

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**EKONOMETRİ PROGRAMI**

**ÜRETİM PLANLAMASINDA**

**ULAŞTIRMA MODELİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN**

**KIYASLANMASI VE YENİ TEKNİKLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Cengiz YARDIM**

**OCAK - 2008**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**EKONOMETRİ PROGRAMI**

**ÜRETİM PLANLAMASINDA**

**ULAŞTIRMA MODELİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN**

**KIYASLANMASI VE YENİ TEKNİKLER**

**Cengiz YARDIM**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi - Sosyal Bilimler Enstitüsü'nce**

**Bilim Uzmanı (Ekonometri)**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tez'dir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04/01/2008**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 22/01/2008**

**Tezin Danışmanı : Prof. Dr. Hilmi ZENGİN**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Aslan DİLAVER**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Tuba YAKICI AYAN**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Osman PEHLİVAN**

**Ocak - 2008  
TRABZON**

## 0.SUNUŞ

### 00.Önsöz

Bu çalışma; üretim programlaması için örnek bir uygulama yardımıyla ulaştırma tablosu çözüm yöntemlerini karşılaştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Çalışma, verilerin belirleniş, üretim programlamasına verilen ağırlık ve geliştirilen “*En İyi Arza En Düşük Maliyet*” ve “*En İyi Talebe En Düşük Maliyet*” başlangıç çözüm teknikleri ile yasaklanmış yollara sahip ulaştırma tablolarının çözümünde kolaylık sağlanması yönünden diğer çözüm yöntemi karşılaştırma çalışmalarından ayrılmaktadır.

Tezdeki uygulamanın yapıldığı ve işletmenin var olduğu kabul edilen bölge Hakkâri'nin Çukurca ilçesine bağlı Çığlı köyüdür. Tezdeki uygulamada bu köye bir kilim tesisi kurulmuş, işletilmiş, üretiminde ulaştırma modelleri kıyaslanmıştır. Herhangi bir firma yerine bu sanal tesisin rakamlarının kullanılması manidardır.

Bu çalışmamda bana destek veren aileme, yol gösteren ve başarılı bir çalışma olabilmesi için en az benim kadar gayret gösteren Tez Danışmanım Sayın Prof.Dr. Hilmi ZENGİN'e, yardımlarını eksik etmeyen ekonometri bölümündeki hocalarım Sayın Prof.Dr. Rahmi YAMAK, Prof.Dr. Necati TÜREDİ ve Yrd.Doç.Dr. Tuba YAKICI AYAN'a, çalışmalarım için gerekli kolaylığı sağlayan değerli komutanım Kurmay Yarbay Ufuk URAS'a ve silah arkadaşlarıma, verdiği verilerle çalışmama katkıda bulunan Çığlı Köyü sakinlerinden Süleyman EDİŞ ve Müslim EDİŞ'e, anlattıklarıyla bakış açımızı değiştiren yaşayan tarih Tahir EDİŞ'e ve güneş gözlüklü sempatik ihtiyar Yakup ECER'e teşekkürlerimi bildiririm.

## 01. İçindekiler

	Sayfa Nr.
0.SUNUŞ .....	III-XII
00. Önsöz .....	III
01. İçindekiler .....	IV
02. Özet .....	VIII
03. Summary .....	IX
04. Tablolar Listesi .....	X
05. Şekiller Listesi .....	XI
06. Kısaltmalar Listesi .....	XII
GİRİŞ.....	1-6

## BİRİNCİ BÖLÜM

1. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI VE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA .....	7-16
10. Yöneylem Araştırması .....	7
100. Tanımlar .....	7
101. Yöneylem Araştırmasının Tarihçesi .....	9
102. Yöneylem Araştırmasının Yöntemleri ve Yöntem Bilim .....	11
103. Temel Yöneylem Araştırması Kavramları .....	13
11. Doğrusal Programlama .....	14
110. Doğrusal Programlamanın Genel Yapısı .....	15
112. Doğrusal Programlamanın Uygulama Alanları .....	16

## İKİNCİ BÖLÜM

2. ULAŞTIRMA MODELİ .....	17-50
20. Ulaştırma Problemi, Tarihçesi ve Mantığı .....	17
21. Ulaştırma Modelinin Kullanıldığı Alanlar .....	19
22. Standart Ulaştırma Probleminin Matematik Modeli .....	19
23. Dengeli ve Dengesiz Ulaştırma Problemleri .....	23
24. Ulaştırma Algoritması (Çözüm Tekniğı) .....	25
240. Aşamalar, Tanımlar ve Kabuller .....	25
241. Başlangıç Çözüm Teknikleri .....	27
2410. Kuzeybatı Köşe Yöntemi .....	28

2411. En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yöntemi .....	29
2412. Sıra veya Sütun En Küçüğü Kullanımı ve Russell Yöntemi ....	30
2413. Vogel'in Yaklaşımı Yöntemi .....	30
2414. Geliştirilen Yeni Başlangıç Çözüm Teknikleri .....	31
24140. En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi .....	32
24141. En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi .....	33
2415. Yöntemlere Ait Uygulama .....	33
242. En Uygun Çözümün Bulunması .....	39
2420. Atlama Taşı Yöntemi .....	39
2421. Çoğaltan Yöntemi .....	43

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ULAŞTIRMA MODELİNİN ÖZEL DURUMLARI .....	51-57
30. Yasaklanmış Yollar .....	51
31. Dağıtım Kabul Miktarları Sınırlanmış Yollar .....	52
310. Üst Limit Dağıtım-Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar .....	52
311. Alt Limit Dağıtım-Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar .....	53
32. Sınırlanmış İstem ve Sunum Miktarları .....	54
33. Bozulma Durumu (Dejenerasyon) .....	56
34. Seçenekli Optimal Çözümler .....	57
35. En Büyükleme Tipi Ulaştırma Problemi .....	57

### DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ULAŞTIRMA MODELİNDE DUYARLILIK ANALİZLERİ .....	58-60
40. Maliyetlerdeki Duyarlılık .....	59
41. Sunum Miktarındaki Duyarlılık .....	60
42. İstem Miktarındaki Duyarlılık .....	60
43. Sunum ve İstem Miktarının Aynı Hücre Üzerinde Değişmesi .....	60

### BEŞİNCİ BÖLÜM

5. ÜRETİM PROGRAMLAMASI .....	61-64
50. Üretim ve Üretim Programlaması .....	61
51. Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Problemi .....	63

## ALTINCI BÖLÜM

6. ÇIĞLI KİLİM FABRİKASI UYGULAMASI .....	65-157
60. Üretim Programlaması Problemi .....	65
61. Problemin Matematiksel Modeli .....	75
610. Problemin Yapısının İncelenmesi ve Maliyetlerin Hesaplanması .....	75
611. Problemin Denklemlerle Ortaya Konması .....	79
62. Problemin Dengelenmesi ve Ulaştırma Tablosunda Gösterilmesi .....	80
63. Problemin Ulaştırma Algoritmasına Göre Çözümü .....	82
630. Problemin Kuzeybatı Köşe Yöntemine Göre Çözümü .....	83
631. Problemin En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yöntemine Göre Çözümü .....	88
632. Problemin Sıra En Küçüğü Kullanım Yöntemine Göre Çözümü .....	94
633. Problemin Sütun En Küçüğü Kullanım Yöntemine Göre Çözümü ...	101
634. Problemin Russell Yöntemine Göre Çözümü .....	107
635. Problemin Vogel'in Yaklaşımı Yöntemine Göre Çözümü .....	109
636. Problemin En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemine Göre Çözümü .....	116
637. Problemin En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemine Göre Çözümü .....	122
64. En Uygun Çözümün Bulunması .....	127
640. Atlama Taşı Yöntemi ile Problemin En Uygun Çözümünün Bulunması .....	128
641. Çoğaltan Yöntemi ile Problemin En Uygun Çözümünün Bulunması	135
6410. Problemin Dual Modeli .....	135
6411. En Uygun Çözümün Bulunması .....	137
642. Seçenekli Optimal Çözüm .....	156

## YEDİNCİ BÖLÜM

7. ÇÖZÜM TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI .....	158-163
70. Optimal Çözümün Değerlendirilmesi .....	159
71. Başlangıç Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması .....	160
72. Optimal Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması .....	163

## SEKİZİNCİ BÖLÜM

8. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ .....	164-165
---------------------------------------	---------

YARARLANILAN KAYNAKLAR .....	166-171
EK: DP PROBLEMLERİNİN EXCEL'LE ÇÖZÜMÜ .....	172-178
ÖZGEÇMİŞ .....	179

## 02. Özet

Bu tezde, genel bilgilerin hatırlatılmasının ardından, doğrusal programlamanın özel bir şekli olan ulaştırma modeli, örnek bir işletme uygulaması yardımıyla incelenmiştir. Tezin görünen amacı başlangıç temel çözüm teknikleri ve optimal çözüm yöntemlerinin kıyaslanmasıdır. Ancak esas maksat yeni ve daha kullanışlı ulaştırma algoritmalarının üretilmesine katkıda bulunabilmektir.

Başlangıç temel çözüm tekniklerinden optimuma en yakın sonucu veren teknik olarak genel kanının Vogel'in yaklaşımı tekniği olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada ise "En Az Maliyetli Hücreler" Tekniği'nin üretim planlamasında daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ayrıca üretim planlamasında kullanıldığında faydalı olacağına inanılan iki yeni başlangıç çözüm tekniği geliştirilmiştir. Bunlar "*En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet*" ve "*En Yüksek Arza En Düşük Maliyet*" yöntemleri olarak adlandırılmıştır.

Diğer taraftan, optimum çözüm yöntemlerinden "Çoğaltan" yönteminin daha az işleme sonuca ulaştığı ve bu yüzden tercih edilmesi gerektiği anlaşılmıştır.



### **03. Summary**

In this thesis, following an initial reminder of general information, the transportation model, which is a special type of linear programming, is analyzed by use of a sample private company application data. The visible aim of the thesis is to compare the initial feasible solution techniques and optimal solution methods. But the real aim is to contribute to the development of new and more efficient transportation algorithms.

“Vogel’s Approximation”, one of the initial feasible solution techniques, is known as the method that can achieve the closest results to the optimum solution. However in this study, it is observed that “The Least Cost” technique achieves better results in production programming. Moreover, two new initial feasible solution techniques are developed, which are believed to be productive when used in production programming. These are named as “*Lowest Cost For Highest Demand*” and “*Lowest Cost For Highest Supply*” methods.

On the other hand, it is concluded that “The Modified Distribution” technique, one of the optimum solution methods, should be preferred for reaching the result with less iterations.

#### 04. Tablolar Listesi

<u>Tablo Nr.</u>	<u>Tablo Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1.	Ulaştırma Tablosu .....	22
2.	Sunum Miktarının, Talep Miktarından Büyük Olduğu Ulaştırma Tablosu .....	24
3.	Sunum Miktarının, Talep Miktarından Küçük Olduğu Ulaştırma Tablosu .....	24
4.	Bowman'ın Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Tablosu .....	64

## 05. Şekiller Listesi

<u>Şekil Nr.</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1.	Çığlı köyünün Konumu .....	2
2.	Örnek Sunum-İstem Şeması .....	20
3.	Ulaştırma Modelinin Algoritması .....	26
4.	Birden Fazla Malın Aynı Cinsten İfadesi .....	63

## 06. Kısaltmalar Listesi

A	: Aşut Kilim
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
a.g.e.	: adı geçen eser
a.g.t.	: adı geçen tez
a.g.m.	: adı geçen makale
ATŞ	: Atlama Taşı Yöntemi
B	: Biçenek Kilim
bkz.	: bakınız
C	: Serholing Kilim
Ç	: Başçoban Kilim
DP	: Doğrusal Programlama
EDMH	: En Düşük Maliyetli Hücreler Yöntemi
EYAM	: En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi
EYTM	: En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi
IE	: Industrial Engineering (Endüstri Mühendisliği)
KBK	: Kuzey Batı Köşe Yöntemi
İ.Ü.	: İstanbul Üniversitesi
LP	: Linear Programming (Doğrusal Programlama)
MODI	: The Modified Distribution (Çoğaltan Yöntemi)
MS	: Management Science
MÜ	: Marmara Üniversitesi
OR	: Operation Research (Yöneylem Araştırması)
ORS	: Operational Research Section (Yöneylem Araştırma Kısmı)
P	: Periyot
RAF	: Royal Air Forces (Kraliyet Hava Kuvvetleri)
ref.	: reference (referans, bakınız)
RUS	: Russell Yöntemi
s.	: sayfa
SIEK	: Sıra En Küçüğü Yöntemi
SÜEK	: Sütun En Küçüğü Yöntemi
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
VAM	: Vogel's Approximation Method (Vogel'in Yaklaşımı Metodu)
vs	: ve sair
vb	: ve benzeri (ve benzerleri)
YA	: Yöneylem Araştırması

## GİRİŞ

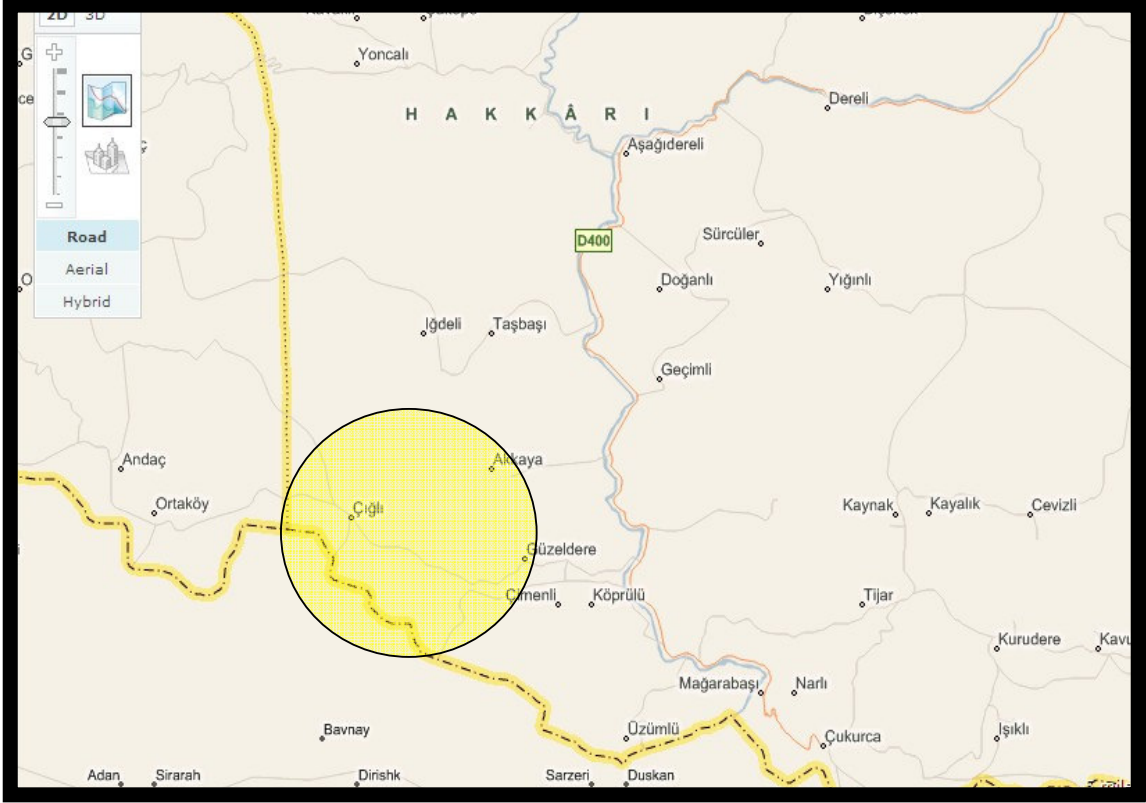
Bu tez üretim programlaması için örnek bir uygulama yardımıyla ulaştırma modeli başlangıç ve optimizasyon tekniklerini karşılaştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Kaynak taraması esnasında karşılaşılan ve 1997 tarihli *M.Yekta SOYLU*'ya ait “*Ulaştırma Modelleri, Kıyaslanması ve Bowman'ın Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Problemine Bir İşletme Uygulaması*” konulu yüksek lisans tezi de incelenmiştir. Bu çalışma ile SOYLU'nun tezi birkaç adım ileri götürülmüş ve günümüze uyarlanmıştır.

Ayrıldığı ana noktalar; verilerin belirlenişi, üretim programlamasına verilen ağırlık, Russell metodunun geçersizliğinin savunulması, yeni kaynaklarla anlatımın zenginleştirilmesi ve geliştirilen iki yeni başlangıç çözüm tekniğidir. Bu teknikler “*En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet*” ve “*En Yüksek Arza En Düşük Maliyet*” olarak adlandırılmıştır.

Bu tezdeki uygulamada hayali bir firmaya dayalı hayali veriler esas alınmıştır. SOYLU'nun tezinde adı geçen Yuvam Halı Fabrikasının veri yapısı omurga olarak alınmış, veriler yeniden uyarlanmıştır.

Verilerin hayali olmasının tezin geçerliliğini engellemediğine ve bir bölgede yaşayan insanların ekonomik potansiyelini göz önüne serdiği için olası yatırımlarını bölgeye yapacak insanları teşvik edeceğine inanılmıştır. Tezdeki uygulamanın yapıldığı ve hayali firmanın var olduğu kabul edilen bölge Hakkâri'nin Çukurca ilçesine bağlı Çığlı köyüdür. 3000 nüfusa sahip Çukurca ilçesinin en büyük köyüdür. Yaklaşık 2100 kişilik nüfusa sahip olan Çığlı köyünün hemen güneyinde Türkiye-Irak sınırı uzanmaktadır.

Köyün kuzeydoğusunda bulunan dağ bloğunun hemen arkasında Çığlı ile yakın ilişkiler içinde bulunan Akkaya köyü, doğusunda Ormanlı köyü, güneyinde de sınırı oluşturan dağ bloğunun hemen arkasında Irak ülkesi sınırları içinde kalan Ore, Beduh, Kani-Masi ve Möy köyleri bulunmaktadır. Çığlı köyü sakinlerinin bir kısım akrabası da bu köylerde yaşamaktadır.



**Şekil: 1**

### **Çığlı Köyünün Konumu**

Kaynak: <http://harita.turkcebilgi.com>

İpek yolu olarak da tabir edilen Çukurca-Şırnak Transit Karayolu köyün içerisinde geçmekte, köyde elektrik ve telefon hattının yanı sıra ADSL internet bağlantısı ve bir GSM şebekesi faal olarak kullanılmaktadır. Su kaynağı konusunda sıkıntı çekmeyen Çığlı köyünün ortasından Çığlı Suyu (Deresi) akmakta ancak köyün kanalizasyon sisteminde birtakım sıkıntılar yaşanmaktadır. Çok katlı bir binaya ve yeterli öğretmene sahip bir ilköğretim okulu bulunan Çığlı köyünden lise eğitimi görmek isteyen öğrenciler Çukurca ve Hakkâri, yüksek öğrenim içinse Van'da bulunan okulları tercih etmek durumundadırlar.

Köyün tarihçesine göz attığımızda cumhuriyetten daha önceki dönemlerde bölgede Nasturi tabir edilen Hıristiyan toplulukların yaşadığını görüyoruz. Tarımla etkin bir şekilde uğraşan bu Hıristiyanlar, köyün şu an bulunduğu yerin hemen kuzeyinde yer alan Çayırüzü ve Harabeler adıyla anılan bölgelerinde yaşamışlardır.



Köyde halen hayatta olan ve o dönemi bilen yüz yaşını aşkın vatandaşlar bulunmaktadır. Onlarla yapılan görüşmelerde köyün bugünkü durumundan genellikle memnun olmadıkları ve şikayet ettikleri görülmüştür. Hıristiyanların ve eski Çığlı köylülerinin sulak araziye -özellikle dere kenarlarını- tarım için kullandıklarına, bugünkü köylülerin ise evlerini dere civarında yaptıklarına değinmişlerdir.

Köylülerin eski dönemlerde, başta kilim ve halıcılık olmak üzere çeşitli zanaat dallarıyla da ilgilendikleri ve bunlardan geçimlerini sağladıkları, bugünkülerin ise çalışmak için ya yazın büyük vilayetlere işçi olarak gittiklerini, ya geçici köy korucusu maaşı ile yetindikleri ya da fırsat bulduklarında sınır ticareti yaptıklarını ifade etmişlerdir.

Hıristiyanların göç etmelerinin ardından bölgeye Anadolu'nun çeşitli yerlerinden ailelerin geldiği öğrenilmiştir. Ancak konuşulan yaşlı vatandaşlar, artan bir ivme ile tarım ve hayvancılığı bıraktıklarını üzümlere anlatmışlardır.

Yüz yıldan fazla süreli bir kilimcilik geçmişi olan Çığlı Köyü'nde ve civarında, arka komşusu Akkaya köyünde kadınların işlettiği ve çalıştıkları küçük bir atelye dışında tesis yok. Potansiyel bir ekonomik altyapısı olan bir Çığlı Köyü var, ancak sıfır noktası haberleri dışında haritada yerini bilen yok.

Bölgenin ülke ortalaması altındaki gelişmişlik düzeyi teröre yol açan nedenlerden biri olarak görülmektedir <sup>1</sup>. Bu bakımdan, terör sorununun bitirilmesi için başlıca çözüm yollarından birisi de bölgenin ekonomik kalkınmasıdır.

Terör sorunu sadece devlete veya onun kurumlarına bırakılmayacak kadar önemlidir. Mücadele de topyekûn olmalıdır. Her nedense ülkemizde, bu bölge ile ilgili bilimsel araştırma çalışmaları son derece sınırlı sayıdadır. Oysa bölge, daha çok sayıda sosyal içerikli, ekonomik, siyasi, tarihi ve benzeri çalışmalar yapılabilmesi için çok uygun bir laboratuvar niteliğindedir. Ülkemizin herkesi ilgilendiren bu gibi sorunları ile ilgili farklı bakış açılarına ve çözüm alternatiflerine her zaman ihtiyacı vardır. Düşünen toplum olmak bunu gerektirir. Hatta bu tezde olduğu gibi, içeriği ne olursa olsun yapılacak her türlü çalışmada, bu sorunlara değinilerek çözüme katkıda bulunulabilir.

Verimlilik kavramı, değişim ve gelişme kavramları ile iç içedir. Daha verimli olmak, hem bireyler hem toplumlar için gelişmenin ön koşuludur. Bugün dünden, yarın bugünden daha verimli, dolayısıyla daha gelişmiş bir konumda olabilmek için kendimize, çevremize, işyerimize, ülkemize karşı suya sabuna dokunmaz ve pasif değil, ilgili, yaratıcı ve geliştirici bir tavır içinde olmak zorundayız <sup>2</sup>.

Tezdeki uygulamada bu köye bir kilim tesisi kurulmuş, işletilmiş, üretiminde ulaştırma modelleri kıyaslanmıştır. Kocaeli'ndeki herhangi bir tesisin rakamlarının yerine bu sanal tesisin rakamlarının kullanılmış olması manidardır. Ayrıca simülasyon anlayışı güdülmüştür. Bilindiği gibi simülasyon; temsil ettiği sistem üzerinde yapılması çok pahalı olan veya mümkün gözükmeyen işlemlerin yapılmasına olanak verir. Bu işlemlerin etkisi altındaki model incelenir. Bundan gerçek sistemin veya ona ait alt sistemlerin davranışları ile ilgili özellikler, tepkiler öngörülür <sup>3</sup>.

Rakamları her yerde görüyoruz, kullanıyoruz. Artık onlar hayatımızın vazgeçilmezleri arasında. Birçok şeyi rakamlarla anlatıyoruz. İnip çıkan tansiyonumuz, yediğimiz gıdanın kaç kalori olduğu, içtiğimiz suyun ph değeri, çocuğumuzu kaydettireceğimiz okulun daha önceki başarılı öğrenci yüzdeleri artık bizi çok ilgilendiriyor. Taraftarı olduğumuz takımın

<sup>1</sup> *İstatistik Göstergeler 1923–2004*, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, <http://www.tuik.gov.tr>, 2004

<sup>2</sup> ATAN Murat, *Üretim ve Verimlilik Artırma Teknikleri*, <http://muratatan.info/notes/10.pdf>, 2005, s.22

<sup>3</sup> Erkut Haluk, *Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı*, İrfan Yayıncılık, 2.Baskı, İstanbul, 1992, s.1



dünya sıralamasında hangi puanlarla kaçınıcı sırada olduğunu merak ediyoruz. Seçim sonuçlarının grafiklerini inceliyoruz. Okuduğumuz kitaptaki görüşle ilgili internette kaç bin adet web sayfası olduğu dikkatimizi çekiyor.

Rakamlar ve tasnifler, bilimin de hemen her dalına girmiş ya da girmek için kapıyı zorlamaktadır. İstatistik, artık günümüzün vazgeçilmezleri arasına girmiştir ve iktisattan soyutlanması beklenemez. Bu araştırma aynı zamanda ekonometrik bir araştırmadır. Hatırlanacağı gibi ekonometri, iktisat teorisi ile istatistik metotlarını, kantitatif sonuçlara varmak amacıyla birleştiren bir bilim dalıdır <sup>4</sup>.

Daha geniş anlamda ekonometri; iktisadi ilişkilerin analizinde, iktisat teorilerinin test edilmesinde, iktisadi değişkenlerin davranışlarını ve seyirlerini kestirmede kullanılan bir araştırma yöntemidir <sup>5</sup>.

Doğrusal programlama tekniği iktisadi sistemi gerçekçi bir şema içinde incelemekte, üretim ve kullanma birimleri arasındaki bağlantıyı göstermektedir. Bu sebeple doğrusal programlama tekniği ele alınan iktisadi bünyeyi gerçek hüviyeti ile ortaya koymaya çalışmaktadır <sup>4</sup>.

Doğrusal programlama modeli teorik yönü ile iktisat ilminin ve matematiğin sınırları içinde kalmaktadır. Modele gerçeğe yaklaşan bir hüviyet verilmek istendiği zaman istatistik yöntemleri de sahneye girer <sup>6</sup>.

Ulaştırma modeli kaynaklardan hedeflere veya arz merkezlerinden talep merkezlerine mal veya hizmet dağıtımını yapılırken, bu dağıtım işleminin minimum maliyetle nasıl gerçekleştirilebileceğini araştıran özel bir doğrusal programlama tekniğidir. Modelin amacı “Kullanılacak yolları nasıl seçmeliyiz ki, dağıtım sonunda maliyet-(kazanç) minimum-(maksimum) olsun?” sorusuna cevap vermektir <sup>7</sup>.

<sup>4</sup> Zengin Hilmi, *Türkiye’de Paketli Çay Dağıtımının Optimizasyonu (Ulaştırma Modeli)*, Doktora Tezi, Trabzon, 1987, s.1

<sup>5</sup> Yamak Rahmi ve Köseoğlu Mustafa, *Uygulamalı İstatistik ve Ekonometri*, İkinci Baskı, Trabzon, 2004, s.1

<sup>6</sup> Kılıçbay Ahmet, *Ekonometri*, İ.Ü.İktisat Fakültesi Yayını, İstanbul, 1968, s.385

<sup>7</sup> Wilkes F.M., *Elements of Operational Research*, London : McGraw-Hill Book Company Limited, s.46.

Modelin isminin (ulaştırma-transport) bu modelin sadece nakliyat sistemleri için kullanılabilir olduğu düşündürmesi hatalı olur. İsim modelin konu aldığı problemlere uygunluğundan ve ilk defa F.L. Hitchcock tarafından petrol endüstrisinde nakliyat maliyetlerini minimize etmek için kullanılmasından ileri gelir ki model kimilerince “Hitchcock’un Dağıtım Problemi” olarak da bilinmektedir. Model 1960’lı yıllardan bu yana hem kamu hem de özel kuruluşlarda üretim programlaması, personelin iş yerleştirilmesi, işlerin makinelere dağıtımı, tesislerin yerleşimi, çeşitli şebeke ağı gibi hem iktisadi hem de sosyal problemlerin çözümünde sıkça kullanılan bir modeldir.

Çalışmanın ilk bölümünde “Yöneylem Araştırması ve Doğrusal Programlama”, ikinci bölümünde “Ulaştırma Modeli”, üçüncü bölümünde “Ulaştırma Modelinin Özel Durumları”, dördüncü bölümünde “Ulaştırma Modelinde Duyarlılık Analizi” hakkında genel bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde Üretim Programlaması ve Üretim hakkında verilen bilgilerin ardından altıncı bölümde Üretim Programlamasına dair Ulaştırma Problemine örnek bir işletme örneği verilerek, problem çözülmüş, bilinen yöntemler kıyaslanmış, *yeni geliştirilen yöntemler* açıklanmış, yedinci bölümde teknikler çözüm sonucunda çıkan statik verilerle birlikte karşılaştırılmıştır. Son bölümde ise genel değerlendirme ve sonuç bölümü yer almaktadır.

Model başlangıçta taşıma maliyetleri minimize etmek için kurulduğundan dolayı, yöntemlerin anlatımı modelin minimizasyon tekniği üzerine kurulmuştur. Verilerin belirlenmesinde İstatistiksel Kalite Kontrol ve Toplam Kalite Yönetimi araçları kullanılmıştır <sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Gümüšoğlu Şevkinaz, İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları, Beta 2.Bası, İstanbul, 2000

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI VE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

#### 10. Yöneylem Araştırması

"Yöneylem Araştırması" (YA) İngiliz ve Avrupalılar tarafından "Operational Research", Amerikalılar tarafından "Operations Research" olarak isimlendirilir ve "OR" olarak kısaltılır.

Bu alanda kullanılan bir diğer terim de "Yönetim Bilimi"dir (Management Science) ve uluslararası literatürde "MS" olarak kısaltılır. İki terim birleştirilerek "OR/MS" veya "ORMS" de denilir. Yöneylem Araştırması genelde bir "Sorun Çözme" (Problem Solving) ve "Karar Verme Bilimi" (Decision Science) olarak da değerlendirilir. Bazı kaynaklarda Yöneylem Araştırması yerine Endüstri Mühendisliği (Industrial Engineering - IE) kavramı da kullanılır. Son yıllarda bu alan için tek bir terim kullanılmaya çalışılmaktadır: OR<sup>9</sup>.

#### 100. Tanımlar

"Yöneylem Araştırması (Yönetim Bilimi) genellikle kıt kaynakların tahsis edilmesi gereken durumlarda en iyi şekilde bir sistemi tasarlamaya ve işletmeye yönelik karar verme sürecine bilimsel bir yaklaşımdır." Belirli bir hedefi gerçekleştirmek için birlikte çalışan birbirine bağlı bileşenlerin oluşturduğu düzen sistemdir<sup>9</sup>.

"Yöneylem araştırması; insan, makine, para ve malzemedan oluşan endüstriyel, ticari, resmi ve askeri sistemlerin yönetiminde karşılaşılan problemlere, bilimin çözüm arayışıdır. Çözüm olarak sistemin risk ölçümünü de içeren ve alternatif karar, strateji ve kontrollerin sonuçların tahmin ve karşılaştırmasını sağlayacak bilimsel bir yöntem geliştirmektir.

---

<sup>9</sup> Topçu Y.İlker, *Yöneylem Araştırmasına Giriş, Yaya\_giris.pdf*, , www.ilkertopcu.net ,2007, s.1.

Aynı zamanda yöneylem araştırmaları, matematik temellere dayanarak sorunları çözümlmek için yöntem ve teknikler geliştirmek olarak da tanımlanabilir . Günümüzde en sık kullanılan yöneylem araştırması teknikleri; kritik yol modelleri, CPM-PERT, kuyruk teorisi modelleri, döküm(envanter) modelleri ve doğrusal programlama modelleridir <sup>10</sup>.

Yaklaşımı; sistemin olduğu gibi tamamını ele alarak, değişik bilim dallarından gelecek olan uzmanlardan ( ekonomist, pazarlamacı, mühendis, finans uzmanı, istatistikçi,...) oluşan ekiplerle, bilimsel yöntemler ışığında, gerekli yolu izlemektir. Böylece çözülecek işletme problemine farklı görüş açlarına sahip uzmanların gözüyle problemin çözümlüne çalışır. Amacı; yönetimin politika ve faaliyetlerini bilimsel olarak belirlemesine yardımcı olmak, böylece verilecek kararların tutarlılığını ve uygulanabilirliğini arttırmaktır.

Karar vermek insanın doğasıdır, çünkü karar mevcut pek çok alternatif arasından düşünceye ve analize dayalı bir seçim yapmayı gerektirir. Günümüz koşullarında tüm verileri toplayıp bunlar üzerinden analizler yapıp karar vermek mümkün değildir. Tüm verilere ulaşmak mümkün olmadığından, istatistiki verilere başvurulur ve bunlardan yararlanarak bilimsel yöntemler uygulanır. Diğer alanlarda olduğu gibi yöneylem araştırmasında da istatistiğin katkısı büyüktür.

Optimum koşulların sağlanabilmesi için başarılması gereken amaçlar, uyulması gereken kısıtlar bulunur. Problemlerin de yalnız ekonomik veya askeri olması geremez. En zıt alanlarda doğan problemler belli çözüm yollarıyla sunulur. Karar verecek olan kişi söz konusu kısıtlar altında, kendi denetimindeki sistemin etkinliğini arttırmayı amaçlar.

Yöneylem araştırması her geçen gün artan bir ivmeyle gelişim göstermektedir. Bu gelişime paralel olarak bir çok alanda kullanılmaktadır. Her alanı yazamayacağımız için genel başlıklar altında toplamak gerekirse şöyle sıralayabiliriz;

- Ulusal planlama
- Enerji planlaması ve yönetimi
- Teknoloji planlaması

---

<sup>10</sup> Banger Gürol, Şişman Aziz, *Kırsal Alan Düzenlemelerinde Yöneylem Araştırması Tekniklerinin Uygulanması*, Harita ve Kadastro Müdürlüğü, 2000, s.82-94.

- Yatırım projeleri yönetimi
- İnsan gücü planlaması
- Sanayide bakım-onarım
- Üretim planlaması
- Stok kontrolü ve malzeme planlaması
- Yönetim bilişim sistemleri
- Stokastik sistemler
- Sağlık planlaması
- Savunma
- Ulaşım planlaması
- Haberleşme sistemleri
- Çevre sağlığı
- Bankacılıkta yöneylem araştırması
- Finansal yönetim ve yatırım planlaması
- Yöneylem araştırmacılarının eğitimi ve yetiştirilmesi<sup>11</sup>

Yöneylem araştırması, üretim, yönetim ve işletme sistemleriyle ilgili sorunların çözümü için kantitatif metotlar kullanır ve sistemleri daha iyi çalışır hale getirir.

Yöneylem Araştırması esas itibariyle problemlerin matematik, grafik ve sezgisel modellerle ifade edilerek, bu modellerin çeşitli yöntemlerle çözülmesi ve en iyi (optimal) çözüme ulaşılmasını sağlayan bilimsel yöntemlerle uğraşır. Yöneylem Araştırmasının genelde bir “sorun çözme ve karar verme bilimi” olarak tanımlanmasında genel mutabakat vardır.

### **101. Yöneylem Araştırmasının Tarihçesi**

YA göreceli olarak yeni bir bilim dalıdır. 1930'lu yılların sonunda YA ilk olarak (İngiltere) Birleşik Krallıkta kullanıldı. 1936 yılının başında İngiliz Hava Bakanlığı; doğu kıyısında, Felixstowe yakınlarında, Suffolk'da Bawdsey Araştırma İstasyonu'nu kurdu. Söz konusu yer savaş öncesi hava kuvvetleri radar çalışmalarının yapıldığı merkezdi.

---

<sup>11</sup> *Yöneylem Araştırması 4. Ulusal Kongresi*, 1978, İstanbul

Yine 1936 yılında Kraliyet Hava Kuvvetleri (RAF) içinde Britanya hava savunması için özel bir birlik oluşturuldu. Radarın kullanılmaya başlaması beraberinde bazı sorunlar da getirdi: Uçakların rotası ve kontrolü gibi elde edilen bilginin doğru ve etkin bir şekilde kullanılması gibi. 1936 yılının sonunda, Kent'deki Biggin Hill'de kurulan bir grup elde edilen radar bilgisi ile diğer uçak ile ilgili yer bilgilerinin bütünleştirilmesini hedefleyen çalışmalar yaptı. Söz konusu çalışmalar YA'nın başlangıcı olarak kabul edilebilir.

1937 yılında Bawdsey Araştırma İstasyonu deneysel çalışmaları pratiğe çevirdi ve Radar İstasyonu olarak çalışmaya başladı. Radardan elde edilen bilgiler bütünleştirilerek genel hava savunma ve kontrol sistemi oluşturuldu. Temmuz 1938'de kıyı boyunca dört yeni radar istasyonu daha kuruldu. Bu durumda da farklı istasyonlardan elde edilen ve genelde birbirleri ile çelişen bilginin doğrulanması ve eşgüdümü sorunu ortaya çıktı. Sorunun çözümü için ve yapılan işlerin etkinliğinin ölçülmesi amacıyla Bawdsey Araştırma İstasyonu'nda A.P. Rowe başkanlığında bir bilimsel grup oluşturuldu. Söz konusu askeri operasyonların araştırılması (Research into Military Operations) işlemine "Operational Research" denildi. Genişleyen çalışma grubu, 1939 yazında, Stanmore Araştırma İstasyonu'nu merkez olarak kullanmaya başladı.

Savaş sırasında Stanmore Araştırma Merkezi, Fransa'daki Alman güçlerine karşı istenen ek uçak kuvvetlerinin uygun olup olmadığını YA teknikleri kullanarak değerlendirdi, uygun olmadığını gösteren grafiklerle o zamanki başbakan Winston Churchill'e bir sunum yaptı ve sonuçta bölgeye ek kuvvet gönderilmeyerek hava kuvvetlerinin gücünün azalması engellendi. 1941 yılında Yöneylem Araştırması Bölümü Operational Research Section - ORS) kuruldu ve savaş bitimine kadar söz konusu grup çeşitli çalışmalar yaptı.

1941 yılında kurulan Blackett önderliğindeki bu gruba yedi ayrı bilim dalından onbir bilim adamı katılmıştı: üç fizyolog, bir fizikçi, iki matematikçi, bir astrofizikçi, iki fizik matematikçisi, bir subay, bir mühendis. Savaştan sonra YA çalışmaları özellikle ABD'de askeriye dışındaki alanlarda da hızlandı <sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Topçu, *Yöneylem Araştırmasına Giriş, Yaya\_giris.pdf*, 2007, s.3-4

Ülkemizde YA orduda başladı. 1 Haziran 1956'da Alb. Fuat Uluğ'un çabalarıyla Genel Kurmay İlmî İstişare ve Geliştirme Kurulu Başkanlığı'na bağlı ilk YA Grubu kuruldu. Grup tümüyle yedek subaylardan oluşuyordu. Aynı yıl NATO-AGARD desteği ile "American Machine & Foundry Company" YA direktörü Dr. Hoffman Türkiye'ye geldi. İlk araştırmalar Seferberlik ve Hava Savunma konularında başladı. Ocak 1957'de Rand Corporation'dan Dr. E. Paxson altı hafta için Türkiye'ye geldi. 1957 yılı yaz aylarında Johns Hopkins Üniversitesi'nden Dr. Glen Camp Ankara'da bir haftalık YA kursu verdi.

Ülkemizde ilk YA dersi "Harekat Araştırması" adı ile İ.T.Ü. Makina Fakültesinde 1960-61 ders yılında Prof. Dr. İ. Karayalçın tarafından verildi. 1964 yılı Aralık ayında NATO bilim komitesinin desteği ile organize edilen bir YA kursu ODTÜ'de verildi. Russel Ackof, Mike Simpson, Alan Shephard gibi zamanın ünlü isimleri bu programı yürüttüler.

