

T.C.  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI  
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

**DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK  
KENTİÇİ OTOBÜSLE TOPLUTAŞIMA SİSTEMİ İÇİN BİR  
MODEL OLUŞTURULMASI VE UYGULANMASI**

Doktora Tezi

Selçuk ALP

Danışman : PROF.DR. İBRAHİM DOĞAN

İstanbul, 2008

Marmara Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

Tez Onay Belgesi

EKONOMETRİ Anabilim Dalı YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI Bilim Dalı  
Doktora öğrencisi SELÇUK ALP nın tez çalışması ,Enstitümüz Yönetim  
Kurulunun 28.02.2008 tarih ve 2008-3/19 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oy  
birliği / oy çokluğu ile Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 16.06.2008

- 1) Tez Danışmanı : PROF. DR. İBRAHİM DOĞAN
- 2) Jüri Üyesi : DOÇ. DR. TUNCAY CAN
- 3) Jüri Üyesi : DOÇ. DR. ÖMER ÖNALAN
- 4) Jüri Üyesi : PROF.DR.NALAN CİNEMRE
- 5) Jüri Üyesi : DOÇ.DR.MEHPARE TİMÖR

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## ÖNSÖZ

Günümüzde kentiçi toplu taşıma sisteminde otobüsle taşımacılık konusu önemini sürdürmektedir. Raylı sistemlere göre daha ucuz altyapı maliyeti ve daha esnek yapısı ile otobüsle kentiçi toplu taşımacılık daha uzun süre gündemde olacaktır. Bu nedenle otobüsle taşımacılığın daha gelişmiş ve daha çağdaş ölçülerde yapılması gerekliliği ortadadır.

Bu çalışmada kentiçi otobüsle yolcu taşımacılığı üzerinde durulacaktır. Halen uygulanmakta olan sistemin matematiksel modeli, Doğrusal Hedef Programlama Modeli'ne uygun olarak oluşturularak çeşitli alternatif hedefler altında sistemin alacağı durum incelenecektir.

Bu çalışmada ve doktora eğitimimin başından beri desteğini gördüğüm değerli Hocam Sayın Prof.Dr. İbrahim DOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, ihtiyacım olduğu her zaman kendilerine başvurduğum Doç.Dr. Tuncay CAN ve Yrd.Doç.Dr. S.Erdal DİNÇER'e, çalışmanın her aşamasında beni sabırla dinleyen oda arkadaşım Ersoy ÖZ'e de teşekkürlerimi sunuyorum.

Beni bugünlere getiren babam Mümtaz ALP ve annem Saadet ALP ile sevgili eşim ve meslektaşım Elçin AYKAÇ ALP'e de şükranlarımı sunarım.

İstanbul, 2008

Selçuk ALP

## ÖZ

Değişik davranış biçimlerinden (faaliyet, alternatif, strateji) birinin, sorunlara çözüm getirmesi için seçilmesi zorunluluğu, geçen zaman içinde daha da karmaşık görünüm kazanan insan yaşantısının ağırlık noktasını oluşturmuştur. Bu gerçek, gerek kişilerin ve gerekse yöneticilerin çevre ilişkilerinin giderek yoğunlaşması karşısında, etkin çözüm yollarının bulunması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Karar verme, mevcut tüm seçenekler arasından amaç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme sürecidir. Bir kararın verilebilmesi için birden fazla seçeneğin olması gerekmektedir.

Böylece karar verecek olan kişi ya da kişiler faydası en fazla olan alternatifi seçerek kararlarını belirleyeceklerdir.

Günümüzde bireyler veya işletmeler tek bir amacı optimum düzeye getirmek yerine eşanlı birden fazla amacı optimum düzeye getirmeye çalışarak zaman ve maliyet değerlerini en aza indirmeyi ya da gelir veya kârlarını en yükseğe çıkarmayı amaçlamaktadırlar.

Taşımacılık sistemleri topluma önemli hizmetler sunmaktadır. Kentiçi otobüsle yolcu taşımacılığı konusunda, ister kamu ister özel bir kurum olsun işletmeci düşük maliyeti, yolcular ise hizmet kalitesini ve kendileri için düşük maliyeti önemsemektedirler.

Çalışmanın birinci bölümünde, karar verme kavramı ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Hedef programlamanın tanımı, yapısı, varsayımları, sınıflandırılması, uygulama alanları ve avantaj ve dezavantajları ikinci bölümde anlatılmıştır. Üçüncü bölümde çeşitli hedef programlama modellerinin matematiksel modelleri ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise uygulama olarak İETT'ye bağlı Kağıthane garajı verileri kullanılarak modeller oluşturulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** : Doğrusal Hedef Programlama, Kentiçi Otobüsle Yolcu Taşımacılığı, Ulaştırma, Çok Amaçlı Karar Verme, Matematiksel Model

## ABSTRACT

It's necessary to choose one thing from various treatment forms (activity, alternative, strategy) to solve a problem. Nowadays it is the main point for human life which has become to seem more complicated. This fact has caused to find out a method which is the most impressive solution since the social relations of people and directors have been intensive nowadays.

Deciding is the process which is the most useful and convenient to the purposes. To decide something, there is to be more than one choice, so a person or people who are going to decide will express their ideas and will be able to choose the most suitable alternatives.

The goal of human beings and companies is not only improving just one choice, but also deal with a lot of choices in order to shorten the period of time or increase their incomes or profits.

The transportation system has been trying to do its best to serve the customer very well. In transportation both public and private company just care about its profit. However, for passengers, the most important thing is the service quality and certainly low price, but for the companies, the most important thing is cost.

In the first section of the research the conception of deciding is examined. The different goals of the programme models of maths have been investigated in details. The definition, structure, supposition, classification, application areas and advantages and disadvantages of the goal programming is explained in the second section. In the third section the mathematical models of various goal programmings are examined in detail. In the fourth and the last section of the search models are constituted and results are evaluated using the data of Kağıthane Garage of IETT.

**Keywords :** Linear Goal Programming, Intercity Passenger Transportation by Bus, Transportation, Multi Objective Decision Making, Mathematical Programming

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>ÖZ</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>BÖLÜM 1 . KARAR VERME</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1. KARAR VERME KAVRAMI</b> .....	<b>6</b>
1.1.1. Karar Verme Kavramı ve Gelişimi .....	6
1.1.2. Karar Verme Eyleminin Öğeleri .....	10
1.1.3. Karar Verme Süreci .....	12
1.1.4. Karar Verme Ortamları .....	14
1.1.5. Karar Vermeyi Etkileyen Faktörler .....	18
1.1.6. Kararın Uygulaması .....	21
1.1.7. Karar Destek Sistemleri .....	22
<b>1.2. KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI</b> .....	<b>23</b>
<b>1.3. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME</b> .....	<b>25</b>
1.3.1. Çok Amaçlı Karar Verme Kavramı .....	25
1.3.2. Çok Amaçlı Karar Verme Problemlerinin Çözüm Yaklaşımları.....	28
<b>1.4. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMLERİ</b> .....	<b>32</b>
1.4.1. Analitik Hiyerarşi Süreci .....	32
1.4.2. TOPSIS .....	34
1.4.3. ELECTRE .....	36
1.4.4. Hedef Programlama .....	37
<b>1.5. MATEMATİKSEL MODELLER</b> .....	<b>38</b>
1.5.1. Tanım .....	38
1.5.2. Matematiksel Modellerin Özellikleri .....	42
1.5.3. Matematiksel Modelin Kurulması Aşamaları .....	43

1.5.4. Matematiksel Modelin Çözümü.....	44
1.5.5. Matematiksel Modelin ve Çözümün Test Edilmesi.....	45
<b>BÖLÜM 2 . HEDEF PROGRAMLAMA .....</b>	<b>46</b>
<b>2.1. HEDEF PROGRAMLAMA KAVRAMI .....</b>	<b>46</b>
2.1.1. Hedef Programlamanın Gelişimi .....	46
2.1.2. Hedef Programlamanın Tanımı .....	48
<b>2.2. HEDEF PROGRAMLAMANIN YAPISI .....</b>	<b>51</b>
2.2.1. Amaçlar.....	51
2.2.2. Hedefler .....	51
2.2.3. Karar Değişkenleri.....	51
2.2.4. Sapma Değişkenleri .....	52
2.2.5. Sistem Kısıtları .....	52
2.2.6. Hedef Kısıtları.....	53
2.2.7. Başarı Fonksiyonları .....	54
2.2.8. Amaç Fonksiyonu .....	54
<b>2.3. DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMANIN VARSAYIMLARI .....</b>	<b>54</b>
2.3.1. Doğrusallık Varsayımı .....	55
2.3.2. Toplanabilirlik Varsayımı.....	55
2.3.3. Sınırlılık Varsayımı.....	55
2.3.4. Negatif Olmama Varsayımı .....	55
2.3.5. Amaçlara Öncelik Verilmesi .....	56
2.3.6. Amaçların Ağırlıklandırılması.....	56
<b>2.4. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMANIN KARŞILAŞTIRILMASI.....</b>	<b>57</b>
2.4.1. Problemin Amacı .....	57
2.4.2. Kısıtlar .....	57
2.4.3. Sapma Değişkenleri .....	58
2.4.4. Amaç Fonksiyonu .....	58
2.4.5. Hedefler .....	59
2.4.6. Değişkenler .....	59
2.4.7. Çözüm.....	59

2.4.8. Öncelikler.....	60
2.4.9. Ağırlıklar.....	60
2.4.10. DP ile DHP Arasındaki Temel Farklar.....	60
<b>2.5. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN SINIFLANDIRILMASI.....</b>	<b>61</b>
2.5.1. Amaç Fonksiyonlarının Öncelik Seviyelerine Göre Hedef Programlama Türleri.....	61
2.5.2. Karar Değişkenlerinin Alabilecekleri Değerlerine Göre HP Türleri.....	62
2.5.3. Katsayıların Özelliklerine Göre Hedef Programlama Türleri.....	62
2.5.4. Hedeflerin Özelliklerine Göre Hedef Programlama Türleri.....	64
<b>2.6. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN UYGULAMA ALANLARI.....</b>	<b>66</b>
<b>2.7. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI.....</b>	<b>68</b>
2.7.1. Avantajları.....	68
2.7.2. Dezavantajları.....	69
<b>BÖLÜM 3 . HEDEF PROGRAMLAMA MODELLERİ.....</b>	<b>70</b>
<b>3.1. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ.....</b>	<b>70</b>
3.1.1. Doğrusal Programlama Problemi.....	70
3.1.2. Doğrusal Programlamanın Matematiksel Modeli.....	72
3.1.3. Doğrusal Programlama Modelinin Grafik Yöntem ile Çözümü.....	75
3.1.4. Doğrusal Programlama Modelinin Simpleks Yöntem ile Çözümü.....	76
<b>3.2. GENEL VE DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ.....</b>	<b>79</b>
3.2.1. Genel Hedef Programlama Problemi.....	79
3.2.2. Genel Hedef Programlamanın Matematiksel Modeli.....	80
3.2.3. Doğrusal Hedef Programlama Problemi.....	85
3.2.4. Doğrusal Hedef Programlamanın Matematiksel Modeli.....	87
<b>3.3. DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMA PROBLEMİNİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>94</b>
3.3.1. Grafik Yöntemi.....	94
3.3.2. Ardışık Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi.....	96
3.3.3. DHP Modelinin Değiştirilmiş Simpleks Yöntem ile Çözümü.....	98
3.3.4. Tamsayılı DHP Modellerinin Çözüm Yöntemleri.....	104
<b>3.4. ETKİLEŞİMLİ HEDEF PROGRAMLAMA.....</b>	<b>111</b>

3.4.1. Tanım .....	111
3.4.2. Etkileşimli Hedef Programlamanın Çözüm Algoritması.....	115
<b>3.5. UZLAŞIK PROGRAMLAMA .....</b>	<b>119</b>
3.5.1. Tanım .....	119
3.5.2. Uzlaşık Programlamanın Çözüm Algoritması .....	119
<b>3.6. ETKİLEŞİMLİ-UZLAŞIK PROGRAMLAMA.....</b>	<b>121</b>
3.6.1. Tanım .....	121
3.6.2. Etkileşimli-Uzlaşık Programlamanın Çözüm Algoritması.....	125
<b>3.7. DUALİTE .....</b>	<b>127</b>
<b>3.8. DUYARLILIK ANALİZİ .....</b>	<b>128</b>
<b>3.9. HP PROBLEMİNDE KARŞILAŞILAN ÖZEL DURUMLAR .....</b>	<b>128</b>
3.9.1. Alternatif Optimal Çözümler .....	128
3.9.2. Sınırsız Çözümler .....	129
3.9.3. Uygun Olmayan Çözümler .....	129
<b>BÖLÜM 4 . UYGULAMA .....</b>	<b>130</b>
<b>4.1. ULAŞTIRMA PROBLEMİ .....</b>	<b>130</b>
<b>4.2. KENTİÇİ YOLCU TAŞIMACILIĞI FAALİYETİ .....</b>	<b>132</b>
4.2.1. Ulaştırma Sistemi ve Planlaması .....	132
4.2.2. Kentiçi Karayolu Taşımacılığının Gelişimi .....	136
4.2.3. Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminin Gelişimi .....	137
4.2.4. Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminde Karar Verme Süreci .....	139
4.2.5. Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminin İyileştirilmesi .....	139
4.2.6. Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılan İşletme Şekilleri .....	141
4.2.7. Kentiçi Otobüsle Toplu Taşımacılık.....	143
4.2.8. Kentiçi Otobüsle Toplu Taşımacılıkta Kullanılan İşletme Şekilleri.....	144
4.2.9. Taşıt Rotalaması ve Çizelgelemesi .....	145
4.2.10. Otobüsle Toplu Taşıma ile İlgili Çalışmalar.....	146
<b>4.3. MODELİN OLUŞTURULMASI.....</b>	<b>148</b>
4.1.1. Problemin Tanımı .....	148
4.3.2. Varsayımlar.....	149

4.3.3. Karar Değişkenlerinin Belirlenmesi .....	150
4.3.4. Kısıtların Belirlenmesi .....	152
4.3.5. Başarı Fonksiyonlarının Oluşturulması .....	155
4.3.6. Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması .....	156
<b>4.4. MODELLERİN GENEL YAPILARI .....</b>	<b>159</b>
<b>4.5. MODELLERİN ÇÖZÜMÜ .....</b>	<b>159</b>
<b>SONUÇ .....</b>	<b>161</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>168</b>
<b>EK-1 : BAŞARI (ERİŞİM) FONKSİYONLARI VE HEDEF KISITLAR .....</b>	<b>169</b>
<b>EK-2 : MUTLAK (SİSTEM) KISITLARI .....</b>	<b>175</b>
<b>EK-3 : MODELLERİN ÇÖZÜMLERİ .....</b>	<b>185</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>188</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>202</b>

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b>Sayfa No.</b>
Çizelge 1-1 . Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	24
Çizelge 2-1 : DP ile DHP arasındaki temel farklar.....	60
Çizelge 3-1 : Hedef Kısıtlarının ortaya çıkma şekilleri .....	88
Çizelge 3-2 : Doğrusal Hedef Programlama Tablosu.....	93
Çizelge 3-3 : Başlangıç Simpleks Tablosu .....	101
Çizelge 3-4 : Çok Boyutlu Simpleks Yöntemin Bitiş Çizelgesi.....	105
Çizelge 3-5 : Etkileşimli Hedef Programlamada Adım Büyüklüğünün Seçimi .....	117
Çizelge 4-1 : Kağıthane Garajında Mevcut Olan Otobüs Bilgileri.....	149
Çizelge 4-2 : Karar Değişkenleri Listesi.....	151
Çizelge 4-3 : Sefer Hedef Kısıtı.....	154
Çizelge 4-4 : Süre Hedef Kısıtları.....	155
Çizelge 4-5 : Modellerde Kullanılan Başarı Fonksiyonları .....	159
Çizelge 4-6 : Modeller Genel Özellikleri .....	160
Çizelge 4-7 : Modellere Ait Toplam Sefer Sayıları .....	160
Çizelge 4-8 : Her Bir Model için Bulunan Yapılması Gereken Sefer Sayısı .....	165

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b>Sayfa No.</b>
Şekil 1-1 : Karar Verme Eylemi .....	13
Şekil 1-2 : Karar Süreci .....	14
Şekil 1-3 : Matematiksel Modelleme ve Girdi-Çıktı Dönüşüm Süreci .....	42
Şekil 2-1 : Hedef Kısıtları .....	53
Şekil 3-1 : Hedef Programlamanın Simpleks Yöntemle Çözüm Süreci .....	103
Şekil 3-2 : Dal – Sınır Şeması .....	109
Şekil 4-1 : Sistem ve Çevre İlişkisi .....	133
Şekil 4-2 : Otobüsle Toplu Taşımacılığın Ulaştırma Sistemindeki Yeri .....	143

## KISALTMALAR

<b>AHS</b>	: Analitik Hiyerarşı Süreci
<b>DHP</b>	: Doğrusal Hedef Programlama
<b>DP</b>	: Doğrusal Programlama
<b>HP</b>	: Hedef Programlama
<b>İBB</b>	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
<b>İETT</b>	: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri
<b>ÖHO</b>	: Özel Halk Otobüsleri

## GİRİŞ

Kentiçi karayolu ulaşımında talepler, yirminci yüzyılın başından itibaren otomobil sanayindeki gelişmelere ve taşıt sayısındaki artışa bağlı olarak sürekli artma eğilimindedir. Kentlerde ilk zamanlarda yaya temelli olan ulaşım, yaya veya atlı arabaların yardımıyla gerçekleştirilmekteyken son 200 yıllık süreçte gerek nüfus gerekse coğrafi anlamda büyüyen ve genişleyen kentlerde ulaşım araçları ile gerçekleştirilmektedir. Ulaşım araçları teknolojik ilerlemelerin de yardımıyla çeşitlilik arz etmeye başlamıştır. Bu çeşitlilik ve her geçen gün hızla artan ulaşım talebi, kentiçi ulaşım sisteminin giderek büyümesine ve karmaşıklaşmasına neden olmuştur. Giderek büyüyen ve karmaşıklaşan ulaştırma sistemine ilişkin sorun alanları da büyük farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların bir sonucu olarak ortaya çıkan farklı sorunlar farklı bilim dallarının çalışma alanlarına girmektedir. Yöneylem Araştırması, karar vericilere ya da yöneticilere kararlarında kantitatif bilgi sunan bilim dallarından biridir.

Büyük şehirlerde nüfus ve araç sahipliğinin artması ile ortaya çıkan problemlerin çözümü için, toplu taşıma ağırlıklı politikaların üretilmeye çalışıldığı ve otobüs taşımacılığına da öncelikle eğilme ihtiyacı duyulduğu görülmektedir.

Son yıllarda toplu taşımacılık ile ilgili gerek ulusal gerek uluslar arası literatürde çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Otobüsle toplu taşımacılık alanında ise yurtiçindeki akademik çalışmalar artmaya başlamakla birlikte henüz yeterli olmamaktadır. Toplu taşıma ile ilgili olarak çeşitli doktora tezleri hazırlanmıştır. Tektaş (2002), kentiçi transit yollarda trafiğin optimizasyonuna yönelik bir çalışma yapmıştır. Yardım (2002), kentiçi ulaşımında otobüsle toplu taşımacılık için işletmecilik şeklinin belirlenmesine yönelik matematiksel bir model ortaya koymuştur. Erel (1995), çalışmasında taşıt rotalaması ve çizelgelemesi konusunda bir model önermiştir. Çalışkan (1994), ise aktarma duraklarındaki bekleme ve zaman kaybını en aza indirecek bir model önermiştir. Kıbrıslı (1989), çalışmasında Taksim-Zincirlikuyu arasındaki otobüs yolunu incelenmiş ve kapasitenin aşıldığını kurulan matematiksel modeller ile ortaya koymuştur.

