1	0

<i>m (uçuş)</i>	<i>n (eşleşme)</i>	<i>a_(m,n)</i>
40	1	0
41	1	0
42	1	0
43	1	0
44	1	0
45	1	0
46	1	0
47	1	0
48	1	0
49	1	0
50	1	0
51	1	0
52	1	0
53	1	0
54	1	0
55	1	0
56	1	0
57	1	0
58	1	0
59	1	0
60	1	0
61	1	0
62	1	0
63	1	0
64	1	0
65	1	0
66	1	0
67	1	0
68	1	0
69	1	0
70	1	0
71	1	0
72	1	0
73	1	0
74	1	0
75	1	0
76	1	0
77	1	0
78	1	0
79	1	0
80	1	0

<i>m (uçuş)</i>	<i>n (eşleşme)</i>	<i>a_(m,n)</i>
81	1	0
82	1	0
83	1	0
84	1	0
85	1	0
86	1	0
87	1	0
88	1	0
89	1	0
90	1	0
91	1	0
92	1	0
93	1	0
94	1	0
95	1	0
96	1	0
97	1	0
98	1	0
99	1	0
100	1	0
101	1	0
102	1	0
103	1	0
104	1	0
105	1	0
106	1	0
107	1	0
108	1	0
109	1	0
110	1	0
111	1	0
112	1	0
113	1	0
114	1	0
115	1	0
116	1	0
117	1	0
118	1	0
119	1	0
120	1	0
121	1	0

<i>m</i> (uçuş)	<i>n</i> (eşleşme)	$a_{(m,n)}$
122	1	0
123	1	0
124	1	0
125	1	0
126	1	0
127	1	0
128	1	0
129	1	0
130	1	0
131	1	0
132	1	0
133	1	0
134	1	0
135	1	0
136	1	0
137	1	0
138	1	0
139	1	0
140	1	0
141	1	0
142	1	0
143	1	0
144	1	0
145	1	0
146	1	0
147	1	0
148	1	0
149	1	0
150	1	0
151	1	0
152	1	0
153	1	0
154	1	0
155	1	0
156	1	0
157	1	0
158	1	0
159	1	0
160	1	0
161	1	0
162	1	0

<i>m (uçuş)</i>	<i>n (eşleşme)</i>	<i>a_(m,n)</i>
163	1	0
164	1	0
165	1	0
166	1	0
167	1	0
168	1	0
169	1	0
170	1	0
171	1	0
172	1	0
173	1	0
174	1	0
175	1	0
176	1	0
177	1	0
178	1	0
179	1	0
180	1	0
181	1	0
182	1	0
183	1	0
184	1	0
185	1	0
186	1	0
187	1	0
188	1	0
189	1	0
190	1	0
191	1	0
192	1	0
193	1	0
194	1	0
195	1	0
196	1	0
197	1	0
198	1	0
199	1	0
200	1	0
201	1	0
202	1	0
203	1	0

<i>m (uçuş)</i>	<i>n (eşleşme)</i>	<i>a_(m,n)</i>
204	1	0
205	1	0
206	1	0
207	1	0
208	1	0
209	1	0
210	1	0
211	1	0
212	1	0
213	1	0
214	1	0
215	1	0
216	1	0
217	1	0
218	1	0
219	1	0
220	1	0
221	1	0
222	1	0
223	1	0
224	1	0
225	1	0
226	1	0
227	1	0
228	1	0
229	1	0
230	1	0
231	1	0
232	1	0
233	1	0
234	1	0
235	1	0
236	1	0
237	1	0
238	1	0
239	1	0
240	1	0
241	1	0
242	1	0
243	1	0
244	1	0

<i>m</i> (uçuş)	<i>n</i> (eşleşme)	$a_{(m,n)}$
245	1	0
246	1	0
247	1	0
248	1	0
249	1	0
250	1	0
251	1	0
252	1	0
253	1	0
254	1	0
255	1	0
256	1	0
257	1	0
258	1	0
259	1	0
260	1	0
261	1	0
262	1	0
263	1	0
264	1	0
265	1	0
266	1	0
267	1	0
268	1	0
269	1	0
270	1	0
271	1	0
272	1	0
273	1	0
274	1	0
275	1	0
276	1	0
277	1	0
278	1	0
279	1	0
280	1	0
281	1	0
282	1	0
283	1	0
284	1	0
285	1	0

<i>m</i> (uçuş)	<i>n</i> (eşleşme)	<i>a</i> _(<i>m,n</i>)
286	1	0
287	1	0

Tablo 4’de $a_{(m,n)}$ değerlerinde çıkan sonuçta 1.uçuş, 2.uçuş, 17.uçuş ve 18.uçuşun 1.eşleşmede değerlerin 1 aldığı, kalan değerlerin 0 olduğuna dikkat edilmelidir. Böylece 287 uçuşun hangi eşleşmede olduğu bulunur. Bulunan bu değerler LINGO programına aktarılır.

LINGO’ da yapılan çözüm sonunda bulunan tüm 1 değerli uçuş-eşleşme çiftlerinden hangisi bütün uçuş seferlerini en ucuza getirdiğini bulur.

$$C(k) = k.\text{eşleşme maliyeti} \quad (4.1)$$

Model maliyetleri ve hangi uçuşun hangi eşleşmede olduğu bilinmektedir.

$$\text{Bir } X(k) \text{ karar değişkeninde } X(k) = 0 \text{ ya da } X(k) \geq 0 \quad (4.2)$$

$$\text{Tüm eşleşmelerin toplamında } X(k) * a(i,k) > 1 \quad (4.3)$$

$$Z_{\min} = \sum_{k=1}^n C_k X_k$$

LINGO’ ya tüm matematiksel modeller yazıldığında ve Tablo 4’ün tamamını kapsayan tüm $a_{(m,n)}$ değişkenleri hesaba katıldığı zaman program tek tek 1 değerlerini kontrol eder ve sonrasında eğer 1 değeri var ise maliyeti hesaplar. Hesaplanan maliyetler içinde en düşük maliyetleri kapsar ve çözüm olarak sunmaktadır. Böylece uygulama da yapılmak istenilen minimum maliyetli ekip çizelgelemesi oluşur.

LINGO çözümünün sonunda (1) değerinin maliyeti 27.653,00 olarak en küçük olduğu düşünülür ve bu seferlerin her birine birer ekip atanır. LINGO çözüm çıktısı Ek’ de gösterilmiştir.

6. SONUÇLAR

Havayolları işletmeciliğinde faaliyetlerin kalitesini ve maliyetleri etkileyen önemli bir problem de uçuş ekibinin planlanmasıdır. Bu çalışma kapsamında da en uygun maliyetli ekip eşleşmeleri bulunmuştur.

Özel bir havayolundan alınan 100 seferden oluşan 1 haftalık uçuş çizelgesi alınmıştır. Bu uçuş çizelgesinde her bir uçuşun kalkış-varış yeri, kalkış-varış zamanı, hangi günlerde ve saatlerde uçtuğu, uçuş numaraları ile birlikte verilmiştir. Ekip planlama problemlerini etkin bir şekilde ve en çok talep edilen yöntemlerden biri olan küme kapsama modeli ile çözüme başlanmıştır.

SHGM' de uyulması gereken uçuş süreleri, dinlenme, mola hazırlık süreleri gibi kısıtları dikkate alınarak çözüme başlanmıştır. Ayrıca önemli kısıtlardan biri de merkez üssü İstanbul olan ve $k(i)$ uçuşun kalkış yeri ile bir sonra ki $v(l)$ uçuşun varış yerinin aynı olmasıdır. Problemin amacı, en ucuz maliyetli eşleşmeleri bulabilmektir. Bunun için havayolundan alınan tarife kapsamında GAMS yazılım programı kullanılarak uçuş çiftleri ve uçuş eşleşmelerinin bulunması da kullanılmıştır.

Bu problem dört bacaklı uçuş çizelgesi olarak yapılmıştır. Uygulamanın çözümüne ilk olarak küme oluşturma modeli ile başlamıştır. Kısıtlar, değişkenler bir matematiksel model oluşturularak GAMS programında çözüme sunulmuştur. Çözümde sonuçlar sağlandığı takdir de 1 değerini kapsanıyorsa dahil edilir eğer kapsamıyorsa 0 olur ve 0 olan değerler elenir.

Eğer bir eşleşmede i, j, k, l' nin maliyetleri ve uçuş süreleri 1 değerini alıyorsa bunların maliyetleri de GAMS programı tarafından hesaplanır. Burada 287 uçuş 482 eşleşme olduğu sonucu ortaya çıkar. 482 eşleşmeye maliyetler atanır.