1964-65 ders yılında ODTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümünde Dr. Okan Gürel, Doğrusal Programlama dersini ilk defa verdi. 1 Eylül 1965'te TÜBİTAK içinde Harekat Araştırması Bölümü kuruldu. 1973 sonunda Bölüm Gebze Marmara Araştırma Enstitüsü'ne taşındı. İlk kadroda Halim Doğrusöz, Muhittin Oral, Barış Kendir, Emin Gezen, Uluğ Çapar ve Çelik Parkan bulunuyordu.

Harekat Araştırması ismi yerine yeni bir isim bulma çalışmaları 1966 yılının bahar aylarında Ankara'da yapılan bir toplantıda sonuçlandı. "Erek İzlem" ve "Yöneylem Araştırması" isimleri üzerinde tartışıldı. Yöneylem Araştırması kabul edildi. Toplantıda TÜBİTAK grubuna ilave olarak Faruk Akün ve Alb. Mehmet Karavelioğlu katıldı.

1975'te Yöneylem Araştırması Derneği kuruldu. 1975'te ilk Ulusal Yöneylem Araştırması Kongresi yapıldı ve kongreler sürekli olarak yapılmaya devam ediyor.

## **102. Yöneylem Araştırmasının Yöntemleri ve Yöntem Bilim**

### Matematik Yöntemler:

- Tek ve Çok Amaçlı Lineer Programlama
- Non Lineer Programlama
- Kuadratik Programlama

- Tam Sayılı Programlama
- Geometrik Programlama
- Diferansiyel Programlama

Matematik ve İstatistik Yöntemler:

- Dinamik Programlama
- Rassal Programlama
- Karar Teorisi
- Kuyruk Teorisi
- Yenileme ve Yatırım Modelleri

Enformatik Yöntemler:

- Benzetim (Simülasyon)
- Sistem Dinamiği
- İşletme Oyunları
- Sezgisel Modeller
- Karar Ağaçları

Bir sorunun çözümü için Yöneylem Araştırması kullanıldığı zaman aşağıdaki yedi adımlık süreç takip edilmelidir:

Adım 1. Sorunun Formülasyonu: YA analisti (sorunu olan karar vericiye YA teknikleri ile yardımcı olan kişi) ilk olarak sorunu tanımlar. Sorunun tanımlanması; amaçların ve sorunu oluşturan sistemin bileşenlerinin belirlenmesi ile olur.

Adım 2. Sistemin İncelenmesi: Daha sonra analist sorunu etkileyen parametrelerin değerlerini belirlemek için veri toplar. Söz konusu değerler sorunu temsil edecek bir matematiksel modelin geliştirilmesi (Adım 3) ve değerlendirilmesi (Adım 4) için kullanılır.

Adım 3. Sorunun Matematiksel Modelinin Kurulması: Analist tarafından sorunu ideal bir şekilde temsil edecek bir matematiksel model geliştirilir.



Adım 4. Modelin Doğrulanması: Üçüncü adımda kurulan modelin gerçeği iyi yansıtmıyorsa yansıtmadığı sınanır. Şu anki durum için modelin ne kadar geçerli olduğu belirlenerek modelin gerçeğe ne kadar uyduğu test edilir.

Adım 5. Uygun bir Seçeneğin Seçilmesi: Eldeki model üzerinde bir çözüm yöntemi kullanılarak amaçları en iyi karşılayan bir seçenek (varsa) analist tarafından seçilir. Bazen eldeki seçeneklerin kullanımı için sınırlandırmalar ve kısıtlamalar olabilir. Bu yüzden amacı karşılayan seçenek bulunamayabilir. Bazı durumlarda ise amaçları en iyi şekilde karşılayan birden fazla sayıda seçenek bulunabilir.

Adım 6. Sonuçların Karar Vericiye Sunumu: Bu adımda, analist modeli ve model çözümü sonucunda ortaya çıkan önerileri karar verici ya da vericilere sunar. Seçenek sayısı birden fazla ise karar verici(ler) gereksinimlerine göre birini seçerler. Sonuçların sunumundan sonra, karar verici(ler) öneriyi onaylamayabilir. Bunun nedeni uğraşılan sorunun doğru tanımlanmaması ya da modelin kurulmasında karar vericinin yeterince sürece karışmaması olabilir. Bu durumda analist ilk üç adıma yeniden dönmelidir.

Adım 7. Önerinin Uygulanması ve İzlenmesi: Eğer karar verici sunulan öneriden memnun kalırsa, analistin son görevi karar vericinin öneriyi uygulamasına yardımcı olmaktır: Seçeneğin kullanılarak sorunun çözümüne nezaret etmeli ve özellikle çevre koşulları değiştikçe amaçları karşılamaya yönelik dinamik güncellemeler yaparak uygulamayı izlemelidir <sup>13</sup>.

### **103. Temel Yöneylem Araştırması Kavramları**

“YA, gerçek hayat sistemlerinin matematiksel modellerle temsil edilmesi ve en iyi (optimum) çözümü bulmak için kurulan modellere sayısal yöntemler (algoritmalar) uygulanmasıdır.”

Bir eniyileme (optimizasyon) modeli verilen kısıtları sağlayan karar değişkenlerinin tüm değerleri arasında amaç fonksiyonunu eniyileyen (enbüyükleyen veya enküçükleyen) değerleri bulmayı hedefler.

---

<sup>13</sup> Topçu, *Yöneylem Araştırmasına Giriş, Yaya\_giris.pdf*, 2007, s.2

Genel olarak, tüm olası olurlu çözümlerden amaç fonksiyonu değerini en iyi hale getiren karar değişkeni değerlerini barındıran çözüme "en iyi" (optimum) çözüm denilir.

Matematiksel model (formülasyon) kurulduktan sonra algoritma adı verilen sayısal bir çözüm tekniği kullanılarak amaç fonksiyonunun "en iyi" (optimum) değerini verecek (enbüyükleme sorunlarında en büyük, enküçüklemelerde en küçük) ve tüm kısıtları sağlayacak şekilde karar değişkeni değerleri bulunur <sup>14</sup>.

## 11. Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama belli bir amacı gerçekleştirmek için sınırlı kaynakların etkin kullanımını ve çeşitli seçenekler arasında en uygun dağılımını sağlayan matematiksel bir tekniktir <sup>15</sup>.

Genel olarak doğrusal programlama, işletme problemlerinin tanımlanmasında kullanılan matematiksel bir modeldir. Doğrusal sıfatı, modeldeki bütün matematiksel fonksiyonların doğrusal fonksiyonlar olması gerektiği anlamındadır.

Programlama sözcüğü ise, bilgisayar programlaması olmayıp, esas olarak planlama ile eş anlamlıdır. Doğrusal programlama, optimal sonucu elde edilecek faaliyetlerin planlamasını içerir <sup>16</sup>.

Doğrusal programlama, iş problemlerinin çözümünde faydası ispatlamış, son zamanlarda sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu sayısal metot iş operasyonları ve araştırmalarının çözümünde kullanılan matematiksel ve istatistiksel bir kavramdır. Farklı iş alanlarının uygulamaları ve analitik yöntemler doğrusal programlamayı içermektedir. Buna bağlı olarak doğrusal programlama içerisinde özel uygulama yöntemleri gelişmektedir. Doğrusal programlama geniş bir karar verme sürecinin bir organı olarak ifade edilebilir. Aynı zamanda, adım adım karar verme mekanizması olarak da kendisini gösterir <sup>17</sup>.

<sup>14</sup> Topçu Y.İlker, *Yöneylem Araştırmasına Giriş, END331.pdf*, www.ilkeropcu.net ,2007, s.5-8.

<sup>15</sup> Sarıaslan, H. *Kaynakların Dağıtımında Doğrusal Programlama*, Ankara ,1986

<sup>16</sup> Hillier,F.S., Lieberman,G.J., *Introduction to Operation Research, McGraw hill Business Quantative Series, California, 1989, s.888*

<sup>17</sup> Stockton, R.S., *Introduction To Linear Programming*, 2nd Edition, AUyn And Bacon Inc, Boston,1963

Araştırma düzeyinin günümüzdeki durumu ve pratikte uygulama olanakları açısından doğrusal programlama, yöneylem araştırmalarının en önemli bir alt parçası olarak ele alınabilir <sup>18</sup>.

Doğrusal Programlama yapılan doğrusal eşitsizlik ve eşitliklere dayanan bir sistem ile ifade edilebilen, sorunların çözümüdür <sup>19</sup>.

Doğrusal Programlama önemlidir. Çünkü çok sayıda sorun DP olarak formüle edilebilir. "Simpleks algoritması" kullanılarak çözülebilir ve en iyi çözüm bulunabilir <sup>20</sup>.

### 110. Doğrusal Programlamanın Genel Yapısı

Bir matematiksel modelin bir "Doğrusal Program" (DP;linear program - LP) olması için aşağıdaki koşulları sağlaması gerektiği görülür:

- Tüm değişkenler süreklidir (continuous)
- Tek bir amaç vardır (enbüyükleme (maximize) veya enküçükleme (minimize))
- Amaç ve kısıt fonksiyonları doğrusaldır. Fonksiyondaki her terim ya sabit sayıdır ya da bir sabitle çarpılmış değişkendir.

#### Varsayımlar:

- Oransallık (Her karar değişkeninin amaç fonksiyonuna katkısı değeri ile orantılıdır)
- Toplanabilirlik (Her karar değişkeninin katkısı diğer değişkenlerden bağımsızdır)
- Bölünebilirlik (Tamsayı olmayan değerler alabilir. Tamsayı şartsa tamsayılı programlama kullanılabilir)
- Kesinlik (Her parametre kesin olarak bilinmektedir)

<sup>18</sup> Banger-Şişman, *Kırsal Alan Düzenlemelerinde YA Tekniklerinin Uygulanması*, s.82-94

<sup>19</sup> Stockton, R.S., *Introduction To Linear Programming*, 1963

<sup>20</sup> Topçu, *Yöneylem Araştırmasına Giriş, END331.pdf*, www.ilkertopcu.net ,2007, s.9-10.

### 111. Doğrusal Programlamanın Uygulama Alanları <sup>21</sup>

- Üretim planlama
- Rafineri yönetimi
- Karışım
- Dağıtım
- Finansal ve ekonomik planlama
- İşgücü planlaması
- Tarımsal planlama
- Gıda planlama <sup>22</sup>
- Reklam Seçim Problemi
- Personel Programlaması
- Portföy Seçim Problemi
- Beslenme Problemleri
- Ulaştırma Problemleri

---

<sup>21</sup> Öztürk Ahmet, *Yöneylem Araştırması*, Genişletilmiş 9.Baskı. Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları, 2004, s.45.

<sup>22</sup> Topçu, *Yöneylem Araştırmasına Giriş*, *END331.pdf*, www.ilkertopcu.net ,2007, s.10.

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. ULAŞTIRMA MODELİ

#### 20. Ulaştırma Problemi, Tarihçesi ve Mantiğı

Doğrusal programlama modellerinin özel bir türüdür. Ulaştırma problemi, belirli sayıdaki merkezlerden, yine belirli sayıdaki yerlere taşınacak aynı türdeki ürünlerin nakliye masraflarını minimum yapılacak şekilde düzenlenmesidir.

Çalışmanın konusunu oluşturan ve yöneylem tekniklerinden birisi olan “Ulaştırma Modeli” (transportation veya distribution metod), ikinci dünya savaşı sırasında özellikle A.B.D.’de geliştirilmiş ve harpten sonra endüstride ulaşım, personelin işe yerleştirilmesi, işlerin makineler arasında rasyonel bir şekilde dağıtımının yapılması, kuruluş yerinin seçimi gibi problemlerin çözümünde kullanılarak en çok uygulama alanı bulan tekniklerden biri haline gelmiştir<sup>23</sup>.

Ulaştırma Problemi, teorik ve ekonomik öneminden dolayı üzerinde çok çalışılan problemlerden birisidir. Ancak, ulaştırma problemi sadece ürün taşımacılığını ilgilendiren bir problem değildir. Üretim planlama, personel atama, işlerin makinelere dağıtımı, tesis yerleşimi gibi problemlerde değişik teknikler ile ulaştırma problemine dönüştürülmekte ve çözülebilmektedir<sup>24</sup>. Model ilk defa 1941 yılında F.L. Hitchcock tarafından petrol endüstrisinde nakliyat ve dağıtım maliyetlerini minimize etmek için “Ürünün Birkaç Üretim Merkezinden, Birçok Tüketim Merkezine Dağıtımı” adı altında bir eserle yayınlanmıştır<sup>25</sup>.

---

<sup>23</sup> Sakarya Engin, Cevger Yavuz, Günlü Aytekin, *Et ve Balık Kurumu Kombinalar Arası Et Taşımada Ulaştırma Modeli Uygulaması*, 2000, s.19-24

<sup>24</sup> Karaoğlan İsmail ve Altıparmak Fulya, *Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi İçin Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel bir Yaklaşım*, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Cilt 20, No 4, 443-454, 2005 Vol 20, No 4, Maltepe Ankara, 2005, s.443-454

<sup>25</sup> Barry Render, Ralph M. Stair, *Introduction to Management Science*, Boston: Allyn and Bocon, S.215

1947 yılında T.C. Koopmans, Hitchcock'un modelinden bağımsız ikinci bir uygulama bulmuş ve "Ulaştırma Sisteminin Optimum Kullanımı" adı altında bir eserle yayımlanmıştır. Yine 1947 yılında G.B. Dantzig modelin simpleks metoduyla çözümünü geliştirmiştir. 1953 yılında A. Charnes ve W.W. Cooper "Kuzeybatı Köşe Yöntemi ve Atlama Taşı Metodu"nu geliştirmişlerdir. 1954 yılında A. Henderson ve R. Schlaifer yönteme bazı düzeltmeler getirmiş ve 1955 yılında R.O. Ferguson tarafından "Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi MODİ" geliştirilmiştir. Aynı yıl W.R. Vogel tarafından "Vogel'in Yaklaşım Yöntemi" geliştirilmiş, 1963 yılında G.B. Dantzig, modelin dejenerasyon durumları ve dejenerasyon durumunun ortadan kaldırılmasına ilişkin çözümleri ortaya koymuştur.

Yöneylem Araştırması, Kantitatif Karar Verme ve Yönetim Bilimi'nde "bir sorunu çözmek için tedbirli ve akıllıca seçilen bir çözüm tekniği, çözüm esnasında kendiliğinden maliyet ve zaman yönünden kazanç getirir" mantığı vardır <sup>26</sup>. Bu mantık çerçevesinde, genel çözüm tekniği simpleks yöntemi olan doğrusal programlama teknikleri ortaya çıkmıştır. Belirli tipteki bazı problemlere uygulanabilen "Ulaştırma Modeli" de özel, alışılmamış yapısından dolayı simpleks tablosuna başvurmaz; problemi doğrudan matris yapısına göre daha hızlı ve az maliyetle çözmeye çalışır.

Ulaştırma modelinde simpleks yönteminde olduğu gibi semboller ve yapay değişkenler kullanılmaz. Çözüm için yapılan iterasyonlar ve kurulan tablolar daha basit ve anlaşılabilir. Çözüm esnasında yapılan bir hata simpleks yönteminin aksine çözümü bozmaz, fakat zaman ve hesaplama oranını artırır.

Öyle ki, ulaştırma modeline uygun bir problemin simpleks çözümü ve modelin kendi çözüm tekniği (algoritması) kullanılarak varılan çözüm karşılaştırıldığında, ulaştırma modelinin <sup>27</sup>;

- a. Hesaplama zamanı simpleks göre 100-150 kez daha hızlı,
- b. Bilgisayar destekli çözümlerde simpleks yöntemine göre daha az yer kaplayan ve çok geniş problemlerin çözümlerine olanak tanıyan,
- c. Tamsayı sonuçlar üreten bir model olduğunu görürüz.

<sup>26</sup> Lawrence L. Lapin, *Quantitative Methods for Business Decisions With Cases*, 6.edition, For Worth: The Dryden Pres, S.256

<sup>27</sup> Barry Render, Ralph M. Stair, *Introduction to Management Science*, Boston, S.215

## 21. Ulaştırma Modelinin Kullanıldığı Alanlar

- a. Üretim ve tüketim merkezleri arasında optimal mal dağıtımının belirlenmesi
- b. İşlerin makinelere dağıtımı
- c. Üretim planlaması
- d. Çeşitli şebeke ağı (network) problemleri
- e. İşletmelerin (fabrikaların) kuruluş yeri seçimi

## 22. Standart Ulaştırma Probleminin Matematik Modeli

Herhangi bir sorun ulaştırma modeli çerçevesinde çözülecekse, problemin bütün doğrusal programlama modelleri için geçerli olan;

- a. Fonksiyonların doğrusal olması ve değişkenlerin birinci dereceden olması,
- b. Değişkenler arasında toplanabilme özelliği olması,
- c. Modeli oluşturan katsayı ve parametrelerin bilindiği ve öngörülen dönemde değişmediği,
- d. Modeldeki bütün değişkenlerin değerlerinin sıfır ya da sıfırdan büyük olması varsayımların yanında, ulaştırma modelinin, kendi algoritmasından kaynaklanan şu varsayımlara da uyması gerekmektedir <sup>28</sup>;

- I. Konu olan mal ve hizmetlerin aynı birimlere ifade edilebilmesi (homojenlik),
- II. İstem ve sunum miktarlarının kesin olarak bilinmesi ve toplamlarının eşit olması, değilse bile kurumsal olarak sağlanması (tutarlılık-dengeli),
- III. İstem ve sunum merkezleri arasındaki hareketliliğin doğrudan bir ilişki içinde olması ve herhangi bir aktarmaya müsaade etmemesi,
- IV. Herhangi bir sunum merkezinden, herhangi bir talep merkezine bir birim malın ulaştırma maliyetinin bilinmesi, ve öngörülen dönem içinde sabit olması, dağıtımın belirtilen periyot (zaman süreci) içerisinde olması.

Yukarıda varsayımlar altında ulaştırma probleminin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir <sup>29</sup>:

<sup>28</sup> Doğan İbrahim, *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*, İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi, 1995 s.75-76.

Amaç fonksiyonu:

$$Z = C_{11} \cdot X_{11} + C_{12} \cdot X_{12} + \dots + C_{1n} \cdot X_{1n} \\ + C_{21} \cdot X_{21} + C_{22} \cdot X_{22} + \dots + C_{2n} \cdot X_{2n} \\ \dots \\ + C_{m1} \cdot X_{m1} + C_{m2} \cdot X_{m2} + \dots + C_{mn} \cdot X_{mn}$$

Kısıtlar:

1. Sunum kısıtları:

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

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

.....

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

2. Talep kısıtları:

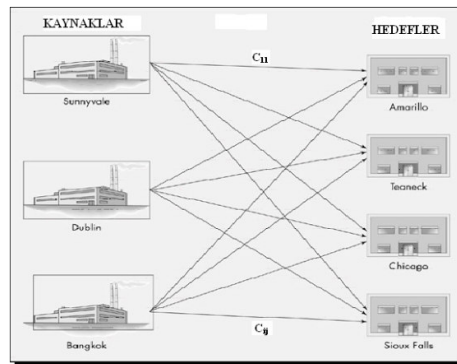
$$X_{11} + X_{21} + \dots + X_{m1} = b_1$$

$$X_{11} + X_{21} + \dots + X_{m2} = b_2$$

.....

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

3. Pozitiflik koşulu:  $X_{ij} \geq 0$



**Şekil: 2**

### Örnek Sunum-İstem Şeması

Kaynak: Yrd.Doç. Dr. Mehmet TEKTAŞ “*Ulaştırma Problemleri Optimizasyon Teknikleri*” Sunumu, 2003, Slayt.3

<sup>29</sup> Doğan, *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*, ss.77-78.



Ulaştırma probleminin genel matematik modeli şöyledir:

Amaç fonksiyonu:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij} \quad (i=1,2,\dots,m ; j=1,2,\dots,n)$$

Kısıtlar:

1.Sunum Kısıtları:

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = a_T \quad i=1,2,\dots,m \text{ olmak üzere (a) sunum miktarı}$$

2.Talep Kısıtları:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = b_T \quad j=1,2,\dots,n \text{ olmak üzere (b) talep miktarı}$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = b_T = \sum_{i=1}^m X_{ij} = a_T$$

Pozitiflik koşulu:

$$X_{ij} \geq 0$$

Modelde geçen matematiksel kavramların tanımları şöyledir:

Z : Toplam sistem maliyeti                      m    : Talep merkezi miktarı  
C<sub>ij</sub> : Bir birim malın ulaştırma maliyeti    a<sub>T</sub> : Toplam sunum miktarı  
X<sub>ij</sub> : (ij) hücresine dağılan miktar        a<sub>T</sub> : Toplam talep miktarı  
N : Sunum merkezi miktarı

Yukarıdaki model daha önce bahsedildiği gibi bütün doğrusal programlama tekniklerinin genel çözüm yöntemi olan simpleks metoduyla çözülebilir. Fakat modele  $(m+n)$  sayıdaki değişkene ek olarak  $(m+n)$  adet daha yeni değişken eklememiz gerekir. Bu da zaman ve maliyet olarak ek harcamalar getirir.

Genel olarak ulaştırma problemlerinin standart gösterimi grafik ve denklemlerden çok “Ulaştırma Tablosu” ile olur (Tablo-1). Ulaştırma tablosu modelin kendine has algoritmasının kullanımına olanak sağlamaktadır.

**Tablo: 1**  
**Ulaştırma Tablosu**

<b>İstem Merkezi</b> <b>Sunum Merkezi</b>	1	...	j	...	n	<b>Sunum</b> <b>Miktarı</b>
1	$C_{11}$ $X_{11}$	...	$C_{1j}$ $X_{1j}$	...	$C_{1n}$ $X_{1n}$	$a_1$
...	...	...	...	...	...	...
i	$C_{i1}$ $X_{i1}$	...	$C_{ij}$ $X_{ij}$	...	$C_{in}$ $X_{in}$	$a_i$
...	...	...	...	...	...	...
m	$C_{m1}$ $X_{m1}$	...	$C_{mj}$ $X_{mj}$	...	$C_{mn}$ $X_{mn}$	$a_m$
<b>İstem Miktarı</b>	$b_1$	...	$b_j$	...	$b_n$	$a_T=b_T$

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

Tabloda bulunan her özel kutucuğa “göze” veya “hücre” ismi verilir. Her hücre (i)’inci sunum merkezinden, (j)’inci talep merkezine ulaştırılacak  $X_{ij}$  miktarına ve bir birim malın ulaştırma maliyeti  $C_{ij}$ ’ye sahiptir.

### 23. Dengeli ve Dengesiz Ulaştırma Problemleri

Ulaştırma Modeli’nde, daha önce de bahsedildiği gibi, tüm sunum merkezlerinin sunum miktarları, tüm talep merkezlerinin talep miktarlarına eşit olduğu kabul edilir. Bu tür problemlere “dengeli ulaştırma problemleri” adı verilir. Uygulamada problemlerde dengelenmiş durum olmayabilir. Bu durum iki türlü olarak ortaya çıkar.

#### Toplam Sunum Miktarının, Toplam İstem Miktarından Büyük Olduğu Durumlar:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = b_T < \sum_{i=1}^m X_{ij} = a_T$$

Bu tip problemlerde, toplam sunum miktarı toplam talep miktarından büyük olduğu için, sunum merkezlerinde artık, kullanılmayan sunum miktarları kalacaktır. Problemi dengelemek için sisteme, bütün birim taşıma maliyetleri “sıfır” olan yapay (kukla) bir talep merkezi sokulur. Bu talep merkezinin talep miktarı, toplam talep miktarı ile toplam sunum miktarı arasındaki fark alınarak belirlenir ve ulaştırma tablosunun en sağına sütun olarak eklenir (Tablo-2).

#### Toplam Sunum Miktarının, Toplam Talep Miktarından Küçük Olduğu Durumlar:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = b_T > \sum_{i=1}^m X_{ij} = a_T$$

Problemi dengelemek için sisteme, bütün birim taşıma maliyetleri “sıfır” olan yapay (kukla) bir sunum sokulur. Bu sunum merkezinin sunum miktarı da, toplam sunum ve talep miktarları arasındaki fark bulunarak belirlenir. Ulaştırma tablosunun en altına, satır olarak eklenir (Tablo-3).

Probleme simpleks yöntemi uygulanırsa, problemi dengelemeye gerek yoktur<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> Öztürk, *Yöneylem Araştırması*, 2004, s.339.

**Tablo: 2**  
**Sunum Miktarının, Talep Miktarından Büyük Olduğu Ulaştırma Tablosu**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	1	...	j	...	n	Yapay İstem Merkezi	Sunum Miktarı
1	$C_{11}$	...	$C_{1j}$	...	$C_{1n}$	0	$a_1$
...	...	...	...	...	...	0	...
i	$C_{i1}$	...	$C_{ij}$	...	$C_{in}$	0	$a_i$
...	...	...	...	...	...	0	...
m	$C_{m1}$	...	$C_{mj}$	...	$C_{mn}$	0	$a_m$
İstem Miktarı	$b_1$	...	$b_j$	...	$b_n$	$a_T - b_T$	$a_T = b_T$

Kaynak: Tulunay Yılmaz, *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*, 3.baskı, İstanbul: Renk İş Matbaası, 1991, s.374.

**Tablo: 3**  
**Sunum Miktarının, Talep Miktarından Küçük Olduğu Ulaştırma Tablosu**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	1	...	j	...	n	Sunum Miktarı
1	$C_{11}$	...	$C_{1j}$	...	$C_{1n}$	$a_1$
...	...	...	...	...	...	...
i	$C_{i1}$	...	$C_{ij}$	...	$C_{in}$	$a_i$
...	...	...	...	...	...	...
m	$C_{m1}$	...	$C_{mj}$	...	$C_{mn}$	$a_m$
Yapay Sunum Merkezi	0	0	0	0	0	$a_t - b_t$
İstem Miktarı	$b_1$	...	$b_j$	...	$b_n$	$a_T = b_T$

Kaynak: Tulunay, *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*, ss.375-376.

## 24. Ulaştırma Algoritması (Çözüm Tekniği)

### 240. Aşamalar, Tanımlar ve Kabuller:

Ulaştırma probleminin çözümünde genel olarak aşağıda belirtilen dört aşama uygulanır <sup>31</sup> (Şekil-3):

- Problemlerle ilgili bilgilerin ulaştırma tablosunda gösterilmesi,
- Satır ve sütun gereksinimlerine uyularak “temel kabul edilebilir başlangıç çözümü” için dağıtım veya 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 ulaşınca kadar ardışık işlemlere devam edilmesi.

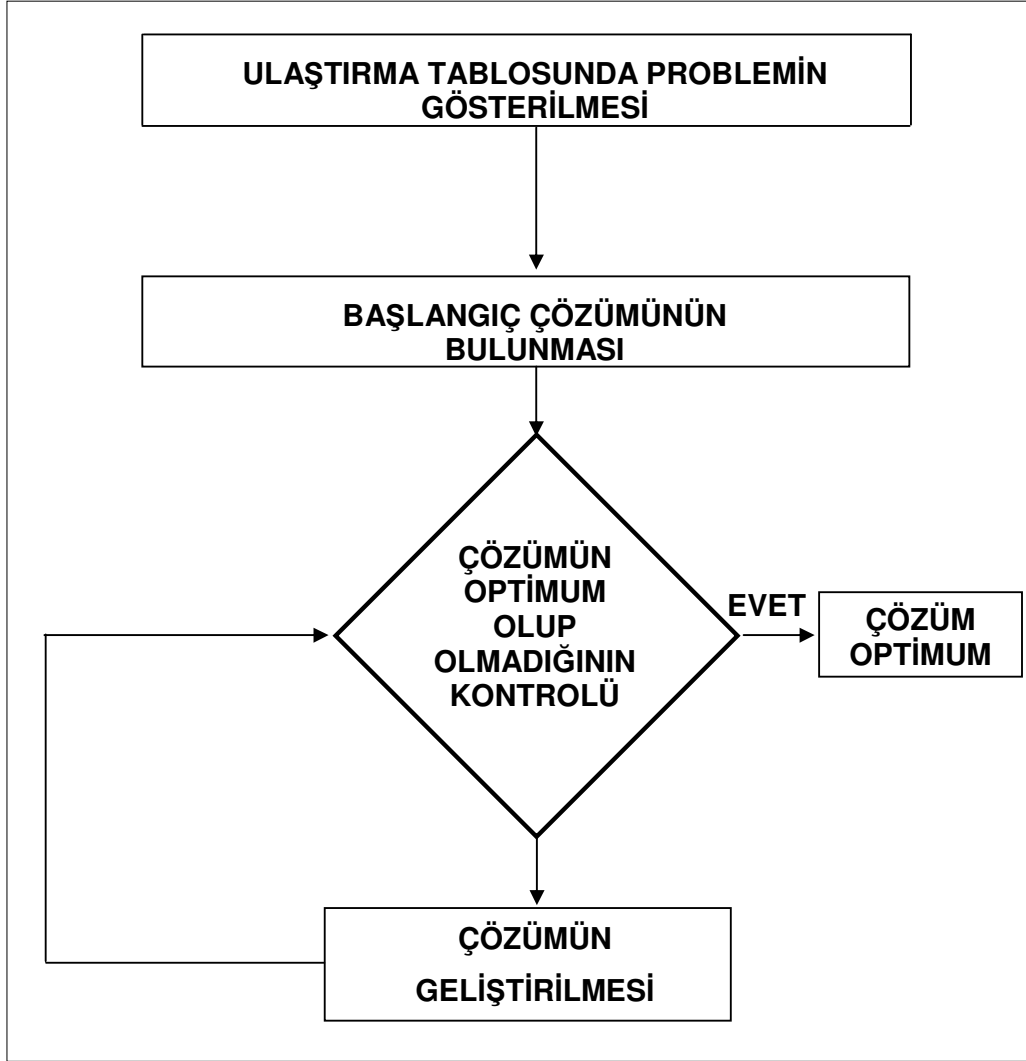
Algoritmada geçen kavramların tanımları şöyledir:

- a. Bir ulaştırma modelinde kısıtlayıcı koşulları sağlayan herhangi bir  $X = X_{11}, X_{12}, \dots, X_{mn}$  vektörüne “çözüm” denir.
- b. Herhangi bir çözüm sunum ve talep kısıtlayıcıları ile birlikte pozitiflik koşulunu da sağlıyorsa “kabul edilebilir” bir çözümdür.
- c. Kabul edilebilir çözümde temel değişkenlerin sayısı  $(m+n-1)$ 'e eşitse bu çözüm “temel kabul edilebilir” çözümdür.
- d. “En iyi (optimum) çözüm” amaç ve fonksiyonunu en iyi şekilde tanımlayan bir “temel kabul edilebilir optimum çözüm”dür.

<sup>31</sup> Doğan İbrahim, *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*, İstanbul Bilim Teknik Yayınevi, 1995, s.83

Modelde çözüm boyunca  $(m+n-1)$  temel değişkene ihtiyaç olduğu kabul edilmektedir. Bunun sebebi; eğer  $(m+n-1)$  sayıdaki kısıt tatmin ediyorsa, otomatik olarak diğeri de tatmin edilmektedir. Yani eşitlikten kaynaklanan kısıtlardan biri daima fazladır.

Bu; modelin “dengeli” veya “sunum miktarının, talep miktarına eşit olması” varsayımından kaynaklanmaktadır<sup>32</sup>.



Şekil: 3

### Ulaştırma Modelinin Algoritması

Kaynak: J.Stevenson, *Introduction to Management Science*, Boston, 1989, s.207.

<sup>32</sup> Ozan Turgut, *Applied Mathematical Programming For Engineering and Production Management*, New Jersey: A Reston Book-Prentice/Hall, s. 210.

## 241. Başlangıç Çözüm Teknikleri

Ulaştırma problemlerinin başlangıç temel kabul edilebilir çözümüne ulaşmak için çeşitli yöntemler mevcuttur.

Bunlar içinde en çok kullanılır olanlar şunlardır:

- a. Kuzeybatı köşe yöntemi
- b. En az maliyetli hücrelere dağıtım yöntemi
- c. Sıra veya sütun en küçüğü kullanım yöntemi
- d. Vogel'in yaklaşım yöntemi

Her yöntemin kendine özgü özellikleri vardır. Kantitatif Karar Verme Bilimi'nde bu tür yöntemlere "Hüristik Yöntemler" denir. Özellikleri gereği optimal çözümü garantilemezler, fakat optimale yakın bir çözüm verirler.

Ele alacağımız yöntemler ile ulaşacağımız başlangıç çözümlerinin hepsinin temel çözüm olacağını söylemek doğru olmayabilir<sup>33</sup>.

Bu çalışmada sırasıyla inceleyeceğimiz yöntemler şunlar olacaktır:

- a. Kuzeybatı Köşe Yöntemi
- b. En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yöntemi
- c. Sıra En Küçüğü Kullanımı Yöntemi
- d. Sütun En Küçüğü Kullanımı Yöntemi
- e. Russell Yöntemi
- f. Vogel'in Yaklaşımı Yöntemi
- g. Bu Çalışmada Geliştirilen Yöntemler:

- I. *En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi*
- II. *En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi*

---

<sup>33</sup> Öztürk, *Yöneylem Araştırması, 2004*, s.341,343.

### 2410. Kuzeybatı Köşe Yöntemi

1953 yılında W.W.Cooper ve A.Charnes tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra A.Henderson ve R.Schlaifer tarafından yönteme bazı değişiklikler getirilmiş, bugünkü halini almıştır. Yöntem, çözüm işlemine başlangıç tablosunun kuzeybatı köşesinden başladığı için bu adı almıştır.

Ele alacağımız yöntemlerin en basiti olan bu yöntemde, ulaştırma tablosunun sol üst hücresinden ( $x_{11}$ ) başlanarak birinci fabrikada (üretim yerinde) elverişli mallar olabildiği kadar dağıtılır. Yani  $x_{11}$  hücresine yapılacak dağıtım miktarı sıra şartı  $a_1$  ve sütun şartı  $b_1$  den hangisi küçükse, o miktar yapılır. Eğer  $b_1 < a_1$  ise birinci tüketim merkezinin (istem,talep merkezi) istemi doyurulur ve geriye kalan sunum miktarı  $x_{12}$  olarak dağıtılır. Eğer  $b_1 > a_1$  ise birinci sunum merkezinin tüm malları birinci istem merkezine dağıtılır. Doyurulmayan istem miktarı ise ikinci sunum miktarından karşılanarak  $x_{21}$  olarak dağıtımı yapılır. Böylece her defasında bir sağ taraftaki hücreye (gözeye) veya bir aşağı hücreye geçilerek her sıra (sunum) ve sütun (istem) şartını sağlayarak tüm dağıtımlar yapılır<sup>34</sup>.

Yöntem başlangıç dağıtımını sistematik bir yaklaşım içerisinde yaptığından basit ve rahat anlaşılabilir. Ancak dağıtım esnasında maliyetleri göz önünde bulundurmadığından dolayı optimal çözümden uzak kalmakta ve optimal çözüme ulaşmak için daha fazla hesaplamayı gerektirmektedir.

#### Uygulaması şöyledir:

- a. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.
- b. Tablonun sol üst köşesindeki hücre dağıtım için seçilir.
- c. Seçilen hücrenin;
  - I. İlgili sunum miktarı, talep miktarından büyükse, talep miktarının tamamı hücreye atanır. Doyurulmuş olan sütun ikinci dağıtım planı için tablodan çıkarılır ve dağıtım için  $X_{12}$  hücresi seçilir.

<sup>34</sup> Öztürk, *Yöneylem Araştırması*, 2004 s.343.



- II. İstem miktarı, sunum miktarından büyük ise sunum miktarı olduğu gibi hücreye atanır. Doyurulmuş olan satır ikinci dağıtım planı için tablodan çıkarılır ve dağıtım için  $X^{21}$  hücresi seçilir.
- d. Bütün sunum ve talep miktarları tamamen doyurulana kadar ardışık işlemlere devam edilir.

#### **2411. En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yöntemi**

Yöntem maliyetleri göz önüne alınarak çözüme ulaşmaya çalışan bir yöntem olduğundan kuzeybatı köşe yöntemine göre daha az maliyetli sonuçlar vermektedir. Dağıtım esnasında eş maliyetli hücreler arasında yapılan seçimin doğruluğu sonucu etkilenmektedir.

Yöntemin üç yaklaşımı vardır<sup>35</sup>:

- a. Satır yaklaşımı: Yaklaşım, sunum ve talep miktarları göz önünde bulundurularak, her satırın en düşük maliyetli hücresine dağıtım yapılması esasına dayanır.
- b. Sütun yaklaşımı: Yaklaşım, sunum ve talep miktarları göz önünde bulundurularak, her sütunun en düşük maliyetli hücresine dağıtım yapılması esasına dayanır.
- c. Genel yaklaşım: Tablonun geneli düşünülerek, en az maliyetli hücrelere dağıtım yapılması esasına dayanır. Kesin olmamakla birlikte, diğer iki yaklaşıma göre daha iyi sonuçlar vermektedir.

Uygulaması şöyledir:

- a. Genel tablodaki en az birim taşıma maliyetine sahip olan hücre dağıtım için seçilir. Seçim esnasında iki veya daha fazla en az maliyete sahip hücre varsa, en fazla dağıtım miktarını kabul edilecek hücre seçilir. Eğer en az maliyete sahip hücrelerin birim taşıma maliyetleri aynı ise herhangi biri seçilir.
- b. Seçilen hücreye ilgili sunum ve talep miktarlarına uygun dağıtım yapılır.
- c. Doyurulan sunum merkezi (satır) veya talep merkezi (sütun), ikinci dağıtım için tablodan çıkarılır ve tablodaki en az maliyete sahip ikinci hücre dağıtım için seçilir.
- d. Bütün sunum ve talep miktarları tamamen doyurulana kadar ardışık işlemlere devam edilir.

<sup>35</sup> Doğan, *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*, 1995, s.89.

### **2412. Sıra veya Sütun En Küçüğü Kullanımı ve Russell Yöntemi**

Sıra veya sütun en küçüğü kullanımı yöntemleri “Russell’in Yaklaşımı Yöntemi” ile benzerlikler gösterir ve SOYLU’nun çalışmasında olduğu gibi bazı kaynaklarda sıra veya sütun en küçüğü yöntemi ile aynı adla adlandırıldığı görülmektedir. Ancak Russell’in yönteminde hücelere ait sıra ve sütun maksimumları toplanarak hücredeki maliyetlerin bu toplamdan çıkarılması şeklinde bir yol izlenir. Daha sonra en yüksek maliyetli hücre seçilerek doyurulur ve doyurulan satır veya sütunlar saf dışı bırakılarak her iterasyonda bu işlemler tekrar edilir ve başlangıç çözümüne ulaşılır.

*Çalışmalar esnasında Russell’in bu yönteminin uygunluğu konusunda şüpheye düşülmüştür. Çünkü iterasyonlarda eş maliyetli hücrelerin seçiminde arz ya da talep toplamlarına yeterli hücre bırakılması gözden kaçırılırsa tablo bozulmakta ve geriye dönüş gerekmektedir. Keyfi seçim ise modelin var oluş nedenini ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle Russell Yönteminin yasaklanmış yollara sahip olan ulaştırma tablolarına uygulanmasının doğru olmadığı kanaatine varılmıştır. Ancak bu tezdeki işletme uygulamasında iterasyonlar gösterilmeden (çünkü keyfidir ve her uygulayıcı için farklı iterasyonlar yapılabilir) uygun bir başlangıç çözüm tablosu oluşturulmuş ve değerlendirmeye alınmıştır.*

Bu çalışmada ÖZTÜRK’ün açıkladığı şekliyle sıra veya sütun en küçüğü yöntemi uygulanmış ve daha geçerli bir yöntem olduğu görülmüştür. Bu yöntemde satır veya sütunlar sıra ile ele alınarak, öncelikle o satır ya da sütundaki en az maliyetli hücreler doyurulup daha sonra bir sonraki satır ya da sütuna geçilmek suretiyle başlangıç çözümüne ulaşılmıştır.