Uluslararası literatür incelendiğinde kamu otobüs sistemlerinin optimizasyonu konusunda analitik yaklaşımlar üzerine önemli sayıda çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Çeşitli çalışmalarda (Chang ve Schonfeld (1991), Kocur ve Hendrickson (1982), Newell (1979)) talebin sabit olduğu varsayılarak birçok analitik optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda genelde taşıt takip aralığı ve hatlar arası mesafe olarak iki farklı karar değişkeni öngörülmüştür. Chang ve Schonfeld (1993), Ling ve Taylor (1989) çalışmalarında hat uzunlukları ve hizmet bölgeleriyle ilgili matematiksel modeller ortaya koymuşlardır. Oldfield ve Bly'nin (1988) çalışmalarında ise elastik talep, finansal kısıtlar ve tıkanıklık etkilerini dikkate alan bir yaklaşım ile farklı bir matematiksel model ortaya konulmuştur. Chang'ın (1990) çalışmasında bölgesel toplu taşımacılık için analitik bir model önerilmiştir. Kuah ve Perl (1988) ise var olan bir demiryolu hattına erişim sağlayacak optimal bir otobüs hattı için analitik bir model sunmuşlardır.

Türkiye, gelişmekte olan bir ülkenin genel özelliklerini göstermektedir. Artan nüfus ve beraberinde getirdiği artan araç sayısı ile ulaşım talebinde ciddi anlamda bir artış eğilimi bulunmaktadır. Son 20 yıl içerisinde şehirlerarası yolcu taşımacılığı 2.5, yük taşımacılığı ise 4 kat artış göstermiştir. Aynı dönemde nüfus artışı ise %50 olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde kentiçi ulaşımında motorlu taşıtların kullanımı ve yapılan yolculuk sayılarında hızlı bir artış görülmüştür. Çalışmada, uygulama alanı olarak seçilen kentiçi otobüsle yolcu taşımacılığı sistemi, ulaşım maliyetleri nedeniyle önemini her geçen gün arttırmaktadır.

Otobüsle yolcu taşımacılığı, alternatifi olan diğer taşımacılık şekillerine oranla daha az alt yapı ve üst yapı yatırımı gerektirmektedir. Ayrıca daha esnek bir yapıya sahip olduğu için sürekli değişen ihtiyaçlara daha kısa sürede yanıt verebilme olanağına sahiptir.

Otobüsle yolcu taşımacılığı, kullanılacak olan araçların diğer taşımacılık şekillerine oranla daha az taşıma kapasitesine sahip olması ve bu nedenle daha çok araca gereksinim göstermesi dolayısıyla trafik yoğunluğuna ve hava kirliliğine neden olabilmektedir. Söz konusu bu ve benzeri sorunlar daha çevreci ve kapasitesi yüksek (körüklü veya iki katlı vb.) araçlar kullanılarak azaltılabilir.

Çalışmanın ilk bölümünde “Karar Verme” konusu ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu bölümde önce karar verme kavramı açıklanmış, tek amaçlı ve çok amaçlı karar verme kavramları üzerinde durulmuştur. Daha sonra çok amaçlı vermenin gerekliliği ve bu konudaki çözüm yaklaşımları açıklanmıştır.

İkinci bölümde çok amaçlı karar verme yöntemlerinden olan hedef programla yöntemi ele alınmıştır. Bölümde önce “Hedef Programlama” modelinin yapısı, varsayımları incelenmiştir. Daha sonra doğrusal hedef programlama, doğrusal programlama ile karşılaştırılarak ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bölümün sonunda hedef programlamanın sınıflandırılması, uygulama alanları ve avantaj ve dezavantajları ele alınmıştır.

“Hedef Programlama Modelleri” çalışmanın üçüncü bölümünü oluşturmaktadır. Bu bölümde önce doğrusal programlama, genel ve doğrusal hedef programlama modellerinin matematiksel modelleri anlatılmıştır. Daha sonra doğrusal hedef programlama problemlerinin çözüm yöntemleri üzerinde durulmuş ve karşılaşılan özel durumlar hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmasının dördüncü ve son bölümünde Kentiçi otobüsle toplu taşımacılık alanında bir “Uygulama” yapılmıştır. Bu bölümde önce ulaştırma probleminin tanımı ve kentiçi yolcu taşıma faaliyetleri hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Daha sonra modellerin nasıl oluşturulduğu anlatılmıştır.

Çalışmanın sonuç kısmında ise uygulama ve modellerle ilgili genel bilgiler verildikten sonra sonuçlar değerlendirilmiştir.

Kentiçi otobüsle yolcu taşımacılığı sistemini doğrudan etkileyen birçok değişik faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin bir kısmı kolay bir şekilde sayısal olarak ölçülebilmekte iken bazıları ise ölçülemeyebilmektedir. Ölçülemeyen bu faktörler çoğu zaman karar vericilerin ya da uygulayıcıların kişisel deneyimlerine ve tercihlerine göre sistemi önemli bir şekilde etkilemektedir. Bu durum ise subjektif bir özellik göstermektedir.

Kurulacak olan matematiksel modelin doğru sonuçlar verebilmesi için, sistemi etkileyen faktörlerin tümünü içermesi ve aralarındaki ilişkileri doğru bir şekilde ifade etmesi gerekir.

Çalışmada, sistemi etkileyen faktörler olarak, duraklar arasında yolculuk talep eden yolcu sayıları, mevcut bulunan otobüs hatları, her bir otobüs hattının sefer süresi, her bir hat için sefer sayısı ve kullanılan her bir araç tipinin kapasiteleri dikkate alınmış ve matematiksel modeller oluşturulmuştur. Bu faktörlerin aralarındaki ilişkiler doğrusal bir özellik göstermektedir. Diğer bir ifade ile faktörlerden birinin değişimi diğer faktörleri aynı oranda ve aynı yönde etkilemektedir. Modellerin bazılarında birden fazla amaç fonksiyonu oluşturulduğu için birden fazla amacın aynı modelde kullanılabilmesine olanak veren doğrusal hedef programlama modeli çalışmada kullanılmak üzere tercih edilmiştir.

Çalışmada kullanılan veriler, Mayıs 2006 – Haziran 2006 dönemine ait İETT verileridir. İETT tarafından yapılan çalışmada her bir hat için geçtiği duraklarda inen ve binen yolcu sayıları belirlenmiştir.

Çalışmada 6 farklı doğrusal hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Modellerde her bir otobüs hattının ele alınan zaman dilimindeki (180 dakikalık sabah saat diliminde) sefer sayısı, karar değişkenleri olarak alınmıştır.

Modeldeki sistem kısıtlarını (mutlak kısıtları) oluşturmak için, her bir otobüs hattının geçtiği duraklarda inen yolcu sayıları verileri temel alınmıştır. İki duraktan geçen otobüs hatlarına ait sefer sayısı ve sefer yapan otobüslerin toplam kapasitelerinin, iki durak arasında taşınan yolcu sayılarından daha yüksek olması, yani iki durak arasındaki yolculuk talebini karşılayacak sayıda ve kapasitede otobüs seferi olması gerekliliği sistem kısıtı olarak modele alınmıştır.

Modellerde kullanılmak üzere, hedef kısıtları olarak süre ve sefer kısıtları olmak üzere iki grup hedef kısıtı belirlenmiştir.

Birinci grubu oluşturan sefer hedef kısıtında, her bir otobüs hattı için sefer sayısı talebinin (sefer süresi ve sefer sıklığı dikkate alınarak) Kağıthane garajındaki toplam otobüs sayısı (185) ile karşılanması hedef olarak ele alınmıştır

İkinci grubu oluşturan süre kısıtları düzenlenirken önce sistemin çalıştırıldığı süre olan 180 dakika ile her bir araç tipinden bulunan otobüs sayısı çarpılıp 3 ayrı hedef değeri bulunmuştur. Her bir otobüs hattında bir seferi için gerekli olan süre katsayı olarak alınıp toplamları ilgili hedef değerine eşitlenip 3 tip araç için 3 adet süre hedef kısıtı oluşturulmuştur.

Sistemin modellenmesi ve çözülmesi için doğrusal hedef programlama yöntemi kullanılarak uygulanabilir çözümler elde edilmiştir. 142 karar değişkeni, 121 mutlak kısıt ve 4 farklı hedef kısıtından oluşan matematiksel modeller, doğrusal hedef programlama yöntemine uygun olarak oluşturulmuş ve başarılı bir şekilde çözülebileceği gösterilmiştir. Elde edilen bu çözümler karar vericilere ve uygulayıcılara karar verme ve uygulama aşamalarında önemli bilgiler sunacağı düşünülmektedir.

# **BÖLÜM 1 . KARAR VERME**

## **1.1. KARAR VERME KAVRAMI**

### **1.1.1. Karar Verme Kavramı ve Gelişimi**

İnsanlar, yaşamları boyunca gerek kişisel ihtiyaçları ve gerekse toplum içerisindeki statüleri nedeniyle her an bir karar vermek durumundadırlar. Karar verirken çeşitli seçenekler ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu seçenekler arasından en iyiyi, en uygununu seçmek her zaman kolay olmayabilir.

Endüstri devriminden bu yana, dünyadaki kuruluş ve organizasyonların hem büyüklüklerinde hem de karmaşıklıklarında oldukça önemli değişimler ve büyük gelişmeler olmuştur. Geçmişte çok yaygın olan küçük çaplı atölyeler ve işletmeler, günümüzde birçok bölümleri bulunan büyük işletmelere ya da içinde birden çok kuruluş bulunan holdinglere dönüşmüştür. Fiziksel ve yapısal anlamdaki bu değişim ve gelişmelerin işletmelere birçok yararları olmuştur. Ancak bu yararların yanı sıra, artan uzmanlaşmayla birlikte, bir takım yeni sorunlar ortaya çıkmıştır.

Söz konusu bu sorunlardan biri, bir işletmenin (kuruluş ya da organizasyon) farklı bölüm ya da kısımlarının her birinin kendi amaçları ve hedefleri doğrultusunda hareket etme isteğinde olmaları ancak bölümlerin kendileri için iyi olan bu isteklerin diğer bölümler için kötü olabilmesi ve dolayısıyla her bir bölüm ya da kısmın birbiri ile çelişebilecek faaliyet, amaç ve hedeflerinin sistemin tümünün amaç ve hedefleriyle nasıl uyum sağlayacağı sorunudur. Herhangi bir bölüm için en iyi olacak bir karar (optimum karar) ya da faaliyet, başka bir bölümün amacına ters düşebilecektir.

Diğer önemli bir sorun ise, işletmedeki karmaşıklık ve uzmanlaşma arttıkça, işletmedeki bölüm ve faaliyet sayısının artması ve dolayısıyla mevcut sınırlı kaynakların, işletmenin bütünü için en etkin şekilde bu çok çeşitli bölüm ya da faaliyetler arasında nasıl bir dağıtıma tutulacağı sorunudur.

Bu ve benzer sorunların çözümü işletme yönetimine (karar vericilere) düşmektedir. Yönetimin temel işlevi amaçlara ulaşılması için etkin kararlar vermek ve

bu amaçların yerine getirilmesini sağlamaktır. Bu açıdan bakıldığında yönetim, yapısal olarak insanlar ve onlara dair eylemlerle, işleyiş mekanizması yönünden ise karar verme süreciyle ilgilidir.

Yönetim, işletme veya (rgt) amaçlarına etkili ve verimli bir Şekilde ulaşmak üzere planlama, örgütleme, yöneltme, koordinasyon ve denetim fonksiyonlarının yerine getirilmesidir.

Yönetimi, amaçlara ulaşma yolunda birtakım yöneticilik faaliyetlerinin yerine getirilmesi olarak alan bu tanımda Şu unsurlar yer almaktadır.

- Amaçlar,
- Amaçlara ulaştıracak işler, faaliyetler,
- Amaçlara ulaşmada etkili ve verimli olma.

Kaynaklar sınırlı, insanların ihtiyaçları ise çok fazla olduğundan yönetim faaliyetlerinde “etkinlik” ve “rasyonellik” ilkelerine uyulması gerekir. Bunlardan ilki, etkili olma ya da “etkinlik”, amaca ulaştırıcı yönde olma; ikincisi “rasyonellik” ise, tanımda verimli olma Şeklinde ifade edilen en az emekle hedefe ulaşılmasıdır<sup>1</sup>.

Günümüzde yaşanan hızlı değişim, işletmelerin çevresindeki belirsizlikleri de arttırmış, işletme yönetimini daha da karmaşık bir hale getirmiş, karar verme işlemini de zorlaştırmıştır. Karar verme sürecinde işletme yöneticisine kantitatif teknikler yardımcı olmaktadır. Yöneylem Araştırmasının teknikleri, karar ortamının matematik-istatistik modelini oluşturup, model üzerinde işlem yapmayı olanaklı kılar. Bu işlemler sonucunda karar vericiye niceliksel veri sağlayarak karar vermesi için yardımcı olurlar. Karar verme işlemi, optimizasyon kriterlerine göre hareket tarzları arasından bir tanesinin seçimidir<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> İsmet Mucuk, **Modern İşletmecilik**, 6. Basım, İstanbul : Türkmen Kitabevi, 1996, s. 137-187.

<sup>2</sup> Meliha Saat, “ok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım : Analitik Hiyerarşi Yöntemi”, **Gazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt.2/2000, s.149.

Karar verme, mevcut tüm alternatifler arasından amaç veya amaçlara ey uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme sürecidir<sup>3</sup>.

Karar verme tanım olarak seçim davranışı olarak ifade edilmektedir. “Karar verme” ve “karar” tanımları birbirleriyle karıştırılmasına rağmen aralarında kesin olan bir fark vardır. Bu fark karar verme davranışının bir sürece sahip olmasıdır. Karar verme, genel anlamda, alternatifler arasından seçim yapmak olarak tanımlanmaktadır. Eğer seçilecek tek bir seçenek var ise karar vermeden bahsedilemez<sup>4</sup>.

Karar vermenin bulunduğu bir ortamda, birçok alternatif kararların olması gerekmektedir. Bu alternatif kararların fazlalığı karar vermenin en uygun karara ulaşılmasını sağlayacaktır. Kantitatif problemlerde verilen sisteme uygun modelleme ile çözümlene yapıldığı gibi, karar vermede, sosyal bilimlerde model ve sistem kavramlarıyla kullanılmaktadır. Buna göre karar verme işletmelerde yönetimin temel görevidir<sup>5</sup>.

Karar verme kavramı, istenilen bir sonucu elde etmek için, mevcut seçenekler arasından bilinçli olarak seçilen bir eylem olarak da tanımlanabilir. Bu tanımdan çıkarılabilecek üç önemli sonuç vardır. Bu sonuçlardan ilki, karar verme işlemi ile bir seçme eyleminin gerçekleştirilmesidir. Diğer bir ifade ile seçme eylemi olmadan ya da seçenekler olmadan bir karar vermeden dolayısı ile bir karardan söz edilemez. Çıkarılabilecek ikinci sonuç, bir kararın bilinçli düzeyde ussal süreçleri kapsamaması gerekliliğidir. Duygusal, usdışı ve bilinçaltı gibi bazı etmenler verilecek kararları etkiler ama önemli olan kararın mantıksal yönüdür. Üçüncü sonuç ise bir karar amaca yönelik olmasıdır. Amaç olmadan karardan dolayısıyla da bir karar vermeden söz edilemez.

Klasik matematik optimizasyon teknikleri (Doğrusal - Lineer Programlama, Doğrusal Olmayan - Non Lineer Programlama v.b.) ile karar verme problemi, tek kritere dayanan enbüyüklenecek veya enküçüklenecek bir amaç fonksiyonu ve

---

<sup>3</sup> Ramazan Evren ve Füsün Ülengin, **Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme**, İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası Sayı. 1490, 1992, s. 1.

<sup>4</sup> Selçuk Nas, “Gemi Operasyonlarının Yönetiminde Kaptanın Karar Verme Süreci Analizi ve Bütünleşik Bir Model Uygulaması”, (**Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü , 2006), s.56.

<sup>5</sup> İmdat Kara, **Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi**, Eskişehir : Anadolu Üniversitesi Yayınları No.96, 1985, s.5.

genellikle birden fazla kısıt denklemi ile temsil edilmektedir. Kısıtları tatmin eden ve amaç fonksiyonunu arzu edilen doğrultuda eniyileyen çözüm “optimum çözüm” (eniye çözüm) dür. Amaç denkleminin tek olması nedeniyle bu tür problemlerin bir tek en iyi çözümü vardır<sup>6</sup>.

Karar verme, yüzyıllardır var olan ve insanın düşünce yapısının değişmesiyle birlikte sürekli gelişen bir kavramdır. Başlangıçta tek bir amaç doğrultusunda alınan kararlar, amaç ve tercih değerlerindeki farklılaşmaların yarattığı bir sonuç olarak birden fazla amacı sağlamaya yönelik sistemlere doğru ilerlemeye başlamıştır<sup>7</sup>. Karar verme bir amaca ulaşabilmek için eldeki olanak ve koşullara göre mümkün olabilecek çeşitli faaliyetlerden en uygun görüneni seçmektir. Tanımdan da anlaşılacağı üzere, tüm karar problemlerinin bir amacı olmalıdır. Fakat en güç olanı ele alınacak amacın seçimidir<sup>8</sup>.

Karar verme ve planlama kavramları, amaç, hedef ve stratejilerin, bir sistem anlayışı içerisinde bütünleşik bir şekilde algılanmasını gerektirmektedir. Hedefler, bu hedeflere ulaşılırken izlenecek yollar, bilgi kaynakları, bilgi-işlem teknikleri vb. koşullar değiştikçe her bir duruma uygun karar vermek amacıyla kullanılan çeşitli metot, analiz ve teknikler bulunmaktadır<sup>9</sup>.

Karar verme sürecine analitik olarak yaklaşabilmek için bir kararı oluşturan temel öğelerin belirlenmesi gerekmektedir<sup>10</sup>.

---

<sup>6</sup> Evren ve Ülengin, s.2-3.

<sup>7</sup> Münevver Turanlı ve Ali Köse, “Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi İle Türkiye’deki Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Cilt.4 Sayı.7 (Bahar 2005/1), s.20.

<sup>8</sup> Ahmet Öztürk, **Yöneylem Araştırması**, Genişletilmiş Dokuzuncu Baskı, Bursa : Ekin Kitabevi Yayınları, 2004, s.25-26.

<sup>9</sup> İsmail Daşdemir ve Ersin Güngör, “Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve Ormancılıkta Uygulama Alanları”, **ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi**, Cilt.I-II, Sayı. 2, (2002-2003-2004), s.2.

<sup>10</sup> İ.Figen Gülenç ve Bilge Karabulut, “Doğrusal Hedef Programlama ile Bir Üretim Planlama Probleminin Çözümü”, **Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt.9, Sayı. 1 (2005/1), s.56.

## 1.1.2. Karar Verme Eyleminin Ögeleri

### 1.1.2.1. Karar Vericiler

Karar vericiler kavramı, mevcut olası seçenekler arasından bir tercih yapan kişi veya grubu ifade eder. Karar vericiler, sistemi değiştirmek için kendilerinde yetki ve sorumluluk bulunan kişilerdir.

İşletmenin kanuni ve idari yapısı (organizasyonu)na bağlı olarak karar verme merkezlerinin sayısı, durumu, yetki kapasitesi, değişebilir. Bu karar vericiler sistemin durumundan memnun veya tatmin olmadıkları takdirde çareler ararlar ve problem olan noktaları bulmaya çalışırlar. Gerekenin yapılması için karar verirler<sup>11</sup>.