Problemin ikinci aşamasında da küme kapsama modeli oluşturulur. Bu aşamada LINGO yazılım programından faydalanılır. GAMS' den alınan veriler ile $a_{(m,n)}$ indisli değişkenler oluşturulur. LINGO yazılım programında 287 uçuşun 482 kere eşleşmeyi kapsayıp kapsamadığı çözülür. Burada amaç m . uçuşun n . eşleşmeyi kapsayıp kapsamadığını bulmaktır. Kapsayan uçuş eşleşme ikilileri 1 değerini alır kapsamayan 0 değerini alır. Bulunan 1 değerlerin de içinden en düşük maliyetler

kapsanır ve çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Bulunan çözümde maliyet 27.653,00 olarak hesaplanır.

Sonuç olarak haftalık uçuş çizelgesi ile algoritmalar ve uygun yazılım programları kullanarak eşleşmelerin düşük maliyetli olması hesaplanır. Problem GAMS' de 3 saat 18 dakika, LINGO' da ise 9 saniyede hızlı bir şekilde çözülmüştür.



KAYNAKÇA

1. *www.shgm.gov.tr* , Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM)
2. Guo vd., 2006; Sohoni vd., 2006; Kohl ve Karish, 2004; Butchers vd, 2001; Moudani vd., 2001; Gamache vd., 1999; Andersson vd., 1998; Ryan, 1992)
3. Üstündağ Y., Demiryolu Ekip Çizelgeleme Ve Ekip Atama Problemi için Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi ,Temmuz 2010
4. Öner A., Ülengin F. Atama problemi için yeni bir çözüm yaklaşımı, İTÜ ,2003
5. Çankaya G., Sütun oluşturma yaklaşımı ile bir havayolu ekip çizelgeleme uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Haziran 2008
6. Bolat A. 2000 Procedures for providing robust gate assignments for arriving, Syf: 63-80
7. Aircrafts. European Journal of Operational Research, Vol 120, 63-80.Dantzig, G. B., “Linear Programming and Extensions”, Princeton University Press, New Jersey, syf: 65-68
8. Doğramacı, A., Surkis J., “Evaluation of a Heuristic Scheduling Independent Jobs on Parallel Identical Processors”, Management Science, ,(1979).
9. Elmas Ç., “Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitimi Uygulama)”, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2003.
10. Karaoğlan ve Altıparmak, “Konkav maliyetli ulaştırma problemi için genetik algoritma tabanlı sezgisel bir yaklaşım”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20(4): syf: 443-454 ,(2005).
11. Kuhn, H. W., “The Hungarian Method for the Assignment Problem”, Naval Research Logistics Quarterly, 1955)
12. Lavoie, S., Minoux, M., Odier, E., “A New Approach For Crew Pairing Problems By Column Generation with An Application to Air Transportation”, European Journal of Operations Research, 1988
13. Taş O., Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, Adana 2007)

14. Kılıç S., Kaylan A. R., 2005. Uçak Çizelgeleme Probleminin Karınca Kolonileri Optimizasyonu ile Çözümü, Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 2, 2005.
15. Huang, Airline Schedule Recovery Following Disturbances AnOrganizationnally-Oriented Decision-Making Approach, University of California, Doktora Tezi, 2005
16. www.airlines.org , Air Transportation Association, 2007



EKLER

LINGO PROGRAM ÇIKTILARI ÇÖZÜM

Global optimal solution found.

Objective value: 27653.00
Objective bound: 27653.00
Infeasibilities: 0.000000
Extended solver steps: 0
Total solver iterations: 2212

Variable	Value	Reduced Cost
X(2)	1.000000	375.0000
X(5)	1.000000	370.0000
X(10)	1.000000	345.0000
X(17)	1.000000	351.0000
X(26)	1.000000	340.0000
X(39)	1.000000	375.0000
X(54)	1.000000	402.0000
X(61)	1.000000	345.0000
X(62)	1.000000	360.0000
X(63)	1.000000	290.0000
X(65)	1.000000	300.0000
X(67)	1.000000	385.0000
X(78)	1.000000	435.0000
X(79)	1.000000	370.0000
X(81)	1.000000	393.0000
X(93)	1.000000	270.0000
X(103)	1.000000	375.0000
X(105)	1.000000	444.0000
X(117)	1.000000	414.0000

X(122)	1.000000	360.0000
X(123)	1.000000	290.0000
X(128)	1.000000	390.0000
X(132)	1.000000	370.0000
X(137)	1.000000	438.0000
X(146)	1.000000	270.0000
X(152)	1.000000	360.0000
X(163)	1.000000	345.0000
X(167)	1.000000	360.0000
X(168)	1.000000	290.0000
X(171)	1.000000	429.0000
X(178)	1.000000	477.0000
X(184)	1.000000	370.0000
X(189)	1.000000	438.0000
X(201)	1.000000	270.0000
X(211)	1.000000	375.0000
X(216)	1.000000	408.0000
X(220)	1.000000	340.0000
X(227)	1.000000	414.0000
X(232)	1.000000	360.0000
X(248)	1.000000	438.0000
X(250)	1.000000	351.0000
X(263)	1.000000	324.0000
X(266)	1.000000	300.0000
X(276)	1.000000	459.0000
X(288)	1.000000	345.0000
X(290)	1.000000	459.0000
X(291)	1.000000	390.0000
X(301)	1.000000	325.0000
X(304)	1.000000	414.0000

X(309)	1.000000	360.0000
X(323)	1.000000	390.0000
X(325)	1.000000	477.0000
X(337)	1.000000	345.0000
X(342)	1.000000	438.0000
X(346)	1.000000	462.0000
X(356)	1.000000	270.0000
X(363)	1.000000	459.0000
X(371)	1.000000	360.0000
X(377)	1.000000	325.0000
X(382)	1.000000	120.0000
X(387)	1.000000	335.0000
X(390)	1.000000	450.0000
X(402)	1.000000	360.0000
X(408)	1.000000	335.0000
X(414)	1.000000	438.0000
X(418)	1.000000	370.0000
X(424)	1.000000	438.0000
X(425)	1.000000	350.0000
X(435)	1.000000	324.0000
X(450)	1.000000	320.0000
X(452)	1.000000	340.0000
X(453)	1.000000	390.0000
X(465)	1.000000	325.0000
X(468)	1.000000	414.0000
X(475)	1.000000	360.0000

GAMS PROGRAM ÇIKTILARI

GAMS Rev 141 Intel /MS Window

11/16/17 10:47:36 Page

General Algebraic Modeling System

Compilation

1 sets

2 n butun dugumler /0*288/

3 begin(n) baslangic dugumu /0/

4 last(n) bitis dugumu /288/

5 i(n) ucus dugumleri /1*287/

6 ;

7 alias(n,nn);

8 alias(i,j,k,l);

9

10 acronyms ADA,ADB,AYT,BJV,DIY,ECN,GZT,IST,MLX,NUE,ODS,SZF,TZX;

11

12 parameters kz(n)

13 /

14 1 45

15 2 290

16 3 930

17 4 1090

18 5 730

19 6 885

20 7 65

21 8 220

22 9 805

23 10 945

24 11 390

25	12	540
26	13	995
27	14	1140
28	15	25
29	16	275
30	17	430
31	18	540
32	19	920
33	20	1060
34	21	170
35	22	280
36	23	245
37	24	450
38	25	605
39	26	875
40	27	980
41	28	1060
42	29	1185
43	30	385
44	31	600
45	32	770
46	33	375
47	34	735
48	35	360
49	36	485
50	37	685
51	38	800
52	39	930
53	40	1045
54	41	625



55	42	475
56	43	1835
57	44	1975
58	45	2370
59	46	2530
60	47	2170
61	48	2325
62	49	2245
63	50	2385
64	51	1830
65	52	1980
66	53	2435
67	54	2580
68	55	1870
69	56	1980
70	57	2360
71	58	2500
72	59	1610
73	60	1720
74	61	1685
75	62	1890
76	63	2045
77	64	2315
78	65	2420
79	66	2500
80	67	2625
81	68	1825
82	69	2040
83	70	2210
84	71	1800



85	72	1925
86	73	2125
87	74	2240
88	75	2370
89	76	2485
90	77	3275
91	78	3415
92	79	3810
93	80	3970
94	81	3610
95	82	3765
96	83	3685
97	84	3825
98	85	3270
99	86	3420
100	87	3875
101	88	4020
102	89	3310
103	90	3420
104	91	3800
105	92	3940
106	93	3050
107	94	3160
108	95	3330
109	96	3485
110	97	3755
111	98	3860
112	99	3940
113	100	4065
114	101	3480