### **2413. Vogel’in Yaklaşımı Yöntemi**

1955 yılında W. R. Vogel tarafından geliştirilmiştir. Optimale yakın bir çözüm verdiği konusunda genel bir kanı vardır. Maliyetleri göz önüne alarak çözüme ulaşır. Yöntem kuzeybatı köşe yöntemi ve en az maliyetli hücelere dağıtım yöntemine göre, daha fazla zaman ve hesaplama alır. Fakat bu durum, en uygun çözüme varmak için yapılan hesaplamalarda, diğer yöntemlere göre daha az zaman harcanmasına neden olur.

Yöntem çözüm esasında bütün hücredeki maliyetleri ele alır. Her satır ve sütun için en düşük maliyetli yolları seçmekten kaynaklanan ceza puanları hesaplanır. Bu değerlere “pişmanlık değerleri” adı da verilir. Vogel yaklaşım yöntemi (VAM) kuzey-batı köşesi kuralı gibi çabucak başlangıç çözümü vermez, fakat onun başlangıç dağıtımları optimal çözüme oldukça yakındır <sup>36</sup>. En küçük maliyetli gözeler yöntemi gibi VAM ile başlangıç çözüm elde edilirken her bir gözede maliyetler hesaba katılır <sup>37</sup>.

Yöntemin çözüme ulaşmak için takip ettiği basamaklar sırasıyla şöyledir:

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.
2. Tablodaki her satır ve sütun için en düşük maliyet ve sonraki en düşük maliyetler seçilir. Seçilen maliyetlerin birbirinden farkının mutlak değerleri alınarak, ilgili satır ve sütunların yanlarına yazılır.
3. En büyük pişmanlık değerine sahip satır veya sütun seçilir. Bu seçim esnasında en büyük pişmanlık değerine sahip satır veya sütun değeri birden fazla olabilir. Bu durumda, en büyük pişmanlık değerine sahip olan satır ve sütunlardaki en küçük birim taşıma maliyetine sahip hücre dağıtım için seçilir.
4. Yeni bir ulaştırma tablosu hazırlanarak, yeniden satır ve sütun pişmanlık değerleri hesaplanır.
5. Satır ve sütun gereksinimleri tamamen doyurulana kadar ardışık işlemlere devam edilir.

#### **2414. Geliştirilen Yeni Başlangıç Çözüm Teknikleri**

Bu tez çalışması sırasında mevcut ve en çok bilinen başlangıç çözüm teknikleri, altıncı bölümde yer alan işletme üretim programlaması uygulaması aracılığı ile karşılaştırılmıştır. Bu çözüm tekniklerinin her biri ileride görüleceği üzere ayrı ayrı örneğe uygulanmıştır.

Bu uygulamalar esnasında üretim programlamasının yapısına özel olarak men edilmiş yollar söz konusu olduğu için beklenenin aksine Vogel’in Yaklaşımı Yöntemi yerine En Az Maliyetli Hücreler Yönteminin optimuma en yakın sonucu verdiği, Russell’in

<sup>36</sup> Riggs J.L., M.S. Inoue, Introduction to Operations Research and Management Science: A General System Approach, Mc Graw-Hill Book Comp. New York 1975, s.211

<sup>37</sup> Öztürk, *Yönelem Araştırması*, 2004, s.348.

yönteminin ise üretim programlaması için uygun olmadığı kanaatine varılmıştır. Çünkü yukarıda da açıklandığı gibi Russell'in yönteminde keyfi seçim söz konusudur ve keyfi seçim olmadığı takdirde yasaklanmış yollardan dolayı çözüm tıkanmaktadır.

En Az Maliyetli Hücreler Yöntemi en uygun sonucu vermekle beraber, yasaklanmış yolların farklılaşması durumunda bu yöntemin de çözümde tıkanmalara yol açabileceği (küçük örnekler vasıtasıyla denenerek) değerlendirilmektedir.

Sıra veya Sütun En Küçüğü Yöntemi, tıkanmaya yol açmayan bir yöntem olarak görülmüş, ancak bu yöntemin de optimumdan uzak sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu nedenle hem tıkanmaya yol açmayacak hem de optimuma daha yakın çözüm üretecek yeni teknikler üzerinde çalışılarak aşağıdaki iki yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlerin tıkanmaya yol açmadığı ve optimuma yakın çözüm verdiği gözlenmiştir.

Bu yöntemlerden "*En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi*" Kuzeybatı Köşe Yöntemi, Sıra En Küçüğü Yöntemi, Russell'in Yöntemi ve Vogel'in Yönteminden zaman zaman daha optimuma yakın sonuç verirken, En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yöntemi ve Sütun En Küçüğü Dağıtım Yöntemine nazaran optimuma daha uzak kalmıştır. "*En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi*" ise biri hariç bütün bilinen yöntemlerden daha iyi sonuç vermiş, En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yönteminden ise çok küçük bir farkla daha yüksek bir maliyet hesaplamıştır.

Geliştirilen teknikler aşağıda açıklanmış olup, bu tekniklerin üretim programlamasında ve diğer yasaklı yollara sahip uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilmesi değerlendirilmiştir. Yöntemler işleyişi itibarı ile Satır veya Sütun En Küçüğü Yöntemlerine benzemekle beraber, talep ya da arz büyüklüklerini hesaba katmasıyla farklılaşmaktadır. Farklı ve daha kullanışlı algoritmalar üretilmesi için faydalı olacağı umulmaktadır.

#### **24140. En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi**

Bu yöntem talep büyüklüklerinin önemi ve önceliği üzerine kuruludur. "Öncelikle en çok talep edilen miktarı en ucuza nasıl üretebilirim?" sorusuna cevap niteliğindedir.

Uygulaması şöyledir:

- a. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.
- b. En yüksek talebin kayıtlı olduğu sütun (taleplerin normal olarak sütunların altında gösterildiğini var sayıyoruz) seçilir. Kukla istem merkezinin bulunduğu sütun bu işleme dahil edilmez.
- c. Seçilen sütunda bulunan en düşük maliyetli hücreye yapılabilecek en yüksek miktarda yükleme yapılır. Ancak diğer yöntemlerde olduğu gibi ikinci bir hücreye geçilmez. İlgili satır ve sütundaki arz ve talep miktarlarından yapılan yükleme miktarı düşülerek ikinci iterasyona geçilir. Eğer kukla istem ya da arz merkezi var ise ilgili satırda veya sütunda başka hücre kalmayana kadar bu merkeze ait hücreye yükleme yapılmaz.
- d. Talep miktarları arasından en yüksek olan sütun yeniden seçilir. Eğer hala en yüksek miktarda talebi barındırıyorsa seçilecek sütun bir önceki iterasyonda seçilmiş olan sütun da olabilir.
- e. Sütunda bulunan en düşük maliyetli hücreye aynı esaslarla yükleme yapılır, gerekli arz ve talep miktarları değiştirilerek iterasyonlara devam edilir.
- f. Eş maliyetli hücreler söz konusu olduğunda en yüksek yüklemenin yapılabileceği hücre seçilir.
- g. Bütün sütunlar doyurulduktan sonra kukla istem merkezinin hücrelerine kalan miktarlar işlenerek başlangıç çözümü tamamlanır.

**24141. En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi**

Bu yöntem arz büyüklüklerinin önemi ve önceliği üzerine kuruludur. “Öncelikle en ucuza üretebildiğim miktarı en çok nasıl üretebilirim?” sorusuna cevap niteliğindedir. Uygulama şekli “En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi” ile aynı tarzdadır. Ancak burada talep miktarlarının yerini sunum miktarları, sütunların yerini satırlar almaktadır. Kukla sunum ya da istem merkezleri ile ilgili davranış biçimi de korunmuştur.

**2415. Yöntemlere Ait Uygulama**

CesHol İşletmesinin fabrikalarından depolarına en az maliyetle malların taşınması istenmektedir. Fabrikadaki mallar (üretim) sırasıyla 500, 750 ve 550 birimdir. Depo

kapasiteleri ise sırasıyla 400, 600 ve 700 birimdir. Maliyetler ulaştırma tablosunda belirtilmiştir. Modeli kurup problemin başlangıç çözüm yöntemlerine göre çözümlerini yaparak toplam maliyetleri belirleyelim.

**Örnek İçin Ulaştırma Tablosu**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8 X <sub>11</sub>	4 X <sub>12</sub>	7 X <sub>13</sub>	500
F <sub>2</sub>	6 X <sub>21</sub>	5 X <sub>22</sub>	6 X <sub>23</sub>	750
F <sub>3</sub>	4 X <sub>31</sub>	5 X <sub>32</sub>	4 X <sub>33</sub>	550
<b>İstem Miktarı</b>	400	600	700	

\* Üretim miktarının depo kapasitelerinden büyük olduğu anlaşılmaktadır.

\*Kukla depo kurulmalıdır.

$$\sum_{J=1}^N X_{iJ} = b_T = 1800 > \sum_{i=1}^M X_{iJ} = a_T = 1700$$

\* Eğer problem doğrusal programlama problemi olarak gösterilmek isteniyorsa dengelenmesine gerek yoktur.

\*Model şu şekilde ifade edilir:

$$Z_{\min} = 8X_{11} + 4X_{12} + 7X_{13} + 6X_{21} + 5X_{22} + 6X_{23} + 4X_{31} + 5X_{32} + 4X_{33}$$

\*Kısıtlayıcılar :

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} < 500 \quad X_{11} + X_{21} + X_{31} < 400$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} < 750 \quad X_{12} + X_{22} + X_{32} < 600$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} < 550 \quad X_{13} + X_{23} + X_{33} < 700$$

$$\text{ve } X_{iJ} \geq 0 \quad (i=1,2,3 ; J=1,2,3)$$

**Kuzey-Batı Köşe Yöntemine Örnek Başlangıç Çözümü**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8 400	4 100	7	0	500
F <sub>2</sub>	6	5 500	6 250	0	750
F <sub>3</sub>	4	5	4 450	0 100	550
<b>İstem Miktarı</b>	400	600	700	100	1800

Maliyet : 9400

**En Az Maliyetli Hücreler Yöntemine Örnek Başlangıç Çözümü**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8 400	4	7	0 100	500
F <sub>2</sub>	6	5 200	6 550	0	750
F <sub>3</sub>	4 400	5	4 150	0	550
<b>İstem Miktarı</b>	400	600	700	100	1800

Maliyet : 8100

**Satır En Küçüğü Yöntemine Örnek Başlangıç Çözümü**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8	4	7	0	500
		400		100	
F <sub>2</sub>	6	5	6	0	750
	400	200	150		
F <sub>3</sub>	4	5	4	0	550
			550		
<b>İstem Miktarı</b>	400	600	700	100	1800

Maliyet : 8100

**Sütun En Küçüğü Yöntemine Örnek Başlangıç Çözümü**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8	4	7	0	500
		500			
F <sub>2</sub>	6	5	6	0	750
		100	550	100	
F <sub>3</sub>	4	5	4	0	550
	400		150		
<b>İstem Miktarı</b>	400	600	700	100	1800

Maliyet : 8000



## Russell Yöntemine Örnek Başlangıç Çözümü

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8	4	7	0	500
		500			
F <sub>2</sub>	6	5	6	0	750
	50		700		
F <sub>3</sub>	4	5	4	0	550
	350	100		100	
İstem Miktarı	400	600	700	100	1800

Maliyet : 8400

## VAM Yöntemine Örnek Başlangıç Çözümü

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8	4	7	0	500
		500			
F <sub>2</sub>	6	5	6	0	750
	400	100	150	100	
F <sub>3</sub>	4	5	4	0	550
			550		
İstem Miktarı	400	600	700	100	1800

Maliyet : 8000

**En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemine Örnek Başlangıç Çözümü**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8	4	7	0	500
		500			
F <sub>2</sub>	6	5	6	0	750
	400	100	150	100	
F <sub>3</sub>	4	5	4	0	550
			550		
<b>İstem Miktarı</b>	400	600	700	100	1800

Maliyet : 8000

**En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemine Örnek Başlangıç Çözümü**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8	4	7	0	500
	350		150		
F <sub>2</sub>	6	5	6	0	750
	50	600		100	
F <sub>3</sub>	4	5	4	0	550
			550		
<b>İstem Miktarı</b>	400	600	700	100	1800

Maliyet : 9350

## 242. En Uygun Çözümün Bulunması

Ulaştırma problemlerinde en uygun yani optimal çözüme ulaşmak için, önce işe başlangıç bir çözümle ulaşılan, başlangıç dağıtımıyla başlanır. Bu dağıtım, daha önce bahsedilen yöntemlerle elde edilir. Daha sonra ortaya çıkan çözümün optimallik kontrolünün yapılması gerekmektedir. Yani dağıtım yapılmayan herhangi bir hücrenin toplam maliyette tasarruf veya dönüş yaratıp yaratmayacağı değerlendirilmesi yapılır.

Eğer değerlendirme sonucunda toplam maliyette tasarruf sağlayan bir veya birden fazla hücre varsa belirlenir ve bahsedilen yöntemlerin herhangi biriyle bulunan başlangıç çözümü geliştirilir<sup>38</sup>.

Ulaştırma modelinde bu değerlendirme ve geliştirme işlemleri için kullanılacak başlıca iki yöntem vardır:

- a. Atlama taşı yöntemi
- b. Basitleştirilmiş dağıtım yöntemi (Çoğaltan ya da MODİ)

### 2420. Atlama Taşı Yöntemi

1954 yılında W. W. Cooper ve A. Charnes tarafından, Dantzig'in 1947 yılında geliştirdiği, basitleştirilmiş simpleks yöntemi üzerinde çalışmalar yapılarak geliştirilmiştir. Yöntem değerlendirmeyi dolu hücreleri takip ederek yaptığı için "atlama taşı" veya "taş atlama" adını almıştır. "Temel olmayan değişkenlerin değerlendirmesi" adı da verilen yöntemin temelinde üç aşama yatmaktadır<sup>39</sup>.

- a. Temele girecek değişkenin bulunması (Optimallik testi veya prensibi).
- b. Temeli terk edecek değişkenin bulunması (Kabul edilebilirlik veya fizibilite)
- c. Optimal çözüm bulununcaya kadar ardışık işlemlere devam edilmesi.

<sup>38</sup> Öztürk, *Yöneylem Araştırması*, 2004, s.353.

<sup>39</sup> Ozan, *Applied Mathematical Programming For Engineering and Production Management*, s. 131.

Bir çözümün optimal olup olmadığını belirlemek demek, eldeki dağıtım programındaki boş hücrelere ayırım yapıldığında, toplam maliyetin azalıp azalmadığını bilmektir. Eğer yeni yapılan ayırımlar ile dağıtım planı değiştiğinde daha düşük bir toplam maliyet elde ediliyorsa yani bir anlamda tasarruf söz konusu ise, optimal çözüme daha yaklaşılmış olur. Eğer yeni yapılan ayırımlar ile dağıtım planı değiştiği halde daha düşük bir toplam maliyete ulaşılmıyorsa optimal çözüme ulaşılmış demektir.

Atlama taşı yöntemi, boş bir hücreye ayırım yaptığımızda, toplam maliyetin ne kadar değişeceğini hesaplayabilmektedir. Boş bir hücreye bir birimlik bir ayırım yapıldığında maliyetteki net değişim veya test miktarı hesaplanır. Herhangi bir boş hücreye bir birim mal ayrıldığında, o hücrenin bulunduğu satır ve sütun koşullarının yani sunum ve talep miktarlarının, aynen kalması gerekmektedir. Bu nedenle ayırım yaptığımız hücreden başlayarak, artırma veya azaltma işlemiyle denge korunmuş olur.

Ayırımların ilk önce hangi boş hücreye yapılması gerektiğini karar verirken, en yüksek negatif net değişim maliyeti olan hücreden başlanması daha doğru olur.

Yöntemin çözüme ulaşmak için kullandığı basamaklar sırasıyla şöyledir:

- a. Herhangi bir başlangıç çözüm yöntemiyle elde edilen dağıtım programı ulaştırma tablosunda gösterilir.
- b. Boş olan herhangi bir hücre değerlendirme için seçilir.
- c. Bu hücreden yola çıkılarak, yatay ve düşey doğrultuda ilerlenerek dağıtım yapılmış dolu bir hücreye gelinir. Bu hücreden  $90^0$  lik herhangi bir yöne dönüş yapılarak başka bir dağıtım yapılmış diğer bir hücreye gelinir. Sonuçta  $90^0$  lik dönüşlerle değerlendirmesi yapılan ilk hücreye gelinir. Bu işlemin kapalı bir çevrim meydana getirmesi gerekmektedir.
- d. Seçilen ilk boş hücreye (+) işareti ve sırayla çevrimdeki diğer hücrelere (-) ve (+) işaretleri konulur.
- e. Çevrime giren hücrelerin maliyet değerleri cebrik olarak toplanır. Çıkan bu değer ( $d_{ij}$ ) seçilen boş hücrenin değerlendirmesi olur.
- f. Tablodaki bütün boş hücreleri için ardışık işlemler tekrarlanır.
- g. Her boş hücrenin ( $d_{ij}$ ) değerleri aşağıdaki kıyaslamalara göre değerlendirilir.

- a)  $(d_{ij}) > 0$ ; ilgili hücreye yapılacak bir birimlik dağıtım, maliyeti orantılı olarak  $(d_{ij})$  kadar artıracaktır.
- b)  $(d_{ij}) < 0$ ; ilgili hücreye yapılacak bir birimlik dağıtım, maliyeti orantılı olarak  $(d_{ij})$  kadar düşürecektir.
- c)  $(d_{ij}) = 0$ ; ilgili hücreye yapılacak bir birimlik dağıtım, maliyeti olumlu veya olumsuz yönde etkilemeyecek, maliyette herhangi bir değişikliğe yol açmayacaktır.
- h. Bütün  $(d_{ij})$  değerleri sıfır ve sıfırdan büyükse sonuç optimaldir.
- i. Eğer sıfırdan küçük negatif değerli  $(d_{ij})$ 'ler varsa, mutlak değerce en büyük değere sahip olan hücre değerlendirme için seçilir.
- j. Bu hücrenin bulunduğu çevrimdeki negatif işaretli dolu hücreler arasından en küçük dağıtım değerine sahip olan miktar seçilir. Bu miktar, değerlendirilmekte olan boş hücre de dahil olmak üzere, çevrimdeki bulunan bütün hücrelerin (+) veya (-) işaretine göre dağıtım miktarlarına eklenir veya çıkarılır.
- Bu işlemin yapılmasındaki amaç; tablo sunum ve talep miktarları dengesini bozmamak ve değerlendirilen boş hücreye dağıtım yapılarak temel değişken olmasını sağlamaktır.
- k. Değişkenleri içeren yeni bir tablo hazırlanarak, bütün boş hücreler yeniden değerlendirilir. Sonuçta bütün  $d_{ij}$  değerleri sıfır veya sıfırdan büyük olduğu zaman, elde edilen çözüm optimaldir.

2415.deki CesHol İşletmesi örneğindeki verileri kullanılarak Kuzeybatı Köşe Yöntemi ile başlangıç çözümünü oluşturduğumuzu varsayalım.

### CesHol İşletmesi Örneğinin Başlangıç Çözümü

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8 400	4 100	7	0	500
F <sub>2</sub>	6	5 500	6 250	0	750
F <sub>3</sub>	4	5	4 450	0 100	550
İstem Miktarı	400	600	700	100	1800

Maliyet : 9400

Tabloda yer alan boş hücrelerin net değişim maliyetlerini hesaplayalım:

$$d_{13} = C_{13} - C_{23} + C_{22} - C_{12} = 7 - 6 + 5 - 4 = 2$$

$$d_{14} = C_{14} - C_{34} + C_{33} - C_{23} + C_{22} - C_{12} = 0 - 0 + 4 - 6 + 5 - 4 = -1$$

$$d_{21} = C_{21} - C_{22} + C_{12} - C_{11} = 6 - 5 + 4 - 8 = -3$$

$$d_{24} = C_{24} - C_{34} + C_{33} - C_{23} = 0 - 0 + 4 - 6 = -2$$

$$d_{31} = C_{31} - C_{11} + C_{12} - C_{22} + C_{23} - C_{33} = 4 - 8 + 4 - 5 + 6 - 4 = -3$$

$$d_{32} = C_{32} - C_{22} + C_{23} - C_{33} = 5 - 5 + 6 - 4 = 2$$

$d_{21}$  ve  $d_{31}$  -3 ile en yüksek negatif değişim maliyetidir.  $d_{31}$  'i seçerek geliştirilen çözümü aşağıda görüyoruz:

#### CesHol İşletmesi (Atlama Taşı) Geliştirilen Çözüm

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8	4	7	0	500
F <sub>2</sub>	6	5	6	0	750
F <sub>3</sub>	4	5	4	0	550
İstem Miktarı	400	600	700	100	1800

Yeni Maliyet : 8200

$$9400 - 8200 = 1200$$

Maliyet 1200 birim azalmıştır.

Tabloda yer alan boş hücrelerin net değişim maliyetlerini yeniden hesaplayalım:

$$d_{11} = C_{11} - C_{12} + C_{22} - C_{23} + C_{33} - C_{31} = 8 - 4 + 5 - 6 + 4 - 4 = 3$$

$$d_{13} = C_{13} - C_{23} + C_{22} - C_{12} = 7 - 6 + 5 - 4 = 2$$

$$d_{14} = C_{14} - C_{34} + C_{33} - C_{23} + C_{22} - C_{12} = 0 - 0 + 4 - 6 + 5 - 4 = -1$$

$$d_{21} = C_{21} - C_{23} + C_{33} - C_{31} = 6 - 6 + 4 - 4 = 0$$

$$d_{24} = C_{24} - C_{34} + C_{33} - C_{23} = 0 - 0 + 4 - 6 = -2$$

$$d_{32} = C_{32} - C_{22} + C_{23} - C_{33} = 5 - 5 + 6 - 4 = 2$$

$d_{24}$  -2 ile en yüksek negatif değişim maliyetidir.  $d_{24}$  'ü doyurarak geliştirilen çözümü aşağıda görüyoruz:

### CesHol İşletmesi (Atlama Taşı) Optimal Çözüm

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8 500	4	7	0	500
F <sub>2</sub>	6 100	5 550	6 100	0	750
F <sub>3</sub>	4 400	5	4 150	0	550
İstem Miktarı	400	600	700	100	1800

Yeni Maliyet : 8000

$$8200-8000=200$$

Maliyet 200 birim azalmıştır.

Tabloda yer alan boş hücrelerin net değişim maliyetlerini yeniden hesaplayalım:

$$d_{11} = c_{11} - c_{12} + c_{22} - c_{23} + c_{33} - c_{31} = 8 - 4 + 5 - 6 + 4 - 4 = 3$$

$$d_{13} = c_{13} - c_{23} + c_{22} - c_{12} = 7 - 6 + 5 - 4 = 2$$

$$d_{14} = c_{14} - c_{24} + c_{22} - c_{12} = 0 - 0 + 5 - 4 = 1$$

$$d_{21} = c_{21} - c_{23} + c_{33} - c_{31} = 6 - 6 + 4 - 4 = 0$$

$$d_{32} = c_{32} - c_{22} + c_{23} - c_{33} = 5 - 5 + 6 - 4 = 2$$

$$d_{34} = c_{34} - c_{33} + c_{23} - c_{24} = 0 - 4 + 6 - 0 = 2$$

Görüldüğü gibi maliyetlerde net bir azalmaya neden olacak boş hücre kalmadığından daha ileri bir gelişme söz konusu değildir ve ulaşılan çözüm tablosu optimal çözüm tablosudur.

Optimal Taşıma Maliyeti:  $4(500)+5(100)+6(550)+4(400)+4(150)=8000$  birimdir.

### 2421. Çoğaltan Yöntemi

“Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi” ya da “MODİ” olarak da bilinir. Gölge fiyatlarını belirleyebilmesinden ve kullanım maliyeti olarak tasarruflu olmasından dolayı diğer yöntemlere üstündür ve dual problemin çözümüne dayanmaktadır<sup>40</sup>.

Yöntemin Uygulaması:

Problemin Primal Modeli:

<sup>40</sup> Öztürk, *Yöneylem Araştırması*, 2004, s.357.

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot X_{ij}$$

Kısıtlar:

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

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

Pozitiflik Koşulu:

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

Problemin Dual Modeli:

Amaç Fonksiyonu:

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

Kısıtlar:

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

$u_i + v_j$  ; pozitif veya negatif istenilen değeri alabilir.

Çoğu kez “çoğaltan” olarak adlandırılan dual değişkenler  $u_i$  ( $i=1,2,\dots,m$ ),  $m$  sayıda sunum kısıtlayıcısına ve  $v_j$  ( $j=1,2,\dots,n$ ),  $n$  sayıda istem kısıtlayıcısına karşılık olduğundan  $(m+n)$  sayıda  $u_i$  ve  $v_j$  vardır. Ayrıca ulaştırma modelinde  $m$  adet satır ve  $n$  adet sütun olduğuna göre  $(m+n)$  sayıda denklem vardır. Ancak bu denklemlerden  $(m + n - 1)$  kadarını bilerek herhangi bir çözüme ulaşabileceğimize göre,  $u_i$  veya  $v_j$ 'lerden birini sıfır olarak kabul edilir <sup>41</sup>.

<sup>41</sup> Öztürk, *Yöneylem Araştırması*, 2004, s.358.



Bunun için de genellikle  $u_1$  değerine sıfır verilmektedir. Daha sonra dolu hücreler yani temel değişkenler için  $u_i + v_j = c_{ij}$  veya  $-c_{ij} + u_i + v_j = 0$  kabul edilerek tüm  $u_i$  ve  $v_j$  değerleri hesaplanır. Ayrım yapılmayan boş hücrenin yani temel olmayan değişkenlerin test miktarı  $u_i + v_j - c_{ij}$  bağıntısına göre hesaplanır. Bu bağıntıyı  $d_{ij} = u_i + v_j - c_{ij}$  şeklinde de ifade edebiliriz.  $d_{ij}$  test miktarını ifade ettiği gibi, bu miktar net değişim maliyeti olarak da düşünülebilir. Eğer tüm temel olmayan değişkenlerin test miktar değerleri sıfıra eşit veya sıfırdan küçük ise (yani  $d_{ij} \leq 0$ ) şimdiki temel çözüm optimaldir.

Eğer temel olmayan değişkenlerden birisinin test miktarı pozitif ise buna karşılık olan hücreye ayrım yapılarak toplam maliyet azaltılabilir. Öte yandan birden fazla temel olmayan değişkenin test miktarı pozitif ise ayrım en yüksek pozitif değerli temel değişkene yapılmalıdır.

2415.deki CesHol İşletmesi Örneğini hatırlayalım:

CesHol İşletmesinin fabrikalarından depolarına en az maliyetle malların taşınması istenmektedir. Veriler ulaştırma tablosunda gösterilmiştir.

**CesHol İşletmesi Ulaştırma Tablosu**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	Sunum Miktarı
S <sub>1</sub>	8 X <sub>11</sub>	4 X <sub>12</sub>	7 X <sub>13</sub>	500
S <sub>2</sub>	6 X <sub>21</sub>	5 X <sub>22</sub>	6 X <sub>23</sub>	750
S <sub>3</sub>	4 X <sub>31</sub>	5 X <sub>32</sub>	4 X <sub>33</sub>	550
<b>İstem Miktarı</b>	400	600	700	

Arz talep dengesini kontrol edelim:

$$\sum_{i=1}^3 S_i = 500 + 750 + 550 = 1800$$

$$\sum_{j=1}^3 D_j = 400 + 600 + 700 = 1700$$

$$\sum_{i=1}^3 S_i > \sum_{j=1}^3 D_j$$

Kukla deponun istemini bulalım:

$$D_4 = \sum_{i=1}^3 S_i - \sum_{j=1}^3 D_j = 1800 - 1700$$

$D_4 = 100$  birim olur.

Kukla merkeze yapılacak dağıtımların birim taşıma maliyeti sıfırdır.

Primal Problem:

$$\begin{aligned} Z_{\min} = & 8x_{11} + 4x_{12} + 7x_{13} + 0x_{14} + 6x_{21} + 5x_{22} + 6x_{23} + 0x_{24} + 4x_{31} + 5x_{32} \\ & + 4x_{33} + 0x_{34} \end{aligned}$$

Kısıtlayıcılar:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 500$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 750$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 550$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 400$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 600$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 700$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} = 100$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i=1,2,3 \quad j=1,2,3,4)$$

Dual Problem:

$$Y_{\max} = 500u_1 + 750u_2 + 550u_3 + 400v_1 + 600v_2 + 700v_3 + 100v_4$$

Kısıtlayıcılar:

$$u_1 + v_1 \leq 8$$

$$u_1 + v_2 \leq 4$$

$$u_1 + v_3 \leq 7$$

$$u_1 + v_4 \leq 0$$

$$u_2 + v_1 \leq 6$$

$$u_2 + v_2 \leq 5$$

$$u_2 + v_3 \leq 6$$

$$u_2 + v_4 \leq 0$$

$$u_3 + v_1 \leq 4$$

$$u_3 + v_2 \leq 5$$

$$u_3 + v_3 \leq 4$$

$$u_3 + v_4 \leq 0$$

$u_i$  ve  $v_j$  pozitif veya negatif istenilen değeri alabilir. ( $i=1,2,3$   $j= 1,2,3,4$ )

Örneğin En Az Maliyetli Hücreler Yöntemi ile başlangıç çözümünü bulalım:

### CesHol İşletmesi Örneğinin Başlangıç Çözümü

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8	4	7	0	500
F <sub>2</sub>	6	5	6	0	750
F <sub>3</sub>	4	5	4	0	550
İstem Miktarı	400	600	700	100	1800

Maliyet : 8100

Ulaşılan Temel Değişken Değerleri:

$$\mathbf{x}_{12} = 400 \quad \mathbf{x}_{14} = 100 \quad \mathbf{x}_{22} = 200 \quad \mathbf{x}_{23} = 550 \quad \mathbf{x}_{31} = 400 \quad \mathbf{x}_{33} = 150$$

$\mathbf{m} + \mathbf{n} - 1 = 6$  şartı sağlanmakta olup, çözüm temeldir, bozulma yoktur.

Toplam Maliyet ( $\mathbf{TM}_1$ ) 8100 birimdir.

Dolu hücreleri göz önüne alarak dual denklemleri belirleyelim:

$$\mathbf{x}_{12}: \mathbf{u}_1 + \mathbf{v}_2 = \mathbf{c}_{12} = 4$$

$$\mathbf{x}_{14}: \mathbf{u}_1 + \mathbf{v}_4 = \mathbf{c}_{14} = 0$$

$$\mathbf{x}_{22}: \mathbf{u}_2 + \mathbf{v}_2 = \mathbf{c}_{22} = 5$$

$$\mathbf{x}_{23}: \mathbf{u}_2 + \mathbf{v}_3 = \mathbf{c}_{23} = 6$$

$$\mathbf{x}_{31}: \mathbf{u}_3 + \mathbf{v}_1 = \mathbf{c}_{31} = 4$$

$$\mathbf{x}_{33}: \mathbf{u}_3 + \mathbf{v}_3 = \mathbf{c}_{33} = 4$$

$\mathbf{u}_1=0$  değerini vererek dual değişken değerlerini bulalım:

$$\mathbf{u}_1=0 \quad \mathbf{u}_2=1 \quad \mathbf{u}_3=-1 \quad \mathbf{v}_1=5 \quad \mathbf{v}_2=4 \quad \mathbf{v}_3=5 \quad \mathbf{v}_4=0$$

Temel olmayan değişkenlerin (boş hücrelerin) test miktarlarını hesaplayalım:

$$\mathbf{d}_{11} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{v}_1 - \mathbf{c}_{11} = 0 + 5 - 8 = -3$$

$$\mathbf{d}_{13} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{v}_3 - \mathbf{c}_{13} = 0 + 5 - 7 = -2$$

$$\mathbf{d}_{21} = \mathbf{u}_2 + \mathbf{v}_1 - \mathbf{c}_{21} = 1 + 5 - 6 = 0$$

$$\mathbf{d}_{24} = \mathbf{u}_2 + \mathbf{v}_4 - \mathbf{c}_{24} = 1 + 0 - 0 = 1$$

$$\mathbf{d}_{32} = \mathbf{u}_3 + \mathbf{v}_2 - \mathbf{c}_{32} = (-1) + 4 - 5 = -2$$

$$\mathbf{d}_{34} = \mathbf{u}_3 + \mathbf{v}_4 - \mathbf{c}_{34} = (-1) + 0 - 0 = -1$$

$\mathbf{x}_{24}$  değişkeni pozitif değerli (1) olduğundan çözüm optimal değildir ve bu değişken programa girmelidir.  $\mathbf{x}_{24}$  için kapalı çevrimin (atlama taşı yönteminde olduğu gibi) belirlenmesinin ardından geliştirilen yeni çözüm tablosu oluşturulur.

Yeni çözüm tablosunun oluşturulmasının ardından yukarıdaki işlemler tekrarlanır. Yani temel değişken değerleri, toplam maliyet, yeni dual denklemler, dual değişkenlerin değerleri, temel olmayan değişkenlerin test miktarları yeniden hesaplanır.

### CesHol İşletmesi Örneğinin Geliştirilen Çözümü

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sunum Miktarı
F <sub>1</sub>	8	4	7	0	500
F <sub>2</sub>	6	5	6	0	750
F <sub>3</sub>	4	5	4	0	550
İstem Miktarı	400	600	700	100	1800

Maliyet : 8000

Tabloda görüldüğü gibi  $x_{24}$  çevrime girmiş,  $x_{14}$  çevrimden çıkmıştır.

Ulaşılan Temel Değişken Değerleri:

$$x_{12} = 500 \quad x_{22} = 100 \quad x_{23} = 550 \quad x_{24} = 100 \quad x_{31} = 400 \quad x_{33} = 150$$

$m + n - 1 = 6$  şartı sağlanmakta olup, çözüm temeldir, bozulma yoktur.

Toplam Maliyet (TM<sub>2</sub>) 8000 birimdir. **TM<sub>1</sub>** 'e göre 100 birim tasarruf sağlanmıştır.

Dolu hücreleri göz önüne alarak dual denklemleri belirleyelim:

$$x_{12}: u_1 + v_2 = c_{12} = 4$$

$$x_{22}: u_2 + v_2 = c_{22} = 5$$

$$x_{23}: u_2 + v_3 = c_{23} = 6$$

$$x_{24}: u_2 + v_4 = c_{24} = 0$$

$$x_{31}: u_3 + v_1 = c_{31} = 4$$

$$x_{33}: u_3 + v_3 = c_{33} = 4$$

$u_1=0$  değerini vererek dual değişken değerlerini bulalım:

$$u_1=0 \quad u_2=1 \quad u_3=-1 \quad v_1=5 \quad v_2=4 \quad v_3=5 \quad v_4=-1$$

Temel olmayan değişkenlerin (boş hücrelerin) test miktarlarını hesaplayalım:

$$\mathbf{d}_{11} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{v}_1 - \mathbf{c}_{11} = 0 + 5 - 8 = -3$$

$$\mathbf{d}_{13} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{v}_3 - \mathbf{c}_{13} = 0 + 5 - 7 = -2$$

$$\mathbf{d}_{14} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{v}_4 - \mathbf{c}_{14} = 0 + (-1) - 0 = -1$$

$$\mathbf{d}_{21} = \mathbf{u}_2 + \mathbf{v}_1 - \mathbf{c}_{21} = 1 + 5 - 6 = 0$$

$$\mathbf{d}_{32} = \mathbf{u}_3 + \mathbf{v}_2 - \mathbf{c}_{32} = (-1) + 4 - 5 = -2$$

$$\mathbf{d}_{34} = \mathbf{u}_3 + \mathbf{v}_4 - \mathbf{c}_{34} = (-1) + (-1) - 0 = -2$$

Temel olmayan değişkenlerin test miktarı sıfır ve sıfırdan küçük olduğundan ulaşılan çözüm optimaldir.

Toplam taşıma maliyeti dual problemin amaç fonksiyonundan da hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}_{\max} &= 500\mathbf{u}_1 + 750\mathbf{u}_2 + 550\mathbf{u}_3 + 400\mathbf{v}_1 + 600\mathbf{v}_2 + 700\mathbf{v}_3 + 100\mathbf{v}_4 \\ &= 500(0) + 750(1) + 550(-1) + 400(5) + 600(4) + 700(5) + 100(-1) \\ &= 8000 \end{aligned}$$

Sonuç değişmez.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. ULAŞTIRMA MODELİNİN ÖZEL DURUMLARI

#### 30. Yasaklanmış Yollar

Ulaştırma Modeli'nde her bir sunum merkezinden, her bir istem merkezine dağıtımın yapılabileceği varsayımı vardır. Ancak pratikte bunun her zaman gerçekleşmesi olanaksızdır. Çünkü bazı durumlarda sunum merkezlerinden, istem merkezlerine dağıtım ya imkânsızdır ya da çok pahalıdır. Bu tip durumlarda çok büyük bir pozitif sayı olan “M” sayısı birim taşıma maliyeti olarak sisteme sokulur<sup>42</sup>.

Birim taşıma maliyeti “M” olan hücreye yapılacak bir birimlik dağıtım veya atama, toplam ulaştırma maliyetini aşırı derecede artıracığından, ulaştırma modeli çözüm yöntemleri otomatik olarak bu hücrenin kullanılmamasını garantileyecektir. Özet olarak M birim taşıma maliyetine sabit hücreye atama veya dağıtım yapılmayacaktır. Tabloda  $C_{21}$ ,  $C_{31}$  ve  $C_{32}$  hücrelerin birim maliyetleri M gibi büyük bir pozitif tam sayı olduğundan bu hücrelere dağıtım veya atamada bulunulmaz. Yani hücrelerin bulunduğu yerden geçen sunum-istem yolu yasaklanmıştır.

#### Yasaklanmış Yollar

İstem Merkezi Sunum Merkezi	P	Q	R	Sunum Miktarı
A	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$a_1$
B	M	$C_{22}$	$C_{23}$	$a_2$
C	M	M	$C_{33}$	$a_3$
İstem Miktarı	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$a_T = b_T$

<sup>42</sup> Tulunay Yılmaz, *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*, 3.baskı, İstanbul: Renk İş Matbaası, 1991, s.378.

### 31. Dağıtım-Kabul Miktarları Sınırlanmış Yollar

Gerçek hayatta, bazı dağıtım yollarına kısıtlamalar getirilebilir. Bu kısıtlamalar dağıtım kapsamına alınan hücrenin kapasitesinin veya dağıtım-kabul miktarının alt veya üst sınırları ile ilgili olabilir. Bu gibi durumlarda problem hemen başlangıç çözüm tekniklerinden biriyle çözülememektedir.

#### 310. Üst Limit Dağıtım-Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar

Bazı kısıtlamalardan dolayı birkaç hücrenin veya yolun dağıtım-kabul miktarı sınırlanmış olabilir. Bu ilgili hücrenin kabul edileceği en fazla (üst limit) dağıtım miktarı olarak belirlenebilir. Bu durumda çözüme geçmeden önce yapılacak işlemler sırasıyla şöyledir <sup>43</sup>:

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.
2. Üst limit dağıtım kabul miktarı belirtilmiş olan hücrenin bulunduğu sütunun aynısı, paralel olarak yanına oluşturulur. Oluşturulan sütunlardaki hücrelerin birim taşıma maliyetleri, esas sütundakilerin aynısı olur. Sadece oluşturulan sütundaki üst limit dağıtım-kabul miktarı belirtilmiş olan hücrenin birim taşıma maliyeti olarak “**M**” atanır ve bu hücreye yapılacak dağıtım yasaklanmış olur. Oluşturulan sütunun istem miktarı, esas sütunun istem miktarından, belirtilen üst limit miktarı çıkarılarak belirlenir. Esas sütun istem miktarı da belirtilen üst limit miktarı olarak belirlenir.