### 1.1.2.2. Amaç

Karar vericilerin yaptıkları tercihler sonucunda ortaya çıkan faaliyetleri ile elde edilecek olan amaçlardır. Amaçların probleme uygun olması için aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir.

- Problemi tüm yönleri ile kapsamalı,
- Analizi yapılabilmesi,
- Planlama sürecini basitleştirmek için parçalanabilir olmalı,
- Problem içinde bir kez kullanılmalıdır<sup>12</sup>.

Birçok hallerde problemin çözümündeki ana amaç, işletmenin toplam amacı ile veya yan amaçları ile sıkıca ilgilidir. Bazen bu amaçların tamamen kendisidir<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> İ.İlhami KARAYALÇIN, **Harekat Araştırması (Yöneylem Araştırması)**, İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı. 1132, 1979, s. 19.

<sup>12</sup> Ayşe KAZAN, “Türkiye Ekonomisi İçin Ekonomik Model Denemesi ve Ekonomik Modellerin Hedef Programlama Modeli İle Eşanlı Kullanımı”, (**Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1997), s.89

<sup>13</sup> Karayalçın, s.20.

### ***1.1.2.3. Karar Kriterleri***

Karar verenlerin veya yöneticilerin seçimini oluşturmada kullandıkları değerler sistemidir. Karar kriterleri olarak gelir, kâr, fayda maksimizasyonu ya da zarar, maliyet, gider, personel, zaman minimizasyonu gibi değişik kavramlar kullanılabilir.

### ***1.1.2.4. Seçenekler***

Seçenekler, bir sorunun çözümünde kullanılabilir olan farklı yaklaşımlardır<sup>14</sup>.

Karar verme açısından değerlendirilecek olursa seçenekler kavramı, karar vericilerin seçebileceği farklı alternatif faaliyetleri ifade eder. Seçenekler, karar vericilerin kontrolü altındaki kaynaklara bağlıdır ve dolayısı ile kontrol edilebilir değişkenlerdir. Söz konusu alternatiflerin sayısının, sonlu olduğu, elenebildiği, önceliklendirilebildiği ve sıralanabildikleri kabul edilir.

### ***1.1.2.5. Olaylar - Ortamlar***

Karar verenin kontrolü altında olmayan faktörlerdir. Karar verenin seçenek tercihini etkileyen çevreyi olaylar yansıtabilir.

Ortamlar, karar verme işleminde kullanılacak tüm seçenekleri tam olarak kapsayan elemanlar (faktörler) olarak da tanımlanmaktadır<sup>15</sup>.

### ***1.1.2.6. Sonuç***

Karar verme, karar vericiler tarafından belirlenen amaçların gerçekleştirilebilmesi için iki ya da daha fazla hareket biçimi arasından birinin seçimini ifade eder. Her kararın bir sonucu vardır<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> Şemsettin Bağırkan, **Karar Verme**, İstanbul : Der Yayınları, 1983, s.7.

<sup>15</sup> Bağırkan, s.9.

<sup>16</sup> Münevver Turanlı, **Pazarlama Yönetiminde Karar Alma**, 2. Baskı, İstanbul : Beta Basım Yayım, 1988, s.1

Sonuç, her bir seçenek ve olaydan ortaya çıkan değeri yansıtır<sup>17</sup>. Karar vericiler bu sonucun değerine göre ya da istenilen, beklenen, tahmin edilen sonuca ulaşıp ulaşamayacağına göre karar verirler.

### 1.1.3. Karar Verme Süreci

Karar verme süreci, ilk kez Devey (1910) tarafından ele alınmış ve üç aşamadan oluşan bir bütün olarak tanımlanmıştır. Devey'e göre bu sürecin aşamaları aşağıdaki gibidir.

- Problemin belirlenmesi
- Alternatiflerin listelenmesi
- Alternatifler arasında en iyi olanın seçilmesi

Devey'in bu yaklaşımı zaman içinde bir karar kuramının oluşumunu başlatmıştır<sup>18</sup>. Karar verme ve karar verme süreci literatürde çok değişik açılardan ele alınmış ve tanımlanmıştır. Zamanla karar verme sürecine yeni aşamalar eklenmiş, söz konusu aşamalar daha ayrıntılandırılmış ve geliştirilmiştir. Karar verme işleminin en çok kabul gören ve en çok kullanılan aşamaları aşağıdaki gibi listelenebilir.

- Konunun tüm yönleri ile tanımı,
- Konunun çözümü için gerekli olan bilgilerin mümkün olduğunca en doğru ve eksiksiz bir şekilde elde edilmesi,
- Konunun çözümünde kullanılacak olan yöntem ya da yöntemlerin belirtilmesi,
- Konunun çözüm maliyetinin her yöntem için hesaplanması,
- Her bir alternatif çözümün neden olabileceği çeşitli durumların değerlendirilmesi,

---

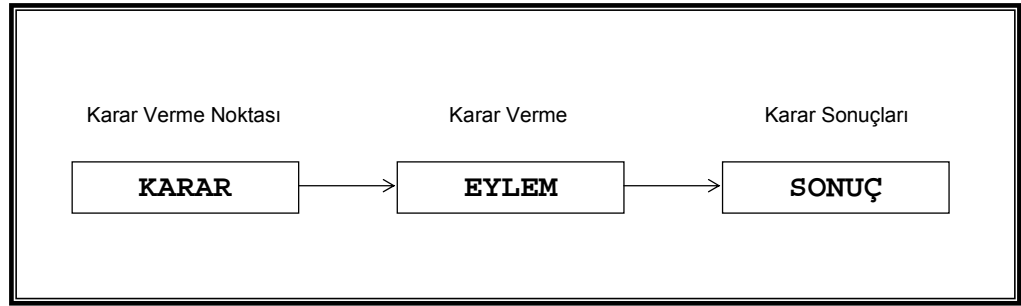
<sup>17</sup> Osman Halaç, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)**, 5. Baskı, İstanbul : Alfa Basım Yayım Dağıtım, 1991, s.25-26.

<sup>18</sup> Nalan Cinemre, **Doğrusal Programlama**, Üçüncü Baskı, İstanbul : Beta Yayınları, 2004, s.2.

- Alternatif çözümler arasından bir tanesinin seçimi (karar verilmesi),
- Kararın uygulanması,
- Uygulama sonuç veya sonuçlarının değerlendirilmesi,

şeklinde olacaktır.

Karar vermede karar aşamasının başlangıcı ile amaca ulaşma, yani sonuca varma arasında, kararın çeşit ve niteliğine göre bir zaman aralığı vardır. Bu durumu şematik olarak aşağıdaki gösterebiliriz.



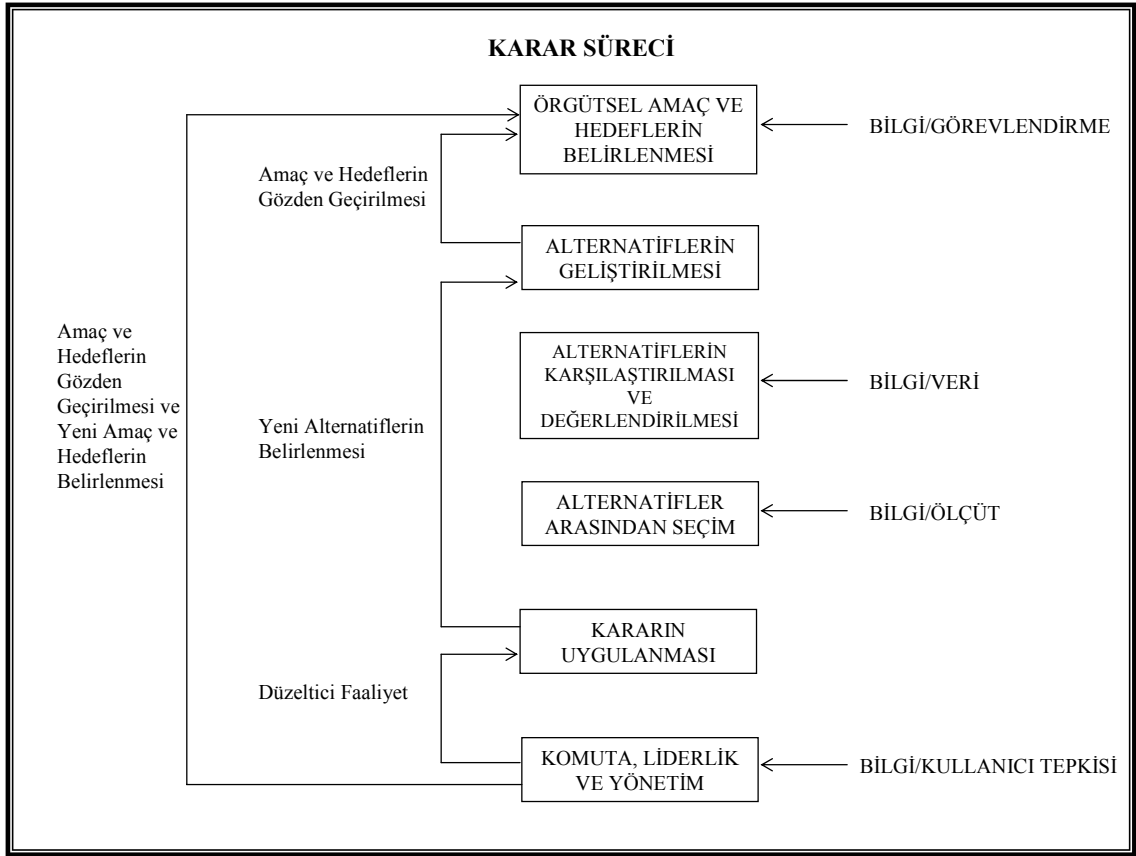
Şekil 1-1 : Karar Verme Eylemi

Şekil 1-1'de görüldüğü gibi, karar verici, verdiği kararın sonuçlarını elde ederken araya giren zaman içinde meydana gelebilecek ve sonucu etkileyebilecek eylemleri tahmin edebilir. Ancak zaman aralıklarındaki değişiklikler sonucu, eylemler de değişebileceğinden karar verici amaçladığı sonuca ulaşamayabilir<sup>19</sup>.

Karar verme süreci organizasyonlarda davranışa temel oluşturan kapsamlı bir faaliyettir. Karar verme süreci; problemin tanımıyla başlar, alternatif hareket tarzlarını ortaya koyan uygulanması muhtemel hal tarzlarını belirler ve tercihle (karar) son bulur (Şekil 1-2)<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> Turanlı, s.3-4

<sup>20</sup> Harp Akademileri Komutanlığı, **Karar Verme ve Problem Çözme**, 2. Baskı, İstanbul : Harp Akademileri Basım Evi, 2001, s.16.



**Şekil 1-2 : Karar Süreci**

**Kaynak :** Harp Akademileri Komutanlığı, **Karar Verme ve Problem Çözme**, 2. Baskı, İstanbul : Harp Akademileri Basım Evi, 2001, s.63.

#### 1.1.4. Karar Verme Ortamları

Karar verilirken öncelikle nasıl bir ortam içinde bulunulduğunun önceden bilinmesi ya da saptanması gerekir. Karar verme ortamı denilince, karar vericilerin durumlar ve bunların gerçekleşme olasılıkları konusundaki bilgi düzeyleri anlaşılmaktadır.

#### **1.1.4.1. Belirlilik Ortamında Karar Verme**

Belirlilik altında herhangi bir kararın verilebilmesi için karar verme problemindeki bütün hareket biçimlerinin sonuçları ve hangi mümkün durumun meydana geleceği kesinlikle bilinmesi gerekir<sup>21</sup>.

Karar vericiler, verdikleri karar sonucunda ortaya çıkacak olan durum tam anlamıyla biliyorsa, belirlilik ortamında karar verme durumu söz konusudur. Karar vericiler deterministik yöntemler kullanarak optimal sonuçlara ulaşır ve bu sonuçlara göre karar verirler.

Karar vericiler, mevcut alternatiflerin her birinin hangi şartlar altında gerçekleştiği ve nasıl bir sonuç vereceği konusunda tam ve kesin bir bilgiye sahiptir. Başka bir ifadeyle, herhangi bir karar alma sürecine ilişkin davranışların doğuracağı sonuçlar önceden kesinlikle biliniyorsa buna belirlilik altında karar verme adı verilmektedir<sup>22</sup>.

#### **1.1.4.2. Risk Ortamında Karar Verme**

Her bir eylem seçeneğinin birden fazla sonuç doğurma olasılığı var ise, risk ortamında karar verme söz konusudur. Risk durumlarında her bir sonuç, bilinen bir olasılıkla ortaya çıkar.

Seçilebilecek her bir seçeneğin ortaya çıkaracağı sonuçların ortaya çıkma olasılıkları toplamı 1'dir. Seçenekteki toplam durum sayısına  $m$  ve her bir durumun ortaya çıkma olasılığına  $P_j$  denilirse, olasılık toplamının 1'e eşit olduğu matematiksel olarak şöyle ifade edilir<sup>23</sup>.

$$\sum_{j=1}^m P_j = P_1 + P_2 + \dots + P_j + \dots + P_m = 1,00 \quad 1-1$$

---

<sup>21</sup> Turanlı, s.14.

<sup>22</sup> Abdurrahim Emhan, "Karar Verme Süreci ve Bu Süreçte Bilişim Sistemlerinin Kullanılması", *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt.6 Sayı. 21 (Yaz-2007) ISSN : 1304-0278 [www.e-sosder.com](http://www.e-sosder.com), (12.11.2007).

<sup>23</sup> Martin K. Starr, **Systems Management of Operations**, New Jersey : Printice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1971, s.58.

“Karar Teorisi” tam belirliliğin söz konusu olmadığı durumlardaki problemlere çeşitli alternatif yaklaşımlar sağlar. Böyle bir yaklaşıma “Risk Altında Kararlar” denilir. Risk Altında Karar durumu, birden fazla doğa durumunun olduğu ve karar vericinin, her doğa durumunun ortaya çıkma olasılığını bildiği varsayılarak oluşturulan karar problemidir.

#### ***1.1.4.3. Belirsizlik Ortamında Karar Verme***

Ortaya çıkacağı beklenen olayların gerçekleşme olasılıklarının belirlenemediği durumlar söz konusu olduğunda, karar problemleri “Belirsizlik Altında Karar Verme” problemleri olarak adlandırılmaktadır. Belirsizlik altında karar verecek olan kişilerin sonuçlara verebilecekleri olasılık değerleri yoktur. Geçmişe ilişkin deneyim ve kayıtlar olmadığından herhangi bir olasılık hesaplaması da yapılamamaktadır.

Belirsizlik altında karar ölçütünde mümkün durumlar olasılıkları bilinmez, ancak hareket biçimlerinin sonuçları tahmin edilebilir. Bu ölçüt, yöneticinin psikolojik yapısını ve değer yargılarını yansıtmaktadır<sup>24</sup>.

Bununla birlikte belirsizlik ortamında karar vermeye ilişkin bazı modeller geliştirilmiştir.

*Laplace Kriteri (Eş Olasılıklar Karar Kriteri)* : Bu yaklaşımda tüm olayların ortaya çıkma olasılıklarının birbirine eşit olduğu kabul edilir<sup>25</sup>.

Bu ölçüte göre karar vermede, her mümkün durumun meydana gelmesiyle ilgili olasılıklar, “yetersiz sebep prensibine” göre hesaplanır. Bu prensibe göre; herhangi bir mümkün durumun meydana gelme ihtimali, diğer mümkün durumların meydana gelme ihtimallerinden fazla olabileceğine ait bir nedenin mevcut olmaması halinde, bütün mümkün durumların ihtimallerinin eşit olması gerekir<sup>26</sup>. Ortaya çıkabilecek her bir duruma eşit olasılıklar verildikten sonra problem, risk ortamında karar verme durumundaki gibi çözülür.

---

<sup>24</sup> Turanlı, s.15.

<sup>25</sup> Starr, s.71.

<sup>26</sup> Turanlı, s. 19.

*Maximin Kriteri (Kötümserlik Karar Kriteri) :* Kötümserlik karar kriterinde her bir seçenek için en kötü olayın gerçekleşeceği varsayılır. Gerçekleşeceği beklenen bu en kötü sonuçlar arasından karar vericiler için en iyi kazancın gerçekleşeceği seçeneğin benimsenmesi uygun görülür.

*Maximax Kriteri (İyimserlik Karar Kriteri) :* Bu kriterde karar verici iyimserdir. Seçtiği strateji için kendisine en iyi sonucu veren olayın gerçekleşeceğini bekler.

*Pişmanlık ve Minimax Pişmanlık Kriteri :* Bu karar kriteri, kararların doğrudan sonuç değerlerini değil pişmanlık veya fırsat maliyetlerini esas almaktadır. Her bir seçenek için en kötü olay gerçekleştiğinde en az pişmanlık duyulacak alternatifin seçilmesi önerilir.

*Hurwicz Kriteri:* Bu karar kriteri, seçenekler arasında yalnızca en iyi ve en kötü olayların dikkate alınması gerektiğini ifade eder. Ayrıca bu en iyi ve en kötü değerlere birer ağırlık faktörü ile önem derecesi verilmesini yansıtır. Yani, en iyi ve en kötü sonuçlara olasılıklar verilmektedir. Söz konusu bu iki olasılık toplamı 1'dir.  $\alpha$  iyimserlik ihtimali ise  $(1-\alpha)$  kötümserlik ihtimalidir. Her bir seçeneğin en iyi sonucu  $\alpha$  , en kötü sonucu  $(1-\alpha)$  ile çarpılıp bulunan sonuçlar toplanır. Böylece seçeneklerin beklenen değerleri bulunur. Bundan sonra problem risk altında karar verme problemi olarak incelenir.

#### **1.1.4.4. Kısmi Bilgi Halinde Karar Verme**

Olayların ortaya çıkma olasılıklarının yalnız dağılımı ve standart ölçütlerinin bazıları biliniyorsa kısmi bilgi halinde karar verme söz konusudur.

Olasılık dağılımının şekli (Normal, Poisson, Binomial vb.) bilindiği zaman ve dağılımın parametreleri ile karakteristikleri (örneğin ortalama, mod, medyan veya simetrik ölçüleri çarpıklık ve basıklık) hakkında bilgi varsa karar problemi yalnız kısmi bilgiler ile karar vermeyi gerektirir<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Halaç, s.60.

#### ***1.1.4.5. Oyun Teorisi***

Oyun teorisi, en az iki kişinin (ya da grup) taraf olduğu ve rekabet koşullarının egemen bulunduğu bir karar verme süreci içinde, tarafların mevcut alternatifler setinden kendi çıkarlarına en uygun olan alternatifi seçmeleridir<sup>28</sup>.

Rekabete dayanan problemler bu grupta düşünülür. Günümüzde kişilerden firmalara, yerel kurumlardan uluslararası kuruluşlara kadar her düzeyde karar verme süreçleri stratejik düşünme biçimine dönüşmüştür. Karar verecek birimler daha iyi sonuçlara ulaşabilmek için rakiplerinin davranışlarını daha yakından izlemekte, daha çok bilgi toplamakta ve bu bilgilere dayanarak (rakibin olası davranışlarını tahmin etmeye çalışarak) karar vermektedirler. İşte bu sürecin bilimsel düzeyde değerlendirilmesi, oyun teorisinin ilgi alanı içindedir.