115	102	3650
116	103	3240
117	104	3365
118	105	3565
119	106	3680
120	107	3810
121	108	3925
122	109	3505
123	110	3355
124	111	4715
125	112	4855
126	113	5250
127	114	5410
128	115	5050
129	116	5205
130	117	5125
131	118	5265
132	119	4710
133	120	4860
134	121	5315
135	122	5460
136	123	5590
137	124	5440
138	125	4750
139	126	4860
140	127	5240
141	128	5380
142	129	4490
143	130	4600
144	131	4565

145	132	4770
146	133	4925
147	134	5195
148	135	5300
149	136	5380
150	137	5505
151	138	4705
152	139	4920
153	140	5090
154	141	4680
155	142	4805
156	143	5005
157	144	5120
158	145	5250
159	146	5365
160	147	6690
161	148	6850
162	149	6490
163	150	6645
164	151	7110
165	152	6950
166	153	6565
167	154	6705
168	155	6150
169	156	6300
170	157	6755
171	158	6900
172	159	5785
173	160	7080
174	161	6880

175	162	6035
176	163	6190
177	164	6300
178	165	6680
179	166	6820
180	167	5930
181	168	6040
182	169	6005
183	170	6210
184	171	6365
185	172	6635
186	173	6740
187	174	6820
188	175	6945
189	176	6145
190	177	6360
191	178	6530
192	179	6135
193	180	6495
194	181	6660
195	182	6790
196	183	6265
197	184	6380
198	185	6120
199	186	6245
200	187	6445
201	188	6560
202	189	6690
203	190	6805
204	191	6385

205	192	6235
206	193	7595
207	194	7735
208	195	8130
209	196	8290
210	197	8300
211	198	8445
212	199	7930
213	200	8085
214	201	7265
215	202	7420
216	203	8005
217	204	8145
218	205	7590
219	206	7740
220	207	8195
221	208	8340
222	209	8100
223	210	8230
224	211	7255
225	212	8480
226	213	8320
227	214	7475
228	215	7630
229	216	7740
230	217	8120
231	218	8260
232	219	7370
233	220	7480
234	221	7445

235	222	7650
236	223	7805
237	224	8075
238	225	8180
239	226	8260
240	227	7585
241	228	7800
242	229	7970
243	230	7575
244	231	7935
245	232	7560
246	233	7685
247	234	7885
248	235	8000
249	236	8130
250	237	8245
251	238	8385
252	239	8630
253	240	8790
254	241	8930
255	242	9035
256	243	9175
257	244	9570
258	245	9730
259	246	9740
260	247	9885
261	248	9370
262	249	9525
263	250	9990
264	251	9830

265	252	9445
266	253	9585
267	254	9030
268	255	9180
269	256	9635
270	257	9780
271	258	8735
272	259	9910
273	260	9760
274	261	8915
275	262	9070
276	263	9180
277	264	9560
278	265	9700
279	266	8885
280	267	9090
281	268	9245
282	269	9515
283	270	9620
284	271	9700
285	272	9825
286	273	9025
287	274	9240
288	275	9410
289	276	9015
290	277	9375
291	278	9540
292	279	9670
293	280	9145
294	281	9260

295 282 9000

296 283 9125

297 284 9325

298 285 9440

299 286 9570

300 287 9685

301

302 /

303

304 parameters $vz(n)$

305 /

306 1 145

307 2 395

308 3 1025

309 4 1190

310 5 845

311 6 1010

312 7 160

313 8 320

314 9 905

315 10 1050

316 11 490

317 12 650

318 13 1095

319 14 1250

320 15 125

321 16 385

322 17 500

323 18 610

324 19 990

325	20	1130
326	21	235
327	22	345
328	23	310
329	24	515
330	25	670
331	26	940
332	27	1045
333	28	1125
334	29	1250
335	30	450
336	31	695
337	32	870
338	33	465
339	34	820
340	35	435
341	36	560
342	37	755
343	38	880
344	39	1005
345	40	1120
346	41	715
347	42	565
348	43	1930
349	44	2075
350	45	2465
351	46	2630
352	47	2285
353	48	2450
354	49	2345



355	50	2490
356	51	1930
357	52	2090
358	53	2535
359	54	2690
360	55	1940
361	56	2050
362	57	2430
363	58	2570
364	59	1675
365	60	1785
366	61	1750
367	62	1955
368	63	2110
369	64	2380
370	65	2485
371	66	2565
372	67	2690
373	68	1890
374	69	2135
375	70	2310
376	71	1875
377	72	2000
378	73	2195
379	74	2320
380	75	2445
381	76	2560
382	77	3370
383	78	3515
384	79	3905

385	80	4070
386	81	3725
387	82	3890
388	83	3785
389	84	3930
390	85	3370
391	86	3530
392	87	3975
393	88	4130
394	89	3380
395	90	3490
396	91	3870
397	92	4010
398	93	3115
399	94	3225
400	95	3395
401	96	3550
402	97	3820
403	98	3925
404	99	4005
405	100	4130
406	101	3575
407	102	3750
408	103	3315
409	104	3440
410	105	3635
411	106	3760
412	107	3885
413	108	4000
414	109	3595



415	110	3445
416	111	4810
417	112	4955
418	113	5345
419	114	5510
420	115	5165
421	116	5330
422	117	5225
423	118	5370
424	119	4810
425	120	4970
426	121	5415
427	122	5570
428	123	5700
429	124	5540
430	125	4820
431	126	4930
432	127	5310
433	128	5450
434	129	4555
435	130	4665
436	131	4630
437	132	4835
438	133	4990
439	134	5260
440	135	5365
441	136	5445
442	137	5570
443	138	4770
444	139	5015



445	140	5190
446	141	4755
447	142	4880
448	143	5075
449	144	5200
450	145	5325
451	146	5440
452	147	6785
453	148	6950
454	149	6605
455	150	6770
456	151	7199
457	152	7045
458	153	6665
459	154	6810
460	155	6250
461	156	6410
462	157	6855
463	158	7010
464	159	5885
465	160	7195
466	161	6980
467	162	6145
468	163	6260
469	164	6370
470	165	6750
471	166	6890
472	167	5995
473	168	6105
474	169	6070



475	170	6275
476	171	6430
477	172	6700
478	173	6805
479	174	6885
480	175	7010
481	176	6210
482	177	6455
483	178	6630
484	179	6225
485	180	6580
486	181	6750
487	182	6885
488	183	6340
489	184	6455
490	185	6195
491	186	6320
492	187	6515
493	188	6640
494	189	6765
495	190	6880
496	191	6475
497	192	6325
498	193	7690
499	194	7835
500	195	8225
501	196	8390
502	197	8395
503	198	8545
504	199	8045

505	200	8210
506	201	7360
507	202	7520
508	203	8105
509	204	8250
510	205	7690
511	206	7850
512	207	8295
513	208	8450
514	209	8195
515	210	8325
516	211	7355
517	212	8590
518	213	8420
519	214	7585
520	215	7700
521	216	7810
522	217	8190
523	218	8330
524	219	7435
525	220	7545
526	221	7510
527	222	7715
528	223	7870
529	224	8140
530	225	8245
531	226	8325
532	227	7650
533	228	7895
534	229	8070

535	230	7665
536	231	8020
537	232	7635
538	233	7760
539	234	7955
540	235	8080
541	236	8205
542	237	8320
543	238	8570
544	239	7365
545	240	8890
546	241	9035
547	242	9130
548	243	9275
549	244	9665
550	245	9830
551	246	9835
552	247	9980
553	248	9485
554	249	9650
555	250	10079
556	251	9925
557	252	9545
558	253	9690
559	254	9130
560	255	9290
561	256	9735
562	257	9890
563	258	8835
564	259	10020

565	260	9860
566	261	9025
567	262	9140
568	263	9250
569	264	9630
570	265	9770
571	266	8950
572	267	9155
573	268	9310
574	269	9580
575	270	9685
576	271	9765
577	272	9890
578	273	9090
579	274	9335
580	275	9510
581	276	9105
582	277	9460
583	278	9630
584	279	9765
585	280	9220
586	281	9335
587	282	9075
588	283	9200
589	284	9395
590	285	9520
591	286	9645
592	287	9760
593		
594		

595 /;

596

597 parameters ky(n)

598 /

599

600 1 IST

601 2 ADA

602 3 IST

603 4 ADA

604 5 IST

605 6 DIY

606 7 IST

607 8 GZT

608 9 IST

609 10 MLX

610 11 IST

611 12 TZX

612 13 IST

613 14 TZX

614 15 IST

615 16 TZX

616 17 IST

617 18 BJV

618 19 IST

619 20 BJV

620 21 IST

621 22 ADB

622 23 IST

623 24 IST

624 25 ADB

625 26 IST
626 27 ADB
627 28 IST
628 29 ADB
629 30 ADB
630 31 IST
631 32 SZF
632 33 IST
633 34 ECN
634 35 IST
635 36 AYT
636 37 IST
637 38 AYT
638 39 IST
639 40 AYT
640 41 ODS
641 42 IST
642 43 IST
643 44 ADA
644 45 IST
645 46 ADA
646 47 IST
647 48 DIY
648 49 IST
649 50 MLX
650 51 IST
651 52 TZX
652 53 IST
653 54 TZX
654 55 IST