**Ulaştırma Tablosu**

İstem Merkezi Sunum Merkezi	P	Q	R	Sunum Miktarı
<b>A</b>	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$a_1$
<b>B</b>	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$a_2$
<b>C</b>	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$a_3$
<b>İstem Miktarı</b>	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$a_T = b_T$

<sup>43</sup> Lawrence L. Lapin, *Quantitative Methods for Business Decisions With Cases*, 6.edition, For Worth: The Dryden Pres – The Harcourt Brace College Publishers, ss.590.591



### Üst Limit Dağıtım-Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar

İstem Merkezi Sunum Merkezi	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	Q	R	Sunum Miktarı
A	C <sub>11</sub>	M	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	a <sub>1</sub>
B	C <sub>21</sub>	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>	a <sub>2</sub>
C	C <sub>31</sub>	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>33</sub>	a <sub>3</sub>
İstem Miktarı	L <sub>1</sub>	L <sub>1</sub> - b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	a <sub>T</sub> = b <sub>T</sub>

### 311. Alt Limit Dağıtım-Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar

Bazı kısıtlamalardan dolayı birkaç hücrenin veya yolun dağıtım-kabul miktarı sınırlandırılmış olabilir. Bu ilgili hücrenin kabul edeceği en az dağıtım miktarı olarak belirlenebilir. Bu durumda çözüme geçmeden önce yapılacak işlemler sırasıyla şöyledir <sup>44</sup>:

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.
2. Alt limit dağıtım kabul miktarı belirtilmiş olan hücrenin bulunduğu satırın aynısı, paralel olarak altına oluşturulur. Oluşturulan satırdaki hücrelerin birim taşıma maliyetleri, sınırlandırılmış hücre hariç, "M" olarak atanır. Sadece oluşturulan sütundaki alt limit dağıtım-kabul miktarı belirtilmiş hücrenin birim taşıma maliyeti olarak esas hücrenin birim taşıma maliyeti atanır. Oluşturulan satırın sunum miktarı, belirtilen alt limit olarak yazılır. Esas satırın sunum miktarı, daha önceki miktardan alt limit dağıtım miktarı çıkarılarak belirlenir.

### Alt Limit Dağıtım-Kabul Miktarı Sınırlandırılmış Yollar

İstem Merkezi Sunum Merkezi	P	Q	R	Sunum Miktarı
A <sub>1</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	a <sub>1</sub> - L <sub>2</sub>
A <sub>2</sub>	C <sub>11</sub>	M	M	L <sub>2</sub>
B	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>	a <sub>3</sub>
C	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>33</sub>	a <sub>3</sub>
İstem Miktarı	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	a <sub>T</sub> = b <sub>T</sub>

<sup>44</sup> Lapin, *Quantitative Methods for Business Decisions With Cases*, ss.592.593

### 32. Sınırlandırılmış Sunum ve İstem Miktarları

Problemin çözümünden sonra, sunum ve istem miktarlarının artırımları veya azaltılmaları sonucu maliyetteki veya üretimdeki değişiklikleri gözleyebiliriz.

**Sunum miktarını artırarak veya azaltarak**, maliyetteki değişimleri son bulduğumuz optimal çözüm üzerinden inceleyebiliriz. Bunun için yapılacak işlemler şunlardır <sup>45</sup>:

1. Problem optimal çözümü ulaştırma tablosunda gösterilir.
2. İlgili sunum merkezinin belirtilen miktardaki değişimi, satır olarak ilgili sunum merkezinin altında oluşturulur. Oluşturulan sunum merkezinin hücrelerinin birim taşıma maliyetleri esas sunum merkezinin hücrelerinin birim taşıma maliyetleri ile aynı olur. Bu durumda problemin “dengeli olma” varsayımını da gerçeklemek için tabloya yapay bir istem merkezi oluşturulur ve istem miktarı olarak da değişim miktarı atanır. Esas sunum merkezinin, yapay istem merkezi ile kesiştiği hücreye taşıma maliyeti olarak “**M**” atanır.
3. Problem yeniden geliştirilerek optimal çözüm aranır.

#### Optimal Çözüm Tablosu

İstem Merkezi Sunum Merkezi	P	Q	R	Sunum Miktarı
<b>A</b>	$C_{11}$ $X_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$ $X_{13}$	$a_1$
<b>B</b>	$C_{21}$	$C_{22}$ $X_{22}$	$C_{23}$ $X_{23}$	$a_2$
<b>C</b>	$C_{31}$ $X_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$a_3$
<b>İstem Miktarı</b>	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$a_T = b_T$

<sup>45</sup> Lapin, *Quantitative Methods for Business Decisions With Cases*, ss.594.596.

### Sunum Miktarının Değişimi

İstem Merkezi Sunum Merkezi	P	Q	R	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
<b>A<sub>1</sub></b>	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	<b>M</b>	<b>a<sub>1</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	0	<b>2a<sub>1</sub></b>
<b>B</b>	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	0	<b>a<sub>2</sub></b>
<b>C</b>	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	0	<b>a<sub>3</sub></b>
<b>İstem Miktarı</b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>	<b>2a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>T</sub> = b<sub>T</sub></b>

**Sınırlandırılmış istemler** durumunda amaç, optimal çözüm üzerinden istem miktarının artırılması sonucu maliyetteki değişikliğin ne olacağı bulunmaktadır. Yapılacak işlemler sırasıyla şöyledir:

1. Problemin optimal çözümü ulaştırma tablosunda gösterilir.
2. İlgili istem merkezinin belirtilen miktardaki değişimi, sütun olarak ilgili istem merkezinin yanına oluşturulur. Oluşturulan istem merkezinin hücrelerinin birim taşıma maliyetleri esas istem merkezinin hücrelerinin birim taşıma maliyetleri ile aynı olur. Bu durumda problemin “dengeli olma” varsayımını da gerçeklemek için tabloya yapay bir sunum merkezi oluşturulur ve sunum miktarı olarak da belirtilen değişim miktarı atanır. Esas sunum merkezinin yapay sunum merkezi ile kesiştiği hücreye de birim taşıma maliyeti olarak “**M**” atanır. Problemin yeniden optimal çözümü aranır.

### İstem Miktarının Değişimi

İstem Merkezi Sunum Merkezi	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	Q	R	Sunum Miktarı
<b>A</b>	$C_{11}$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	<b>a<sub>1</sub></b>
<b>B</b>	$C_{21}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	<b>A<sub>2</sub></b>
<b>C</b>	$C_{31}$	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	<b>a<sub>3</sub></b>
<b>Suni Sunum Merkezi</b>	<b>M</b>	0	0	0	<b>2b<sub>1</sub></b>
<b>İstem Miktarı</b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>2b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>	<b>a<sub>T</sub> = b<sub>T</sub></b>

### 33. Bozulma Durumu (Dejenerasyon)

Bir ulaştırma probleminde başlangıç çözümlünün bulunması ya da herhangi bir iterasyon sırasında temel değişken sayısı bağımsız sınırlama denklem sayısından daha az ise ulaştırma modelinde bozulma (degeneracy) hali ortaya çıkar <sup>46</sup>.

Bir ulaştırma problemindeki dağıtım planında  $(m+n-1)$  adet dolu hücre bulunuyorsa, çözüm uygun olarak devam eder. Bu kuralın gerçekenmediği problemlere “dejenere problem” adı verilir ve bu duruma iki şekilde rastlanabilir <sup>47</sup>. Bunlar, çözümün herhangi bir kademesinde dolu hücre sayısının  $(m+n-1)$ den büyük olduğu durumlar ve çözümün herhangi bir kademesinde dolu hücre sayısının  $(m+n-1)$ 'den küçük olduğu durumlardır.

**Dolu Hücre Sayısının  $(m+n-1)$ 'den Büyük Olduğu Durumlarına** sadece başlangıç dağıtım planında rastlanır. Bunun sebebi ya dağıtım planının yanlış yapılması yada problemin hatalı modellenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu gibi durumlarda problem yeniden modellenirse sorun çözülmektedir.

**Dolu Hücre Sayısının  $(m+n-1)$ 'den Küçük Olduğu Durumlara Başlangıç Dağıtım Planında** ve Çözümün diğer kademelerinde rastlanabilir. Dejenerasyonu gidermek için, gerekli miktarda sifıra yakın olan “ $\epsilon$ ” değeri boş hücrelere atanır. Bu ekleme başlangıç tablosunda basamak şeklinde olacak biçimde yapılmalıdır. “ $\epsilon$ ” (epsilon) değerli taşların, problem yönünden herhangi bir anlamı yoktur. Bunlar sadece dejenere problemin çözümünde kullanılan matematiksel araçlardır.

**Çözümün Diğer Kademelerinde rastlanan dejenerasyon durumunda** yapılacak işlemler, dejenerasyon başlangıç dağıtım planında bulunması haline benzemektedir. Dejenere çözümü optimallik kontrolü yapılabilir duruma getirmek için,  $[(m+n-1)-(dejenere\ çözümdeki\ dolu\ hücre\ sayısı)]$  kadar “ $\epsilon$ ” eklenir. “ $\epsilon$ ” miktarı, simpleks yöntemindeki yapay değişken gibidir.

<sup>46</sup> Zengin, *Türkiye’de Paketli Çay Dağıtımının Optimizasyonu (Ulaştırma Modeli)*, s.90

<sup>47</sup> Tulunay Yılmaz, *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*, 3.baskı, İstanbul: Renk İş Matbaası, 1994, s.370-372.

Atanması esnasında Şu noktaya dikkat edilmelidir; Nerede dual değişkenleri hesaplayabilme zorluğu ekiyorsak, bu zorluğu en kolay giderebilecek boş hücreye atama yapılmalıdır. Eğer boş hücreler arasında bir seçim yapmak söz konusu ise, en kk maliyete sahip hücreye bu yapay değişken atanmalıdır <sup>48</sup>.

### **34. Seçenekli Optimal zmler**

zmn herhangi bir kademesinde, boş hücrelere ait değerlendirme puanları arasında sıfır varsa ve bu değer esas alınarak işlem yapılıyorsa, maliyetteki azalma sıfır olacağından, eş maliyetli farklı bir zm elde edilecektir. Değerlendirmesi sıfır olan boş hücreye problemin optimum üzümünde rastlamıŐsak, bu problemin aynı değerini veren (eş maliyetli), farklı (alternatif) optimum zmleri bulunabilecektir <sup>49</sup>.

### **35. En Büyükleme Tipi Ulaştırma Problemi**

En büyükleme tipi (maksimizasyon) problemler, en kkleme (minimizasyon) problemlerinde olduğu gibi ulaştırma algoritmasına göre üzülür.

Fakat bu tip problemlerde maliyetler yerine “kar” amaç fonksiyonu oluŐturduęundan dolayı zm esnasında ele alınan değerler, farklılaŐır. Bunu gidermek için, bütün katsayılar (-1) ile çarpılarak, karlar negatif kayıplar olarak işlem gördürülür.

Herhangi bir negatif değerli fonksiyonun en kklemesi, bu fonksiyonun en byklenmesine eşittir.

<sup>48</sup> ztrk, *Yöneylem Araştırması*, 1994 s.142., 2004 s.376.

<sup>49</sup> Tulunay, *Matematik Programlama ve işletme Uygulamaları*, s.349.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4. ULAŞTIRMA MODELİNDE DUYARLILIK ANALİZLERİ

Doğrusal programlama modellerinin özel bir biçimi olan dengeli ulaştırma problemlerinde sağ taraf parametreleri için duyarlılık analizi, arz ya da talep kapasitelerinden yalnız birinde yapılacak değişikliğin hangi sınırlar içinde kaldığında optimal ulaştırma planının ve dolayısıyla dual çözümün aynı kalacağını belirler.<sup>50</sup>

*Bir doğrusal programlama problemi için verilmiş optimum çözümde sağ taraf sabitlerinde, katsayılar matrisinde veya maliyet ve kar sabitlerinde meydana gelecek değişimleri incelemek ihtiyacı duyulabilir. Bu ihtiyaç şu sebeplerden doğabilir:*

- a. *Yöneticiler, sadece optimum çözümde değil, sınırlayıcı şartlarda, fiyat veya maliyet seviyelerinde yahut, kaynakların her mamulünün ünitesi başına harcanan miktarında meydana gelecek değişimler sonucunda ne olacağını bilmek isterler,*
- b. *Yöneticiler, sabitler için yapılmış değişik kabullere göre optimum çözümlerin ne olacağını bilmek isterler,*
- c. *Sabitler için yapılmış olan kabullerin en iyi olduğu düşünülse bile, yöneticiler, öbür kabullerinde muhtemelen yapabilecekleri hataların etkilerini değerlendirmek isterler<sup>51</sup>.*

Ulaştırma modelinin statik sonuçlarının daha iyi yorumlanmasında ve eldeki verilerin değişikliklere bağlı olarak optimum çözümün nasıl değişeceğini belirlemede duyarlılık analizi yardımcı olabilmektedir. Birim taşıma maliyetleri ile istem ve sunum miktarlarının zaman içinde koşullara göre değişmesi doğaldır. Bu verilerin değişmesi optimum çözümü de değiştirebilir ve dolayısıyla optimal çözüm optimum olmaktan çıkar.

---

<sup>50</sup> Çelikoğlu C.Cengiz ve Moralı Nilgün, *Ulaştırma Problemlerinde Duyarlılık Analizi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt 2, Sayı:4, 2000, s.177,178.

<sup>51</sup> Zengin, *Türkiye’de Paketli Çay Dağıtımının Optimizasyonu (Ulaştırma Modeli)*, s.91

### Duyarlılık Analiz Tipleri <sup>52</sup>

- a. Maliyetlerdeki duyarlılık
  - I. Temel olmayan değişkenler değiştiğinde
  - II. Temel olan değişkenler değiştiğinde
  - III. Modele etki eden diğer maliyetler değiştiğinde
- b. Sunum miktarlarındaki duyarlılık
- c. İstem miktarlarındaki duyarlılık

#### 40. Maliyetlerdeki Duyarlılık

Temel olmayan değişkenler ve temel olan değişkenlerin, birim taşıma maliyetleri veya probleme etki eden diğer maliyetler değiştiğinde, bulunan optimum çözümün toplam maliyetinin ne miktarda değişiklik göstereceği ve bulunan optimal dağıtımın ne yönde değişeceğini, duyarlılık analizleri ile bulabiliriz.

Temel değişken olmayan hücrenin birim taşıma maliyetinin duyarlılığı söz konusu ise; Bu durumda dual değişkenlerin değerleri yani  $u_i$  ve  $v_j$  aynı kalır. Eğer birim taşıma maliyeti ( $c_{ij}$ ) değişirse, bundan etkilenecek  $x_{ij}$  temel olmayan değişkeninin test miktarı olacaktır. Biliyoruz ki;  $u_i + v_j - c_{ij} \leq 0$  olduğunda optimum çözüme ulaşıyor, yani her  $c_{ij}$  değeri  $u_i + v_j$  değerine eşit olduğu ya da ondan büyük olduğu sürece bulunan çözüm optimumdur.

Kâr tipi problemlerin duyarlılığını ele alırken maliyet tipi problemlerin tam karşısı düşünülür. Cari çözümün optimal olması  $u_i + v_j - p_{ij} \geq 0$  koşuluna bağlıdır. Eğer bu koşul sağlanırsa çözüm optimaldir.

Temel bir değişkenin maliyetindeki duyarlılığı belirlemek için şu adımlar atılır:

- a. Duyarlılığını belirleyeceğimiz temel değişkenin maliyeti “y” olarak adlandırılır.
- b. Dual değerler “y” değişkenine bağlı olarak tekrar bulunur.
- c. Temel olmayan değişkenlerin test miktarları “y” terimi ile belirlenir.

<sup>52</sup> Öztürk, *Yöneylem Araştırması*, 2004, s.378.

d. “y” terimi içeren tüm temel olmayan değişkenler, test miktar ifadelerinin sıfıra eşit veya sıfırdan küçük olma koşuluna göre düzenlenir ve bu eşitsizlik “y” için çözümlenir.

#### 41. Sunum Miktarındaki Duyarlılık

Üretim miktarı artışını,  $\Delta S_i$  ile gösterirsek; optimal çözümdeki maliyetin ne kadar değiştiğini şu formülle buluruz<sup>53</sup>:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij} + \Delta S_i \cdot (u_i)$$

$\Delta S_i$  : Sunum miktarındaki artış veya azalış miktarı

$u_i$  : İlgili sunum merkezine karşılık gelen dual değer

#### 42. İstem Miktarındaki Duyarlılık

İstem merkezinin, istem miktarındaki artış veya azalışının toplam maliyete etkisini  $v_j$  değeri belirler. Hesaplama şu formülle yapılır:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij} + \Delta D_i (v_j) \text{ veya}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij} - \Delta D_i (v_j)$$

$\Delta D_{ij}$  : İstem miktarındaki artış veya azalış miktarı

$V_j$  : İlgili İstem merkezine karşılık gelen dual değer

#### 43. Sunum ve İstem Miktarının Aynı Hücre Üzerinde Değişmesi

Sunum ve istem miktarlarının aynı hücre üzerinde değişmesi durumunda ise aşağıdaki formülle değişim miktarı hesaplanabilir:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij} \pm \Delta S_i (u_i) \pm \Delta D_j (v_j)$$

<sup>53</sup> Öztürk, *Yöneylem Araştırması*, 2004, s.381-382.



## BEŞİNCİ BÖLÜM

### 5. ÜRETİM PROGRAMLAMASI

#### 50. Üretim ve Üretim Programlaması

**Üretim**, toplumsal değişme ve gelişmeyi sağlayan bir ögedir. Hangi düzeyde olursa olsun, plânlama konusu olan toplumsal ve ekonomik etkenlerin başında insan gücü, doğal kaynaklar, sermaye ve teknoloji yanında üretim gelmektedir. Günümüzde kaynakların verimli kullanımı bakımından üretim plânlaması, işletmeler için giderlerin azaltılmasında en önemli etkenlerden birisidir<sup>54</sup>.

İşletme fonksiyonlarının en önemlisi ve bir işletmenin temel üç faaliyetinden birisi olan üretim, ülke ekonomisinin yasayabilmesi ve gelişmesi açısından hayati bir önem taşır. İşletmenin başarı ölçülerinin esası da üretim ve üretim faaliyetleri ile ilgilidir. Çünkü işletmelerin varlıklarını sürdürebilmesi için eldeki kaynaklarını yüksek üretkenlik ile kullanılabilir bir mamul haline getirmesi gerekmektedir<sup>55</sup>.

Uygulamada, bunun hayata geçirilebilmesi üretim plânlarının hazırlanması ile mümkün olur. Üretim plânlamada, optimum kaynak kullanımını sağlaması açısından en yaygın kullanılan tekniklerden birisi doğrusal programlamadır<sup>56</sup>.

Hizmetlerdeki talebin karakteristik dalgalanmalarından dolayı ve hizmetlerin eş zamanlı olarak üretilip tüketilmesinden dolayı hizmet kurumları, kısa vadeli kapasiteleri ile taleplerini eşleştirme problemini sürekli olarak yaşamaktadır<sup>57</sup>.

---

<sup>54</sup> Karayılmazlar Selman, *Yongalevha Endüstrisinde Bir Yönelem Araştırması Uygulaması*, Z.K.U. Bartın Osman Fakültesi, Balaban Erdal İ.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul, 1998, s.3-4.

<sup>55</sup> Aslan D., *Üretim Ekonomisi ve Politikası*, Atatürk Üniversitesi Yayın No:396, Ankara, 1975, s.175.

<sup>56</sup> Karayılmazlar S. ve Merih K., *Orman Ürünleri Sanayinde Ürün Karşımı Optimizasyonu (ORÜS Bolu Yongalevha İşletmesi Örneği)*, MPM Verimlilik Dergisi, Cilt no:25, Sayı:2, 1996, s.167-175.

<sup>57</sup> Dechter Avi, *Simultaneous Demand Smoothing and Work-Shift Scheduling an a Service Operation*, Department of Management Science College of Business Administration and Economics, California State University, Northridge, [www.csun.edu](http://www.csun.edu)

Üretim plânlaması ile işletmeler, üretimdeki dalgalanmaları minimize ederek, stokta bulundurduğu ürüne bağladığı sermaye ile getirisi daha büyük etkinliklerde bulunabilir<sup>52</sup>.

Son yıllarda, bilgisayar imkânlarının artması, kullanımının yaygınlaşması sonucu matematikten ileri derecede yararlanılarak geliştirilmiş üretim plânlama model ve tekniklerinin uygulamaya konulduğu görülmektedir. Üretim plânlama tekniklerinin başında ise doğrusal programlama modelleri gelmektedir<sup>52</sup>.

**Üretim programlaması tarihçesine bakacak olursak;** 1956 yılında Bowman'ın ulaştırma modelini kullanarak, stokları içeren bir üretim programlaması geliştirdiğini görüyoruz. Model 1967 yılında yine Bowman ve Fetter tarafından geliştirildi. 1957'de Elmagraphy, Bishop, Johnson ve 1971'de Kunreuther tarafından farklı ortaya koymuştur. 1950'de Beale ve Morton, 1958'de Land envanter kontrolü için ayrıca bir model bulmuşlardır. 1979'da Silver ve Peterson, Land'in modelini daha detaylı olarak yorumlamışlardır. 1974 yılında Rand tek veya çok ürünlü, stoksuz üretim modelini geliştirmiştir. 1983'de Klein, stok ve siparişleri de içine alan modeli geliştirmiştir. Model pratik olmasına ve optimalliği sağlanmasına rağmen kullanımı çok nadirdir<sup>55</sup>.

Standart ulaştırma modelinin 1941 yılında geliştirilmesinden bu yana, bazı araştırmacılar standart ulaştırma modeline bağlı ve benzer, yeni problemler ve bu problemlere uyan uygun model ve çözüm algoritmaları geliştirdiler. Bu modeller standart ulaştırma modelinin uzantıları olup, birkaç noktada farklılık taşırlar<sup>58</sup>:

1. Genelleştirilmiş ulaştırma problemi
2. Kapasitelendirilmiş ulaştırma problemi
3. Karışık kısıtlı ulaştırma problemi
4. Sabit yüklü ulaştırma problemi
5. Tek kaynaklı ulaştırma problemi
6. Temel köşegen ulaştırma problemi
7. Tesis yerleşim problemi
8. Zamanı azaltan ulaştırma problemi (Şişe boğazı)

---

<sup>58</sup> Ozan, *Applied Mathematical Programming For Engineering and Production Management*, s. 284-295.

9. Maliyet/zaman eğimli ulaştırma problemi
10. İki kriterli ulaştırma problemi
11. Çok amaçlı ulaştırma problemi
12. Çok boyutlu ulaştırma problemi
13. Doğrusal olmayan ulaştırma problemi
14. Geniş ölçekli ulaştırma problemi
15. Atama problemi (Macar yöntemi)
16. Gezgin satıcı problemi
17. Aktarma modeli
18. **Üretim programlaması**

### 51. Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Problemi

Normalde standart ulaştırma problemi sadece bir çeşit mal için dağıtımına olanak vermektedir. Bowman'ın üretim programlaması birden fazla malı aynı cins birimlerle ifade ederek dağıtımına olanak sağlamıştır. Ayrıca dağıtım periyotlar halinde ifade de edilebilmektedir (Şekil-4).

Fabrikanın toplam kullanılabilir kapasitesi başlangıç stok miktarı ve normal çalışma süresi, ek mesai ve ekstra fazla mesai zarfında üretilen miktar ile belirlenmektedir (Tablo-4).

i'nci periyottaki (k) model malın $m^2$ cinsinden talep edilen miktarı	=	i'nci periyottaki (k) model malın adet olarak talep edilen miktarı	×	(k) model malın bir adedinin $m^2$ cinsinden ebadı
---	---	---	---	--

**Şekil: 4**

### Birden Fazla Malın Aynı Cinsten İfadesi

Kaynak: SOYLU , M.Yekta, *Ulaştırma Modelleri, Kıyaslanması ve Bowman'ın Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Problemine Bir İşletme Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1997, s.45

**Tablo: 4**  
**Bowman'ın Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Tablosu**

Üretim Periyodu	Sunum merkezi	Üretim-satış periyodu				Üretim sonu stok miktarı	Sunum miktarı
		1	2	3	4		
I=0	Başlangıç stok miktarı	0	C	2C	3C	4C	I <sub>0</sub>
I=1	Normal mesai sunum miktarı	R	R+C	R+2C	R+3C	R+4C	N <sub>1</sub>
	Ek mesai sunum miktarı	V	V+C	V+2C	V+3C	V+4C	F <sub>1</sub>
	Ekstra mesai sunum miktarı	S	S+C M	S+2C M	S+3C M	S+4C	E <sub>1</sub>
I=2	Normal mesai sunum miktarı	M	R	R+C	R+2C	R+3C	N <sub>2</sub>
	Ek mesai sunum miktarı	M	V	V+C	V+2C	V+3C	F <sub>2</sub>
	Ekstra mesai sunum miktarı	M	S	S+C M	S+2C M	S+3C	E <sub>2</sub>
I=3	Normal mesai sunum miktarı	M	M	R	R+C	R+2C	N <sub>3</sub>
	Ek mesai sunum miktarı	M	M	V	V+C	V+2C	F <sub>3</sub>
	Ekstra mesai sunum miktarı	M	M	S	S+C M	S+2C	E <sub>3</sub>
İstem miktarı		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	T

Kaynak: SOYLU, *Ulaştırma modelleri, Kıyaslanması ve Bowman'ın Üretim Programlaması için Ulaştırma Problemine Bir İşletme Uygulaması*, 1997, s.47

$$\text{Toplam kullanılabilir kapasite} = I_0 + \sum_{i=1}^n N + \sum_{i=1}^n F + \sum_{i=1}^n E$$

**C** : Birim stok maliyeti

**R** : Normal mesai zamanındaki üretimin birim maliyeti

**V** : Ek mesai zamanındaki üretimin birim maliyeti

**S** : Ekstra zamanındaki üretimin birim maliyeti

**I<sub>0</sub>** : Başlangıç stok miktarı

**I<sub>F</sub>** : Üretim sonu stok miktarı

**N** : Normal mesai zarfındaki üretim miktarı

**F** : Ek mesai zarfındaki üretim miktarı

**E** : Ekstra mesai zarfındaki üretim miktarı

**D<sub>i</sub>** : (i)'inci periyottaki istem miktarı

## ALTINCI BÖLÜM

### 6. ÇIĞLI KILİM FABRİKASI UYGULAMASI

#### 60. Üretim Programlaması Problemi

Çığlı Kilim Fabrikası piyasaya tüketim maksadıyla kilim çeşitleri sunmaktadır. Bünyesinde 12 kilim tezgahı, 41 işçi barındırmaktadır. Üretilen kilim 4 çeşit olup (fiyat, kalite ve talep durumuna göre isimlendirilmişlerdir) aşağıdaki gibidir;

Aşut Kilim (A); Orta Doğu'ya pazarlanmaktadır.

Biçenek Kilim (B); Pazarda en fazla istem miktarına sahip, orta gelirli aileler için üretilmektedir.

Serholing Kilim (C); Dokuması sık, turistik amaçlıdır.

Başçoban Kilim (Ç); Daha yüksek gelirli aileler için tasarlanan dokuması en sık ve en kaliteli kilimdir.

Fabrikadaki tezgahlardan ikisi Aşut Kilim, beşi Biçenek Kilim, dördü Serholing Kilim, biri de Başçoban Kilim dokumak için ayarlanmıştır.

Fabrikanın üretim kapasitesi kilim cinslerine ve yukarıda belirtilen tezgah durumuna göre şöyledir:

Aşut Kilim : 36 Kilim / 12 saat

Biçenek Kilim : 24 Kilim / 12 saat

Serholing Kilim : 12 Kilim / 12 saat

Başçoban Kilim : 9 Kilim / 12 saat

Bütün kilim çeşitleri üretim esnasında aynı malzemeyi kullanmakta, aynı işlemlerden geçirilmektedir. Fakat kilimlerin kendine özgü özelliklerinden dolayı maliyetleri farklılık göstermektedir. Kullanılan malzemeler **H<sub>1</sub>**; 2 YTL/kg., **H<sub>2</sub>**; 4 YTL/kg., olmak üzere iki türdür. Kilimler en geç son dokuma tezgahından çıktıktan sonra satışa ve kullanıma hazır hale getirilmek için son bir işlemde geçmektedir. Bu işlemin (**H<sub>3</sub>**) bir kilim için maliyeti ise sırasıyla; Aşut ve Biçenek Kilim için; 6 YTL/kg., Serholing ve Başçoban Kilim için; 12 YTL/kg.'dir..

Bunlara ek olarak her kilim için işçi giderleri, enerji maliyeti, amortisman gibi artı fiyatları kapsayan ve sabit giderler adını verdiğimiz maliyetler vardır. Bu maliyetler (**H<sub>4</sub>**) de Aşut ve Biçenek Kilim için; 8 YTL, Serholing Kilim için 12 YTL, Başçoban Kilim için 16 YTL'dir.

Bu bilgiler ışığı altında her cins kilimin ebadına göre toplam maliyeti aşağıdaki gibidir:

<u>Aşut Kilim:</u>	<u>Maliyet:</u>	<u>Ebadı:</u>
H <sub>1</sub> (2 kg)	4 YTL	3 m <sup>2</sup>
H <sub>2</sub> (3 kg)	12 YTL	
H <sub>3</sub>	6 YTL	
H <sub>4</sub>	8 YTL	
	Toplam maliyet:	30 YTL
<u>Biçenek Kilim:</u>	<u>Maliyet:</u>	<u>Ebadı:</u>
H <sub>1</sub> (3 kg)	6 YTL	3 m <sup>2</sup>
H <sub>2</sub> (4 kg)	16 YTL	
H <sub>3</sub>	6 YTL	
H <sub>4</sub>	8 YTL	
	Toplam maliyet:	36 YTL
<u>Serholing Kilim:</u>	<u>Maliyet:</u>	<u>Ebadı:</u>
H <sub>1</sub> (3 kg)	6 YTL	2 m <sup>2</sup>
H <sub>2</sub> (4,5 kg)	18 YTL	
H <sub>3</sub>	12 YTL	
H <sub>4</sub>	12 YTL	
	Toplam maliyet:	48 YTL

<i>Başçoban Kilim:</i>	<i>Maliyet:</i>	<i>Ebadı:</i>
H <sub>1</sub> (3 kg)	6 YTL	2 m <sup>2</sup>
H <sub>2</sub> (6 kg)	24 YTL	
H <sub>3</sub>	12 YTL	
H <sub>4</sub>	16 YTL	
Toplam maliyet:		58 YTL

Fabrikanın Kilim üretimi sene boyunca, her haftanın beş günü olup (Cumartesi ve pazar günleri tatil, dini ve milli bayramlar hariçtir) daha önceden belirlenmiş talep durumuna göre dört periyotta olmaktadır. Her üretim periyodunun ortalama talep miktarına bağlı olarak belirli bir çalışma mesaisi vardır.

Yine talebe bağlı olarak bu mesai süreleri artırılabilir. Sadece 4'üncü üretim periyodunda, 24 saat esasına göre üretim olduğundan çalışma mesaisi artırılmamaktadır.

Fabrikanın üretim periyotları ve ortalama üretim işgünü aşağıdaki gibidir:

1'inci Üretim Periyodu:

1 Ocak – 31 Mart

Normal çalışma mesai (N): 8 saat

Ek mesai (F): 2 saat

Ekstra mesai (E): 2 saat

64 işgünü (tatiller, dini ve milli bayramlar çıkartılmıştır).

2'nci Üretim Periyodu:

1 Nisan – 30 Haziran

Normal çalışma mesai (N): 10 saat

Ek mesai (F): 4 saat

Ekstra mesai (E): 2 saat

64 işgünü (tatiller, dini ve milli bayramlar çıkartılmıştır).

3'üncü Üretim Periyodu:

1 Temmuz – 30 Eylül

Normal çalışma mesai (N): 12 saat

Ek mesai (F): 6 saat

Ekstra mesai (E): 2 saat

64 işgünü (tatiller, dini ve milli bayramlar çıkartılmıştır).

4'ncü Üretim Periyodu:

1 Ekim – 31 Aralık

Normal çalışma mesai (N): 24 saat

64 işgünü (tatiller, dini ve milli bayramlar çıkartılmıştır).

Fabrikanın Periyotlara Göre Üretim Kapasitesinin Hesaplanması:1'inci Üretim Periyodu:Aşut Kilim

2 tezgahta 12 saatte 36 kilim üretilebilmektedir.

1 kilim 3 metrekaredir.

36 kilim 108 metrekaredir.

Bu da saat başına 9 metrekare üretim demektir.

Periyotta 64 işgünü vardır.

Normal çalışma süresi 8 saattir.

Bu da periyot süresince 512 saate tekabül eder.

512 saatte 4608 metrekare Aşut kiliminin üretilebilmesi demektir.

Ek mesai 2 saattir.

Periyot boyunca 128 saat eder.

128 saatte 1152 metrekare Aşut kilimi üretilebilir.

Ekstra mesai 2 saattir.

Bu da periyot boyunca 128 saat eder.

128 saatte 1152 metrekare Aşut kilimi üretilebilir.

Her üçünün toplamı periyot boyunca Aşut kilimi için üretim kapasitesini verir.

Periyot boyu Aşut kilim üretim kapasitesi 6912 metrekaredir.



Bu kapasite, sadece 2 tezgahın Aşut kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir. İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

#### Bıçenek Kilim

5 tezgahta 12 saatte 24 kilim üretilebilmektedir.

1 kilim 3 metrekaredir.

24 kilim 72 metrekare eder.

Bu da saat başına 6 metrekare üretim demektir.

Normal mesaide 512 saatte 3072 metrekare Bıçenek kilimi üretilebilir.

Ek mesaide 128 saatte 768 metrekare Bıçenek kilimi üretilebilir.

Ekstra mesaide 128 saatte 768 metrekare Bıçenek kilimi üretilebilir.

Periyot boyu Bıçenek kilim üretim kapasitesi 4608 metrekaredir.

Bu kapasite, sadece 5 tezgahın Bıçenek kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.

İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

#### Serholing Kilim

4 tezgahta 12 saatte 12 kilim üretilebilmektedir.

1 kilim 2 metrekaredir.

12 kilim 24 metrekare eder.

Bu da saat başına 2 metrekare üretim demektir.

Normal mesaide 512 saatte 1024 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.

Ek mesaide 128 saatte 256 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.

Ekstra mesaide 128 saatte 256 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.

Periyot boyu Serholing kilim üretim kapasitesi 1536 metrekaredir.

Bu kapasite, sadece 4 tezgahın Serholing kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.

İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

#### Başçoban Kilim

1 tezgahta 12 saatte 9 kilim üretilebilmektedir.

1 kilim 2 metrekaredir.

9 kilim 18 metrekare eder.

Bu da saat başına 1,5 metrekare üretim demektir.

Normal mesaide 512 saatte 768 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.

Ek mesaide 128 saatte 192 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.  
 Ekstra mesaide 128 saatte 192 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.  
 Periyot boyu Başçoban kilim üretim kapasitesi 1152 metrekaredir.  
 Bu kapasite, sadece 1 tezgahın Başçoban kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

### 2'nci Üretim Periyodu:

#### Aşut Kilim

Periyotta 64 işgünü vardır.  
 Normal çalışma süresi 10 saattir.  
 Bu da periyot süresince 640 saate tekabül eder.  
 640 saatte 5760 metrekare Aşut kiliminin üretilebilmesi demektir.  
 Ek mesai 4 saattir.  
 Periyot boyunca 256 saat eder.  
 256 saatte 2304 metrekare Aşut kilimi üretilebilir.  
 Ekstra mesai 2 saattir.  
 Bu da periyot boyunca 128 saat eder.  
 128 saatte 1152 metrekare Aşut kilimi üretilebilir.  
 Periyot boyu Aşut kilim üretim kapasitesi 9216 metrekaredir.  
 Bu kapasite, sadece 2 tezgahın Aşut kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

#### Bıçenek Kilim

Normal mesaide 640 saatte 3840 metrekare Bıçenek kilimi üretilebilir.  
 Ek mesaide 256 saatte 1536 metrekare Bıçenek kilimi üretilebilir.  
 Ekstra mesaide 128 saatte 768 metrekare Bıçenek kilimi üretilebilir.  
 Periyot boyu Bıçenek kilim üretim kapasitesi 6144 metrekaredir.  
 Bu kapasite, sadece 5 tezgahın Bıçenek kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

#### Serholing Kilim

Normal mesaide 640 saatte 1280 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.

Ek mesaide 256 saatte 512 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.  
 Ekstra 128 saatte 256 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.  
 Periyot boyu Serholing kilim üretim kapasitesi 2048 metrekaredir.  
 Bu kapasite, sadece 4 tezgahın Serholing kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

### Başçoban Kilim

Normal mesaide 640 saatte 960 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.  
 Ek mesaide 256 saatte 384 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.  
 Ekstra mesaide 128 saatte 192 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.  
 Periyot boyu Başçoban kilim üretim kapasitesi 1536 metrekaredir.  
 Bu kapasite, sadece 1 tezgahın Başçoban kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

### 3'üncü Üretim Periyodu:

#### Aşut Kilim

Periyotta 64 işgünü vardır.  
 Normal çalışma süresi 12 saattir.  
 Bu da periyot süresince 768 saate tekabül eder.  
 768 saatte 6912 metrekare Aşut kiliminin üretilebilmesi demektir.  
 Ek mesai 4 saattir.  
 Periyot boyunca 256 saat eder.  
 256 saatte 2304 metrekare Aşut kilimi üretilebilir.  
 Ekstra mesai 2 saattir.  
 Bu da periyot boyunca 128 saat eder.  
 128 saatte 1152 metrekare Aşut kilimi üretilebilir.  
 Periyot boyu Aşut kilim üretim kapasitesi 10368 metrekaredir.  
 Bu kapasite, sadece 2 tezgahın Aşut kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

#### Bıçenek Kilim

Normal mesaide 768 saatte 4608 metrekare Bıçenek kilimi üretilebilir.

Ek mesaide 256 saatte 1536 metrekare Biçenek kilimi üretilebilir.  
 Ekstra mesaide 128 saatte 768 metrekare Biçenek kilimi üretilebilir.  
 Periyot boyu Biçenek kilim üretim kapasitesi 6912 metrekaredir.  
 Bu kapasite, sadece 5 tezgahın Biçenek kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

#### Serholing Kilim

Normal mesaide 768 saatte 1536 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.  
 Ek mesaide 256 saatte 512 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.  
 Ekstra mesaide 128 saatte 256 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.  
 Periyot boyu Serholing kilim üretim kapasitesi 2304 metrekaredir.  
 Bu kapasite, sadece 4 tezgahın Serholing kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

#### Başçoban Kilim

Normal mesaide 768 saatte 1152 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.  
 Ek mesaide 256 saatte 384 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.  
 Ekstra mesaide 128 saatte 192 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.  
 Periyot boyu Başçoban kilim üretim kapasitesi 1728 metrekaredir.  
 Bu kapasite, sadece 1 tezgahın Başçoban kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

#### 4'üncü Üretim Periyodu:

##### Aşut Kilim

Periyotta 64 işgünü vardır.  
 Normal çalışma süresi 24 saattir.  
 Bu da periyot süresince 1536 saate tekabül eder.  
 1536 saatte 13824 metrekare Aşut kiliminin üretilebilmesi demektir.  
 Ek ve ekstra mesai yoktur.  
 Bu kapasite, sadece 2 tezgahın Aşut kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.  
 İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

Biçenek Kilim

Normal mesaide 1536 saatte 9216 metrekare Biçenek kilimi üretilebilir.

Bu kapasite, sadece 5 tezgahın Biçenek kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.

İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

Serholing Kilim

Normal mesaide 1536 saatte 3072 metrekare Serholing kilimi üretilebilir.

Bu kapasite, sadece 4 tezgahın Serholing kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.

İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

Başçoban Kilim

Normal mesaide 1536 saatte 2304 metrekare Başçoban kilimi üretilebilir.

Bu kapasite, sadece 1 tezgahın Başçoban kilimi için ayrılması durumunda geçerlidir.