Oyun teorisi ekonomik problemlerin çözümünde de kullanılabilen bir yaklaşımdır. Özellikle rekabetçi koşullar altında en uygun kararın alınabilmesi gereği, bu teoriyi sosyal bilimlerin her dalında başarı ile uygulanan bir düzeye ulaştırmıştır. Bugün için ekonomik, politik ve askeri kararların alınmasında ve karşılaşılan problemlerin çözümlenmesinde yaygın bir şekilde uygulanmaktadır.

#### **1.1.5. Karar Vermeyi Etkileyen Faktörler**

Bir karar, kim ya da kimler tarafından ve hangi kişi ya da kurum için verilirse verilsin, bazı faktörlere bağlıdır. Karar vermeyi etkileyen faktörler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

##### ***1.1.5.1. İyi Karar Verememe Endişesi***

Karar vericiler içinde buldukları olanakların elverdiği ölçüde, doğru ve tutarlı bir şekilde karar vermek isterler. Bu durum ise karar vericiler üzerinde büyük baskılara ve iyi karar verememe kaygılarına neden olabilir. Bu tür baskı ve kaygıların karar vericileri etkileme dereceleri verilecek kararın niteliğini doğrudan etkileyecektir.

---

<sup>28</sup> Yılmaz Karakoyunlu, **Doğrusal Programlama ve Oyun Teorisi**, Ankara : Bursa İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayını No.7, 1973, s. 221.

Psikolojik yönden karar verme zihni ve iradi bir çabayı gerektirir. Kararın basitlik ve çapraşıklık derecesine göre bu çaba her zaman göze alınamayacak nicelik ve niteliklere sahip olmayı zorunlu kılar<sup>29</sup>.

#### ***1.1.5.2. Karar Verme Ortamı***

Karar vericiler iyi karar verebilmek için gerek i çevredeki, gerekse dış çevredeki olayları ve gelişmeleri göz önünde bulundurmamak zorundadırlar. Dış çevreyi; toplumun, devletin, ulusun ve dünyanın toplumsal, siyasal, ekonomik ve kültürel durumları oluşturur. İ çevreyi ise fiziksel ögeler ve bu ögelerin yanı sıra örgütsel yapı, karar verme davranışları ve karar vericilerle çalışanlar arasındaki etkileşimin önceden tahmin edilemeyen özellikleri oluşturur.

#### ***1.1.5.3. Zaman***

Karar vericilerin tümü, duruma uygun en iyi seçimi yapabilmek için, mevcut seçeneklerin tümünü değerlendirebilmek ve bu değerlendirmeyi sağlıklı bir şekilde yapabilecek yeterli zamana sahip olmak isterler. Ancak kararların çoğu, zaman kısıtlamaları altında verilmektedir. Bu durum ise tüm seçeneklerin kontrol edilememesine ya da seçeneklerin tam olarak değerlendirilememesine neden olmakta ve dolayısıyla da kararın niteliğini etkilemektedir<sup>30</sup>.

#### ***1.1.5.4. Kararın Getirdiği Risk***

Karar vermeyi etkileyen faktörlerden biri de herhangi bir konuyla ilgili olarak verilecek yanlış bir kararın ortaya çıkaracağı zararın derecesidir. Bu durumu kararın getirdiği risk olarak da ifade etmek mümkündür. Karar vericiler karar verirken bilinçli ya da bilinçsiz bir Şekilde bu riski dikkate almaktadırlar. Söz konusu bu riskin işletmenin katlanabileceği ölçüde olup olmaması verilecek kararı etkilemektedir.

---

<sup>29</sup> Turanlı, s.2.

<sup>30</sup> R.W.Mondy ve S.R.Premeaux, **Management Concepts, Practices and Skills**, 7. Ed., New Jersey : Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995, s.14.

#### ***1.1.5.5. Psikolojik Faktörler***

Karar verme eylemi bir düşünce sürecidir. Bu düşünce sürecini çok çeşitli şekillerde etkileyen birçok psikolojik faktör bulunmaktadır. Bu psikolojik faktörlerden bazıları değerlendirme yeteneğini de etkilemekte ve bazı ön yargılara neden olabilmektedir.

Psikolojik faktörlerden ilki, karar vericinin düşüncelerini etkileyen, karar vericilerin içinde bulunduğu toplumsal ortamdır. Karar vericinin ait olduğu ulus, sosyal sınıf ya da bulunduğu örgüt vereceği kararı etkilemektedir. Diğer bir faktör, karar vericinin kendi örgütünün normları dışında aynı saygınlığa sahip örgütlerin ya da grupların bilgi ve değerlerinden de etkilenmesidir. İkilemli düşünce tarzı bir diğer psikolojik faktördür. Değerlendirme yapılırken, çoğu zaman yalnızca aşırı uçlardaki kararlar ve bu kararların sonuçları düşünülür. Oysa bu uç kararlar arasında çok çeşitli özelliklerin olduğu düşünülmelidir. Kararlardaki değerlendirme yeteneğini etkileyen önyargılardan biri de insanların genellikle gözle görülebilen, elle tutulabilen, yakındaki cisimleri ve sorunları uzaktakilere oranla daha iyi algılayabilmeleridir.

#### ***1.1.5.6. Karar Vericinin Özellikleri***

Karar vericinin kişisel özellikleri, önyargıları, deneyimleri ve yetenekleri karar verme sürecini etkileyen önemli faktörlerdendir. Örnek olarak, karar vericinin fırsatçı bir kişiliğe sahip olması, karar verme aşamasında kişisel çıkarlarını örgütün çıkarlarından daha ön planda tutmasına yol açabilecektir. Öte yandan karar vericinin geçmiş deneyimleri, daha önce benzer sorun veya durumlarla karşılaşmış olup olmaması ve olayları anlayabilme yeteneği verilecek kararın kalitesini belirleyecek unsurlardandır. Karar vericinin yaratıcı ve yeniliğe açık ya da daha tutucu bir kişiliğinin olması da karar verirken katlanabileceği risk miktarlarının sınırlarını belirlemekte dolayısıyla verilecek kararda etkili olmaktadır<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> Mondy ve Premeaux, s.14.

#### ***1.1.5.7. Eldeki Bilginin Miktarı ve Çeşidi***

Karar verilecek konu hakkında elde istenilen nitelikte ve yeterli miktarda bilgi bulunması, bütün karar vericiler için istenilen bir durum olmasına rağmen karar verilirken, verilecek kararlar ilgili eldeki bilginin miktarı ve çeşidi çoğu zaman yetersiz olabilmektedir. Böyle durumlarda verilecek olan kararlar daha riskli hale gelmektedir.

#### ***1.1.5.8. Önceki Kararlar***

Kararlar genellikle birbiri ardına verilirler ve önceden verilmiş olan kararlar daha sonraki bir kararı etkilerler. Dolayısıyla bazı kararlar daha önce üzerinde çalışılmış ve bir sonuca bağlanmış olan kararlar göz önünde bulundurularak alınır.

#### ***1.1.5.9. Yazılı Kurallar***

Bazı işletmeler değişik durumlarda uygulanmak üzere önceden düzenlenmiş bulunan yazılı kurallara ve prosedürlere sahiptirler. Böyle bir durumda karar verici karar verirken bu yazılı kurallarla sınırlandırılmış olur.

### **1.1.6. Kararın Uygulaması**

Çeşitli türdeki karar sorunlarının çözümü için; ilk olarak, bu sorunların açık bir şekilde ortaya konulması gereklidir. Sorunların ortaya konulmasından sonra sorunların özelliklerine göre karar verme işlemi için gerekli olan karar kuralı veya yöntemi saptanır ve sorunun çözümünde uygulanır<sup>32</sup>.

İşletmelerin karşılaştığı karmaşık karar problemlerinin çözümü yöneticilere düşer. Fakat kararlara etki eden tüm koşulları ele almak ve tüm elverişli karar seçeneklerinden beklenen sonuçları belirlemek de pek kolay değildir. İşte bu noktada iyi karara ulaşabilmek için problemlerin sağlıklı analizi ve araştırılması esnasında bilimsel yöntemler kullanılmalıdır. “Nicel Karar Verme”, “Yöneylem Araştırması” ve “Yönetim Bilimi” gibi adlar taşıyan disiplinlerin doğuşu,

---

<sup>32</sup> Bağırkan, s.11.

- İnsan gücü planlaması,
- Kaynak planlaması,
- Üretim planlaması,
- Program seçimi ve bütçe yapımı,
- Finans planlaması,
- Ulaştırma problemlerinin çözümü,
- Şehir planlama,
- Yatırım portföyü planlama,

gibi birçok sahada daha iyi kararlara ulaşılmasını sağlamıştır.

#### **1.1.7. Karar Destek Sistemleri**

Karar destek sistemleri, insanların karar vermeden önce problemlerin sistematik bir şekilde, birçok farklı seviyede analiz yapmasını sağlayan sistemlerdir. Karar destek sistemi, karar vericilerin yapılmamış ve yapılmamış veri ve modellerden yararlanmalarına yardım ederek, onları görevlerinde destekleyen bilgisayar tabanlı ve etkileşimli bir sistemdir. Karar destek sistemleri literatüründe yer alan karar destek ve bilgi tabanlı sistemlere ek olarak, 1985’li yıllarda “bilgi tabanlı karar destek sistemleri” olarak adlandırılan yeni kavramlar eklenmiştir. Bu yapının temel amacı analitik modelleme ile niteliksel bilgiyi bütünleştirmektir. Karar destek sistemleri, karar vermenin yeterliliğini geliştirmekten çok, etkinliğini geliştirmeyi hedeflerler. Günümüzde karar destek sistemlerinin ana amacı; karar vermeyi geliştirmek ve desteklemek olarak tanımlanmaktadır. Karar destek sistemlerinin karar vericiye, kararın amaçları ve kriterleri, karar alternatifleri ve stratejileri, karar alternatiflerinin etkileri gibi bilgiler sağlamalıdır<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup> Nas, s.121.

Günümüzde karar destek sistem tipleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır.

- İletişimleri kullanan karar destek sistemleri,
- Veri kullanan karar destek sistemleri,
- Döküman kullanan karar destek sistemleri,
- Bilgi kullanan karar destek sistemleri,
- Model kullanan karar destek sistemleri.

## 1.2. KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Karar verme ve planlama kavramları amaç, hedef ve stratejilerin, bir sistem anlayışı içerisinde algılanmasını gerektirmektedir. Hedefler, bu hedeflere ulaşırken izlenecek yollar, bilgi kaynakları, bilgi-işlem teknikleri vb. koşullar değiştikçe her bir duruma uygun karar vermek amacıyla kullanılan çeşitli metot, analiz ve teknikler bulunmaktadır.

Literatürde karar verme metotları adı altında geçen ve sayıları hayli kabarık olan, çok boyutlu karar verme metotlarını amaca göre *optimizasyon-tutarlılık*, *indirgeme-sınıflama*, *matematik-istatistik* esaslı gibi değişik şekillerde kategorize etmek mümkündür. Söz konusu metotlarının dayandığı teorik temelleri görmek ve kullanım amaçlarını ortaya koymak amacıyla *tutarlılık*, *optimizasyon*, *indirgeme*, *sınıflama* ve *diğer metotlar* şeklinde bir ayrıma (sınıflandırmaya) gidilmiştir. Buna göre karar verme yöntemlerinin sınıflandırılması (Çizelge 1-1) 'deki gibi oluşturulmuştur<sup>34</sup>.

---

<sup>34</sup> Daşdemir ve Güngör, s.2.

**Çizelge 1-1 . Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması**

<b>KULLANIM AMACINA GÖRE YÖNTEMLER</b>	<b>KARAR VERME YÖNTEMLERİ*</b>
1. TUTARLILIK AMAÇLI YÖNTEMLER	1. ELECTRE I Tekniği (2) 2. Şebeke Analizi ve PERT/ CPM Teknikleri (1, 2) 3. Delphi Tekniği (2, 1) 4. Analitik Hiyerarşi Süreci (2) 5. Tercih (Konjoint) Analizi (2) 6. Simülasyon (1) 7. Input- Output Analizi (1, 2) 8. Dinamik Programa (2) 9. Doğrusal (Linear) Programlama (2)
2. OPTİMİZASYON AMAÇLI YÖNTEMLER	<b>10. Amaç (Goal) Programlama (2)</b> 11. Tamsayı Programlama (2) 12. Ulaştırma (Transport) Modelleri (2) 13. Envanter Modelleri (2) 14. Markov Zincirleri (1) 15. Lagrange Çarpanları (2) 16. Fayda-Masraf Analizi (2) 17. Doğrusal Olmayan (Quadratic) Programlama (2)
3. VERİ İNDİRGEME AMAÇLI YÖNTEMLER	18. Faktör Analizi (3, 4) 19. Uyum (Correspondence) Analizi (3) 20. Diskriminant (Ayrırma) Analizi (4)
4. SINIFLAMA AMAÇLI YÖNTEMLER	21. Kümeleme (Cluster) Analizi (4) 22. Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi (3, 4)
5. DİĞER YÖNTEMLER	23. Çok Boyutlu Varyans Analizi (5) 24. Çok Boyutlu Regresyon Analizi (5) 25. Kümelerarası (Kanonikal) Korelasyon Analizi (5)

\* Parantez içindeki rakamlar tekniklerin baskın olan kullanım amaçlarını göstermektedir.

**KAYNAK :** İsmail Daşdemir ve Ersin Güngör, “Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve Ormancılıkta Uygulama Alanları”, **ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi**, Cilt.I-II, Sayı.2, (2002-2003-2004), s.2.

Karar vermede birbirleriyle mantıksal bağıntıları bulunan, fakat birbirlerinden ayrı kabul edilen birtakım alt sistemlerin ele alınması ve planlanması durumunda her bir alt sistem hedeflerinin, asıl sisteme ilişkin hedeflerle (makro hedefler) tutarlı olması, yani esnek olmayan hedeflerle aynı doğrultuda olması gerekmektedir. Böyle bir durumda tutarlılıktan söz edilmekte ve bu amaçla kullanılan yöntemlere de *Tutarlılık Amaçlı Yöntemler* denilmektedir. Buna karşılık tutarlılığın söz konusu olmadığı, onun yerine ulaşılabilir ve uygun hedeflerin söz konusu olduğu planlama yöntemleri de bulunmaktadır. Bu yöntemlere de *Optimizasyon Amaçlı Yöntemler* denilmektedir. *Veri İndirgeme Yöntemleri*;  $p$  sayıdaki değişken içeren veri setinin varyasyonunu açıklayan

ve aralarında ilişki bulunmayan daha az sayıda değişkenlerle ( $k < p$ ) veri yapısını açıklamayı amaçlayan yöntemlerdir. *Sınıflama Yöntemleri*; populasyon özellikleri bilinmeyen yapılar hakkında prototip kümeler (grup, sınıf) belirleme çalışmalarına yardımcı olmak, daha önceden belirlenmiş gruplara yeni birimlerin atanmasını sağlamak amacıyla geliştirilen yöntemlerdir. Ayrıca, sayıca çok fazla olan ve her bir yöntemin kullanım amacı farklılık gösteren yöntemlerden en önemlileri de *Diğer Yöntemler* adı altında incelenmiştir<sup>35</sup>.

### 1.3. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME

#### 1.3.1. Çok Amaçlı Karar Verme Kavramı

Karar vermedeki temel sorunlardan biri seçeneklerin (farklı sistemler, sistem durumları, karar değişkenlerinin farklı değerleri v.b.) kıyaslanabilirliğidir. Arzu edilen şey seçenekler üzerinde bir tercih sırası kurmaya olanak veren bir ölçü geliştirebilmektir. Böyle bir ölçüye genellikle, değer (value), yararlılık (utility) veya etkinlik (effectiveness) ölçüsü denir. Eğer kıyaslama bir tek değer ölçüsü ile yapılabilirse, en iyi seçeneğin saptanması (en iyi çözümün elde edilmesi) kolayca mümkün olmaktadır. Tek değer ölçülü (amaç fonksiyonlu) bir matematiksel model kurulabilmiş ise, böyle bir modelden en iyi çözümü elde etmek için kullanılacak birçok hesaplama tekniği vardır veya uygun olan birinin geliştirilmesi olanaklıdır. Ancak, birçok karar verme durumlarında, kıyaslamaya yeterli olabilecek, kapsamlı bir tek ölçü tanımlamak olanaklı değildir<sup>36</sup>.

Gerçek hayat problemlerinde de optimize edilmek istenen amaç ve dolayısıyla amaç fonksiyonu sayısı genellikle birden çoktur. Diğer bir ifade ile bir problemde birden fazla amaç bulunabilir. Bu gibi durumlarda kullanılmak üzere geliştirilmiş çeşitli çözüm yaklaşımları bulunmaktadır. En önemli görünen amacın öncelikle dikkate alınıp, diğer amaçların probleme ya kısıt olarak eklenmesi ya da başka bir optimizasyon problemi olarak değerlendirilmesi bu yaklaşımlardan biridir. Diğer bir başka yaklaşım ise, çok sayıdaki amacın tek bir amaca dönüştürülmesidir. Bu yaklaşım, birbiriyle

---

<sup>35</sup> Daşdemir ve Güngör, s.2-3.

<sup>36</sup> Halim DOĞRUSÖZ, "Çok Boyutlu Değer Ölçüsü ile Karar Verme", *Yöneylem Araştırması Bildiriler*'76, Kocaeli, 1979, s.14.

çelişen amaçların zorlamayla tek bir amaca dönüştürülmesi yönüyle eleştirilmektedir. Birbiriyle çelişen amaçların aynı ölçekte değerlendirilmesi, dolayısıyla tek bir amaç fonksiyonu olarak ele alınması oldukça zordur.

Böyle durumlarda her amacın önem derecesini temel alan uzlaşık çözümler bulunabilir<sup>37</sup>.

Gerçekte çok basit düzeydeki bir sistemin bile birbiriyle eşanlı olarak değişen, birbiriyle çelişebilen ya da birbirinden etkilenen birden fazla amacı bulunabilir ve bunların tümünü birden aynı anda optimize edecek bir çözümler listesinin bulunması istenebilir.

Karar problemlerinin çözümünde, genellikle tek amaç üzerinde yoğunlaşma, sonuçlara kolay bir şekilde ulaşma açısından oldukça etkilidir. Ancak karşılaşılan sorunlar, buldukları sistem içinde tek amaçtan ziyade birden fazla veya birbirleriyle çelişen amaçlar olarak ortaya çıkmaktadır. Birden fazla amacın optimal çözüm değerlerine ulaşabilmek için zaman içerisinde çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlere genel olarak çok amaçlı karar alma yöntemleri denilmektedir<sup>38</sup>.

Her bir amaç için optimum olan çözümlerin belirli bir şekilde karar vericinin tercihlerini de dikkate alarak uzlaştırılması en çıkar yol olarak gözükmektedir. Sonuçta ulaşılan çözüme de tek amaçlı karar problemlerindeki optimum çözüm yerine, “en uzlaşık çözüm” (the best compromise solution) demek daha doğru olacaktır<sup>39</sup>.

Problemde çelişen amaçlar aynı ölçekte değerlendirilmiş olsalar da, çelişen bu amaçları optimum kılan tek bir çözümün bulunması olanaksız olabileceği gibi bulunan çözüm uygun ya da tatmin edici olmayabilir. Bu yaklaşımda modelleme aşamasında çok dikkatli olunması gerekir. Çünkü söz konusu bu yaklaşımda farklı değer ölçütleri tek bir modelde ifade edilmektedir.

---

<sup>37</sup> Ş.Alp Baray ve Şakir Esnaf, **Yöneylem Araştırması** (TAHA A.Hamdy, Operation Research An Introduction, 6. Basımdan Çeviri), Birinci Baskı, İstanbul : Literatür Yayınları, 2000, s. 343.

<sup>38</sup> Turanlı ve Köse, s.21.

