



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Graduate School of Social Sciences



GÜMÜŞHANE

**TÜRKİYE GENELİNDEKİ İL MÜDÜRLÜKLERİNE ARAÇ DAĞITIM
MALİYETLERİNİN OPTİMİZASYONU: ULAŞTIRMA MODELİ
UYGULAMASI**

HALİL İBRAHİM ŞEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İşletme Ana Bilim Dalı
Doç. Dr. Orhan KÜÇÜK**

2015

(Her Hakkı Saklıdır)

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI

TÜRKİYE GENELİNDEKİ İL MÜDÜRLÜKLERİNE ARAÇ DAĞITIM
MALİYETLERİNİN OPTİMİZASYONU: ULAŞTIRMA MODELİ
UYGULAMASI

**(Optimizing Distributive Costs of Vehicles That Will Be Distributed in Turkey:
Transport Model Application)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HALİL İBRAHİM ŞEN

Danışman: Doç. Dr. Orhan KÜÇÜK

GÜMÜŞHANE
Şubat, 2015

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Doç. Dr. Orhan KÜÇÜK danışmanlığında, Halil İbrahim ŞEN tarafından hazırlanan “Türkiye Genelindeki İl Müdürlüklerine Araç Dağıtım Maliyetlerinin Optimizasyonu: Ulaştırma Modeli Uygulaması” başlıklı çalışma, / / tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesi (Başkan):

İmza:

Yrd. Doç. Dr. M.İhsan ÇUBUKÇU

.....

Jüri Üyesi (Danışman):

İmza:

Doç. Dr. Orhan KÜÇÜK

.....

Jüri Üyesi:

İmza:

Yrd. Doç. Dr. Salih YILDIZ

.....

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.. / ... /

Doç. Dr. Mevlüt ERTEN

Enstitü Müdürü

TEZ ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Türkiye Genelindeki İl Müdürlüklerine Araç Dağıtım Maliyetlerinin Optimizasyonu: Ulaştırma Modeli Uygulaması”** başlıklı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden olduğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla doğrularım.

Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

☐	Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
☐	Tezim sadece Gümüşhane Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
☐	Tezimin yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

.... / /

İmza

Öğrenci Adı Soyadı: **Halil İbrahim ŞEN**

ÖNSÖZ

Hazırladığım bu tez çalışmasının amacı, yapılan bir dağıtım (ulaştırma) işleminin; daha az maliyetle, dağıtıcılara eşit sorumluluk yükleyecek şekilde ve daha etkin bir biçimde gerçekleştirilmesidir.

Çalışma kapsamında en zor zamanda çalışmanın tamamlanması adına büyük yardımlarını aldığım ve yol göstericiliği ile bana önemli katkılarda bulunan Sayın Hocam Doç. Dr. Orhan KÜÇÜK'e teşekkür ediyorum.

Tezin hazırlanması aşamasında anlayışını eksik etmeyen kıymetli eşim ve biricik kızım Hilal'e ithafımdır.

Gümüşhane - 2015

Halil İbrahim ŞEN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

DIŞ KAPAK	
DIŞ KAPAK PENCERESİ	
İÇ KAPAK	
TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI	
TEZ ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI	
ÖNSÖZ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	IX
ABSTRACT.....	X
TABLolar LİSTESİ.....	XI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IX
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. DIŞ KAYNAK KULLANIMI	2
1.1. Kamu için Dışarıdan Yapılan Alımlarının Tarihi Gelişimi.....	2
1.2. Türkiye’de Kamunun Kiralama Harcamalarının İncelenmesi	3
1.2.1. Ülkemizde Kamuda Araç Kiralama Rejimi	4
1.3. Dünyada Dışarıdan Yapılan Alımlar.....	5
1.4. Türkiye’de Dışarıdan Yapılan Alımlar	7
1.4.1. Çalışmaya Konu Kamu Kurumunda Dışarıdan İş Alımları.....	8
1.5. Dışarıdan Hizmet Alımının Fayda ve Sakıncaları	8

1.5.1.	Dışarıdan Hizmet Alımının Faydaları.....	8
1.5.2.	Dışarıdan Hizmet Alımının Sakıncaları.....	9
1.6.	Dışarıdan Yapılan Hizmet Alımlarının Türkiye Ekonomisindeki Karşılığı	9
1.6.1.	Dışarıdan Taşıt Kiralanması Hizmetinin Ekonomideki Yeri.....	10
1.7.	Dışarıdan Taşıt Hizmeti Alan Diğer Kurumlar	11

İKİNCİ BÖLÜM

2.	DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE ULAŞTIRMA MODELİ.....	12
2.1.	Doğrusal Programlama.....	12
2.1.1.	Doğrusal Programlamanın Matematiksel Modellemesi	14
2.1.1.1.	Karar Değişkenlerinin Tanımlanması	14
2.1.1.2.	Amaç Fonksiyonu Oluşturma	14
2.1.1.3.	Kısıtları Oluşturma	15
2.1.2.	Doğrusal Programlama Modelinin Uygulanması için Gerekli	16
	Varsayımlar	16
2.1.2.1.	Doğrusallık (Oranlilik) Varsayımı	17
2.1.2.2.	Toplanabilirlik Varsayımı	17
2.1.2.3.	Sınırlılık Varsayımı	17
2.1.2.4.	Bölünebilirlik Varsayımı	17
2.1.2.5.	Belirlilik (Kesinlik) Varsayımı	18
2.1.2.6.	Negatif Olmama Varsayımı	18
2.1.3.	Doğrusal Programlamanın Bilgisayarda Çözümü	18
2.1.3.1.	EXCEL.....	18
2.1.3.2.	WinQSB.....	20
2.1.3.3.	TORA.....	21
2.1.3.4.	LİNGO	21
2.1.4.	Doğrusal Programlamanın Uygulama Alanları	22
2.2.	Ulaştırma Modeli	22
2.2.1.	Ulaştırma Modelinin Matematiksel Gösterimi	23

2.2.2. Ulaştırma Modeli ile İlgili Varsayımlar	28
2.2.3. Ulaştırma Modelinin Algoritması	28
2.2.4. Ulaştırma Modelinin Başlangıç Çözüm Yöntemleri	30
2.2.4.1. Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VAM Yöntemi)	30
2.2.4.2. Russell'in Yaklaşım Metodu (RAM Metodu)	33
2.2.4.3. Kuzeybatı Köşe Yöntemi	34
2.2.4.4. En Az Maliyetli Hücreler Yöntemi	37
2.2.5. Ulaştırma Modelinde Optimal Çözüm Yöntemleri	38
2.2.5.1. Atlama Taşı Metodu	39
2.2.5.2. MODI Yöntemi	41
2.2.6. Ulaştırma Modelinde Özel Durumlar	44
2.2.6.1. Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Modeller	44
2.2.6.2. Dağıtım Yapılması Yasaklanmış Yollar	45
2.2.6.3. Dağıtım Kabul Miktarları Sınırlandırılmış Yollar	45
2.2.6.4. Bozulma (Dejenerasyon) Durumu	47
2.2.7. Ulaştırma Modelinde Duyarlılık Analizi	47
2.2.7.1. Amaç Fonksiyonu Katsayılarının Değişmesi	47
2.2.7.2. Kısıtlayıcı Fonksiyonlarının Sağ Taraf Sabitlerinin Değişmesi	49

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YÖNTEM.....	51
3.1. Problem Durumu	51
3.2. Konunun Önemi	52
3.3. Araştırmanın Amacı	52
3.4. Beklenen Yararlar	53
3.5. Varsayımlar	53
3.6. Sınırlılıklar/Kısıtlar	54

3.7. Araştırmanın Modeli	54
3.8. Araştırmanın Kapsamı	56
3.9. Veri Toplama Araçları ve Yöntem.....	56
3.10. Hipotezler.....	57

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. VERİLERİN ANALİZİ VE YORUM.....	58
4.1. Verilerin Analizi.....	58
4.2. Bulgular ve Yorum.....	61
4.2.1. WINQSB Çözümü.....	65
4.2.2. Lindo Çözümü.....	69
4.3. Tartışma.....	71
4.4. Sonuç ve Öneriler.....	76
KAYNAKÇA	78
EKLER.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	95

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****TÜRKİYE GENELİNDEKİ İL MÜDÜRLÜKLERİNE ARAÇ DAĞITIM
MALİYETLERİNİN OPTİMİZASYONU: ULAŞTIRMA MODELİ UYGULAMASI**

Halil İbrahim ŞEN

2015, XIII+95 sayfa

İktisat ile ilgili tanımlama yapılırken genelde **“ihtiyaçların sonsuz, kaynakların ise sonlu”** olduğundan söz edilir. Bu nedenle verimlilik hayatın her noktasında fazlaca riayet edilmesi gereken düsturlardan olmuştur. Bazen üretim enstrümanlarında ya da diğer tüm değişkenlerde herhangi bir değişiklik yapmadan sadece verimlilikle ilgili çalışma yapılarak aynı kaynakla daha fazla ihtiyaç karşılanabilir. Aynı ihtiyacı daha az kaynakla gidermek te bahsedilen duruma farklı açıdan bir örnektir.

Bu bağlamda bir örnek teşkil edebilecek Tez çalışmamızda, çalışmaya konu olan ihtiyaç yine karşılanmış ama hem sorumluluk konusunda eşit dağıtım yapılarak adalet sağlanmış hem de aynı iş daha az kaynakla tamamlanmıştır. Çalışmamızın ikinci kısmında Doğrusal Programlama üçüncü kısmında ise Ulaştırma Modeli hakkında geniş malumat verildikten sonra üçüncü kısımda anlatılan yöntem probleme uygulanmıştır. Problemin çözümü aşamasında optimal çözüme ulaşmak için WINQSB paket programı kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre aynı iş için harcanan kaynak miktarında %12’lik bir iyileşme ile beraber işlerin daha organize ve hızlı şekilde yürümesini sağlayacak bir dağıtım tesis edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Verimlilik, Doğrusal Programlama, Ulaştırma Modeli, WinQSB, Dış Kaynak Kullanımı.

ABSTRACT

MASTER THESIS

OPTIMIZING DISTRIBUTIVE COSTS OF VEHICLES THAT WILL BE
DISTRIBUTED IN TURKEY: TRANSPORT MODEL APPLICATION

HALİL İBRAHİM ŞEN

2015, XIII+95 pages

Definitions of related to economics generally called '*needs is endless but resources are limited*'. For this reason productivity is observed principle of every point of life. Sometimes production equipments or in another variables without changes , only performing work related efficiency to met need more with the same resources. Eliminate the same need with fewer resources is also example of situation from different perspective.

In this regard this study could an example to need which is the subject of study again fulfilment but it is about topic of responsibility ensured equal distribution of justice as well as same work completed with fewer resources. After giving extensive information about the second part of our study linear programming so and the third part of study is transport model the problem that described at third part is applied to problem.

The solution of the problem is; to achieve the optimal solution WINQSB software package programme was used. According to results in the amount of resources spent fort he some work is improvement %12 and establish of distribution to provide a more organized and fast.

Keywords: Productivity, Linear Programming, Transport Model, WinQSB, Outsourcing

TABLOLAR LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Tablo Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1.	ABD’de Dış Kaynak Kullanımı Yapılan Alanların Dağılımı.....	6
Tablo 1.2.	Türkiye’de Dış Kaynak Kullanımı Yapılan Alanların Dağılımı.....	7
Tablo 1.3.	Otomobil Kiralama Hizmeti Aylık Bedelleri.....	11
Tablo 2.1.	Ulaştırma Tablosu-1.....	26
Tablo 2.2.	Ulaştırma Tablosu-2.....	31
Tablo 2.3.	Ulaştırma Tablosu-3.....	32
Tablo 2.4.	Ulaştırma Tablosu-4.....	32
Tablo 2.5.	Ulaştırma Tablosu-5.....	35
Tablo 2.6.	Ulaştırma Tablosu-6.....	36
Tablo 2.7.	Ulaştırma Tablosu-7.....	36
Tablo 2.8.	Ulaştırma Tablosu-8.....	37
Tablo 4.1.	Kurum Tarafından Daha Önceden Belirlenen İhale Merkezleri ve Dağıtım Yapılan İller.....	62
Tablo 4.2.	Değişiklik Öncesi Dağıtım Maliyetleri.....	64
Tablo 4.3.	Linea Dağıtım Tablosu.....	66
Tablo 4.4.	Doblo Dağıtım Tablosu.....	67
Tablo 4.5.	Gerçekleşen Ulaştırma Tablosu.....	68
Tablo 4.6.	Lindo Çözümünün Ulaştırma Tablosu.....	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sekil Adı</u>	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 2.1:	m Üretim Merkezli n Tüketim Merkezli Probleminin Grafikselsel Gösterimi.....	27
Şekil 2.2:	Ulaştırma Modelinin Algoritması.....	29
Şekil 3.1:	İhale Merkezlerinin Türkiye Haritasında Gösterimi.....	56

KISALTMALAR

<u>Kısaltma</u>	<u>Kısaltma Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
DP	: Doğrusal Programlama.....	13
UM	: Ulaştırma Modeli.....	1
VAM	: Vogel's Approximation Method.....	30
RAM	: Russell's Approximation Method.....	33
MODI	: Modified Distribution.....	39
TSK	: Türk Silahlı Kuvvetleri.....	72

GİRİŞ

II. Dünya Savaşı sırasında İngiliz ordusunun radarların savunma amaçlı kullanımında etkinliği sağlamak adına yaptığı Yön Eylem çalışması (1939), Yön Eylem araştırmacıları tarafından bilimsel anlamda yapılan ilk Yön Eylem çalışması olarak kabul edilir. Çalışmanın teması tabii ki verimliliktir. Savaşın bitmesini müteakip aynı uygulamalar bu defa ülkelerin savaş sonrası kalkınma çabalarının öncü faaliyeti sanayide kullanılmıştır. Bu çalışmada kullandığımız “Ulaştırma Modeli de Yön Eylem çalışmalarının bir alt konusu olan Doğrusal Programlamanın spesifik bazı konular için uyarlanmış özel bir halidir.”

Ulaştırma Modelini adından yola çıkarak sadece ulaştırma problemlerinde kullanılabilecek bir yöntem olarak belirtmek büyük bir yanılgı olacaktır. Tez çalışmamızın içerisinde ilgili kısımda belirttiğimiz gibi birçok problemin tanımlanmasında ve çözülmesinde UM ’den faydalanmak mümkündür.

Çalışmamızda bir kamu kurumunun tüm illerde bulunan Müdürlüklerine her yıl kiralayıp gönderdiği araçlar konu edinmiştir. Bu işlem daha önceki yıllarda herhangi bilimsel bir metoda dayanmadan sadece yazılı bir emirle yerine getiriliyordu. Bu çalışma şeklinde en büyük sorun İhale Merkezi haline getirilen bazı Müdürlüklerin durumdan şikâyet etmesi ve diğer İhale Merkezi olan Müdürlüklerden neden daha fazla sorumluluk aldıklarını sorgulamalarıydı. Bir şikâyet konusu ise bir kıstasa bağlı olmadan yapılan bu ulaştırma işinin verimsiz olduğu, bazen yüzlerce kilometre uzaklıktaki bir İhale Merkezinden araç tahsis edilmesi idi.

Yaptığımız yeniden düzenleme çalışması ile hem her İhale Merkezi olan Müdürlük eşit sorumluluk alacak şekilde bir dağıtım yaptık hem de maliyetlerde önemli ölçüde tasarruf sağladık. Çalışmada gerçeğe uzak hiçbir varsayım kullanılmamış tüm çalışma gerçeğe en uygun ve optimum sonucu bulmak üzere dizayn edilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. DIŞ KAYNAK KULLANIMI

Kamu alımları, kamu hukukuna tabi idarelerin veya kamu kaynağından istifade edenlerin, ihtiyaç duydukları mal ve hizmetlerle yapım işlerini kendileri dışındaki hizmet sunucularından sağlamasıdır.¹ Bugün kullanılan kamu alımları sisteminde bu alımlar; mal, hizmet ve yapım işleri alımı olarak üçe ayrılmıştır. “AB kamu alım prosedüründe, yaklaşık maliyeti belirli eşik değerlerin üzerinde olan ve proje bedelinin yarısından fazlası kamu kaynağı ile desteklenen özel sektör projeleri ile belirli sektörlerde (ulaştırma, enerji, posta, su) özel veya münhasır hakları çerçevesinde faaliyet gösteren özel işletmelerin sektörel alımları da kamu alımları kapsamında düzenlenmektedir.”²

1.1. Kamu için Dışarıdan Yapılan Alımlarının Tarihi Gelişimi

Özellikle teknolojinin ilerlemesi ile beraber tüm iş kollarında olduğu gibi kamunun dâhil olduğu alanlarda da bir uzmanlaşma başlamış ve **her işi orta halli değil bir işi iyi yapan** çalışanlar yetişmiştir. Avrupa’da ve ABD’de çok daha uzun yıllar önce başlayan uzmanlaşma ve yaptığı işte derinleşme gecikmeli de olsa ülkemize gelmiş, artık iş ilanlarında dahi spesifik şartlar aranır olmuştur. Uzmanlaşmanın artması sonucu işler bölümlere ayrılmış ve önceden birkaç kişinin yaptığı işler daha fazla çalışan tarafından yapılmaya başlanmıştır. Zamanla bu işlerin birçoğu için sürekli istihdam etmek yerine maliyeti ve sorumluluğu daha az olduğu için dışarıdan alım yöntemi benimsenmiştir. “19. yüzyıl, kamu alımları ile ilgili ilk düzenli girişimlerin gerçekleştiği dönemdir. Bu tarihlerde, çağın ileri derecede gelişmiş devletleri bazı kamu hizmetlerini yerine getirecek şekilde tüm ülkede örgütlenmiş bu da kamu harcamalarında ciddi bir artışa neden olmuştur. Böylece kamu alımlarının bir sistematiğe bağlanması ihtiyacı doğmuştur.”³

Örneğin ABD’de kamu alımlarına ilişkin ilk girişim, 19. yüzyılın ilk yıllarında ortaya çıkmıştır. Oklahoma’da 1810 yılında bütün kamu birimlerinin ihtiyacının

¹Bülent Büber (2008). **Yeni Bir Çatışma Alanı: Kamu Alımları**. *Doktora Tezi*. Ankara, Türkiye: Ankara Üni., SBE. s.8.

² Büber, a.g.e. s.10.

³ Büber, a.g.e. s.11.

merkezi satın alma ile karşılanması için bir satın alma komisyonu oluşturulmuştur. Bu oluşumu diğer eyaletler izlemiştir. ABD’de federal düzeyde ilk kamu satın alma işlemi, 1778 yılında gerçekleşmiştir. Merkezi satın alma birimlerinin oluşturulması yaygın bir eğilim olarak uzun süre etkisini sürdürmüştür.⁴

1.2. Türkiye’de Kamunun Kiralama Harcamalarının İncelenmesi

Her ülkenin kendi şartlarına göre değişiklik gösteren kamu harcamalarının tasnif edilmesi ve ayrıştırılan bu gruplar arasında karşılaştırma yapılması kamu harcamalarının hangi yönde evrildiği hakkında bize fikir verir.⁵ Bu harcamalar ülkemizde de diğer ülkeler gibi artış eğilimindedir. Ülkemizde 2004 yılından itibaren uygulanmaya başlanan analitik bütçe kod sistemi ile bu gruplar dört ana başlık altında sınıflandırılmıştır:

- Finansman tipi sınıflandırma,
- Ekonomik sınıflandırma,
- Kurumsal sınıflandırma,
- Fonksiyonel sınıflandırmadır.⁶

Kurumsal sınıflandırma, aynı otoriteye verilen kaynakların aynı kod başlığı altında toplanması şeklinde çalışır. Fonksiyonel sınıflandırma, devletin içinde bulunduğu tüm faaliyetleri gösterecek şekilde çalışır ve on fonksiyona ayrılmıştır. Finansman tipi sınıflandırma, genel anlamda kamu tanımına uyan tüm kurumları kapsayacak şekilde tasarlanmış ve kamu kurumları arasındaki ikili işlemleri izlemek için kullanılmaktadır. Ekonomik sınıflandırma ise kamu harcamalarının ekonomik etkilerine göre ayrıma tabi tutulması neticesinde oluşmuştur.⁷

⁴ Khi V. Thai, *Journal of Public Procurement*. Lexington: Page, H., R., **Public Purchasing and Materials Manegement**, D. C. Health and Company, Lexington,1980,'den naklen Cilt:1 , sayı:1, s.11.

⁵ Yurdagül Meral(2006). **Sağlık Kuruluşlarında Dış Kaynaklardan Yararlanmanın Hasta Memnuniyetine Olan Etkisi ve Bu Konuda Bir Araştırma**, *Yayınlanmamış Y. Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üni., SBE. s.4.

⁶ Ayşe Karaca (2006). **Sağlık Hizmetleri Pazarlamasında Dış Kaynak Kullanımı ve Sağlık İşletmelerinde Dış Kaynak Kullanımına Yönelik Bir Uygulama**. *Yayınlanmamış Y. Lisans Tezi*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilim Dalı. s.65.

⁵ M. Hakan Özbaran, Sayıştay Baş Denetçisi, **Sayıştay Dergisi Sayı:53**, s.115

⁶ Özbaran, a.g.y., s:116

⁷ Özbaran, a.g.y., s:117

1.2.1. Ülkemizde Kamuda Araç Kiralama Rejimi

2005 yılında kamudaki araç kiralama işlemlerinde yapılan düzenleme ile izlenen genel politika araç sahibi olmak yerine sürekli kiralamaya yönelmektir. Ancak özellikle 2010-2014 yılları arasında kamunun araç kiralama maliyetlerinde (şoför, yakıt ve kiralama giderleri dâhil) neredeyse %100'lük bir artış yaşanınca bu konuda yeni bir düzenleme gereksinimi doğmuştur. 2010 yılında sadece merkezi yönetim kapsamında bulunan kurumlarda dahi 111 milyon TL olan araç kiralama bedelleri 2014 yılı itibari ile 212 milyon TL tutarında gerçekleşmiştir.⁸ 2014 Ağustos ayı itibari ile sadece merkezi yönetim kapsamındaki idarelerde 15 bin civarında kiralık araç bulunmaktadır.⁹

Yapılacak yeni düzenleme içeriğinde birçok tasarruf tedbiri bulunmaktadır. Bu tedbirleri;

- Araç kira bedellerine ve şoför ücretlerine üst sınır getirilmesi,
- Kiralama işlemlerinin yakıt hariç olacak şekilde yapılması,
- Araç kiralama bedelleri, kiralanan aracın kasko değerinin belirli bir oranını aşamayacak (en son düzenleme %2'si şeklindedir), şeklinde sıralayabiliriz.

2015 yılından itibaren uygulanmaya başlanacak olan bu tedbirlerin yanı sıra devam eden kiralama işlemlerinin olduğu kurum ve kuruluşlarda da kademe kademe satın alma yolu izlenecektir.¹⁰ Bakanlar Kurulu kararı ile alınan ve 2 Ekim 2014 tarihli resmi gazetede yayınlanan değişikliklere göre araç kiralama hizmeti kamuda en fazla israf edilen kalemlerden biri olarak görülmüş ve önemli ölçüde bu işlemlere çeki düzen verilmiştir. Buna göre alınan kararlar aşağıda sıralanmıştır:¹¹

- Hizmet alımının gerçekleştiği yılbaşında, binek ve station türü araçlar 10 yaşını, diğerleri ise 15 yaşını doldurmamış olacaktır,
- Hizmet alımıyla kullanılacak yabancı üretim araçlar sadece Kanunun 10. maddesinin beşinci fıkrasında anlatılan makam ve hizmetler ile kısıtlı olacaktır,

⁸ Mehmet Şimşek, Maliye Bakanı, Anadolu Ajansı, Röportaj (23.08.2014)

⁹ Mehmet Şimşek, Maliye Bakanı, Anadolu Ajansı, Röportaj (23.08.2014)

¹⁰ Mehmet Şimşek, Maliye Bakanı, Anadolu Ajansı, Röportaj (23.08.2014)

¹¹ 2 Ekim 2014 tarihli T.C. Resmi Gazetesi

- Zırhlı taşıtlar ve koruma altına alınanlar hariç binek ve station cinsi araçların motor büyüklüğü 1600 cc'yi geçmeyecektir,
- Taşıtlar, yakıt hariç, isteğe göre şoförlü veya yalnızca taşıt olarak edinilebilecektir,
- Taşıtların, her türlü vergi, sigorta vb. giderleri yükleniciye ait olacaktır,
- Şoför giderleri hariç yapılan taşıt kiralamalarında aylık kiralama bedeli; (KDV hariç) taşıtın Türkiye Sigorta Reasürans ve Emeklilik Şirketleri Birliğince yayımlanan Motorlu Kara Taşıtları Kasko Değer Tablosunda bulunan kasko sigortası değerinin %2'sini aşmayacaktır.

1.3. Dünyada Dışarıdan Yapılan Alımlar

18. ve 19. yüzyılda ateşli silahlar için metal kısımların dışarıdaki işletmelere yaptırılması bu konuda dünyadan verilecek kayda değer örneklerden biridir. İngiltere’de cadde aydınlatma sistemleri ile ilgilenme işi, mahkûmların ulaşımının sağlanması ve kamuya ait yolların onarımı devlet tarafından özel kurumlara yaptırılmıştır. Benzer şekilde 19. asırda ABD’de ve Avustralya’da posta işlerinin özel kurumlara verilmesi, Fransa’da demir yollarının bakım-onarımı, yönetimi ve su depolarının işletilmesinin özel kurumlara devredilmesi, devlet kurumları ile özel işletmeler arasındaki dış kaynak kullanımı ilişkisine verilecek diğer örneklerdir.¹²

Yine 1920’lerde bazı mal ve hizmetlerin hizmet alımı yöntemi ile alınması General Motors ve Dupent gibi dev kuruluşlar tarafından da benimsenmiştir. Dış kaynak kullanımı kavramı ilk olarak temel yeteneklere odaklanma yaklaşımıyla akademik çevrelerde de kullanılmaya başlanmıştır.¹³ Kamu ve özel sektördeki dışarıdan alım uygulamaları ile ilgili dikkat çekici gelişmeler daha çok 1980’li yıllarda İngiltere lideri M. Thatcher ve ABD başkanı R. Reagan tarafından benimsenen serbest pazar ekonomilerinin sonucunda oluşmuştur.¹⁴

“Daha önceki yıllarda ABD’de otomotiv yedek parça üretimi konusunda hizmet alımı uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamaların maliyet düşürücü etkisi, iş gücü tasarrufu ve diğer bir takım işler için müsait personel yaratması gibi faydalarından

¹² Atilla Karahan, (2009). **Dış Kaynak Kullanımının Verimlilik Üzerine Etkisi Hastane Yöneticileri Üzerine Bir Araştırma.** *Balıkesir Üniversitesi SBE Dergisi*, Cilt:12 Sayı:21 s.188.

¹³ Meral, a.g.e. s.8.

¹⁴ Karaca, a.g.e. s.65.

dolayı, özel kurumlardan tedarik etme şeklindeki dış kaynak kullanımı uygulamaları yaygınlaşmıştır. 1960’larda yemek, temizlik, güvenlik benzeri hizmetlerde hizmet alımı uygulanmaya başlanmıştır.”¹⁵

Tablo 1.1. ABD’de Dış Kaynak Kullanımı Yapılan Alanların Dağılımı

Dağıtım ve Lojistik	%10
İdari İşler	%4
Pazarlama – Satış	%6
Finans	%7
Müşteri Hizmetleri	%7
İnsan Kaynakları	%9
Üretim	%7
Yönetim	%15
Emlak Kiralama ve Fizibilite	%10
Servis ve Ulaşım	%15
İletişim Teknolojileri	%10
TOPLAM	%100

Kaynak: Işıl Dayıoğlu Arslan, **İnsan Kaynakları için Outsourcing**, Human Resources Dergisi, Şubat 2003, s:18.

Tablodan da anlaşılacağı üzere hizmet alımının en çok yapıldığı alanlar iletişim teknolojileri, ulaşım ve yönetimdir. Tezimizin konusunu oluşturan ulaşım-kiralama hizmetlerinin dışarıdan temini hususu ABD’de de sıkça başvurulana bir metottur. ABD’de 1999’dan 2000 yılına kadar aradan geçen bir yılda dışarıdan hizmet alımında gerçekleşen ve %46 artış anlamına gelen 110 milyar dolarlık yükselme hizmet alımı piyasasının ne kadar hızlı büyüdüğünün göstergesidir.¹⁶

¹⁵ Karahan, a.g.e., s.188.

¹⁶ Adnan Türksöy, (2005). **Otel İşletmelerinde Dış Kaynaklardan Yararlanma (Outsourcing)**. Ege Üniversitesi Ege Akademik Bakış Dergisi, , Cilt5, s.1-2.