655 56 BJV
656 57 IST
657 58 BJV
658 59 IST
659 60 ADB
660 61 IST
661 62 IST
662 63 ADB
663 64 IST
664 65 ADB
665 66 IST
666 67 ADB
667 68 ADB
668 69 IST
669 70 SZF
670 71 IST
671 72 AYT
672 73 IST
673 74 AYT
674 75 IST
675 76 AYT
676 77 IST
677 78 ADA
678 79 IST
679 80 ADA
680 81 IST
681 82 DIY
682 83 IST
683 84 MLX
684 85 IST

685 86 TZX
686 87 IST
687 88 TZX
688 89 IST
689 90 BJV
690 91 IST
691 92 BJV
692 93 IST
693 94 ADB
694 95 IST
695 96 ADB
696 97 IST
697 98 ADB
698 99 IST
699 100 ADB
700 101 IST
701 102 SZF
702 103 IST
703 104 AYT
704 105 IST
705 106 AYT
706 107 IST
707 108 AYT
708 109 ODS
709 110 IST
710 111 IST
711 112 ADA
712 113 IST
713 114 ADA
714 115 IST

715 116 DIY
716 117 IST
717 118 MLX
718 119 IST
719 120 TZX
720 121 IST
721 122 TZX
722 123 TZX
723 124 IST
724 125 IST
725 126 BJV
726 127 IST
727 128 BJV
728 129 IST
729 130 ADB
730 131 IST
731 132 IST
732 133 ADB
733 134 IST
734 135 ADB
735 136 IST
736 137 ADB
737 138 ADB
738 139 IST
739 140 SZF
740 141 IST
741 142 AYT
742 143 IST
743 144 AYT
744 145 IST

745 146 AYT
746 147 IST
747 148 ADA
748 149 IST
749 150 DIY
750 151 GZT
751 152 IST
752 153 IST
753 154 MLX
754 155 IST
755 156 TZX
756 157 IST
757 158 TZX
758 159 IST
759 160 TZX
760 161 IST
761 162 TZX
762 163 IST
763 164 BJV
764 165 IST
765 166 BJV
766 167 IST
767 168 ADB
768 169 IST
769 170 IST
770 171 ADB
771 172 IST
772 173 ADB
773 174 IST
774 175 ADB

775 176 ADB
776 177 IST
777 178 SZF
778 179 IST
779 180 ECN
780 181 IST
781 182 ECN
782 183 ECN
783 184 DIY
784 185 IST
785 186 AYT
786 187 IST
787 188 AYT
788 189 IST
789 190 AYT
790 191 ODS
791 192 IST
792 193 IST
793 194 ADA
794 195 IST
795 196 ADA
796 197 IST
797 198 ADA
798 199 IST
799 200 DIY
800 201 IST
801 202 GZT
802 203 IST
803 204 MLX
804 205 IST

805	206	TZX
806	207	IST
807	208	TZX
808	209	IST
809	210	TZX
810	211	IST
811	212	TZX
812	213	IST
813	214	TZX
814	215	IST
815	216	BJV
816	217	IST
817	218	BJV
818	219	IST
819	220	ADB
820	221	IST
821	222	IST
822	223	ADB
823	224	IST
824	225	ADB
825	226	IST
826	227	ADB
827	228	IST
828	229	SZF
829	230	IST
830	231	ECN
831	232	IST
832	233	AYT
833	234	IST
834	235	AYT

835 236 IST
836 237 AYT
837 238 ADB
838 239 NUE
839 240 IST
840 241 ADA
841 242 IST
842 243 ADA
843 244 IST
844 245 ADA
845 246 IST
846 247 ADA
847 248 IST
848 249 DIY
849 250 GZT
850 251 IST
851 252 IST
852 253 MLX
853 254 IST
854 255 TZX
855 256 IST
856 257 TZX
857 258 IST
858 259 TZX
859 260 IST
860 261 TZX
861 262 IST
862 263 BJV
863 264 IST
864 265 BJV

865 266 IST
866 267 IST
867 268 ADB
868 269 IST
869 270 ADB
870 271 IST
871 272 ADB
872 273 ADB
873 274 IST
874 275 SZF
875 276 IST
876 277 ECN
877 278 IST
878 279 ECN
879 280 ECN
880 281 DIY
881 282 IST
882 283 AYT
883 284 IST
884 285 AYT
885 286 IST
886 287 AYT
887
888
889 /;
890
891 parameters vy(n)
892 /
893 1 ADA
894 2 IST

895 3 ADA
896 4 IST
897 5 DIY
898 6 IST
899 7 GZT
900 8 IST
901 9 MLX
902 10 IST
903 11 TZX
904 12 IST
905 13 TZX
906 14 IST
907 15 TZX
908 16 IST
909 17 BJV
910 18 IST
911 19 BJV
912 20 IST
913 21 ADB
914 22 IST
915 23 ADB
916 24 ADB
917 25 IST
918 26 ADB
919 27 IST
920 28 ADB
921 29 IST
922 30 IST
923 31 SZF
924 32 IST

925 33 ECN
926 34 IST
927 35 AYT
928 36 IST
929 37 AYT
930 38 IST
931 39 AYT
932 40 IST
933 41 IST
934 42 ODS
935 43 ADA
936 44 IST
937 45 ADA
938 46 IST
939 47 DIY
940 48 IST
941 49 MLX
942 50 IST
943 51 TZX
944 52 IST
945 53 TZX
946 54 IST
947 55 BJV
948 56 IST
949 57 BJV
950 58 IST
951 59 ADB
952 60 IST
953 61 ADB
954 62 ADB

955 63 IST
956 64 ADB
957 65 IST
958 66 ADB
959 67 IST
960 68 IST
961 69 SZF
962 70 IST
963 71 AYT
964 72 IST
965 73 AYT
966 74 IST
967 75 AYT
968 76 IST
969 77 ADA
970 78 IST
971 79 ADA
972 80 IST
973 81 DIY
974 82 IST
975 83 MLX
976 84 IST
977 85 TZX
978 86 IST
979 87 TZX
980 88 IST
981 89 BJV
982 90 IST
983 91 BJV
984 92 IST

985 93 ADB
986 94 IST
987 95 ADB
988 96 IST
989 97 ADB
990 98 IST
991 99 ADB
992 100 IST
993 101 SZF
994 102 IST
995 103 AYT
996 104 IST
997 105 AYT
998 106 IST
999 107 AYT
1000 108 IST
1001 109 IST
1002 110 ODS
1003 111 ADA
1004 112 IST
1005 113 ADA
1006 114 IST
1007 115 DIY
1008 116 IST
1009 117 MLX
1010 118 IST
1011 119 TZX
1012 120 IST
1013 121 TZX
1014 122 IST

1015 123 IST
1016 124 TZX
1017 125 BJV
1018 126 IST
1019 127 BJV
1020 128 IST
1021 129 ADB
1022 130 IST
1023 131 ADB
1024 132 ADB
1025 133 IST
1026 134 ADB
1027 135 IST
1028 136 ADB
1029 137 IST
1030 138 IST
1031 139 SZF
1032 140 IST
1033 141 AYT
1034 142 IST
1035 143 AYT
1036 144 IST
1037 145 AYT
1038 146 IST
1039 147 ADA
1040 148 IST
1041 149 DIY
1042 150 IST
1043 151 IST
1044 152 GZT

1045	153	MLX
1046	154	IST
1047	155	TZX
1048	156	IST
1049	157	TZX
1050	158	IST
1051	159	TZX
1052	160	IST
1053	161	TZX
1054	162	IST
1055	163	BJV
1056	164	IST
1057	165	BJV
1058	166	IST
1059	167	ADB
1060	168	IST
1061	169	ADB
1062	170	ADB
1063	171	IST
1064	172	ADB
1065	173	IST
1066	174	ADB
1067	175	IST
1068	176	IST
1069	177	SZF
1070	178	IST
1071	179	ECN
1072	180	IST
1073	181	ECN
1074	182	IST