<sup>39</sup> Evren ve Ülengin, s.3-4.

Gerek teknolojik, gerekse işletmelerin çevresel faktörlerindeki gelişmeler nedeniyle günümüzde bireyler veya işletmeler tek bir amacı optimum seviyeye getirmek yerine eş zamanlı birden fazla amacı optimum seviyeye getirmeye çalışarak zaman ve maliyet değerlerini en aza indirmeyi amaçlamaktadırlar. Bu durum, bireylerin veya işletmelerin çok amaçlı karar alma problemleri ile karşı karşıya olduğunu gösterir. Bu süreç içerisinde çok amaçlı karar problemlerinin çözümüne ilişkin çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve bilimsel yöntemler ışığı altında çok amaçlı karar alma problemlerinin çözümü araştırılmıştır. Bulunan çözüm değerlerinin geçerliliği uygulamada elde edilen başarılı sonuçlar ile kendini göstermiştir<sup>40</sup>.

Çok amaçlı kantitatif karar verme teknikleri birbirleriyle çelişen hedefleri sağlayabilen *en uzlaşık* çözümü sağlayabilmek için geliştirilmiştir. Çözümde belirlenmesi gereken en önemli sorun, en iyinin ne olduğuna karar verilmesidir.

Çok amaçlı karar kapsamının ana fikri, her bir bölümün merkezindeki karar alıcı tarafından bölümler içindeki büyük problemlerin anlaşılır olmasının sağlanması ve bu problemlerin çözüme ulaşması şeklinde açıklanabilir. Çözüm, karar alıcının kendi tercih durumu ile tutarlı hareket etmesi halinde kendi alternatif çözümünün seçileceğine işaret eder<sup>41</sup>.

Uygulamada ideal çözüm yerine genellikle pareto optimal (uzlaşık) çözümler önem kazanır. Pareto optimalite felsefesinde, bir amacı iyileştirme ancak ve ancak diğer amaçlardan fedakârlık etme yoluyla sağlanmaktadır. Matematiksel olarak her pareto optimal çözüm, çok amaçlı optimizasyon probleminin aynı derecede kabul edilebilir bir çözümdür. Bu çözümler içinde ideale en yakın olan seçilmeye çalışılır<sup>42</sup>.

Tek amaçlı karar verme problemlerinde, karar vericinin tercihleri bu süreçte yer almamasına karşılık çok amaçlı karar verme problemlerinde büyük önem kazanmaktadır<sup>43</sup>.

---

<sup>40</sup> Turanlı ve Köse, s.20.

<sup>41</sup> Turanlı ve Köse, s.21.

<sup>42</sup> Onur Köksoy ve Gülsüm Hocaoglu, "Taguchi Probleminin Çok Amaçlı Optimizasyon Çözümleri", **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Cilt.18, Sayı.4, 2005, s. 615.

<sup>43</sup> Evren ve Ülengin, s.5.

## 1.3.2. Çok Amaçlı Karar Verme Problemlerinin Çözüm Yaklaşımları

### 1.3.2.1. Tek Hedef Yaklaşımı

Bu yaklaşımda, karar vericiler tarafından en önemli olarak kabul edilen hedef, optimize edilmek için amaç olarak seçilir. Kalan diğer hedefler ise modele kısıt olarak eklenir. Modele kısıt olarak eklenen bu ikincil hedeflerin her biri için en çok (maksimum) ya da en az (minimum) bir erişim düzeyi belirlenir. Böylelikle çok amaçlı problem, tek amaçlı optimizasyon problemine dönüştürülmüş olur. Bu durumda;

**Amaç Fonksiyonu :**

$$\text{Max } z_l = f_l(x) \quad l = 1 \quad 1-2$$

**Kısıtlayıcılar :**

$$g_i(x) \leq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (\text{sistem kısıtları}) \quad 1-3$$

$$f_l(x) \geq z_l \quad l = 2, \dots, k \quad (\text{ek kısıtlar}) \quad 1-4$$

$$x_i \geq 0 \quad 1-5$$

$z_l$ 'ler ek kısıtların karar vericiler tarafından belirlenmiş olan erişim düzeyleridir. Yukarıdaki formülasyonda bütün hedeflerin maksimize edici karakterde olduğu varsayılmıştır.

Bu yaklaşım sezgiseldir. Çünkü hangi amaçların alt sınırlara dönüştürüleceği geniş ölçüde kullanıcının deneysel duygusuyla belirlenir<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> Ralph E. Steuer, **Multiple Criteria Optimization : Theory, Computation and Application**, Canada : John Wiley & Sons Inc., 1986, s.203.

### 1.3.2.2. Hedef Fonksiyonlarını Birleştirme Yaklaşımı

#### A) Toplu Kriter Yöntemi (The Method of Global Criterion)

Bu yöntemde bir araya getirilen kriterlerden oluşan bir “toplu kriteri” (global hedef fonksiyonu) geliştirilir. Toplu kriteri, en küçükleyen vektör optimal vektördür<sup>45</sup>. Bu fonksiyon, her bir hedef fonksiyonunun değerinin, optimal değerlere oranla kendisine ait optimal değerinden genel sapmalarının toplamından oluşur. Böylece, orijinal  $k$  adet hedef fonksiyonlu model, tek bir amaç fonksiyonlu modele dönüştürülmüş olur. Düzenlenmiş yeni problem:

#### Amaç Fonksiyonu :

$$\text{Min } F = \sum_{i=1}^k \left[ \frac{f_i(x^*) - f_i(x)}{f_i(x^*)} \right]^p \quad 1-6$$

#### Kısıtlar :

$$g_i(x) \leq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad 1-7$$

$$x_i \geq 0 \quad 1-8$$

$f_i(x^*)$ ,  $i$ nci hedef fonksiyonun kendi bireysel optimumu  $x^*$ 'daki değeridir.  $f_i(x)$  fonksiyonun kendisidir.  $p$  hedeflerin önemini yansıtan tamsayıdır  $g_i$  kısıtlamanın  $i$ . fonksiyonudur.

Boyutsal tutarlılık problemiyle ilgili olarak endişe etmeye gerek yoktur. Problem için seçilen en iyi çözüm, büyük ölçüde  $p$  için seçilen değere bağlı olarak değişir.  $p=1$  kurulumu bütün sapmalara eşit önem verildiğini gösterirken,  $p=2$ , bu sapmalara en büyük sapma en büyük ağırlığa sahip olacak şekilde oransal olarak önem verildiğini gösterir.  $p>2$  en büyük sapmalara daha fazla ağırlık verildiği anlamına gelir. Bu fonksiyonel davranışla bağlantılı, yapılması gereken bir tercih vardır.  $p=1$  şeklinde uygulamak gerçekçi görünebilir ama bu, karar değişkenlerinin artan sırasını

---

<sup>45</sup> Evren ve Ülengin, s.28.

içerdiğinden global fonksiyonu optimize etmede karşılaşılabilecek zorluğun derecesi artacaktır. Eğer bu zorluktan kaçınılmak isteniyorsa,  $p=1$  yine de iyi bir seçim olabilir. Eğer orijinal  $k$ -hedef problemi doğrusalsa, modifiye edilmiş problem  $p=1$  için hala doğrusal olacaktır<sup>46</sup>.

Bu teknik, özellikle analistin karar verecek kişiye kolaylıkla ulaşamayacağı durumlarda caziptir.  $p$  değeri dışında, hedeflerin önemleriyle ilgili kesin bilgilere gerek yoktur. Bundan başka, işlem daha az öznellik içerir<sup>47</sup>.

### *B) Kullanım Fonksiyonu Yöntemi (Utility Function Method)*

Kullanım fonksiyonu yöntemi, çok amaçlı optimizasyon problemini aşağıdaki şekilde bir tek hedef problemine dönüştürür:

#### ***Amaç Fonksiyonu :***

$$\text{Maksimize } z = F[f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)] \quad \mathbf{1-9}$$

#### ***Kısıtlar :***

$$g_i(x) \leq 0 \quad , i = 1, 2, \dots, k \quad \mathbf{1-10}$$

$$x_i \geq 0 \quad \mathbf{1-11}$$

$F$ , çoklu hedeflerin kullanım fonksiyonudur ve karar vericinin tercihlerini temsil eder. Eğer  $F$  doğru olarak tespit edilirse, elde edilecek çözümler karar vericinin tatminini garanti edecektir. Ancak  $F$ 'i belirleyebilmek son derece zor olabilir<sup>48</sup>.

$F$ , birçok şekilde olabilir. En yaygın şekil, karar vericinin kullanım fonksiyonunun hedeflere bağlı olarak ilaveten ayrılabilir olmasıdır. Böylece, ilave kullanım fonksiyon yöntemi, hedef fonksiyonlarını aşağıdaki şekillerden birisine çevirir:

---

<sup>46</sup> Evren ve Ülengin, s.28.

<sup>47</sup> Carlos A. Coello Coello, David A. Van Veldhuizen ve Gary B. Lamont, **Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems**, Illinois : Kluwer Academic Publishers, 2001, s.30-32.

<sup>48</sup> Evren ve Ülengin, s.37.

$$Max z = \sum_{j=1}^k F_j[f_j(x)] \quad 1-12$$

$F_j$ , her bir hedef fonksiyonuna bir ağırlık eklemeye olduğu gibi kullanılır. Böylece problem aşağıdaki şekle dönüştürülür:

$$Max z = \sum_{j=1}^k w_j f_j(x) \quad 1-13$$

$w_j, j$  hedeflerinin nispi önemlerini gösterir ve bu bir öncelik olarak belirlenir.

### C) Minimum Sapma Yöntemi (Minimum Deviation Method)

Karar vericilerden her bir amaç için erişilmesini arzu ettikleri bir hedef değeri belirlemesi istenir. Bu yönteme göre “tercih edilen çözüm” bu hedef değerlerden sapmaları minimize eden çözümdür<sup>49</sup>.

Minimum sapma yöntemi, karar vericilerin hedefler hakkında kısmi bilgiye sahip olduğunda uygulanabilir. Bu, hedeflerin optimal değerleri bilinip, nispi önemleri bilinmediği zamandır. Yöntemin amacı, bireysel hedefin kesri sapmalarının toplamını en aza indirecek en iyi uzlaşma çözümünü bulmaktır. Bir hedefin kesri sapması, o hedefin bir değerinin kendi bireysel optimal çözümünden sapması ve maksimum sapması arasındaki orandır. Bir hedefin maksimum sapması, kendi bireysel optimal çözümü ile en istenmeyen çözümü arasındaki farktan elde edilir.

Bu, diğer hedeflerden birinin optimal çözümüyle uyudur.

Her bir hedef fonksiyonun optimal değeri, orijinal sınırlamalara bağımlı olarak belirlenir. Ondan sonra, diğer hedef fonksiyonların bireysel optimuma uyumlu değerleri hesaplanır. Bütün hedefler için bu yapıldıktan sonra bir sonuç tablosu oluşturulabilir. Kolon  $j$ , vektör  $x_j^*$ 'deki çözüme uyumludur, bu çözüm  $j$ . hedefi  $f_j(x)$ 'i optimize eder.  $f_j(x)$ , sonuç tablosundaki diyagonal elementlerin her bir hedef fonksiyonunun bireysel optimum değerine ulaştığında, hedef  $f_i(x)$  uyumlu  $f_{ij}$  değerini alır.

<sup>49</sup> Fatma Tiryaki, “Çok Amaçlı Lineer Kesirli Programlama Problemi için Çözüm Önerileri”, (Yayınlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1993), s.33.

$x^*$  ideal çözümü ifade etsin, bu her bir hedef fonksiyonunun optimum değerinin  $k$  vektörünü verir. Bu durumda

$$F^*(x^*) = [f_1^*, f_2^*, \dots, f_k^*] \quad 1-14$$

ideal hedef vektörüdür. Bu vektör, bütün hedef fonksiyonları çelişmeyen olmadıkça elde edilemez.

## 1.4. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMLERİ

### 1.4.1. Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik hiyerarşi süreci (AHS), insanoğlunun hiçbir şekilde kendisine öğretilmeyen fakat varoluşundan bu yana karar verme sorunu ile karşılaştığında içgüdüsel olarak benimsediği karar mekanizmasıdır. İçgüdüsel mekanizma, karar sürecinde doğal olarak niteliksel kriterleri de gözönünde bulundurmaktadır. Bu sebeple AHP'nin gücü, diğer çoğu yaklaşımla ele alınması zor veya mümkün olmayan ama kararları etkileyen bu gibi etkenleri de ele alabilmesinden kaynaklanmaktadır<sup>50</sup>.

Analitik Hiyerarşi Süreci, ilk olarak 1970'li yıllarda ortaya konulmuş, karmaşık problemlerin çözümünde sıkça kullanılan, karar verme sürecinde objektif ve sübjektif faktörleri birleştirme olanağı sağlayan güçlü ve kolay anlaşılır bir çok kriterli karar verme tekniğidir. Asıl olarak elemanların ikili karşılaştırılmasından elde edilen önceliklere dayalı bir ölçüm teorisidir. AHS ile karar verme sorununun olabildiğince ayrıntılı olarak ortaya konulması ve daha sonra hiyerarşi olarak adlandırılan ve her biri bir dizi öğeden oluşan katmanlar halinde incelenmesi gerekir. AHS tekniğinde en üst düzeyde bir amaç ve bu amacın altında sırasıyla kriterler, alt-kriterler ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanılmaktadır<sup>51</sup>.

---

<sup>50</sup> Müjgan Sağır Özdemir, "Bir İşletmede Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Performans Değerlendirme Sistemi Tasarımı", *Makine Mühendisleri Odası Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt. 2002-2, Sayı. 2 (Nisan-Mayıs-Haziran 2002-2), [http://www.mmo.org.tr/endustrimuhendisligi/2002\\_2/makaleperformans.htm](http://www.mmo.org.tr/endustrimuhendisligi/2002_2/makaleperformans.htm), (22.11.2007).

<sup>51</sup> Saat, s.150.

Analitik Hiyerarşi Süreci,

- Hiyerarşilerin oluşturulması,
- Üstünlüklerin belirlenmesi,
- Mantıksal ve sayısal tutarlılığın sağlanması

şeklinde 3 temel prensibe dayanmaktadır. Genel olarak AHS tekniği ile bir karar verme problemi çözümlenirken:

- Karar elemanlarından oluşan bir karar hiyerarşisinin kurulması,
- Karar elemanlarının ikili karşılaştırılması,
- Karar elemanlarının göreceli önceliklerinin tahmin edilmesi
- Karar elemanlarının göreceli öncelik değerlerine göre alternatiflerinin genel öncelik değerlerinin ve sıralamalarının belirlenmesi

şeklinde 4 aşama söz konusudur. AHS tekniği günümüzde ekonomi, planlama, enerji politikaları, kaynak tahsisleri, sağlık, anlaşmazlık çözümü, proje seçimi, pazarlama, bilgisayar teknolojisi, bütçe tahsisi, muhasebe, eğitim, sosyoloji, mimarlık vb. pek çok alanda çeşitli karar verme problemlerinde, karmaşık çevresel kararların analizinde ve ormancılık alanında kullanılmaktadır.

AHS, birebir değerlendirerek alternatifleri sıralamaya dayanan çok kriterli karar verme yöntemidir. Amaçlar ve alt-amaçlar içiçe katmanlar halinde ve bir hiyerarşi içinde tanımlanır.

Karar vericiler, her alternatifin her kriterde ne kadar 'başarılı' olduğunu değerlendirir. Her kriterin amaca ulaşmadaki göreceli önemi değerlendirilir. İlk değerlendirmenin sentezi yapılarak her alternatifin amaca ulaşmadaki başarısı belirlenir. Hiçbir zaman kesin (belli değerlerle) değerlendirmeler yapılmaz. Değerlendirmeler göreceli oranlarla yapılır. Bu değerlendirmeler nesnel ve öznel olabilir.

### 1.4.2. TOPSIS

TOPSIS yönteminin adı İngilizce karşılığının baş harflerinden (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) oluşturulmuştur. Yöntem kullanılarak alternatif seçeneklerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılması gerçekleştirilmektedir.

TOPSIS, pozitif-ideal çözüme benzerlik (veya göreceli yakınlık) indeksi olarak tanımlanır. Buna göre pozitif-ideal çözüme en yakın nokta veya negatif-ideal çözüme en uzak noktanın kombinasyonudur. Daha sonrada ideale en benzer alternatif seçilir. TOPSIS yönteminde her kriterin tekdüze azalan veya artan bir faydası vardır<sup>52</sup>.

'*m*' sayıda alternatifi ve '*n*' sayıda kriteri olan çok amaçlı karar verme problemi *n*-boyutlu uzayda *m* noktaları ile gösterilebilir. Hwang ve Yoon (1981) TOPSIS yöntemini, çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre oluşturmuşlardır. Daha sonraları bu düşünce Zeleny (1982) ve Hall (1989) tarafından da uygulanmış, ve Yoon (1987) ve Hwang, Lai ve Liu (1993) tarafından geliştirilmiştir.

Karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana prensibine dayanır ve çözüm süreci ELECTRE yöntemine nazaran daha kısadır. TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşan bir çözüm sürecini içerir. Yöntemin ilk iki adımı ELECTRE yöntemi ile ortaktır. Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları tanımlanmıştır.

***Adım 1. Karar Matrisinin (A) Oluşturulması :*** Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi (*m* × *n* boyutlu) karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir.

---

<sup>52</sup> Yılmaz KAYA, "Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemlerinden TOPSIS ve ELECTRE Yöntemlerinin Karşılaştırılması", *Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü İnternet Sayfası*, <http://www.hho.edu.tr/huten/2003-2004SEMINERINTERNET/YILMAZKAYA/YILMAZKAYA.pdf>, (12.12.2007), s.3.

**Adım 2. Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması :** Standart Karar Matrisi olan R matrisi, A karar matrisinin elemanlarından yararlanarak ve

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}}, \quad (i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n) \text{ formülü kullanılarak hesaplanır.}$$

**Adım 3. Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması :** Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri ( $w_i$ ) belirlenir ( $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ). Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili  $w_i$  değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$V_{ij} = w_i \times r_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n)$$

**Adım 4 : İdeal ( $A^*$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözümlerin Oluşturulması :** TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır. İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. Çözüm seti  $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$  şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm seti  $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$  şeklinde gösterilebilir.

**Adım 5 : Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması :** TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım ( $S_i^*$ ),  $\left( S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \right) (i = 1, 2, \dots, m)$  ve Negatif İdeal Ayırım ( $S_i^-$ ),

$\left( S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \right) (i=1,2,\dots,m)$  ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. Burada

hesaplanacak  $S_i^*$  ve  $S_i^-$  sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

**Adım 6 : İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması :** Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının ( $C_i^*$ ) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçütünün toplam ayırım ölçütü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değeri  $C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} (i=1,2,\dots,m)$  formülü ile hesaplanır. Burada  $C_i^*$  değeri  $0 \leq C_i^* \leq 1$  aralığında değer alır ve  $C_i^* = 1$  ilgili karar noktasının ideal çözüme,  $C_i^* = 0$  ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir<sup>53</sup>.

### 1.4.3. ELECTRE

ELECTRE yönteminin adı İngilizce karşılığının baş harflerinden ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) oluşturulmuştur. ELECTRE, sıralama prensibine göre alternatifleri değerlendiren bir tekniktir.

ELECTRE yöntemi 1960'li yılların sonunda Roy (1971) tarafından ortaya atılmıştır. Daha sonra Nijkamp ve van Delft (1977) ve Voogd (1983) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde, alternatifler tercih sıralamasına göre birbirleriyle kıyaslanarak seçim yapılması temeline oturtulmuştur.