1.4. Türkiye’de Dışarıdan Yapılan Alımlar

Bilişim International şirketinin Türkiye’de 249 firma üzerinde yaptığı araştırmanın sonuçlarına göre dışarıdan alınan hizmetlerin çoğunluğunu oluşturan sektörlere göre oranları Tablo 1.2.’de gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Türkiye’de Dış Kaynak Kullanımı Yapılan Alanların Dağılımı

Uygulama Alanı	Oran
Yemek	%19
Temizlik	%18
İnsan Kaynakları	%10
Güvenlik	%9
Bilgi İşlem	%4
Eğitim	%3
Muhasebe	%2
Yönetim	%2
Üretim	%2
Lojistik	%2
Dönemsel Eleman	%1
Finans	%1
Satış-Pazarlama	%1
Operasyon	%1
Bordrolama	%1

Kaynak: Türkiye Dış Kaynak Kullanımı Araştırması, Bilişim International, 2. Dış Kaynak Kullanımı Zirvesi, 8-9 Ekim 2003, Swiss Otel, İstanbul

Çalışmanın yapıldığı kamu kurumunda problem teşkil eden husus lojistik-ulaştırma problemi olduğu için çalışma alanı olarak bu konu seçilmiştir. Tablo 1.2’deki değerlere göre ülke genelinde düşük bir ortalamaya sahip olan lojistik konusu ilgili kurum için en yüksek orana sahip dışarıdan hizmet alımı metodudur. Bugün ülkemizde sadece kamu hizmetinde dışarıdan hizmet alımı şeklinde çalışan sayısı yaklaşık 600 bin

civarındadır¹⁷ Mesela Ülker firması bisküvi sektöründeki tüm çalışmalarını 1500-2000 kişi ile yürütürken dışarıdan yaptığı hizmet alımları ile beraber Ülker Bisküvileri için çalışanların toplam sayısı 15-20 bin civarındadır.¹⁸

1.4.1. Çalışmaya Konu Kamu Kurumunda Dışarıdan İş Alımları

Kurumda dışarıdan yapılan alımlar; temizlik, güvenlik, nitelikli personel ve taşıt alımlarıdır. Alım miktarları her yıl ihtiyaca göre belirlenmektedir. Temizlik, güvenlik ve taşıt miktarları genelde her yıl aynı miktarlarda kalırken nitelikli personel hizmeti alımı yoğunluğa göre değişmektedir. 2014 yılı için belirlenen taşıt ihtiyacı EK-2’de gösterilmiştir.

1.5. Dışarıdan Hizmet Alımının Fayda ve Sakıncaları

Dışarıdan kaynak kullanmak yani bir kısım işleri kendi uhdesinde gerçekleştirmek yerine kendi kontrolünde ve kendi çizdiği çerçevede başka bir ekipten temin etmek kurum ve kuruluşların işleyişinde büyük değişimlere yol açmaktadır. Kamu kesiminde özellikle “maliyet öncelikli etken” olmak üzere dışarıdan hizmet alımı bir takım sorumluluklardan da kurtulmak anlamına gelir. Çalışanın devlete yatırılan bir takım vergi ve sağlık primleri ile önemli özlük haklarından kurtulmuş olmak kamu kesimi için büyük bir yükten kurtulmak demektir. Bunun yanında mevcut yasalar nedeni ile işten çıkarmaların oldukça güç olduğu kamu rejiminde dışarıdan yapılan alımlarda performansa göre devam ya da tamam kararı alınabilmesi de önemli bir kolaylıktır.

1.5.1. Dışarıdan Hizmet Alımının Faydaları

Doğru şartlar ve zamanlama ile gerçekleşen hizmet alımının faydaları;¹⁹

- * Maliyetleri Düşürme
- * Temel Becerilere Yoğunlaşma
- * Teknolojik Değişiklikleri Takip Etme

¹⁷ <http://www.csgeb.gov.tr/csgebPortal/csgeb.portal?page=haber&id=basin491>

¹⁸ Ahmet Buğdaycı, **Outsourcing Eve de Girecek**, Capital Dergisi, Mayıs 1998, s.189

¹⁹ Mine Güngör “**Dış Kaynak Kullanımı (Outsourcing): Kahramanmaraş’taki Hastanelerde Bir Alan Araştırması**”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Yayınlanmamış Yüksek Lisans Projesi, Kahramanmaraş, 2007, s.2

- * Esnekliği Sağlama
- * Riski Düşürme
- * Kaynak Aktarımı
- * Kaynakların Dağıtımı ve Sürekliliği
- * Yatırım Harcamalarını Düşürme
- * Finansal Kaynaklardan İstifade Edebilme
- * Kaliteyi Yükseltme
- * Hız Kazanma
- * Sinerjiyi Artırma
- * Maliyetleri Daha İyi Tahmin Edebilme
- * Güvenilirliği Sağlama olarak sayılabilir.

1.5.2. Dışarıdan Hizmet Alımının Sakıncaları

Yukarıda sıralanan faydaların yanı sıra dışarıdan alınan hizmetlerin kurumlar için bir takım sakıncaları da bulunmaktadır. Bu sakıncaları;²⁰

- * Tedarikçi Firma Üzerinde Yeterince Kontrol Sahibi Olamama
- * Niteliksiz Tedarikçi Tercih Edilmesi İhtimali
- * İşletmenin Yeteneklerini Kaybetmesi
- * Personel Üzerindeki Kontrolün Yitirilmesi
- * Kısa Vadeli Ekonomik Amaçlara Odaklanma
- * Bilgilerin Başkalarıyla Paylaşılması Riski
- * İnovasyon Eğiliminin Azalması
- * İletişim Problemleri
- * Dış Kaynak Sağlanacak Faaliyetlerin Belirlenmesinde Hatalı Karar Verilmesi
- * Kamuoyu Desteğini Yitirmek
- * Maliyetlerin Yanlış Tespit Edilmesi olarak sıralayabiliriz.

1.6. Dışarıdan Yapılan Hizmet Alımlarının Türkiye Ekonomisindeki Karşılığı

Daha önce bahsedildiği gibi ülkemizde dışarıdan hizmet alımı yolu ile kamuda istihdam edilenlerin sayısı yaklaşık olarak 600 bin civarındadır. Gözlem yapılan kamu

²⁰ Güngör, a.g.e. s.33

kurumlarının bu şekilde çalıştırılan kişilere ödediği ortalama aylık maaş tutarı 1,5 asgari ücret tutarındadır. 2014 yılı itibari ile belirlenen asgari ücret tutarı brüt 1071 TL'dir. Yıl ortasında yapılacak olan Temmuz zammı da hesaba katıldığında işveren tarafından ödenen primlerle beraber ortalama olarak yıllık harcanan tutar 18 milyar TL tutarındadır. Tahmini 2014 bütçesine göre toplam bütçe gideri 436,3 milyar TL civarında gerçekleşecektir.²¹

Ana hatları ile yapılan bir hesapla dışarıdan yapılan alımların 2014 tahmini bütçe giderleri üzerinde %4 payı vardır.

1.6.1. Dışarıdan Taşıt Kiralanması Hizmetinin Ekonomideki Yeri

Taşıt Kanununda 2005 yılında gerçekleşen düzenlemeyle, kamu kurumları için taşıt kiralama işlemleri yapılmaya başlanmıştır. 2006 yılı başlarında bu konuyla ilgili yasal düzenlemeler yürürlüğe girmiştir.

2006 yılı için, hizmet alımı suretiyle taşıt edinme başvurusu yapan 21 kamu kuruluşuna 750 taşıt için izin verilmiştir. 2006 yılında kiralama yöntemine yönelen kuruluşların başında 345 taşıt edinen sağlık bakanlığı gelmektedir. Kamu kurumlarının toplam araç sayısı 2012 yılı itibari ile yaklaşık 90.000 adettir.²² Kiralık alımların maliyet konusunda sağladığı faydanın ölçülmüş kesin bir değeri olmamakla beraber sektör uzmanlarının değerlendirmesi “Kasko, sigorta bedelleri, kaza, servis ve bakım ücretleri de dikkate alındığında kiralık araç tercihinin firmalara araç başına ortalama % 15-20'ye varan tasarruf sağladığı yönündedir.” Tüm Oto Kiralama Kuruluşları Derneği Başkanı İlhan Yılmaz'ın ifade ettiği rakamlara göre aylık ortalama 500 ile 1100 TL arasında ödenen kira bedelleri ile 3 yaşından küçük araçları kullanmak mümkün. Ortalama aylık kira bedelleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

²¹ Mehmet Şimşek, Röportaj, Dünya Gazetesi (2014), <http://www.dunya.com/iste-2014-butcesi-204833h.htm>, 02.06.2014

²² Mehmet ŞİMŞEK, Meclis Genel Kurulu Bütçe Görüşme Toplantısı, 17.12.2012

Tablo 1.3. Otomobil Kiralama Hizmeti Aylık Bedelleri

Aylık Kira Bedelleri	
Ekonomik Sınıf	1100 TL
Orta Sınıf	1350 TL
Lüks Sınıf	2100 TL
Cip ve Mercedes	2400 TL ≥

Kaynak: <http://www.garantifilo.com.tr/hemenkiralama/arama.asp>

1.7. Dışarıdan Taşıt Hizmeti Alan Diğer Kurumlar

Elindeki araçlarını satarak araç kiralama yoluna giden ya da en baştan beri taşıt ihtiyacını kiralarak gideren özel sektör işletmeleri ve kamu kurumlarına örnek olarak;

- * Kayseri Büyükşehir Belediyesi
- * İstanbul Büyükşehir Belediyesi
- * Genelkurmay Başkanlığı
- * KOSGEB
- * Eskişehir Büyükşehir Belediyesi
- * Antalya Büyükşehir Belediyesi
- * Alfemo Mobilya A.Ş. verilebilir.

Kamuda 2005 yılından itibaren istisnai bir kaç kurum hariç yeni taşıt alımı için bütçe verilmeyerek tüm kamu kurumları taşıt ihtiyacı hususunda kiralamaya mecbur bırakılmışlardır.

Az sayıda birimi bulunan kurumlar bu işlemi yerelde ya da merkezi olarak yapılan ihalelerle gerçekleştirirken ülke genelinde yaygınlaşmış çok sayıda birimi bulunan ve daha çok bakanlıkların ilgili, ilişkili ya da bağlı kuruluşu olan kurumlar ise taşıt ihtiyaçlarını bölgesel olarak belirledikleri ihale merkezleri aracılığıyla gerçekleştirmektedir.

2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE ULAŞTIRMA MODELİ

2.1. Doğrusal Programlama

Hayatın her alanında insan sürekli bir takım seçimler yapmak zorunda kalır. Seçilecek bu alternatifler arasından kendisine en fazla faydayı sağlayacak seçimi yapmaya çalışmak ise insana verilen aklın bir gereğidir. Bu durumda kalan birisi için en fazla faydayı sağlayacak seçenek her zaman açık seçik ortada olmayabilir. Yani bir seçim arifesinde seçim yapmak için eğer tek bir kriterimiz yoksa hatta bazen seçme hususunu etkileyebilecek onlarca ya da yüzlerce kriter varsa sadece düşünerek optimum sonuca ulaşmak zordur.

Çalışmanın konusunu oluşturan ulaştırma problemleri için literatürde daha önce kullanılmış bazı yöntemler vardır. Kendine has atama algoritmaları, atama ve aktarma modelleri bunlara örnek olarak verilebilir. Model; “bir sistemin gerçekleşen değişikliklere karşı gösterdiği davranışlarını araştırmak, kontrol etmek ve ileride yaşanabilecek durumlarla alakalı tahminlerde bulunmak amacı ile sistemin elemanları arasındaki ilişkileri bir takım formüllerle belirleyen ifadeler topluluğuna” denir.²³

Seçme ve ulaştırma benzeri problemlerde yapılacak ilk iş amacı net olarak ortaya koymak ve çalışmanın çerçevesini oluşturan kısıtları belirleyerek çözüme götürecek olan bu modeli kurmaktır. Bir model eşliğinde sonuca götüren çalışmalarda en sık kullanılan metotlardan biri de doğrusal programlama yöntemidir. Yöntemin tercih edilmesinin sebebi ise birçok farklı alanlardaki problemlere kolayca uyarlanabilir olmasıdır. Birbirinden son derece farklı gerçek hayat problemlerini aynı varsayımlar ve aynı kurallar çerçevesinde bir doğrusal programlama metodu ile çözmek mümkün olmaktadır.

Doğrusal programlama, çerçevesi kısıtlar ile çizilmiş bir çok gerçek hayat probleminde optimum çözümü bulmak için kullanılan matematiksel bir yöntemdir.

Sayısal teknikler arasında büyük bir etki alanı olan doğrusal programlama, endüstriyel ve ekonomik analizlerde yaygınca kullanılmaktadır. Firmaların birçok alanda karşılaşacakları problemlerin giderilmesinde, üretim teknikleri arasından seçim

²³ Doğrusal Programlama 2014, [http://web.itu.edu.tr/~cebife/DP_model\(2\).pdf](http://web.itu.edu.tr/~cebife/DP_model(2).pdf) 03.06.2014

yapmasında, verimlilikte ve gölge fiyatların belirlenmesinde en iyi çözüme ulaştıracak politikaların saptanmasında DP modelleri kullanılır.²⁴

Şu an kullanılan sistemler (üretim, dağıtım, vb.) geniş çaplı sistemlerdir. Bu büyük sistemlerin modelleri de birçok değişken ve kısıtlardan oluşmaktadır. “Büyük modeller, bilgisayar destekli çözülebildiğinden, DP’nin uygulama alanı sadece kaynakların verimli kullanılması ile sınırlı kalmamış, diğer birçok alanda da önemli uygulamalar geliştirilmiştir. Doğrusal programlamanın kullanım alanları ile ilgili;²⁵

- * Sağlık sistemleri
- * Endüstriyel üretim planlaması ve envanter (stok) kontrolü
- * Reklam seçimi problemleri
- * Beslenme (diyet) problemleri
- * Tarımsal planlama
- * Karışım problemleri
- * Finansal planlama
- * Yatırım planlaması
- * Ulaştırma ve lojistik problemleri
- * Trafik planlaması
- * Askeri planlama
- * Atama problemleri
- * Personel programlaması örnekleri verilebilir.”

I. Birinci Dünya Savaşı sırasında İngiliz ve Amerikalı araştırmacılar askeri sorunların çözümü için doğrusal programlamayı kullanmışlardır ve ABD hava kuvvetleri, uygulanan matematiksel yöntemlerin planlama ve bütçeleme konusunda ne denli etkin olduğunu denetlemiştir. Bu ekipte yer alan G. Dantzing, büyük organizasyonların hareketlerinin bir doğrusal programlama problemi olarak değerlendirilebileceğini ve doğrusal bir amaç fonksiyonunun en küçüklenmesi ile optimal sonuçlar elde edilebileceğini ortaya koymuştur.²⁶

²⁴ Ahmet Özkan (2005). **Yön Eylem Araştırması**, 10. Baskı. Ekin Kitabevi. s.23.

²⁵ Müjgan Sağır. (2012). **Yön Eylem Araştırması 1**. Eskişehir: Açık Öğretim Fakültesi Yayınları. s.15.

²⁶ Zehra Özkan, (2012, Şubat). KTÜ, SBE, Ekonometri Ana Bilim Dalı Yöneylem Araştırması Programı. **Ulaştırma Modelleri ve Çelik Kapı Sektöründe Bir Uygulama**. Trabzon. Y. Lisans Tezi, s.9.

Askeri alandaki bu en iyileme çalışmaları ile kullanımı giderek yaygınlaşan doğrusal programlamanın içeriği her geçen gün yapılan bilimsel katkılarla daha da zenginleşmiştir.

Simpleks çözümün geliştirilmesi doğrusal programlama teorisine de önemli katkılar sağlamıştır. Robert Dorfman, doğrusal programlama yaklaşımını tam rekabet ve monopol koşulları altında çalışan ekonomik ögelere uygulamış ve geleneksel marjinal analiz ile doğrusal programlama modellerinin uygulanabilirliğini karşılaştırmıştır.²⁷

Doğrusal programlama daha önce de söylendiği gibi birçok gerçek hayat problemine uygulanabildiği için bu konu üzerinde birçok farklı bilim adamı tarafından çalışmalar yapılmıştır.

2.1.1. Doğrusal Programlamanın Matematiksel Modellemesi

Problemin matematiksel olarak kodlanması esnasında yapılacak olanları;

- * Karar değişkenlerinin tanımlanması,
- *Hedeflenen amaca (maksimum fayda-minimum maliyet) uygun şekilde oluşturulmuş amaç fonksiyonu ve
- * Problemin hangi çerçeve içinde kalarak çözüme ulaştırılacağını belirten kısıtlar topluluğu olarak sıralayabiliriz.

2.1.1.1. Karar Değişkenlerinin Tanımlanması

Bu aşamada karar değişkenlerinin neleri temsil ettiği kesin olarak belirtilmelidir. Karar değişkenlerinin yönetilmesi karar vericiye aittir. Doğrusal programlama problemlerinde karar değişkenleri genelde X_j sembolü ile gösterilir.

2.1.1.2. Amaç Fonksiyonu Oluşturma

Problemin türüne göre ulaşılmak istenilen hedefi anlatan denkleme *amaç fonksiyonu* denir. Amaç fonksiyonu maksimum ya da minimum yapılmak istenir. Doğrusal programlama modellerinde istenilen hedefi yakalamak adına amaç fonksiyonunun kesin bir açıklıkta olması gerekir.

²⁷ Haluk Aygüneş,(2001). **Yön Eylem Araştırması Ders Kitabı**. Ankara: Kara Harp Okulu Matbaası.s.9.

2.1.1.3. Kısıtları Oluşturma

Gerçek hayatta eldeki tüm kaynaklar sınırlıdır. Bu kaynaklar kimi zaman üretim kapasitesi kimi zaman iş gücü kimi zaman enerji bazen de taleptir. Kısıtlar bize bu çerçeveyi matematiksel olarak ifade eder.

Örnek:

Bir parça imalatçısı üç üretim merkezinde üç değişik ebatta parça imal etmektedir. Büyük ebat parçadan 800 ", orta ebat parçadan 600 " ve küçük ebat parçadan 540 " kar sağlamaktadır. 1 numaralı üretim merkezinin üretim hacmi haftalık 800, 2 numaralı üretim merkezinin üretim hacmi 650 ve 3 numaralı üretim merkezinin üretim hacmi de 450 parçadır.

Üretim merkezlerinin depolama alanları da kısıtlıdır. 1 numaralı üretim merkezinin depolama alanı 1400 m^2 , 2 numaralı üretim merkezinin 1250 m^2 ve 3 numaralı üretim merkezinin 800 m^2 'dir.

Ayrıca büyük ebat parçanın depolamada kapsadığı alan $2,5 \text{ m}^2$, orta ebat parçanın 2 m^2 ve küçük ebat parçanın $1,5 \text{ m}^2$ 'dir.

Satış bölümünün varsayımına göre haftada büyük ebat parçadan 800, orta ebat makineden 900 ve küçük ebat parçadan 600 adet satılabilecektir. Yine önceden başka bir firma ile yaptıkları anlaşma gereği büyük parçalardan minimum 300, orta ebat parçalardan minimum 250 adet üretmeleri gerekmektedir. Eldeki bilgilere göre karı maksimize edecek DP modelini oluşturunuz.

Çözüm:

X_1 = 1 numaralı üretim merkezinde üretilen büyük ebat parça sayısı

X_2 = 1 numaralı üretim merkezinde üretilen orta ebat parça sayısı

X_3 = 1 numaralı üretim merkezinde üretilen küçük ebat parça sayısı

X_4 = 2 numaralı üretim merkezinde üretilen büyük ebat parça sayısı

X_5 = 2 numaralı üretim merkezinde üretilen orta ebat parça sayısı

X_6 = 2 numaralı üretim merkezinde üretilen küçük ebat parça sayısı

X_7 = 3 numaralı üretim merkezinde üretilen büyük ebat parça sayısı

X_8 = 3 numaralı üretim merkezinde üretilen orta ebat parça sayısı

$X_9 = 3$ numaralı üretim merkezinde üretilen küçük ebat parça sayısı

Amaç Fonksiyonu

$$Z (\text{maks}) = 800.(X_7 + X_4 + X_1) + 600.(X_8 + X_5 + X_2) + 540.(X_9 + X_6 + X_3)$$

Kısıtlar

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq 800 \quad (1. \text{ Üretim merkezinin üretim sınırı})$$

$$X_4 + X_5 + X_6 \leq 650 \quad (2. \text{ Üretim merkezinin üretim sınırı})$$

$$X_7 + X_8 + X_9 \leq 450 \quad (3. \text{ Üretim merkezinin üretim sınırı})$$

$$2,5.X_1 + 2.X_2 + 1,5.X_3 \leq 1400 \quad (1. \text{ Üretim merkezinin depolama sınırı})$$

$$2,5.X_4 + 2.X_5 + 1,5.X_6 \leq 1250 \quad (2. \text{ Üretim merkezinin depolama sınırı})$$

$$2,5.X_7 + 2.X_8 + 1,5.X_9 \leq 800 \quad (3. \text{ Üretim merkezinin depolama sınırı})$$

$$X_1 + X_4 + X_7 \leq 800 \quad (\text{Büyük ebat parçanın satış sınırı})$$

$$X_2 + X_5 + X_8 \leq 900 \quad (\text{Orta ebat parçanın satış sınırı})$$

$$X_3 + X_6 + X_9 \leq 600 \quad (\text{Küçük ebat parçanın satış sınırı})$$

$$X_1 + X_4 + X_7 \geq 300 \quad (\text{Anlaşma gereği büyük ebat parçanın minimum imalat sınırı})$$

$$X_2 + X_5 + X_8 \geq 250 \quad (\text{Anlaşma gereği orta ebat parçanın minimum imalat sınırı})$$

$$X_9, X_8, X_7, X_6, X_5, X_4, X_3, X_2, X_1 \geq 0 \text{ aynı zamanda tamsayı.}^{28}$$

2.1.2. Doğrusal Programlama Modelinin Uygulanması için Gerekli Varsayımlar

Doğrusal programlama ile çözülecek gerçek hayat problemlerinde tutarlı ve gerçeğe en yakın sonuçları bulabilmek için bazı kesin şartlar vardır. Bunlara modelin uygulanması için gerekli olan varsayımlar denir.

²⁸Yöneylem Araştırması, [www.yoneylemarastirmasi.com: http://yoneylemarastirmasi.com/wp-content/uploads/2011/09/DP-Modelleme-%C3%96rnek-Sorular.pdf](http://yoneylemarastirmasi.com: http://yoneylemarastirmasi.com/wp-content/uploads/2011/09/DP-Modelleme-%C3%96rnek-Sorular.pdf)

Model kurulurken bilgi kaybı kaçınılmazdır fakat bu kayıp minimum seviyede tutulmaya çalışılır. Bundan dolayı modelden gerçekçi sonuçlar çıkarabilmek için aşağıdaki varsayımlar gerçekleştirilmelidir.²⁹

2.1.2.1. Doğrusallık (Oranlılık) Varsayımı

Bu varsayım işletmenin girdileriyle çıktıları arasındaki doğrusal ilişkiyi anlatır. Üretim çıktılarında artış gerçekleşirken aynı oranda üretim girdilerinde de artış yaşanır. Ayrıca amaç fonksiyonu net olarak matematiksel şekilde ifade edilmelidir. Amaç fonksiyonunun doğrusallık şartının sağlanabilmesi için karar değişkenleri (X_j) lerin birinci dereceden ve katsayıları (C_j) lerin de sabit olması beklenir.³⁰

2.1.2.2. Toplanabilirlik Varsayımı

Doğrusal programlamada değişik faaliyetlere kaynak olan ayrı ayrı girdilerin toplamının her iş için kullanılan girdilerin toplamına eşit olması beklenir.

Örnek olarak; bir iş için 100.000 TL diğer bir iş için de 50.000 TL gerekiyorsa bu iki işi birden yapmak için 150.000 TL gereklidir.

2.1.2.3. Sınırlılık Varsayımı

Hâlihazırdaki tüm kaynaklar sonlu olduğu için hem girdiler hem de çıktılar sınırlı sayıdadır.

2.1.2.4. Bölünebilirlik Varsayımı

Modelin karar değişkenleri (X_j) ler, her türlü reel değerleri alabiliyorsa, bölünebilirlik varsayımı sağlanıyor demektir. Böylece, karar değişkenleri, bazı faaliyetlerin düzeyini gösterdiğinden, faaliyetlerin kesirli düzeylerde çalışabileceği varsayılır. Bazen girdi ve çıktıların bölünmezlik sorunu nedeniyle, karar değişkenlerinin tamamının veya bazılarının tam sayı olması gerekebilir. Böyle durumlarda, tam sayılı doğrusal programlama söz konusu olur.³¹

²⁹ Sağır, a.g.e. s.16.

³⁰ <http://www.ozyazilim.com/ozgur/marmara/karar/simplex.htm>

³¹ Sağır, a.g.e. s. 16.

2.1.2.5. Belirlilik (Kesinlik) Varsayımı

Doğrusal programlama modelinde yer alan parametrelerin bilindiği ve sabit olduğu kabul edilir. Yani, birim başına kar ya da maliyetlerin (C_j), her faaliyet için gerekli olan kaynak miktarlarının (a_{ij}) ve mevcut kaynak miktarlarının (b_i) sabit olduğu varsayılır. Bu varsayımın kabul edilmesiyle DP problemlerinin çözümü kolaylaşmaktadır. Ne var ki gerçek hayatta bu parametreler değişkendir ve bu DP'nin pratik faydasını azaltmaktadır. Bu zayıf tarafın güçlendirilmesi için problemin optimum çözümü elde edildikten sonra duyarlılık analizi aracılığıyla parametrelerdeki değişmelerin etkileri incelenerek DP'ye dinamiklik kazandırılabilir.³²

2.1.2.6. Negatif Olmama Varsayımı

Doğrusal Programlamadaki tüm değişkenler negatif olmayan değerler almak zorundadır. Örneğin negatif üretim olamaz.

2.1.3. Doğrusal Programlamanın Bilgisayarda Çözümü

Doğrusal programlama ile çözülecek problemlerde elle çözülemeyecek kadar karmaşık olan yapıların çözümünde çeşitli bilgisayar programları kullanılır. Kullanılan bilgisayar programları genelde paket programlar olmakla beraber Microsoft Excel de sıkça kullanılan seçeneklerden biridir.

Kullanılan bazı programları şöyle açıklayabiliriz:

2.1.3.1. EXCEL

Karar vericiler, optimizasyon problemlerinin çözümünde çeşitli yöntemler kullanırlar. Doğrusal programlama tekniği belki de bunların en önemlisidir. Doğrusal programlama problemlerinin çözümünde Excel çözücüsü (Excel Solver), kullanım kolaylığı ve anlaşılabilirliği ile en sık tercih edilenlerden biridir.³³

Excel, Microsoft tarafından üretilmiş bir hesaplamalar programıdır. Windows ve Macintosh'da kullanılmak için tasarlanmış ve hâlihazırda dünyada en çok tercih edilen

³² İ.T.Ü. (2014) [http://web.itu.edu.tr/~cebife/DP_model\(2\).pdf](http://web.itu.edu.tr/~cebife/DP_model(2).pdf) (15.02.2014)

³³ M.Ali İnan & Cavit Yeşilyurt. **Doğrusal Programlama Problemlerinin Excel ile Çözümü**. Cumhuriyet Üniversitesi İİBF Dergisi, s.151.

programlardandır. Excel birçok meslek grubu çalışanı için hesaplama gereksinimlerini gidermede kullanılabilir. Bu ihtiyaçlar basit matematiksel işlemler olabileceği gibi ileri matematik problemlerinin hızlı şekilde çözülmesi ya da mimarlık hesaplarının gerçekleştirilmesi de olabilir.³⁴

“Excel Çözücü, verilen sınırlılıklar dahilinde bir amaç faaliyetinin belli değişkenler için çözüme kavuşturulmasını sağlar.”³⁵

“Çözücü ile x. dereceden bir bilinmeyenli denklem çözüme kavuşturulabileceği gibi x bilinmeyenli m adet denklem sistemini de çözüme ulaştırmak mümkündür.”³⁶

Örnek:

XYZ firması, normal ve yüksek teknolojili tablet olarak tanımladığı iki tür tablet imal etmektedir. Normal tabletler için standart özelliklere sahip, teknolojik tabletler için de yüksek çözünürlüğe sahip ekran kullanılmaktadır. Ayrıca normal tabletlerde bir tane, teknolojik tabletlerde ise iki tane RAM kullanılmaktadır. Firma, normal tablet başına “ 30, teknolojik tablet başına ise “ 50 kar sağlamaktadır.

Bir ayda maksimum 60 tane standart özelliklere sahip ekran, 50 tane yüksek çözünürlüğe sahip ekran ve 120 tane de RAM tablet üretiminde kullanılabilir. Problem ise sınırlılıklar kapsamında maksimum karı elde etmek amacıyla hangi tür tablettan ne kadar imal edileceğidir.³⁷

Problemin Doğrusal Programlama Modeli

İşletmenin aylık normal tablet imalat sayısı x_s , aylık teknolojik tablet imalatı x_1 ile isimlendirilirse; amaç karı maksimum yapmak olduğundan modelin amaç fonksiyonu

$$\text{maksimum } z = 50 x_1 + 30 x_s$$

olacaktır.

Stoğa bağlı sınırlılıklar da aşağıda gösterilmiştir:

³⁴ M.Ali Alan&Cavit Yeşilyurt, **Cumhuriyet Üni. İİBF Dergisi**, Cilt:5 Sayı:1, s.156.

³⁵ Uğur Yavuz, (1999). **Excel 97**. Atatürk Üniversitesi Yayın No:214. s.154.