İşlerin diğer tezgahlara planlanması söz konusu değildir.

Fabrikanın, periyotlara göre, bütün çeşit ürünler dahil olmak üzere toplam üretim kapasitesi (m<sup>2</sup> cinsinden) tabloda gösterilmiştir.

**Çıgılı Kilim Fabrikası Toplam Üretim Kapasitesi**

<b>Çalışma Süresi</b> <b>Üretim periyodu</b>	<b>N</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>Toplam</b>
<b>P<sub>1</sub></b>	9472 m <sup>2</sup>	2368 m <sup>2</sup>	2368 m <sup>2</sup>	14208 m <sup>2</sup>
<b>P<sub>2</sub></b>	11840 m <sup>2</sup>	4736 m <sup>2</sup>	2368 m <sup>2</sup>	18944 m <sup>2</sup>
<b>P<sub>3</sub></b>	14208 m <sup>2</sup>	4736 m <sup>2</sup>	2368 m <sup>2</sup>	21312 m <sup>2</sup>
<b>P<sub>4</sub></b>	28416 m <sup>2</sup>	-	-	28416 m <sup>2</sup>
<b>Toplam</b>	63936 m <sup>2</sup>	11840 m <sup>2</sup>	7104 m <sup>2</sup>	82880

Fabrikanın üretimi gelen siparişler ve daha önceki satış verileri doğrultusunda olmaktadır. Siparişlerin büyük bir miktarı yıl başında verilmektedir. Alınan siparişlerin üretimine hemen geçilmekte, ara dönemlerde alınan siparişler ise planlanarak bulunan üretim periyoduna üretilmektedir. Fabrikanın 2007 yılı için aldığı siparişler tabloda gösterilmektedir.

### Çıgılı Kilim Fabrikasının Aldığı Sipariş Miktarları

Üretim/Sipariş Periyodu	Sipariş Miktarları
<b>P<sub>1</sub></b>	9000 m <sup>2</sup>
<b>P<sub>2</sub></b>	16000 m <sup>2</sup>
<b>P<sub>3</sub></b>	15000 m <sup>2</sup>
<b>P<sub>4</sub></b>	21000 m <sup>2</sup>
<b>Toplam Sipariş</b>	61000 m <sup>2</sup>

Ayrıca fabrika 2007 üretim yılına, geçen seneden elinde kalmış 99 adet (297 m<sup>2</sup>) Aşut, 291 adet (582 m<sup>2</sup>) Biçenek, 121 adet (363 m<sup>2</sup>) Serholing, 26 adet (52 m<sup>2</sup>) Başçoban Kilim (Toplam 537 Kilim olmak üzere, 1294 m<sup>2</sup>) ile girmiştir.

Üretim yılının sonunda ise, 2008 yılbaşından sonrası gelebilecek ani talepleri karşılamak amacıyla elinde 250 Aşut, 220 Biçenek, 150 Serholing, 50 adet de Başçoban Kilim olmak üzere, 670 adet kilim (toplam 1810 m<sup>2</sup>) olmasını istemektedir.

Fabrikanın periyotlara göre stok yapabilme imkanı olmakla birlikte periyotlar arası ortalama stok maliyeti (m<sup>2</sup>) başına %10 olmaktadır. Ayrıca fazla mesai olduğu zaman (ek mesai) maliyet (m<sup>2</sup>) başına %15 artmakta, ekstra fazla mesai için ise (m<sup>2</sup>) başına %20 artmaktadır.

İşçilerin ve işlerin tezgahlara atanması ya da siparişlere göre tezgah planlaması yapılması söz konusu değildir. Bu bilgiler ışığında, fabrikanın 2007 yılı üretimi, periyotlara göre en az maliyetle ne kadar olmalıdır?

## 61. Problemin Matematiksel Modeli

### 610. Problemin Yapısının İncelenmesi ve Maliyetlerin Hesaplanması

Model, bir olayla ilgili bilgi ya da düşüncelerin belirli kurallara bağlı olarak şekillendirilmesidir. Bir başka deyişle model, düşüncelerin matematiksel bir sistemle ifadesidir<sup>59</sup>.

Şimdi bu modeli kuralım:

Problemde, başlangıç stok miktarı da dahil olmak üzere beş üretim periyodu vardır. Başlangıç periyodu hariç, birinci, ikinci ve üçüncü periyotlar normal mesai sunum miktarı, ek mesai sunum miktarı ve ekstra mesai sunum miktarı olmak üzere üçer kısma sahiptirler.

Başlangıç periyodu, üretim periyodu gibi davranmakta fakat üretim miktarı daha önceki seneden kaldığı için üretim olmamaktadır. Son üretim periyodu olan dördüncü üretim periyodunda ise tam günlük bir üretim mesaisi olduğundan dolayı, diğer üç üretim periyodu gibi üretim alternatiflerine sahip değildir.

Fabrikaya gelen siparişler ise her periyot başına olmakla birlikte dört gurubu kapsamaktadır. Bunlara ek olarak, sene sonunda stoklanmak istenen üretim miktarı sipariş taşınması da, üretilip karşılanması gereken bir istem miktarı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu bilgiler ışığı altında problem 11 adet sunum merkezine, 5 adet istem merkezine sahip bir ulaştırma problemidir. Problemde dört çeşit kilim olup, bunların ayrı olarak ulaştırma probleminde modellenmesi olanaksızdır. Bu sebeple üretimi ( $m^2$ ) cinsinden ifade edersek, dört tip kilimin ortak gösterimini sağlayabiliriz. Birim maliyet olarak da, dört tip kilimin (3  $m^2$  olan bir Aşut Kilimin maliyeti 30 YTL, 3  $m^2$  olan Biçenek Kilimin 36 YTL, 2  $m^2$  olan Serholing Kilimin maliyeti 48 YTL, 2  $m^2$  olan Başçoban Kilimin maliyeti 58 YTL)  $m^2$  cinsinden maliyetini alırız ki bu değer de 17,2 YTL'dir.

---

<sup>59</sup> Zengin, *Türkiye’de Paketli Çay Dağıtımının Optimizasyonu (Ulaştırma Modeli)*, s.3

Bu hesaplama esnasında kilimlerin üretilme süreleri ve tezgah sayıları ihmal edilmiş, sadece metrekareler üzerinden ağırlıklı ortalama alınmıştır.

Bulunan bu değer doğrultusunda, stoklama maliyeti de dahil olmak üzere fabrikanın birim (m<sup>2</sup>) başına üretim maliyetleri tabloda gösterilmiştir.

### Çıgılı Kilim Fabrikasının Üretim Maliyetleri

Sipariş Periyotları		1	2	3	4	Üretim Sonu Stok Maliyetleri
Üretim Mesai						
<b>P=0</b>	<b>Başlangıç Stoğu</b>	0	1,72	3,44	5,16	6,88
<b>P=1</b>	<b>Normal Mesai</b>	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08
	<b>Ek Mesai</b>	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66
	<b>Ekstra Mesai</b>	20,64	22,36	24,08	25,8	27,52
<b>P=2</b>	<b>Normal Mesai</b>		17,2	18,92	20,64	22,36
	<b>Ek Mesai</b>		19,78	21,5	23,22	24,94
	<b>Ekstra Mesai</b>		20,64	22,36	24,08	25,8
<b>P=3</b>	<b>Normal Mesai</b>			17,2	18,92	20,64
	<b>Ek Mesai</b>			19,78	21,5	23,22
	<b>Ekstra Mesai</b>			20,64	22,36	24,08
<b>P=4</b>	<b>Normal Mesai</b>				17,2	18,92

(P=0) üretim periyodu olmamakla birlikte, geçen seneden bu seneye elimizde kalan stoğu temsil etmektedir. Bu stoğun üretim başlangıcı esnasında fabrikaya maliyeti (m<sup>2</sup>) başına “sıfır” olmakla birlikte, eğer diğer sipariş periyotlarında pazarlanmak üzere stoklanacak ise, her periyot için maliyeti %10'luk bir artışla değişecek, ikinci üretim periyodunda 1,72 YTL (17,2 YTL'nin %10'u), üçüncü üretim periyodunda 3,44 YTL, dördüncü üretim periyodunda 5,16 YTL olacaktır. Eğer bu stok sene sonu üretim stoğu için saklanacak ise maliyeti de 6,88 YTL olacaktır.

(P=1) periyodunda üç alternatif üretim programı olup, üretim maliyetleri farklılık arz etmektedir. Normal mesai üretim programında üretim maliyeti (m<sup>2</sup>) başına 17,2 YTL'dir.



Eğer bu programda üretilen üretim miktarı diğer üretim periyotlarında pazarlanacak ise birim maliyet her periyot için %10'luk bir artış gösterecek, ikinci üretim periyodunda 18,92 YTL, üçüncü üretim periyodunda 20,64 YTL, dördüncü üretim periyodunda 22,36 YTL olacaktır. Eğer bu dönemde üretilen miktarın tamamı veya kısmı sene sonunda stok olarak saklanacak ise birim maliyet 24,08 YTL olacaktır.

Ek mesai üretim programının uygulanması kararının alınması durumunda birim ( $m^2$ ) kilimin maliyeti normal mesaideki maliyete göre %15'lik bir artışla 19,78 YTL olacak ve bu programda üretilen miktarın tamamı veya bir kısmı diğer üretim periyotlarında pazarlanmak için stoklanacak ise birim maliyet her periyot için %10'luk bir artış gösterecek, ikinci üretim periyodunda birim maliyet 21,5 YTL, üçüncü üretim periyodunda 23,22 YTL, dördüncü üretim periyodunda 24,94 YTL, sene sonu stok olarak saklanacak ise 26,66 YTL olacaktır.

İstem durumuna göre eğer sunum miktarı bahsedilen iki üretim programıyla karşılanamıyorsa, son üretim programı olan ekstra mesai uygulanacak ve birim maliyeti normal mesaiye göre %20'lik bir artışla 20,64 YTL olacaktır.

Yine bu programda üretilen ürünün tamamı veya bir kısmı diğer üretim periyotlarında pazarlanmak üzere stoklanacak ise maliyet her periyot için %10'luk bir artış gösterecektir.

(P=2), (P=3) ve (P=4) üretim periyotları içinde birim maliyetteki artış birinci üretim periyodu gibi olmakta, yalnızca stoklama dönemi değişmektedir. Stok yapılacak ise stoklama dönemi ikinci periyot için dörde, üçüncü periyot için üçe, dördüncü periyot için ikiye düşecektir.

(P)'nci periyotta üretilen miktar bir sonraki veya diğer periyotlarda pazarlanabilmektir. Fakat (P)'nci periyotta üretilen ürün, (P-1)'inci periyotta pazarlanamamaktadır. Örneğin; (P=2) periyodunda üretilen ürün, birinci üretim periyodunda pazarlanmak için stoklanamaz.

Ayrıca herhangi bir üretim mesaisi tamamlanmadan ek mesai yapılamaz ve ek mesai süresi tamamlanmadan ekstra mesai yapılması söz konusu değildir.

## Arz-Talep Durumu ve Maliyetler

Sipariş Periyotları Üretim Mesaiyeri		1	2	3	4	Üretim Sonu Stok Maliyetleri	ARZ TOPLAMI
P=0	Başlangıç Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	1294
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	9472
	Ek Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	2368
	Ekstra Mesai	20,64	22,36	24,08	25,8	27,52	2368
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	11840
	Ek Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	4736
	Ekstra Mesai		20,64	22,36	24,08	25,8	2368
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	14208
	Ek Mesai			19,78	21,5	23,22	4736
	Ekstra Mesai			20,64	22,36	24,08	2368
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	28416
TALEP TOPLAMI		9000	16000	15000	21000	1810	84174 62810

### 611. Problemin Denklemlerle Ortaya Konması:

#### Amaç fonksiyonu:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^5 C_{ij}.X_{ij} \quad [(i=1,2,\dots,11) ; (j=1,2,\dots,5)]$$

Problemin yapısı gereği, geçmiş periyot stoklaması ve ilave mesai yapılmadan ekstra mesai yapılması mantıksız ve dolayısıyla yasaklanmıştır. Bu nedenle amaç fonksiyonunda bu bölümlere M gibi çok yüksek bir maliyet yüklenmiş ve ilgili değişkenlerin temel çözüme girme ihtimali önlenmiştir. Aşağıdaki ulaştırma tablosunda da ayrıca gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} Z_{\min} = 0. \quad & X_{1,1} + 1,72. \quad X_{1,2} + 3,44. \quad X_{1,3} + 5,16. \quad X_{1,4} + 6,88. \quad X_{1,5} \\ & + 17,2. \quad X_{2,1} + 18,92. \quad X_{2,2} + 20,64. \quad X_{2,3} + 22,36. \quad X_{2,4} + 24,08. \quad X_{2,5} \\ & + 19,78. \quad X_{3,1} + 21,5. \quad X_{3,2} + 23,22. \quad X_{3,3} + 24,94. \quad X_{3,4} + 26,66. \quad X_{3,5} \\ & + 20,64. \quad X_{4,1} + M. \quad X_{4,2} + M. \quad X_{4,3} + M. \quad X_{4,4} + 27,52. \quad X_{4,5} \\ & + M. \quad X_{5,1} + 17,2. \quad X_{5,2} + 18,92. \quad X_{5,3} + 20,64. \quad X_{5,4} + 22,36. \quad X_{5,5} \\ & + M. \quad X_{6,1} + 19,78. \quad X_{6,2} + 21,5. \quad X_{6,3} + 23,22. \quad X_{6,4} + 24,94. \quad X_{6,5} \\ & + M. \quad X_{7,1} + 20,64. \quad X_{7,2} + M. \quad X_{7,3} + M. \quad X_{7,4} + 25,8. \quad X_{7,5} \\ & + M. \quad X_{8,1} + M. \quad X_{8,2} + 17,2. \quad X_{8,3} + 18,92. \quad X_{8,4} + 20,64. \quad X_{8,5} \\ & + M. \quad X_{9,1} + M. \quad X_{9,2} + 19,78. \quad X_{9,3} + 21,5. \quad X_{9,4} + 23,22. \quad X_{9,5} \\ & + M. \quad X_{10,1} + M. \quad X_{10,2} + 20,64. \quad X_{10,3} + M. \quad X_{10,4} + 24,08. \quad X_{10,5} \\ & + M. \quad X_{11,1} + M. \quad X_{11,2} + M. \quad X_{11,3} + 17,2. \quad X_{11,4} + 18,92. \quad X_{11,5} \end{aligned}$$

#### Kısıtlar:

##### Sunum Kısıtları:

$$\begin{aligned} X_{1,1} + X_{1,2} + X_{1,3} + X_{1,4} + X_{1,5} & \leq 1294 \\ X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} + X_{2,4} + X_{2,5} & \leq 9472 \\ X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + X_{3,4} + X_{3,5} & \leq 2368 \\ X_{4,1} + X_{4,2} + X_{4,3} + X_{4,4} + X_{4,5} & \leq 2368 \\ X_{5,1} + X_{5,2} + X_{5,3} + X_{5,4} + X_{5,5} & \leq 11840 \end{aligned}$$

$$X_{6,1} + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{6,4} + X_{6,5} \leq 4736$$

$$X_{7,1} + X_{7,2} + X_{7,3} + X_{7,4} + X_{7,5} \leq 2368$$

$$X_{8,1} + X_{8,2} + X_{8,3} + X_{8,4} + X_{8,5} \leq 14208$$

$$X_{9,1} + X_{9,2} + X_{9,3} + X_{9,4} + X_{9,5} \leq 4736$$

$$X_{10,1} + X_{10,2} + X_{10,3} + X_{10,4} + X_{10,5} \leq 2368$$

$$X_{11,1} + X_{11,2} + X_{11,3} + X_{11,4} + X_{11,5} \leq 28416$$

### İstem Kısıtları:

$$X_{1,1} + X_{2,1} + X_{3,1} + X_{4,1} + X_{5,1} + X_{6,1} + X_{7,1} + X_{8,1} + X_{9,1} + X_{10,1} + X_{11,1} \leq 9000$$

$$X_{1,2} + X_{2,2} + X_{3,2} + X_{4,2} + X_{5,2} + X_{6,2} + X_{7,2} + X_{8,2} + X_{9,2} + X_{10,2} + X_{11,2} \leq 16000$$

$$X_{1,3} + X_{2,3} + X_{3,3} + X_{4,3} + X_{5,3} + X_{6,3} + X_{7,3} + X_{8,3} + X_{9,3} + X_{10,3} + X_{11,3} \leq 15000$$

$$X_{1,4} + X_{2,4} + X_{3,4} + X_{4,4} + X_{5,4} + X_{6,4} + X_{7,4} + X_{8,4} + X_{9,4} + X_{10,4} + X_{11,4} \leq 21000$$

$$X_{1,5} + X_{2,5} + X_{3,5} + X_{4,5} + X_{5,5} + X_{6,5} + X_{7,5} + X_{8,5} + X_{9,5} + X_{10,5} + X_{11,5} \leq 1810$$

### Pozitiflik Koşulu:

$$X_{ij} \geq 0 \quad [(i=1,2,\dots,11) ; (j=1,2,\dots,5)]$$

## **62. Problemin Dengelenmesi ve Ulaştırma Tablosunda Gösterilmesi:**

Problem 11 sunum merkezine, 5 istem merkezine sahip olmakla birlikte, bu sunum merkezlerinin toplam sunum miktarları, istem merkezlerinin toplam istem miktarlarına eşit değildir.

Problemi tabloda gösterebilmek için "arz ve talep miktarlarının toplamı birbirine eşittir" varsayımın gerçekleştirmemiz gerekmektedir. Toplam sunum miktarı; 84174 m<sup>2</sup>, toplam istem miktarı; 62810 m<sup>2</sup> olup, toplam sunum miktarı toplam istem miktarından büyüktür.

Bu durumda problemin ulaştırma tablosunda gösterilmesi esnasında bir "suni istem merkezi" oluşturmamız gerekmektedir.

Bu istem merkezinin birim taşıma maliyetleri de “sıfır” olacaktır. Sahip olduğu istem miktarını da toplam sunum miktarından toplam istem miktarı çıkarılarak bulunur (84174-62810=21364).

### Ulaştırma Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		X <sub>1,1</sub>	X <sub>1,2</sub>	X <sub>1,3</sub>	X <sub>1,4</sub>	X <sub>1,5</sub>	X <sub>1,6</sub>	
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
		X <sub>4,1</sub>	M	M	M	X <sub>4,5</sub>	X <sub>4,6</sub>	
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M	X <sub>5,2</sub>	X <sub>5,3</sub>	X <sub>5,4</sub>	X <sub>5,5</sub>	X <sub>5,6</sub>	
		M	X <sub>6,2</sub>	X <sub>6,3</sub>	X <sub>6,4</sub>	X <sub>6,5</sub>	X <sub>6,6</sub>	
		M	X <sub>7,2</sub>	M	M	X <sub>7,5</sub>	X <sub>7,6</sub>	
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M	X <sub>8,3</sub>	X <sub>8,4</sub>	X <sub>8,5</sub>	X <sub>8,6</sub>	
		M	M	X <sub>9,3</sub>	X <sub>9,4</sub>	X <sub>9,5</sub>	X <sub>9,6</sub>	
		M	M	X <sub>10,3</sub>	M	X <sub>10,5</sub>	X <sub>10,6</sub>	
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M	X <sub>11,4</sub>	X <sub>11,5</sub>	X <sub>11,6</sub>	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

### 63. Problemin Ulaştırma Algoritmasına Göre Çözümü

Problemin ulaştırma algoritması ile çözümüne öncelikle başlangıç çözüm yöntemleriyle başlanmalıdır. Bahsedilen dört yöntemle çıkan çözümün optimallığını kontrol edebilmek için de çözümlerin temel kabul edilebilir olması gerekmektedir. Bu da her çözümün sonunda  $(m+n-1)$  adet değişken olması anlamına gelmektedir.. Problemde de 11 sunum merkezi ve 6 istem merkezi bulunmaktadır. Sonuçta temel kabul edilebilir çözümlerin  $(11+6-1) = 16$  adet çözüm değişkenine sahip olması gerekmektedir. Normalde istem merkezi sayısı 5 adet olmakla birlikte, problemi dengelemek için ulaştırma tablosunda yapay bir istem merkezi yaratılarak istem merkezi sayısı 6'ya çıkartılmıştır. Problem başlangıç çözüm teknikleri ile çözüldükten sonra, ortaya çıkan çözümlerin "atlama taşı yöntemi" veya "basitleştirilmiş dağıtım yöntemi" yardımıyla optimal olması sağlanmaktadır. Bu birim taşıma maliyetlerinin hesaplamalara alınması sonucu değiştirmemektedir. Fakat optimal çözüme ulaşmak için yapılan iterasyonlarda hesaplama işlemi artmakta ve ek zaman gerektirmektedir. Sonuçta yapay istem merkezi hücrelerinde gözükecek olan dağıtımlar, fabrikanın hangi periyotta, ne kadar bir atıl kapasiteye sahip olduğunu ifade edecektir. Bizim için maliyet olarak bir anlamı yoktur.

*Problem çözümleri elle yapılmıştır. Ancak değişken sayısının artması durumunda paket program kullanılacağı açıktır. Bu nedenle aynı problem Lindo paket programı ile de çözülmüş ve bir anlamda sağlaması da yapılmıştır. Excel'le çözüm tekniği de incelenmiştir.*

Problemin başlangıç çözümleri şu yöntemlere göre yapılmıştır:

- a. Kuzey batı köşe yöntemi
- b. En az maliyetli hücrelere dağıtım yöntemi
- c. Sıra en küçüğü kullanım yöntemi
- d. Sütun en küçüğü kullanım yöntemi
- e. Russell yöntemi
- f. Vogel'in yaklaşım yöntemi
- g. En yüksek talebe en düşük maliyet yöntemi
- h. En yüksek arza en düşük maliyet yöntemi

### 630. Problemin Kuzey Batı Köşe Yöntemine Göre Çözümü

Bu yöntem ilk defa George B. Dantzig tarafından ortaya atılmış olup A.Charnes ve W.W. Cooper tarafından geliştirilmiştir<sup>60</sup>. Dağıtım tablonun en sol ve en üst hücresiyle başlanır ve doyurulma işlemi iterasyonlarda görüldüğü üzere güneydoğuya doğru gider.

#### Kuzeybatı Köşe Yöntemi - İterasyon: 1

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

<sup>60</sup> Zengin, *Türkiye’de Paketli Çay Dağıtımının Optimizasyonu (Ulaştırma Modeli)*, s.7

## Kuzeybatı Köşe Yöntemi - İterasyon: 2

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M			
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M				
İstem Miktarı		7706	16000	15000	21000	1810	21364	84174



## Kuzeybatı Köşe Yöntemi - İterasyon: 3

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	1766
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M			
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M				
İstem Miktarı		0	16000	15000	21000	1810	21364	84174

İşlem 17 iterasyonda tamamlanarak aşağıdaki çözüme ulaşılmıştır.

**Kuzeybatı Köşe Yöntemi Çözüm Tablosu**

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766					
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	
		2368						
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M	1810	558	
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M	11840					
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	
	M	26	4710					
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M		2368	
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M	10290	3918			
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	
	M	M		4736				
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M		2368	
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M	12346		16070	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$X_{1,1}$	= 1294
$X_{2,1}$	= 7706
$X_{2,2}$	= 1766
$X_{3,2}$	= 2368
$X_{4,5}$	= 1810
$X_{4,6}$	= 558
$X_{5,2}$	= 11840
$X_{6,2}$	= 26
$X_{6,3}$	= 4710
$X_{7,6}$	= 2368
$X_{8,3}$	= 10290
$X_{8,4}$	= 3918
$X_{9,4}$	= 4736
$X_{10,6}$	= 2368
$X_{11,4}$	= 12346
$X_{11,6}$	= 16070

Problemin, kuzeybatı köşe yöntemine göre çözümünde 16 adet değişken ortaya çıkmıştır ( $m+n-1=11+6-1=16$ ). Bu da çözümün "**temel kabul edilebilir bir çözüm**" olduğunu göstermektedir.

### Toplam Üretim:

Suni istem merkezi için ayrılan miktarlar üretilmez.  $X_{4,6}$  ,  $X_{7,6}$  ,  $X_{10,6}$  ,  $X_{11,6}$  kukla istem merkezi için ayrılan miktarlar olup toplamları atıl kapasiteyi gösterir ( $21364 \text{ m}^2$  ).  $X_{1,1}$  ise bir önceki yıldan kalan stok olup toplam üretim içerisinde gösterilmiştir. Bu duruma göre kuzeybatı köşe yöntemi uygulandığında toplam üretim şu şekilde bulunmuştur:

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{Kuzeybatı}} = & X_{1,1} + X_{2,1} + X_{2,2} + X_{3,2} + X_{4,5} + X_{5,2} \\ & + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{8,3} + X_{8,4} + X_{9,4} + X_{11,4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{Kuzeybatı}} = & 1294 + 7706 + 1766 + 2368 + 1810 + 11840 \\ & + 26 + 4710 + 10290 + 3918 + 4736 + 12346 \\ = & 62810 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Toplam Maliyet:

Sıfır maliyetli hücelere dağıtım yapılmış olsa dahi maliyet oluşturmayacağından aşağıdaki işlemlerde gösterilmemiştir.

Kuzeybatı köşe yöntemi uygulandığında toplam maliyet aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

$$TM_{\text{Kuzeybatı}} = C_{2,1} \cdot X_{2,1} + C_{2,2} \cdot X_{2,2} + C_{3,2} \cdot X_{3,2} + C_{4,5} \cdot X_{4,5} + C_{5,2} \cdot X_{5,2} + C_{6,2} \cdot X_{6,2} \\ + C_{6,3} \cdot X_{6,3} + C_{8,3} \cdot X_{8,3} + C_{8,4} \cdot X_{8,4} + C_{9,4} \cdot X_{9,4} + C_{11,4} \cdot X_{11,4}$$

$$TM_{\text{Kuzeybatı}} = 17,2.7706 + 18,92.1766 + 21,5.2368 + 27,52.1810 \\ + 17,2.11840 + 19,78.26 + 21,5.4710 + 17,2.10290 \\ + 18,92.3918 + 21,5.4736 + 17,2.12346 \\ = 1137398,16 \text{ YTL}$$

(Bir milyon yüzotuzyed bin üçyüzdoksansekiz YTL onaltı YKRŞ)

**631. Problemin En Az Maliyetli Hücelere Dağıtım Yöntemine Göre Çözümü**

En az maliyetli hücelere dağıtım yönteminde, dağıtım en az maliyetli hücelere yapılacaktır. Bu sebeple suni istem merkezinin sahip olduğu hücelere öncelikle dağıtımın yapılacağı hücelere gibi gözükmektedir. Fakat bu hücelere yapılacak dağıtım, hata olmamakla birlikte, çıkan sonucun optimalliğine varılmasında daha fazla hesaplama gerektirecektir. Bundan dolayı öncelikli dağıtım maliyeti en az olan diğer hücelere yapılmıştır.

Eş maliyetli hücelere için yapılacak dağıtımlarda öncelik en fazla dağıtım yapılabilecek hücre olarak seçilmiştir. Yönteme göre iterasyonlarda olduğu gibi devam edilmiştir.

## En Az Maliyetli Hücelere Dağıtım Yöntemi - İterasyon: 1

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M			
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M				
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## En Az Maliyetli Hücelere Dağıtım Yöntemi - İterasyon: 2

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
İstem Miktarı		7706	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## En Az Maliyetli Hücelere Dağıtım Yöntemi - İterasyon: 3

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	7416
İstem Miktarı		7706	16000	15000	0	1810	21364	84174

İşlem 17 iterasyonda tamamlanarak aşağıdaki çözüme ulaşılmıştır.

### En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yöntemi Çözüm Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766					
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	
						2368	2368	
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M		2368	
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M	11840					
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	
			2394				2342	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M		2368	
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M	14208				
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	
		M	M	792			3944	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M		2368	
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M	21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174



$$X_{1,1} = 1294$$

$$X_{2,1} = 7706$$

$$X_{2,2} = 1766$$

$$X_{3,6} = 2368$$

$$X_{4,6} = 2368$$

$$X_{5,2} = 11840$$

$$X_{6,2} = 2394$$

$$X_{6,6} = 2342$$

$$X_{7,6} = 2368$$

$$X_{8,3} = 14208$$

$$X_{9,3} = 792$$

$$X_{9,6} = 3944$$

$$X_{10,6} = 2368$$

$$X_{11,4} = 21000$$

$$X_{11,5} = 1810$$

$$X_{11,6} = 5606$$

Problemin, en az maliyetli hücreler yöntemine göre çözümünde 16 adet değişken ortaya çıkmıştır ( $m+n-1=11+6-1=16$ ). Bu da çözümün "**temel kabul edilebilir bir çözüm**" olduğunu göstermektedir.

### Toplam Üretim:

Suni istem merkezi için ayrılan miktarlar üretilmez.  $X_{3,6}$ ,  $X_{4,6}$ ,  $X_{6,6}$ ,  $X_{7,6}$ ,  $X_{9,6}$ ,  $X_{10,6}$ ,  $X_{11,6}$  kukla istem merkezi için ayrılan miktarlar olup toplam atıl kapasiteyi gösterir ( $21364 \text{ m}^2$ ).  $X_{1,1}$  ise bir önceki yıldan kalan stok olup toplam üretim içerisinde gösterilmiştir. Bu duruma göre en az maliyetli hücreler yöntemi uygulandığında toplam üretim şu şekilde bulunmuştur:

$$T\ddot{U}_{\text{EnAzMaliyetliHücreler}} = X_{1,1} + X_{2,1} + X_{2,2} + X_{5,2} + X_{6,2} + X_{8,3} + X_{9,3} + X_{11,4} + X_{11,5}$$

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{EnAzMaliyetliHücreler}} &= 1294+7706+1766+11840+2394+14208+792+21000+1810 \\ &= 62810 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Toplam Maliyet:

Sıfır maliyetli hücrelere dağıtım yapılmış olsa dahi maliyet oluşturmayacağından aşağıdaki işlemlerde gösterilmemiştir. En az maliyetli hücreler yönteminde toplam maliyet aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

$$TM_{\text{EnAzMaliyetliHücreler}} = C_{2,1} \cdot X_{2,1} + C_{2,2} \cdot X_{2,2} + C_{5,2} \cdot X_{5,2} + C_{6,2} \cdot X_{6,2} \\ + C_{8,3} \cdot X_{8,3} + C_{9,3} \cdot X_{9,3} + C_{11,4} \cdot X_{11,4} + C_{11,5} \cdot X_{11,5}$$

$$TM_{\text{EnAzMaliyetliHücreler}} = 17,2.7706 + 18,92.1766 + 17,2.11840 + 19,78.2394 \\ + 17,2.14208 + 19,78.792 + 17,2.21000 + 18,92.1810 \\ = 1072445,80 \text{ YTL}$$

(Bir milyon yetmişiki bin dörtüzkırkbeş YTL seksen YKRŞ)

**632. Problemin Sıra En Küçüğü Kullanım Yöntemine Göre Çözümü**

Sıra en küçüğü yöntemine göre önce birinci sıradaki en küçük maliyetli gözeve sıra ve sütun şartlarına bağlı kalarak en büyük ayırım yapılır. Eğer birinci sıra şartı doyurulamamış ise, sırada bir sonraki en küçük maliyetli gözeve kalan miktar dağıtılır. Böylece her defasında bir alt sıraya geçilerek aynı işlem yapılır ve her sıra ve sütun miktarı doyurularak tüm ayırımlar yapılır.

Sütun en küçüğü kullanımı yöntemindeki işlemlerde sıra en küçüğü yönteminin hemen hemen aynıdır. Ancak burada birinci sütundan başlanarak gerekli dağıtımlar yapılır.

Ulaştırma tablosunda men edilmiş yollar varsa satırların veya sütunların doyurulamaması gibi bir durum oluşabileceğinden suni istem ya da sunum merkezleri maliyetleri sıfır olduğu halde öncelikle tercih edilmemeli, kalan miktar olduğunda doyurulmalıdır.

## Sıra En Küçüğü Yöntemi - İterasyon: 1

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## Sıra En Küçüğü Yöntemi - İterasyon: 2

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706						
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M			
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M						
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M					
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M				
İstem Miktarı		7706	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## Sıra En Küçüğü Yöntemi - İterasyon: 3

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	1766
		7706	1766					
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M			
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M						
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M					
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M				
İstem Miktarı		0	16000	15000	21000	1810	21364	84174

İşlem 17 iterasyonda tamamlanarak aşağıdaki çözüme ulaşılmıştır.

**Sıra En Küçüğü Kullanımı Yöntemi Çözüm Tablosu**

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766					
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M	1810	558	
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M	11840					
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M		2368	
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M	10290	3918			
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M		2368	
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M	12346		16070	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$$X_{1,1} = 1294$$

$$X_{2,1} = 7706$$

$$X_{2,2} = 1766$$

$$X_{3,2} = 2368$$

$$X_{4,5} = 1810$$

$$X_{4,6} = 558$$

$$X_{5,2} = 11840$$

$$X_{6,2} = 26$$

$$X_{6,3} = 4710$$

$$X_{7,6} = 2368$$

$$X_{8,3} = 10290$$

$$X_{8,4} = 3918$$

$$X_{9,4} = 4736$$

$$X_{10,6} = 2368$$

$$X_{11,4} = 12346$$

$$X_{11,6} = 16070$$

Problemin, sıra en küçüğü yöntemine göre çözümünde 16 adet değişken ortaya çıkmıştır ( $m+n-1=11+6-1=16$ ). Bu da çözümün "**temel kabul edilebilir bir çözüm**" olduğunu göstermektedir.

### Toplam Üretim:

Suni istem merkezi için ayrılan miktarlar üretilmez.  $X_{4,6}$ ,  $X_{7,6}$ ,  $X_{10,6}$ ,  $X_{11,6}$  kukla istem merkezi için ayrılan miktarlar olup toplamları atıl kapasiteyi gösterir ( $21364 \text{ m}^2$ ).  $X_{1,1}$  ise bir önceki yıldan kalan stok olup toplam üretim içerisinde gösterilmiştir. Bu duruma göre sıra en küçüğü yöntemi uygulandığında toplam üretim şu şekilde bulunmuştur:

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{SıraEnKüçüğü}} = & X_{1,1} + X_{2,1} + X_{2,2} + X_{3,2} + X_{4,5} + X_{5,2} \\ & + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{8,3} + X_{8,4} + X_{9,4} + X_{11,4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{SıraEnKüçüğü}} = & 1294 + 7706 + 1766 + 2368 + 1810 + 11840 \\ & + 26 + 4710 + 10290 + 3918 + 4736 + 12346 \\ = & 62810 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Toplam Maliyet:

Sıfır maliyetli hücrelere dağıtım yapılmış olsa dahi maliyet oluşturmayacağından aşağıdaki işlemlerde gösterilmemiştir.

Sıra en küçüğü yöntemi uygulandığında toplam maliyet aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

$$TM_{\text{SıraEnKüçüğü}} = C_{2,1} \cdot X_{2,1} + C_{2,2} \cdot X_{2,2} + C_{3,2} \cdot X_{3,2} + C_{4,5} \cdot X_{4,5} + C_{5,2} \cdot X_{5,2} + C_{6,2} \cdot X_{6,2} \\ + C_{6,3} \cdot X_{6,3} + C_{8,3} \cdot X_{8,3} + C_{8,4} \cdot X_{8,4} + C_{9,4} \cdot X_{9,4} + C_{11,4} \cdot X_{11,4}$$

$$TM_{\text{SıraEnKüçüğü}} = 17,2.7706 + 18,92.1766 + 21,5.2368 + 27,52.1810 \\ + 17,2.11840 + 19,78.26 + 21,5.4710 + 17,2.10290 \\ + 18,92.3918 + 21,5.4736 + 17,2.12346 \\ = 1137398,16 \text{ YTL}$$

(Bir milyon yüzotuzyediyedi bin üçyüzdoksansekiz YTL onaltı YKRŞ)

Problemin yapısı gereği sıra en küçüğü yöntemi, kuzeybatı köşe yöntemi ile aynı sonucu vermiştir. Ancak her zaman bu sonucun doğacağı kabul edilmemelidir.



## 633. Problemin Sütun En Küçüğü Kullanım Yöntemine Göre Çözümü

## Sütun En Küçüğü Yöntemi - İterasyon: 1

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M			
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M				
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## Sütun En Küçüğü Yöntemi - İterasyon: 2

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
İstem Miktarı		7706	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## Sütun En Küçüğü Yöntemi - İterasyon: 3

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	1766
		7706						
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M			
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M	11840					
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M					
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M				
İstem Miktarı		0	16000	15000	21000	1810	21364	84174

İşlem 17 iterasyonda tamamlanarak aşağıdaki çözüme ulaşılmıştır.

**Sütun En Küçüğü Kullanımı Yöntemi Çözüm Tablosu**

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766					
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	
						2368		2368
Ekstra Mesai	20,64				27,52	0		
			M	M	M		2368	
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M	11840					
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	
						2342		4736
Ekstra Mesai		20,64			25,8	0		
		M		M	M		2368	
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M	14208				
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	
						3944		4736
Ekstra Mesai			20,64		24,08	0		
		M	M		M		2368	
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
					21000	1810	5606	
		M	M	M				
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$$X_{1,1} = 1294$$

$$X_{2,1} = 7706$$

$$X_{2,2} = 1766$$

$$X_{3,6} = 2368$$

$$X_{4,6} = 2368$$

$$X_{5,2} = 11840$$

$$X_{6,2} = 2394$$

$$X_{6,6} = 2342$$

$$X_{7,6} = 2368$$

$$X_{8,3} = 14208$$

$$X_{9,3} = 792$$

$$X_{9,6} = 3944$$

$$X_{10,6} = 2368$$

$$X_{11,4} = 21000$$

$$X_{11,5} = 1810$$

$$X_{11,6} = 5606$$

Problemin, sütun en küçüğü yöntemine göre çözümünde 16 adet değişken ortaya çıkmıştır ( $m+n-1=11+6-1=16$ ). Bu da çözümün "**temel kabul edilebilir bir çözüm**" olduğunu göstermektedir.

### Toplam Üretim:

Suni istem merkezi için ayrılan miktarlar üretilmez.  $X_{3,6}$ ,  $X_{4,6}$ ,  $X_{6,6}$ ,  $X_{7,6}$ ,  $X_{9,6}$ ,  $X_{10,6}$ ,  $X_{11,6}$  kukla istem merkezi için ayrılan miktarlar olup toplamaları atıl kapasiteyi gösterir ( $21364 \text{ m}^2$ ).  $X_{1,1}$  ise bir önceki yıldan kalan stok olup toplam üretim içerisinde gösterilmiştir. Bu duruma göre sütun en küçüğü yöntemi uygulandığında toplam üretim şu şekilde bulunmuştur:

$$T\ddot{U}_{\text{SütunEnKüçüğü}} = X_{1,1} + X_{2,1} + X_{2,2} + X_{5,2} + X_{6,2} + X_{8,3} + X_{9,3} + X_{11,4} + X_{11,5}$$

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{SütunEnKüçüğü}} &= 1294+7706+1766+11840+2394+14208+792+21000+1810 \\ &= 62810 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Toplam Maliyet:

Sıfır maliyetli hücrelere dağıtım yapılmış olsa dahi maliyet oluşturmayacağından aşağıdaki işlemlerde gösterilmemiştir.

Sütun en küçüğü yönteminde toplam maliyet aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

$$TM_{\text{SütunEnKüçüğü}} = C_{2,1} \cdot X_{2,1} + C_{2,2} \cdot X_{2,2} + C_{5,2} \cdot X_{5,2} + C_{6,2} \cdot X_{6,2} \\ + C_{8,3} \cdot X_{8,3} + C_{9,3} \cdot X_{9,3} + C_{11,4} \cdot X_{11,4} + C_{11,5} \cdot X_{11,5}$$

$$TM_{\text{SütunEnKüçüğü}} = 17,2.7706 + 18,92.1766 + 17,2.11840 + 19,78.2394 \\ + 17,2.14208 + 19,78.792 + 17,2.21000 + 18,92.1810 \\ = 1072445,80 \text{ YTL}$$

(Bir milyon yetmişiki bin dörtyüzkırkbeş YTL seksen YKRŞ)

Problemin yapısı gereği sütun en küçüğü yöntemi, en az maliyetli hücreler yöntemi ile aynı sonucu vermiştir. Ancak her zaman bu sonucun doğacağı kabul edilmemelidir.