Optimizasyon amaçlı matematiksel programlama tekniklerinden olan ELECTRE Tekniği adı altında literatürde ELECTRE I, II, III ve IV teknikleri yer almaktadır. Bu teknikler birbirlerinden küçük farklılıklarla ayrılmaktadırlar. Söz konusu teknikler sayesinde karar verici çok sayıda nicel ve nitel kriteri karar verme sürecine dahil edebilmekte, kriterleri amaçları doğrultusunda ağırlıklandırabilmekte, kriterlerin verimlilik ölçülerinin büyüklüklerini seçebilmekte ve ağırlıklarını toplayarak en uygun alternatifi belirleyebilmektedir.

---

<sup>53</sup> Kaya, s.4-5.

Genel olarak ELECTRE tekniğine göre karar verme sürecinde şu aşamalar söz konusu olmaktadır;

- Alternatiflerin oluşturulması,
- Kriterlerin belirlenmesi,
- Kriterlerin önem derecelerinin saptanması,
- Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi
- Verimlilik ölçülerinin belirlenmesi,
- Çözüm ve yorum.

Bu yöntemde her bir ölçüt için bir de önem ölçüsü tesbit edilir. Verimlilik ölçüsü esas alınarak her bir seçeneğin verimliliği hesaplanır. Diğer bir deyimle tayin edilen verimlilik ölçüleri üzerinden her bir seçeneğe not verilir. Bu notlar, verimlilik ölçüleri ve önem ölçüleri birlikte göz önüne alınıp seçeneklerden göz önüne alınan ölçütlere göre daha uygun olanı seçilir<sup>54</sup>.

Bu yöntemin gereği olarak bir başlangıç tablosundan hareket edilir. Bu tabloda, sütunlar seçeneklere (alternatiflere), satırlar ise kriterlere ayrılır. Diğer yandan her kritere, diğerlerine nazaran taşıdığı önemi belli edecek şekilde ağırlık verilir. İkinci aşamada, alternatiflerin karşılaştırılmasına olanak veren uyumluluk ve uyumsuzluk matrisleri oluşturulur. Üçüncü aşamada; uyumluluk ve uyumsuzluk matrisleri için belirlenen eşik değerlerine göre bu iki tablo nihai değerlendirme tablosunda birleştirilir ve en uygun alternatif belirlenir. Bu amaçla grafik çizimden de yararlanılır.

#### **1.4.4. Hedef Programlama**

Hedef Programlama tekniği, çok sayıda amaçların veya hedeflerin bulunduğu doğrusal programlama (DP) problemlerine uygulanan bir optimizasyon tekniğidir. DP problemlerinde amaç fonksiyonu birim açısından tek bir ölçekle ölçümlenir. Örneğin YTL, kâr, maliyet gibi çok boyutlu bir ölçek kümesi ile ifade edilebilen çok

---

<sup>54</sup> Evren ve Ülengin, s.19.

hedefli bir DP yazmak mümkün değildir. Yani, DP amaç fonksiyonu çok sayıda ölçekle ifade edilemez. Halbuki organizasyonların, aynı birimle ölçümlendirilemeyen çok sayıda hedefi vardır. Eğer çok sayıda hedef söz konusu ise, bu hedefler sıraya konulup bir öncelik sırası verilebilir. İşte bu çok sayıda hedefin en az sapma (pozitif veya negatif) ile sanki tek amaç gibi gerçekleşmesini sağlamak, amaç programlama modelleri ile mümkündür. Hedef Programlama problemlerinde *tek hedefli, çok hedefli eşit öncelikli, çok hedefli öncelikli ve çok hedefli ağırlıklı modeller* modeller söz konusudur.

Çalışmanın ikinci ve üçüncü bölümlerinde hedef programlama hakkında ayrıntılı bilgi verilecek ve uygulama bölümünde oldukça büyük kapsamlı bir problem ele alınacaktır.

## **1.5. MATEMATİKSEL MODELLER**

### **1.5.1. Tanım**

Yöneylem araştırmasında, bütün diğer bilim dallarında olduğu gibi üzerinde çalışılan problemin açık bir şekilde tanınması ve iyice anlaşılması esastır. “Yanlış” olarak ortaya konulan bir problemde “Doğru” sonuçların elde edilmesi hemen hemen olanaksızdır.

Problemin formülasyonunda, amaçlar, kısıtlamalar ve etkinliklerin (faaliyetlerin) değişik yolları ve sistemin etkisinin doğru bir şekilde belirtilmesi gerekir. Ayrıca, yöneylem araştırması yapan kişiler ile bunun uygulamasını yapanlar arasında uyum olması ve planlayanlar ile yapımcılar arasında sürekli bir bilgi alışverişinin bulunmasının sağlanması gerekir.

Bir sistemin değişen koşullar altındaki davranışlarını incelemek, kontrol etmek ve geleceği hakkında varsayımlarda bulunmak amacı ile elemanları arasındaki bağıntıları kelimeler veya matematik terimlerle belirleyen ifadeler topluluğuna model denir<sup>55</sup>.

---

<sup>55</sup> Yılmaz Tulunay, **Matematiksel Programlama ve İşletme Uygulamaları**, 3. Baskı, İstanbul : İşl. İkt. Enstitüsü Yayınları : 137, s.3.

Model, bir problemin bir takım varsayımlarla basitleştirilmiş bir biçimidir. Model, problemin elemanları arasındaki bağıntılara ışık tutar ve araştırmacıya seçeneklerinde yardımcı olur. Model oluşturulurken, ölçme birimlerinin ve değişkenlerin dikkatli seçilmesine ve değişkenler arasındaki bağıntılarla ilgili varsayımların doğruluk derecelerinin yüksek olmasına dikkat edilmelidir<sup>56</sup>.

Model, gerçek sistemin idealize edilmiş bir tanımıdır. Bu sistem gerçekten varolabilir veya olması umulan bir düşüncenin ürünüdür. İlk durumda, modelin amacı, sistemin işleyişini daha iyi bir düzeye çıkarmak için bunun davranış analizinin yapılması sağlanmalıdır. İkinci durumda ise amaç, bileşenleri arasında işlevsel (fonksiyonel) bağlar olan gelecekteki sistemin ideal yapısını saptamaktır.

Modelden elde edilen çözümün güvenilir olması, gerçek sistemin tanımında bu modelin geçerliliğine bağlıdır. Bu, çözüm sonucunun, modelle gösterilen varsayılan gerçek sistem'e uygulanması demektir. Gerçek ve varsayılan gerçek arasındaki uyumsuzluklar, orijinal sistemin davranışının tanımlanmasında, modelin inceliğine bağlıdır<sup>57</sup>.

Model, incelenmekte ve kontrol altına alınması için çalışılmakta olan sistemin bir temsilidir. Bu temsil üzerinde çalışılarak, esas sistemin yapısı, elemanları arasındaki ilişkiler ve sistemde meydana gelebilecek değişmelerin sistemin etkinliğine olan etkilerinin tahminine çalışılır<sup>58</sup>.

Bir matematiksel model, bir sistem ya da problemi tarif eden bir eşitlikler ya da denklemler setidir. Matematiksel modeller, sistemin karar değişkenlerinin tanımlanmasında bir grup matematiksel sembolleri kullanmaktadır. Sistem davranışlarının tanımlanmasında kullanılan matematiksel fonksiyonlarda yer alan bu değişkenler birbirleriyle ilişkilidir. Problemin çözümü, iyi geliştirilmiş matematiksel tekniklerin modele uygulanması ile elde edilmektedir.

---

<sup>56</sup> Esen Ağlı, **Matematiksel Yöntemler ve Uygulamaları**, Ankara : Teori Yayınları, 1987, s. 18.

<sup>57</sup> Turgut Uzel, **Harita Mühendisliğinde Yöneyem Araştırması**, İstanbul : Yıldız Üniversitesi Yayınları, Sayı. 189, 1986, s.6.

<sup>58</sup> Karayalçın, s.38.

Matematiksel bir model, en genel anlamıyla, fiziksel bir sistemin veya bir sürecin ana özelliklerini matematik terimlerle ifade eden bir eşitlik veya formül olarak tanımlanabilir.

$$\left( \begin{array}{c} \text{bağımlı} \\ \text{değişken} \end{array} \right) = f \left( \begin{array}{c} \text{bağımsız} \\ \text{değişken} \end{array}, \text{ parametreler}, \text{ zorlayıcı} \right) \quad \text{fonksiyonlar} \quad \text{1-15}$$

Burada bağımlı değişken sistemin davranışını veya konumunu belirten bir özelliktir; bağımsız değişkenler genellikle zaman veya konum gibi sistemin davranışını belirleyen boyuttur; parametreler sistemin özelliklerini veya yapısını yansıtırlar; zorlayıcı fonksiyonlar ise sistemi etkileyen dış etkenlerdir<sup>59</sup>.

Karar verme teorisinde geliştirilen matematiksel modeller, çok karmaşık problemlerin çözümünde olumlu sonuç alınmasını ve optimal kararın verilmesini sağlamışlardır.

Model oluşturmada uyulması gereken ilkeler,

1. Basit bir şekilde oluşturulabilecek bir model daha karmaşık bir duruma getirilmemelidir.
2. Problemin uygun teknikle modellenmesine dikkat edilmelidir.
3. Model büyük bir dikkatle çözülmelidir.
4. Kararın uygulamasına geçilmeden önce modelin uygunluğu doğrulanmalıdır.
5. Model, hatalı öğeler içermemelidir.
6. Bir model oluşturmak için daha önce denenmiş yöntemler kullanılmalıdır.
7. Modelin amacı aşacak şekilde büyütülmemesine dikkat edilmelidir.

---

<sup>59</sup> Steven C.Chapra ve Raymond P.Canale, (Çevirenler : Hasan HEPERKAN ve Uğur KESGİN) **Yazılım ve Programlama Uygulamalarıyla Mühendisleri İçin Sayısal Yazılım ve Programlama Uygulamalarıyla Mühendisleri İçin Sayısal Yöntemler**, İstanbul : Literatür Yayınları, Mart 2003, s.13.

8. Modelin geliştirilmesi ve yapısı pek çok yararlı sonuç sağlayacaktır.
9. Modelin kendisi verilerinden daha değerli değildir.
10. Model, karar vericilerin yerini almamalıdır<sup>60</sup>.

Bir matematiksel model temelde,

- Karar değişkenleri ve parametreler
- Sınırlamalar ve kısıtlamalar
- Amaç fonksiyonundan oluşmaktadır<sup>61</sup>.

Optimizasyon veya matematiksel programlama en iyi sonucu bulmak için yapılan çaba şeklinde ifade edilir. Karar verme sürecinde optimizasyon önemli bir araçtır. Optimizasyonun kullanılabilmesi için öncelikle amacın belirlenmesi lazımdır. Amaç, sistemin performansını sayısal olarak ölçen bir çalışmadır. Bu amaç kâr, zaman veya herhangi bir büyüklüktür. Amaç, sistemin belli karakteristik özelliklerine bağlıdır ki bunlara değişken veya bilinmeyen denir. Yapılacak iş, amacı optimize edecek şekilde değişkenlerin değerini bulmaktır<sup>62</sup>.

Bir optimizasyon problemi, minimum ya da maksimum yapılması istenilen bir fonksiyonu tanımlar. Optimizasyon problemlerinde değişkenlerin hangi değerlerinde (uygun çözüm alanında) fonksiyonu optimum yapacağı bulunmaya çalışılır<sup>63</sup>.

Bir operasyon ya da sistemdeki kısıtlamaların matematiksel ifadesi olarak kısıtlar matematiksel modele dahil edilirler.

---

<sup>60</sup> Michael Wilkes, **Operational Research Analysis and Applications**, London : McGraw-Hill Book Company, 1989, s. 4.

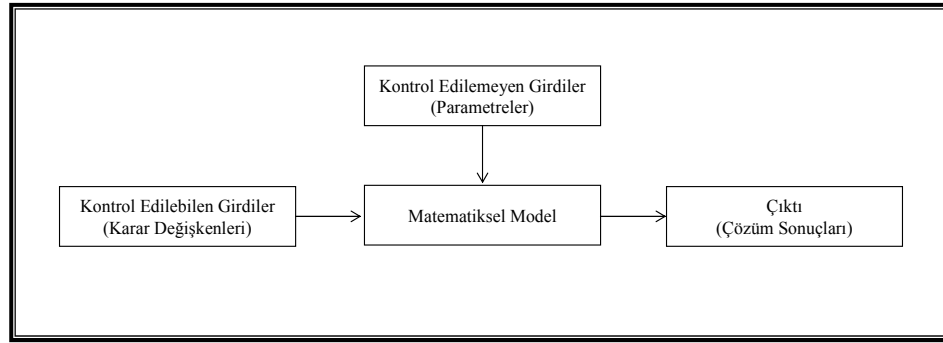
<sup>61</sup> İsmail Doğan, Nurhan Doğan ve Abdülkadir Akcan, “Rasyonel ve Ekonomik Hayvan Beslemede Hedef Programlamadan Yararlanma”, Tübitak, Turk J Vet Anim Sci 24 (2000), s.235-236.

<sup>62</sup> N.Kemal Erdoğan, **Lineer Programlamada İç Nokta Algoritmaları**, Eskişehir : AÜ Yayınları : No.1656 İİBF Yayınları : 191, 2005, s.21.

<sup>63</sup> Yan Collette ve Patrick Siarry, **Multiobjective Optimization Principles and Case Studies**, Berlin : Springer-Verlag, 2003, s.16.

Amaç ve kısıt denklemleri iki çeşit değişkenin, yani kontrol edilebilir değişkenlerin (karar değişkenleri) ve kontrol edilemeyen değişkenlerin (parametreler) fonksiyonlarıdır.

Şekil 1-3'de görüldüğü gibi karar değişkenleri ile parametreler girdi olarak kabul edilecek olursa, matematiksel model bu girdileri çıktıya dönüştüren mekanizma olarak değerlendirilebilir.



**Şekil 1-3 : Matematiksel Modelleme ve Girdi-Çıktı Dönüşüm Süreci**

Bir sistemin bir model ile tariflenmesi, bir sistemi analiz etmeyi ve gerçek sistemi kesintiye uğratmadan çeşitli alternatiflerin ya da seçenekleri denemeyi mümkün kılar. Başka bir avantaj da, bir modelin, bir problemi daha çok anlamlı yapma eğilimidir ve bu model değişkenler arasındaki önemli bağlantıları açıklığa kavuşturur. Bir model, bir sistemin analizi için hangi değişkenlerin önemli olduğunu ve hangi verilerin (data) lüzumlu olduğunu ortaya koyar. Problem formüle edildikten sonra, bu problemi analiz etmek mümkündür<sup>64</sup>.

## 1.5.2. Matematiksel Modellerin Özellikleri

### 1.5.2.1. Dinamiklik

Matematiksel modeller dinamiklerdir. Diğer bir ifade ile kolayca değiştirilebilirler. Herhangi bir matematiksel modeldeki değişken ve parametreleri değiştirmek suretiyle gerçek sistemde ortaya çıkabilecek bir değişikliği kısa bir sürede güncelleştirme olanağı vardır.

<sup>64</sup> Yaşar Baki Cengiz, **Yöneylem Araştırması**, İstanbul : Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 1989, s. 18.

### ***1.5.2.2. Matematiksel ve Mantıksal Bir Yapı***

Matematiksel modeller, soyutlaştırılmış bir şekilde sistemin özünün ve sistemin unsurları arasındaki ilişkinin temsil edilmesinde oldukça önemli bir yer tutmaktadırlar.

### ***1.5.2.3. Tanımlayıcılık***

Matematiksel modeller, gerçek olan bir nesneyi ya da olayı ideal olarak tanımlayabilme özelliğine sahiptirler.

### ***1.5.2.4. Optimizasyona Uygunluk***

Matematiksel çözüm yöntemlerinden herhangi birisini kullanmak suretiyle bu modellerden elde edilecek çözüm sonucunda temsil ettikleri sistemin optimal şekilde tasarlanması ve işletilmesine yönelik önemli bilgi elde etmek mümkündür<sup>65</sup>.

## **1.5.3. Matematiksel Modelin Kurulması Aşamaları**

### ***1.5.3.1. Karar Değişkenlerinin Belirlenmesi***

Bir matematiksel model oluşturulurken ilk önce modelin karar değişkenleri belirlenir. Karar değişkenleri, amaç fonksiyonunun değerini etkileyen ve problemdeki kontrol edilebilir unsurları temsil eden değişkenlerdir. Problemin çözümü sonunda değerleri elde edilecek olan değişkenlerdir. Örnek olarak, toplam  $n$  farklı adet ürünün üretileceği bir üretim probleminde her bir üründen üretilen ürün miktarları bu matematiksel modelin karar değişkenleridir. Karar değişkenler genelde  $X_i (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 'ler ile ifade edilir.

### ***1.5.3.2. Parametrelerin Belirlenmesi***

Parametreler ise kontrol edilemeyen ya da çevresel faktörler olarak bilinen unsurları ifade eden sabit değerli katsayılardır. Örneğin, bir birim ürünün satışından elde edilecek kâr, bir birim ürünün üretilme maliyeti, bir birim ürünün üretimi için gerekli

---

<sup>65</sup> Chapra ve Canale, s.21-23.

olan hammadde miktarı ve eldeki toplam hammadde kapasitesi gibi unsurlar modelin parametrelerini oluştururlar.

#### ***1.5.3.3. Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması***

Amaç fonksiyonu, ulaşılmak istenen amacı (en çok ya da en az yapılmak istenen değer) tanımlayan ve karar değişkenleri ile parametrelerin fonksiyonu olarak ifade edilen matematiksel bir fonksiyondur.

#### ***1.5.3.4. Kısıtların Oluşturulması***

Matematiksel model geliştirilirken karar vericilerin istekleri, kısıtlı kaynaklar ve karar değişkenleri üzerindeki çeşitli kısıtlamalar göz önünde bulundurulmalıdır. Karar değişkenlerinin alabilecekleri değerler ile ilgili bu tür sınırlamaları belirten kısıtlar da matematiksel olarak ifade edilirler.

#### **1.5.4. Matematiksel Modelin Çözümü**

Model kurma, modelin çözümünden önceki, karar verme sürecinin en önemli ve en zor aşamasıdır. Model kurma işlemi, karar verme probleminde, problem tanımlanıp, model için gerekli olan verilerin toplanmasıyla birlikte karar aşamasından önce problemin tümüyle anlaşılabilir bir yapıda ortaya konulmasını sağlar<sup>66</sup>.

Probleme ilişkin amaçlar ve kısıtlar belirlenip model kurulduktan sonra yapılması gereken iş modelin çözülüp sonuçlarının elde edilmesidir. Modelin çözümü ile modeldeki karar değişkenlerinin değerleri, kullanılan girdi ve elde edilen çıktıların değerleri hesaplanarak bir sonuç kümesi elde edilir.

Matematiksel bir model oluşturulduktan sonraki ilk adım bu modelden mevcut probleme bir çözüm elde etmektir. Bu, modele ait optimum çözümü belirlemekle ve sonra bu çözümü gerçek probleme uygulamakla başarılıdır. Bazen modeldeki matematiksel karmaşıklıklar bir optimum çözüme imkan vermezler, böyle bir durumda “iyi” bir cevabın yeterli olması gerekir. Model için optimum bir cevap elde edilebildiğinde bile, bu cevabın mutlaka problemin optimum cevabı olması gerekmez.

---

<sup>66</sup> Chapra ve Canale, s.25.