³⁶ İnan & Yeşilyurt, a.g.e., s.156.

³⁷ İTÜ,2014 web.itu.edu.tr/topcuil/ya/Solver.doc. (tarih yok). www.itu.edu.tr: web.itu.edu.tr/topcuil/ya/Solver.doc

$$x_s + 2 x_l \leq 120$$

$$x_s \leq 60$$

$$x_l \leq 50$$

Negatif sayıda üretim olmayacağından

$$x_l, x_s \geq 0$$

işaret sınırlılığı da belirtilmelidir.

2.1.3.2. WinQSB

“WinQSB işletme ve yöneylem araştırmaları için hazırlanmış bir paket programdır. Lineer programlama ve tam sayılı programlama dâhil 19 farklı alt modülden oluşur.”³⁸ Bu modüller;

- * Hedef Programlama
- * Kabul Örnekleme
- * Doğrusal ve Tamsayılı Programlama
- * Dinamik Programlama
- * Doğrusal Olmayan Programlama
- * MRP
- * Toplu Üretim Planı
- * Stok Teorisi
- * İş Çizelgeleme
- * Karar Analizi
- * Markov Süreçleri
- * Tesis Yerleştirme ve Planlama
- * Quadratic Programlama
- * Tahmin
- * Kuyruk Analizi

³⁸ Yaşar Yetişken, (2009). Karabük ,Çelik Üretim Tesisinde Lineer Programlama Yöntemiyle 4140 Çeliğinin Üretimi için Bilgisayar Paket Programının Kullanılması. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), s.3.

- * PERT-CPM
- * Kalite Kontrol Çizelgeleri
- * Şebeke Modelleme
- * Kuyruk Sistemleri Simülasyonu

Lineer programlama modülü hem simpleks hem de grafik metotla problemleri çözmektedir. Kısa özet rapor sunması ve iyi bir grafik yeteneğine sahip olması sebebiyle rapor hazırlamada ve sunuşlarda sıkça kullanılır. Microsoft Excel'den WinQSB' ye veya WinQSB 'den Microsoft Excel ve Word programlarına veri transferi yapmak mümkündür.

Bu çalışmada çözülecek olan ulaştırma problemi de WinQSB programı yardımı ile çözülecektir.

2.1.3.3. TORA

Bu paket programın DP modellerine uygulanmasıyla yalnızca karar değişkenlerine ait bilinmeyen optimal değerler değil, bunun yanında problemde bulunan amaç fonksiyonu katsayıları ve sınırlılıklardaki kaynak miktarı ile ilgili problemi açıklayıcı bilgiler de verilmektedir.

Bunun yanı sıra, önemli bir husus olan “*Duyarlılık Analizi (Sensitivity Analysis)*” ile ilgili verilerde de bu programda yer almaktadır.³⁹

2.1.3.4. LİNGO

LİNGO, geniş çaplı problemlerin özünü formüle eden, onları çözen ve sonuçlarını analiz eden doğrusal ve doğrusal olmayan optimizasyondan yararlanmak için kullanılan kolay bir programdır. Bir optimizasyon modelleme dili olan lingo kullanıcıya aynı satırda bir çok amaç fonksiyonu ya da kısıtlar oluşturmasını sağlar.⁴⁰ Optimizasyon sonucunda verilecek karar, en yüksek çıktı, ya da mutluluğa ulaşılmasını sağlar; ya da optimizasyonla en az maliyet sağlanır veya zaman kaybı engellenir. Sıklıkla bu problemler, parasal kaynaklarınızı, zamanınızı, makinenizi, çalışanlarınızı, stok ve daha fazlasını en etkili şekilde kullanmayı içerir.⁴¹

³⁹ <http://istatistiknotlarim.blogspot.com/2012/07/tora-optimization-system-dogrusal.html>, 11.01.2014

⁴⁰ Wayne. L. Winston., Operation Research, Duxbury Yayınları, 3. Baskı, ABD

⁴¹ www.lindo.com, 15.06.2014

2.1.4. Doğrusal Programlamanın Uygulama Alanları

Doğrusal programlama modeli, mümkün seçimler arasından optimale giden için bir yol sağlar. Optimal karar, kısıtlar çerçevesinde yönetimin özel bir amacının en iyi şekilde karşılanmasıdır.⁴²

Doğrusal programlamanın uygulama alanlarına örnek olarak;⁴³

- * Bir firmanın ürünü için gelecek talepleri karşılamak ve bunu sağlayacak bir üretim programı geliştirmek aynı zamanda da toplam üretim maliyetlerini minimum kılmak.
- * Bir işletmenin yatırımlarında maksimum kazancı sağlayabileceği çeşitli hisse senedi ve bonolardan oluşan bir yatırım planı oluşturmak.
- * Sınırlı reklam bütçesinin radyo, TV ve gazete reklamlarında, reklamcılıkta maksimum verimi sağlayabilmek için etkin bir şekilde dağıtımını sağlamak.
- * Birçok depo ve çeşitli yerlerde bulunan marketlere yapılan ulaştırma maliyetlerini minimum kılacak etkin bir dağıtım sistemi belirlemek.
- * Firmanın faydasını maksimum kılarken, makine ve iş gücü kullanımını en iyi şekilde sağlayabilecek ürün karmasını seçme, verilebilir.

Yukarıda yazılı problem çeşitlerinin haricinde doğrusal programlamanın uygulanabileceği/uyarlanabileceği daha birçok gerçek hayat problemi mevcuttur.

2.2. Ulaştırma Modeli

Ulaştırma modelleri, çıktının belirlenen hedeflere en az maliyetle ulaştırılmasını amaçlayan, özel bir DP modelidir. Amaç, üretimin gerçekleştiği noktalardan dağıtım yapılacak olan noktalara ürünler ulaştırılırken, bu işi minimum maliyetle gerçekleştirmektir.⁴⁴

Ulaştırma modelleri, DP modelleriyle aynı şekilde çözülebilir. Fakat doğrusal programlama modellerinde, araştırmacıyı çözüme daha çabuk çözüme götüren ulaştırma algoritmasını kullanılır. İlk defa 1941 yılında Hitchcock Petrol Endüstrisinde

⁴² Herbert Moskowitz, (1979). **Operation Research Techniques For Management**. New Jersey: Prentice-Hall College Div. s.263

⁴³ Barry Render & Ralph Stair, (1978). **Management Science A Self-Correcting Approach**. Boston/ London/ Sydney/ Toronto,: Allyn and Bacon, Inc. s.123.

⁴⁴ Richard Levin, & Charles Kirkpatrick (1975). **Quantitative Approaches to Management**, 3. Baskı. McGraw-Hill Book Company s.350

uygulanmıştı.⁴⁵ 1947 yılında T.C. Koopmas, “Ulaştırma Sisteminin Optimum Kullanımı” adında bir eserle yeni bir ulaştırma modeli ortaya koymuştur. 1947 yılında “Kuzeybatı Köşe Yöntemi ve Atlama Taşı Metodu” W.W. Cooper ve G.B. Dantzing tarafından geliştirilmiştir.⁴⁶

Yönteme 1954’de R. Schlaifer ve A. Henderson bazı iyileştirmeler getirmiş ve 1955’ de R. Ferguson “Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemini (MODİ)” tasarlamış, 1963 yılında ise modelin dejenere olduğu durumları ve dejenerasyon halinin düzeltilmesine ilişkin çözümleri G. B. Dantzing ortaya koymuştur.⁴⁷

Genel olarak simpleks yöntemiyle çözülen doğrusal programlamada, ulaştırma modeline uygun tarzda modellenen bir problem de simpleks metot kullanılarak çözüme kavuşturulabilir. Fakat ulaştırma problemleri özgün yöntemleri, algoritmaları, atama ve aktarma modelleri gibi yollarla çok daha az hesaplama zamanı ile çözüme ulaşırlar.⁴⁸

Bir ulaştırma probleminin simpleks ve kendi çözüm tekniği kıyaslandığında ulaştırma modelinin;

- * Hesaplama zamanı simplekse göre 100 – 150 kez daha hızlı,
- * Bilgisayar destekli çözümlerde simpleks yöntemine göre daha az yer kaplayan ve çok geniş problemlerin çözümüne olanak tanıdığı görülmüştür.
- * Tam sayılı sonuçlar üreten bir modeldir.⁴⁹

2.2.1. Ulaştırma Modelinin Matematiksel Gösterimi

Bir ulaştırma modeli a_i ($i=1,2,\dots,m$) birim homojen mal sunumunda bulunan m kaynaktan ve b_j ($j=1,2,\dots,n$) birim mal talebinde bulunan n hedeften oluşmaktadır. Burada a_i ve b_j ’yi temsil eden değerler pozitif tamsayılardır. C_{ij} , i inci kaynaktan j inci hedefe gönderim mal miktarını ifade etmekte ve bu değer her i ve j için bilinmelidir.

⁴⁵ Davuthan Günaydın, (2006). **Türk Silahlı Kuvvetlerinde Ring Taşımacılık Faaliyetlerinin Maliyet Etkinlik Analizi ve Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Güzergah Optimizasyonu**. Marmara Üni SBE Ekonometri DalıYön Eylem Araştırması Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi . İstanbul, Türkiye. s.21

⁴⁶ Günaydın, a.g.e. s.21

⁴⁷ Süleyman Kotaman, (1998). **Silahlı Kuvvetlerde İkmal Sistemlerinin Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliyet Olarak Minimizasyonu**. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi – Marmara Üni. SBE. İstanbul, s.2

⁴⁸ Öztürk, a.g.e., s.189

⁴⁹ Render & Stair, a.g.e. s.215.

Modelin amacı, en düşük toplam ulaştırma maliyetli ve tamsayılardan oluşan bir dağıtım planı geliştirmektir. Model tanımlanırken, toplam arzın toplam talebe eşit olduğu kabul edilir.⁵⁰ Toplam arzın toplam talebe eşit olduğu modele Dengelenmiş Model denmektedir. Tam tersi duruma, yani arz talep eşitliği bulunmuyorsa bu tür modele de Dengelenmemiş Model denmektedir. Dengelenmemiş model içeren bir problemle karşılaşıldığında çözmeye başlamadan önce, ilk olarak modelin dengelenmiş modele dönüştürülmesi gerekmektedir.⁵¹

Modelde;

a_i = i inci kaynağın kapasitesi (arz)

b_j = j inci hedefin istemini (talep)

C_{ij} = i inci kaynaktan j inci hedefe birim taşıma maliyeti

X_{ij} = i inci kaynaktan j inci hedefe taşınacak miktar olarak tanımlanır.⁵²

Modelin genel matematiksel formu aşağıdaki gibi ifade edilir;⁵³

Amaç fonksiyonu:

$$Z_{enk} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad \rightarrow \text{Arz Kısıtı}$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad \rightarrow \text{Talep Kısıtı}$$

⁵⁰ Nihan Kaynar, (2011). **Havayolu Taşımacılığında Maliyetlerin Düşürülmesinde Ulaştırma Modelleri Tekniklerinin Kullanım ve Analizi**. Yüksek Lisans Tezi - Haliç Üni SBE İşletme Ana Bilim Dalı Bankacılık ve Finans Programı. İstanbul. s.29.

⁵¹ Ravi Ravindran, Don Philips., & James Solberg,(1987). **Operations Research Principles and Practice**. ABD: John Wiley & Sons. s.75.

⁵² İmdat Kara, (1991). **Doğrusal Programlama**. Bilim Teknik Yayınevi. s.173

⁵³ Richard Bronson, (1982). **Theory and Problems of Operations Research**, McGraw-Hill Book Company, s.70.

Pozitiflik Koşulu:

$$X_{ij} \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Görüldüğü gibi ulaştırma modeli de doğrusal programlama modeli gibi üç temel unsurdan oluşmaktadır. Bu unsurlar; amaç fonksiyonu, kısıtlayıcı koşullar ve pozitiflik koşuludur.

Bir ulaştırma modelinde hedeflenen amaç ve bu amacı etkileyen faktörler doğrusal olarak belirtilmektedir. Burada (X_{ij}) ler karar değişkenlerini, (C_{ij}) ler birim taşıma maliyetlerini ifade etmektedir. Kısıtlayıcı koşullar ulaştırma modelinde arz kısıtlayıcıları ve talep kısıtlayıcıları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Arz kısıtları, bir kaynaktan belirli sayıdaki hedefe gönderilecek mal miktarının ilgili kaynağın kapasitesine eşit olması gerektiğini belirtir. Talep kısıtları ise, her hedefin istem miktarının tam olarak karşılanması gerektiğini belirtmektedir. Ulaştırma modelinde kısıtlayıcı koşullar sözü edilen nedenle eşitlik halinde oluşturulmaktadır.⁵⁴

Pozitiflik koşulunun nedeni ise, kaynaklardan hedeflere nakil yapılması nedeniyle, nakil edilen mal miktarının negatif değerler alamamasıdır.⁵⁵

Matematiksel modelin daha ayrıntılı bir şekilde yazılışı aşağıdaki gibidir;⁵⁶

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{\text{enk}} = C_{11}.X_{11} + C_{12}.X_{12} + \dots + C_{mn}.X_{mn}$$

Kısıtlar:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1n} = a_1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + \dots + X_{2n} = a_2$$

$$\dots \dots \dots \rightarrow \text{Arz Kısıtları}$$

$$\dots \dots \dots$$

$$X_{m1} + X_{m2} + X_{m3} + \dots + X_{mn} = a_m$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + \dots + X_{m1} = b_1$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + \dots + X_{m2} = b_2$$

⁵⁴ Selda Görkey, (2009). **Ulaştırma Modelleri ve Bir Uygulama** - Yüksek Lisans Tezi.

İstanbul: M.Ü SBE Ekonometri Ana Bilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı. s.8

⁵⁵ İbrahim Doğan, (1995). **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**. Bilim Teknik Yayınevi. s.77-79

⁵⁶ Alptekin Esin, (2003). **Yöneylem Araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri**, 4. Baskı. Gazi Kitabevi. s.217-218

→ Talep Kısıtları

$$X_{1n} + X_{2n} + X_{3n} + \dots + X_{mn} = b_n$$

Pozitiflik Koşulu:

$X_{ij} \geq 0$ ve tamsayı.

Matematiksel model incelendiğinde, m kaynaklı ve n hedefli bir modelde, kısıt sayısının m+n tane ve değişken sayısının m×n tane olduğu görülmektedir.⁵⁷

Doğrusal programlama problemlerinin çözümünde simpleks yöntem, dolayısıyla simpleks tablosu kullanılmaktadır. Ulaştırma modellerinin çözümünde ise ilk olarak ulaştırma tablosu hazırlanmalıdır. Ulaştırma tablosunun kullanım amacı simpleks tablosunun kullanım amacıyla aynıdır; probleme ilişkin tüm bilgilerin ve verilerin bir arada, aynı çerçevede görülmesini sağlamaktır.⁵⁸

Tablo 2.1. Ulaştırma Tablosu-1

Kaynak \ Hedef	1	2		n	Arz
1	X_{11} C_{11}	X_{12} C_{12}		X_{1n} C_{1n}	a_1
2	X_{21} C_{21}	X_{22} C_{22}		X_{2n} C_{2n}	a_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m	X_{m1} C_{m1}	X_{m2} C_{m2}		X_{mn} C_{mn}	a_m
Talep	b_1	b_2		b_n	$a_1+a_2+\dots+a_m$ $b_1+b_2+\dots+b_n$

Kaynak: Turgut Ozan,(1994). **Applied Mathematical Programming for Engineering and Production Management.** New Jersey: A Reston Book-Prentice Hall. s.207.

⁵⁷ George Dantzing,, & Mukund Thapa. (1997). **Linear Programming 1:Introduction**, Springer Series. s.206.

⁵⁸ Levin, & Kirkpatrick, a.g.e. s.312

Tabloda kullanılan notasyonlar ve anlamları aşağıdaki gibi belirtilebilir:⁵⁹

m = Üretim merkezi (kaynak) sayısı ($i = 1, 2, \dots, m$)

n = Tüketim merkezi (hedef) sayısı ($j = 1, 2, \dots, n$)

C_{ij} = i kaynağından j hedefine gönderilen malın birim taşıma maliyeti

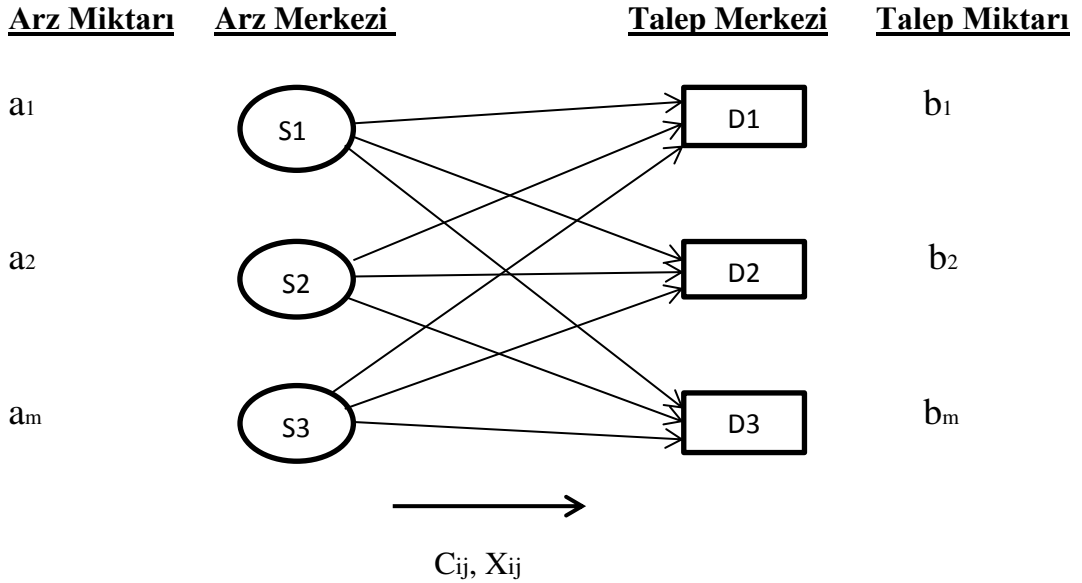
X_{ij} = i kaynağından j hedefine gönderilen mal miktarı (birim olarak)

a_i = i kaynağının üretim kapasitesi (arzı)

b_j = j hedefinin istem miktarı (talep)

m adet arz ve n adet talep merkezli ulaştırma probleminin şekille ifadesi aşağıdaki gibidir:⁶⁰

Şekil 2.1. m Adet Arz ve n Adet Talep Merkezli Ulaştırma Probleminin Şekilsel İfadesi



Kaynak: Dantzing, G., & Thapa, M. (1997). **Linear Programming 1:Introduction**, Springer Series. s.207.

m : mevcut arz kaynağı sayısı,

n : mevcut talep kaynağı sayısı,

C_{ij} : i . arz kaynağından j . talep kaynağına bir birim ürünün ulaştırma bedeli

a_i : Arz kaynağı kapasitesi

⁵⁹ Esin, a.g.e. s.217-218.

⁶⁰ Tuğba Özkal, (2003). **Capacitated Transportation Problems and an Application**, Yüksek Lisans Tezi, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi. s:96.

b_j : Talep kaynağı kapasitesi

X_{ij} : Karar değişkeni, i . Arz kaynağından j . Talep kaynağına ulaştırılacak ürün miktarı;⁶¹
 $j=1,2,3 \dots n$; $i=1,2,3 \dots m$

2.2.2. Ulaştırma Modeli ile İlgili Varsayımlar

“Ulaştırma modelinin varsayımları genel ve özel olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır;⁶²

- **Genel Varsayımlar:** DP’nin spesifik bir uygulaması olan ulaştırma modellerinde DP varsayımlarının tamamı geçerlidir.”
- **Özel Varsayımlar:** Ulaştırma modelleri DP varsayımlarına ilaveten şu varsayımları da içerir; ⁶³
 - * Modelde kullanılan tüm mal ve hizmetler aynı birim homojenlikte tanımlanmış olmalıdır ki bu homojenlik koşuludur.
 - * Herhangi bir arz kaynağı ile herhangi bir talep kaynağı arasında bir birim malın ne kadar fiyatla taşınacağı bilinmelidir.
 - * Üretim ve tüketim merkezlerindeki istem ve sunum miktarları bilinmelidir.
 - * Üretim merkezlerinden dağıtılan miktar ile tüketim merkezlerince istenen miktar eşit olmalıdır. Eğer eşitlik yoksa teorik olarak sağlanmalıdır. Bu koşula tutarlılık koşulu denir ve bu koşulu sağlayan ulaştırma modelleri dengelidir.

2.2.3. Ulaştırma Modelinin Algoritması

Ulaştırma problemlerinin çözümünde uygulanan aşamalar şöyledir;⁶⁴

- * Probleme ait verilerin başlangıç tablosunda gösterilmesi,
- * Satır ve sütun gereksinimlerine uyularak temel kabul edilebilir başlangıç çözümü için dağıtım ve atamanın yapılması.
- * İkinci adımda elde edilen çözümün en iyi olup olmadığının kontrol edilmesi ve temel olmayan değişkenler arasından temel değişken olarak girecek değişkenlerin bulunması.
- * Çözüm en iyi değilse en iyi çözüme ulaşıncaya kadar ardışık işlemlere devam edilmesi.

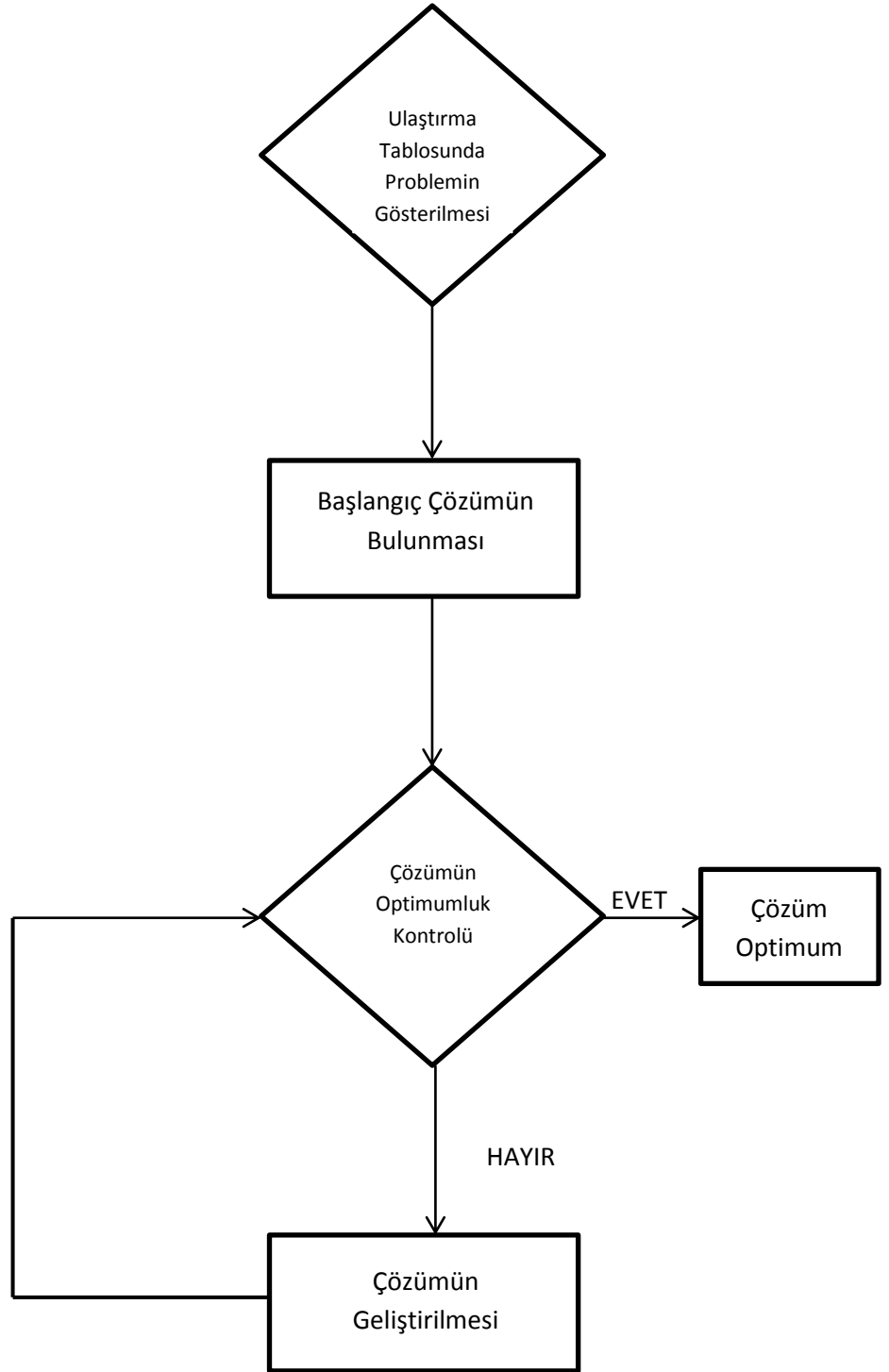
⁶¹ Esin, a.g.e. s.22

⁶² Özkan, a.g.e. s:23

⁶³ Dantzing & Thapa, a.g.e. s:205

⁶⁴ Doğan, a.g.e. s: 83

Şekil 2.2. Ulaştırma Modelinin Algoritması



Kaynak: Stevenson, W. J. (1989). **Introduction to Management Science**, 3. Baskı. Boston. s.207.

2.2.4. Ulaştırma Modelinin Başlangıç Çözüm Yöntemleri

DP problemlerinin çözüme kavuşturulmasında simpleks algoritması uygulanabilmesine rağmen ulaştırma problemlerinde simpleks metottan daha rahat uygulanabilecek bazı metotlar vardır.⁶⁵

2.2.4.1. Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VAM Yöntemi)

1955 yılında W. R. Vogel tarafından geliştirilmiştir. Optimize yakın bir çözüm veren yöntemdir.⁶⁶ VAM Yöntemi ile başlangıç çözümü elde edilirken, her gözedeki maliyet tutarları hesaba dahil edilir. En az düşük maliyet tutarına sahip hedefleri belirleyememekten doğan ek maliyetler hesap edilir ve bu giderlere pişmanlık gideri veya ceza gideri adı verilir.⁶⁷

Bu yönteme birim nakil maliyetlerini içeren tablonun hazırlanması ile başlanır. Tablodaki göze maliyetlerinden her bir satır ve sütun için, cezalar belirlenir cezaların belirlenmesinde her bir satırda yer alan en küçük maliyetli eleman aynı satırdaki en küçük maliyete en yakın maliyetten çıkarılır.

Belirlenen bu cezalar satır ve sütun halinde ulaştırma tablosunun altında ya da yanında gösterilir. Daha sonra tüm satır ve sütun cezaları arasında en büyüğü seçilir ve bu seçilen cezanın karşılığı satır veya sütundaki minimum maliyete sahip göze olabildiğince dağıtılır. Bu dağıtım ilgili sıra ve sütun toplamlarından düşülür. Bundan sonra gereği karşılanmış depo veya mağaza hariç tutularak yeni değerler tablosu hazırlanır ve satır sütun gereksinimleri tamamen doyurulana kadar ardışık işlemlere devam edilir.