1075 183 DIY
1076 184 ECN
1077 185 AYT
1078 186 IST
1079 187 AYT
1080 188 IST
1081 189 AYT
1082 190 IST
1083 191 IST
1084 192 ODS
1085 193 ADA
1086 194 IST
1087 195 ADA
1088 196 IST
1089 197 ADA
1090 198 IST
1091 199 DIY
1092 200 IST
1093 201 GZT
1094 202 IST
1095 203 MLX
1096 204 IST
1097 205 TZX
1098 206 IST
1099 207 TZX
1100 208 IST
1101 209 TZX
1102 210 IST
1103 211 TZX
1104 212 IST

1105 213 TZX
1106 214 IST
1107 215 BJV
1108 216 IST
1109 217 BJV
1110 218 IST
1111 219 ADB
1112 220 IST
1113 221 ADB
1114 222 ADB
1115 223 IST
1116 224 ADB
1117 225 IST
1118 226 ADB
1119 227 IST
1120 228 SZF
1121 229 IST
1122 230 ECN
1123 231 IST
1124 232 AYT
1125 233 IST
1126 234 AYT
1127 235 IST
1128 236 AYT
1129 237 IST
1130 238 NUE
1131 239 ADB
1132 240 ADA
1133 241 IST
1134 242 ADA

1135 243 IST
1136 244 ADA
1137 245 IST
1138 246 ADA
1139 247 IST
1140 248 DIY
1141 249 IST
1142 250 IST
1143 251 GZT
1144 252 MLX
1145 253 IST
1146 254 TZX
1147 255 IST
1148 256 TZX
1149 257 IST
1150 258 TZX
1151 259 IST
1152 260 TZX
1153 261 IST
1154 262 BJV
1155 263 IST
1156 264 BJV
1157 265 IST
1158 266 ADB
1159 267 ADB
1160 268 IST
1161 269 ADB
1162 270 IST
1163 271 ADB
1164 272 IST

1165 273 IST
1166 274 SZF
1167 275 IST
1168 276 ECN
1169 277 IST
1170 278 ECN
1171 279 IST
1172 280 DIY
1173 281 ECN
1174 282 AYT
1175 283 IST
1176 284 AYT
1177 285 IST
1178 286 AYT
1179 287 IST

1180

1181

1182

1183 /;

1184

1185 parameter ucussure(n),mola(n,nn),ue4(i,j,k,l),

1186 maliyetue4(i,j,k,l);

1187 ucussure(n)=vz(n)-kz(n);

1188 mola(n,nn)=kz(nn)-vz(n);

1189 parameter top4,top5;

1190

1191 ue4(i,j,k,l)\$((ord(i)<>ord(j)) and (ord(i)<>ord(k)) and (ord(i)<>ord(l)) a

nd

1192 (ord(j)<>ord(k)) and (ord(j)<>ord(l))and (ord(k)<>ord(l))and

1193 (ky(i)=IST) and (vy(l)=IST) and (vy(i)=ky(j))and (vy(j)=ky(k)) and

```

1194 (vy(k)=ky(l))and (mola(i,j)>=30) and (mola(i,j)<=300) and (mola(j,k)>=30)
      and
1195 (mola(j,k)<=300) and (mola(k,l)>=30) and (mola(k,l)<=300) and
1196 ((ucussure(i)+ucussure(j)+ucussure(k)+ucussure(l))<=390) and
1197 ((ucussure(i)+mola(i,j)+ucussure(j)+mola(j,k)+ucussure(k)+mola(k,l)+
1198 ucussure(l))<=840))=1;
1199 top4=sum((i,j,k,l),ue4(i,j,k,l));
1200
1201 maliyetue4(i,j,k,l)$ue4(i,j,k,l)=1)=max((ucussure(i)+ucussure(j)+
1202 ucussure(k)+ucussure(l)),(ucussure(i)+mola(i,j)+ucussure(j)+mola(j,k)+
1203 ucussure(k)+mola(k,l)+ucussure(l))*0.6 , 120);
1204
1205 display ue4,top4,maliyetue4;

```

**** LIST OF STRAY NAMES - CHECK DECLARATIONS FOR SPURIOUS COMMAS

**** STRAY NAME top5 OF TYPE PARA

COMPILATION TIME = 0.016 SECONDS 3.2 Mb WIN216-141 Jan 24, 2005

GAMS Rev 141 Intel /MS Window

11/16/17 10:47:36 Page 2

General Algebraic Modeling System

Execution

---- 1205 PARAMETER ue4

INDEX 1 = 1

18 25 38 41

2.17 1.000

2.24 1.000

2.37 1.000

2.42 1.000

INDEX 1 = 5

29

6.28 1.000

INDEX 1 = 7

18 25 32 34 36 41

8.17 1.000

8.24 1.000

8.31 1.000

8.33 1.000

8.35 1.000

8.42 1.000

INDEX 1 = 11

20 27 38 40

12.19 1.000

12.26 1.000

12.37 1.000 1.000

12.39 1.000

INDEX 1 = 15

18 25 41

16.17 1.000

16.24 1.000

16.42 1.000

INDEX 1 = 17

6 10 27 29 38 40

18.5 1.000

18.9 1.000

18.26 1.000 1.000

18.37 1.000 1.000

INDEX 1 = 21

6 12 18 25 32 34

22.11 1.000

22.17 1.000

22.24 1.000

22.31 1.000

22.33 1.000

30.5 1.000

30.31 1.000

+ 38 41

22.42 1.000

30.37 1.000

INDEX 1 = 23

6 10 27 32 38

25.5 1.000

25.9 1.000

25.26 1.000

30.5 1.000

30.31 1.000
30.37 1.000

INDEX 1 = 24

4 6 10 20 27 29
25.3 1.000
25.5 1.000
25.9 1.000
25.19 1.000
25.26 1.000 1.000

+ 40
25.39 1.000

INDEX 1 = 31

4 20 29 40
32.3 1.000
32.19 1.000
32.28 1.000
32.39 1.000

INDEX 1 = 33

4 20 27 40
34.3 1.000
34.19 1.000
34.26 1.000
34.39 1.000

INDEX 1 = 35

6 10 32 38 40

36.5 1.000
 36.9 1.000
 36.31 1.000
 36.37 1.000 1.000

INDEX 1 = 37

4 14 20 29 40
 38.3 1.000
 38.13 1.000
 38.19 1.000
 38.28 1.000
 38.39 1.000

INDEX 1 = 42

4 10 14 20 27 29
 41.3 1.000
 41.9 1.000
 41.13 1.000
 41.19 1.000
 41.26 1.000 1.000

+ 40
 41.39 1.000

INDEX 1 = 43

46 58 65 74 76
 44.45 1.000
 44.57 1.000
 44.64 1.000
 44.73 1.000 1.000

44.75 1.000

INDEX 1 = 47

67

48.66 1.000

INDEX 1 = 51

58 65 74 76

52.57 1.000

52.64 1.000

52.73 1.000 1.000

52.75 1.000

INDEX 1 = 55

48 50 65 67 74 76

56.47 1.000

56.49 1.000

56.64 1.000 1.000

56.73 1.000 1.000

INDEX 1 = 59

44 48 52 56 63 70

60.43 1.000

60.51 1.000

60.55 1.000

60.62 1.000

60.69 1.000

68.47 1.000

68.69 1.000

+ 74
68.73 1.000

INDEX 1 = 61

	48	50	65	70	74
63.47	1.000				
63.49		1.000			
63.64			1.000		
68.47	1.000				
68.69			1.000		
68.73				1.000	

INDEX 1 = 62

	46	48	50	58	65	67
63.45	1.000					
63.47		1.000				
63.49			1.000			
63.57				1.000		
63.64					1.000	1.000

+ 76
63.75 1.000

INDEX 1 = 69

	46	58	67	76
70.45	1.000			
70.57		1.000		
70.66			1.000	
70.75				1.000

INDEX 1 = 71

48 50 70 74 76

72.47 1.000

72.49 1.000

72.69 1.000

72.73 1.000 1.000

INDEX 1 = 73

46 54 58 67 76

74.45 1.000

74.53 1.000

74.57 1.000

74.66 1.000

74.75 1.000

INDEX 1 = 77

80 92 98 106 108

78.79 1.000

78.91 1.000

78.97 1.000

78.105 1.000 1.000

78.107 1.000

INDEX 1 = 81

100

82.99 1.000

INDEX 1 = 85

92 98 106 108

86.91 1.000

86.97 1.000

86.105 1.000 1.000

86.107 1.000

INDEX 1 = 89

82 84 98 100 106 108

90.81 1.000

90.83 1.000

90.97 1.000 1.000

90.105 1.000 1.000

INDEX 1 = 93

78 86 90 96 102 109

94.77 1.000

94.85 1.000

94.89 1.000

94.95 1.000

94.101 1.000

94.110 1.000

INDEX 1 = 95

80 82 84 92 98 100

96.79 1.000

96.81 1.000

96.83 1.000

96.91 1.000

96.97 1.000 1.000

+ 108

96.107 1.000

INDEX 1 = 101

	80	92	100	108
102.79	1.000			
102.91		1.000		
102.99			1.000	
102.107				1.000

INDEX 1 = 103

	82	84	102	106	108
104.81	1.000				
104.83		1.000			
104.101			1.000		
104.105				1.000	1.000