### 634. Problemin Russell Yöntemine Göre Çözümü

Sayfa 30'da açıklandığı gibi uygulanmış ve aynı sayfada açıklandığı nedenle iterasyonlar gösterilmemiştir. İşlem 17 iterasyonda tamamlanarak aşağıdaki çözüme ulaşılmıştır.

**Russell Yöntemi Çözüm Tablosu**

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
P=1	Normal Mesai	17,2 9000	18,92 472	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22 2368	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64	M	M	M	27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai	M	17,2 11840	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai	M	19,78 1320	21,5 3416	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai	M	20,64 2368	M	M	25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2 2112	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai	M	M	19,78 4736	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai	M	M	20,64 2368	M	24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai	M	M	M	17,2 21000	18,92 1810	0 5606	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$$X_{1,6} = 1294$$

$$X_{2,1} = 9000$$

$$X_{2,2} = 472$$

$$X_{3,3} = 2368$$

$$X_{4,6} = 2368$$

$$X_{5,2} = 11840$$

$$X_{6,2} = 1320$$

$$X_{6,3} = 3416$$

$$X_{7,2} = 2368$$

$$X_{8,3} = 2112$$

$$X_{8,6} = 12096$$

$$X_{9,3} = 4736$$

$$X_{10,3} = 2368$$

$$X_{11,4} = 21000$$

$$X_{11,5} = 1810$$

$$X_{11,6} = 5606$$

Problemin, Russell yöntemine göre çözümünde 16 adet değişken ortaya çıkmıştır ( $m+n-1=11+6-1=16$ ). Bu da çözümün "**temel kabul edilebilir bir çözüm**" olduğunu göstermektedir.

### Toplam Üretim:

Suni istem merkezi için ayrılan miktarlar üretilmez.  $X_{1,6}$ ,  $X_{4,6}$ ,  $X_{8,6}$ ,  $X_{11,6}$  kukla istem merkezi için ayrılan miktarlar olup toplamları atıl kapasiteyi gösterir ( $21364 \text{ m}^2$ ).  $X_{1,1}$  ise bir önceki yıldan kalan stok olduğu halde yapay istem merkezine ayrılmıştır. Başlangıç çözümü olduğu için kabul edilebilir. Bu duruma göre Russell yöntemi uygulandığında toplam üretim şu şekilde bulunmuştur:

$$T\ddot{U}_{\text{Russell}} = X_{2,1} + X_{2,2} + X_{3,3} + X_{5,2} + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{7,2} + X_{8,3} + X_{9,3} + X_{10,3} + X_{11,4} + X_{11,5}$$

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{Russell}} &= 9000 + 472 + 2368 + 11840 + 1320 + 3416 + 2368 + 2112 + 4736 + 2368 + 21000 + 1810 \\ &= 62810 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



Toplam Maliyet:

Sıfır maliyetli hücelere dağıtım yapılmış olsa dahi maliyet oluşturmayacağından aşağıdaki işlemlerde gösterilmemiştir. Russell yöntemi uygulandığında toplam maliyet aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 TM_{\text{Russell}} &= C_{2,1} \cdot X_{2,1} + C_{2,2} \cdot X_{2,2} + C_{3,3} \cdot X_{3,3} + C_{5,2} \cdot X_{5,2} \\
 &\quad + C_{6,2} \cdot X_{6,2} + C_{6,3} \cdot X_{6,3} + C_{7,2} \cdot X_{7,2} + C_{8,3} \cdot X_{8,3} \\
 &\quad + C_{9,3} \cdot X_{9,3} + C_{10,3} \cdot X_{10,3} + C_{11,4} \cdot X_{11,4} + C_{11,5} \cdot X_{11,5} \\
 TM_{\text{Russell}} &= 17,2.9000 + 18,92.472 + 23,22.2368 + 17,2.11840 \\
 &\quad + 19,78.1320 + 21,5.3416 + 20,64.2368 + 17,2.2112 \\
 &\quad + 19,78.4736 + 20,64.2368 + 17,2.21000 + 18,92.1810 \\
 &= 1145117,52 \text{ YTL}
 \end{aligned}$$

(Bir milyon yüz kırkbeş bin yüz yedi YTL eliiki YKRŞ)

**635. Problemin Vogel'in Yaklaşımı Yöntemine Göre Çözümü**

Her satıra ve sütuna ait en az maliyet ve bir sonraki en az maliyetler seçilir ve farklarının mutlak değerleri satır ve sütun pişmanlık değerleri olarak tabloya kaydedilir. "Pişmanlık değerleri" en az maliyetli hücelere dağıtım yapılmamasından kaynaklanan değerleri simgeler. Bu sebeple suni istem merkezine ait olan "sıfır" değerli hücrelerin hepsine dağıtım yapılması zorunluluğu doğar. Fakat bu hücrelerin hesaplama da maliyet olarak bir anlamları olmadığından dolayı satır ve sütun pişmanlık değerlerinin hesaplanmasında kullanılması hem zaman kaybına hem de optimal sonuçtan uzaklaşmamıza sebep olur. Bu nedenle satır ve sütun pişmanlık değerlerinin hesaplanmasında bu hücreler dikkate alınmamıştır. Pişmanlık değerleri arasında en büyük olan değer bulunduğü sütundaki (satırdaki) en az maliyete sahip hücreye dağıtım yapılır. Devam eden iterasyonlarda tabloda satır ve sütun gereksinimi doyorulmuş olan satır veya sütunun diğeri dağıtım planındaki tabloya geçildiğü zaman çıkarılmış olması gerekmektedir. Bu sebeple çözüm esnasında bu gösterimi sağlamak için, doyorulmuş satır veya sütun birim taşıma maliyetleri "sıfır" olarak gösterilmiştir. Dağıtımın sonuna gelindiğünde sunum miktarları artmış, istem miktarları doyorulmuş olacaktır. Bu sebeple artan sunum miktarlarını tabloda daha önceden oluşturduğumuz suni istem merkezine atayarak, bütün sunum ve istem miktarları doyorulur.

## Vogel Yöntemi - İterasyon: 1

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	17,20 - 0 = 17,20	17,20 - 1,72 = 15,48	17,20 - 3,44 = 13,76	17,20 - 5,16 = 12,04	18,92 - 6,88 = 12,04	0	Sunum Miktarı
1,72-0=1,72	0	17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	1294
18,92-17,20=1,72	1294	17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
21,50-19,78=1,72	19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368	
22,36-20,64=1,72	20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368	
18,92-17,20=1,72	M	17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840	
21,50-19,78=1,72	M	19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736	
22,36-20,64=1,72	M	20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368	
18,92-17,20=1,72	M	M	17,20	18,92	20,64	0	14208	
21,50-19,78=1,72	M	M	19,78	21,50	23,22	0	4736	
22,36-20,64=1,72	M	M	20,64	22,36	24,08	0	2368	
18,92-17,20=1,72	M	M	M	17,20	18,92	0	28416	
İstem Miktarı	9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174	

## Vogel Yöntemi - İterasyon: 2

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	19,78 - 17,20 = 2,58	18,92 - 17,20 = 1,72	18,92 - 17,20 = 1,72	18,92 - 17,20 = 1,72	20,64 - 18,92 = 1,72	0	Sunum Miktarı
0		0	0	0	0	0	0	0
	1294							
18,92-17,20=1,72	7706	17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
21,50-19,78=1,72		19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368
22,36-20,64=1,72		20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368
			M	M	M			
18,92-17,20=1,72	M		17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840
21,50-19,78=1,72	M		19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736
22,36-20,64=1,72	M		20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368
				M	M			
18,92-17,20=1,72	M	M		17,20	18,92	20,64	0	14208
21,50-19,78=1,72	M	M		19,78	21,50	23,22	0	4736
22,36-20,64=1,72	M	M		20,64	22,36	24,08	0	2368
					M			
18,92-17,20=1,72	M	M	M		17,20	18,92	0	28416
İstem Miktarı	7706	16000	15000	21000	1810	21364	84174	

## Vogel Yöntemi - İterasyon: 3

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	0	18,92 - 17,20 = 1,72	18,92 - 17,20 = 1,72	18,92 - 17,20 = 1,72	20,64 - 18,92 = 1,72	0	Sunum Miktarı
0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1294							
20,64-18,92=1,72	0	18,92	20,64	22,36	24,08	0	1766	
	7706							
23,22-21,50=1,72	0	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368	
24,08-22,36=1,72	0	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368	
		M	M	M				
18,92-17,20=1,72	M	17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840	
21,50-19,78=1,72	M	19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736	
22,36-20,64=1,72	M	20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368	
			M	M				
18,92-17,20=1,72	M	M	17,20	18,92	20,64	0	14208	
21,50-19,78=1,72	M	M	19,78	21,50	23,22	0	4736	
22,36-20,64=1,72	M	M	20,64	22,36	24,08	0	2368	
				M				
18,92-17,20=1,72	M	M	M	17,20	18,92	0	28416	
				21000				
İstem Miktarı	0	16000	15000	21000	1810	21364	84174	

İşlem 17 iterasyonda tamamlanarak aşağıdaki çözüme ulaşılmıştır.

### Vogel Yöntemi Çözüm Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766					
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M		2368	
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M	4762				7078	
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M	2368	M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M	7896			6312	
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M	2368	M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M	21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$$X_{1,1} = 1294$$

$$X_{2,1} = 7706$$

$$X_{2,2} = 1766$$

$$X_{3,2} = 2368$$

$$X_{4,6} = 2368$$

$$X_{5,2} = 4762$$

$$X_{5,6} = 7078$$

$$X_{6,2} = 4736$$

$$X_{7,2} = 2368$$

$$X_{8,3} = 7896$$

$$X_{8,6} = 6312$$

$$X_{9,3} = 4736$$

$$X_{10,3} = 2368$$

$$X_{11,4} = 21000$$

$$X_{11,5} = 1810$$

$$X_{11,6} = 5606$$

Problemin, Vogel yöntemine göre çözümünde 16 adet değişken ortaya çıkmıştır ( $m+n-1=11+6-1=16$ ). Bu da çözümün "**temel kabul edilebilir bir çözüm**" olduğunu göstermektedir.

### Toplam Üretim:

Suni istem merkezi için ayrılan miktarlar üretilmez.  $X_{4,6}$ ,  $X_{5,6}$ ,  $X_{8,6}$ ,  $X_{11,6}$  kukla istem merkezi için ayrılan miktarlar olup toplamları atıl kapasiteyi gösterir ( $21364 \text{ m}^2$ ).  $X_{1,1}$  ise bir önceki yıldan kalan stok olup toplam üretim içerisinde gösterilmiştir. Bu duruma göre Vogel yöntemi uygulandığında toplam üretim şu şekilde bulunmuştur:

$$T\ddot{U}_{\text{Vogel}} = X_{1,1} + X_{2,1} + X_{2,2} + X_{3,2} + X_{5,2} + X_{6,2} + X_{7,2} + X_{8,3} + X_{9,3} + X_{10,3} + X_{11,4} + X_{11,5}$$

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{Vogel}} &= 1294 + 7706 + 1766 + 2368 + 4762 + 4736 + 2368 + 7896 + 4736 + 2368 + 21000 + 1810 \\ &= 62810 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Toplam Maliyet:

Sıfır maliyetli hücelere dağıtım yapılmış olsa dahi maliyet oluşturmayacağından aşağıdaki işlemlerde gösterilmemiştir.

Vogel yöntemi uygulandığında toplam maliyet aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

$$\begin{aligned} TM_{Vogel} = & C_{2,1} \cdot X_{2,1} + C_{2,2} \cdot X_{2,2} + C_{3,2} \cdot X_{3,2} + C_{5,2} \cdot X_{5,2} \\ & + C_{6,2} \cdot X_{6,2} + C_{7,2} \cdot X_{7,2} + C_{8,3} \cdot X_{8,3} + C_{9,3} \cdot X_{9,3} \\ & + C_{10,3} \cdot X_{10,3} + C_{11,4} \cdot X_{11,4} + C_{11,5} \cdot X_{11,5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TM_{Vogel} = & 17,2.7706 + 18,92.1766 + 21,5.2368 + 17,2.4762 \\ & + 19,78.4736 + 20,64.2368 + 17,2.7896 + 19,78.4736 \\ & + 20,64.2368 + 17,2.21000 + 18,92.1810 \\ = & 1118137,92 \text{ YTL} \end{aligned}$$

(Bir milyon yüzonsekiz bin yüzotuzedyi YTL doksaniki YKRŞ)

## 636. Problemin En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemine Göre Çözümü

## En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi - İterasyon: 1

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stogu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai		M	M	M			
	İlave Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	Ekstra Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
P=3	Normal Mesai		20,64			25,8	0	2368
	İlave Mesai							
	Ekstra Mesai							
P=4	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174



## En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi - İterasyon: 2

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
					1294			
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M			
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M	19706			
İstem Miktarı		9000	16000	15000	19706	1810	21364	84174

## En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi - İterasyon: 3

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	0
					1294			
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M			
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M	11840					
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
		M						
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M		M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M					
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
		M	M					
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M		M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	8710
		M	M	M	19706			
İstem Miktarı		9000	16000	15000	0	1810	21364	84174

İşlem 17 iterasyonda tamamlanarak aşağıdaki çözüme ulaşılmıştır.

### En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi Çözüm Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
P=1	Normal Mesai	17,2 9000	18,92 472	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai		17,2 11840	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78 3688	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai			17,2 14208	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78 792	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai				17,2 19706	18,92 1810	0 6900	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$$X_{1,4} = 1294$$

$$X_{2,1} = 9000$$

$$X_{2,2} = 472$$

$$X_{3,6} = 2368$$

$$X_{4,6} = 2368$$

$$X_{5,2} = 11840$$

$$X_{6,2} = 3688$$

$$X_{6,6} = 1048$$

$$X_{7,6} = 2368$$

$$X_{8,3} = 14208$$

$$X_{9,3} = 792$$

$$X_{9,6} = 3944$$

$$X_{10,6} = 2368$$

$$X_{11,4} = 19706$$

$$X_{11,5} = 1810$$

$$X_{11,6} = 6900$$

Problemin, En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet yöntemine göre çözümünde 16 adet değişken ortaya çıkmıştır ( $m+n-1=11+6-1=16$ ). Bu da çözümün "**temel kabul edilebilir bir çözüm**" olduğunu göstermektedir.

### Toplam Üretim:

Suni istem merkezi için ayrılan miktarlar üretilmez.  $X_{3,6}$ ,  $X_{4,6}$ ,  $X_{6,6}$ ,  $X_{7,6}$ ,  $X_{9,6}$ ,  $X_{10,6}$ ,  $X_{11,6}$  kukla istem merkezi için ayrılan miktarlar olup toplamları atıl kapasiteyi gösterir ( $21364 \text{ m}^2$ ). Bu duruma göre En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet yöntemi uygulandığında toplam üretim şu şekilde bulunmuştur:

$$T\ddot{U}_{\text{EnYüksekTalebeEnDüşükMaliyet}} = X_{1,4} + X_{2,1} + X_{2,2} + X_{5,2} + X_{6,2} + X_{8,3} + X_{9,3} + X_{11,4} + X_{11,5}$$

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{EnYüksekTalebeEnDüşükMaliyet}} &= 1294 + 9000 + 472 + 11840 + 3688 + 14208 + 792 + 19706 + 1810 \\ &= 62810 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Toplam Maliyet:

Sıfır maliyetli hücrelere dağıtım yapılmış olsa dahi maliyet oluşturmayacağından aşağıdaki işlemlerde gösterilmemiştir.

En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet yöntemi uygulandığında toplam maliyet aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

$$\begin{aligned} TM_{\text{EnYüksekTalebeEnDüşükMaliyet}} = & C_{1,4} \cdot X_{1,4} + C_{2,1} \cdot X_{2,1} + C_{2,2} \cdot X_{2,2} + C_{5,2} \cdot X_{5,2} \\ & + C_{6,2} \cdot X_{6,2} + C_{8,3} \cdot X_{8,3} + C_{9,3} \cdot X_{9,3} + C_{11,4} \cdot X_{11,4} \\ & + C_{11,5} \cdot X_{11,5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TM_{\text{EnYüksekTalebeEnDüşükMaliyet}} = & 5,16.1294 + 17,2.9000 + 18,92.472 + 17,2.11840 \\ & + 19,78.3688 + 17,2.14208 + 19,78.792 + 17,2.19706 \\ & + 18,92.1810 \\ = & 1080235,68 \text{ YTL} \end{aligned}$$

(Bir milyon seksen bin ikiyüzotuzbeş YTL altmışsekiz YKRŞ)

### 637. Problemin En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemine Göre Çözümü

#### En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi - İterasyon: 1

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi - İterasyon: 2

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	7416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	0	1810	21364	84174

## En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi - İterasyon: 3

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai	M	17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai	M	19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai	M	20,64			25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2	18,92	20,64	0	0
	İlave Mesai	M	M	19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai	M	M	20,64		24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai	M	M	M	17,2	18,92	0	7416
İstem Miktarı		9000	16000	792	0	1810	21364	84174



İşlem 17 iterasyonda tamamlanarak aşağıdaki çözüme ulaşılmıştır.

### En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi Çözüm Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi		Sunum Miktarı
		1	2	3	4				
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294	
							1294		
P=1	Normal Mesai	17,2 9000	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472	
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368	
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368	
			M	M	M		2368		
P=2	Normal Mesai	M	17,2 11840	18,92	20,64	22,36	0	11840	
	İlave Mesai	M	19,78 4160	21,5	23,22	24,94	0	4736	
	Ekstra Mesai	M	20,64			25,8	0	2368	
		M		M	M		2368		
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2 14208	18,92	20,64	0	14208	
	İlave Mesai	M	M	19,78 792	21,5	23,22	0	4736	
	Ekstra Mesai	M	M	20,64		24,08	0	2368	
		M	M		M		2368		
P=4	Normal Mesai	M	M	M	17,2 21000	18,92 1810	0	28416	
		M	M	M			5606		
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174	

$$X_{1,6} = 1294$$

$$X_{2,1} = 9000$$

$$X_{2,6} = 472$$

$$X_{3,6} = 2368$$

$$X_{4,6} = 2368$$

$$X_{5,2} = 11840$$

$$X_{6,2} = 4160$$

$$X_{6,6} = 576$$

$$X_{7,6} = 2368$$

$$X_{8,3} = 14208$$

$$X_{9,3} = 792$$

$$X_{9,6} = 3944$$

$$X_{10,6} = 2368$$

$$X_{11,4} = 21000$$

$$X_{11,5} = 1810$$

$$X_{11,6} = 5606$$

Problemin, En Yüksek Arza En Düşük Maliyet yöntemine göre çözümünde 16 adet değişken ortaya çıkmıştır ( $m+n-1=11+6-1=16$ ). Bu da çözümün "**temel kabul edilebilir bir çözüm**" olduğunu göstermektedir.

### Toplam Üretim:

Suni istem merkezi için ayrılan miktarlar üretilmez.  $X_{1,6}$ ,  $X_{2,6}$ ,  $X_{3,6}$ ,  $X_{4,6}$ ,  $X_{6,6}$ ,  $X_{7,6}$ ,  $X_{9,6}$ ,  $X_{10,6}$ ,  $X_{11,6}$  kukla istem merkezi için ayrılan miktarlar olup toplamları atıl kapasiteyi gösterir ( $21364 \text{ m}^2$ ). Bu duruma göre En Yüksek Arza En Düşük Maliyet yöntemi uygulandığında toplam üretim şu şekilde bulunmuştur:

$$T\ddot{U}_{\text{EnYüksekArzaEnDüşükMaliyet}} = X_{2,1} + X_{5,2} + X_{6,2} + X_{8,3} + X_{9,3} + X_{11,4} + X_{11,5}$$

$$\begin{aligned} T\ddot{U}_{\text{EnYüksekArzaEnDüşükMaliyet}} &= 9000 + 11840 + 4160 + 14208 + 792 + 21000 + 1810 \\ &= 62810 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### Toplam Maliyet:

Sıfır maliyetli hücrelere dağıtım yapılmış olsa dahi maliyet oluşturmayacağından aşağıdaki işlemlerde gösterilmemiştir.

En Yüksek Arza En Düşük Maliyet yöntemi uygulandığında toplam maliyet aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

$$TM_{\text{EnYüksekArzaEnDüşükMaliyet}} = C_{2,1} \cdot X_{2,1} + C_{5,2} \cdot X_{5,2} + C_{6,2} \cdot X_{6,2} + C_{8,3} \cdot X_{8,3} \\ + C_{9,3} \cdot X_{9,3} + C_{11,4} \cdot X_{11,4} + C_{11,5} \cdot X_{11,5}$$

$$TM_{\text{EnYüksekArzaEnDüşükMaliyet}} = 17,2.9000 + 17,2.11840 + 19,78.4160 + 17,2.14208 \\ + 19,78.792 + 17,2.21000 + 18,92.1810 \\ = 1096221,36 \text{ YTL}$$

(Bir milyon doksanaltı bin ikiyüzyirmibir YTL otuzaltı YKRŞ)

### **64. En Uygun Çözümün Bulunması**

Ulaştırma modelinde optimal çözüm için başlangıç tablo kurulduktan sonra, bu çözümün optimal olup olmadığının test edilmesi gereklidir. Bu testin yapılmasında kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Başlangıç çözümünü optimuma götüren ve en çok kullanılan yöntemlerden biri Atlama Taşı yöntemi, diğeri de MODİ yöntemidir <sup>61</sup>.

En uygun çözümün bulunması için kullandığımız iki yöntem vardır:

1. Atlama taşı yöntemi
2. Basitleştirilmiş dağıtım yöntemi (Çoğaltan ya da MODİ)

Bu yöntemlerden "atlama taşı yöntemi" her boş hücrenin çevrimlere göre değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. "Basitleştirilmiş dağıtım yöntemi" ise problemin dual modellemesine dayanır. Her iki yöntemde de optimal sonuca başlangıç çözüm yöntemleri gibi iterasyonlar vasıtasıyla varırlar.

<sup>61</sup> Özkan Şule, *Yöneylem Araştırması Nicel Karar Teknikleri*, Nobel Yayın Dağıtım, Birinci Basım, Ankara, Aralık 2005, s.125

Çalışma esnasında bütün başlangıç çözüm teknikleri her iki optimum çözüm yöntemi ile de test edilmiştir. Bilinen hususları tekrar etmemek için örnek olarak "atlama taşı yöntemi", en az maliyetli hücelere dağıtım yöntemine göre çıkan sonucun değerlendirilmesi için, basitleştirilmiş dağıtım yöntemi de "Vogel'in yaklaşım yöntemi"ne göre çıkan sonucun değerlendirilmesi için aşağıda gösterilmiştir.

#### 640. Atlama Taşı Yöntemi ile Problemin En Uygun Çözümünün Bulunması

Başlangıç Çözüm Tablosunda bulunan her boş hücre için kapalı bir çevrim yaratılır ve bu çevrimdeki dolu hücrelerin maliyetleri kullanılarak  $d_{i,j}$  değerleri hesaplanır. "M" değeri atanmış hücelere dağıtım yasaklandığı için bu hücrelerin değerlendirilmesine gerek yoktur.

Her boş hücrenin değerlendirilmesi için kullanılan çevrimler, tabloda ve hemen altındaki hesaplamalarda gösterilmiştir.

En Az Maliyete Sahip Hücreler Yöntemine Göre Başlangıç Çözüm Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64	M	M	M	27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai	M	17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai	M	19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai	M	20,64	M	M	25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai	M	M	19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai	M	M	20,64	M	24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai	M	M	M	17,2	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

İterasyon: 1 -  $d_{1,2}$  Boş Hücresinin Değerlendirme Çevrimi

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	-0	+1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294	$d_{1,2}$	$d_{1,3}$	$d_{1,4}$	$d_{1,5}$	$d_{1,6}$	
P=1	Normal Mesai	+17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64	M	M	M	27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai	M	17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai	M	19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai	M	20,64	M	M	25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai	M	M	19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai	M	M	20,64	M	24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai	M	M	M	17,2	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$$d_{1,2} = 1,72 - 0 + 17,2 - 18,92 = 0$$

İterasyon: 2 -  $d_{1,3}$  Boş Hücresinin Değerlendirme Çevrimi

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	-0	1,72	+3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294	$d_{1,2}$	$d_{1,3}$	$d_{1,4}$	$d_{1,5}$	$d_{1,6}$	
P=1	Normal Mesai	+17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	7706
		7706	1766	$d_{2,3}$	$d_{2,4}$	$d_{2,5}$	$d_{2,6}$	
	İlave Mesai	19,78	21,51	23,22	24,94	26,66	0	2368
		$d_{3,1}$	$d_{3,2}$	$d_{3,3}$	$d_{3,4}$	$d_{3,5}$	2368	
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
		$d_{4,1}$	M	M	M	$d_{4,5}$	2368	
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	M
			11840	$d_{5,3}$	$d_{5,4}$	$d_{5,5}$	$d_{5,6}$	
	İlave Mesai		+19,78	21,51	23,22	24,94	-0	2394
		M	2394	$d_{6,3}$	$d_{6,4}$	$d_{6,5}$	2342	
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	M
		M	$d_{7,2}$	M	M	$d_{7,5}$	2368	
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	M
		M	M	14208	$d_{8,4}$	$d_{8,5}$	$d_{8,6}$	
	İlave Mesai			+19,78	21,51	23,22	+0	792
		M	M	792	$d_{9,4}$	$d_{9,5}$	3944	
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	M
		M	M	$d_{10,3}$	M	$d_{10,5}$	2368	
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	M
		M	M	M	21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$$d_{1,3} = 3,44 - 0 + 17,2 - 18,92 + 19,78 - 0 + 0 - 19,78 = 1,72$$

İterasyon: 3 -  $d_{1,4}$  Boş Hücresinin Değerlendirme Çevrimi

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	-0	1,72	3,44	+5,16	6,88	0	1294
		1294	$d_{1,2}$	$d_{1,3}$	$d_{1,4}$	$d_{1,5}$	$d_{1,6}$	
P=1	Normal Mesai	+17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766	$d_{2,3}$	$d_{2,4}$	$d_{2,5}$	$d_{2,6}$	
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
		$d_{3,1}$	$d_{3,2}$	$d_{3,3}$	$d_{3,4}$	$d_{3,5}$	2368	
	Ekstra Mesai	20,64	M	M	M	27,52	0	2368
		$d_{4,1}$				$d_{4,5}$	2368	
P=2	Normal Mesai	M	17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
			11840	$d_{5,3}$	$d_{5,4}$	$d_{5,5}$	$d_{5,6}$	
	İlave Mesai	M	+19,78	21,5	23,22	24,94	-0	4736
		$d_{6,1}$	2394	$d_{6,3}$	$d_{6,4}$	$d_{6,5}$	2342	
	Ekstra Mesai	M	20,64	M	M	25,8	0	2368
		$d_{7,1}$	$d_{7,2}$			$d_{7,5}$	2368	
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2	18,92	20,64	0	14208
				14208	$d_{8,4}$	$d_{8,5}$	$d_{8,6}$	
	İlave Mesai	M	M	19,78	21,5	23,22	0	4736
		$d_{9,1}$	$d_{9,2}$	792	$d_{9,4}$	$d_{9,5}$	3944	
	Ekstra Mesai	M	M	20,64	M	24,08	0	2368
		$d_{10,1}$	$d_{10,2}$	$d_{10,3}$		$d_{10,5}$	2368	
P=4	Normal Mesai	M	M	M	-17,2	18,92	+0	28416
					21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$$d_{1,4} = 5,16 - 0 + 17,2 - 18,92 + 19,78 - 0 + 0 - 17,2 = 6,02$$

Arada bulunan diğer iterasyonlar gösterilmemiştir. Son iterasyon aşağıdadır:

İterasyon: 32 -  $d_{10,5}$  Boş Hücresinin Değerlendirme Çevrimi

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294	$d_{1,2}$	$d_{1,3}$	$d_{1,4}$	$d_{1,5}$	$d_{1,6}$	
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766	$d_{2,3}$	$d_{2,4}$	$d_{2,5}$	$d_{2,6}$	
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
		$d_{4,1}$	M	M	M	$d_{4,5}$	2368	
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M	11840	$d_{5,3}$	$d_{5,4}$	$d_{5,5}$	$d_{5,6}$	
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
		M	2394	$d_{6,3}$	$d_{6,4}$	$d_{6,5}$	2342	
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M	$d_{7,2}$	M	M	$d_{7,5}$	2368	
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M	14208	$d_{8,4}$	$d_{8,5}$	$d_{8,6}$	
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
		M	M	792	$d_{9,4}$	$d_{9,5}$	3944	
	Ekstra Mesai			20,64		+24,08	-0	2368
		M	M	$d_{10,3}$	M	$d_{10,5}$	2368	
P=4	Normal Mesai				17,2	-18,92	+0	28416
		M	M	M	21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

$$d_{10,5} = 24,08 - 0 + 0 - 18,92 = 5,16$$



Çevrim Hesaplamaları:

$$d_{1,2} = 1,72 - 0 + 17,2 - 18,92 = 0$$

$$d_{1,3} = 3,44 - 0 + 17,2 - 18,92 + 19,78 - 0 + 0 - 19,78 = 1,72$$

$$d_{1,4} = 5,16 - 0 + 17,2 - 18,92 + 19,78 - 0 + 0 - 17,2 = 6,02$$

$$d_{1,5} = 6,88 - 0 + 17,2 - 18,92 + 19,78 - 0 + 0 - 18,92 = 6,02$$

$$d_{1,6} = 0 - 0 + 17,2 - 18,92 + 19,78 - 0 = 18,06$$

$$d_{2,3} = 20,64 - 18,92 + 19,78 - 0 + 0 - 19,78 = 1,72$$

$$d_{2,4} = 22,36 - 18,92 + 19,78 - 0 + 0 - 17,2 = 6,02$$

$$d_{2,5} = 24,08 - 18,92 + 19,78 - 0 + 0 - 18,92 = 6,02$$

$$d_{2,6} = 0 - 18,92 + 19,78 - 0 = 0,86$$

$$d_{3,1} = 19,78 - 17,2 + 18,92 - 19,78 + 0 - 0 = 1,72$$

$$d_{3,2} = 21,5 - 0 + 0 - 19,78 = 1,72$$

$$d_{3,3} = 23,22 - 0 + 0 - 19,78 = 3,44$$

$$d_{3,4} = 24,94 - 0 + 0 - 17,2 = 7,74$$

$$d_{3,5} = 26,66 - 0 + 0 - 18,92 = 7,74$$

$$d_{4,1} = 20,64 - 17,2 + 18,92 - 19,78 + 0 - 0 = 2,58$$

$$d_{4,5} = 27,52 - 0 + 0 - 18,92 = 8,6$$

$$d_{5,3} = 18,92 - 17,2 + 19,78 - 0 + 0 - 19,78 = 1,72$$

$$d_{5,4} = 20,64 - 17,2 + 19,78 - 0 + 0 - 17,2 = 6,02$$

$$d_{5,5} = 22,36 - 17,2 + 19,78 - 0 + 0 - 18,92 = 6,02$$

$$d_{5,6} = 0 - 17,2 + 19,78 - 0 = 2,58$$

$$d_{6,3} = 21,5 - 19,78 + 0 - 0 = 1,72$$

$$d_{6,4} = 23,22 - 17,2 + 0 - 0 = 6,02$$

$$d_{6,5} = 24,94 - 18,92 + 0 - 0 = 6,02$$

$$d_{7,2} = 20,64 - 19,78 + 0 - 0 = 0,86$$

$$d_{7,5} = 25,8 - 0 + 0 - 18,92 = 6,88$$

$$d_{8,4} = 18,92 - 17,2 + 19,78 - 0 + 0 - 17,2 = 4,3$$

$$d_{8,5} = 20,64 - 17,2 + 19,78 - 0 + 0 - 18,92 = 4,3$$

$$d_{8,6} = 0 - 17,2 + 19,78 - 0 = 2,58$$

$$d_{9,4} = 21,5 - 17,2 + 0 - 0 = 4,3$$

$$d_{9,5} = 23,22 - 18,92 + 0 - 0 = 4,3$$

$$d_{10,3} = 20,64 - 0 + 0 - 19,78 = 0,86$$

$$d_{10,5} = 24,08 - 0 + 0 - 18,92 = 5,16$$

## Optimal Çözüm Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294	$d_{1,2}$	$d_{1,3}$	$d_{1,4}$	$d_{1,5}$	$d_{1,6}$	
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64	M	M	M	27,52	0	2368
		$d_{3,1}$	$d_{3,2}$	$d_{3,3}$	$d_{3,4}$	$d_{3,5}$	2368	
		$d_{4,1}$	M	M	M	$d_{4,5}$	2368	
P=2	Normal Mesai	M	17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai	M	19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai	M	20,64	M	M	25,8	0	2368
		M	$d_{5,3}$	$d_{5,4}$	$d_{5,5}$	$d_{5,6}$		
		M	$d_{6,3}$	$d_{6,4}$	$d_{6,5}$	2342		
		M	$d_{7,2}$	M	M	$d_{7,5}$	2368	
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai	M	M	19,78	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai	M	M	20,64	M	24,08	0	2368
		M	M	$d_{8,4}$	$d_{8,5}$	$d_{8,6}$		
		M	M	792	$d_{9,4}$	$d_{9,5}$	3944	
		M	M	$d_{10,3}$	M	$d_{10,5}$	2368	
P=4	Normal Mesai	M	M	M	17,2	18,92	0	28416
		M	M	M	21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

Değerlendirme sonucu, bütün boş hücrelerin  $d_{ij}$  değerleri,  $d_{1,2}$  hücresi hariç sıfırdan büyük çıkmıştır.  $d_{1,2}$  hücresinin değerlendirilmesi "sıfır" çıkmıştır. Bundan dolayı en az maliyetli hücrelere dağıtım yöntemine göre başlangıç, dağıtımı bir optimal temel kabul edilebilir çözümdür. Eğer boş hücrelerden birine dağıtım yapılacaksa, toplam maliyetteki değişim o hücreye yapılacak birim başına dağıtım kadar  $d_{ij}$  şeklinde artacaktır. Sadece  $d_{1,2}$  hücresine yapılabilecek dağıtımın toplam maliyetteki değişime etkisi, değeri sıfır olduğu için yoktur.

Üretim programı optimal çıkmış olup, siparişleri doyumak üzere yapılacak üretimin toplam maliyeti; (Bir milyon yetmişiki bin dörtüzyüksekbeş YTL seksen YKRŞ) 1072445,80 YTL'dir. Bu çözüm duyarlılık analizleri ile optimallik bozulmadan geliştirilebilir.

#### 641. Çoğaltan Yöntemi ile Problemin En Uygun Çözümünün Bulunması

##### 6410. Problemin Dual Modeli

Önce problemin primal modelini yeniden hatırlayalım:

Amaç fonksiyonu:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^5 C_{ij} \cdot X_{ij} \quad [(i=1,2,\dots,11) ; (j=1,2,\dots,5)]$$

$$\begin{aligned} Z_{\min} = 0. \quad & X_{1,1} + 1,72. \quad X_{1,2} + 3,44. \quad X_{1,3} + 5,16. \quad X_{1,4} + 6,88. \quad X_{1,5} \\ & + 17,2. \quad X_{2,1} + 18,92. \quad X_{2,2} + 20,64. \quad X_{2,3} + 22,36. \quad X_{2,4} + 24,08. \quad X_{2,5} \\ & + 19,78. \quad X_{3,1} + 21,5. \quad X_{3,2} + 23,22. \quad X_{3,3} + 24,94. \quad X_{3,4} + 26,66. \quad X_{3,5} \\ & + 20,64. \quad X_{4,1} + M. \quad X_{4,2} + M. \quad X_{4,3} + M. \quad X_{4,4} + 27,52. \quad X_{4,5} \\ & + M. \quad X_{5,1} + 17,2. \quad X_{5,2} + 18,92. \quad X_{5,3} + 20,64. \quad X_{5,4} + 22,36. \quad X_{5,5} \\ & + M. \quad X_{6,1} + 19,78. \quad X_{6,2} + 21,5. \quad X_{6,3} + 23,22. \quad X_{6,4} + 24,94. \quad X_{6,5} \\ & + M. \quad X_{7,1} + 20,64. \quad X_{7,2} + M. \quad X_{7,3} + M. \quad X_{7,4} + 25,8. \quad X_{7,5} \\ & + M. \quad X_{8,1} + M. \quad X_{8,2} + 17,2. \quad X_{8,3} + 18,92. \quad X_{8,4} + 20,64. \quad X_{8,5} \\ & + M. \quad X_{9,1} + M. \quad X_{9,2} + 19,78. \quad X_{9,3} + 21,5. \quad X_{9,4} + 23,22. \quad X_{9,5} \\ & + M. \quad X_{10,1} + M. \quad X_{10,2} + 20,64. \quad X_{10,3} + M. \quad X_{10,4} + 24,08. \quad X_{10,5} \\ & + M. \quad X_{11,1} + M. \quad X_{11,2} + M. \quad X_{11,3} + 17,2. \quad X_{11,4} + 18,92. \quad X_{11,5} \end{aligned}$$

Kısıtlar:Sunum Kısıtları:

$$X_{1,1} + X_{1,2} + X_{1,3} + X_{1,4} + X_{1,5} \leq 1294 \quad (\mathbf{a}_1)$$

$$X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} + X_{2,4} + X_{2,5} \leq 9472 \quad (\mathbf{a}_2)$$

$$X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + X_{3,4} + X_{3,5} \leq 2368 \quad (\mathbf{a}_3)$$

$$X_{4,1} + X_{4,2} + X_{4,3} + X_{4,4} + X_{4,5} \leq 2368 \quad (\mathbf{a}_4)$$

$$X_{5,1} + X_{5,2} + X_{5,3} + X_{5,4} + X_{5,5} \leq 11840 \quad (\mathbf{a}_5)$$

$$X_{6,1} + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{6,4} + X_{6,5} \leq 4736 \quad (\mathbf{a}_6)$$

$$X_{7,1} + X_{7,2} + X_{7,3} + X_{7,4} + X_{7,5} \leq 2368 \quad (\mathbf{a}_7)$$

$$X_{8,1} + X_{8,2} + X_{8,3} + X_{8,4} + X_{8,5} \leq 14208 \quad (\mathbf{a}_8)$$

$$X_{9,1} + X_{9,2} + X_{9,3} + X_{9,4} + X_{9,5} \leq 4736 \quad (\mathbf{a}_9)$$

$$X_{10,1} + X_{10,2} + X_{10,3} + X_{10,4} + X_{10,5} \leq 2368 \quad (\mathbf{a}_{10})$$

$$X_{11,1} + X_{11,2} + X_{11,3} + X_{11,4} + X_{11,5} \leq 28416 \quad (\mathbf{a}_{11})$$

İstem Kısıtları:

$$X_{1,1} + X_{2,1} + X_{3,1} + X_{4,1} + X_{5,1} + X_{6,1} + X_{7,1} + X_{8,1} + X_{9,1} + X_{10,1} + X_{11,1} \leq 9000 \quad (\mathbf{b}_1)$$

$$X_{1,2} + X_{2,2} + X_{3,2} + X_{4,2} + X_{5,2} + X_{6,2} + X_{7,2} + X_{8,2} + X_{9,2} + X_{10,2} + X_{11,2} \leq 16000 \quad (\mathbf{b}_2)$$

$$X_{1,3} + X_{2,3} + X_{3,3} + X_{4,3} + X_{5,3} + X_{6,3} + X_{7,3} + X_{8,3} + X_{9,3} + X_{10,3} + X_{11,3} \leq 15000 \quad (\mathbf{b}_3)$$

$$X_{1,4} + X_{2,4} + X_{3,4} + X_{4,4} + X_{5,4} + X_{6,4} + X_{7,4} + X_{8,4} + X_{9,4} + X_{10,4} + X_{11,4} \leq 21000 \quad (\mathbf{b}_4)$$

$$X_{1,5} + X_{2,5} + X_{3,5} + X_{4,5} + X_{5,5} + X_{6,5} + X_{7,5} + X_{8,5} + X_{9,5} + X_{10,5} + X_{11,5} \leq 1810 \quad (\mathbf{b}_5)$$

Pozitiflik Koşulu:

$$X_{ij} \geq 0 \quad [(i=1,2,\dots,11) ; (j=1,2,\dots,5)]$$

Problemin Dual Modeli:Amaç fonksiyonu:

$$Y_{\max} = \sum_{u=1}^{11} a_i \cdot u_i + \sum_{v=1}^5 b_j \cdot v_j \quad [(i=1,2,\dots,11) ; (j=1,2,\dots,5)]$$

$$\begin{aligned} Y_{\max} = & 1294 \cdot u_1 + 9472 \cdot u_2 + 2368 \cdot u_3 + 2368 \cdot u_4 \\ & + 11840 \cdot u_5 + 4736 \cdot u_6 + 2368 \cdot u_7 + 14208 \cdot u_8 \\ & + 4736 \cdot u_9 + 2368 \cdot u_{10} + 28416 \cdot u_{11} + 9000 \cdot v_1 \\ & + 16000 \cdot v_2 + 15000 \cdot v_3 + 21000 \cdot v_4 + 1810 \cdot v_5 \end{aligned}$$

Kısıtlar:

$$\begin{array}{lllll}
u_1 + v_1 \leq 0 & u_1 + v_2 \leq 1,72 & u_1 + v_3 \leq 3,44 & u_1 + v_4 \leq 5,16 & u_1 + v_5 \leq 6,88 \\
u_2 + v_1 \leq 17,2 & u_2 + v_2 \leq 18,92 & u_2 + v_3 \leq 20,64 & u_2 + v_4 \leq 22,36 & u_2 + v_5 \leq 24,08 \\
u_3 + v_1 \leq 19,78 & u_3 + v_2 \leq 21,5 & u_3 + v_3 \leq 23,22 & u_3 + v_4 \leq 24,94 & u_3 + v_5 \leq 26,66 \\
u_4 + v_1 \leq 20,64 & u_4 + v_2 \leq M & u_4 + v_3 \leq M & u_4 + v_4 \leq M & u_4 + v_5 \leq 27,52 \\
u_5 + v_1 \leq M & u_5 + v_2 \leq 17,2 & u_5 + v_3 \leq 18,92 & u_5 + v_4 \leq 20,64 & u_5 + v_5 \leq 22,36 \\
u_6 + v_1 \leq M & u_6 + v_2 \leq 19,78 & u_6 + v_3 \leq 21,5 & u_6 + v_4 \leq 23,22 & u_6 + v_5 \leq 24,94 \\
u_7 + v_1 \leq M & u_7 + v_2 \leq 20,64 & u_7 + v_3 \leq M & u_7 + v_4 \leq M & u_7 + v_5 \leq 25,8 \\
u_8 + v_1 \leq M & u_8 + v_2 \leq M & u_8 + v_3 \leq 17,2 & u_8 + v_4 \leq 18,92 & u_8 + v_5 \leq 20,64 \\
u_9 + v_1 \leq M & u_9 + v_2 \leq M & u_9 + v_3 \leq 19,78 & u_9 + v_4 \leq 21,5 & u_9 + v_5 \leq 23,22 \\
u_{10} + v_1 \leq M & u_{10} + v_2 \leq M & u_{10} + v_3 \leq 20,64 & u_{10} + v_4 \leq M & u_{10} + v_5 \leq 24,08 \\
u_{11} + v_1 \leq M & u_{11} + v_2 \leq M & u_{11} + v_3 \leq M & u_{11} + v_4 \leq 17,2 & u_{11} + v_5 \leq 18,92
\end{array}$$

Pozitiflik Koşulu:

$u_i + v_j$  pozitif veya negatif istenilen değeri alabilir.