Satır ve sütunlardaki ceza miktarları hesap edilirken birden çok maksimum ceza değerinin olması durumu ile karşılaşılabilir. Böyle bir pozisyonda sonuca daha hızlı ulaşabilmek için maksimum ceza tutarı hem satır hem de sütunda bulunuyorsa, bu satır ve sütunun kesiştiği nokta minimum maliyetli ise bu noktaya, eğer minimum maliyetli değilse maksimum ceza puanına sahip satır ve sütundan maliyeti minimum olan noktaya dağıtım yapılır. Bu işlemlerden

⁶⁵ Mehmet Kabak, (2000). **Kara Kuvvetleri Akaryakıt İkmal Sistemlerinde Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliyet Optimizasyonu**, Yüksek Lisans Tezi,. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi. s:156

⁶⁶ Günaydın, a.g.e. s.38

⁶⁷ Öztürk, a.g.e. s.201

sonra maksimum ceza değeri yine birden çok satır veya sütunda bulunuyorsa bunlar içinden maksimum arz ya da talep değerine sahip olan seçilir.⁶⁸

Tablo 2.2. Ulaştırma Tablosu-2

Tüketim Merkezi Üretim Merkezi	1	2	3	Tüketim Miktarı	Satır Ceza Değerleri
1	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	a ₁	min1C_{1i} – min2C_{1i} C_{1i}
2	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	a ₂	min1C_{2i} – min2C_{2i} C_{2i}
3	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	a ₃	min1C_{3i} – min2C_{3i} C_{3i}
Tüketim Miktarı	b ₁	b ₂	b ₃	a _t = b _t	
Sütun Ceza Değerleri	min1C_{j1}–min2C_{j1} C_{j1}	min1C_{j2}–min2C_{j2} C_{j2}	min1C_{j3}–min2C_{j3} C_{j3}		

Tablo 2.2. de hesaplanan ceza değerleri büyüğünün yer aldığı sıra veya sütundan başlanarak Tablo 2.3. te hazırlanmış en küçük birim maliyetli hücreye en fazla miktarda dağıtım yapılmış Tablo 2.4. sütun genişliği karşılanmış olan tüketim merkezi hariç tutularak oluşturulmuştur.⁶⁹

⁶⁸ Osman Hallaç, (1983). **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, 4. Basım, İstanbul: Alfa Yayın Dağıtım. s:570

⁶⁹ Günaydın, a.g.e. s.39

Tablo 2.3. Ulaştırma Tablosu-3

Tüketim Merkezi Üretim Merkezi	1	2	3	Tüketim Miktarı	Satır Ceza Değerleri
1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	a_1	$\min 1C_{1i} - \min 2C_{1i}$ C_{1i}
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	$a_2 - b_2$	$\min 1C_{2i} - \min 2C_{2i}$ C_{2i}
3	C_{31}	C_{31}	C_{33}	a_3	$\min 1C_{3i} - \min 2C_{3i}$ C_{3i}
Tüketim Miktarı	b_1	0	b_2	$a_t = b_t$	
Sütun Ceza Değerleri	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$ C_{j1}	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$ C_{j2}	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$ C_{j3}		

Tablo 2.4. Ulaştırma Tablosu-4

Tüketim Merkezi Üretim Merkezi	1	3	Tüketim Miktarı	Satır Ceza Değerleri
1	C_{11}	C_{13}	a_1	$\min 1C_{1i} - \min 2C_{1i}$ C_{1i}
2	C_{21}	C_{23}	$a_2 - b_2$	$\min 1C_{2i} - \min 2C_{2i}$ C_{2i}
3	C_{31}	C_{33}	a_3	$\min 1C_{3i} - \min 2C_{3i}$ C_{3i}
Tüketim Miktarı	b_1	b_3	$a_t = b_t$	
Sütun Ceza Değerleri	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$ C_{j1}	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$ C_{j3}		

2.2.4.2. Russell'in Yaklaşım Metodu (RAM Metodu)

Yöntem, adını Russel'in Yaklaşım Yöntemi'nin İngilizcesi olan Russel's Approximation Method'un baş harflerinden almıştır. RAM Yöntemiyle -tıpkı VAM Yöntemi'yle olduğu gibi- iyi bir başlangıç çözüme, hatta bazen optimale çok yakın bir çözüme ya da doğrudan optimal çözüme ulaşmak mümkündür. Bu yöntem VAM Yöntemi'ne göre daha çok hesaplama işlemi içermektedir.⁷⁰

Metot iterasyon aşamalarından oluşmaktadır ve çözüm aşamaları belirtilmeden önce her iterasyon aşamasında hesaplanması gereken değerlerin belirtilmesinde fayda vardır.

u_i^* = i inci satırdaki (üstü çizilmemiş) en yüksek C_{ij} değeri

v_j^* = j inci sütundaki (üstü çizilmemiş) en yüksek C_{ij} değeri

ve her bir hücre için yeni birim taşıma maliyeti katsayılarını ifade eden delta (Δ) değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.⁷¹

$$\Delta_{ij} = C_{ij} - u_i^* - v_j^*$$

Yöntemin çözüm aşamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- * Başlangıç tablosunda u_i^* ve v_j^* değerleri belirlenir ve satır ve sütun olarak ulaştırma tablosuna eklenir.
- * Boş bir tablo hazırlanarak, Δ_{ij} değerleri hesaplanır. Bu delta değerleri artık yeni C_{ij} katsayılarıdır.
- * Yeni hesaplanan Δ değerleri arasından en yüksek olanı belirlenir ve bu hücreye arz ve talep koşulları dikkate alınarak mümkün olan en büyük sayıda yükleme yapılır. Bu miktar arz ve talep miktarlarından düşülür, eğer ilgili arz merkezinin arzı tamamen kullanılmış ya da ilgili talep merkezinin talebi tamamen kullanılmış ise gelecek iterasyonlar için ilgili merkez elenerek göz ardı edilir. Yeni bir ulaştırma tablosu hazırlanır.
- * Yeni hazırlanan tabloda 1-3 arasındaki işlemler iterasyon halinde sütun ya da satır sayısı bire ininceye kadar uygulanır.

⁷⁰ Dantzing&Tapa, a.g.e., s.218

⁷¹ Paul Jensen, & Jonathan Bard, (2003). *Operations Research Models and Methods*, John Wiley&Sons. s:192.

* 3. adımda birden fazla en yüksek değerli Δ değeri bulunuyorsa, herhangi biri tercih edilerek işlemlere devam edilir.⁷²

2.2.4.3. Kuzeybatı Köşe Yöntemi

W.W. Cooper ve A. Charnes tarafından 1953 yılında geliştirilmiştir. R. Schlaifer ve A. Henderson tarafından bugünkü haline gelmesi sağlanmıştır. Çözüm işlemine başlangıç tablosunun kuzeybatı köşesinden başlandığı için bu adı almıştır.

“Yöntem başlangıç dağıtımını sistematik bir yaklaşım içerisinde yaptığından kolay anlaşılabilir olmakla birlikte diğer başlangıç çözüm yöntemlerine göre çok büyük boyutlu problemlere rahatlıkla uygulanabilmektedir. Dağıtım esnasında maliyetleri göz önünde bulundurmadığından dolayı optimal çözümden uzak kalmakta ve optimal çözüme ulaşmak için daha fazla hesaplamayı gerektirmektedir.”⁷³

Yöntemin çözümü için izlediği basamaklar şöyledir:

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir ve başlangıç tablosunun sol üst köşesindeki göze saptanır.(Tablo-2.5)

2. Birinci adımda saptanan gözeye satır ve sütun gereklerine uygun olarak en yüksek miktarda dağıtım için belirli bir rakam yerleştirilir.

3. İkinci adımda yapılan dağıtım sonucunda ilgili üretim merkezinin üretimi tamamen kullanılmış fakat bu gözenin ait olduğu sütunda yer alan tüketim merkezinin talebi tam olarak karşılanmamışsa Tablo-2.6 da gösterildiği gibi aşağıya doğru inildiğinde rastlanılan ilk gözeye satır sütun gereklerine uygun olan yine en yüksek dağıtım yapılır. Bu işlem ilgili tüketim merkezinin talebi karşılanıncaya kadar tekrarlanır.

4. Yapılan dağıtımlarla deponun talebi karşılanmış ancak üretim merkezinin üretimi tamamıyla dağıtılmamışsa Tablo-2.7 deki ulaştırma tablosundaki ilk gözeden sağa doğru kayıldığında rastlanılan ilk gözeye en yüksek miktarda dağıtım yapılır. İşlem üretim merkezinin üretimi tam olarak dağıtılabilece kadar tekrarlanır diğer yandan, sol üst köşeye dağıtım yapıldıktan sonra hem satır hem sütun ihtiyacı karşılanmışsa Tablo-3.8’de gösterildiği gibi ihtiyacı karşılanan satır ve sütun kaldırılarak bu gözenin sağ altına inilir ve işlemlere aynen devam edilir.⁷⁴

⁷² Doğan, a.g.e. s.94.

⁷³ Hallaç, a.g.e. s.431.

⁷⁴ Günaydın, a.g.e. s.34.

Tablo 2.5. Ulaştırma Tablosu-5

$\begin{matrix} \text{tm} \\ \text{üm} \end{matrix}$	1	2	...	n-1	n	Toplam Arz
1	$\begin{matrix} C_{11} \\ X_{11} \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{12} \\ X_{12} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{1,n-1} \\ X_{1,n-1} \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{1n} \\ X_{1n} \end{matrix}$	a_1
2	$\begin{matrix} C_{21} \\ X_{21} \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{22} \\ X_{22} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{2,n-1} \\ X_{2,n-1} \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{2n} \\ X_{2n} \end{matrix}$	a_2
...	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	$\dots$
m-1	$\begin{matrix} C_{m-1,1} \\ X_{m-1,1} \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{m-1,2} \\ X_{m-1,2} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{m-1,n-1} \\ X_{m-1,n-1} \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{m-1,n} \\ X_{m-1,n} \end{matrix}$	A_{m-1}
m	$\begin{matrix} C_{m1} \\ X_{m1} \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{m2} \\ X_{m2} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{m,n-1} \\ X_{m,n-1} \end{matrix}$	$\begin{matrix} C_{mn} \\ X_{mn} \end{matrix}$	A_m
Toplam Talep	b_1	b_2	$\begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix}$	b_{n-1}	b_n	$\sum b_j$ $\sum a_i$

Tablo 2.6. Ulaştırma Tablosu-6

$\begin{matrix} \text{tm} \\ \text{üm} \end{matrix}$	1	2	...	n-1	n	Toplam Arz
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	...	$C_{1,n-1}$ $X_{1,n-1}$	C_{1n} X_{1n}	a_1
2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	...	$C_{2,n-1}$ $X_{2,n-1}$	C_{2n} X_{2n}	a_2
...	...	...	...	...	...	...
m-1	$C_{m-1,1}$ $X_{m-1,1}$	$C_{m-1,2}$ $X_{m-1,2}$	...	$C_{m-1,n-1}$ $X_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$ $X_{m-1,n}$	a_{m-1}
m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	...	$C_{m,n-1}$ $X_{m,n-1}$	C_{mn} X_{mn}	a_m
Toplam Talep	b_1	b_2	...	b_{n-1}	b_n	$\sum b_j$ $\sum a_i$

Tablo 2.7. Ulaştırma Tablosu-7

$\begin{matrix} \text{tm} \\ \text{üm} \end{matrix}$	1	2	...	n-1	n	Toplam Arz
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	...	$C_{1,n-1}$ $X_{1,n-1}$	C_{1n} X_{1n}	a_1
2	C_{21} 0	C_{22} X_{22}	...	$C_{2,n-1}$ $X_{2,n-1}$	C_{2n} X_{2n}	a_2
...	...	...	...	...	...	...
m-1	$C_{m-1,1}$ 0	$C_{m-1,2}$ $X_{m-1,2}$	...	$C_{m-1,n-1}$ $X_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$ $X_{m-1,n}$	a_{m-1}
m	C_{m1} 0	C_{m2} X_{m2}	...	$C_{m,n-1}$ $X_{m,n-1}$	C_{mn} X_{mn}	a_m
Toplam Talep	b_1	b_2	...	b_{n-1}	b_n	$\sum b_j$ $\sum a_i$

Tablo 2.8. Ulaştırma Tablosu-8

$\begin{matrix} t \\ m \end{matrix}$	1	2	...	n-1	n	Toplam Arz
1	C_{11} x_{11}	C_{12} x_{12}	...	$C_{1,n-1}$ $x_{1,n-1}$	C_{1n} x_{1n}	a_1
2	C_{21} 0	C_{22} x_{22}	...	$C_{2,n-1}$ $x_{2,n-1}$	C_{2n} x_{2n}	a_2
...	...	...	...	...	...	...
m-1	$C_{m-1,1}$ 0	$C_{m-1,2}$ $x_{m-1,2}$	...	$C_{m-1,n-1}$ $x_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$ $x_{m-1,n}$	a_{m-1}
m	C_{m1} 0	C_{m2} x_{m2}	...	$C_{m,n-1}$ $x_{m,n-1}$	C_{mn} x_{mn}	a_m
Toplam Talep	b_1	b_2	...	b_{n-1}	b_n	$\sum b_j$ $\sum a_i$

2.2.4.4. En Az Maliyetli Hücreler Yöntemi

Yöntemin üç yaklaşımı mevcuttur. Bunlar;

- * Satır Yaklaşımı,
- * Kolon Yaklaşımı ve
- * Genel Yaklaşımdır.

Satır Yaklaşımı Yöntemi

Ulaştırma tablosunun birinci satırının minimum maliyet değerine sahip noktasına arz ve talep değerleri içinden minimum miktar kadar atama yapılır. Bu atamayla talep edilen miktar yerine getirilmiş olur ancak arz miktarının tamamı atanmamış ise aynı satırda bulunan ikinci en yüksek maliyet değerine sahip noktaya arz ve talep miktarları da dikkate alınarak atama yapılır. Arz edilen miktar sonlanana kadar işlemler tekrar edilir. Arz değeri sonlanınca bir alt satıra geçilir.

Kolon Yaklaşımı Yöntemi

Ulaştırma tablosunda bulunan birinci sütunun minimum maliyetli noktasına arz ve talep miktarlarından minimum miktar kadar atama yapılır. Bu atama ile talep edilen miktar yeterli sayıda karşılanmamış ise ikinci en yüksek maliyete sahip noktaya arz ve talep miktarlarına da dikkat edilerek atama yapılır. Talep edilen tutar karşılandıysa sağdaki sütuna geçilerek işlemler tekrar edilir.

Genel Yaklaşım Yöntemi

Bu yöntemde minimum maliyet değerine sahip nokta seçilirken tablonun bütünü göz önünde bulundurulur. Tablodaki *minimum* maliyetli noktaya bu noktanın bulunduğu arz ve talep miktarlarından mümkün olan en büyük miktarda atama yapılır. Bu işlemlerden sonra sırayla diğer düşük maliyetli noktalara arz ve talep değerleri göz önünde bulundurularak atama yapılır.⁷⁵

2.2.5. Ulaştırma Modelinde Optimal Çözüm Yöntemleri

“Bu problemlerde başlangıç çözümü bulunduktan sonra elde edilen çözümün bulunabilecek en iyi çözüm olup olmadığına bakılması gerekir.”⁷⁶

Çözümde $m+n-1$ noktaya atama yapılmışsa, çözüm temel mümkün çözümse ve gerçekleşen atamalar bağımsız bir durum meydana getiriyorsa, m tane arz noktası ve n tane talep noktası $m \times n$ boyutlarına sahip bir ulaştırma probleminin mümkün çözümlerinden rastgele bir tanesine optimum sonucu bulma testi yapılabilir.⁷⁷

Ulaştırma probleminin başlangıç değerlerinden optimum sonucu yakalamak için tasarlanan metotlar mevcuttur. Mümkün bir çözüm bulunduktan sonra elde edilen bu sonucun göstereceği maliyetin optimum olup olmadığının denenmesi gerekir. Bu deneme gerçekleşirken de amaç fonksiyonundaki potansiyel iyileşme için temel olmayan tüm değişkenlerin sınanması gerekir. Bunu denemelerle temel olmayan değişkenler temel değişken yapılarak amaç fonksiyonunun verdiği sonucun durumu

⁷⁵ Mihrican Kocaoğlu, (2010). **Bir Akaryakıt Dağıtım Dizgesinin Ulaştırma Giderinin DP Yoluyla En Aza İndirgenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Ankara Üni, Fen Bilimleri Enstitüsü. s:20.

⁷⁶ Kocaoğlu, a.g.e. s.22.

⁷⁷ Cansel Aksoy,(1999). **Ulaştırma Modeli ile İşletmelerde Dağıtım Sistemi Optimizasyonu ve Türkiye Petrol Ofisi Kurumunda Uygulaması**, Yüksek Lisans Tezi,. Ankara: Gazi Üni. s:103

incelenir. Temel değişken yapılacak değişkenin belirlenebilmesi için başlangıç çözümü elde edilirken hesaba katılmamış olan noktalardan başlanır.⁷⁸

Optimum sonuca ulaşma denemeleri yapmak için tasarlanan iki metot mevcuttur:

* Atlama Taşı Metodu

* MODI Metodu

2.2.5.1. Atlama Taşı Metodu

Bir çözümün optimal olup olmadığını belirlemek için başlangıç çözümünde yer almayan değişkenlerin çözümüne katılarak elde edilen yeni tablonun toplam maliyetine bakılır. Eğer hesaplanan bu yeni toplam maliyet, ilk maliyetten az ise, yeni değişkenler çözümüne girecektir. Aksi taktirde, eski tablonun optimal olduğu anlaşılacak ve yeni değişkenler ulaştırma tablosunda temel değişken olarak yer alacaktır.

Diğer bir ifadesiyle bulunan çözümün optimal olup olmadığını anlamak mevcut ulaştırma tablosunun boş karelerine yükleme yapıldığında toplam maliyetin azalıp azalmadığını bularak anlaşılır. Eğer yeni yapılan yüklemeler ile daha düşük bir toplam maliyet elde ediliyorsa, yani bir tasarruf söz konusu ise, optimum çözümüne biraz daha yaklaşılmış olur, toplam maliyetlerde bir azalma söz konusu değilse ya da toplam maliyetlerde bir artış oluyorsa, optimum çözümüne ulaşılmış demektir.⁷⁹

Başlangıç çözümünde yer almayan değişkenlerin (temel olmayan değişkenlerin) bir sonraki iterasyonda temel değişkenler haline nasıl getirileceği önemli bir sorundur. George B. Dantzing, 1949 yılında yazdığı “Ulaştırma Problemine Simplex Metodun Uygulanması” adlı makalede, simplex metodu ulaştırma modelinin özelliklerine uygun şekilde değiştirerek bu sorunu çözmüştür.⁸⁰

1954 yılında A. Charnes ve W.W. Cooper bu metodu daha da geliştirip bir ölçüde basitleştirerek buna “Atlama Taşı Metodu” adını vermişlerdir.⁸¹

⁷⁸ Aksoy, a.g.e. s.103.

⁷⁹ Öztürk, a.g.e. s.206.

⁸⁰ Halis Ersoy, (2004). **Gazete Dağıtımında Ulaştırma Modelleri ve Bir Uygulama**, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye: Gazi Üni, SBE ; İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı. s.36.

⁸¹ Turgut Ozan, (1994). **Applied Mathematical Programming for Engineering and Production Management**. New Jersey: A Reston Book-Prentice Hall. s.131.

Yöntemin temelinde 3 aşama vardır;⁸²

- * Temele girecek değişkenin bulunması (optimallik testi veya prensibi).
- * Temeli terk edecek değişkenin bulunması (kabul edilebilirlik prensibi veya fizibilite).
- * Optimal çözüm bulununcaya kadar ardışık işlemlere devam edilmesi.

Atlama taşı yönteminde başlangıç çözümde yer almayan (kullanılmayan) boş bir göze yapılan ayırımın, toplam maliyet üzerinde ne tür ve ne kadar bir değişim sağlayacağı araştırılır. Bu maliyetlerin hesaplaması için aşağıdaki adımlar izlenir;⁸³

- * Gizli maliyeti bulunacak olan boş noktalar bulunur.
- * Gizli maliyeti bulunacak noktalardan başlanarak, yalnızca yatay ve dikey istikamette devam eden, dolu noktalarda 90 derecelik kıvrımlarla, nihayetinde yine aynı boş noktaya varan döngüler oluşturulur (Çevrimin yönü sadece dolu gözelerde değişebilir).
- * Hesaplar gerçekleştirilirken seçilen boş noktanın maliyeti önüne (+), dönüş için kullanılan dolu gözelerin maliyetleri ise sırayla (-), (+), (-) şeklinde işaretlenir.
- * Döngüyü oluşturan noktalara ait maliyetler (C_{ij}), önlerinde bulunan (+) ve (-) işaretleri de göz önünde bulundurularak toplanır.

Yapılan hesaplamalar boş noktanın gizli maliyetini (d_{ij}) verir. Bu maliyet üç farklı durumda meydana gelebilir:

- * ($d_{ij} > 0$) ise, boş olan noktaya atama yapılması toplam maliyeti yükseltir, boş noktanın boş kalması uygun görülür.
- * ($d_{ij} < 0$) ise, boş noktaya atama yapılması toplam maliyeti düşüreceğinden boş nokta, doldurulur. Gizli maliyet hesaplanırken dolaşılan noktalardaki minimum dağıtım miktarı olan optimum miktar döngü oluşturulurken maliyetleri (+) ile işaretlenen noktalara eklenir, maliyetleri (-) ile işaretlenenler ise eksiltir. Böylece satır ve sütun değerlerinin toplamaları değişmemiş olur.

⁸² Ozan, a.g.e. s.131.

⁸³ İlhami Karayalçın, (1993). **Yöneylem ‘Harekat’ Araştırması Operation Research**, 3. Baskı., İstanbul: Menteş Kitabevi. s.134.

* $(d_{ij}) = 0$ durumundaysa, boş olan noktaya dağıtım maliyeti aynı kalacaktır.

Ancak böyle bir pozisyonda dağıtım için düşünülen yol haritasının başka alternatifleri olduğu da anlaşılır.

* Tüm boş noktaların gizli maliyeti bulunmalıdır. Bulunan gizli maliyetlerin tümü (d_{ij}) sıfırdan büyük ya da sıfıra eşitse bulunan sonuç, optimum sonuçtur. Eldeki d_{ij} değerlerinden kaç tane sıfıra eşit değer varsa, o kadar alternatif yol haritası mevcuttur. Bu yol haritalarında maliyetler denktir.

* Bulunan gizli maliyetlerden (d_{ij}) herhangi biri sıfırdan küçük ise; atamanın gerçekleştirileceği nokta, negatif maliyetlerinden mutlak değer olarak maksimum değere sahip olan noktadır.

* Bahsedilen noktaya atama gerçekleştirildikten sonra, yeni oluşturulan tablodaki boş noktaların gizli maliyetleri bulunur. Hesaplamalar, boş noktaların hepsinin gizli maliyetleri sıfırdan büyük ya da sıfıra eşit olana kadar sürdürülür. Ayrıca alternatif dağıtım yolları da aranacaksa, gizli maliyetleri sıfıra eşit olan noktalara benzer hesaplamalar uygulanır. Böylece elde edilen sonuç en iyi sonuç ve bulunan maliyet de minimum olur.

2.2.5.2. MODI Yöntemi

Atlama taşı yönteminin bir dezavantajı, tüm boş hücreler için döngü bulma ve değişim değeri hesaplama zorunluluğudur. Bu yöntem, iyileşme yapılacak hücreyi tek tek denemeden bulduğu için atlama taşına göre daha hızlıdır. Başlangıç temel uygun çözümün bulunmasında sunulan dört yöntemden herhangi biri kullanılabildiği gibi mevcut çözümün optimum olup olmadığını belirlemek için de Atlama Taşı veya MODI yöntemlerinden herhangi birisi kullanılabilir.⁸⁴

MODI yönteminin adımları aşağıda açıklanmaktadır:⁸⁵

* Ulaştırma tablosunda her satıra karşı gelen üretim merkezi için bir u_i çarpanı, her sütuna karşı gelen tüketim merkezi için bir v_j çarpanı tanımlanır. Toplamda, m adet u_i ve n adet v_j çarpanı tanımlanmış olur.

⁸⁴ Aras, N. (tarih yok). Yön Eylem - 1. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2528, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1499. (s.187-188)

⁸⁵ Aras, a.g.e. s.187-188.

* c_{ij} , i. üretim merkezinden j. tüketim merkezine ürün taşımanın birim maliyetine karşı gelir ve temelde yer alan her X_{ij} değişkeni için aşağıdaki denklem yazılır.

$$u_i + v_j - c_{ij} = 0 \longrightarrow u_i + v_j = c_{ij}$$

* Elde edilen doğrusal denklem sisteminde, denklem sayısı $(m + n - 1)$ adet, bilinmeyen sayısı ise $(m + n)$ adet olacaktır. Denklem sistemini çözebilmek için çarpanlardan herhangi birine sabit bir değer atanır. Bu aşamada genellikle $u_1=0$ alınır ve diğer çarpanlar buna bağlı olarak hesaplanır.

* Üçüncü adımda bulunan u_i ve v_j çarpanlarının değerlerinden hareketle, temel dışı her değişken için, aşağıdaki eşitliğin sonucu belirlenir

$$(u_i + v_j - c_{ij})$$

* Amaç toplam maliyetin en küçüklmesi olduğundan, dördüncü adımda bulunan değerler sonucunda izleyen iki durumdan biri ile karşılaşılabilir.

* Her temel dışı değişken için;

$$u_i + v_j - c_{ij} \leq 0$$

koşulu sağlanıyorsa en iyi çözüm bulunmuştur.

* En az bir temel dışı değişken için

$$u_i + v_j - c_{ij} > 0$$

olarak gerçekleşiyorsa, eldeki çözüm en iyi değildir.

İlgili temel dışı değişkenin temele alınması halinde mevcut çözümden daha iyi bir çözüm elde edilecektir. Birden fazla temel dışı değişken için $u_i + v_j - c_{ij} > 0$ oluyorsa, pozitif değerlerin en büyüğüne sahip olan temel dışı değişken izleyen çözümde yer alır.

MODI testi sonucunda en iyi çözüm koşulu sağlanıyor ve temel dışı değişkenlerden birisi için,

$$u_i + v_j - c_{ij} = 0$$

olarak gerçekleşiyorsa “Alternatif En İyi Çözüm” olduğu söylenir.

MODİ Yönteminin çözüm mantığı ulaştırma modelinin dual haline dayanmaktadır. Her doğrusal programlama modelinin duali var olduğuna göre, ulaştırma modelinin de duali mevcuttur.⁸⁶ Ulaştırma modelinin matematiksel modelini primal model olarak kabul edersek problemin dual hali aşağıdaki biçimde yazılır;

Primal Model:

Amaç Fonksiyonu:

$$Zen_k = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n$$

Dual Model:

Amaç Fonksiyonu:

$$Zen_b = \sum_{i=1}^m a_i u_i + \sum_{j=1}^n b_j v_j$$

Kısıtlayıcılar:

$$u_i + v_j \leq c_{ij} \quad i=1,2,\dots,m \text{ ve } j=1,2,\dots,n$$

⁸⁶ Efraim Turban,(1988). *Fundamentals of Management Science*, 4. Baskı,.Business Publications Inc., s:420.

ui ve vj pozitif veya negatif, istenilen değeri alabilir.

Dual modelde kullanılan ui ve vj değişkenleri gölge fiyat ve gölge maliyet unsuru olarak tanımlanmaktadır.

2.2.6. Ulaştırma Modelinde Özel Durumlar

Yukarıda bahsedilen ulaştırma modelleri dengelenmiş ve bütün varsayımların sağlandığı problemler için geçerlidir. Bu modellerde arz ve talebin eşitliği varsayımı ile minimum maliyetli dağıtım planı araştırması yapılır. Fakat gerçek dünyada karşılaşılan birçok durumda ulaştırma problemlerinde gerekli varsayımların biri ya da bir kaçını sağlanamayabilir. Bu tür durumlarda ulaştırma problemi için özel durumlar söz konusu olmaktadır. Bu özel durumlarda optimum çözüme ulaşmak olanaksız olmakta ve problemin çözümünü sağlamak için bu özel durumların giderilmesi gerekmektedir.⁸⁷

2.2.6.1. Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Modeller

Bir ulaştırma probleminin çözülebilmesi için toplam arz toplam talep eşitliği söz konusu olmalıdır. Toplam arzın toplam talebe eşit olduğu ulaştırma problemine dengelenmiş model, sağlanamadığı problemlere ise dengelenmemiş model adı verilir. Dengelenmemiş ulaştırma probleminde optimum çözüme ulaşabilmek için öncelikle yapılması gereken problemi dengelenmiş duruma getirmektir.⁸⁸

* Dengelenmiş Modeller

Herhangi bir ulaştırma modelinin dengelenmiş model olabilmesi için kaynakların toplam arzının (a_i), hedeflerin toplam talebine (b_j) eşit olması şartı bulunmaktadır. Bu nedenle,

$$i^m = 1 \quad X_{ij} = j^n = 1 \quad X_{ij} \quad \text{olması gerekmektedir.}^{89}$$

* Dengelenmemiş Modeller

Gerçek uygulamalı problemlerde dengelenmiş duruma rastlamanın çoğu zaman güç olduğu belirtilmişti. Fakat ulaştırma modelinin çözüm tekniğinin herhangi bir probleme uygulanabilmesi için problemin basit bir teknikle dengelenmiş model haline dönüşmesi gerekmektedir. Toplam arz ve toplam talep eşitliğinin sağlanması için

⁸⁷ Özkan, a.g.e. s.38.

⁸⁸ Özkan, a.g.e. s.38.

⁸⁹ Esin, a.g.e s.203.

probleme sıfır taşıma maliyetli **kukla (dummy)** üretim ya da tüketim merkezleri eklenmelidir.⁹⁰

2.2.6.2. Dağıtım Yapılması Yasaklanmış Yollar

“Ulaştırma modeli çözüm yolları anlatılırken her bir kaynaktan her bir hedefe ulaşımın mümkün olduğu varsayımı ile hareket edilmiştir. Fakat bu varsayım gerçek problemlerin birçoğunda geçerli olmayabilir.”⁹¹

Bazen ulaştırma modelindeki bir ya da daha fazla yol yasaklanmış olabilir. Bu yüzden bir kısım kaynaktan, bazı hedeflere nakil yapılamayabilir. Bu durum ortaya çıktığında, bu rotanın değişken bir temsilinin seçilmesinin optimal çözümde hiçbir etkisinin olmadığından emin olmalıyız. Bu şekilde amaç fonksiyonundaki yasaklanmış bölgenin bir temsili ile hem bu durum giderilebilir hem de buna bağlı maliyetten tasarruf edilebilir.⁹²

2.2.6.3. Dağıtım Kabul Miktarları Sınırlandırılmış Yollar

Karşılaşılan bazı ulaştırma problemlerinde, dağıtım yollarına üst ya da alt sınır kısıtlamaları söz konusu olabilir. Bu durumda probleme müdahale etmeksizin, problemi başlangıç çözüm tekniklerinden birisi ile çözümlemek mümkün olmayacaktır.⁹³

- **Üst Limit Dağıtım Miktarı Belirlenmiş Yollar**

Bazı nedenlerle değişkenlerden birinin ya da bir kısmının belli bir pozitif değer üzerinde değer alması mümkün olmayabilir. Bu durum üst sınırlama şartı olarak adlandırılır ve şöyle gösterilir:

$$j^n = 1 \quad X_{ij} = a_i \quad i=1,2,...,m$$

$$i^m = 1 \quad X_{ij} = b_j \quad j=1,2,...,n$$

$$j^n = 1 \quad i^m = 1 \quad X_{ij} \leq C_{ij} = Z_{min}$$

⁹⁰ Öztürk, a.g.e. s.475.