INDEX 1 = 105

	80	88	92	100	108
106.79	1.000				
106.87		1.000			
106.91			1.000		
106.99				1.000	
106.107					1.000

INDEX 1 = 110

	80	84	88	92	98	100
109.79	1.000					
109.83		1.000				
109.87			1.000			
109.91				1.000		
109.97					1.000	1.000
+	108					
109.107	1.000					

INDEX 1 = 111

	114	128	135	144	146
112.113	1.000				
112.127		1.000			
112.134			1.000		
112.143			1.000	1.000	
112.145				1.000	

INDEX 1 = 115

137
116.136 1.000

INDEX 1 = 119

	128	135	144	146
120.127	1.000			
120.134		1.000		
120.143		1.000	1.000	
120.145			1.000	

INDEX 1 = 121

168
123.167 1.000

INDEX 1 = 124

168 176
123.167 1.000 1.000

INDEX 1 = 125

116 118 135 137 144 146

126.115	1.000				
126.117		1.000			
126.134			1.000	1.000	
126.143				1.000	1.000

INDEX 1 = 129

	112	116	120	126	133	140
130.111	1.000					
130.119			1.000			
130.125				1.000		
130.132					1.000	
130.139						1.000
138.115		1.000				
138.139					1.000	
+ 144						
138.143	1.000					

INDEX 1 = 131

	116	118	135	140	144
133.115	1.000				
133.117		1.000			
133.134			1.000		
138.115	1.000				
138.139			1.000		
138.143				1.000	

INDEX 1 = 132

	114	116	118	128	135	137
133.113	1.000					
133.115		1.000				

133.117 1.000
133.127 1.000
133.134 1.000 1.000

+ 146

133.145 1.000

INDEX 1 = 134

123

135.124 1.000

INDEX 1 = 136

162

137.159 1.000

INDEX 1 = 139

114 128 137 146

140.113 1.000

140.127 1.000

140.136 1.000

140.145 1.000

INDEX 1 = 141

116 118 140 144 146

142.115 1.000

142.117 1.000

142.139 1.000

142.143 1.000 1.000

INDEX 1 = 143

114 122 123 128 137 146

144.113	1.000		
144.121		1.000	1.000
144.124		1.000	
144.127			1.000
144.136			1.000
144.145			1.000

INDEX 1 = 149

175

150.174	1.000		
---------	-------	--	--

INDEX 1 = 152

202	220	227	
-----	-----	-----	--

151.201	1.000		
---------	-------	--	--

151.219		1.000	1.000
---------	--	-------	-------

151.221		1.000	
---------	--	-------	--

INDEX 1 = 153

151

154.152	1.000		
---------	-------	--	--

INDEX 1 = 155

166	173	188	190
-----	-----	-----	-----

156.165	1.000		
---------	-------	--	--

156.172		1.000	
---------	--	-------	--

156.187		1.000	1.000
---------	--	-------	-------

156.189			1.000
---------	--	--	-------

INDEX 1 = 157

220

160.219 1.000

INDEX 1 = 159

164 171 191

162.163 1.000

162.170 1.000

162.192 1.000

INDEX 1 = 161

220 227

160.219 1.000 1.000

160.221 1.000

INDEX 1 = 163

150 154 173 175 182 188

164.149 1.000

164.153 1.000

164.172 1.000 1.000

164.181 1.000

164.187 1.000

+ 190

164.187 1.000

INDEX 1 = 165

151

166.152 1.000

INDEX 1 = 167

150 156 164 171 178 180

168.155	1.000				
168.163		1.000			
168.170			1.000		
168.177				1.000	
168.179					1.000
176.149	1.000				
176.177				1.000	
+	188	191			
168.192	1.000				
176.187	1.000				

INDEX 1 = 169

	150	154	173	178	188		
171.149	1.000						
171.153		1.000					
171.172			1.000				
176.149	1.000						
176.177				1.000			
176.187					1.000		

INDEX 1 = 170

	148	150	154	166	173	175	
171.147	1.000						
171.149		1.000					
171.153			1.000				
171.165				1.000			
171.172					1.000	1.000	
+	182	190					
171.181	1.000						

171.189 1.000

INDEX 1 = 172

151 160

173.152 1.000

173.161 1.000

INDEX 1 = 174

202 214

175.201 1.000

175.211 1.000

INDEX 1 = 177

148 166 175 182 190

178.147 1.000

178.165 1.000

178.174 1.000

178.181 1.000

178.189 1.000

INDEX 1 = 179

148 166 173 180 182 190

180.147 1.000

180.165 1.000

180.172 1.000

180.181 1.000

180.189 1.000

183.184 1.000

INDEX 1 = 181

151

182.152 1.000

INDEX 1 = 185

150 154 178 188 190

186.149 1.000

186.153 1.000

186.177 1.000

186.187 1.000 1.000

INDEX 1 = 187

148 151 158 160 166 175

188.147 1.000

188.157 1.000 1.000

188.161 1.000

188.165 1.000

188.174 1.000

190.152 1.000

+ 190

188.189 1.000

INDEX 1 = 189

151

190.152 1.000

INDEX 1 = 192

148 154 158 166 173 175

191.147	1.000				
191.153		1.000			
191.157			1.000		
191.165				1.000	
191.172					1.000
	182	190			
191.181	1.000				
191.189		1.000			

INDEX 1 = 193

	196	210	218	225	235	237
194.195	1.000					
194.209		1.000				
194.217			1.000			
194.224				1.000		
194.234					1.000	1.000
194.236						1.000

INDEX 1 = 201

	194	216	223	229	231	233
202.193	1.000					
202.215		1.000				
202.222			1.000			
202.228				1.000		
202.230					1.000	
202.232						1.000

INDEX 1 = 205

	218	225	235	237
206.217	1.000			

206.224	1.000		
206.234		1.000	1.000
206.236			1.000

INDEX 1 = 211

	216	223	235
214.215	1.000		
214.222		1.000	
214.234			1.000

INDEX 1 = 213

	273
212.266	1.000

INDEX 1 = 215

	200	204	208	210	225	235
216.199	1.000					
216.203		1.000				
216.209			1.000	1.000		
216.224				1.000		
216.234					1.000	
+	237					
216.234	1.000					

INDEX 1 = 219

	194	200	206	216	223	229
220.193	1.000					
220.205			1.000			
220.215				1.000		
220.222					1.000	

220.228			1.000
227.199	1.000		
227.228			1.000
+	231	235	
220.230	1.000		
227.234	1.000		

INDEX 1 = 221

	200	204	225	229	235
223.199	1.000				
223.203		1.000			
223.224			1.000		
227.199	1.000				
227.228			1.000		
227.234				1.000	

INDEX 1 = 222

	196	200	204	208	210	218
223.195	1.000					
223.199		1.000				
223.203			1.000			
223.209				1.000	1.000	
223.217						1.000
+	225	237				
223.224	1.000					
223.236		1.000				

INDEX 1 = 224

198	212	220	227
-----	-----	-----	-----

225.197	1.000		
225.213		1.000	
238.239		1.000	1.000

INDEX 1 = 226

	220	227	
238.239	1.000	1.000	

INDEX 1 = 228

	196	198	210	218	237
229.195	1.000	1.000			
229.197		1.000			
229.209			1.000		
229.217				1.000	
229.236					1.000

INDEX 1 = 230

	196	210	218	225	237
231.195	1.000				
231.209		1.000			
231.217			1.000		
231.224				1.000	
231.236					1.000

INDEX 1 = 232

	200	204	229	235	237
233.199	1.000				
233.203		1.000			
233.228			1.000		
233.234				1.000	1.000

INDEX 1 = 234

	196	198	208	212	218	237
235.195	1.000	1.000				
235.197		1.000				
235.207			1.000	1.000		
235.213				1.000		
235.217					1.000	
235.236						1.000

INDEX 1 = 240

	263	268	285
241.262	1.000		
241.267		1.000	
241.284			1.000
243.284			1.000

INDEX 1 = 242

	245	265	270	279	285	287
243.244	1.000					
243.264		1.000				
243.269			1.000			
243.278				1.000		
243.284					1.000	1.000
243.286						1.000