Bir model, bir gerçek sistemin veya problemin bir yaklaşıklaması olduğundan, modelin optimal çözümü, gerçek problem için bir optimum çözümü garanti edemez. Bununla beraber, eğer model çok iyi formüle edilmişse, modelin çözümleri gerçek probleme iyi bir yaklaşıklama sağlarlar. Matematiksel modellerin çözümleri belirli takımları ve yöntemleri kullanmak suretiyle elde edilebilir<sup>67</sup>.

#### **1.5.5. Matematiksel Modelin ve çözümün Test Edilmesi**

Model için bir çözüm elde edildikten sonra, modelin ve çözümün test edilmesi yani kontrolü gereklidir. Bu, iki şekilde yapılabilir:

Bu kontrollerden birincisi, geçmişe ait veriler kullanılarak, sistemin gerçek performansının ve modelin gösterdiği performansın karşılaştırılmasıdır. İkincisi ise sistemi değişme olmadan çalıştırmak ve bunun performansını modelin performansı ile karşılaştırmaktır. Modelin ve çözümün önemi bu karşılaştırmalar sonucunda değerlendirilebilir.

---

<sup>67</sup> Cengiz, s. 18.

## BÖLÜM 2 . HEDEF PROGRAMLAMA

### 2.1. HEDEF PROGRAMLAMA KAVRAMI

#### 2.1.1. Hedef Programlamamın Gelişimi

Hedef programlama modeli, çok amaçlı matematiksel programlama modellerinden en çok bilinenlerden biridir<sup>68</sup>.

İngilizce karşılığı “*goal programming*” olan yöntem Türkçe’ye “*hedef programlama*” veya “*amaç programlama*” olarak çevrilir. Ignizio amacı (objective), “karar vericilerin arzu ettiği genel bir ifadenin yansıması” şeklinde tanımlarken hedefi (goal), “istenilen bir seviye ile belirlenmiş bir amaç” olarak tanımlamaktadır. Dervitsiotis ise amacı, “hareket etmek istenilen yön” olarak ifade ederken hedefi (goal veya target), “verilen bir zamanda ilerlemek istenilen yönün neresinde bulunduğu gösteren bir terim” olarak tanımlamaktadır.

Hedef programlamada, *hedef*, istenen bir seviye ile belirlenmiş bir amaç olarak ve *amacı* da karar vericinin arzu ettiği genel bir ifadenin yansıması şeklinde tanımlanması uygun olacaktır.

Hedef programlama modeli 1950’lere dayanmasına rağmen 1970’lerin ortasından bu yana etkin bir şekilde kullanılmaya başlanılmıştır<sup>69</sup>.

Hedef programlamayı ilk çıkışı, 1955 yılında Charnes ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmaya dayanır. Hedef programlamamın ilk tanımı ise Charnes ve Cooper tarafından yapılmıştır. 1970’lerin ortalarına kadar literatürde kısıtlı sayıda hedef programlama uygulamasına rastlanmaktadır. Daha sonra Lee ve Ignizio’nun çalışmalarına dayanan gelişmeler olmuştur. Bu çalışmalarda hedef programlama uygulamalarının ve teknik gelişmelerinin artışı öne çıkmıştır. Hedef programlama günümüzde en yaygın kullanılan çok amaçlı karar verme tekniklerinden biridir. Romeo,

---

<sup>68</sup> Belaid Aouni, Foued Ben Abdelaziz ve Jean-Marc Martel, “Decisin-Maker’s Preferences Modeling in the Stochastic Goal Programming”, **European Journal of Operational Research**, Vol.162, No. 1 (2005), s.610.

<sup>69</sup> James P. Ignizio, **Introduction to Linear Goal Programming**, Second Edition, Duxbury Pres, 1985, s.9.

Scnieederjans ve Tamiz'in yaptığı çalışmalarda birçok etkili uygulama alanının olduğu ortaya konulmuştur<sup>70</sup>.

Hedef programlama ilk kez 1952'de fikir olarak ortaya atılmasına rağmen, algoritmik olarak 1961'de Charnes ve Cooper tarafından geliştirilmiştir. Algoritma daha sonra 1965'de Ijiri, 1972'de Lee ve 1976'da Ignizio tarafından geliştirilmiştir.

Bu gelişimin aşamaları sırasında, önce modelin genel yapısı ortaya konulmuş, daha sonra hedef fonksiyonunda öncelik kavramları üzerinde durulmuş, ardından önceliklere ait ağırlıklar ortaya konulmuştur. Daha sonraki aşamalarda ise modelin işleyiş biçimiyle ilgili çözüm teknikleri ve modelin yapısı ile ilgili diğer gelişimler birbirini izlemektedir.

Hedef programlama konusundaki ilk bilgisayar yazılımı, 1962 yılında anten sistemlerinin tasarımı ile ilgili olarak doğrusal olmayan hedef programlama problemlerinin çözümü amacı ile Ignizio tarafından yazılmıştır. Ignizio, 1967'de doğrusal hedef programlama için ardışık (iteratif) doğrusal programlama yöntemi ile yeni bir bilgisayar yazılımı geliştirmiştir. Daha sonra 1968 yılında Veikko Jaaskelainen doğrusal hedef programlamayla ilgili bir bilgisayar yazılımı geliştirmiştir. Bu, doğrusal hedef programlama yazılımları arasında en çok bilinen ve kullanılan bilgisayar yazılımını olmuştur. 1960'ların sonunda 1970'lerin başında Ignizio tamsayı ve doğrusal olmayan hedef programlama modellerini de içeren algoritmalar ve bilgisayar yazılımlarını geliştirmeye devam etmiştir. Ignizio'nun bu konudaki en önemli katkısı doğrusal hedef programlamada dualite kavramı ile ilgilidir. Bu kavram 1970'lerin başında doğrusal hedef programlama modellerinde duyarlılık analizi ve bununla ilgili yazılımların geliştirilebilmesini sağlamıştır.

---

<sup>70</sup> Metin Dağdeviren, Diyar Akar ve Mustafa Kurt, "İş Değerlendirme, Faktör Derece Puanlarının Belirlenmesinde Hedef Programlama Yönteminin Kullanılması", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi**, Cilt.19, Sayı. 1, 2004, s.91.

### 2.1.2. Hedef Programlamanın Tanımı

Hedef programlama modelinde, *hedef*, istenilen bir seviye ile belirlenmiş bir amacı, *amaç* ise karar vericilerin arzu ettiği genel bir ifadenin yansıması şeklinde tanımlanabilir<sup>71</sup>.

Çok amaçlı programlama ve hedef programlama, yöneylem araştırmasının çok iyi şekilde düzenlenmiş bir alanıdır. İşletme, ekonomi ve mühendislik gibi değişik alanlardaki birbiriyle çelişen birden fazla amacı modellemek için birçok değişik problemlerde kullanılabilir. Son 30 yılda, büyük ve çoklu değişkenli karmaşık problemlerin çözümünde birçok etkin çok amaçlı teknik ve görüş (concepts) geliştirilmiştir<sup>72</sup>.

Hedef programlama yöntemi, günümüzde çok amaçlı karar verme yöntemlerinden en yaygın olarak bilinen ve kullanılan yöntemlerden biridir. Hedef programlama yöntemi, doğrusal programlamanın daha fonksiyonel bir türüdür. Doğrusal programlama ile ancak tek bir hedef ve tek bir ölçüle ifade edilebilen problemlerin çözümü yapılabilmektedir. Hedef programlama ile eşanlı (aynı anda) olarak birden fazla ve farklı ölçekli hedefler saptanabilir ve belirlenen kısıtlar altında bu hedeflere ulaşılmaya çalışılır<sup>73</sup>.

Hedef programlama tekniği ile problem çözümünden bir maksimum ya da minimum sonuç elde edilmez. Bu teknik ile amaçlar ile belirlenen hedeflerden sapmalar minimize edilmeye çalışılır. Çözümde bir amaç sağlanmaya çalışılırken diğer amaçtan uzaklaşabilecektir.

---

<sup>71</sup> Ignizio, s.4.

<sup>72</sup> Fouad Ben Abdelaziz, "Multiple Objective Programming and Goal Programming : New Trends and Applications", **European Journal of Operational Research**, Vol.1, No. 107, (2007), s.1520.

<sup>73</sup> Richard I.Levin, David S.Rubin, Joel P.Stinson ve Everette S.Gardner Jr., **Quantitative Approache to Management**, Eight Edition, McGraw-Hill, 1992, s.173.

Hedef programlamada mümkün olduğu kadar bütün hedeflere en iyi şekilde ulaşılmak istenir. Bu nedenle belirlenen her hedefin tek tek ele alınıp bu hedeflerin elde edilememe ölçüsüyle ilgilenilir. Hedefler arasındaki sapmaların kısıtlamalar kümesine uygun olarak minimize edilmesine çalışılır<sup>74</sup>.

Hedef programlamada temel olarak her bir amaç için sayısal bir hedef değeri belirlenir. Daha sonra her bir amaç için amaç fonksiyonu formüle edilir ve bu amaç fonksiyonlarından sapmaları minimum yapacak bir çözüm aranır<sup>75</sup>.

Hedef programlama modeli çok amaçlı programlama modellerinin bir türüdür. Optimizasyon düşüncesine dayanan çok amaçlı programlama modellerinde, birbiriyle çelişen amaçları kısıtlayıcı kümesine göre eşanlı olarak doyuran bir çözüm vektörünün belirlenmesi amaçlanır. Hedef programlama modelinde ise, karar vericinin doyurucu bulunduğu bir çözüm belirlenmeye çalışılır. Bu nedenle, hedef programlama optimizasyon düşüncesinden daha çok bir doyum düşüncesine dayandığı söylenebilir<sup>76</sup>.

Çok amaçlı bir optimizasyon türü olan hedef programlama modelinde, karar vericilerden her bir amaç için çözümde kullanılacak ve erişilmesini arzu ettiği bir hedef değer belirlenmesi istenir<sup>77</sup>. Belirlenen bu hedefler formüllenenek problem kapsamına alınır. Birden fazla amacın birlikte ele alındığı bu yöntemde amaçlar (hedefler) genellikle önem sırasına göre sıralanır. Eldeki olanakların paylaşılmasında hedeflerin önem derecelerinin dikkate alınması gerekir<sup>78</sup>.

Bu teknik, karar verici olan kişileri birbiriyle çelişen çok sayıda hedefle başbaşa bırakmaktadır. Diğer taraftan hedef programlama, karar vericilerin belirli amaç öncelikleriyle ilgili optimal bir çözüm ortaya koyar. Hedef programlama yaklaşımı karar vericileri doğrusal programlamada olduğu gibi tek bir hedef için optimal bir sonuca ulaşmak yerine birkaç hedef için yeterli bir başarı düzeyi yakalama gayreti içine

---

<sup>74</sup> Bahar Özyörük ve Serpil Erol, "Tek Aşamalı Hazırlık Zamanlı Parti Büyüklüğü Problemlerinin Çözümü İçin Doğrusal Hedef Programlama Modeli", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.6, Sayı. 2, (2001) s.186.

<sup>75</sup> Frederick S.Hillier ve Gerald J.Lierberman, **Introduction to Mathematical Programming**, Singapore : McGraw-Hill, International Editions, 1995, s.285.

<sup>76</sup> Mustafa M.Özkan, **Bulanık Hedef Programlama**, Bursa : Ekim Kitabevi, 2003, s. 174.

<sup>77</sup> Ronald L. Rardin, **Optimization In Operations Research**, USA : Prentice Hall Inc., 2000, s.390.

<sup>78</sup> Nalan Cinemre, **Yöneylem Araştırması**, İkinci Baskı, İstanbul : Beta Yayınları, 2004, s.326.

iter. Temel olarak, yönetici bütün amaçlara ulaşmak için gerekli olan çözüme mümkün olduğunca çok yaklaşacak olan bir sonuca ulaşmak ister. Hedef programlama, doğrusal programlamanın iyi geliştirilmiş ve test edilmiş tekniklerini kullanırken, çok sayıda hedefin eşanlı olarak incelenmesine de olanak sağlar. Bu yöntemin önemli bir üstünlüğü de işletmelerin, karar verme sürecinde çok sayıda amaç ve hedefi birleştirmelerine izin vermesidir. Yöntemin diğer bir üstünlüğü ise hesaplamalar sırasında, doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan simpleks yönteminin kullanılabilmesi ve böylece hesaplamaların hızlı ve sonuçların etkin olmasının sağlanmasıdır. Yöntemin sakıncası ise, karar vericinin amaçlar kümesine ilişkin hedefler ve bu hedeflere ilişkin öncelikler verilebildiği durumlarda da kullanıldığında, çözümlenmede bulunan sonucun karar verici tarafından doyurucu bulunmasını her zaman garanti edememesidir.

Herhangi bir doğrusal programlama modeli, amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılar kümesi şeklinde iki ana bölümde incelenebilir. Doğrusal programlama probleminde maksimizasyon veya minimizasyon şeklinde oluşturulan amaç fonksiyonları kısıtlayıcı kümesine göre optimize edilir. Bu optimizasyon sürecinde amaç fonksiyonlarının olabildiğince iyi değerler (maksimizasyon problemlerinde en yüksek değer, minimizasyon problemlerinde en düşük değer) alması istenir. Amaç fonksiyonları sınırlandırılmamıştır.

Hedef programlamada ise her bir amacı kısıt haline dönüştürmek için belirli bir sınır değeri, diğer bir ifade ile bir hedef değeri belirlenir.

Diğer taraftan hedef programlama kullanıcıya, amacın öncelikleri (üstünlükleri) bakımından optimal bir çözüm sunarken, birbirine zıt amaçların amaç fonksiyonunda yer almasına fırsat verir. Hedef programlamanın teknik avantajlarından biri de hiçbir hedef gerçekleştirilebilir olmasa bile, her zaman bir çözüm sağlamasıdır. Birbirine karşıt amaçların önceliklerine göre optimal bir sonuç elde edilir ve hedeflere ulaşıp ulaşılmadığını göstermek için sapma değişkenleri dikkate alınır. Modelin temel amacı hedeflerden sapmayı en aza indirecek çözümü belirlemektir. Hedef programlama, planlanmış amaçları tatmin etmek ve bunlara uygun ve gerçekçi yaklaşmak için kullanılır.

Hedef programlama sadece amaçların niteliklerini değil, bunların karşılaştırılmalarını ve hedef değerlerini de bildirir. Fakat bunları bildirirken çok karmaşık işlemler içermez. Özellikle doğrusal hedef programlama mevcut doğrusal programlama yöntemleri tarafından basitçe çözülebilir.

## **2.2. HEDEF PROGRAMLAMANNIN YAPISI**

### **2.2.1. Amaçlar**

Amaçlar, kriterlerin karar vericilerin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir<sup>79</sup>.

Karar vericilerin isteklerini genel olarak belirten kavramdır. rnek olarak kârın maksimize edilmesi, personel değişim hızının minimuma inmesi, yoksulluğun ortadan kaldırılması karar vericilerin amaçları olabilir<sup>80</sup>.

### **2.2.2. Hedefler**

Hedefler, amaçların daha da somutlaşarak belirli değerlere dönüşmüş şekilleri olarak tanımlanabilir<sup>81</sup>.

Hedefler, ulaşılmak istenilen düzeyin sayısal bir değer olarak ifade edilmiş halidir. Herhangi bir hedef fonksiyonunun değerinin belirli bir değerin altında kalmaması, üstüne çıkmaması ya da belirlenen değere eşit olması şeklinde olabilir.

### **2.2.3. Karar Değişkenleri**

Doğrusal hedef programlama modelinde, karar verici tarafından değeri belirlenmek istenen bilinmeyen değişkenlere karar değişkenleri adı verilir. Karar değişkenleri genellikle  $X_i$  'ler ile ifade edilmiştir. Kontrol ya da yapısal değişkenler olarak da bilinirler<sup>82</sup>.

---

<sup>79</sup> Evren ve lengin, s.7

<sup>80</sup> M.J. Schniedejans, **Linear Goal Programming**, New Jersey : Petrocelli Boks, 1984, s.73.

<sup>81</sup> Evren ve lengin, s.7.

<sup>82</sup> Ignizio s.18.

Karar değişkenleri, doğrusal programlama problemlerinde tanımlanan değişkenlerin aynısıdır. Üretilen ürün miktarı, yatırım (*i*) ye ayrılacak para miktarı, istihdam edilecek işçi sayısı, girdi miktarı gibi<sup>83</sup>.

#### 2.2.4. Sapma Değişkenleri

Sapmalar hedeflenen başarı ile gerçekleşen başarı arasındaki farklara karşılık gelir<sup>84</sup>. Diğer bir ifade ile sapma, eşitsizlik şeklinde oluşturulmuş bir amaç fonksiyonunda, sağ taraf yani hedef değerinin altında kalma ya da üstüne çıkma durumları olarak tanımlanabilir.

Sapma değişkenleri, hedeflerin üstünde veya altında elde edilen faaliyetlerin miktarını belirleyen değişkenlerdir<sup>85</sup>.

Her bir hedef için negatif sapma ve pozitif sapma olarak adlandırılan iki adet sapma değişkeni tanımlanır. Hedef tam anlamıyla sağlanmışsa her iki sapma değişkeninin değeri sıfırdır. Hedefe ulaşamamışsa negatif sapma, hedefin üzerinde bir başarı sağlanmışsa pozitif sapma meydana gelir. Pozitif sapmalar  $d_i^+$ , negatif sapmalar  $d_i^-$  ile gösterilir.

#### 2.2.5. Sistem Kısıtları

Teknolojik, yapısal veya sistem kısıtlayıcıları probleme ilişkin geliştirilen hedef programlamada da tam olarak sağlanması gereken ve hiçbir sapmaya izin verilmeyen kısıtlayıcılarıdır<sup>86</sup>.

Sistem kısıtları, incelenen problemin doğası gereği oluşan kısıtlardır. Söz konusu bu kısıtlar, eldeki kısıt kaynakları ifade ederler<sup>87</sup>.

---

<sup>83</sup> Öztürk, s.292.

<sup>84</sup> Cinemre, **Yöneylem Araştırması**, s.330.

<sup>85</sup> Öztürk, s.292.

<sup>86</sup> Öztürk, s.292.

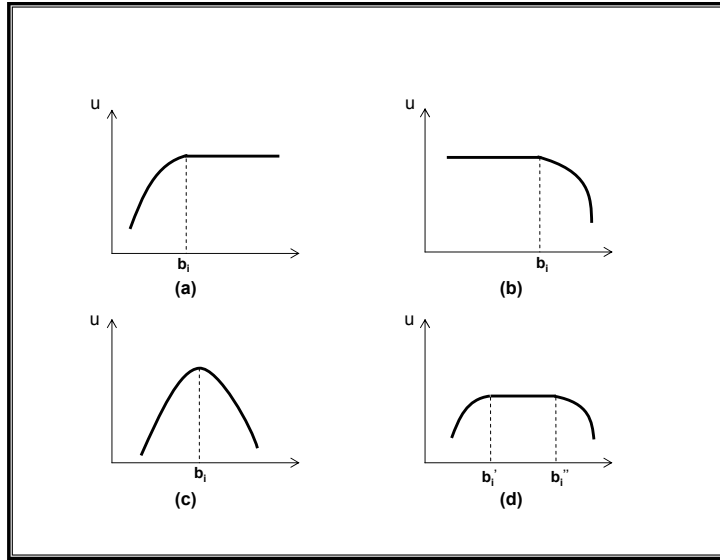
<sup>87</sup> Ignizio, s.18.

Sistem kısıtları, doğrusal programlama problemlerindeki kısıtlara karşılık gelirler. Bunlar mutlak olan ve değişmelerine kesinlikle izin verilmeyen kısıtlardır. Doğrusal programlamadaki gibi formüle edilirler ve öncelikle bunların gerçekleştirilmesi gerekir<sup>88</sup>.