⁹¹ Özkan, a.g.e. s.41.

⁹² Bernard W. Taylor, (2002). **Introduction to Management Science**, 7. Baskı, s.21.

⁹³ Özkan, a.g.e. s.42.

$X_{ij} \geq 0$ tüm i ve j değerleri için

$X_{ij} \leq U_{ij}$ bazı ya da tüm i ve j değerleri için

Bazı sebeplerden dolayı bir veya birden fazla gözenin dağıtım kabul miktarına üst sınır konulmuş olabilir. Bu sınır, o gözenin kabul edebileceği maksimum ürün seviyesini gösterir. Bu durumda çözüme geçmeden önce yapılacak işlemler şöyledir.⁹⁴

- * Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.
- * Üst limit dağıtım kabul miktarı belirtilmiş olan hücrenin bulunduğu sütunun aynısı, paralel olarak yanına yaratılır. Yaratılan bu sütundaki hücrelerin birim taşıma maliyetleri, esas sütundakilerin aynısı olur. Sadece yaratılan sütundaki üst limit dağıtım kabul miktarı belirtilmiş olan hücrenin birim taşıma maliyeti olarak 'M' atanır ve bu hücreye yapılacak dağıtım yasaklanmış olur.

Yaratılan sütunun istem miktarı, esas sütunun istem miktarından, belirtilen üst limit miktarı çıkarılarak belirlenir. Esas sütun istem miktarı da belirtilen üst limit miktarı olarak belirlenir.

• Alt Limit Dağıtım Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar

Bazı sebeplerden dolayı, bir veya birden fazla hücre için kabul edilebilir alt sınırlar belirtilmiş olabilir. Bu, ilgili gözenin modelin çözümünde sahip olmak istediği minimum miktar anlamına gelir. Gözenin alt sınırı, "s" olsun. Çözümünden önce sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılır:⁹⁵

- * Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.
- * Alt sınır konulan hücrenin bulunduğu satır ikiye bölünür. Yani bir satır ilave edilir. İlk satır Fi, Fii olarak adlandırılır.
- * Fii satırının sunum miktarı gözenin alt sınır (s) değeri olur. Fii satırında, alt satır olan gözenin maliyeti aynı, aynı satırdaki diğer gözenin maliyetleri M olur.
- * Fi satırının taşıma maliyetleri aynı kalır. Fi satırının orijinal satır sunum miktarından, göze alt sınırının çıkarılmasıyla bulunur.
- * Çözüm yöntemlerindeki diğer adımlar uygulanır.

⁹⁴ Kotaman, a.g.e. s.25.

⁹⁵ Kabak, a.g.e. s.36.

2.2.6.4. Bozulma (Dejenerasyon) Durumu

Herhangi bir ulaştırma modelinde; m =satır sayısı, n =sütun sayısı olmak üzere, $m+n-1$ sayıda görev almış -dolu- hücre bulunuyorsa her boş hücre için kapalı çevrim hattı çizilebilir, MODI yöntemi için u_i ve v_j değişkenleri hesaplanabilmektedir. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, ancak $m+n-1$ sayıda görevli hücreye sahip bir ulaştırma problemine optimallik testi uygulanabilir ve eğer gerekliyse optimal çözüme ulaşıncaya kadar iterasyonlar sürdürülebilir. Fakat görevli hücre sayısının $m+n-1$ 'e eşit olmadığı herhangi bir problemde “bozulma”, başka bir deyişle “yozlaşma” ya da “dejenerasyon” durumu görülür ve düzeltilmesi gerekir.⁹⁶

2.2.7. Ulaştırma Modelinde Duyarlılık Analizi

Ulaştırma modellerinin açıklanmasında buraya kadar sabit verilere dayanarak optimal çözümün elde edilmesi üzerinde duruldu. Oysa gerçek hayatta model parametrelerinin değişmesi doğaldır. Bir başka deyişle modelde yer alan birim taşıma maliyetleri, arz ve talep edilen miktar zaman içinde değişime uğrayabilir. Herhangi bir ulaştırma probleminin optimal çözümü elde edildikten sonra problemin verilerinde meydana gelebilecek değişimin, mevcut optimal çözüm üzerindeki etkisinin incelenmesi de karar vericiler için büyük önem taşımaktadır.

Bir ulaştırma modelinde ortaya çıkabilecek değişiklikler iki ana başlık altında toplanabilir:

- * Amaç fonksiyonu katsayılarının değişmesi
- * Kısıtlayıcı fonksiyonların sağ taraf sabitlerinin değişmesi⁹⁷

2.2.7.1. Amaç Fonksiyonu Katsayılarının Değişmesi

Temelde yer alan ve temelde yer almayan değişkenlerin birim taşıma maliyetlerinde (C_{ij}) herhangi bir değişiklik meydana geldiğinde; toplam taşıma maliyetinin, optimal çözüme göre ne miktarda değişeceğini ve optimal dağıtım planının

⁹⁶ Yılmaz Tulunay, (1987). *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*. İstanbul: Bayrak Matbaacılık. s.370.

⁹⁷ Nalan Cinemre, (2004). *Yön Eylem, 2. Baskı*. İstanbul: Beta Basın Yayım Dağıtım. s.125.

ne yönde değişime uğrayacağı konularında duyarlılık analizi ile inceleme yapılarak bilgi edinilebilir. Genel olarak iki alt başlık altında incelemek daha uygundur.

- **Temel Olmayan Değişkenin Birim Taşıma Maliyetinin Değişmesi;**

Dual değişkenlerin (u_i ve v_j) değerlerinin hesaplanmasında temel değişkenler, yani dolu hücreler dikkate alınmaktaydı. Dolayısıyla temel olmayan değişkenlerin yani boş hücrelerin birim taşıma maliyetlerinde meydana gelebilecek değişiklik, u_i ve v_j dual değişkenlerinin değerlerini etkilemez. Temel olmayan bir değişkenin katsayısındaki değişme yalnızca ilgili hücreye ait ilerleme indeksini etkiler. (İlerleme indeksleri $d_{ij} = C_{ij} - (u_i + v_j)$ formülüyle hesaplanır.) Bu değerlerden herhangi biri negatifse çözüm optimal değildir ve ilgili değişkenin temele alınması gerekir. Bir başka deyişle, $C_{ij} < (u_i + v_j)$ ise, X_{ij} 'nin çözüme girmesi gerekmektedir. Kısaca, temel olmayan değişkenlerin birim taşıma maliyetlerindeki değişimlerin optimal çözümü etkileyip etkilemediğinin belirlenebilmesi için bu eşitsizliğin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilerek belirlenebilir.⁹⁸

- **Temel Bir Değişkenin Birim Taşıma Maliyetinin Değişmesi;**

Temelde yer alan bir X_{ij} değişkenine ait birim taşıma maliyeti azalırsa, toplam taşıma maliyeti de azalacağından, ilgili değişken çözümde kalmaya devam ederken; bu değişkene ait birim taşıma maliyetinde artış meydana gelirse söz konusu temel değişken daha yüksek maliyete sebep olacağından temel çözümünden çıkmak zorunda kalabilir. Özetle, taşıma maliyeti azalırsa temel çözüm değişmeden kalırken, taşıma maliyetinin artması durumunda temel çözümde değişim meydana gelebilir. Dolayısıyla burada temel sorun, temelde yer alan herhangi bir değişkene ait birim taşıma maliyeti ne kadar değişim gösterirse temel çözümün değişmeyeceğinin belirlenmesidir.⁹⁹

İlk olarak duyarlılığı araştırılacak temel değişkenin birim taşıma maliyeti y terimi ile adlandırılır, daha sonra dual değişkenlerin (u_i ve v_j) değerleri y terimi eklenerek hesaplanmalıdır. Bu işlemden sonra temel olmayan değişkenlerin test miktarları y terimine bağlı olarak belirlenir. Son adımda ise, y terimini içeren tüm temel

⁹⁸ Cinemre, a.g.e. s.126.

⁹⁹ Esin, a.g.e. s.292.

olmayan değişkenlerin test miktar ifadeleri sıfıra eşit ya da sıfırdan küçük olma koşuluna göre düzenlenir ve ilgili eşitsizlik y terimi için çözülür.¹⁰⁰

2.2.7.2. Kısıtlayıcı Fonksiyonlarının Sağ Taraf Sabitlerinin Değişmesi

Bu kısımda arz miktarında meydana gelen değişimler, talep miktarında meydana gelen değişimler ve hem arz hem de talep miktarında aynı anda meydana gelen değişimler üç alt başlık halinde incelenecektir.

- **Arz Edilen Miktarın Değişmesi**

Fabrikaların arzlarını arttırması sonucunda dual değişkenlerden u_i değişkenlerinin amaç fonksiyonlarındaki katsayılarında değişiklik meydana gelmektedir. i kaynağının arz miktarında Δ_i kadar değişim görülürse, bu durumda toplam taşıma maliyetinin yeni değeri aşağıdaki eşitlikle elde edilir;

$$Z_{\text{enk/yeni}} = Z_{\text{enk/eski}} + \Delta_i u_i$$

Birden fazla kaynağın arz miktarı aynı anda değişebilir. Δ_k ve Δ_s sırasıyla, k ve s kaynaklarının arz miktarlarındaki değişimleri ifade etsin. Bu durumda toplam taşıma maliyetinin yeni değeri şu şekilde hesaplanır:¹⁰¹

$$Z_{\text{enk/yeni}} = Z_{\text{enk/eski}} + \Delta_k u_k + \Delta_s u_s$$

- **Talep Edilen Miktarın Değişmesi**

j talep merkezinin talep miktarında Δ_j kadar değişim görülürse, bu durumda toplam taşıma maliyetinin yeni değeri şu eşitlikle elde edilir;¹⁰²

$$Z_{\text{enk/yeni}} = Z_{\text{enk/eski}} + \Delta_j v_j$$

Birden fazla talep merkezinin talep miktarı aynı anda değişebilir. Δ_k ve Δ_s sırasıyla, k ve s talep merkezlerinin talep miktarlarındaki değişimleri ifade etsin. Bu durumda toplam taşıma maliyetinin yeni değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Z_{\text{enk/yeni}} = Z_{\text{enk/eski}} + \Delta_k v_k + \Delta_s v_s$$

¹⁰⁰ Öztürk, a.g.e. s.516.

¹⁰¹ Görkey, a.g.e. s.54.

¹⁰² Görkey, a.g.e. s.54.

- **Arz ve Talep Edilen Miktarın Aynı Anda Değişmesi**

Bu durumun yaşanması halinde temel değişken değerleri değişir. Yani temel değişkenler yeniden hesaplanmalıdır.

Bu amaçla i arz merkezinin arzı ile j talep merkezinin talebinin aynı miktarda, Δ kadar arttığını varsayalım. Böyle bir durumda değişkenlerin yeni değerleri şu şekilde hesaplanır:

- * Herhangi bir xij temel değişken ise, bu değişkenin temel çözümdeki yeni değeri eski değerinin Δ kadar arttırılmasına eşittir.
- * Herhangi bir xij temel olmayan bir değişken ise, bu değişkenin yeni değerinin belirlenebilmesi amacıyla, önce xij değişkeninin ait olduğu boş hücre için kapalı bir çevrim hattı oluşturularak çevrim üzerindeki hücelere sırasıyla (+) , (-) , (+), işaretleri yerleştirilir. Daha sonra çevrimin i inci satırdaki çizgisi üzerinde (-) işaretli göze belirlenir. Sonra sırasıyla (i,j) hücresi hariç, (+) işaretli hücrelerden Δ kadar eksiltilip, (-) işaretli gözeler Δ kadar ekleme yapılarak değişkenlerin yeni değerleri hesaplanır.¹⁰³

¹⁰³ Cinemre, a.g.e. s.129-131.

3. YÖNTEM

Çalışmanın bu kısmında, bir kamu kurumu için kiralanan kiralık araçların tüm Türkiye'deki Müdürlüklere istenen sayıda, istenen tipte ve istenen zamanda gönderilmesi işinin minimum maliyetle yapılması problemin çözümünde esas alınan yöntem, problem durumu ve model ile birlikte sunulmuştur.

3.1. Problem Durumu

Günümüzde verimlilik hayatın her alanında oldukça önemsenen bir konudur. Planlanan işlerin verimli ve tam zamanında gerçekleştirilmesi işin kalitesi ile doğrudan orantılıdır. Kuruluşlar çeşitli şekillerde dış kaynak kullanımına yönelmektedir. Bunlardan biri de araç kiralama. Özellikle ülke geneline yayılmış müdürlükleri veya birimleri bulunan kuruluşlarda, bu kiralama ve kiralanan araçların ilgili birimlere dağıtılması, önemli bir karar problemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Belli bir plan çerçevesinde ve bilimsel bir yöntem kullanılmadan sadece bir emirle gerçekleştirilen kiralama işlemi, hem ciddi madde kayıplara sebep olmakta hem de dağıtımın yapılacağı inceleme konusu Müdürlüklerde önemli mağduriyetlere sebep olacak şekilde yılın ilk birkaç ayında geciken araçlar yüzünden iş ve işlemlerin yürütülmesinde büyük aksamalara yol açmaktadır.

Kiralama işlemi için belirlenen Müdürlükler orantısız olarak dağıtılan iş yükü nedeniyle personel yetersizliği yaşamakta ve ek olarak verilen bu iş nedeniyle asıl işlerinden geri kalmaktadır. Kiralık araçların ihalesi ve tedariki işleminin eşit şekilde dağıtılmaması nedeniyle kurum içi huzursuzluklar yaşanmakta ve işin yoğun olduğu müdürlüklerde çalışan personel haksızlığa uğradığını düşünmektedir.

Özetle; bilimsel bir esasa dayanmadan verilen tedarik işlemi yaşanan gecikmeler nedeniyle hem asıl yapılması gereken işlerin iki aya kadar varan sürelerde aksamasına hem de ihale yapan birimlerden araç bekleyen birimlere nakledilen araçlar büyük bir verimsizliğe sebep olmaktadır.

Bu yüzden konu, incelenmeye değer bulunmuş ve bir kamu kurumu için kiralanan istenen araçların istenen tipte ve arzu edilen zamanda tedarik edilmesinde yaşanan sıkıntılara çözüm aranmıştır.

3.2. Konunun Önemi

Bu çalışmada, Türkiye geneline yayılmış farklı birimleri bulunan bir kurumun, bu birimler için araç kiralama ve bunları sevk etme problemine optimum çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Böylece, hem araç hem işgücü verimliliğine katkı sağlanması, hem de maliyet minimizasyonu hedeflenmektedir.

Çalışmada aranan çözüm ile özellikle yılın ilk aylarında yoğun çalışması gereken Müdürlüklerin kendi ellerinde olmayan sebeplerden dolayı işlerinin akması engellenmiş olacaktır. Yapılan tedarik ve ulaştırma işi belli kısıtlar ve bir amaç doğrultusunda modellenmiş ve bilimsel bir yöntem eşliğinde en önemlisi de eşit dağıtılmış şekilde halledilecektir. Böylece uzun mesafelerden getirilen araçlar için fazladan ulaştırma bedeli ödenmemiş bu bedelde önemli oranda azalma sağlanmıştır.

İncelenen problemdeki sorunun çözümü sayesinde, görevlendirilen personel haksızlığa uğradığına dair inancından kurtulmuş, aynı iş daha düşük masrafla gerçekleşmiş, yaşanan gecikmelerden dolayı yaşanan iş gücü kaybının önüne geçilmiş olacaktır.

3.3. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı; araç kiralama ve birimlere dağıtma probleminin optimizasyonudur.

Araştırmanın bu temel amacı doğrultusunda ulaşılmak istenen diğer amaçlar şunlardır:

*Bu çerçevede, bir kiralama işlemi neticesinde tüm ülke geneline dağıtılan araçların dağıtımı esnasında kiralama işlemini yapan birimler arasında bir eşitlik sağlanması,

*Araştırma neticesinde kiralama yapan birimlere eşit iş dağıtımı yapılmadığı için tedarik ve ulaştırma noktasında aksaklıklar yaşandığı ve bunun sonucunda iş veriminde düşüş olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu iş verimliliğinin artırılmasına katkı sağlanması,

*Araçların kiralanması ve kullanılacak olan Müdürlüklere ulaştırılması aşamasında şikayete konu olan işin eşit dağıtılmaması meselesine adaletli bir çözüm bulunması ve yapılan bu ulaştırma işinin minimum maliyet ile yapılması.

3.4. Beklenen Yararlar

Yapılan literatür çalışmalarında incelenen probleme benzer çalışmalar olduğu fakat tedarik edilmek istenilen şeyin iki farklı tipte olması ve iki ayrı modelleme ile sonuca ulaşılması şeklinde bir çalışma olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca fazlaca kullanılan kabuller gerçek hayattaki çözüm ile teorik olarak bulunan çözümün birbirinden farklı olmasına neden olmuştur. Bu eksikliğin giderilmesi adına gerçek problemde bulunan ve birinci elden ulaşılan gerçek bilgiler kullanılmıştır. Böylece bulunan çözüm daha anlamlı hale gelmiştir.

Çalışma sonucunda;

- * Maliyet minimizasyonu sağlanması,
- * İşgücü verimliliği artışı sağlanması,
- * Makine-ekipman verimliliği artışı sağlanması,
- * İş yükü dağılımında adaletin sağlanması ve
- * Bunun sonucunda genel olarak örgüt performansının artması beklenmektedir.

3.5. Varsayımlar

Çalışmada kullanılan bilgilerin hepsi birinci elden sağlanan gerçek verilerdir. Çalışma boyunca modelin kurulması, bilgilerin derlenmesi ve birleştirilmesi aşamasında aynı zamanda ihale merkezi de olan İl Müdürlüklerinin, araç tedariki esnasında kendilerine araç sağlarken ortalama 50 km mesafe kat edildiği bilgisi alınmış ve her ihale merkezi merkez için bu mesafe 50 km varsayılmıştır. Bu varsayımda daha gerçekçi maliyet sonuçları elde edilmesini sağlamıştır. Bunun dışında kullanılan bir varsayım bulunmamaktadır.

3.6. Sınırlılıklar/Kısıtlar

Yapılan çalışmanın en önemli kısıtı çalışmanın sadece bir kamu kurumu için yapılmış olmasıdır. Başka kurumlarda değişen durumlar için başka kısıtlar eşliğinde ayrıca çözüm aranabilir. Ayrıca optimizasyonun sağlanması aşamasında göz önünde bulundurulacak kısıtlar; arz miktarları, tedarik miktarları ve amaç olarak maliyeti azaltmak olmuştur.

3.7. Araştırmanın Modeli

Araştırma kapsamında, belirlenen ihale merkezlerinden tüm ülke genelinde bulunan İl Müdürlüklerine kiralanacak araçların ulaştırılması için optimizasyon çalışması yapılmıştır. Çalışma için kurulan model aşağıda detaylı olarak gösterilmiştir;

**(Linea ve Doblo marka araç dağıtan İhale Merkezleri ile talep eden İl Müdürlükleri de kendi aralarında denge halindedir.)*

Primal Model (Linea için):

Amaç Fonksiyonu:

Zmin=

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{56} c_{ij} x_{ij}$$

Kısıtlar:

Arz Kısıtları:

$$\sum_{j=1}^{56} x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, 7)$$

$$a_i \leq 15 \quad (i=1,2, \dots, 7)$$

*a_i; Linea için ihale yapan Adana, Trabzon, Samsun, İzmir, Ankara, İstanbul ve Antalya Merkezlerini anlatır.

Talep Kısıtları:

$$\sum_{i=1}^7 x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, 56)$$

b_i: sırasıyla Linea talep eden Müdürlüklerin talep miktarlarını anlatmaktadır. Örnek olarak; b₁=Adana, b₂=Afyonkarahisar'dır.

Pozitiflik Koşulu:

$X_{ij} \geq 0$ ve tamsayı. (i= Linea dağıtımı yapan İhale Merkezleri, j=Linea Talep Eden İl Müdürlükleri)

Primal Model (Doblo için):

Amaç Fonksiyonu:

Zmin=

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{25} c_{ij} X_{ij}$$

Kısıtlar:

Arz Kısıtları:

$$\sum_{j=1}^{25} X_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2)$$

$$a_i \leq 15 \quad (i=1,2)$$

* a_i , Doblo için ihale yapan Erzurum ve Diyarbakır Merkezlerini anlatır.

Talep Kısıtları:

$$\sum_{i=1}^2 X_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, 25)$$

b_i : sırasıyla Doblo talep eden Müdürlüklerin talep miktarlarını anlatmaktadır. Örnek olarak; b_1 =Adıyaman, b_2 =Ağrı'dır.

Pozitiflik Koşulu:

$X_{ij} \geq 0$ ve tamsayı. (i= Doblo dağıtımı yapan İhale Merkezleri, j=Doblo Talep Eden İl Müdürlükleri)

Ayrıca Türkiye haritası üzerinde belirlenen ihale merkezleri Şekil-3.1’de gösterilmiştir.

Şekil 3.1 – İhale Merkezlerinin Türkiye Haritasında Gösterimi



Şekil 3.1.’den görüleceği üzere, dokuz bölgede ihale yapılarak araçlar kiralama yoluyla temin edilmekte ve Türkiye’nin tamamına dağıtılmaktadır. Burada önemli olan, ihale sayısını doğru hesaplamak, iş yükünü birimler arasında doğru dağıtmak, ve doğru dağıtım merkezinden doğru talep merkezlerine araç dağıtımını sağlamaktır.

3.8. Araştırmanın Kapsamı

Bu çalışmanın kapsamını, Türkiye’de her ilde birimi bulunan bir kuruluşun merkez ve taşra teşkilatı oluşturmaktadır.

Araştırma, teze konu kamu kurumunun Teknik İşler Müdürlüğünden elde edilen bilgiler ışığında yapılmıştır. 81 ile dağıtımı yapılacak olan araçların tipi ve sayısı hakkındaki bilgiler ilgili Müdürlükten alınmış ve ihtiyacı karşılayacak şekilde problemin modeli kurulmuştur.

3.9. Veri Toplama Araçları ve Yöntem

Veriler ilgili kamu kurumunun tedarik ve ulaştırma işlemleri ile ilgilenen Teknik İşler Müdürlüğü’nden alınan gerçek verilerdir.

Bunun için her Müdürlük tarafından talep edilen aracın tipi ve sayısı ile Karayolları Genel Müdürlüğü internet sitesinden her bir Müdürlüğün her bir ihale merkezine olan karayolu uzaklığı ve talep edilen araç modellerinin resmi internet

sitesinden km başına tükettikleri yakıt miktarı ve ayrıca EPDK resmi internet sitesinden tüketilen yakıtın litre fiyatı verileri elde edilmiş, bu verilere göre ulaştırma maliyetini en azlayacak amaç fonksiyonu kurulmuştur.

Kısıt fonksiyonlarını oluşturacak kriterler olarak ilgili kurum tarafından her bir ihale merkezinin en fazla 15 araçtan sorumlu olması, Müdürlüklerin araç talep sayıları, toplam arz ve toplam talep miktarları belirlenmiş bu veriler ışığında model kurulmuştur.

Bu veriler WinQSB Paket Programı kullanılmak suretiyle analiz edilmiş ve bir optimizasyon problemi çözülmüştür.

Yetişken (2009) benzer çalışmasında çelik üretim tesisinde doğrusal programlama yöntemiyle 4140 çeliğinin üretimi için WinQSB Paket programından yararlanmıştır. Çalışma kapsamında Elektrik Ark Ocaklı ve Pota Fırını bir çelik üretim tesisinde 4140 çeliği için optimum şarj miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Elektrik Ark Ocaklı ve Pota Fırının bir arada düşünüldüğü 55 tonluk bir sistemde çalışılmıştır.¹⁰⁴

Ertuğrul ve Işık (2008) inceledikleri gıda şirketinde ulaştırma modeli ile öncekinden farklı bir dağıtım ağı oluşturma çalışması yapmışlar ve sonuca ulaşırken yine WinQSB Paket Programından yararlanmışlardır. Çalışmada kurulan model WinQSB programında çözülmüş ve çözüm sonucunda mevcut duruma göre maliyetlerde %2'lik bir iyileşme sağlanmıştır. Çalışmada Ankara, İstanbul ve İzmir'deki depolarla ülke genelindeki marketler arasındaki uzaklıklar ve birim taşıma maliyetleri veri olarak kullanılmıştır. Amaç fonksiyonu ise taşıma maliyetlerini minimize etmek üzere kurulmuş ve optimum sonuca ulaşılmıştır.¹⁰⁵

3.10. Hipotezler

Çalışmada hipotezleri;

H₀: Bilimsel bir modelleme ile yapılan dağıtımın maliyetleri değiştirmeyecektir.

H₁: Bilimsel bir modelleme ile yapılan dağıtım maliyetleri düşürecektir.

¹⁰⁴ Yetişken, a.g.e., s.1-3.

¹⁰⁵ İrfan Ertuğrul ve Ayşegül Tuş Işık, Bir Gıda İşletmesinde Ulaştırma Modeli ile Yeni Bir Dağıtım Planı Geliştirme, Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi İİBF Dergisi, Sayı:14, Karaman:2008, s.1-10.

4. VERİLERİN ANALİZİ VE YORUM

Bir bakanlığın ilgili kuruluşu olarak hizmet veren ilgili kamu kurumu Türkiye'nin tüm illerinde örgütlenmesini tamamlamış ve 2014 yılı itibari ile tüm ülkede hizmet verebilecek duruma gelmiştir. Kurumda 1000 civarında Uzman ve 500 civarında yardımcı personel çalışmakta, devlet desteklerinden faydalanmak isteyen KOBİ'lere rehberlik hizmeti verilmektedir.

4.1. Verilerin Analizi

Talep edilen iki ayrı tipte toplam 135 araç için iki tanesi bir tipi yedi tanesi ise diğer tipi tedarik etmek üzere toplam dokuz ihale merkezinden talep merkezi olan 81 ile araçların en uygun tercihle ulaştırılması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Model:

**(Linea ve Doblo marka araç dağıtan İhale Merkezleri ile talep eden İl Müdürlükleri de kendi aralarında denge halindedir.)*

Primal Model (Linea için):

Amaç Fonksiyonu:

Zmin=

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{56} c_{ij} x_{ij}$$

Kısıtlar:

Arz Kısıtları:

$$\sum_{j=1}^{56} x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, 7)$$

$$a_i \leq 15 \quad (i=1,2, \dots, 7)$$

* a_i ; Linea için ihale yapan Adana, Trabzon, Samsun, İzmir, Ankara, İstanbul ve Antalya Merkezlerini anlatır.

Talep Kısıtları:

$$\sum_{i=1}^7 x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, 56)$$

il No	Talep Miktarı
b1=	2
b2=	1
b3=	11
b4=	2
b5=	1
b6=	1
b7=	1
b8=	1
b9=	1
b10=	3
b11=	1
b12=	1
b13=	2
b14=	2
b15=	1
b16=	1
b17=	1
b18=	2
b19=	3
b20=	1
b21=	1
b22=	1
b23=	1
b24=	12
b25=	5
b26=	1
b27=	2
b28=	1

il No	Talep Miktarı
b29=	1
b30=	4
b31=	3
b32=	1
b33=	2
b34=	1
b35=	1
b36=	1
b37=	2
b38=	3
b39=	1
b40=	2
b41=	1
b42=	1
b43=	2
b44=	2
b45=	1
b46=	1
b47=	1
b48=	1
b49=	1
b50=	1
b51=	1
b52=	2
b53=	1
b54=	1
b55=	1
b56=	2

b_i: sırasıyla Linea talep eden Müdürlüklerin talep miktarlarını anlatmaktadır. Örnek olarak; b₁=Adana, b₂=Afyonkarahisar'dır.

Pozitiflik Koşulu:

$X_{ij} \geq 0$ ve tamsayı. (i= Linea dağıtımı yapan İhale Merkezleri, j=Linea Talep Eden İl Müdürlükleri)

Primal Model (Doblo için):

Amaç Fonksiyonu:

Zmin=

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{25} c_{ij} X_{ij}$$

Kısıtlar:

Arz Kısıtları:

$$\sum_{j=1}^{25} x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2)$$

$$a_i \leq 15 \quad (i=1,2)$$

* a_i , Doblo için ihale yapan Erzurum ve Diyarbakır Merkezlerini anlatır.

Talep Kısıtları:

$$\sum_{i=1}^2 x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, 25)$$

İl No	Talep Miktarı
b1 =	1
b2=	1
b3=	1
b4=	1
b5=	1
b6=	1
b7=	3
b8=	1
b9=	1
b10=	1
b11=	1
b12=	1
b13=	2
b14=	1
b15=	1
b16=	1
b17=	2
b18=	1
b19=	1
b20=	2
b21=	1
b22=	1
b23=	1
b24=	1
b25=	1

b_i : sırasıyla Doblo talep eden Müdürlüklerin talep miktarlarını anlatmaktadır. Örnek olarak; b1=Adıyaman, b2=Ağrı'dır.