[( $i=1,2,\dots,11$ ) ; ( $j=1,2,\dots,5$ )]

**6411. En Uygun Çözümün Bulunması**

Yönetici, faaliyetlerinde zaman ve maliyetten tasarruf sağlamayı amaçlar. Çoğaltan yöntemi, yatırım projelerinin seçiminde önemli rol oynayan gölge fiyatlarını belirleyebilmesinden ve de maliyet yönünde tasarrufu daha fazla sağlamasından öteki alışılagelmiş yöntemlerden üstündür. Atlama taşı yöntemine göre de daha kolaydır.

Çoğaltan yöntemi dual problemin çözümüne dayanır. Ayrıca problem dengelenmiş kabul edildiğinden, dengelenmemiş problem söz konusu olmaz.

Ulaştırma tablosunda gösterilmiş ve VAM yöntemine göre başlangıç çözümü bulunmuş olan problemimizin en uygun çözümünü çoğaltan yöntemine göre bulmak için (kukla merkez de dahil olmak üzere) dual değişkenleri tabloda göstereyim (İterasyon-1-A).

## Vogel Yöntemi Çözüm Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766					
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
			2368					
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M		2368	
P=2	Normal Mesai		17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
		M	4762				7078	
	İlave Mesai		19,78	21,5	23,22	24,94	0	4736
		M	4736					
	Ekstra Mesai		20,64			25,8	0	2368
		M	2368	M	M			
P=3	Normal Mesai			17,2	18,92	20,64	0	14208
		M	M	7896			6312	
	İlave Mesai			19,78	21,5	23,22	0	4736
		M	M	4736				
	Ekstra Mesai			20,64		24,08	0	2368
		M	M	2368	M			
P=4	Normal Mesai				17,2	18,92	0	28416
		M	M	M	21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

**Çoğaltan Yöntemi - İterasyon: 1-A**

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	Sunum Miktarı
U <sub>1</sub>		0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
U <sub>2</sub>		17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766					
U <sub>3</sub>		19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368
			2368					
U <sub>4</sub>		20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368
			M	M	M		2368	
U <sub>5</sub>	M		17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840
			4762				7078 <sub>s</sub>	
U <sub>6</sub>	M		19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736
			4736					
U <sub>7</sub>	M		20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368
			2368	M	M			
U <sub>8</sub>	M	M		17,20	18,92	20,64	0	14208
				7896			6312	
U <sub>9</sub>	M	M		19,78	21,50	23,22	0	4736
				4736				
U <sub>10</sub>	M	M		20,64	22,36	24,08	0	2368
				2368	M			
U <sub>11</sub>	M	M	M		17,20	18,92	0	28416
					21000	1810	5606	
<b>İstem Miktarı</b>		<b>9000</b>	<b>16000</b>	<b>15000</b>	<b>21000</b>	<b>1810</b>	<b>21364</b>	<b>84174</b>

Temel olan değişkenlerin bulunduğu hücrelerden giderek,  $u_i + v_j = C_{ij}$  bağıntısını kullanarak ve  $u_1$  değerine “sıfır” atayarak dual değişkenlerin değerlerini buluruz.

Bunun için önce denklemlerimizi belirleyelim:

$$\begin{array}{llll}
 u_1 + v_1 = 0 & u_2 + v_1 = 17,2 & u_2 + v_2 = 18,92 & u_3 + v_2 = 21,5 \\
 u_4 + v_6 = 0 & u_5 + v_2 = 17,2 & u_5 + v_6 = 0 & u_6 + v_2 = 19,78 \\
 u_7 + v_2 = 20,64 & u_8 + v_3 = 17,2 & u_8 + v_6 = 0 & u_9 + v_3 = 19,78 \\
 u_{10} + v_3 = 20,64 & u_{11} + v_4 = 17,2 & u_{11} + v_5 = 18,92 & u_{11} + v_6 = 0
 \end{array}$$

Bulunan Değerler:

$$\begin{array}{l}
 u_1 = 0 \\
 u_2 = 17,2 \\
 u_3 = 19,78 \\
 u_4 = 15,48 \\
 u_5 = 15,48 \\
 u_6 = 18,06 \\
 u_7 = 18,92 \\
 u_8 = 15,48 \\
 u_9 = 18,06 \\
 u_{10} = 18,92 \\
 u_{11} = 15,48 \\
 v_1 = 0 \\
 v_2 = 1,72 \\
 v_3 = 1,72 \\
 v_4 = 1,72 \\
 v_5 = 3,44 \\
 v_6 = -15,48
 \end{array}$$

Bulunan Değerlerin Tabloya Aktarılması:

Bulduğumuz dual değerleri de tabloda gösterelim ((İterasyon-1-B)).



## Çoğaltan Yöntemi - İterasyon: 1-B

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	$V_1$ = 0	$V_2$ = 1,72	$V_3$ = 1,72	$V_4$ = 1,72	$V_5$ = 3,44	$V_6$ = -15,48	Sunum Miktarı
$u_1 = 0$		0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
$u_2 = 17,2$		17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766					
$u_3 = 19,78$		19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368
			2368					
$u_4 = 15,48$		20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368
			M	M	M		2368	
$u_5 = 15,48$	M		17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840
			4762				7078 <sub>s</sub>	
$u_6 = 18,06$	M		19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736
			4736					
$u_7 = 18,92$	M		20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368
			2368	M	M			
$u_8 = 15,48$	M	M		17,20	18,92	20,64	0	14208
				7896			6312	
$u_9 = 18,06$	M	M		19,78	21,50	23,22	0	4736
				4736				
$u_{10} = 18,92$	M	M		20,64	22,36	24,08	0	2368
				2368	M			
$u_{11} = 15,48$	M	M	M		17,20	18,92	0	28416
					21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

Boş Hücrelerin Test Miktarlarının Hesaplanması:

Çıkan dual değerleri ( $C_{ij}-u_i-v_j=d_{ij}$ ) bağıntısında kullanarak, temel olmayan değişkenlerin, yani boş hücrelerin değerlendirilmesi yapılır. Bu değerlendirmeye göre boş hücrelerin değerlendirmeleri sıfırdan büyük çıkarsa, sonuç optimal, en az bir tanesi sıfırdan küçük çıkarsa sonuç optimal değildir.

$$\begin{aligned}
 d_{1,2} &= C_{1,2} - u_1 - v_2 = 1,72 - 0 - 1,72 = 0 \\
 d_{1,3} &= C_{1,3} - u_1 - v_3 = 3,44 - 0 - 1,72 = 1,72 \\
 d_{1,4} &= C_{1,4} - u_1 - v_4 = 5,16 - 0 - 1,72 = 3,44 \\
 d_{1,5} &= C_{1,5} - u_1 - v_5 = 6,88 - 0 - 3,44 = 3,44 \\
 d_{1,6} &= C_{1,6} - u_1 - v_6 = 0 - 0 - (-15,48) = 15,48 \\
 d_{2,3} &= C_{2,3} - u_2 - v_3 = 20,64 - 17,2 - 1,72 = 1,72 \\
 d_{2,4} &= C_{2,4} - u_2 - v_4 = 22,36 - 17,2 - 1,72 = 3,44 \\
 d_{2,5} &= C_{2,5} - u_2 - v_5 = 24,08 - 17,2 - 3,44 = 3,44 \\
 d_{2,6} &= C_{2,6} - u_2 - v_6 = 0 - 17,2 - (-15,48) = -1,72 \\
 d_{3,1} &= C_{3,1} - u_3 - v_1 = 19,78 - 19,78 - 0 = 0 \\
 d_{3,3} &= C_{3,3} - u_3 - v_3 = 23,22 - 19,78 - 1,72 = 1,72 \\
 d_{3,4} &= C_{3,4} - u_3 - v_4 = 24,94 - 19,78 - 1,72 = 3,44 \\
 d_{3,5} &= C_{3,5} - u_3 - v_5 = 26,66 - 19,78 - 3,44 = 3,44 \\
 d_{3,6} &= C_{3,6} - u_3 - v_6 = 0 - 19,78 - (-15,48) = -4,3 \\
 d_{4,1} &= C_{4,1} - u_4 - v_1 = 20,64 - 15,48 - 0 = 5,16 \\
 d_{4,5} &= C_{4,5} - u_4 - v_5 = 27,52 - 15,48 - 3,44 = 8,6 \\
 d_{5,3} &= C_{5,3} - u_5 - v_3 = 18,92 - 15,48 - 1,72 = 1,72 \\
 d_{5,4} &= C_{5,4} - u_5 - v_4 = 20,64 - 15,48 - 1,72 = 3,44 \\
 d_{5,5} &= C_{5,5} - u_5 - v_5 = 22,36 - 15,48 - 3,44 = 3,44 \\
 d_{6,3} &= C_{6,3} - u_6 - v_3 = 21,5 - 18,06 - 1,72 = 1,72 \\
 d_{6,4} &= C_{6,4} - u_6 - v_4 = 23,22 - 18,06 - 1,72 = 3,44 \\
 d_{6,5} &= C_{6,5} - u_6 - v_5 = 24,94 - 18,06 - 3,44 = 3,44 \\
 d_{6,6} &= C_{6,6} - u_6 - v_6 = 0 - 18,06 - (-15,48) = -2,58 \\
 d_{7,5} &= C_{7,5} - u_7 - v_5 = 25,8 - 18,92 - 3,44 = 3,44 \\
 d_{7,6} &= C_{7,6} - u_7 - v_6 = 0 - 18,92 - (-15,48) = -3,44 \\
 d_{8,4} &= C_{8,4} - u_8 - v_4 = 18,92 - 15,48 - 1,72 = 1,72
 \end{aligned}$$

$$d_{8,5} = c_{8,5} - u_8 - v_5 = 20,64 - 15,48 - 3,44 = 1,72$$

$$d_{9,4} = c_{9,4} - u_9 - v_4 = 21,5 - 18,06 - 1,72 = 1,72$$

$$d_{9,5} = c_{9,5} - u_9 - v_5 = 23,22 - 18,06 - 3,44 = 1,72$$

$$d_{9,6} = c_{9,6} - u_9 - v_6 = 0 - 18,06 - (-15,48) = -2,58$$

$$d_{10,5} = c_{10,5} - u_{10} - v_5 = 24,08 - 18,92 - 3,44 = 1,72$$

$$d_{10,6} = c_{10,6} - u_{10} - v_6 = 0 - 18,92 - (-15,48) = -3,44$$

$d_{2,6}$ ,  $d_{3,6}$ ,  $d_{6,6}$ ,  $d_{7,6}$ ,  $d_{9,6}$ ,  $d_{10,6}$  hücrelerinin değerlendirilmesi negatif çıkmıştır. Bu değerlere sahip hücrelerden negatif değerlerin mutlak değerce en büyük olanı çözüme sokulur. Bu değere sahip olan hücre de  $d_{3,6}$  hücrelidir.

Seçilen hücrenin temele girmesi için atlama taşı yönteminde olduğu gibi kapalı bir çevrim oluşturulur (İterasyon-1-C). Bu çevrime göre kapalı çevrimde bulunan, negatif işaretli,  $d_{3,2}$  hücrelerinin dağıtım miktarı  $d_{3,6}$  hücrelerine atanır. Bu değer aynı zamanda kapalı çevrimde bulunan hücrelerin işaretine göre eklenir veya çıkarılır.

## Çoğaltan Yöntemi - İterasyon: 1-C

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	$V_1$ = 0	$V_2$ = 1,72	$V_3$ = 1,72	$V_4$ = 1,72	$V_5$ = 3,44	$V_6$ = -15,48	Sunum Miktarı
$u_1 = 0$		0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
$u_2 = 17,2$		17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
$u_3 = 19,78$		19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368
$u_4 = 15,48$		20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368
$u_5 = 15,48$		M	17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840
$u_6 = 18,06$		M	19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736
$u_7 = 18,92$		M	20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368
$u_8 = 15,48$		M	M	17,20	18,92	20,64	0	14208
$u_9 = 18,06$		M	M	19,78	21,50	23,22	0	4736
$u_{10} = 18,92$		M	M	20,64	22,36	24,08	0	2368
$u_{11} = 15,48$		M	M	M	17,20	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

**Çoğaltan Yöntemi - İterasyon: 2-A**

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	$V_1$ = 0	$V_2$ = 1,72	$V_3$ = 1,72	$V_4$ = 1,72	$V_5$ = 3,44	$V_6$ = -15,48	Sunum Miktarı
$u_1 = 0$		0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
$u_2 = 17,2$		17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
$u_3 = 19,78$		19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368
$u_4 = 15,48$		20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368
$u_5 = 15,48$		M	17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840
$u_6 = 18,06$		M	19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736
$u_7 = 18,92$		M	20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368
$u_8 = 15,48$		M	M	17,20	18,92	20,64	0	14208
$u_9 = 18,06$		M	M	19,78	21,50	23,22	0	4736
$u_{10} = 18,92$		M	M	20,64	22,36	24,08	0	2368
$u_{11} = 15,48$		M	M	M	17,20	18,92	0	28416
<b>İstem Miktarı</b>		<b>9000</b>	<b>16000</b>	<b>15000</b>	<b>21000</b>	<b>1810</b>	<b>21364</b>	<b>84174</b>

Yeni Dual Değerlerin Bulunması:

Bu işlemlerden sonra yeni oluşan çözüm tablosuna (İterasyon-2-A) göre tekrar optimallik kontrolü için yeniden dual değişkenler dolu hücreler kullanılarak hesaplanır.

Yeni Denklemlerin Belirlenmesi:

$$\begin{array}{ll}
 u_1 + v_1 = 0 & u_2 + v_1 = 17,2 \\
 u_2 + v_2 = 18,92 & u_3 + v_6 = 0 \\
 u_4 + v_6 = 0 & u_5 + v_2 = 17,2 \\
 u_5 + v_6 = 0 & u_6 + v_2 = 19,78 \\
 u_7 + v_2 = 20,64 & u_8 + v_3 = 17,2 \\
 u_8 + v_6 = 0 & u_9 + v_3 = 19,78 \\
 u_{10} + v_3 = 20,64 & u_{11} + v_4 = 17,2 \\
 u_{11} + v_5 = 18,92 & u_{11} + v_6 = 0
 \end{array}$$

Bulunan Değerler:

$$\begin{array}{ll}
 u_1 = 0 & u_2 = 17,2 \\
 u_3 = 15,48 & u_4 = 15,48 \\
 u_5 = 15,48 & u_6 = 18,06 \\
 u_7 = 18,92 & u_8 = 15,48 \\
 u_9 = 18,06 & u_{10} = 18,92 \\
 u_{11} = 15,48 & \\
 v_1 = 0 & v_2 = 1,72 \\
 v_3 = 1,72 & v_4 = 1,72 \\
 v_5 = 3,44 & v_6 = -15,48
 \end{array}$$

Bulunan Değerlerin Tabloya Aktarılması:

Bulduğumuz dual değerleri de tabloda gösterelim ((İterasyon-2-B)).

## Çoğaltan Yöntemi - İterasyon: 2-B

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	$V_1$ = 0	$V_2$ = 1,72	$V_3$ = 1,72	$V_4$ = 1,72	$V_5$ = 3,44	$V_6$ = -15,48	Sunum Miktarı
$u_1 = 0$		0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
	1294							
$u_2 = 17,2$		17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
	7706		1766					
$u_3 = 15,48$		19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368
							2368	
$u_4 = 15,48$		20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368
			M	M	M		2368	
$u_5 = 15,48$	M		17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840
			7130				4710	
$u_6 = 18,06$	M		19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736
			4736					
$u_7 = 18,92$	M		20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368
			2368	M	M			
$u_8 = 15,48$	M	M		17,20	18,92	20,64	0	14208
				7896			6312	
$u_9 = 18,06$	M	M		19,78	21,50	23,22	0	4736
				4736				
$u_{10} = 18,92$	M	M		20,64	22,36	24,08	0	2368
				2368	M			
$u_{11} = 15,48$	M	M	M		17,20	18,92	0	28416
					21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

Boş Hücrelerin Yeni Test Miktarlarının Hesaplanması:

$$\begin{aligned}
d_{1,2} &= c_{1,2} - u_1 - v_2 = 1,72 - 0 - 1,72 = 0 \\
d_{1,3} &= c_{1,3} - u_1 - v_3 = 3,44 - 0 - 1,72 = 1,72 \\
d_{1,4} &= c_{1,4} - u_1 - v_4 = 5,16 - 0 - 1,72 = 3,44 \\
d_{1,5} &= c_{1,5} - u_1 - v_5 = 6,88 - 0 - 3,44 = 3,44 \\
d_{1,6} &= c_{1,6} - u_1 - v_6 = 0 - 0 - (-15,48) = 15,48 \\
d_{2,3} &= c_{2,3} - u_2 - v_3 = 20,64 - 17,2 - 1,72 = 1,72 \\
d_{2,4} &= c_{2,4} - u_2 - v_4 = 22,36 - 17,2 - 1,72 = 3,44 \\
d_{2,5} &= c_{2,5} - u_2 - v_5 = 24,08 - 17,2 - 3,44 = 3,44 \\
d_{2,6} &= c_{2,6} - u_2 - v_6 = 0 - 17,2 - (-15,48) = -1,72 \\
d_{3,1} &= c_{3,1} - u_3 - v_1 = 19,78 - 15,48 - 0 = 4,3 \\
d_{3,2} &= c_{3,2} - u_3 - v_2 = 21,5 - 15,48 - 1,72 = 4,3 \\
d_{3,3} &= c_{3,3} - u_3 - v_3 = 23,22 - 15,48 - 1,72 = 6,02 \\
d_{3,4} &= c_{3,4} - u_3 - v_4 = 24,94 - 15,48 - 1,72 = 7,74 \\
d_{3,5} &= c_{3,5} - u_3 - v_5 = 26,66 - 15,48 - 3,44 = 7,74 \\
d_{4,1} &= c_{4,1} - u_4 - v_1 = 20,64 - 15,48 - 0 = 5,16 \\
d_{4,5} &= c_{4,5} - u_4 - v_5 = 27,52 - 15,48 - 3,44 = 8,6 \\
d_{5,3} &= c_{5,3} - u_5 - v_3 = 18,92 - 15,48 - 1,72 = 1,72 \\
d_{5,4} &= c_{5,4} - u_5 - v_4 = 20,64 - 15,48 - 1,72 = 3,44 \\
d_{5,5} &= c_{5,5} - u_5 - v_5 = 22,36 - 15,48 - 3,44 = 3,44 \\
d_{6,3} &= c_{6,3} - u_6 - v_3 = 21,5 - 18,06 - 1,72 = 1,72 \\
d_{6,4} &= c_{6,4} - u_6 - v_4 = 23,22 - 18,06 - 1,72 = 3,44 \\
d_{6,5} &= c_{6,5} - u_6 - v_5 = 24,94 - 18,06 - 3,44 = 3,44 \\
d_{6,6} &= c_{6,6} - u_6 - v_6 = 0 - 18,06 - (-15,48) = -2,58 \\
d_{7,5} &= c_{7,5} - u_7 - v_5 = 25,8 - 18,92 - 3,44 = 3,44 \\
d_{7,6} &= c_{7,6} - u_7 - v_6 = 0 - 18,92 - (-15,48) = -3,44 \\
d_{8,4} &= c_{8,4} - u_8 - v_4 = 18,92 - 15,48 - 1,72 = 1,72 \\
d_{8,5} &= c_{8,5} - u_8 - v_5 = 20,64 - 15,48 - 3,44 = 1,72 \\
d_{9,4} &= c_{9,4} - u_9 - v_4 = 21,5 - 18,06 - 1,72 = 1,72 \\
d_{9,5} &= c_{9,5} - u_9 - v_5 = 23,22 - 18,06 - 3,44 = 1,72 \\
d_{9,6} &= c_{9,6} - u_9 - v_6 = 0 - 18,06 - (-15,48) = -2,58 \\
d_{10,5} &= c_{10,5} - u_{10} - v_5 = 24,08 - 18,92 - 3,44 = 1,72 \\
d_{10,6} &= c_{10,6} - u_{10} - v_6 = 0 - 18,92 - (-15,48) = -3,44
\end{aligned}$$



$d_{2,6}$ ,  $d_{6,6}$ ,  $d_{7,6}$ ,  $d_{9,6}$ ,  $d_{10,6}$  hücrelerinin değerlendirilmesi negatif çıkmıştır. Bu değerlere sahip hücrelerden negatif değerlerin mutlak değerce en büyük olanı çözüme sokulur. Bu değere sahip olan hücre de  $d_{7,6}$  ve  $d_{10,6}$  hücreleridir. Bu iterasyonda  $d_{7,6}$  hücresi değerlendirmeye alınmıştır.

Seçilen hücrenin temele girmesi için atlama taşı yönteminde olduğu gibi kapalı bir çevrim oluşturulur (İterasyon-2-C). Bu çevrime göre kapalı çevrimde bulunan, negatif işaretli,  $d_{7,2}$  hücresinin dağıtım miktarı  $d_{7,6}$  hücresine atanır. Bu değer aynı zamanda kapalı çevrimde bulunan hücrelerin işaretine göre eklenir veya çıkarılır.

**Çoğaltan Yöntemi - İterasyon: 2-C**

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	$V_1$ = 0	$V_2$ = 1,72	$V_3$ = 1,72	$V_4$ = 1,72	$V_5$ = 3,44	$V_6$ = -15,48	Sunum Miktarı
$u_1 = 0$		0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
$u_2 = 17,2$		17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
$u_3 = 15,48$		19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368
$u_4 = 15,48$		20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368
$u_5 = 15,48$		M	17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840
$u_6 = 18,06$		M	19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736
$u_7 = 18,92$		M	20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368
$u_8 = 15,48$		M	M	17,20	18,92	20,64	0	14208
$u_9 = 18,06$		M	M	19,78	21,50	23,22	0	4736
$u_{10} = 18,92$		M	M	20,64	22,36	24,08	0	2368
$u_{11} = 15,48$		M	M	M	17,20	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

Arada bulunan diğer iterasyonlar gösterilmemiştir. Son iterasyon aşağıdadır:

## Çoğaltan Yöntemi - İterasyon: 6-A

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	$V_1$ = 0	$V_2$ = 1,72	$V_3$ = 4,3	$V_4$ = 1,72	$V_5$ = 3,44	$V_6$ = -15,48	Sunum Miktarı
$u_1 = 0$		0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
$u_2 = 17,2$		17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
$u_3 = 15,48$		19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368
$u_4 = 15,48$		20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368
$u_5 = 15,48$	M		17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840
$u_6 = 18,06$	M		19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736
$u_7 = 15,48$	M		20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368
$u_8 = 12,9$	M	M		17,20	18,92	20,64	0	14208
$u_9 = 15,48$	M	M		19,78	21,50	23,22	0	4736
$u_{10} = 15,48$	M	M		20,64	22,36	24,08	0	2368
$u_{11} = 15,48$	M	M	M		17,20	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

Yeni Dual Değerlerin Bulunması:

Yani oluşan çözüm tablosuna (İterasyon-6-A) göre tekrar optimallik kontrolü için yeniden dual değişkenler dolu hücreler kullanılarak hesaplanır.

Yeni Denklemlerin Belirlenmesi:

$$\begin{array}{ll}
 u_1 + v_1 = 0 & u_2 + v_1 = 17,2 \\
 u_2 + v_2 = 18,92 & u_3 + v_6 = 0 \\
 u_4 + v_6 = 0 & u_5 + v_2 = 17,2 \\
 u_6 + v_2 = 19,78 & u_6 + v_6 = 0 \\
 u_7 + v_6 = 0 & u_8 + v_3 = 17,2 \\
 u_9 + v_3 = 19,78 & u_9 + v_6 = 0 \\
 u_{10} + v_6 = 0 & u_{11} + v_4 = 17,2 \\
 u_{11} + v_5 = 18,92 & u_{11} + v_6 = 0
 \end{array}$$

Bulunan Değerler:

$$\begin{array}{ll}
 u_1 = 0 & u_2 = 17,2 \\
 u_3 = 18,06 & u_4 = 18,06 \\
 u_5 = 15,48 & u_6 = 18,06 \\
 u_7 = 18,06 & u_8 = 15,48 \\
 u_9 = 18,06 & u_{10} = 18,06 \\
 u_{11} = 18,06 & \\
 v_1 = 0 & v_2 = 1,72 \\
 v_3 = 1,72 & v_4 = - 0,86 \\
 v_5 = 0,86 & v_6 = -18,06
 \end{array}$$

Bulunan Değerlerin Tabloya Aktarılması:

Bulduğumuz dual değerleri de tabloda gösterelim ((İterasyon-6-B)).

## Çoğaltan Yöntemi - İterasyon: 6-B

Satır Pişmanlık Değeri	Sütun Pişmanlık Değeri	$V_1$ = 0	$V_2$ = 1,72	$V_3$ = 1,72	$V_4$ = -0,86	$V_5$ = 0,86	$V_6$ = -18,06	Sunum Miktarı
$u_1 = 0$		0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
$u_2 = 17,2$		17,20	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
$u_3 = 18,06$		19,78	21,50	23,22	24,94	26,66	0	2368
$u_4 = 18,06$		20,64	22,36	24,08	25,80	27,52	0	2368
$u_5 = 15,48$	M		17,20	18,92	20,64	22,36	0	11840
$u_6 = 18,06$	M		19,78	21,50	23,22	24,94	0	4736
$u_7 = 18,06$	M		20,64	22,36	24,08	25,80	0	2368
$u_8 = 15,48$	M	M		17,20	18,92	20,64	0	14208
$u_9 = 18,06$	M	M		19,78	21,50	23,22	0	4736
$u_{10} = 18,06$	M	M		20,64	22,36	24,08	0	2368
$u_{11} = 18,06$	M	M	M		17,20	18,92	0	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

Boş Hücrelerin Yeni Test Miktarlarının Hesaplanması:

$$\begin{aligned}
d_{1,2} &= c_{1,2} - u_1 - v_2 = 1,72 - 0 - 1,72 = 0 \\
d_{1,3} &= c_{1,3} - u_1 - v_3 = 3,44 - 0 - 1,72 = 1,72 \\
d_{1,4} &= c_{1,4} - u_1 - v_4 = 5,16 - 0 - (-0,86) = 6,02 \\
d_{1,5} &= c_{1,5} - u_1 - v_5 = 6,88 - 0 - 0,86 = 6,02 \\
d_{1,6} &= c_{1,6} - u_1 - v_6 = 0 - 0 - (-18,06) = 18,06 \\
d_{2,3} &= c_{2,3} - u_2 - v_3 = 20,64 - 17,2 - 1,72 = 1,72 \\
d_{2,4} &= c_{2,4} - u_2 - v_4 = 22,36 - 17,2 - (-0,86) = 6,02 \\
d_{2,5} &= c_{2,5} - u_2 - v_5 = 24,08 - 17,2 - 0,86 = 6,02 \\
d_{2,6} &= c_{2,6} - u_2 - v_6 = 0 - 17,2 - (-18,06) = 0,86 \\
d_{3,1} &= c_{3,1} - u_3 - v_1 = 19,78 - 18,06 - 0 = 1,72 \\
d_{3,2} &= c_{3,2} - u_3 - v_2 = 21,5 - 18,06 - 1,72 = 1,72 \\
d_{3,3} &= c_{3,3} - u_3 - v_3 = 23,22 - 18,06 - 1,72 = 3,44 \\
d_{3,4} &= c_{3,4} - u_3 - v_4 = 24,94 - 18,06 - (-0,86) = 7,74 \\
d_{3,5} &= c_{3,5} - u_3 - v_5 = 26,66 - 18,06 - 0,86 = 7,74 \\
d_{4,1} &= c_{4,1} - u_4 - v_1 = 20,64 - 18,06 - 0 = 2,58 \\
d_{4,5} &= c_{4,5} - u_4 - v_5 = 27,52 - 18,06 - 0,86 = 8,6 \\
d_{5,3} &= c_{5,3} - u_5 - v_3 = 18,92 - 15,48 - 1,72 = 1,72 \\
d_{5,4} &= c_{5,4} - u_5 - v_4 = 20,64 - 15,48 - (-0,86) = 6,02 \\
d_{5,5} &= c_{5,5} - u_5 - v_5 = 22,36 - 15,48 - 0,86 = 6,02 \\
d_{5,6} &= c_{5,6} - u_5 - v_6 = 0 - 15,48 - (-18,06) = 2,58 \\
d_{6,3} &= c_{6,3} - u_6 - v_3 = 21,5 - 18,06 - 1,72 = 1,72 \\
d_{6,4} &= c_{6,4} - u_6 - v_4 = 23,22 - 18,06 - (-0,86) = 6,02 \\
d_{6,5} &= c_{6,5} - u_6 - v_5 = 24,94 - 18,06 - 0,86 = 6,02 \\
d_{7,2} &= c_{7,2} - u_7 - v_2 = 20,64 - 18,06 - 1,72 = 0,86 \\
d_{7,5} &= c_{7,5} - u_7 - v_5 = 25,8 - 18,06 - 0,86 = 6,88 \\
d_{8,4} &= c_{8,4} - u_8 - v_4 = 18,92 - 15,48 - (-0,86) = 4,3 \\
d_{8,5} &= c_{8,5} - u_8 - v_5 = 20,64 - 15,48 - 0,86 = 4,3 \\
d_{8,6} &= c_{8,6} - u_8 - v_6 = 0 - 15,48 - (-18,06) = 2,58 \\
d_{9,4} &= c_{9,4} - u_9 - v_4 = 21,5 - 18,06 - (-0,86) = 4,3 \\
d_{9,5} &= c_{9,5} - u_9 - v_5 = 23,22 - 18,06 - 0,86 = 4,3 \\
d_{10,3} &= c_{10,3} - u_{10} - v_3 = 20,64 - 18,06 - 1,72 = 0,86 \\
d_{10,5} &= c_{10,5} - u_{10} - v_5 = 24,08 - 18,06 - 0,86 = 5,16
\end{aligned}$$

Bütün hücrelerin değerlendirmesi pozitif çıkmıştır. Bu sebeple bulunan çözüm optimaldir.

Sonuç tablosu üzerinden maliyet hesabı yapıldığında, atlama taşı yöntemi ile bulunmuş olan aynı değer bulunacaktır. Bu değere sahip tablo da bize üretimin ne zaman, ne kadar maliyetle yapılacağını gösterir.

Temel Değişken Değerleri:

$x_{1,1} = 1294$	$x_{2,1} = 7706$	$x_{2,2} = 1766$	$x_{3,6} = 2368$
$x_{4,6} = 2368$	$x_{5,2} = 11840$	$x_{6,2} = 2394$	$x_{6,6} = 2342$
$x_{7,6} = 2368$	$x_{8,3} = 14208$	$x_{9,3} = 792$	$x_{9,6} = 3944$
$x_{10,6} = 2368$	$x_{11,4} = 21000$	$x_{11,5} = 1810$	$x_{11,6} = 5606$

Toplam Üretim:

$$\begin{aligned} T\ddot{U} &= 1294 + 7706 + 1766 + 11840 + 2394 + 14208 + 792 + 21000 + 1810 \\ &= \mathbf{62810 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

Toplam Maliyet:

$$\begin{aligned} TM &= 0.1294 + 17,2.7706 + 18,92.1766 + 17,2.11840 + 19,78.2394 \\ &\quad + 17,2.14208 + 19,78.792 + 17,2.21000 + 18,92.1810 \\ &= \mathbf{1072445,80 \text{ YTL}} \\ &\quad (\text{Bir milyon yetmişiki bin dörtyüzkırkbeş YTL, seksen YKR\text{Ş}}) \end{aligned}$$

*Bütün başlangıç çözümlerine de her iki yöntem uygulanmış ve aynı optimum sonuca ulaşılmıştır. Optimum sonuç tablosu aşağıdaki gibidir.*

## Optimal Çözüm Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
		1294						
P=1	Normal Mesai	17,2	18,92	20,64	22,36	24,08	0	9472
		7706	1766					
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	
	Ekstra Mesai	20,64				27,52	0	2368
			M	M	M		2368	
P=2	Normal Mesai	M	17,2	18,92	20,64	22,36	0	11840
			11840					
	İlave Mesai	M	19,78	21,5	23,22	24,94	0	
	Ekstra Mesai	M	20,64			25,8	0	4736
				M	M		2368	
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2	18,92	20,64	0	14208
				14208				
	İlave Mesai	M	M	19,78	21,5	23,22	0	
	Ekstra Mesai	M	M	20,64		24,08	0	4736
					M		2368	
P=4	Normal Mesai	M	M	M	17,2	18,92	0	28416
					21000	1810	5606	
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## 642. Seçenekli Optimal Çözüm

Ulaştırma problemlerinin seçenekli optimal çözümü bir veya daha fazla temel olmayan değişkenin, optimal çözüm için test miktarları sıfır değerli olduğunda ortaya çıkar. Buna göre bir optimal çözüm birden fazla seçenekli olabilir.

Seçenekli optimal çözüm, amaç fonksiyonunun toplam değerini yani bir anlamda toplam taşıma maliyetini değiştirmez, sadece optimum dağıtım sistemini değiştirir.

Bu problemde optimal çözüm üzerinde yapılan boş hücrelerin değerlendirilmesinde sadece  $d_{1,2}$  hücresinin değeri "sıfır" çıkmıştır.



$$d_{1,2} = c_{1,2} - u_1 - v_2 = 1,72 - 0 - 1,72 = 0$$

Bu hücreye yapılabilecek bir birimlik dağıtım optimal maliyeti değiştirmeyecek ve diğer ikinci bir farklı optimal çözüm (alternatif optimal çözüm) ortaya çıkacaktır.

Burada,  $d_{1,1}$ ,  $d_{1,2}$ ,  $d_{2,1}$ ,  $d_{2,2}$  hücrelerinde yapılacak kapalı bir çevrim ile  $d_{1,2}$  çözüme girebilir ve  $d_{1,1}$  çözümden çıkabilir.  $d_{2,1}$  ve  $d_{2,2}$  hücrelerindeki temel değişkenler ise çevrimdeki işaretlerine göre  $x_{1,1}$  kadar artar veya azalır.

### Seçenekli Optimal Çözüm

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
			1294					
P=1	Normal Mesai	17,2 9000	18,92 472	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0	2368
	Ekstra Mesai	20,64	M	M	M	27,52	0	2368
P=2	Normal Mesai	M	17,2 11840	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai	M	19,78 2394	21,5	23,22	24,94	0	4736
	Ekstra Mesai	M	20,64	M	M	25,8	0	2368
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2 14208	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai	M	M	19,78 792	21,5	23,22	0	4736
	Ekstra Mesai	M	M	20,64	M	24,08	0	2368
P=4	Normal Mesai	M	M	M	17,2 21000	18,92 1810	0 5606	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## YEDİNCİ BÖLÜM

### 7. ÇÖZÜM TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışmada buraya kadar olan bölümlerde genel bilgilerin verilmesinin ardından Çıgılı Kilim Fabrikası problemi; ulaştırma modeli yardımıyla, en çok kullanılan ve bu tezde geliştirilen başlangıç çözüm teknikleriyle çözülmüş ve optimum çözüm metotlarıyla test edilerek optimal sonuç tablosu oluşturulmuştur.