INDEX 1 = 248

	272
249.271	1.000

INDEX 1 = 252

250

253.251 1.000

INDEX 1 = 254

265 270 285 287

255.264 1.000

255.269 1.000

255.284 1.000 1.000

255.286 1.000

INDEX 1 = 258

263 268 285

261.262 1.000

261.267 1.000

261.284 1.000

INDEX 1 = 262

249 253 270 272 279 285

263.248 1.000

263.252 1.000

263.269 1.000 1.000

263.278 1.000

263.284 1.000

+ 287

263.284 1.000

INDEX 1 = 264

250

265.251 1.000

INDEX 1 = 266

249 253 270 275 285

268.248 1.000

268.252 1.000

268.269 1.000

273.248 1.000

273.274 1.000

273.284 1.000

INDEX 1 = 267

245 249 253 265 270 272

268.244 1.000

268.248 1.000

268.252 1.000

268.264 1.000

268.269 1.000 1.000

+ 279 287

268.278 1.000

268.286 1.000

INDEX 1 = 269

247 250 259

270.246 1.000

270.251 1.000

270.260 1.000

INDEX 1 = 274

	245	247	265	272	279	287
275.244	1.000	1.000				
275.246		1.000				
275.264			1.000			
275.271				1.000		
275.278					1.000	
275.286						1.000

INDEX 1 = 276

	245	265	270	277	279	287
277.244	1.000					
277.264		1.000				
277.269			1.000			
277.278				1.000		
277.286					1.000	
280.281				1.000		

INDEX 1 = 278

	250
279.251	1.000

INDEX 1 = 282

	249	253	275	285	287
283.248	1.000				
283.252		1.000			
283.274			1.000		
283.284				1.000	1.000

INDEX 1 = 284

	245	247	250	257	259	265
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----

285.244	1.000	1.000	
285.246		1.000	
285.256			1.000 1.000
285.260			1.000
285.264			1.000
287.251		1.000	
+	272	287	
285.271	1.000		
285.286		1.000	

INDEX 1 = 286

250

287.251 1.000

---- **1205 PARAMETER top4 = 482.000**

---- **1205 PARAMETER maliyetue4**

INDEX 1 = 1

18 25 38 41

2.17 345.000

2.24 375.000

2.37 501.000

2.42 402.000

INDEX 1 = 5

29

6.28 370.000

INDEX 1 = 7

	18	25	32	34	36	41
8.17	335.000					
8.24		363.000				
8.31			483.000			
8.33				453.000		
8.35					345.000	
8.42						390.000

INDEX 1 = 11

	20	27	38	40
12.19	444.000			
12.26		393.000		
12.37			360.000	438.000
12.39				438.000

INDEX 1 = 15

	18	25	41
16.17	351.000		
16.24		387.000	
16.42			414.000

INDEX 1 = 17

	6	10	27	29	38	40
18.5	380.000					
18.9		372.000				
18.26			369.000	492.000		
18.37					290.000	414.000

INDEX 1 = 21

	6	12	18	25	32	34
--	---	----	----	----	----	----

22.11 340.000
 22.17 270.000
 22.24 300.000
 22.31 420.000
 22.33 390.000
 30.5 504.000

30.31 420.000
 + 38 41

22.42 327.000

30.37 426.000

INDEX 1 = 23

6 10 27 32 38

25.5 459.000

25.9 483.000

25.26 480.000

30.5 459.000

30.31 375.000

30.37 381.000

INDEX 1 = 24

4 6 10 20 27 29

25.3 444.000

25.5 370.000

25.9 360.000

25.19 408.000

25.26 357.000 480.000

+ 40

25.39 402.000

INDEX 1 = 31

	4	20	29	40
32.3	390.000			
32.19		335.000		
32.28			390.000	
32.39				345.000

INDEX 1 = 33

	4	20	27	40
34.3	489.000			
34.19		453.000		
34.26			402.000	
34.39				447.000

INDEX 1 = 35

	6	10	32	38	40
36.5	390.000				
36.9		414.000			
36.31			345.000		
36.37				312.000	456.000

INDEX 1 = 37

	4	14	20	29	40
38.3	345.000				
38.13		360.000			
38.19			290.000		
38.28				339.000	
38.39					300.000

INDEX 1 = 42

	4	10	14	20	27	29
41.3	429.000					
41.9		385.000				
41.13			465.000			
41.19				393.000		
41.26					342.000	465.000
+	40					
41.39	387.000					

INDEX 1 = 43

	46	58	65	74	76
44.45	477.000				
44.57		441.000			
44.64			390.000		
44.73				345.000	435.000
44.75					435.000

INDEX 1 = 47

	67
48.66	370.000

INDEX 1 = 51

	58	65	74	76
52.57	444.000			
52.64		393.000		
52.73			360.000	438.000
52.75				438.000

INDEX 1 = 55

	48	50	65	67	74	76
56.47	380.000					
56.49		372.000				
56.64			369.000	492.000		
56.73				290.000	414.000	

INDEX 1 = 59

	44	48	52	56	63	70
60.43	325.000					
60.51			340.000			
60.55				270.000		
60.62					300.000	
60.69						420.000
68.47		504.000				
68.69					420.000	
+	74					
68.73	426.000					

INDEX 1 = 61

	48	50	65	70	74
63.47	459.000				
63.49		483.000			
63.64			480.000		
68.47	459.000				
68.69			375.000		
68.73				381.000	

INDEX 1 = 62

	46	48	50	58	65	67
63.45	444.000					

63.47	370.000		
63.49		360.000	
63.57		408.000	
63.64		357.000	480.000
	+ 76		
63.75	402.000		

INDEX 1 = 69

	46	58	67	76
70.45	390.000			
70.57		335.000		
70.66			390.000	
70.75				345.000

INDEX 1 = 71

	48	50	70	74	76
72.47	390.000				
72.49		414.000			
72.69			345.000		
72.73				312.000	456.000

INDEX 1 = 73

	46	54	58	67	76
74.45	345.000				
74.53		360.000			
74.57			290.000		
74.66				339.000	
74.75					300.000

INDEX 1 = 77

	80	92	98	106	108
78.79	477.000				
78.91		441.000			
78.97			390.000		
78.105				345.000	435.000
78.107				435.000	

INDEX 1 = 81

	100
82.99	370.000

INDEX 1 = 85

	92	98	106	108
86.91	444.000			
86.97		393.000		
86.105			360.000	438.000
86.107			438.000	

INDEX 1 = 89

	82	84	98	100	106	108
90.81	380.000					
90.83		372.000				
90.97			369.000	492.000		
90.105				290.000	414.000	

INDEX 1 = 93

	78	86	90	96	102	109
94.77	325.000					
94.85		340.000				
94.89			270.000			

94.95	300.000
94.101	420.000
94.110	327.000

INDEX 1 = 95

	80	82	84	92	98	100
96.79	444.000					
96.81		370.000				
96.83			360.000			
96.91				408.000		
96.97					357.000	480.000
+	108					
96.107	402.000					

INDEX 1 = 101

	80	92	100	108
102.79	390.000			
102.91		335.000		
102.99			390.000	
102.107				345.000

INDEX 1 = 103

	82	84	102	106	108
104.81	390.000				
104.83		414.000			
104.101			345.000		
104.105				312.000	456.000

INDEX 1 = 105

	80	88	92	100	108
--	----	----	----	-----	-----

106.79 345.000
106.87 360.000
106.91 290.000
106.99 339.000
106.107 300.000

INDEX 1 = 110

80 84 88 92 98 100
109.79 429.000

109.83 385.000
109.87 465.000
109.91 393.000
109.97 342.000 465.000
+ 108
109.107 387.000

INDEX 1 = 111

114 128 135 144 146
112.113 477.000
112.127 441.000
112.134 390.000
112.143 345.000 435.000
112.145 435.000

INDEX 1 = 115

137
116.136 370.000

INDEX 1 = 119

128 135 144 146
120.127 444.000

120.134 393.000
120.143 360.000 438.000
120.145 438.000

INDEX 1 = 121

168
123.167 474.000

INDEX 1 = 124

168 176
123.167 399.000 462.000

INDEX 1 = 125

116 118 135 137 144 146
126.115 380.000
126.117 372.000
126.134 369.000 492.000
126.143 290.000 414.000

INDEX 1 = 129

112 116 120 126 133 140
130.111 325.000
130.119 340.000
130.125 270.000
130.132 300.000
130.139 420.000
138.115 504.000
138.139 420.000
+ 144

138.143 426.000

INDEX 1 = 131

116 118 135 140 144

133.115 459.000

133.117 483.000

133.134 480.000

138.115 459.000

138.139 375.000

138.143 381.000

INDEX 1 = 132

114 116 118 128 135 137

133.113 444.000

133.115 370.000

133.117 360.000

133.127 408.000

133.134 357.000 480.000

+ 146

133.145 402.000

INDEX 1 = 134

123

135.124 340.000

INDEX 1 = 136

162

137.159 459.000

INDEX 1 = 139

	114	128	137	146
140.113	390.000			
140.127		335.000		
140.136			390.000	
140.145				345.000