Pozitiflik Koşulu: $x_{ij} \geq 0$ ve tamsayı. (i= Doblo dağıtımı yapan İhale Merkezleri, j=Doblo Talep Eden İl Müdürlükleri)

4.2. Bulgular ve Yorum

Uygulamanın amacı ihale merkezlerinden İl Müdürlüklerine dağıtılacak araç sayısına daha önce Kurum içinde yaşanan sıkıntıları tekrar yaşatmamak için bir standart getirmek ve belirlenen kriterler dâhilinde mümkün olan en az maliyetle bu dağıtımı yapmak. Bu hususta ihaleyi yapacak merkezler arasında haksızlığa yol açmamak ve sorumlulukları eşit şekilde paylaşdırmak adına her ihale merkezinin en fazla 15 araçtan sorumlu olması esasını benimsenmiştir. Yine daha önce yaşanan ulaştırma ve koordinasyon problemleri nedeniyle dağıtımı yapılacak Fiat Linea ve Fiat Doblo marka araçlar sadece belirli merkezlerden dağıtılacaktır.

Bu çerçevede araç kiralama ihalelerin yapılması ve araçların dağıtılması için ihale merkezleri belirlenmiş ve tüm Müdürlüklere araçlar bu ihale merkezlerinde dağıtılmak istenmiştir. Bu aşamada daha önce Kurum tarafından belirlenen ihale merkezleri ve bu ihale merkezlerinin dağıtım yaptığı iller aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Kurum Tarafından Yapılan Dağıtım

ADANA	TRABZON	SAMSUN	ANTALYA	İZMİR	İSTANBUL	DİYARBAKIR
Adana	Trabzon	Samsun	Antalya	İzmir	İstanbul	Diyarbakır
Gaziantep	Erzincan	Kastamonu	Burdur	Afyon	Bolu	Adıyaman
Hatay	Erzurum	Sakarya	Denizli	Aydın	Bursa	Ağrı
Niğde	Giresun	Sinop	Isparta	Balıkesir	Çanakkale	Amasya
Şanlıurfa		Sivas	İçel	Kütahya	Edirne	Artvin
Kilis		Tokat	Konya	Manisa	Kırklareli	Bingöl
Osmaniye		Zonguldak	Nevşehir	Muğla	Kocaeli	Bitlis
Kırşehir		Bartın	Uşak	Bilecik	Tekirdağ	Elazığ
Yozgat		Çankırı	Eskişehir		Yalova	Gümüşhane
Karaman		Çorum	Kayseri		Düzce	Hakkâri
		Kırıkkale	Aksaray		Ankara	Kars
					Karabük	Malatya
						Kahramanmaraş
						Mardin
						Muş
						Ordu
						Rize
						Siirt
						Tunceli
						Van
						Bayburt
						Batman
						Şırnak
						Ardahan
						Iğdır

*Ulaştırma Modellerinde bir değişken hem talep hem de arz merkezi olamaz. Tablodaki dağıtımda hem arz hem de talep merkezi gibi görünen (Adana, Trabzon, Samsun, Antalya, İzmir, İstanbul ve Diyarbakır) ismen aynı olsa da her şehir merkezindeki Müdürlük ile dağıtım yapıldığı bayi arasına ortalama 50 km'lik bir mesafe konularak arz ve talep merkezi farklı alanlar olarak değerlendirilmiş, hem gerçeğe daha yakın bir sonuç elde edilmiş hem de Ulaştırma Modelinin bu kuralı sağlanmıştır.

Kurumun belirlediği bu dağıtım tablosunda Fiat Doblo alacak olan tüm illerin bu alımı Diyarbakır İl Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Yeni yapılacak olan dağıtım

tablosunda hem Doblo marka hem de Linea marka araçlar için -dağıtımın her ihale merkezinde en fazla 15 araçla sınırlı kalması amacıyla- birer ihale merkezi daha açılması düşünülmüştür. Bu ihale merkezleri konumları ve personel sayıları da göz önünde bulundurularak;

* Doblo marka araçların dağıtımı için Erzurum,

* Linea marka araçların dağıtımı için de Ankara olarak belirlenmiştir.

İhale merkezleri aynı zamanda kendi illerinde bulunan Müdürlüklere de araçları temin etmektedirler. Bu durumda olan dağıtımlar da maliyet hesabına katılmıştır çünkü il içinde yapılan taşımada da bir maliyet söz konusudur. İhale merkezlerinden kendi illerinde ki Müdürlüklere yapılan taşımalarda ortalama bir uzaklık alınmış (50 Km) ve maliyet bu uzaklığa göre hesaplanmıştır.

Her bir Müdürlüğün 2014 yılı için belirlenen araç tipi ve talep sayısı EK-2’de gösterilmiştir:

İhale merkezleri ile arasındaki uzaklık ve maliyetler aşağıdaki Tablo 4.2.’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Değişiklik Öncesi Dağıtım Maliyetleri

Adana	Trabzon	Samsun	Antalya	İzmir	İstanbul	Diyarbakır
Adana (24)	Trabzon (24)	Samsun (36)	Antalya (24)	İzmir (60)	İstanbul (144)	Diyarbakır (39)
Gaziantep (144)	Erzincan (53)	Kastamonu (68)	Burdur (28)	Afyon (75)	Bolu (60)	Adıyaman (50)
Hatay (44)	Erzurum (69)	Sakarya (268)	Denizli (100)	Aydın (29)	Bursa (168)	Ağrı (107)
Niğde (47)	Giresun (32)	Sinop (38)	Isparta (30)	Balıkesir (40)	Çanakkale (73)	Amasya (169)
Şanlıurfa (158)		Sivas (154)	İçel (112)	Kütahya (76)	Edirne (53)	Artvin (133)
Kilis (56)		Tokat (53)	Konya (222)	Manisa (16)	Kırklareli (51)	Bingöl (35)
Osmaniye (20)		Zonguldak (125)	Nevşehir (122)	Muğla (52)	Kocaeli (104)	Bitlis (51)
Kırşehir (86)		Bartın (110)	Uşak (67)	Bilecik (96)	Tekirdağ (30)	Elazığ (37)
Yozgat (108)		Çankırı (75)	Eskişehir (194)		Yalova (80)	Gümüşhane (128)
Karaman (66)		Çorum (80)	Kayseri (282)		Düzce (100)	Hakkâri (114)
		Kırıkkale (77)	Aksaray (105)		Ankara (1133)	Kars (128)
					Karabük (90)	Malatya (61)
						K. Maraş (178)
						Mardin (23)
						Muş (63)
						Ordu (177)
						Rize (338)
						Siirt (46)
						Tunceli (67)
						Van (182)
						Bayburt (109)
						Batman (25)
						Şırnak (68)
						Ardahan (134)
						Iğdır (132)
TOPLAM (753)	TOPLAM (178)	TOPLAM (1084)	TOPLAM (1286)	TOPLAM (444)	TOPLAM (2086)	TOPLAM (2594)

Not: Parantez içindeki rakamlar Toplam Ulaştırma Maliyetlerini belirtir.

*(Toplam Maliyetler, ulaştırma maliyetleri yukarıya yuvarlanarak hesaplanmıştır.)

Tablo 4.2. hâlihazırda kurum tarafından belirlenen İhale Merkezlerinden belirlenen Müdürlüklere dağıtım yapılması durumunda toplam maliyetin ne kadar olacağını göstermektedir.

Taşıma için 04 Kasım 2013 tarifesini esas alınmıştır. Tarifeye göre Fiat Linea marka araçların Km başına yakıt tüketimi **0,227 TL**, Fiat Doblo marka araçların Km başına yakıt tüketimi ise **0,241 TL**'dir. Toplam Maliyetler ve ulaştırma maliyetleri yukarıya yuvarlanarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.2.'de görüldüğü üzere Kurumun belirlediği yerlerden dağıtım yapıldığı takdirde toplam maliyet:

$$= > 753 + 178 + 1084 + 1286 + 444 + 2086 + 2594 = \mathbf{8.425 \text{ TL}}$$

4.2.1. WINQSB Çözümü

WINQSB programının kullanıldığı modelin çözümlenmesinde, program kullanılırken başlangıç çözümü olarak VAM Metodu kullanılmıştır. Başlangıç olarak seçilen bu metottan sonra nihai çözüm WinQSB Paket Programı ile sistemsal olarak hesaplanmakta ve elde edilmek istenen optimal çözüme ulaşılmaktadır.

Çözüm sonucunda elde edilen minimum maliyeti sağlayıcı dağıtım şekli aşağıdaki tablolarda verilmiştir:

Tablo 4.3. Linea Dağıtım Tablosu

	Nereden	Nereye	Adet	Birim Maliyet	Toplam Maliyet
1	İstanbul	Edirne	1	53	53
2		İstanbul	12	12	144
3		Kırklareli	1	51	51
4		Tekirdağ	1	30	30
5	Ankara	Ankara	11	12	132
6		Eskişehir	1	53	53
7		Sakarya	2	70	140
8		Zonguldak	1	61	61
9	İzmir	Aydın	1	29	29
10		Balıkesir	1	40	40
11		Bursa	3	74	222
12		Çanakkale	1	75	75
13		İzmir	5	12	60
14		Manisa	2	8	16
15		Yalova	2	89	178
16	Antalya	Afyon	1	67	67
17		Antalya	2	12	24
18		Bilecik	1	109	109
19		Burdur	1	28	28
20		Denizli	2	50	100
21		Eskişehir	1	97	97
22		Isparta	1	30	30
23		Konya	3	74	222
24		Kütahya	1	83	83
25		Muğla	1	71	71
26		Uşak	1	67	67
27	Samsun Samsun	Bolu	1	108	108
28		Çankırı	1	75	75
29		Çorum	2	40	80
30		Kastamonu	1	68	68
31		Kocaeli	4	142	568
32		Sinop	1	38	38
33		Kırıkkale	1	77	77
34		Bartın	1	110	110
35		Karabük	1	94	94
36		Düzce	2	118	236
37	Trabzon	Erzincan	1	53	53
38		Erzurum	1	69	69
39		Giresun	1	32	32
40		Kayseri	2	141	282
41		Kırşehir	1	164	164
42		Samsun	3	76	228
43		Sivas	2	97	194
44		Tokat	1	91	91
45		Trabzon	2	12	24
46		Yozgat	1	138	138
47	Adana	Adana	2	12	24
48		Gaziantep	3	48	144
49		Hatay	1	44	44
50		İçel	1	16	16
51		Nevşehir	1	66	66
52		Niğde	1	47	47
53		Şanlıurfa	2	79	158
54		Aksaray	1	61	61
55		Karaman	1	66	66
56		Kilis	1	56	56
57		Osmaniye	1	20	20
TOPLAM →			105		5613

Tablo 4.4. Doblo Dağıtım Tablosu

	Nereden	Nereye	Adet	Birim Maliyet	Toplam Maliyet
1	Erzurum	Ağrı	1	45	45
2		Amasya	1	135	135
3		Artvin	1	55	55
4		Bingöl	1	44	44
5		Gümüşhane	1	49	49
6		Kars	1	49	49
7		Muş	1	65	65
8		Ordu	1	99	99
9		Rize	2	91	182
10		Tunceli	1	59	59
11		Van	1	100	100
12		Bayburt	1	31	31
13		Ardahan	1	56	56
14		Iğdır	1	71	71
15	Diyarbakır	Adıyaman	1	50	50
16		Bitlis	1	51	51
17		Diyarbakır	3	13	39
18		Elazığ	1	37	37
19		Hakkâri	1	114	114
20		Malatya	1	61	61
21		Kahramanmaraş	2	89	178
22		Mardin	1	23	23
23		Siirt	1	46	46
24		Van	1	91	91
25		Batman	1	25	25
26		Şırnak	1	68	68
TOPLAM			➔ 30		1823

Tablolardan anlaşılacağı üzere toplam ulaştırma maliyeti:

→ 5613+1823= 7436 TL olmuştur.

Bulunan çözümde ihale merkezlerinden İl Müdürlüklerine yapılan dağıtımın tablo halinde gösterimi aşağıdaki gibidir:

Tablo 4.5. Gerçekleşen Ulaştırma Tablosu

İSTANBUL	ANKARA	İZMİR	ANTALYA	SAMSUN	TRABZON	ADANA	ERZURUM	DİYARBAKIR
Edirne	Ankara	Aydın	Afyon	Bolu	Erzincan	Adana	Ağrı	Adıyaman
İstanbul	<u>Eskişehir</u>	Balıkesir	Antalya	Çankırı	Erzurum	Gaziantep	Amasya	Bitlis
<u>Kırıkkale</u>	Sakarya	Bursa	Bilecik	Çorum	Giresun	Hatay	Artvin	Diyarbakır
Tekirdağ	Zonguldak	Çanakkale	Burdur	Kastamonu	Kayseri	İçel	Bingöl	Elazığ
		İzmir	Denizli	Kocaeli	Kırşehir	Nevşehir	Gümüşhane	Hakkâri
		Manisa	<u>Eskişehir</u>	Sinop	Samsun	Niğde	Kars	Malatya
		Yalova	Isparta	Kırıkkale	Sivas	Şanlıurfa	Muş	<u>K. Maraş</u>
			Konya	Bartın	Tokat	Aksaray	Ordu	Mardin
			Kütahya	Karabük	Trabzon	Karaman	Rize	Siirt
			Muğla	Düzce	Yozgat	Kilis	Tunceli	<u>Van</u>
			Uşak			Osmaniye	<u>Van</u>	Batman
							Bayburt	Şırnak
							Ardahan	
							Iğdır	

Kurumun yapmayı planladığı dağıtım ile çözüm sonucunda ortaya çıkan dağıtım karşılaştırıldığı zaman;

* Yeni kurulan Ankara İhale Merkezine dağıtım için; Ankara, Eskişehir, Sakarya ve Zonguldak illeri kaydırılmıştır.

* Yeni kurulan diğer İhale Merkezi Erzurum'a ise; Ağrı, Amasya, Artvin, Bingöl, Gümüşhane, Kars, Muş, Ordu, Rize, Tunceli, Van, Bayburt, Ardahan ve Iğdır illeri kaydırılmıştır.

* Eskişehir iline hem Ankara hem de Antalya İhale Merkezinden araç tahsis edilmiştir.

Ayrıca;

* İstanbul İhale Merkezinden Bolu, Bursa, Çanakkale, Kocaeli, Yalova, Düzce, Ankara ve Karabük illeri çıkarılmıştır.

* İzmir İhale Merkezinden Afyon, Kütahya, Muğla ve Bilecik illeri çıkarılmış; Bursa, Çanakkale ve Yalova illeri eklenmiştir.

* Antalya İhale Merkezinden İçel, Nevşehir, Kayseri ve Aksaray illeri çıkarılmış; Afyon, Bilecik, Kütahya ve Muğla illeri ise eklenmiştir.

* Samsun İhale Merkezinden Samsun, Sakarya, Sivas, Tokat ve Zonguldak illeri çıkarılmış; Bolu, Kocaeli, Karabük ve Düzce illeri eklenmiştir.

* Trabzon İhale Merkezine Kayseri, Kırşehir, Samsun, Sivas, Tokat ve Yozgat illeri eklenmiştir.

* Adana İhale Merkezinden Kırşehir ve Yozgat illeri çıkarılmış; İçel, Nevşehir ve Aksaray illeri eklenmiştir.

* Diyarbakır İhale Merkezinden ise Ağrı, Amasya, Artvin, Bingöl, Gümüşhane, Kars, Muş, Ordu, Rize, Tunceli, Van, Bayburt, Ardahan ve Iğdır illeri çıkarılarak yeni açılan Erzurum İhale Merkezine kaydırılmıştır.

En başta yapılmak istenilen dağıtım planı ile çözümde bulunan dağıtım planını karşılaştırdığımız zaman Kurumun dağıtım maliyetlerinde;

$$= 8425 - (5613 + 1823)$$

$$= 989$$

$$= 989 / 8425$$

$$= \%12\text{'lik bir iyileşme sağlandığı görülmektedir.}$$

Bulunan bu sonuçla H_0 hipotezi reddedilmiştir. Bilimsel bir modelleme yapıldığı zaman rastgele çalışma durumuna göre daha az maliyetle aynı işin yapılabilceği gösterilmiştir.

4.2.2. Lindo Çözümü

Bölüm 4.2.1.'de bulunan çözüm WinQSB Paket programı yardımıyla çözülmüştür. Bulunan çözüm Lindo programı yardımı ile çözülerek yeniden denenmiştir. Çözümün başka bir programla daha denenmesinin nedeni sağlanan iyileşmenin daha da geliştirilip geliştirilemeyeceğini araştırmak ve iki çözümün sonuçlarını, bu iki programın bu tür optimizasyon problemlerinin çözümünde ne ölçüde kullanılabileceklerini ortaya koymaktır.

Lindo programının kullanılması aşamasında programa girilen kod dökümü Ek-3'te gösterilmiş, yapılan çözüm neticesinde bulunan optimum dağıtım, Tablo 4.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Lindo Çözümünün Ulaştırma Tablosu

İSTANBUL	ANKARA	İZMİR	ANTALYA	SAMSUN	TRABZON	ADANA	ERZURUM	DİYARBAKIR
İstanbul	Ankara	Balıkesir	Afyon	Çankırı	Bolu	Adana	Ağrı	Adıyaman
Kocaeli	Eskişehir	Bursa	Antalya	Çorum	Erzincan	Gaziantep	Amasya	Bitlis
	Kocaeli	Çanakkale	Aydın	Kastamonu	Erzurum	Hatay	Artvin	Diyarbakır
	Sakarya	Edirne	Bilecik	Kırklareli	Giresun	İçel	Bingöl	Elazığ
		İzmir	Burdur	Sakarya	Kırşehir	Kayseri	Gümüşhane	Hakkâri
		Manisa	Denizli	Samsun	Nevşehir	Niğde	Kars	Malatya
		Yalova	Isparta	Tekirdağ	Sinop	Şanlıurfa	Muş	K.Maraş
			Konya	Zonguldak	Sivas	Karaman	Ordu	Mardin
			Kütahya	Kırıkkale	Tokat	Kilis	Rize	Siirt
			Muğla	Karabük	Trabzon	Osmaniye	Tunceli	<i>Van</i>
			Uşak	Düzce	Yozgat		<i>Van</i>	Batman
					Aksaray		Bayburt	Şırnak
					Bartın		Ardahan	
							Iğdır	
222	386	713	879	1337	1581	727	1040	783

Bulunan Lindo çözümü elde edilen WinQSB çözümü ile karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

* Doblo dağıtımını konusunda herhangi bir değişiklik yaşanmamıştır.

* İstanbul arz merkezinden yapılan dağıtımda Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ dağıtım tablosundan çıkarken Kocaeli ihtiyacını artık İstanbul dağıtım merkezinden karşılamaya başlamıştır.

* Ankara dağıtım merkezinin listesinden Zonguldak çıkmış bunun yerine İstanbul dağıtımından ayrılan Kocaeli Ankara'ya eklenmiştir.

* İzmir ilinin dağıtım listesinden ise Aydın çıkarılmış onun yerine Edirne eklenmiştir.

*Antalya dağıtım merkezinden Ankara'ya eklenen Eskişehir ili çıkarılmış onun yerine İzmir ilinden çıkarılan Aydın ili eklenmiştir.

* Samsun'dan yapılan dağıtım listesine ise Kırklareli, Sakarya, Samsun ve Tekirdağ eklenirken; Bolu, Kocaeli, Sinop, Bartın listeden çıkarılmıştır.

* Trabzon'dan sağlanan dağıtıma ise Bolu, Nevşehir, Sinop, Aksaray ve Bartın illeri eklenirken, Kayseri ve Samsun illeri çıkarılmıştır.

Yeni oluşan dağıtımı gösteren Tablo 4.6'dan elde edilen sonuçlara göre Lindo programı ile elde edilen optimum sonucun çıkardığı toplam maliyet 7663 TL'dir. Böylece WinQSB programı ile elde edilen dağıtım ağının Lindo programı ile elde edilenden daha az maliyetli olduğu görülmektedir.

4.3. Tartışma

Dağıtım noktalarından farklı talep noktalarına dağıtım optimizasyonu konusunda değişik çalışmalar yapılmıştır,

Ersoy (2004), yaptığı çalışmasında gazete dağıtımı yapan YAYSAT bayilerinin dağıtımını ulaştırma modeli ile yeniden dizayn etmiştir. Çalışma kapsamında YAYSAT bayilerinin Cebeci semtinde yaptığı gazete dağıtım maliyetlerinin minimize edilmesi hedeflenmiştir. Problemin çözümüne LINDO (Linear Interactive Discrete Optimizer) paket programı kullanılmıştır. Çalışma neticesinde maliyetlerde %21,89'luk bir tasarruf sağlanmıştır. Çalışmadan önce 16.423,140 TL olan taşıma maliyetleri yeniden kurulan model sayesinde 12.826,540 TL'ye düşürülmüş ve bu miktar günlük maliyetlerde yaklaşık olarak 3.596,600 TL'lik bir tasarruf olarak hesaplanmıştır.¹⁰⁶ Tez çalışmamızın konusuna benzer bir çalışma yapan araştırmacı verimliliğini %22'ye yakın bir oranda arttırmıştır. Bu oranda yüksekliğin ana nedenlerinden biri düzensiz ve karmaşık olan ilk dağıtım ağının basitleştirilerek bir modele dayandırılmasıdır.

Mula ve Poler (2011), Modeling in Science Education and Learning (MSEL) dergisinde yayınlanan makalelerinde "Applied Mathematical Modelling for Industrial Engineers" isimli çalışmaları ile Endüstri Mühendisleri için değişik problemlere yönelik kullanılabilecek matematiksel modelleme yöntemlerinden bahsetmişlerdir. Bu yöntemleri araştırırken öğrencilerin ara yüzünü en kolay şekilde kullanacağı ve en kısa sürede doğru sonuçlar bulabilecekleri programları aramışlar ve 50 mühendislik öğrencisi ile gerçek hayat problemleri üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmalarla; doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, rotalama, kuyruk teorisi, simülasyon,

¹⁰⁶ Halis Ersoy, "Gazete Dağıtımında Ulaştırma Modelleri ve Bir Uygulama." Gazi Üniversitesi SBE, 2004.

Markov Zinciri ve Oyun Teorisi gibi konularda WinQSB paket programının en iyi şekilde kullanılabileceğini göstermişlerdir.¹⁰⁷

Günaydın (2006), çalışmasında karayolu ulaştırması maliyet yapısı incelenmiş ve maliyeti oluşturan kalemlerin hesaplanma biçimleri açıklanmıştır. Maliyetler içinde en önemli yeri tutan araç sefer giderlerinin azaltılması için doğrusal programlama kullanılmıştır. Çalışma Türk Silahlı Kuvvetlerinde yapılan ring taşımacılığı faaliyetleri çerçevesinde yapılmıştır. Ring taşımacılığı maliyet/etkinlik açısından değerlendirilmiştir. Ring taşımacılığı, TSK için muhtemel tehditlere anında cevap verebilmek adına hayati önem taşıyan bir faaliyettir. Çalışmanın içeriğinde TSK'nın 2001 yılından beri sürdürdüğü ring taşımacılığı incelenmiştir. Faaliyetin gerçekleştirildiği Komutanlıkta inceleme yapılmış ve maliyet bilgileri elde edilerek bu ring faaliyetleri için güzergâh optimizasyonu yapılmıştır. Problemin çözümü aşamasında seyyar satıcı problemi kullanılmış ve güzergâh optimizasyonu bu şekilde yapılmıştır. En kısa mesafe ile gerçekleştirilecek şekilde rota bulunmaya çalışılmıştır. Problemden QSB paket programı kullanılmıştır. Sonuç olarak çalışma TSK'ya ulaşım sistemlerinin mali yönden yeniden gözden geçirme fırsatı vermiştir. Benzer işleri yapan firmaların maliyetleri de dikkate alınarak hangi işlerin TSK yerine bu işletmeler aracılığı ile yaptırılabilirliği hususuna belirginlik kazandırılmıştır¹⁰⁸.

Murugan (2012), çalışmasında Hindistan'daki kırsal işletmelerin ekonomi üzerindeki etkisinin öneminden bahsetmiştir. Bu etkinin boyutlarını ortaya çıkarabilmek için ise kırsal işletmelerin mali tabanlarını ve performanslarını kriter almış ve çalışmasında doğrusal programlama metotlarını kullanmıştır. Bu tür değerlendirmeler için çok sayıda model kurulabileceğini anlatan Murugan kendi çalışmasında LINDO (Lineer Interactive Discrete Optimizer) paket programını kullanmış ve mikro seviyedeki bir işletmenin karını maksimize eden üretimi hesaplamıştır.¹⁰⁹

Görkey (2009), çalışmasında lastik sektöründe faaliyet gösteren ÖZKA Lastik ve Kauçuk A.Ş. tarafından uygulanmak istenen dağıtım planını incelemiştir. Plan değerlendirilirken yine WinQSB paket programı ve VAM metodundan faydalanılmıştır.

¹⁰⁷ Josefa Mula&Raul Poler, "Applied Mathematical Modelling for Industrial Engineers", Modeling in Science Education and Learning Volume:4 No:25, Valensiya:2011

¹⁰⁸ Davuthan Günaydın, "Türk Silahlı Kuvvetlerinde Ring Taşımacılık Faaliyetlerinin Maliyet Etkinlik Analizi ve Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Güzergah Optimizasyonu." Marmara Üniversitesi SBE, 2006

¹⁰⁹ N. Murugan, "Optimization Technique for Product Profitability Using LINDO Software", International Journal of Computer Applications, 2012

Yapılan inceleme ile lastiklerin sevkiyatı aşamasında minimum maliyeti sağlayacak dağıtım planı belirlenmiş ve bu çerçevede dağıtım şemasında değişiklikler yapılmıştır. Çalışma yapılan işletmenin arz merkezi durumunda bulunan 7 bölgesel merkezi ve talep merkezi durumunda bulunan dağıtım yaptığı 71 şehir vardır. Ayrıca problemin çözümü aşamasında hiçbir bölge merkezinde yer almayan 3 şehir aslında uygulamada da var olmayan fakat kukla değişken kullanımında olduğu gibi modelin probleme uygun hale getirilmesi için eklenen şehirlerdir¹¹⁰.

Bulut (2009), “Türkiye’de Kullanılan Ulaştırma Modlarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi” adlı çalışmada sıklıkla kullanılan ulaştırma modlarını çeşitli kriterlerle değerlendirmiştir. Çalışmada, değerlendirmeye demiryolu, karayolu ve havayolu taşımacılığı alınmıştır. Değerlendirmelerde farklı senaryolar göz önünde bulundurulmuş ve sonuçta ulaştırma stratejilerinin ve yatırım kararlarının en uygun olan olarak bulunan ile değiştirilmesi için önerilerde bulunulmuştur. Problemin çözümünde Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS yöntemleri kullanılmış ve bu iki metottan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.¹¹¹

Juan, Rodriguez ve Faulin (2009) ise 2009 Kış Simülasyon Konferansı’nda sundukları bildirilerinde günümüz internet çağında simülasyon konusunda kullanılabilecek modellerden bahsederken simülasyon kursları hakkında karşılaştırmalı bir analiz yapmış ve karar verme problemleri için MS Excel ve WinQSB’nin kullanılabilecek programlar olduğunu anlatmıştır.¹¹²

Demir (2010), çalışmasında ulaştırma sektöründe faaliyet gösteren, tüm yurt genelinde örgütlenmiş ve geniş bir ulaştırma ağına sahip bir şirketin taşıma faaliyetlerine ilişkin değerlendirme yapmıştır. Çalışmada, ulaştırma için bütün ulaştırma modlarını kullanabilen, gerektiğinde bu modları birleştirebilen ve bunları yine gerekli olduğu durumlarda birbiri ile entegre şekilde çalıştırarak maliyet etkin bir ulaştırma sistemi modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışma ile benzer problemlerle karşılaşıldığında

¹¹⁰ Selda Görkey, **Ulaştırma Modelleri ve Bir Uygulama** - Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: M.Ü. SBE Ekonometri Ana Bilim Dalı Yöneyim Araştırması Bilim Dalı, 2009

¹¹¹ Kezban Bulut, “Türkiye’de Kullanılan Ulaştırma Modlarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi.” Erciyes Üniversitesi FBE, 2009

¹¹² Angel A. Juan, Sara V. Rodriguez&Javier Faulin, “Simulation Education in The Internet Age: Some Experiences on The Use of Pure Online and Blended Learning Models ”, Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, İspanya:2009

kaliteli ürünün istenen zaman ve maliyetlerde üretilmesi için dört farklı unsurun göz önünde bulundurulması sonucuna ulaşılmıştır.¹¹³

Kocaoğlu (2010), hazırladığı çalışmada incelediği petrol dağıtım dizelgesinin taşıma giderini doğrusal programlama vasıtasıyla minimuma indirmeye çalışmıştır. Çalışma kapsamında TSK'nın üç adet arz noktasından yirmi yedi talep noktasına petrol dağıtımını 2008 senesine ait bilgilerle bulunmuştur. Çalışmada minimum maliyetli gözeler metoduyla elde edilen başlangıç çözümü MODI ve atlama taşı metoduyla denenmiş ve problem LİNGO ve MATLAB ortamında doğrusal programlama yöntemiyle çözülmüş sonuçta maliyetlerde bir azalma sağlanmıştır¹¹⁴.