Optimal Çözüm Tablosu

Üretim Periyodu	Sunum Merkezi	Üretim Satış Periyodu				Üretim Sonu Stok Miktarı	Suni İstem Merkezi	Sunum Miktarı
		1	2	3	4			
P=0	2007 Stoğu	0 1294	1,72	3,44	5,16	6,88	0	1294
P=1	Normal Mesai	17,2 7706	18,92 1766	20,64	22,36	24,08	0	9472
	İlave Mesai	19,78	21,5	23,22	24,94	26,66	0 2368	2368
	Ekstra Mesai	20,64	M	M	M	27,52	0 2368	2368
P=2	Normal Mesai	M	17,2 11840	18,92	20,64	22,36	0	11840
	İlave Mesai	M	19,78 2394	21,5	23,22	24,94	0 2342	4736
	Ekstra Mesai	M	20,64	M	M	25,8	0 2368	2368
P=3	Normal Mesai	M	M	17,2 14208	18,92	20,64	0	14208
	İlave Mesai	M	M	19,78 792	21,5	23,22	0 3944	4736
	Ekstra Mesai	M	M	20,64	M	24,08	0 2368	2368
P=4	Normal Mesai	M	M	M	17,2 21000	18,92 1810	0 5606	28416
İstem Miktarı		9000	16000	15000	21000	1810	21364	84174

## 70. Optimal Çözümün Değerlendirilmesi

1. Fabrika 2006 yılından 2007 yılına elinde stok olarak kalan 1294 m<sup>2</sup>'lik kilimi birinci üretim periyodunda pazarlamalıdır.

2. Birinci üretim periyodunda talep edilen 9000 m<sup>2</sup>'lik kilimin tamamı üretilmeli, 1294 m<sup>2</sup>'lik bölümü önceki stoktan karşılandığından dolayı, 1766 m<sup>2</sup>'si ikinci üretim periyodu için stoklanmalıdır. Bu üretim periyodunda istem miktarı normal mesai üretim programı içerisinde tamamen üretilmiş olup, diğer üretim alternatifleri olan programlan işletmeye gerek yoktur.

3. İkinci üretim periyodu için talep edilen, 16000 m<sup>2</sup>'lik malın 1766 m<sup>2</sup>'si birinci üretim periyodunda üretildiğinden dolayı, bu periyotta 14234 m<sup>2</sup>'lik bir üretim yapılmalı, bu üretimin de 11840 m<sup>2</sup>'si normal mesai dahilinde üretilmeli, arta kalan 2394 m<sup>2</sup>'lik bölümü de ilave mesai üretim programı dahilinde üretilmelidir. Bu periyotta üçüncü üretim periyodu için stoklama amacıyla üretime gerek yoktur.

4. Üçüncü üretim periyodunda 15000 m<sup>2</sup>'lik bir mal talep edilmiş olup, bu istem miktarı, daha önceki periyotlarda bu üretim periyodu için stoklama olmadığından dolayı, tamamen bu üretim periyodunda üretilmelidir.

5. Fakat bu miktarın 14208 m<sup>2</sup>'lik bölümü normal mesai üretim programının kapasitesine uygun olarak üretilebileceğinden dolayı, arta kalan 792 m<sup>2</sup>'lik bölümü de ilave mesai üretim programı içerisinde üretilmelidir.

6. Dördüncü üretim periyodunda 21000 m<sup>2</sup>'lik istem miktarına ek olarak gelecek senenin ani siparişlerini karşılamak amacıyla 1810 m<sup>2</sup>'lik bir üretim olması gerekmektedir. Bu üretim periyodunda, toplam 22810 m<sup>2</sup>'lik talep olup, bunun tamamı tam gün mesai içerisinde üretilmeli, 1810 m<sup>2</sup>'lik bölümü de gelecek sene için stoklanmalıdır.

7. Fabrika yukarıda belirtilen üretim programına göre, 21364 m<sup>2</sup>'lik bir üretim kapasitesini kullanmamaktadır.

### 71. Başlangıç Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

	<u>Üretim</u>	<u>Toplam Maliyet</u>
Kuzeybatı köşe yöntemi	62810 m <sup>2</sup>	1137398,16 YTL
En az maliyetli hücrelere dağıtım yöntemi	62810 m <sup>2</sup>	1072445,8 YTL
Sıra en küçüğü yöntemi	62810 m <sup>2</sup>	1137398,16 YTL
Sütun en küçüğü	62810 m <sup>2</sup>	1072445,8 YTL
Russel'in yaklaşımı	62810 m <sup>2</sup>	1145117,52 YTL
Vogel'in yaklaşımı	62810 m <sup>2</sup>	1118137,92 YTL
<b>En yüksek talebe en düşük maliyet</b>	<b>62810 m<sup>2</sup></b>	<b>1080235,68 YTL</b>
<b>En yüksek arza en düşük maliyet</b>	<b>62810 m<sup>2</sup></b>	<b>1096221,36 YTL</b>

Yukarıda Çılgılı Kilim Fabrikası örneği için hesaplanan toplam üretim ve toplam maliyetler rakamları görülen başlangıç çözüm yöntemlerinin en iyi çözüm verme kıstasıyla aşağıda sıraları görülmektedir:

1. En az maliyetli hücrelere dağıtım yöntemi	62810 m <sup>2</sup>	1072445,8 YTL
2. Sütun en küçüğü	62810 m <sup>2</sup>	1072445,8 YTL
<b>3. En yüksek talebe en düşük maliyet</b>	<b>62810 m<sup>2</sup></b>	<b>1080235,68 YTL</b>
<b>4. En yüksek arza en düşük maliyet</b>	<b>62810 m<sup>2</sup></b>	<b>1096221,36 YTL</b>
5. Vogel'in yaklaşımı	62810 m <sup>2</sup>	1118137,92 YTL
6. Sıra en küçüğü yöntemi	62810 m <sup>2</sup>	1137398,16 YTL
7. Kuzeybatı köşe yöntemi	62810 m <sup>2</sup>	1137398,16 YTL
8. Russel'in yaklaşımı	62810 m <sup>2</sup>	1145117,52 YTL

Sonuçlara göre "En az maliyetli hücrelere dağıtım yöntemi" ve "Sütun en küçüğü dağıtım yöntemi" en az maliyete sahip üretim programlarını, "Russel'in yaklaşım yöntemi" en fazla maliyete sahip üretim programını çıkartmıştır. Genel kabul Vogel'in yaklaşımı modelinin en iyi çözümü verdiği yönünde olmasına rağmen, üretim planlamasında bunu göremiyoruz. Yasaklanmış yolların mevcudiyetinin de bunda etkili olduğunu söyleyebiliriz. Bütün çözümlerin hepsi temel kabul edilebilir başlangıç çözümler olup, optimum olup olmadıkları bilinmemekte olduğu durumdur.

Aşağıda bu tekniklerin örnek üzerinde birbirlerine göre sağladıkları tasarruf miktarları en fazladan en aza doğru sıralanmıştır:

TM <sub>EAMH</sub>	(72671,72 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(64952,36 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(64952,36 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(45692,12 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>VAM</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(23775,56 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYAM</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	( 7789,88 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYTM</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	( 0 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SÜEK</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(72671,72 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(64952,36 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(64952,36 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(45692,12 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>VAM</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(23775,56 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYAM</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	( 7789,88 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYTM</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(64881,84 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(57162,48 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(57162,48 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(37902,24 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>VAM</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(15985,68 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYAM</sub>
TM <sub>EYAM</sub>	(48896,16 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>EYAM</sub>	(41176,80 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>EYAM</sub>	(41176,80 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>EYAM</sub>	(21916,56 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>VAM</sub>
TM <sub>VAM</sub>	(26979,60 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>VAM</sub>	(19260,24 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>VAM</sub>	(19260,24 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>SIEK</sub>	( 7719,36 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>SIEK</sub>	( 0 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>KBK</sub>	( 7719,36 YTL tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>

Aşağıda bu tekniklerin örnek üzerinde birbirlerine göre sağladıkları tasarruf yüzdeleri en fazladan en aza doğru sıralanmıştır:

TM <sub>EAMH</sub>	(% 6,34 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(% 5,71 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(% 5,71 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(% 4,08 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>VAM</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(% 2,16 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYAM</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(% 0,72 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYTM</sub>
TM <sub>EAMH</sub>	(% 0,00 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SÜEK</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(% 6,34 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(% 5,71 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(% 5,71 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(% 4,08 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>VAM</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(% 2,16 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYAM</sub>
TM <sub>SÜEK</sub>	(% 0,72 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYTM</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(% 5,66 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(% 5,02 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(% 5,02 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(% 3,38 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>VAM</sub>
TM <sub>EYTM</sub>	(% 1,45 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>EYAM</sub>
TM <sub>EYAM</sub>	(% 4,26 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>EYAM</sub>	(% 3,62 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>EYAM</sub>	(% 3,62 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>EYAM</sub>	(% 1,96 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>VAM</sub>
TM <sub>VAM</sub>	(% 2,35 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>VAM</sub>	(% 1,69 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>VAM</sub>	(% 1,69 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>SIEK</sub>
TM <sub>SIEK</sub>	(% 0,67 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>
TM <sub>SIEK</sub>	(% 0,00 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>KBK</sub>
TM <sub>KBK</sub>	(% 0,67 daha fazla tasarruf sağlamaktadır)	TM <sub>RUS</sub>

## 72. Optimal Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Optimal çözüm tekniklerinin doğal olarak aynı sonucu verdiği ve her zaman vereceği açıktır. O halde karşılaştırma yaparken iterasyon sayılarını ya da bir başka deyişle işlem miktarını ölçerek aralarında bir tercih yapabiliriz.

Bu problemin çözümünden de anlaşılacağı üzere çoğaltan yöntemi atlama taşı yöntemine göre daha az iterasyonla bizi optimum sonuca ulaştırmıştır. Dolayısıyla çoğaltan yöntemi tercih edilmelidir.

## SEKİZİNCİ BÖLÜM

### 8. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu tez çalışması sırasında mevcut ve en çok bilinen başlangıç çözüm teknikleri, altıncı bölümde yer alan işletme üretim programlaması uygulaması aracılığı ile karşılaştırılmıştır. Bu çözüm tekniklerinin her biri içerikte görüldüğü üzere ayrı ayrı örneğe uygulanmıştır.

Bu uygulamalar esnasında üretim programlamasının yapısına özel olarak men edilmiş yollar söz konusu olduğu için beklenenin aksine Vogel'in Yaklaşımı Yöntemi yerine En Az Maliyetli Hücreler Yönteminin optimuma en yakın sonucu verdiği görülmüştür.

Çalışmalar esnasında Russell'ın yönteminin uygunluğu konusunda şüpheye düşülmüştür. Çünkü iterasyonlarda eş maliyetli hücrelerin seçiminde arz ya da talep toplamlarına yeterli hücre bırakılması gözden kaçırılırsa tablo bozulmakta ve geriye dönüş gerekmektedir. Keyfi seçim ise modelin var oluş nedenini ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle Russell Yönteminin yasaklanmış yollara sahip olan ulaştırma tablolarına uygulanmasının doğru olmadığı kanaatine varılmıştır.

En Az Maliyetli Hücreler Yöntemi en uygun sonucu vermekle beraber, yasaklanmış yolların farklılaşması durumunda bu yöntemin de (küçük örnekler vasıtasıyla denenerek) çözümde tıkanmalara yol açabileceği değerlendirilmektedir. Sıra veya Sütun En Küçüğü Yöntemi, tıkanmaya yol açmayan bir yöntem olarak görülmüş, ancak bu yöntemde göz ardı edilen düşük maliyetler söz konusudur. Kuzeybatı Köşe Yönteminin zaten optimumdan en uzak sonuçlar veren bir yöntem olduğu herkes tarafından bilinmektedir.

Bu nedenle hem tıkanmaya yol açmayacak hem de optimuma daha yakın çözüm üretecek teknikler üzerinde çalışılarak yeni iki yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlerin tıkanmaya yol açmadığı ve optimuma yakın çözüm verdiği gözlenmiştir.



Bu yöntemlerden “*En Yüksek Arza En Düşük Maliyet Yöntemi*” Kuzeybatı Köşe Yöntemi, Sıra En Küçüğü Yöntemi, Russel’in Yöntemi ve Vogel’in Yönteminden zaman zaman daha optimuma yakın sonuç verirken, En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yöntemi ve Sütun En Küçüğü Dağıtım Yöntemine nazaran optimuma daha uzak kalmıştır.

“*En Yüksek Talebe En Düşük Maliyet Yöntemi*” ise biri hariç bilinen bütün yöntemlerden daha iyi sonuç vermiş, En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yönteminden ise çok küçük bir farkla daha yüksek bir maliyet hesaplamıştır.

Geliştirilen tekniklerin üretim programlamasında ve diğer yasaklı yollara sahip uygulamalarda rahatlıkla kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Yeni geliştirilen yöntemler işleyişi itibarı ile Satır veya Sütun En Küçüğü Yöntemlerine benzemekle beraber, talep ya da arz büyüklüklerini hesaba katmasıyla farklılaşmaktadır. Farklı ve daha kullanışlı algoritmalar üretilmesi için faydalı olacağı umulmaktadır. Diğer taraftan, optimum çözüm yöntemlerinden “Çoğaltan” yönteminin daha az işlemle sonuca ulaştığı ve bu yüzden tercih edilmesi gerektiği pekiştirilmiştir.

Tezin görünen amacı; başlangıç temel çözüm teknikleri ve optimal çözüm yöntemlerinin kıyaslanmasıdır. Ancak *esas hedef* yeni ve daha kullanışlı ulaştırma algoritmalarının üretilmesine katkıda bulunabilmektir.

***Sadece rakamlarda, istatistikte veya ekonomide değil, sosyal hayatın her aşamasında sorunlara çözüm her zaman vardır, yeter ki modeli iyi kuralım, en iyi çözüm tekniklerini kullanalım.***

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

### a. Kitaplar

- AKDİKMEN R. : Standart English Dictionary., Anka Ofset Basımevi, İstanbul, 1985
- ANDERSON D., SERCENEY R., THOMAS A. : An Introduction to Management Science, Quantitative Approaches to Decision Making. 5<sup>th</sup> ed. West Publishing Company
- ASLAN D. : Üretim Ekonomisi ve Politikası, Atatürk Üniversitesi Yayın No:396, Ankara, 1975
- BARRY Render, RALPH M. Stair : Introduction to Management Science, Boston
- BAŞKAYA Zehra : Tamsayılı Programlama algoritmaları ve Bilgisayar Uygulamalı Problem Çözümleri, Ekin Kitabevi, Bursa, 2005
- CHIANG Alpha C. : Matematiksel İktisadın Temel Yöntemleri, Çeviri: M.SARIMEŞELİ ve Osman AYDOĞUŞ, Asil Yayın Dağıtım, Ankara, 2005
- COOK Thomas, ROBERT A. Russel : Production to Management Science. 2<sup>nd</sup> ed., Prentice/Hall Inc., Boston
- DOĞAN İbrahim : Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1995
- ERKUT Haluk : Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı, İrfan Yayıncılık 2.Baskı, İstanbul, 1992
- GÜMÜŞOĞLU Şevkinaz : İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları, Beta 2.Bası, İstanbul, 2000
- HALAÇ Osman : Kantitatif Karar verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması). 4.b., Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 1995
- HALSEY William : D.Macmillian Contemporary Dictionary, Macmillian Publishing Co., Inc., New York

- HILLIER F.S. LIEBERMAN G.J. : Introduction to Operation Research, McGraw hill Business Quantative Series, California, 1989
- IGNIZIO James P. : Linear Programming in Single & Multiple Objectives Systems. New Jersey, Prentice/Hall İne.
- KILIÇBAY Ahmet : Ekonometri, İ.Ü.İktisat Fakültesi Yayını, İstanbul, 1968
- LAWRENCE L. Lapin : Quantitative Methods for Business Decisions With Cases, 6.edition, For Worth: The Dryden Pres – The Harcourt Brace College Publishers
- OBERSTONE Joelee : Management Science. West Publishing Company., San Francisco
- OLUÇ Mehmet : İşletme Organizasyonu ve Yönetimi, Cilt I, 3. Baskı, İÜ – İF Yayınları, Nr.7, İstanbul, 1978
- OZAN Turgut : Applied Mathematical Programming For Engineering and Production Management, A Reston Book-Prentice/Hall, New Jersey
- ÖZKAN Şule : Yöneylem Araştırması Nicel Karar Teknikleri, Nobel Yayın Dağıtım, Birinci Basım, Ankara, Aralık 2005
- ÖZGÜVEN Cemal : Doğrusal Programlama ve Uzantıları, Detay Yayıncılık, Ankara, 2003
- ÖZTÜRK Ahmet : Yöneylem Araştırması, Genişletilmiş Ekin Kitabevi Yayınları, 9.Baskı. Bursa, 2004 ve 4.Baskı 1994
- PANNE C. : Van de. Linear Programming and Related Techniques. 2<sup>nd</sup> ed. Noth Holland Publishing Company
- PINDYCK Robert S., RUBINFELD Daniel L. : Econometric Models and Economic Forecast, Second Edition, McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1981
- RENDER B., STAIR R.M., HANA M. : Quantitative Analysis for Management, 8th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003
- RIGGS J.L. : Introduction to Operations Research and Management Science: A General System Approach, Mc Graw-Hill Book Comp., New York, 1975

- ROBERTS Michael : Green Reports Get Grade, Chemical Week, M.P.M, Kalite Kontrol Grupları (QCC), MPM Yayınları Nr.320, Ankara, 1989
- SAKARYA E., CEVGER Y., GÜNLÜ A. : Et ve Balık Kurumu Kombinalar Arası Et Taşımada Ulaştırma Modeli Uygulaması, 2000
- SARIASLAN H. : Kaynakların Dağıtımında Doğrusal Programlama, Ankara, 1986
- SEYİDOĞLU Halil : Bilimsel Araştırma ve Yazma El Kitabı. 6.b. İstanbul: Güzem Yayınları, 1995
- SHOGAN Andrew W. : Management Science. New Jersey: Prentice/Hall Inc.
- STEVENSON William J. : Introduction to Management Science. 3<sup>rd</sup> ed., Boston
- STOCKTON R.S. : Introduction To Linear Programming, 2nd Edition, AUyn And Bacon Inc, Boston,1963
- TAYLOR Bernard W. : Introduction to Management Science. 4<sup>th</sup> ed.
- THOMAS A. Alex : Yönetim Muhasebesi, Çev: Alpaslan PEKER, Turhan Yayınları Nr.73, Ankara, 1993
- TULUNAY Yılmaz : Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları, 3.baskı, Renk İş Matbaası, İstanbul, 1991
- TÜREDİ Necati : Uygulamalı İstatistik Yöntemler, Celepler Matbaacılık, Trabzon, 2004
- ÜNSAL Erdal M. : Makro İktisat, Turhan Kitabevi, Genişletilmiş 5.Bası, Ankara 2004
- WEISS Howard J., MARK E.Gershon : Production and Operatin Management, Boston
- WILKES F.M. : Elements of Operational Research, Mcgraw Hill Book Company Limited, London
- YAMAK Rahmi ve KÖSEOĞLU Mustafa : Uygulamalı İstatistik ve Ekonometri İkinci Baskı, Trabzon, 2004
- YAZICI Mehmet : Bilimsel Çalışma ve Yazma Yöntemleri, M.Ü.-İİBF. Nihad Sayar Eğitim Vakfı Yayınları, 1993, İstanbul

YOUNG P., HAMBURG M. : Statistical Analysis for Decision Making, 6th ed. Fort Worth: Dryden Press, 1994

### **b. Tez, Makale ve Bildiriler**

BANGER Gürol ve ŞİŞMAN Aziz : Kırsal Alan Düzenlemelerinde Yöneylem Araştırması Tekniklerinin Uygulanması, Harita ve Kadastro Müdürlüğü, 2000

KARAYILMAZLAR Selman : Yongalevha Endüstrisinde Bir Yöneylem Araştırması Uygulaması, Z.K.U. Bartın Osman Fakültesi, Balaban Erdal İ.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul, 1998

PEHLİVAN Osman : Vergi Yönetimi, Basılmamış Doktora Tezi, KTÜ-SBE , Trabzon, 1985.

SOYLU M. Yekta : Ulaştırma Modelleri, Kıyaslanması ve Bowman'ın Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Problemine Bir İşletme Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1997

YAVUZ Uğur : Excel 97, Atatürk Üniversitesi Yayın No:214, Erzurum, 1999

ZENGİN Hilmi : Türkiye'de Paketli Çay Dağıtımının Optimizasyonu (Ulaştırma Modeli), Doktora Tezi, Trabzon, 1987

### **c. Süreli Yayınlar**

ALAN Mehmet Ali ve YEŞİLYURT Cavit : C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, Erzurum, 2006

ARIKAN Türkan : Muhasebe Teknik -I, Der Yayınları Nr.24, İstanbul, 1982

AVRAKOĞLU İlhan : Hedef: Sıçrama ve Toplam Kalite, Değişen Kalite Anlayışı ve TKY Sempozyumu'na Sunulan Bildiri, İstanbul, 21-23 Eylül 1994

BERGER J. : A Parallel Hybrid Genetic Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows, Computers & Operations Research, Cilt 31, Sayı 12, 2037-2053, 2004

- CHOI I., KIM S.I., KIM H.S. : A Genetic Algorithm with A Mixed Region Search For the Asymmetric Traveling Salesman Problem, Computers & Operations Research, Cilt 30, Sayı 5, 773-786, 23. Michalewicz, Z., Vignaux, 2003
- ÇELİKOĞLU C.Cengiz ve MORALI Nilgün : Ulaştırma Problemlerinde Duyarlılık Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt 2, Sayı:4, 2000
- HALL R. W. : Change of Direction. OR/MS Today 29, no. 4 (Feb.2002): 38–41, 46. Partyka, J. G., and R. W. Hall. “On the Road to Service.” OR/MS Today 27, no. 4 (Aug.2000): 26–30. “Vehicle Routing Software Survey.” OR/MS Today 29, no. 4 (Feb.2002)
- KARAYILMAZLAR S., MERİH K. : Orman Ürünleri Sanayinde Ürün Karışımı Optimizasyonu (ORÜS Bolu Yongalevha İşletmesi Örneği), MPM Verimlilik Dergisi, Cilt no:25, Sayı:2, 1996
- KARAOĞLAN İsmail ve ALTIPARMAK Fulya : Konkav Mly. Ulaştırma Problemi İçin Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel bir Yaklaşım, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Cilt 20, No 4, 443-454,2005 Vol 20, No:4,Ankara, 2005
- ÖZASLAN İsmail : Muhasebenin Esasları, İİTİA Yayınları Nr.51, İstanbul, 1978
- ÖZASLAN İsmail : Muhasebenin Teknik Yapısı, İİTİA Yayınları Nr.68, İstanbul, 1978/a.
- SEZGİN İlkin : İktisadi Kalkınma : Seçme Yazılar, ODTÜ Yayınları Nr.70, Ankara, 1966

#### d. İnternet Sayfaları

- <http://www.csun.edu> : Dechter Avi, Simultaneous Demand Smoothing and Work-Shift Scheduling an a Service Operation, Department of Management Science College of Business Administration and Economics, California State University, Northridge

- <http://www1.gantep.edu.tr/~> : [bidb/ofisyardimci/excel/e\\_bicim.htm](http://www1.gantep.edu.tr/~bidb/ofisyardimci/excel/e_bicim.htm)  
21.05.2003
- <http://harita.turkcebilgi.com> : İlçe Haritaları
- <http://www.isye.gatech.edu/> : SPIRODIN (SPYROS) Reveliotis, An Introduction to Linear Programming and the Simplex Algorithm, <http://www.isye.gatech.edu/~spyros/LP/LP.html>, 06.0.6.2003
- <http://www.tuik.gov.tr> : T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü İstatistik Göstergeler 1923–2004, 2004

### e. Dijital Yayınlar

- ATAN Murat : Üretim ve Verimlilik Arttırma Teknikleri, 10.pdf, 2005, <http://muratatan.info/notes/10.pdf>,
- GÖKÇE Deniz : Hangi Döviz Kuru Sistemi Uygulanması, Platin Dergisi, <http://www.platindergisi.com.tr/20010201/denizg.html> , (02.12.2002)
- MISHKIN Frederic S. : “International Experiences With Different Monetary Policy Regimes, Instituties for International Economic Studies, Seminar Paper Nr.648 (August 1998), (<http://www.iies.su.se/ftpsever/sempaper7pdf7fs648a4.pdf>)
- TEKTAŞ Mehmet : Ulaştırma Problemleri Optimizasyon Teknikleri, Sunumu, 2003, Slayt.3
- TOPÇU Y.İlker : Yöneylem Araştırmasına Giriş, 2007, END331.pdf, [www.ilkertopcu.net](http://www.ilkertopcu.net),
- YILMAZ Zekayi : Sayısal Yöntemler, [http://www1.gantep.edu.tr/~bidb/ofisyardimci/excel/e\\_bicim.htm](http://www1.gantep.edu.tr/~bidb/ofisyardimci/excel/e_bicim.htm) Uludağ Üniversitesi, Bursa, 06.06.2003

## **EK**

### **DOĞRUSAL PROGRAMLAMA PROBLEMLERİNİN EXCEL'LE ÇÖZÜMÜ**

#### **The Solution of Linear Programming Problems Through Excel**

*Kaynak: Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ali ALAN, Öğr. Gör. Dr. Cavit YEŞİLYURT  
C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, 2006, s.151-162*

#### **Özet**

İşletmeler, optimizasyon problemlerinin çözümünde çeşitli yöntemler kullanırlar. Bu yöntemlerden en yaygın kullanılanlarından birisi de doğrusal programlama tekniğidir. Doğrusal programlama problemlerinin çözümünde Excel çözücüsü, hem Excel'in çok yaygın olarak kullanılması hem de çözümün kolay ve anlaşılır olması nedeniyle kullanıcılar için pek çok avantaj sağlar.

#### **Abstract**

Businesses use various methods in solving optimization problems. One of these methods used commonly is linear programming method. Excel solver provides many advantages for users because of both its usage in solving linear programming problems and its simplicity and understandability.

#### **Excel ve Çözücü**

Excel, Microsoft firması tarafından geliştirilmiş bir hesap tablosu programıdır. Windows ve Macintosh ortamları için hazırlanmıştır ve şu anda dünyada en çok kullanılan programlardan birisidir. Excel mühendislere, mimarlara, muhasebecilere ve bütün mesleklerdeki insanların hesaplama gereksinimlerini gidermek için kullanılabilir.

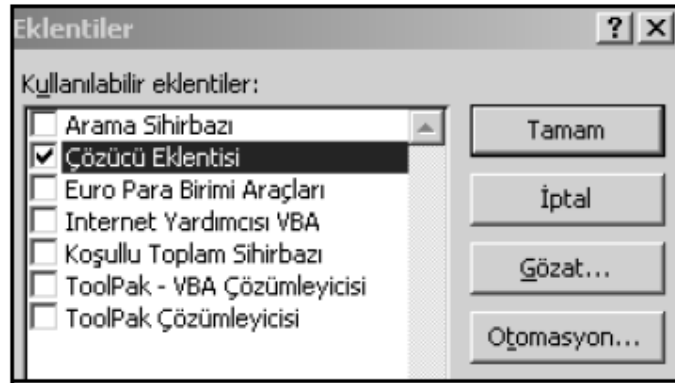


Bu gereksinimler basit toplama işlemleri olabileceği gibi yüksek matematik problemlerinin hızlı bir biçimde çözülmesine ya da mimarlık hesaplarının yapılması da olabilir<sup>62</sup>.

Çözücü, verilen kısıtlar altında bir amaç işlevin belirli değişkenler için çözümünü sağlar<sup>63</sup>. Çözücü ile n. dereceden bir bilinmeyenli denklem çözülebileceği gibi n bilinmeyenli m adet denklem sistemini de çözmek olanaklıdır. Bu çalışmada, Ofis XP kullanılarak, matematik programlama modellerinden doğrusal programlama problemlerinin Excel Çözücüsü yardımıyla çözümü verilecektir.

### Çözücünün Etkinleştirilmesi ve Örnek Uygulama

Bir D.P. probleminin ya da bir denklem sisteminin çözümü için öncelikle Excel'in araçlar menüsünde çözücü işlevinin olup olmadığı kontrol edilmelidir. Eğer çözücü yok ise izleyen şekilde görüldüğü gibi Araçlar menüsünden Eklentilere gelinerek çözücü eklentisi onaylanmalıdır.



**Excel Çözücüsünün Etkinleştirilmesi**

Eğer Araçlar menüsünde çözücü işlevi var ise DP problemlerini ya da denklem sistemlerini çözmek olanaklı olacaktır. İzleyen örneklerde bir maksimizasyon, bir de minimizasyon probleminin Excel'de çözüm süreci adım adım açıklanmıştır.

<sup>62</sup> [http://www1.gantep.edu.tr/~bidb/ofisyardimci/excel/e\\_bicim.htm](http://www1.gantep.edu.tr/~bidb/ofisyardimci/excel/e_bicim.htm)21.05.2003

<sup>63</sup> Yavuz, 1999,154

*Amaç Fonksiyonu:*

$$Z_{\max} = 5x_1 + 8x_2$$

*Kısıtlayıcılar:*

$$4x_1 + 6x_2 \leq 24$$

$$2x_1 + x_2 \leq 18$$

$$3x_1 + 9x_2 \leq 36$$

*Pozitif Kısıtlama:*

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

Öncelikle Excel çalışma sayfasındaki A1 ve B1 adreslerine X1 ve X2 girilmeli ve A2 ve B2 adreslerine 0 (sıfır) değeri yazılmalıdır. Sonraki adımda uygun bir hücreye gelinerek (Örnekte D2 hücresi) bu hücreye amaç fonksiyonu izleyen biçimde yazılır:

$$= 5*A2+8*B2$$

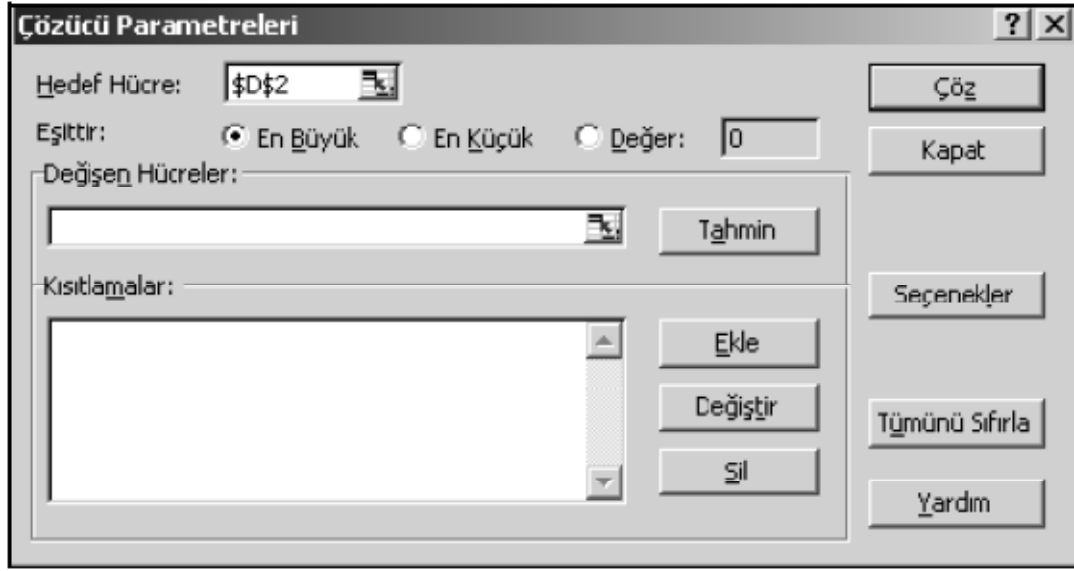
Amaç fonksiyonundan sonra da kısıtlayıcılar benzer şekilde yan hücelere girilir. Örnek uygulama için kısıtlayıcı fonksiyonların yazılışı ve hücre adresleri izleyen biçimdeki gibi girilmiştir:

E2 Hücresine	=4*A2+6*B2-24
F2 Hücresine	=2*A2+B2-18
G2 Hücresine	=3*A2+9*B2-36
H2 Hücresine	=A2
I2 Hücresine	=B2

Bu denklemlerin girilmesinden sonra, çözüm öncesi hücelerde oluşan durum izleyen şekildeki gibidir:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	x1	x2							
2	0	0		0	-24	-18	-36	0	0

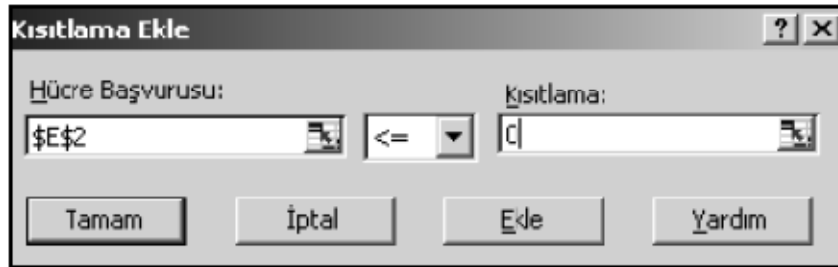
**Denklemlerin Excel Hücelerine Girilmesi**



### Çözücü Parametreleri Penceresi

Bu penceredeki “Hedef Hücre”, amaç fonksiyonun bulunduğu hücredir. Çünkü elde edilen çözüm sonucunda en yüksek kâr ya da en düşük maliyet (optimum sonuç) bu hücrede gerçekleşecektir. “Eşittir:” parametresinde ise eğer kâr maksimizasyonu problemi çözülecekse “En Büyük”, maliyet minimizasyonu çözülecekse “En Küçük” alternatifi onaylanmalıdır. Eğer yalnızca denklem sistemi çözülecekse bu durumda “Eşittir=0” parametresi seçilmelidir. “Değişen hücreler” kısmı ise maksimizasyon ya da minimizasyon probleminin çözümü sonucunda elde edilecek X1 ve X2’değerleridir.

“Kısıtlamalar” bölümü ise kısıtlayıcı fonksiyonların tanımlandığı bölümdür. “Ekle” düğmesi tıklanarak kısıtlayıcı fonksiyonlar sırasıyla seçilmelidir. Şekildeki “Ekle” düğmesinin tıklanması ve birinci kısıtlayıcının seçilmesi ile elde edilmiştir. Benzer şekilde diğer kısıtlayıcılarda tek tek girilmelidir.



### Kısıtlayıcı Fonksiyonların Eklenmesi

Burada “Tamam” düğmesi onaylanarak ya da tekrar “Ekle” düğmesi seçilerek daha sonraki kısıtlayıcıların girilmesi sağlanabilir. Bütün kısıtlayıcıların girilmesiyle elde edilen çözücü parametreleri penceresi şekildeki gibi elde edilecektir.

### Çözücü Parametrelerin Tanımlanması

Bu aşama ile bütün çözücü parametrelerin girilmesi tamamlanmış olur. “Çöz” düğmesinin tıklanması ile DP problemi çözülür. Denklemin çözücü işlevi ile çözümünden elde edilen Excel çalışma sayfası izleyen biçimdeki gibidir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	x1	x2							
2	0	4		32	0	-14	0	0	4

### Sonuç Ekranı

Çalışma sayfasında da görüldüğü gibi  $X_1=0$ ,  $x_2=4$  ve amaç fonksiyonu  $Z_{max}=32$  olarak bulunmuştur. İzleyen DP Probleminde ise minimizasyon örneğinin Excel çözücüsü ile çözümü verilmiştir.

*Amaç Fonksiyonu:*

$$Z_{\min} = 24x_1 + 18x_2 + 36x_3$$

*Kısıtlayıcılar:*

$$4x_1 + 2x_2 + 3x_3 > 5$$

$$6x_1 + x_2 + 9x_3 \geq 8$$

*Pozitif Kısıtlama:*

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$$

Excel çalışma sayfasındaki A1, B1 ve C1 adreslerine X1,X2 ve X3 girilmeli ve A2, B2 ve C2 adreslerine 0 (sıfır) değeri yazılmalıdır. Sonraki adımda uygun bir hücreye gelinerek (Örnekte E2 hücresi) bu hücreye amaç fonksiyonu izleyen biçimde yazılmalıdır:

$$=24*A2+18*B2+36*C2$$

Amaç fonksiyonundan sonra da kısıtlayıcılar benzer şekilde yan hücelere girilmelidir. Kısıtlayıcı fonksiyonların yazılışı ve hücre adresleri izleyen biçimdeki gibi girilmiştir:

$$\text{F2 Hücresine} =4*A2+2*B2+3*C2-5$$

$$\text{G2 Hücresine} =6*A2+B2+9*C2-8$$

$$\text{H2 Hücresine} =A2$$

$$\text{I2 Hücresine} =B2$$

$$\text{J2 Hücresine} =C2$$

Bu denklemlerin girilmesinden sonra hücrelerde oluşan durum izleyen şekilde gibidir:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	x1	x2	x3							
2	0	0	0		0	-5	-8	0	0	0
3										

### Denklemlerin Excel Hücrelerine Girilmesi

Bu aşamadan sonra aktif hücre olarak amaç fonksiyonun bulunduğu D2 hücresi seçilmeli ve araçlar menüsünden çözücü işlevi çalıştırılmalıdır. Çözücü parametreleri örnek probleme uygun olarak izleyen biçimde tanımlanmıştır.

### Çözücü Parametrelerin Tanımlanması

Bu parametrelerin tanımlanmasından sonra “Çöz” düğmesi tıklanır ve optimum çözüm elde edilmiş olur. “Çöz” düğmesinin tıklanmasından sonra elde edilen Excel çalışma sayfası izleyen biçimde elde edilmiştir <sup>64, 65, 66</sup>.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	x1	x2	x3							
2	1,16667	0	0,111111		32	0	0	1,16667	0	0,111111
3										

### Sonuç Ekranı

<sup>64</sup> Spirodim (Spyros) Reveliotis, “*An Introduction to Linear Programming and the Simplex Algorithm*” <http://www.isye.gatech.edu/~spyros/LP/LP.html>, 06.06.2003

<sup>65</sup> Uğur Yavuz, Excel 97, *Atatürk Üniversitesi Yayın No:214*, Erzurum, 1999

<sup>66</sup> Zekayi Yılmaz, *Sayısal Yöntemler*, [http://www1.gantep.edu.tr/~bidb/ofisyardimci/excel/e\\_bicim.htm](http://www1.gantep.edu.tr/~bidb/ofisyardimci/excel/e_bicim.htm) Uludağ Üniversitesi, Bursa, 06.06.2003

## ÖZGEÇMİŞ

Cengiz YARDIM, 1970 yılında Samsun'da doğdu. İlkokulu İstanbul Maltepe'deki Orhangazi İlkokulunda, Ortaokulu aynı semtte bulunan Orhangazi Lisesinde okudu. Ortaokul bitiminde girdiği fen lisesi ve askeri lise sınavlarını kazanan YARDIM, askeri liseyi tercih ederek, bir yılı hazırlık sınıfı olmak üzere dört yıl süreli ve o dönemde yabancı dille eğitim veren İstanbul Çengelköy'deki Kuleli Askeri Lisesi'ni bitirdi. Liseden sonra Ankara'daki Kara Harp Okulu'nu bitiren YARDIM 30 Ağustos 1991 tarihinde teğmen rütbesi ile subaylık hayatına başladı.

1991 ve 1992 yıllarında Tuzla Piyade Okulunda Subay Temel, Isparta Eğirdir'de İç Güvenlik Kurslarına katıldı. 1992–2007 yılları arasında Ağrı Eleşkirt, Batman, Şırnak, İstanbul Küçükyalı, Şanlıurfa, Diyarbakır Lice, Bingöl Genç, Kuzey Kıbrıs Lefkoşa ve Trabzon'da olmak üzere farklı bölgelerde ve Türk Silahlı Kuvvetlerinin çeşitli kademelerinde başarılı görevler yaptı.

Mesleğinin icrası sırasında birçok ödül ve takdirname alan YARDIM, Ankara Özel Kuvvetler Komutanlığında Özel Koruma Kursu ve Ankara Genelkurmay İstihbarat Okulunda İstihbarat Kursu gördü.

Trabzon'da ikamet etmekte olan YARDIM halen geçici görevle bulunduğu Hakkâri'nin Çukurca ilçesinde Harekât, Eğitim ve İstihbarat Subaylığı görevinde bulunuyor.

Evli ve iki çocuk babası olan YARDIM İngilizce biliyor.