INDEX 1 = 141

	116	118	140	144	146
142.115	390.000				
142.117		414.000			
142.139			345.000		
142.143				312.000	456.000

INDEX 1 = 143

	114	122	123	128	137	146
144.113	345.000					
144.121		360.000	417.000			
144.124			417.000			
144.127				290.000		
144.136					339.000	
144.145						300.000

INDEX 1 = 149

	175
150.174	370.000

INDEX 1 = 152

	202	220	227
151.201	379.000		

151.219 357.000 420.000

151.221 420.000

INDEX 1 = 153

151

154.152 389.000

INDEX 1 = 155

166 173 188 190

156.165 444.000

156.172 393.000

156.187 360.000 438.000

156.189 438.000

INDEX 1 = 157

220

160.219 474.000

INDEX 1 = 159

164 171 191

162.163 351.000

162.170 387.000

162.192 414.000

INDEX 1 = 161

220 227

160.219 399.000 462.000

160.221 462.000

INDEX 1 = 163

	150	154	173	175	182	188
164.149	380.000					
164.153		372.000				
164.172			369.000	492.000		
164.181				417.000		
164.187					290.000	
+ 190						
164.187	414.000					

INDEX 1 = 165

	151	
166.152	324.000	

INDEX 1 = 167

	150	156	164	171	178	180
168.155		340.000				
168.163			270.000			
168.170				300.000		
168.177					420.000	
168.179						390.000
176.149	504.000					
176.177					420.000	
+ 188	191					
168.192		327.000				
176.187	426.000					

INDEX 1 = 169

	150	154	173	178	188
--	-----	-----	-----	-----	-----

171.149	459.000				
171.153		483.000			
171.172			480.000		
176.149	459.000				
176.177			375.000		
176.187				381.000	

INDEX 1 = 170

	148	150	154	166	173	175
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----

171.147	444.000					
171.149		370.000				
171.153			360.000			
171.165				408.000		
171.172					357.000	480.000
+	182	190				
171.181	405.000					
171.189		402.000				

INDEX 1 = 172

	151	160
173.152	338.400	
173.161		345.000

INDEX 1 = 174

	202	214
175.201	420.000	
175.211		459.000

INDEX 1 = 177

	148	166	175	182	190
178.147	390.000				
178.165		335.000			
178.174			390.000		
178.181				380.000	
178.189					345.000

INDEX 1 = 179

	148	166	173	180	182	190
180.147	489.000					
180.165		453.000				
180.172			402.000			
180.181				450.000		
180.189					447.000	
183.184			325.000			

INDEX 1 = 181

	151
182.152	369.000

INDEX 1 = 185

	150	154	178	188	190
186.149	390.000				
186.153		414.000			
186.177			345.000		
186.187				312.000	456.000

INDEX 1 = 187

	148	151	158	160	166	175
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----

188.147 345.000
 188.157 360.000 450.000
 188.161 450.000
 188.165 290.000
 188.174 339.000
 190.152 452.400
 + 190
 188.189 300.000

INDEX 1 = 189

151
 190.152 334.000

INDEX 1 = 192

148 154 158 166 173 175

191.147 429.000
 191.153 385.000
 191.157 465.000
 191.165 393.000
 191.172 342.000 465.000
 + 182 190
 191.181 390.000
 191.189 387.000

INDEX 1 = 193

196 210 218 225 235 237
 194.195 477.000
 194.209 438.000
 194.217 441.000

194.224	390.000	
194.234	345.000	435.000
194.236		435.000

INDEX 1 = 201

	194	216	223	229	231	233
202.193	390.000					
202.215		335.000				
202.222			363.000			
202.228				483.000		
202.230					453.000	
202.232						345.000

INDEX 1 = 205

	218	225	235	237
206.217	444.000			
206.224		393.000		
206.234			360.000	438.000
206.236				438.000

INDEX 1 = 211

	216	223	235
214.215	350.000		
214.222		369.000	
214.234			495.000

INDEX 1 = 213

	273
212.266	462.000

INDEX 1 = 215

	200	204	208	210	225	235
216.199	380.000					
216.203		372.000				
216.209			492.000	417.000		
216.224				369.000		
216.234					290.000	
+ 237						
216.234	414.000					

INDEX 1 = 219

	194	200	206	216	223	229
220.193	325.000					
220.205			340.000			
220.215				270.000		
220.222				300.000		
220.228					420.000	
227.199		504.000				
227.228					420.000	
+ 231 235						
220.230	390.000					
227.234		426.000				

INDEX 1 = 221

	200	204	225	229	235
223.199	459.000				
223.203		483.000			
223.224			480.000		
227.199	459.000				
227.228			375.000		

227.234 381.000

INDEX 1 = 222

196 200 204 208 210 218

223.195 444.000

223.199 370.000

223.203 360.000

223.209 480.000 405.000

223.217 408.000

+ 225 237

223.224 357.000

223.236 402.000

INDEX 1 = 224

198 212 220 22

225.197 325.000

225.213 340.000

238.239 120.000 120.000

INDEX 1 = 226

220 227

238.239 120.000 120.000

INDEX 1 = 228

196 198 210 218 237

229.195 390.000 447.000

229.197 447.000

229.209 385.000

229.217 335.000

229.236 345.000

INDEX 1 = 230

196 210 218 225 237

231.195 489.000

231.209 450.000

231.217 453.000

231.224 402.000

231.236 447.000

INDEX 1 = 232

200 204 229 235 237

233.199 390.000

233.203 414.000

233.228 345.000

233.234 312.000 456.000

INDEX 1 = 234

196 198 208 212 218 237

235.195 345.000 396.000

235.197 396.000

235.207 360.000 423.000

235.213 423.000

235.217 290.000

235.236 300.000

INDEX 1 = 240

263 268 285

241.262 345.000
241.267 335.000
241.284 438.000
243.284 438.000

INDEX 1 = 242

245 265 270 279 285 287
243.244 477.000
243.264 441.000
243.269 390.000
243.278 438.000
243.284 345.000 435.000
243.286 435.000

INDEX 1 = 248

272
249.271 370.000

INDEX 1 = 252

250
253.251 389.000

INDEX 1 = 254

265 270 285 287
255.264 444.000
255.269 393.000
255.284 360.000 438.000
255.286 438.000

INDEX 1 = 258

	263	268	285
261.262	350.000		
261.267		345.000	
261.284			471.000

INDEX 1 = 262

	249	253	270	272	279	285
263.248	380.000					
263.252		372.000				
263.269			369.000	492.000		
263.278				417.000		
263.284					290.000	
	+	287				
263.284	414.000					

INDEX 1 = 264

	250
265.251	324.000

INDEX 1 = 266

	249	253	270	275	285
268.248	459.000				
268.252		483.000			
268.269			480.000		
273.248	459.000				
273.274			375.000		
273.284				381.000	

INDEX 1 = 267

	245	249	253	265	270	272
268.244	444.000					
268.248		370.000				
268.252			360.000			
268.264				408.000		
268.269				357.000	480.000	
+	279	287				
268.278	405.000					
268.286		402.000				

INDEX 1 = 269

	247	250	259
270.246	320.000		
270.251		338.400	
270.260			340.000

INDEX 1 = 274

	245	247	265	272	279	287
275.244	390.000	444.000				
275.246		444.000				
275.264			335.000			
275.271				390.000		
275.278				380.000		
275.286					345.000	

INDEX 1 = 276

	245	265	270	277	279	287
277.244	489.000					
277.264		453.000				
277.269			402.000			
277.278				450.000		

277.286 447.000

280.281 325.000

INDEX 1 = 278

250

279.251 369.000

INDEX 1 = 282

249 253 275 285 287

283.248 390.000

283.252 414.000

283.274 345.000

283.284 312.000 456.000

INDEX 1 = 284

245 247 250 257 259 265

285.244 345.000 393.000

285.246 393.000

285.256 360.000 417.000

285.260 417.000

285.264 290.000

287.251 452.400

+ 272 287

285.271 339.000

285.286 300.000

INDEX 1 = 286

250

287.251 33

ÖZGEÇMİŞ

13 Mart 1989, İstanbul doğumluyum. İlkokulu Şener Birsöz İlköğretim okulunda, lise eğitimimi Erenköy Kız Anadolu Lisesinde tamamladım. Daha sonra Doğuş Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği bölümünden 2012 yılında mezun oldum. 2015 yılında Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimime başladım.

Esra AÇIKGÖZ