Kaynar (2011), incelediği çalışmada havayolu taşımacılığındaki maliyetlerin Ulaştırma Modeli ile analizini gerçekleştirmiştir. Son yıllarda iyice popüler olan havayolu ile yolcu ve kargo taşımacılığı işi yapılırken bunun en verimli şekilde yapılması hedeflenmiştir. Çözülen problem bir aktarma problemi olup problemin çözümü aşamasında model çözüme uygun hale gelmesi için kukla değişken kullanılmıştır. Bulunan çözüme göre başlangıç maliyeti ile nihai olarak bulunan maliyet arasında yaklaşık olarak %50 fark bulunmaktadır.¹¹⁵

Al-Kuhali, Zain ve Hussein (2012), dört farklı boyuttaki LCD ekranın üretimi konusunda üretim planlama ve duyarlılık analizi çalışması yapmışlardır. 19, 20, 22 ve 23 inç boyutundaki bu ekranların maliyet, talep, kalite kontrol süresi ve paketleme zamanı gibi değişik kriterleri içinde barındıran bir model kurup her boyuttaki ekran için optimum üretim miktarını bulmayı amaçlamışlardır. Ayrıca bulunan çözümler için duyarlılık analizi çalışması yapmışlardır. Yapılan çalışmada WinQSB, Excel, MATLAB ve Lindo da duyarlılık analizi yapmak için kullanışlı olan paket program yazılımları olarak tanıtılmıştır.¹¹⁶

Abduljabbar (2013), çalışmada rafineriden petrol ürünleri olarak petrol istasyonuna dağıtım yapan bir ağ için yeniden bir modelleme yapmıştır. Kullandığı verileri gerçek hayatta yapılan ölçümlerden alan araştırmacı yaptığı tam sayılı

¹¹³ Beyazıt B. Demir, "Çok Modlu Bir Ulaştırma Sistemi Algoritması Geliştirilmesi ve Proje Yönetimi Kapsamında Projelendirilmesi," Dokuz Eylül Üniversitesi SBE, 2010

¹¹⁴ Mıhrıcan Kocaoğlu, "Bir Akaryakıt Dağıtım Dizelgesinin Ulaştırma Giderinin Doğrusal Programlama Yoluyla En Aza İndirilmesi," Ankara Üniversitesi FBE, 2010

¹¹⁵ Nihan Kaynar, "Havayolu Taşımacılığında Maliyetlerin Düşürülmesinde Ulaştırma Modelleri Tekniklerinin Kullanım ve Analizi," Haliç Üniversitesi SBE, 2011

¹¹⁶ K. Al-Kuhali, Z.M. Zain&M.I. Hussein, "Production Planning of LCDs: Optimal Linear Programming and Sensitivity Analysis", Industrial Engineering Letters Vol:2 No:9, Malezya:2012

matematiksel modellemede I-Log yazılımını kullanmıştır. Bulduğu sonuçlar araştırılan bu gerçek hayat problemi için uygulanabilir olmuş ve bulunan bu optimum dağıtım ağı ile ulaştırma maliyetlerini minimuma indirmiştir.¹¹⁷

Kulcar (1999), Brüksel sokaklarındaki atıkların taşınma maliyetlerinin nasıl minimize edileceğini doğrusal programlama kullanarak çözmeye çalışmıştır. Bu hedefle caddelerdeki çöplerin-atıkların toplanası için bir güzergâh belirlemeye çalışmış, güzergah belirlerken atıkların taşınması için kara araçları, demiryolu ve kanallar olmak üzere üç yol seçmiştir. Toplayıcı araçların atıkların yok edileceği yere ulaşmadan önce mümkün olan en fazla yükü buraya varması gibi hedefler belirlenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda araştırmacı optimum güzergahı bulmuştur.¹¹⁸

Özkan (2012), ulaştırma modelini kullanarak çelik kapı sektöründe bir dağıtım problemini çözmek için çalışmıştır. Çalışma, Kayseri’de faaliyet gösteren Star Çelik Kapı işletmesinin en düşük maliyetli dağıtım planını oluşturmak üzere tasarlanmıştır. Dağıtım planı araştırması yapılmış ve firmadan elde edilen bilgiler ışığında WinQSB paket programı kullanılarak başlangıç çözümü yöntemi VAM olacak şekilde problem çözülmüştür. Problemin çözümü esnasında VAM metodunun kullanılmasının nedeni ulaştırma modeli yöntemleri arasında optimal çözüme en yakın bazen ise optimal çözümü veren yöntem olmasıdır. Sonuçta firma için yeniden oluşturulan bir dağıtım planı gerçekleştirilmiş ve mümkün olan en düşük maliyete ulaşılmıştır. Analiz sonucunda firmanın arz merkezi durumundaki 9 bölge merkezinden talep merkezi durumundaki 69 il merkezine yapılacak dağıtımın en düşük ulaştırma maliyeti 197.265,54 TL olarak hesaplanmıştır. Böylece en başta gerçekleşen 210.323,79 TL’lik maliyete kıyasla 13.058,25 TL kar sağlanmıştır.¹¹⁹

Tüm bu örnekler ve yapılan literatür taramasında bulunan çalışmalarla karşılaştırıldığında tez konumuzu oluşturan çalışmada elde edilen ve başarıyla uygulanan sonuç oldukça başarılıdır. Maliyetlerde elde edilen %12’lik iyileştirme diğer bir çok çalışmada elde edilen oranlardan daha yüksektir. Ayrıca yapılan çalışma ile benzer modellemelerin kurum içi diğer birimlere de uygulanabileceği gösterilmiştir.

¹¹⁷ Waleed K. Abduljabbar, “Transportation Optimization Model of Oil Products”, Scientific Research and Essays, Al-Anvar Üniversitesi Ekonomi Fakültesi, 2013, s.211-219

¹¹⁸ Thierry Kulcar, “Optimizing solid waste collection in Brussels”, European Journal of Operational Research, 1999, Belçika

¹¹⁹ Zehra Özkan, “Ulaştırma Modelleri ile Çelik Kapı Sektöründe Bir Uygulama.” Karadeniz Teknik Üniversitesi SBE, 2012

4.4. Sonuç ve Öneriler

Ulaştırma Modelleri artık karmaşık problemlerin çözüme kavuşturulması, bol alternatifli durumların berraklaştırılarak mümkün olan en iyi yolun seçilmesi için sıkça kullanılan yöntemlerdendir. Özellikle gelişen bilgisayar alt yapısı ile beraber Modelleme yapıldıktan sonra problemin mümkün en iyi çözümünü bulmak sadece birkaç dakika sürmektedir.

Çalışmanın ikinci ve üçüncü bölümlerinde Doğrusal Programlama ile Ulaştırma Modelleri hakkında detaylı bilgi verilmiş dördüncü bölümünde ise bir Kamu Kurumuna bağlı İl Müdürlüklerine yapılacak kiralık araç tahsisinin dağıtım işleminin en düşük maliyetle gerçekleştirilmesi amaçlı uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışmada veriler toplandıktan ve Model kurulduktan sonra bu bilgiler WinQSB programına girilmiş ve başlangıç çözümü VAM Metodu olmak üzere optimum sonuç bulunmuştur. VAM Metodunun kullanılmasının sebebi literatürde en sık kullanılan ve optimum çözüme en yakın sonucu bularak işlem basamaklarını kısaltan yöntem olmasıdır.

Çalışmada kısaca; ihale merkezi konumunda olan 7 İl Müdürlüğü ve bu ihale merkezlerinden dağıtımın yapılacağı 81 il merkezinin (ihale merkezleri de dâhil) bulunduğu bir yapı incelenmiştir. Daha önceki durumlarda dağıtım herhangi bir plana bağlı olmadan rastgele yapılmakta bu da hem sorumluluk dağıtımında bir haksızlığa sebep olmakta hem de işlerin yığıldığı ihale merkezlerinde karmaşa çıkarmaktaydı.

Yapılan yeni dağıtım modelinde bazı iller eski ihale merkezlerinden başka bir ihale merkezine aktarılmış bazı merkezlerin ise ihtiyaçları ayrı ayrı ihale merkezlerinden karşılanmıştır. Maliyet hesaplarında aynı zamanda ihale merkezi olan İl Müdürlüklerine dağıtımında da bir maliyet hesaba katılmış mesafe ortalama olarak 50 km alınmıştır.

Böylece yapılan çalışmada ana hedeflerin her ikisi de gerçekleştirilmiş ve dağıtım yapan merkezlerin sayısı stratejik değerlendirmelerden sonra yediden dokuza çıkarılmış (Erzurum ve Ankara İhale Merkezleri eklendi), her bir ihale merkezinin sorumlu olduğu araç sayısı eşitlenerek 15 ile sabitlenmiştir. Maliyette ise %12'lik bir iyileşme sağlanmıştır.

Aynı tip bir optimizasyon işlemi kurumun diğer birimlerinde de hayata geçirilerek sadece ulaştırma işinde değil genel tabloda önemli bir verimlilik sağlanabilir.

Kullanılan paket program kurum tarafından satın alınarak halihazırda kullanılan online sistemlerine uyarlanıp bir modül olarak eklenebilirse taşra ya da merkez teşkilatında yapılacak her türlü iş ve işlemlerde verimlilikle alakalı somut veriler elde edilip çıkan sonuca göre iş değerlendirmesi yapılabilir. Benzer çalışmalar yapacak araştırmacılar, modelleme aşamasında daha farklı kısıtlar ve hedefler belirleyerek ve kullanılan metottan başka metotlar da kullanarak çalışmalarını yapabilirler. Çalışmada iki tip ihtiyaç için kurulan model, çalışılan konunun büyüklüğüne ya da karmaşıklığına göre yeniden tasarlanıp daha fazla tipte ihtiyaç için de kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Abduljabbar, Waleed K., “*Transportation Optimization Model of Oil Products*”, Scientific Research and Essays, Al-Anvar Üniversitesi Ekonomi Fakültesi, 2013, s.211-219
- Aksoy, Cansel (1999). Ulaştırma Modeli ile İşletmelerde Dağıtım Sistemi Optimizasyonu ve Türkiye Petrol Ofisi Kurumunda Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, s:103. Ankara: Gazi Üni.
- Al-Kuhali, K. , Zain , Z.M. & Hussein, M.I., “*Production Planning of LCDs: Optimal Linear Programming and Sensitivity Analysis* ”, Industrial Engineering Letters Vol:2 No:9, Malezya:2012
- Aras, Nil (tarih yok). Yön Eylem - 1. Eskişehir: **T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını** No: 2528, **Açıköğretim Fakültesi Yayını** No: 1499.
- Dayıoğlu, Işıl Arslan, *İnsan Kaynakları için Outsourcing*, Human Resources Dergisi, Şubat, 2003, s.18.
- Aydın, Ö. (tarih yok). Ulaştırma Modeli ve Çeşitli Ulaştırma Modelleri. *Ders Notları*. Tekirdağ, Türkiye: Trakya Üniversitesi-Bilgisayar Müh. Ders Notları.
- Aygüneş, Haluk (2001). *Yön Eylem Araştırması Ders Kitabı*. Ankara: Kara Harp Okulu Matbaası.
- Bronson, Richard (1982). *Theory and Problems of Operations Research*, McGraw-Hill Book Company. s.70.
- Buğdaycı, Ahmet (1998), **Outsourcing Eve de Girecek**, Capital Dergisi, Mayıs, s.189
- Bulut, Kezban (2009). Türkiye'de Kullanılan Ulaştırma Modlarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, Erciyes Üni. SBE
- Büber, Bülent (2008). Yeni Bir Çatışma Alanı: Kamu Alımları. *Yeni Bir Çatışma Alanı: Kamu Alımları, Doktora Tezi*. Ankara, Türkiye: Ankara Üni., SBE.
- Cinemre, Nalan (2004). *Yön Eylem, 2. Baskı*. İstanbul: Beta Basın Yayım Dağıtım.
- Dantzing, George, & Thapa, Mukund. (1997). *Linear Programming I: Introduction*, Springer Series.
- Demir, Beyazıt B. (2010). Çok Modlu Bir Ulaştırma Sistemi Algoritması Geliştirilmesi ve Proje Yönetimi Kapsamında Projelendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Dokuz Eylül Üni. SBE

Doğan, İbrahim (1995). *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*. Bilim Teknik Yayınevi.

Doğrusal Programlama (2014). www.ozyazilim.com:
http://www.ozyazilim.com/ozgur/marmara/karar/simplex.htm adresinden
alınmıştır (21.04.2014)

DP'nin Tanımı ve Bazı Temel Kavramlar. (tarih yok). [www.itu.edu.tr](http://web.itu.edu.tr/~cebife/DP_model(2).pdf):
http://web.itu.edu.tr/~cebife/DP_model(2).pdf adresinden alınmıştır

Dünya Gazetesi (2014), Mehmet Şimşek, Röportaj, <http://www.dunya.com/iste-2014-butcesi-204833h.htm>, 02.06.2014

Ersoy, Halis (2004). Gazete Dağıtımında Ulaştırma Modelleri ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye: Gazi Üni, SBE ; İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı.

Ertuğrul İ., Işık A., Bir Gıda İşletmesinde Ulaştırma Modeli ile Yeni Bir Dağıtım Planı Geliştirme, Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi İİBF Dergisi, Sayı:14, Karaman:2008, s.1-10.

Esin, Alptekin (2003). *Yöneylem Araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri*, 4 Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi.

Görkey, Selda (2009). Ulaştırma Modellerinde Bir Uygulama - Yüksek Lisans Tezi . İstanbul: M.Ü SBE Ekonometri Ana Bilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı.

Günaydın, Davuthan (2006). Türk Silahlı Kuvvetlerinde Ring Taşımacılık Faaliyetlerinin Maliyet Etkinlik Analizi ve Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Güzergah Optimizasyonu. *Marmara Üni SBE Ekonometri Dalı Yön Eylem Araştırması Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi* . İstanbul, Türkiye.

Güngör, Mine (2007), “Dış Kaynak Kullanımı (Outsourcing): Kahramanmaraş’taki Hastanelerde Bir Alan Araştırması”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Yayınlanmamış Yüksek Lisans Projesi, Kahramanmaraş, , s.2

Hallaç, Osman (1983). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*, 4. Basım, İstanbul: Alfa Yayın Dağıtım.

<http://www.garantifilo.com.tr/hemenkiralama/arama.asp>

İnan, M. Ali, & Yeşilyurt, Cavit (tarih yok). DOĞRUSAL PROGRAMLAMA PROBLEMLERİNİN EXCEL ile ÇÖZÜMÜ. *Cumhuriyet Üniversitesi İİBF Dergisi*, 151.

İstanbul Teknik Üniversitesi (2014), web.itu.edu.tr/topcuil/ya/Solver.doc. (tarih yok).
www.itu.edu.tr: web.itu.edu.tr/topcuil/ya/Solver.doc adresinden alınmıştır

İstatistik Notlarım (2014), p://istatistiknotlarim.blogspot.com/. (tarih yok).
<http://istatistiknotlarim.blogspot.com/2012/07/tora-optimization-system-dogrusal.html> (20.03.2014)

Jensen, Paul, & Bard, Jonathan (2003). *Operations Research Models and Methods*, John Wiley&Sons.

Juan, Angel A. & Rodriguez , Sara V. & Faulin, Javier, “*Simulation Education in The Internet Age: Some Experiences on The Use of Pure Online and Blended Learning Models* ”, Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, İspanya:2009

Kabak, Mehmet (2000). *Kara Kuvvetleri Akaryakıt 2kmal Sistemlerinde Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliyet Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi

Kara, İmdat (1991). *Doğrusal Programlama*. Bilim Teknik Yayınevi.

Karaca, Ayşe (2006). Sağlık Hizmetleri Pazarlamasında Dış Kaynak Kullanımı ve Sağlık İşletmelerinde Dış Kaynak Kullanımına Yönelik Bir Uygulama. *Yayınlanmamış Y. Lisans Tezi*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilim Dalı.

Karahan, Atilla (2009). Dış Kaynak Kullanımının Verimlilik Üzerine Etkisi Hastane Yöneticileri Üzerine Bir Araştırma. *Balıkesir Üniversitesi SBE Dergisi*, Cilt:12 Sayı:21

Karayağcın, İlhami (1993). *Yöneylem ‘Harekat’ Araştırması Operation Research*, 3. Baskı, İstanbul: Menteş Kitabevi.

Kaynar, Nihan (2011). Havayolu Taşımacılığında Maliyetlerin Düşürülmesinde Ulaştırma Modelleri Tekniklerinin Kullanım ve Analizi. *Yüksek Lisans Tezi - Haliç Üni SBE İşletme Ana Bilim Dalı Bankacılık ve Finans Programı*. İstanbul.

Kocaoğlu, Mıhrıcan (2010). Bir Akaryakıt Dağıtım Dizgesinin Ulaştırma Giderinin DP Yoluyla En Aza İndirgenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Ankara Üni, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Kotaman, Süleyman (1998). Silahlı Kuvvetlerde İkmal Sistemlerinin Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliyet Olarak Minimizasyonu. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi - Marmara Üni. SBE*. İstanbul.
- Kulcar, Thierry, “*Optimizing solid waste collection in Brussels*”, European Journal of Operational Research, 1999, Belçika
- Lindo, www.lindo.com, 15.06.2014
- Meral, Yurdağül (2006). Sağlık Kuruluşlarında Dış Kaynaklardan Yararlanmanın Hasta Memnuniyetine Olan Etkisi ve Bu Konuda Bir Araştırma. *Yayınlanmamış Y. Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üni., SBE.
- Moskowitz, Herbert (1979). *Operation Research Techniques For Management*. New Jersey: Prentice-Hall College Div.
- Mula, Josefa & Poler, Raul, “*Applied Mathematical Modelling for Industrial Engineers*”, Modeling in Science Education and Learning Volume:4 No:25, Valensiya:2011
- Murugan, N. , “*Optimization Technique for Product Profitability Using LINDO Software*”, International Journal of Computer Applications, 2012
- Ozan, Turgut (1992). *Applied Mathematical Programming for Engineering and Production Management*, . New Jersey: A Reston Book Prentice / Hall.
- Ozan, Turgut (1994). *Applied Mathematical Programming for Engineering and Production Management*. New Jersey: A Reston Book-Prentice Hall.
- Özbaran, M. Hakan, Sayıştay Baş Denetçisi, **Sayıştay Dergisi Sayı:53**, s.115
- Özkal, Tuğba (2003). Capacitated Transportation Problems and an Aplication, Yüksek Lisans Tezi, *Capacitated Transportation Problems and an Aplication*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Özkan, Zehra (2012, Şubat). KTÜ, SBE, Ekonometri Ana Bilim Dalı Yöneylem Araştırması Programı. *Ulaştırma Modelleri ve Çelik Kapı Sektöründe Bir Uygulama*. Trabzon.
- Öztürk, Ahmet (1994). *Yön Eylem Araştırması*. Bursa: Ekin Kitabevi.
- Öztürk, Ahmet (1997). *Yöneylem Araştırması*. Bursa: Ekim Kitabevi.
- Ravindran, A. Ravi, Philips, Don & Solberg, James (1987). *Operations Research Principles and Practice*. ABD: John Wiley & Sons.
- Render, Barry, & Stair, Ralph. (1978). *Management Science A Self-Correcting Approach*. Boston/ London/ Sydney/ Toronto,: Allyn and Bacon, Inc.

- Render, Barry, & Stair, Ralph (tarih yok). *Introduction to Management Science*. Boston: Ally and Bacon.
- Richard I., Levin., & Charles A., Kirkpatrick. (1975). *Quantitative Approaches to Management*, 3. Baskı. McGraw-Hill Book Company.
- Sağır, Müjgan (2012). *Yön Eylem Araştırması 1*. Eskişehir: Açık Öğretim Fakültesi Yayınları.
- Stevenson, William (1989). *Introduction to Management Science*, 3. Baskı. Boston.
- Şimşek, Mehmet, Maliye Bakanı, Anadolu Ajansı, Röportaj
- Taha, Hamdy (1992). *Operations Research: An Introduction*. ABD: Prentice-Hall.
- Taylor, Bernard (2002). *Introduction to Management Science*, 7. Baskı,
- Thai, Khi (tarih yok). *Journal of Public Procurement*. Lexington: Page, H., R., **Public Purchasing and Materials Manegement**, D. C. Health and Company, Lexington,1980,'den naklen Cilt:1 , sayı:1,
- Tulunay, Yılmaz (1987). *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*. İstanbul: Bayrak Matbaacılık.
- Turban, Efraim (1988). *Fundamentals of Management Science*, 4. Baskı, Business Publications Inc.,
- Türksoy, Adnan (2005). Otel İşletmelerinde Dış Kaynaklardan Yararlanma (Outsourcing). *Ege Üniversitesi Ege Akademik Bakış Dergisi*, , Cilt5, Sayı:1-2.
- Winston Wayne. L. Operation Research, Duxbury Yayınları, 3. Baskı, USA
- Yavuz, Uğur (1999). Excel 97. *Atatürk Üniversitesi Yayın No:214*.
- Yetişken, Yaşar (2009). Çelik Üretim Tesisinde Lineer Programlama Yöntemiyle 4140 Çeliğinin Üretimi için Bilgisayar Paket Programının Kullanılması. 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük
- Yöneylem Araştırmaları (2014) [www.yoneylemarastirmasi.com](http://yoneylemarastirmasi.com):
<http://yoneylemarastirmasi.com/wp-content/uploads/2011/09/DP-Modelleme-%C3%96rnek-Sorular.pdf> adresinden alınmıştır (24.04.2014)

EKLER**EK-1 – İhale Merkezlerinden İl Müdürlüklerine Araç Dağıtım Maliyet Tablosu**

İhale Merkezi	Müdürlük	Talep	Araç Tipi*	Mesafe	Yakıt (Km)	Ulaşım Mal.	Toplam Mal.
İzmir	1-Adana	2	1	900	0,227	204,3	410
	3-A.Karahisar	1	1	327	0,227	74,229	75
	6-Ankara	11	1	579	0,227	131,433	1452
	7-Antalya	2	1	444	0,227	100,788	202
	9-Aydın	1	1	126	0,227	28,602	29
	10-Balıkesir	1	1	176	0,227	39,952	40
	11-Bilecik	1	1	420	0,227	95,34	96
	14-Bolu	1	1	598	0,227	135,746	136
	15-Burdur	1	1	374	0,227	84,898	85
	16-Bursa	3	1	325	0,227	73,775	222
	17-Çanakkale	1	1	326	0,227	74,002	75
	18-Çankırı	1	1	710	0,227	161,17	162
	19-Çorum	2	1	821	0,227	186,367	374
	20-Denizli	2	1	224	0,227	50,848	102
	22-Edirne	1	1	534	0,227	121,218	122
	24-Erzincan	1	1	1263	0,227	286,701	287
	25-Erzurum	1	1	1453	0,227	329,831	330
	26-Eskişehir	2	1	411	0,227	93,297	188
	27-Gaziantep	3	1	1109	0,227	251,743	756
	28-Giresun	1	1	1189	0,227	269,903	270
	31-Hatay	1	1	1091	0,227	247,657	248
	32-Isparta	1	1	382	0,227	86,714	87
	33- İçel	1	1	892	0,227	202,484	203
	34-İstanbul	12	1	564	0,227	128,028	1548
	35-İzmir	5	1	50	0,227	11,35	60
	37-Kastamonu	1	1	824	0,227	187,048	188
	38-Kayseri	2	1	848	0,227	192,496	386
	39-Kırklareli	1	1	551	0,227	125,077	126
	40-Kırşehir	1	1	752	0,227	170,704	171
	41-Kocaeli	4	1	453	0,227	102,831	412
	42-Konya	3	1	550	0,227	124,85	375
	43-Kütahya	1	1	333	0,227	75,591	76
	45-Manisa	2	1	35	0,227	7,945	16
	48-Muğla	1	1	225	0,227	51,075	52
	50-Nevşehir	1	1	767	0,227	174,109	175
	51-Niğde	1	1	786	0,227	178,422	179
	54-Sakarya	2	1	484	0,227	109,868	220
	55-Samsun	3	1	993	0,227	225,411	678
	57-Sinop	1	1	993	0,227	225,411	226
	58-Sivas	2	1	1019	0,227	231,313	464
	59-Tekirdağ	1	1	506	0,227	114,862	115
	60-Tokat	1	1	957	0,227	217,239	218
	61-Trabzon	2	1	1326	0,227	301,002	604
	63-Şanlıurfa	2	1	1246	0,227	282,842	566
	64-Uşak	1	1	211	0,227	47,897	48
	66-Yozgat	1	1	795	0,227	180,465	181
	67-Zonguldak	1	1	667	0,227	151,409	152
	68-Aksaray	1	1	692	0,227	157,084	158
	70-Karaman	1	1	663	0,227	150,501	151
	71-Kırıkkale	1	1	654	0,227	148,458	149
	74-Bartın	1	1	756	0,227	171,612	172
	77-Yalova	2	1	390	0,227	88,53	178
	78-Karabük	1	1	732	0,227	166,164	167
	79-Kilis	1	1	1146	0,227	260,142	261
	80-Osmaniye	1	1	987	0,227	224,049	225
	81-Düzce	2	1	553	0,227	125,531	252
	TOPLAM	135					14900

İhale Merkezi	Müdürlük	Talep	Araç Tipi	Mesafe	Yakıt (Km)	Ulaşım Mal.	Toplam Mal.
İstanbul	1-Adana	2	1	939	0,227	213,153	428
	3-A.Karahisar	1	1	454	0,227	103,058	104
	6-Ankara	11	1	453	0,227	102,831	1133
	7-Antalya	2	1	718	0,227	162,986	326
	9-Aydın	1	1	684	0,227	155,268	156
	10-Balikesir	1	1	390	0,227	88,53	89
	11-Bilecik	1	1	247	0,227	56,069	57
	14-Bolu	1	1	262	0,227	59,474	60
	15-Burdur	1	1	596	0,227	135,292	136
	16-Bursa	3	1	243	0,227	55,161	168
	17-Çanakkale	1	1	320	0,227	72,64	73
	18-Çankırı	1	1	497	0,227	112,819	113
	19-Çorum	2	1	614	0,227	139,378	280
	20-Denizli	2	1	639	0,227	145,053	292
	22-Edirne	1	1	230	0,227	52,21	53
	24-Erzincan	1	1	1038	0,227	235,626	236
	25-Erzurum	1	1	1228	0,227	278,756	279
	26-Eskişehir	2	1	324	0,227	73,548	148
	27-Gaziantep	3	1	1124	0,227	255,148	768
	28-Giresun	1	1	930	0,227	211,11	212
	31-Hatay	1	1	1130	0,227	256,51	257
	32-Isparta	1	1	595	0,227	135,065	136
	33- İçel	1	1	932	0,227	211,564	212
	34-İstanbul	12	1	50	0,227	11,35	144
	35-İzmir	5	1	564	0,227	128,028	645
	37-Kastamonu	1	1	510	0,227	115,77	116
	38-Kayseri	2	1	771	0,227	175,017	352
	39-Kırklareli	1	1	221	0,227	50,167	51
	40-Kırşehir	1	1	637	0,227	144,599	145
	41-Kocaeli	4	1	111	0,227	25,197	104
	42-Konya	3	1	660	0,227	149,82	450
	43-Kütahya	1	1	354	0,227	80,358	81
	45-Manisa	2	1	529	0,227	120,083	242
	48-Muğla	1	1	783	0,227	177,741	178
	50-Nevşehir	1	1	728	0,227	165,256	166
	51-Niğde	1	1	797	0,227	180,919	181
	54-Sakarya	2	1	148	0,227	33,596	68
	55-Samsun	3	1	734	0,227	166,618	501
	57-Sinop	1	1	682	0,227	154,814	155
	58-Sivas	2	1	891	0,227	202,257	406
	59-Tekirdağ	1	1	132	0,227	29,964	30
	60-Tokat	1	1	785	0,227	178,195	179
	61-Trabzon	2	1	1067	0,227	242,209	486
	63-Şanlıurfa	2	1	1261	0,227	286,247	574
	64-Uşak	1	1	493	0,227	111,911	112
	66-Yozgat	1	1	669	0,227	151,863	152
	67-Zonguldak	1	1	331	0,227	75,137	76
	68-Aksaray	1	1	674	0,227	152,998	153
	70-Karaman	1	1	773	0,227	175,471	176
	71-Kırıkkale	1	1	528	0,227	119,856	120
	74-Bartın	1	1	420	0,227	95,34	96
	77-Yalova	2	1	176	0,227	39,952	80
	78-Karabük	1	1	396	0,227	89,892	90
	79-Kilis	1	1	1183	0,227	268,541	269
	80-Osmaniye	1	1	1026	0,227	232,902	233
	81-Düzce	2	1	217	0,227	49,259	100
	TOPLAM	135					12627

İhale Merkezi	Müdürlük	Talep	Araç Tipi	Mesafe	Yakıt (Km)	Ulaşım Mal.	Toplam Mal.
Ankara	1-Adana	2	1	490	0,227	111,23	224
	3-A.Karahisar	1	1	256	0,227	58,112	59
	6-Ankara	11	1	50	0,227	11,35	132
	7-Antalya	2	1	544	0,227	123,488	248
	9-Aydın	1	1	598	0,227	135,746	136
	10-Balıkesir	1	1	533	0,227	120,991	121
	11-Bilecik	1	1	315	0,227	71,505	72
	14-Bolu	1	1	191	0,227	43,357	44
	15-Burdur	1	1	422	0,227	95,794	96
	16-Bursa	3	1	384	0,227	87,168	264
	17-Çanakkale	1	1	655	0,227	148,685	149
	18-Çankırı	1	1	131	0,227	29,737	30
	19-Çorum	2	1	242	0,227	54,934	110
	20-Denizli	2	1	475	0,227	107,825	216
	22-Edirne	1	1	683	0,227	155,041	156
	24-Erzincan	1	1	684	0,227	155,268	156
	25-Erzurum	1	1	874	0,227	198,398	199
	26-Eskişehir	2	1	233	0,227	52,891	106
	27-Gaziantep	3	1	671	0,227	152,317	459
	28-Giresun	1	1	610	0,227	138,47	139
	31-Hatay	1	1	681	0,227	154,587	155
	32-Isparta	1	1	421	0,227	95,567	96
	33- İçel	1	1	483	0,227	109,641	110
	34-İstanbul	12	1	453	0,227	102,831	1236
	35-İzmir	5	1	579	0,227	131,433	660
	37-Kastamonu	1	1	245	0,227	55,615	56
	38-Kayseri	2	1	318	0,227	72,186	146
	39-Kırklareli	1	1	664	0,227	150,728	151
	40-Kırşehir	1	1	184	0,227	41,768	42
	41-Kocaeli	4	1	342	0,227	77,634	312
	42-Konya	3	1	258	0,227	58,566	177
	43-Kütahya	1	1	311	0,227	70,597	71
	45-Manisa	2	1	563	0,227	127,801	256
	48-Muğla	1	1	620	0,227	140,74	141
	50-Nevşehir	1	1	275	0,227	62,425	63
	51-Niğde	1	1	348	0,227	78,996	79
	54-Sakarya	2	1	305	0,227	69,235	140
	55-Samsun	3	1	414	0,227	93,978	282
	57-Sinop	1	1	414	0,227	93,978	94
	58-Sivas	2	1	440	0,227	99,88	200
	59-Tekirdağ	1	1	585	0,227	132,795	133
	60-Tokat	1	1	378	0,227	85,806	86
	61-Trabzon	2	1	747	0,227	169,569	340
	63-Şanlıurfa	2	1	808	0,227	183,416	368
	64-Uşak	1	1	368	0,227	83,536	84
	66-Yozgat	1	1	216	0,227	49,032	50
	67-Zonguldak	1	1	268	0,227	60,836	61
	68-Aksaray	1	1	225	0,227	51,075	52
	70-Karaman	1	1	369	0,227	83,763	84
	71-Kırıkkale	1	1	75	0,227	17,025	18
	74-Bartın	1	1	283	0,227	64,241	65
	77-Yalova	2	1	407	0,227	92,389	186
	78-Karabük	1	1	215	0,227	48,805	49
	79-Kilis	1	1	730	0,227	165,71	166
	80-Osmaniye	1	1	577	0,227	130,979	131
	81-Düzce	2	1	236	0,227	53,572	108
	TOPLAM	135					9564

İhale Merkezi	Müdürlük	Talep	Araç Tipi	Mesafe	Yakıt (Km)	Ulaşım Mal.	Toplam Mal.
Antalya	1-Adana	2	1	558	0,227	126,666	254
	3-A.Karahisar	1	1	292	0,227	66,284	67
	6-Ankara	11	1	544	0,227	123,488	1364
	7-Antalya	2	1	50	0,227	11,35	24
	9-Aydın	1	1	342	0,227	77,634	78
	10-Balikesir	1	1	505	0,227	114,635	115
	11-Bilecik	1	1	476	0,227	108,052	109
	14-Bolu	1	1	684	0,227	155,268	156
	15-Burdur	1	1	122	0,227	27,694	28
	16-Bursa	3	1	537	0,227	121,899	366
	17-Çanakkale	1	1	705	0,227	160,035	161
	18-Çankırı	1	1	668	0,227	151,636	152
	19-Çorum	2	1	734	0,227	166,618	334
	20-Denizli	2	1	220	0,227	49,94	100
	22-Edirne	1	1	913	0,227	207,251	208
	24-Erzincan	1	1	1061	0,227	240,847	241
	25-Erzurum	1	1	1251	0,227	283,977	284
	26-Eskişehir	2	1	424	0,227	96,248	194
	27-Gaziantep	3	1	767	0,227	174,109	525
	28-Giresun	1	1	1102	0,227	250,154	251
	31-Hatay	1	1	749	0,227	170,023	171
	32-Isparta	1	1	130	0,227	29,51	30
	33- İçel	1	1	489	0,227	111,003	112
	34-İstanbul	12	1	718	0,227	162,986	1956
	35-İzmir	5	1	444	0,227	100,788	505
	37-Kastamonu	1	1	782	0,227	177,514	178
	38-Kayseri	2	1	618	0,227	140,286	282
	39-Kırklareli	1	1	929	0,227	210,883	211
	40-Kırşehir	1	1	572	0,227	129,844	130
	41-Kocaeli	4	1	607	0,227	137,789	552
	42-Konya	3	1	322	0,227	73,094	222
	43-Kütahya	1	1	364	0,227	82,628	83
	45-Manisa	2	1	428	0,227	97,156	196
	48-Muğla	1	1	311	0,227	70,597	71
	50-Nevşehir	1	1	537	0,227	121,899	122
	51-Niğde	1	1	544	0,227	123,488	124
	54-Sakarya	2	1	570	0,227	129,39	260
	55-Samsun	3	1	906	0,227	205,662	618
	57-Sinop	1	1	951	0,227	215,877	216
	58-Sivas	2	1	813	0,227	184,551	370
	59-Tekirdağ	1	1	850	0,227	192,95	193
	60-Tokat	1	1	870	0,227	197,49	198
	61-Trabzon	2	1	1236	0,227	280,572	562
	63-Şanlıurfa	2	1	904	0,227	205,208	412
	64-Uşak	1	1	294	0,227	66,738	67
	66-Yozgat	1	1	684	0,227	155,268	156
	67-Zonguldak	1	1	753	0,227	170,931	171
	68-Aksaray	1	1	462	0,227	104,874	105
	70-Karaman	1	1	374	0,227	84,898	85
	71-Kırıkkale	1	1	567	0,227	128,709	129
	74-Bartın	1	1	803	0,227	182,281	183
	77-Yalova	2	1	605	0,227	137,335	276
	78-Karabük	1	1	735	0,227	166,845	167
	79-Kilis	1	1	804	0,227	182,508	183
	80-Osmaniye	1	1	645	0,227	146,415	147
	81-Düzce	2	1	639	0,227	145,053	292
	TOPLAM	135					14746

İhale Merkezi	Müdürlük	Talep	Araç Tipi	Mesafe	Yakıt (Km)	Ulaşım Mal.	Toplam Mal.
Samsun	1-Adana	2	1	729	0,227	165,483	332
	3-A.Karahisar	1	1	670	0,227	152,09	153
	6-Ankara	11	1	414	0,227	93,978	1034
	7-Antalya	2	1	906	0,227	205,662	412
	9-Aydın	1	1	1012	0,227	229,724	230
	10-Balıkesir	1	1	896	0,227	203,392	204
	11-Bilecik	1	1	685	0,227	155,495	156
	14-Bolu	1	1	472	0,227	107,144	108
	15-Burdur	1	1	836	0,227	189,772	190
	16-Bursa	3	1	745	0,227	169,115	510
	17-Çanakkale	1	1	1016	0,227	230,632	231
	18-Çankırı	1	1	328	0,227	74,456	75
	19-Çorum	2	1	172	0,227	39,044	80
	20-Denizli	2	1	889	0,227	201,803	404
	22-Edirne	1	1	964	0,227	218,828	219
	24-Erzincan	1	1	446	0,227	101,242	102
	25-Erzurum	1	1	562	0,227	127,574	128
	26-Eskişehir	2	1	647	0,227	146,869	294
	27-Gaziantep	3	1	725	0,227	164,575	495
	28-Giresun	1	1	196	0,227	44,492	45
	31-Hatay	1	1	821	0,227	186,367	187
	32-Isparta	1	1	801	0,227	181,827	182
	33- İçel	1	1	744	0,227	168,888	169
	34-İstanbul	12	1	734	0,227	166,618	2004
	35-İzmir	5	1	993	0,227	225,411	1130
	37-Kastamonu	1	1	298	0,227	67,646	68
	38-Kayseri	2	1	453	0,227	102,831	206
	39-Kırklareli	1	1	945	0,227	214,515	215
	40-Kırşehir	1	1	392	0,227	88,984	89
	41-Kocaeli	4	1	623	0,227	141,421	568
	42-Konya	3	1	592	0,227	134,384	405
	43-Kütahya	1	1	725	0,227	164,575	165
	45-Manisa	2	1	977	0,227	221,779	444
	48-Muğla	1	1	1034	0,227	234,718	235
	50-Nevşehir	1	1	468	0,227	106,236	107
	51-Niğde	1	1	546	0,227	123,942	124
	54-Sakarya	2	1	586	0,227	133,022	268
	55-Samsun	3	1	50	0,227	11,35	36
	57-Sinop	1	1	163	0,227	37,001	38
	58-Sivas	2	1	338	0,227	76,726	154
	59-Tekirdağ	1	1	866	0,227	196,582	197
	60-Tokat	1	1	230	0,227	52,21	53
	61-Trabzon	2	1	333	0,227	75,591	152
	63-Şanlıurfa	2	1	836	0,227	189,772	380
	64-Uşak	1	1	782	0,227	177,514	178
	66-Yozgat	1	1	280	0,227	63,56	64
	67-Zonguldak	1	1	549	0,227	124,623	125
	68-Aksaray	1	1	502	0,227	113,954	114
	70-Karaman	1	1	703	0,227	159,581	160
	71-Kırıkkale	1	1	339	0,227	76,953	77
	74-Bartın	1	1	481	0,227	109,187	110
	77-Yalova	2	1	688	0,227	156,176	314
	78-Karabük	1	1	412	0,227	93,524	94
	79-Kilis	1	1	784	0,227	177,968	178
	80-Osmaniye	1	1	747	0,227	169,569	170
	81-Düzce	2	1	517	0,227	117,359	236
	TOPLAM	135					14798

İhale Merkezi	Müdürlük	Talep	Araç Tipi	Mesafe	Yakıt (Km)	Ulaşım Mal.	Toplam Mal.
Trabzon	1-Adana	2	1	852	0,227	193,404	388
	3-A.Karahisar	1	1	1003	0,227	227,681	228
	6-Ankara	11	1	747	0,227	169,569	1870
	7-Antalya	2	1	1236	0,227	280,572	562
	9-Aydın	1	1	1345	0,227	305,315	306
	10-Balıkesir	1	1	1229	0,227	278,983	279
	11-Bilecik	1	1	1018	0,227	231,086	232
	14-Bolu	1	1	805	0,227	182,735	183
	15-Burdur	1	1	1169	0,227	265,363	266
	16-Bursa	3	1	1078	0,227	244,706	735
	17-Çanakkale	1	1	1349	0,227	306,223	307
	18-Çankırı	1	1	661	0,227	150,047	151
	19-Çorum	2	1	505	0,227	114,635	230
	20-Denizli	2	1	1222	0,227	277,394	556
	22-Edirne	1	1	1297	0,227	294,419	295
	24-Erzincan	1	1	233	0,227	52,891	53
	25-Erzurum	1	1	303	0,227	68,781	69
	26-Eskişehir	2	1	980	0,227	222,46	446
	27-Gaziantep	3	1	845	0,227	191,815	576
	28-Giresun	1	1	137	0,227	31,099	32
	31-Hatay	1	1	944	0,227	214,288	215
	32-Isparta	1	1	1134	0,227	257,418	258
	33- İçel	1	1	921	0,227	209,067	210
	34-İstanbul	12	1	1067	0,227	242,209	2916
	35-İzmir	5	1	1326	0,227	301,002	1510
	37-Kastamonu	1	1	631	0,227	143,237	144
	38-Kayseri	2	1	618	0,227	140,286	282
	39-Kırklareli	1	1	1278	0,227	290,106	291
	40-Kırşehir	1	1	719	0,227	163,213	164
	41-Kocaeli	4	1	956	0,227	217,012	872
	42-Konya	3	1	922	0,227	209,294	630
	43-Kütahya	1	1	1058	0,227	240,166	241
	45-Manisa	2	1	1310	0,227	297,37	596
	48-Muğla	1	1	1367	0,227	310,309	311
	50-Nevşehir	1	1	699	0,227	158,673	159
	51-Niğde	1	1	746	0,227	169,342	170
	54-Sakarya	2	1	919	0,227	208,613	418
	55-Samsun	3	1	333	0,227	75,591	228
	57-Sinop	1	1	496	0,227	112,592	113
	58-Sivas	2	1	423	0,227	96,021	194
	59-Tekirdağ	1	1	1199	0,227	272,173	273
	60-Tokat	1	1	400	0,227	90,8	91
	61-Trabzon	2	1	50	0,227	11,35	24
	63-Şanlıurfa	2	1	803	0,227	182,281	366
	64-Uşak	1	1	1115	0,227	253,105	254
	66-Yozgat	1	1	607	0,227	137,789	138
	67-Zonguldak	1	1	882	0,227	200,214	201
	68-Aksaray	1	1	774	0,227	175,698	176
	70-Karaman	1	1	921	0,227	209,067	210
	71-Kırıkkale	1	1	672	0,227	152,544	153
	74-Bartın	1	1	814	0,227	184,778	185
	77-Yalova	2	1	1021	0,227	231,767	464
	78-Karabük	1	1	745	0,227	169,115	170
	79-Kilis	1	1	904	0,227	205,208	206
	80-Osmaniye	1	1	870	0,227	197,49	198
	81-Düzce	2	1	850	0,227	192,95	386
	TOPLAM	135					21181

İhale Merkezi	Müdürlük	Talep	Araç Tipi	Mesafe	Yakıt (Km)	Ulaşım Mal.	Toplam Mal.
Adana	1-Adana	2	1	50	0,227	11,35	24
	3-A.Karahisar	1	1	573	0,227	130,071	131
	6-Ankara	11	1	490	0,227	111,23	1232
	7-Antalya	2	1	558	0,227	126,666	254
	9-Aydın	1	1	883	0,227	200,441	201
	10-Balıkesir	1	1	897	0,227	203,619	204
	11-Bilecik	1	1	768	0,227	174,336	175
	14-Bolu	1	1	677	0,227	153,679	154
	15-Burdur	1	1	666	0,227	151,182	152
	16-Bursa	3	1	837	0,227	189,999	570
	17-Çanakkale	1	1	1097	0,227	249,019	250
	18-Çankırı	1	1	576	0,227	130,752	131
	19-Çorum	2	1	579	0,227	131,433	264
	20-Denizli	2	1	760	0,227	172,52	346
	22-Edirne	1	1	1169	0,227	265,363	266
	24-Erzincan	1	1	677	0,227	153,679	154
	25-Erzurum	1	1	808	0,227	183,416	184
	26-Eskişehir	2	1	686	0,227	155,722	312
	27-Gaziantep	3	1	209	0,227	47,443	144
	28-Giresun	1	1	727	0,227	165,029	166
	31-Hatay	1	1	191	0,227	43,357	44
	32-Isparta	1	1	616	0,227	139,832	140
	33- İçel	1	1	69	0,227	15,663	16
	34-İstanbul	12	1	939	0,227	213,153	2568
	35-İzmir	5	1	900	0,227	204,3	1025
	37-Kastamonu	1	1	690	0,227	156,63	157
	38-Kayseri	2	1	333	0,227	75,591	152
	39-Kırklareli	1	1	1150	0,227	261,05	262
	40-Kırşehir	1	1	375	0,227	85,125	86
	41-Kocaeli	4	1	828	0,227	187,956	752
	42-Konya	3	1	356	0,227	80,812	243
	43-Kütahya	1	1	673	0,227	152,771	153
	45-Manisa	2	1	884	0,227	200,668	402
	48-Muğla	1	1	869	0,227	197,263	198
	50-Nevşehir	1	1	287	0,227	65,149	66
	51-Niğde	1	1	205	0,227	46,535	47
	54-Sakarya	2	1	791	0,227	179,557	360
	55-Samsun	3	1	729	0,227	165,483	498
	57-Sinop	1	1	846	0,227	192,042	193
	58-Sivas	2	1	429	0,227	97,383	196
	59-Tekirdağ	1	1	1071	0,227	243,117	244
	60-Tokat	1	1	499	0,227	113,273	114
	61-Trabzon	2	1	852	0,227	193,404	388
	63-Şanlıurfa	2	1	346	0,227	78,542	158
	64-Uşak	1	1	689	0,227	156,403	157
	66-Yozgat	1	1	473	0,227	107,371	108
	67-Zonguldak	1	1	754	0,227	171,158	172
	68-Aksaray	1	1	265	0,227	60,155	61
	70-Karaman	1	1	289	0,227	65,603	66
	71-Kırıkkale	1	1	475	0,227	107,825	108
	74-Bartın	1	1	769	0,227	174,563	175
	77-Yalova	2	1	893	0,227	202,711	406
	78-Karabük	1	1	701	0,227	159,127	160
	79-Kilis	1	1	246	0,227	55,842	56
	80-Osmaniye	1	1	87	0,227	19,749	20
	81-Düzce	2	1	722	0,227	163,894	328
	TOPLAM	135					15593

İhale Merkezi	Müdürlük	Talep	Araç Tipi	Mesafe	Yakıt (Km)	Ulaşım Mal.	Toplam Mal.
Erzurum							
	2-Adıyaman	1	2	529	0,241	127,489	128
	4-Ağrı	1	2	184	0,241	44,344	45
	5-Amasya	1	2	557	0,241	134,237	135
	8-Artvin	1	2	226	0,241	54,466	55
	12-Bingöl	1	2	180	0,241	43,38	44
	13-Bitlis	1	2	349	0,241	84,109	85
	21-Diyarbakır	3	2	324	0,241	78,084	237
	23-Elazığ	1	2	318	0,241	76,638	77
	29-Gümüşhane	1	2	203	0,241	48,923	49
	30-Hakkâri	1	2	616	0,241	148,456	149
	36-Kars	1	2	203	0,241	48,923	49
	44-Malatya	1	2	416	0,241	100,256	101
	46-K.Maraş	2	2	639	0,241	153,999	308
	47-Mardin	1	2	419	0,241	100,979	101
	49-Muş	1	2	266	0,241	64,106	65
	52-Ordu	1	2	410	0,241	98,81	99
	53-Rize	2	2	377	0,241	90,857	182
	56-Siirt	1	2	446	0,241	107,486	108
	62-Tunceli	1	2	243	0,241	58,563	59
	65-Van	2	2	414	0,241	99,774	200
	69-Bayburt	1	2	125	0,241	30,125	31
	72-Batman	1	2	377	0,241	90,857	91
	73-Şırnak	1	2	541	0,241	130,381	131
	75-Ardahan	1	2	230	0,241	55,43	56
	76-Iğdır	1	2	294	0,241	70,854	71
	TOPLAM	135					2656
İhale Merkezi	Müdürlük	Talep	Araç Tipi	Mesafe	Yakıt (Km)	Ulaşım Mal.	Toplam Mal.
Diyarbakır							
	2-Adıyaman	1	2	205	0,241	49,405	50
	4-Ağrı	1	2	443	0,241	106,763	107
	5-Amasya	1	2	700	0,241	168,7	169
	8-Artvin	1	2	550	0,241	132,55	133
	12-Bingöl	1	2	144	0,241	34,704	35
	13-Bitlis	1	2	209	0,241	50,369	51
	21-Diyarbakır	3	2	50	0,241	12,05	39
	23-Elazığ	1	2	153	0,241	36,873	37
	29-Gümüşhane	1	2	527	0,241	127,007	128
	30-Hakkâri	1	2	471	0,241	113,511	114
	36-Kars	1	2	527	0,241	127,007	128
	44-Malatya	1	2	251	0,241	60,491	61
	46-K.Maraş	2	2	369	0,241	88,929	178
	47-Mardin	1	2	95	0,241	22,895	23
	49-Muş	1	2	258	0,241	62,178	63
	52-Ordu	1	2	733	0,241	176,653	177
	53-Rize	2	2	701	0,241	168,941	338
	56-Siirt	1	2	187	0,241	45,067	46
	62-Tunceli	1	2	277	0,241	66,757	67
	65-Van	2	2	377	0,241	90,857	182
	69-Bayburt	1	2	449	0,241	108,209	109
	72-Batman	1	2	100	0,241	24,1	25
	73-Şırnak	1	2	282	0,241	67,962	68
	75-Ardahan	1	2	554	0,241	133,514	134
	76-Iğdır	1	2	546	0,241	131,586	132
	TOPLAM	135					2594

* Araç Tipi 1: Linea, Araç Tipi 2: Doblo

EK-2 - İllerin İhtiyaç Duyduğu Araç Cinsi ve Sayısı

VİLAYETLER	TALEP	ARAÇ TİPİ
1-Adana	2	Linea
2-Adıyaman	1	Doblo
3-Afyonkarahisar	1	Linea
4-Ağrı	1	Doblo
5-Amasya	1	Doblo
6-Ankara	11	Linea
7-Antalya	2	Linea
8-Artvin	1	Doblo
9-Aydın	1	Linea
10-Balıkesir	1	Linea
11-Bilecik	1	Linea
12-Bingöl	1	Doblo
13-Bitlis	1	Doblo
14-Bolu	1	Linea
15-Burdur	1	Linea
16-Bursa	3	Linea
17-Çanakkale	1	Linea
18-Çankırı	1	Linea
19-Çorum	2	Linea
20-Denizli	2	Linea
21-Diyarbakır	3	Doblo
22-Edirne	1	Linea
23-Elazığ	1	Doblo
24-Erzincan	1	Linea
25-Erzurum	1	Linea
26-Eskişehir	2	Linea
27-Gaziantep	3	Linea
28-Giresun	1	Linea
29-Gümüşhane	1	Doblo
30-Hakkari	1	Doblo
31-Hatay	1	Linea
32-Isparta	1	Linea
33-İçel	1	Linea
34-İstanbul	12	Linea
35-İzmir	5	Linea
36-Kars	1	Doblo
37-Kastamonu	1	Linea
38-Kayseri	2	Linea
39-Kırklareli	1	Linea
40-Kırşehir	1	Linea
41-Kocaeli	4	Linea
42-Konya	3	Linea
43-Kütahya	1	Linea

EK-2 Devam

VİLAYETLER	TALEP	ARAÇ TİPİ
44-Malatya	1	Doblo
45-Manisa	2	Linea
46-Kahramanmaraş	2	Doblo
47-Mardin	1	Doblo
48-Muğla	1	Linea
49-Muş	1	Doblo
50-Nevşehir	1	Linea
51-Niğde	1	Linea
52-Ordu	1	Doblo
53-Rize	2	Doblo
54-Sakarya	2	Linea
55-Samsun	3	Linea
56-Siirt	1	Doblo
57-Sinop	1	Linea
58-Sivas	2	Linea
59-Tekirdağ	1	Linea
60-Tokat	1	Linea
61-Trabzon	2	Linea
62-Tunceli	1	Doblo
63-Şanlıurfa	2	Linea
64-Uşak	1	Linea
65-Van	2	Doblo
66-Yozgat	1	Linea
67-Zonguldak	1	Linea
68-Aksaray	1	Linea
69-Bayburt	1	Doblo
70-Karaman	1	Linea
71-Kırıkkale	1	Linea
72-Batman	1	Doblo
73-Şırnak	1	Doblo
74-Bartın	1	Linea
75-Ardahan	1	Doblo
76-Iğdır	1	Doblo
77-Yalova	2	Linea
78-Karabük	1	Linea
79-Kilis	1	Linea
80-Osmaniye	1	Linea
81-Düzce	2	Linea

EK – 3 – Problemin Lindo Kod Yazımı**Linea Kodlaması:****MODEL:****SETS:**

ARZ/P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7/:CAP;

TALEP/C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10,C11,C12,C13,C14,C15,C16,C17,C18,C19,C20,C21,C22,C23,C24,C25,C26,C27,C28,C29,C30,C31,C32,C33,C34,C35,C36,C37,C38,C39,C40,C41,C42,C43,C44,C45,C46,C47,C48,C49,C50,C51,C52,C53,C54,C55,C56/:DEM;

LINKS (ARZ, TALEP):COST, SHIP;

ENDSETS**MIN=@SUM(LINKS:COST*SHIP);****@FOR (TALEP (J):****@SUM (ARZ (I):SHIP(I,J))>DEM(J));****@FOR (ARZ (I):****@SUM (TALEP (J): SHIP (I,J)) <CAP(I));****DATA:**

CAP=15,15,15,15,15,15,15;

DEM=2,1,11,2,1,1,1,1,3,1,1,2,2,1,1,1,2,3,1,1,1,1,12,5,1,2,1,1,4,3,1,2,1,1,1,2,3,1,2,1,1,2,2,1,1,1,1,1,1,2,1,1,1,2;

COST=428,104,1133,326,156,89,57,60,136,168,73,113,280,292,53,236,279,148,768,212,257,136,212,144,645,116,352,51,145,104,450,81,242,178,166,181,68,501,155,406,30,179,486,574,112,152,76,153,176,120,96,80,90,269,233,100,

224,59,132,248,136,121,72,44,96,264,149,30,110,216,156,156,199,106,459,139,155,96,110,1236,660,56,146,151,42,312,177,71,256,141,63,79,140,282,94,200,133,86,340,368,84,50,61,52,84,18,65,186,49,166,131,108,

410,75,1452,202,29,40,96,136,85,222,75,162,374,102,122,287,330,188,756,270,248,87,203,1548,60,188,386,126,171,412,375,76,16,52,175,179,220,678,226,464,115,218,604,566,48,181,152,158,151,149,172,178,167,261,225,252,

254,67,1364,24,78,115,109,156,28,366,161,152,334,100,208,241,284,194,525,251,171,30,112,1956,505,178,282,211,130,552,222,83,196,71,122,124,260,618,216,370,193,198,562,412,67,156,171,105,85,129,183,276,167,183,147,292,

332,153,1034,412,230,204,156,108,190,510,231,75,80,404,219,102,128,294,495,45,187,182,169,2004,1130,68,206,215,89,568,405,165,444,235,107,124,268,36,38,154,197,53,152,380,178,64,125,114,160,77,110,314,94,178,170,236,

388,228,1870,562,306,279,232,183,266,735,307,151,230,556,295,53,69,446,576,32,215,258,210,2916,1510,144,282,291,164,872,630,241,596,311,159,170,418,228,113,194,273,91,24,366,254,138,201,176,210,153,185,464,170,206,198,386,

24,131,1232,254,201,204,175,154,152,570,250,131,264,346,266,154,184,312,144,166,44,140,16,2568,1025,157,152,262,86,752,243,153,402,198,66,47,360,498,193,196,244,114,388,158,157,108,172,61,66,108,175,406,160,56,20,328;

END DATA

END

Doblo Kodlaması:**MODEL:****SETS:**

ARZ/P1,P2/:CAP;

TALEP/C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10,C11,C12,C13,C14,C15,C16,C17,C18,C19,C20,C21,C22,C23,C24,C25/:DEM;

LINKS (ARZ, TALEP):COST, SHIP;

ENDSETS**MIN=@SUM(LINKS:COST*SHIP);****@FOR (TALEP (J):****@SUM (ARZ (I):SHIP(I,J))>DEM(J));****@FOR (ARZ (I):****@SUM (TALEP (J): SHIP (I,J)) <CAP(I));****DATA:**

CAP=15,15;

DEM=1,1,1,1,1,1,3,1,1,1,1,1,2,1,1,1,2,1,1,2,1,1,1,1,1;

COST=128,45,135,55,44,85,237,77,49,149,49,101,308,101,65,99,182,108,59,200,31,91,
131,56,71,50,107,169,133,35,51,39,37,128,114,128,61,178,23,63,177,338,46,67,182,109,25,68,13
4,132;**END DATA****END**

ÖZGEÇMİŞ

Halil İbrahim ŞEN

Kişisel Bilgiler

Doğum Tarihi: 07.08.1986

Doğum Yeri: Kelkit

Eğitim Bilgileri

Lisans : 2004-2009 Gazi Üniversitesi M.M.F. Endüstri Mühendisliği

Lisans : 2009-2014 Anadolu Üniversitesi A.Ö.F. İşletme

MBA : 2010-2012 Fatih Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D.

Yüksek Lisans : 2013- Gümüşhane Üniversitesi S.B.E. İşletme A.B.D.

Doktora : 2014 - Atatürk Üniversitesi S.B.E. İktisat Politikası B.D.

Çalıştığı Kurumlar

2009-2011 T.C. Ziraat Bankası A.Ş. – Ticari ve Bireysel Krediler Sorumlusu

2011-Halen KOSGEB – KOBİ Uzman Yardımcısı