### 2.2.6. Hedef Kısıtları

Karar vericinin ulaşmayı istediği veya gerekli gördüğü hedefler, hedef programlamaya, hedef kısıtlayıcıları olarak aktarılır. Bu kısıtlayıcılar sistem kısıtlayıcılarına göre daha esnek bir yapıya sahiptirler. Ulaşılmak istenen hedef değerlerini gösteren fonksiyonlardır. Sistem kısıtları tam olarak sağlandıktan sonra hedef kısıtlarının sağlanması süreci başlar. Bir çok amaçlı problemde dört çeşit hedef kısıtı bulunabilir. Bunlar;

- Büyük ya da eşit,
- Küçük ya da eşit,
- Eşit,
- İki değer arasında<sup>89</sup>.



Şekil 2-1 : Hedef Kısıtları

<sup>88</sup> Cinemre, **Yöneylem Araştırması**, s.332.

<sup>89</sup> Steuer, s.282-283.

### 2.2.7. Başarı Fonksiyonları

Matematiksel programlamada amaç, yapısal değişkenlerin değişimine dayalı olarak bir fonksiyonun optimum değerini aramaktır. Amaç olarak en çok kullanılan iki temel form fonksiyonun en çoklanması (maksimizasyon) ya da en düşük değerinin (minimizasyon) aranmasıdır<sup>90</sup>.

Hedef programlamada her bir amaç için belirlenen hedeften olabilecek sapmaları en küçükleyen fonksiyonlara başarı (erişim) fonksiyonları adı verilir.

### 2.2.8. Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonu, modelde kullanılan tüm başarı fonksiyonlarının belirli bir öncelik seviyesi ve/veya ağırlığa göre toplam şeklinde yazılmasıyla oluşturulur. Başarı fonksiyonun oluşturulmasındaki temel ilke, çok amaçlı modeli tek amaçlı bir modele indirgemektir. Bu durumda yeni amaç, hedeflerden olabilecek istenmeyen sapmalar toplamını en küçüklemek olacaktır. Başarı fonksiyonu “S” ile gösterilecektir.

## 2.3. DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMANIN VARSAYIMLARI

Doğrusal programlama (linear programming), belirli sınırlar ve kısıtlamalar gözetilmek koşuluyla amaçlanan olguyu gerçekleştiren değerlerin elde edilmesini sağlayan matematiksel bir yöntemdir<sup>91</sup>.

Doğrusal hedef programlama modeli ile uygun bir çözüm bulunabilmesi için modelin bazı temel varsayımları (doğrusal bir model olduğu için öncelikle doğrusal programlama modelinin varsayımlarını da içeren) sağlaması gereklidir<sup>92</sup>.

Lee, doğrusal hedef programlamanın varsayımlarını dört ana başlık altında incelemektedir. Bu varsayımlar oransallık, toplanabilirlik, sınırlılık, bölünebilirlik ve belirlilik varsayımlarıdır. Ignizio ise modelle ilgili anahtar bir varsayım olarak, karar vericilerin her bir amaç ya da amaçlar kümesine ait geçerli önceliklerinin de

---

<sup>90</sup> Ignizio, s.18.

<sup>91</sup> Uzel, s.57.

<sup>92</sup> Öztürk, s.292.

belirlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Daha sonra her bir amaç için diğer amaçlara göre göreceli olarak önemini ifade eden ağırlık kavramı ortaya konulmuştur.

### **2.3.1. Doğrusallık Varsayımı**

Doğrusallık varsayımı ile girdiler ile çıktılar arasında aynı yönlü doğrusal bir ilişkinin olduğu ifade edilir. Diğer bir ifade ile girdiler artarken/azalırken çıktılarda aynı oranda artar/azalır<sup>93</sup>.

### **2.3.2. Toplanabilirlik Varsayımı**

Çeşitli faaliyetler tarafından kullanılan kaynakların toplam kullanımı ve elde edilen toplam katkı, her bir faaliyet tarafından ayrı ayrı kullanılan kaynakların toplamı ve bunların ayrı ayrı yarattıkları katkıların toplamına eşit olmalıdır. Bu eşitlik sağlanıyor ise toplanabilirlik varsayımı da sağlanıyor demektir<sup>94</sup>.

### **2.3.3. Sınırlılık Varsayımı**

Sınırlı kaynaklarla karar verme durumunda olan kişi veya kişiler kontrol etme şansına sahip oldukları ekonomik değerlerin sınırlarını belirten kısıtlayıcı koşullar altında karar almak durumundadırlar<sup>95</sup>.

Çözülmesi istenilen problem, mevcut sınırlı kaynakların optimal bir şekilde dağılımını sağlamaktır. Problemin çözümünde kullanılacak olan kaynaklar sonludur. Bu nedenle probleme giren kaynaklar kısıtlanır.

### **2.3.4. Negatif Olmama Varsayımı**

Doğrusal programlama gerçek problemlere uygulanır. Bu nedenle, değişkenler negatif olamazlar<sup>96</sup>.

Doğrusal hedef programlama yöntemi, ancak modelde kullanılan değişkenlerin tümünün pozitif değerler aldığı durumlarda kullanılabilir. Problemin çözülebilmesi için

---

<sup>93</sup> Öztürk, s.293.

<sup>94</sup> H. Taha, **Operating Research**, Fifth Edition, New York: MacMillan Publishing Company, 1992, s. 60.

<sup>95</sup> Cinemre, **Doğrusal Programlama**, s.9.

<sup>96</sup> Cinemre, **Doğrusal Programlama**, s.9.

modeldeki tüm değişkenlerin, yani karar ve sapma değişkenlerinin değerleri sıfır veya sıfırdan büyük olması gereklidir. Doğrusal hedef programlama modelinde, doğrusal programlama modellerinde olduğu gibi negatif olmama koşulu bir varsayım olmasına rağmen başlangıçta bu varsayımı sağlamayan durumlar varsa diğer bir ifade ile herhangi bir değişken negatif değer alabiliyorsa, bu değişken ancak negatif olmayan iki değişkenin farkı olarak yazılarak modele alınabilir. Çözümde bu farkın oluşturduğu yeni değişkenler kullanılır. Çözüm sonucunda bulunan değerler yerine konularak değişkenin gerçek değeri bulunur.

### 2.3.5. Amaçlara Öncelik Verilmesi

Doğrusal hedef programlamanın en önemli özelliklerinden biri belirlenen hedefler arasında, önceliklere göre bir sıralama yapma olanağının bulunmasıdır. Doğrusal hedef programlama modelinde her bir amaca veya amaç grubuna belli bir öncelik verilebilir. İlk amacın önceliği  $P_1$  ile gösterilir. Daha sonraki amaçlar da sırasıyla  $(P_2, P_3, \dots, P_K)$  öncelikleri ile tanımlanır.

Model daha sonra, yüksek öncelikli hedefin optimum değerinin küçük öncelikli hedef tarafından kötüleştirilmesine izin vermeyecek şekilde, her seferinde bir hedef değerini optimum kılar<sup>97</sup>.

### 2.3.6. Amaçların Ağırlıklandırılması

Doğrusal hedef programlama modelindeki sapmaların önem dereceleri birbirinden farklı olabilir. Böyle durumlarda sapmalara ağırlık değerleri verilebilir. Bu ağırlıklar her bir sapmanın diğerlerine oranla göreceli olarak önemini gösterir. Modelde tek bir amaç fonksiyonu, problemin hedeflerini temsil eden fonksiyonların ağırlıklandırılmış toplamı haline getirilir.

Amaçların ağırlıklandırılması yaklaşımı özellikle sapmaların boyutları birbirinden farklı olduğu durumlarda kullanılır. Bu yaklaşımın belli başlı iki zorluğu bulunmaktadır. Birincisi hedeflerin ağırlıklandırılması işleminin zor olması, ikincisi ise

---

<sup>97</sup> Baray ve Esnaf, s. 348.

ağırlıkların hem hedeflerin görece önemlerinin hem de sapmalar arasındaki boyutsal ilişkilerin ikisini birden açıklamasıdır<sup>98</sup>.

## **2.4. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMANNIN KARŞILAŞTIRILMASI**

### **2.4.1. Problemin Amacı**

Doğrusal programlama modelinde amaç, belli doğrusal eşitlik veya eşitsizliklerden oluşan kısıtlayıcı koşullar altında doğrusal bir amaç fonksiyonunu optimize etmektir. Doğrusal Hedef Programlama modelinde ise amaç, belirlenen hedeflerden sapmaların toplamını minimize etmektir. Doğrusal Hedef Programlama modelinde, doğrusal programlamadan farklı olarak tek bir amaç yerine birbiri ile çelişebilen birden çok amaç aynı modelde bulunabilir.

Doğrusal hedef programlama, geleneksel tek amaç fonksiyonlu doğrusal programlamanın karşılayamadığı, kısıtlara ilişkin hedef sapmalarını, hedeflere ilişkin öncelikleri belirlediği gibi, amaç fonksiyonundaki değişkenlerin aynı ölçü biriminde olması koşulunu da aramamaktadır<sup>99</sup>.

Doğrusal Hedef Programlama, karar vericiler açısından daha esnek bir yapıya sahip bir tekniktir. Sadece tek bir amaç yerine birden çok ve birbiri ile çelişebilen amaçları sağlamaya çalıştığı için karar vericilere daha çok amacı eşanlı olarak sağlama olanağı verir.

### **2.4.2. Kısıtlar**

Doğrusal Programlama modelinde bütün kısıtlar eşit öneme sahiptir ve hepsi eşanlı olarak mutlaka sağlanmak zorundadır. Doğrusal Hedef Programlama modelinde ise hedefler modelde hedef kısıtları olarak yer alırlar ve belirlenen öncelik sıralarına ya da ağırlıklarına göre sağlanmaya çalışılır. Doğrusal hedef programlama probleminin amaç fonksiyonunda aynı zamanda öncelikli hale getirilebilen sapma değişkenlerinin ağırlıklı toplamının minimize edilmesi istenir. Söz konusu hedefleri öncelikli hale

---

<sup>98</sup> Cinemre, **Yöneylem Araştırması**, s.334-335.

<sup>99</sup> Öztürk, s.291.

getirme işlemi tercihli bir şekilde yapılır. Burada sapma değişkenleri için ağırlıklar (bir anlamda hedeflerin ağırlıkları), kendine denk düşen hedef değerlerinden her birim sapma için göreceli bir *ceza*'yı yansıtır. Ayrıca doğrusal programlama modelinde tek bir amaç mutlak olarak sağlanmaya çalışılırken, doğrusal hedef programlama modelinde en öncelikli hedeften başlanarak tüm hedefler sağlanılmaya çalışılır ama bütün amaçların sağlanması gerekmez<sup>100</sup>.

### 2.4.3. Sapma Değişkenleri

Doğrusal Hedef Programlamada bulunan pozitif ve negatif sapma değişkenleri, doğrusal programlamadaki atıl ve artık kapasite değerlerini gösteren boş ve artık değişkenlere karşılık gelir. Sapma değişkenleri her bir hedef kısıtlaması için dahil edilir ve o hedefin olası eksik veya fazla başarısını yansıtır.

Hedef tam anlamıyla gerçekleşmiş ise sapma değeri sıfır olur. Hedef ulaşılamamışsa sapma negatif, hedefin üzerinde bir başarı sağlanmışsa pozitif sapma söz konusu olur<sup>101</sup>.

### 2.4.4. Amaç Fonksiyonu

Doğrusal programlamada amaç fonksiyonu maksimizasyon veya minimizasyon şeklinde olabilirken doğrusal hedef programlamada ise amaç fonksiyonu sadece minimizasyon şeklinde olabilir. Doğrusal hedef programlamada karar vericiler tarafından belirlenen hedefler, birer kısıt olarak modele girer. Kaynaklar üzerindeki sınırlamaları yansıtan kısıtlamalar ise modele aynen herhangi bir doğrusal programlama modeline katılacağı gibi dahil edilir<sup>102</sup>.

Doğrusal hedef programlamanın amaç fonksiyonunda karar değişkenleri olan  $X_i$ 'ler, bulunmaz. Amaç fonksiyonunda sadece minimize edilmesi istenilen hedeflerden sapmaları ifade eden  $d_i^-$  ve  $d_i^+$  (sapma değişkenleri) yer alır<sup>103</sup>.

---

<sup>100</sup> Öztürk, s.292-293.

<sup>101</sup> Cinemre, **Yöneylem Araştırması**, s.330.

<sup>102</sup> Taha, s.43.

<sup>103</sup> Ignizio, s.24.

#### 2.4.5. Hedefler

Doğrusal programlama amaç fonksiyonu, kâr maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu olarak düzenlendiğinden daha önceden herhangi bir hedef belirlenmez. Doğrusal Hedef Programlamada ise gerçekleştirilmesi istenilen hedef değerlerinin önceden belirlenmesi gereklidir. Doğrusal programlamada sağ yan sabitleri maksimizasyon problemlerinde üst sınır, minimizasyon problemlerinde ise alt sınır olarak işlem görür.

#### 2.4.6. Değişkenler

Doğrusal programlamada karar değişkenlerinin tümü sıfır ya da sıfırdan büyük değerler almak zorundadır. Doğrusal hedef programlama modelinde de doğrusal programlama modeline benzer şekilde bütün değişkenler, yani hem karar değişkenleri ( $X_j$ ) hem de sapma değişkenleri ( $d_i^-, d_i^+$ ) ya sıfıra eşit ya da sıfırdan büyük değerler alması gerekir. Ayrıca, aynı hedefe ait sapma değişkenlerinin en az birinin sıfır olma zorunluluğu vardır. Diğer bir ifade ile aynı hedefe ait sapma değişkenlerinin ikisi birden sıfırdan farklı olamaz. Yani, ( $d_i^-, d_i^+$ ) ifadesinin değeri sıfıra eşit olma durumundadır. Bu durum modele bir kısıt olarak eklenir. Bu kısıt iki değişkenden en az birinin sıfır olması gerektiğini gösterir<sup>104</sup>.

#### 2.4.7. Çözüm

Doğrusal Hedef Programlama modelinin çözümü sırasında doğrusal programlama modelinde olduğu gibi simpleks algoritması kullanılır. Doğrusal hedef programlama modelinde temel çözüme girecek değişken, yine doğrusal programlama modelinde olduğu gibi en yüksek önceliğe sahip olan ve en yüksek gelişmeyi sağlayacak değişken olmalıdır.

Ancak Doğrusal Hedef Programlama modelinde hedeflerin tümü her problem için gerçekleştirilemeyebilir. Doğrusal programlama modelinde ise bunun aksine ulaşılmak istenilen çözüm, optimum çözümdür. Yapılan çözümler sonucu doğrusal programlama modeli ile optimum çözüm bulunamaması olasılığı var iken Doğrusal

---

<sup>104</sup> Öztürk, s.292.

Hedef Programlama Modelinde hiçbir hedef gerçekleşmese bile mutlaka uygun bir çözüm bulunur.

#### 2.4.8. Öncelikler

Doğrusal Programlama modelinde kısıtlar arasında herhangi bir öncelik durumu söz konusu değildir. Tüm kısıtlar eşit önceliklidir ve mutlaka sağlanmalıdır. Doğrusal hedef programlamada hedefler önemlerine göre listelenir. En önemli hedef ilk sırada yer alırken en az önemli hedef son sırada yer alır.  $P_1$  en önemli hedefin öncelik düzeyini, ikinci derecede önemli hedefin öncelik düzeyini gösterir<sup>105</sup>. Birinci hedeften başlayarak sırası ile tüm amaçlar sağlanmaya çalışılarak çözüme devam edilir

#### 2.4.9. Ağırlıklar

Doğrusal Programlamada birden çok amaç ve buna bağlı olarak birden çok hedef olmadığı için hedefler arasında bir ağırlık farklılığı da söz konusu değildir.

Doğrusal hedef programlama yönteminde ise istenmeyen her bir sapmaya belirli bir ağırlık verilir. Bu ağırlıklar her bir sapmanın nisbi önemini gösterir<sup>106</sup>.

#### 2.4.10. DP ile DHP Arasındaki Temel Farklar

Doğrusal programlama ile doğrusal hedef programlama karşılaştırmasının temel noktaları Çizelge 2-1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2-1 : DP ile DHP arasındaki temel farklar**

Maddeler	Doğrusal Programlama	Doğrusal Hedef Prog.
Amaç	Optimum	Tatmin edici
Hedefler	Öncelikli bir tane (enbüyük veya enküçük yapılacak)	Her bir hedef için belirlenmiş bir değer
Kantitatif ifade	Doğrusal	Doğrusal
Yapı	Tek amaç, çok kısıt	Tek amaç, çok hedef, çok kısıt
Amaç fonksiyonu	Karar değişkenleri	Sapma değişkenleri
Kısıtlar	Tümü eşit önemli	Öncelikli, ağırlıklı

<sup>105</sup> Cinemre, **Yöneylem Araştırması**, s.331-332.

<sup>106</sup> Cinemre, **Yöneylem Araştırması**, s. 332.

## 2.5. HEDEF PROGRAMLAMANIN SINIFLANDIRILMASI

Hedef programlama modeli gerek varsayımları gerekse modelin yapısal özellikleri nedeniyle çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Belli başlı sınıflandırma türleri şu şekilde belirtilebilir.

- Amaç Fonksiyonun Öncelik Seviyelerine Göre Hedef Programlama Türleri
- Karar Değişkenlerinin Alabilecekleri Değerlere Göre Hedef Programlama Türleri
- Katsayıların Özelliklerine Göre Hedef Programlama Türleri
- Hedeflerin Özelliklerine Göre Hedef Programlama Türleri

### 2.5.1. Amaç Fonksiyonlarının Öncelik Seviyelerine Göre Hedef Programlama Türleri

Amaç fonksiyonlarına göre hedef programlama iki gruba ayrılır. Bunlar; Doğrusal Hedef Programlama ve Doğrusal Olmayan Hedef Programlama'dır.

#### 2.5.1.1. Doğrusal Hedef Programlama

Amaç fonksiyonu, sistem ve hedef kısıtlayıcıları denklemlerinin tümünün doğrusal olduğu hedef programlama türüdür. Doğrusal hedef programlama modeli grafik yöntemle ya da değiştirilmiş simpleks yöntemleri ile çözülebilir<sup>107</sup>.

#### 2.5.1.2. Doğrusal Olmayan Hedef Programlama

Amaç fonksiyonu, sistem ya da hedef kısıtlayıcılarından herhangi birinin doğrusal olmadığı hedef programlama türüdür. Doğrusal olmayan hedef programlama modelleri çeşitli teknikler ile doğrusal hale dönüştürüldükten sonra çözümlenebilir.

Doğrusal Olmayan Hedef Programlama problemlerinin çözümü için iki temel algoritma vardır. Bunlar, İteratif Doğrusal Olmayan Hedef Programlama ve Stewart-

---

<sup>107</sup> Taha, s.43.

Griffith Doğrusallaştırarak Doğrusal Olmayan Hedef Programlama problemlerinin çözümüdür<sup>108</sup>.

### **2.5.2. Karar Değişkenlerinin Alabilecekleri Değerlerine Göre HP Türleri**

Karar değişkenlerine göre hedef programlama türleri; Sürekli değerler alabilen hedef programlama, tamsayılı hedef programlama ve 0-1 hedef programlamadır.

#### **2.5.2.1. Sürekli Hedef Programlama**

Modeldeki değişkenlerin tümü (temel ve temel olmayan değişkenler) süreklilik gösterdiği durumlarda sürekli hedef programlama söz konusudur.

#### **2.5.2.2. Tamsayılı Hedef Programlama**

En az bir karar değişkeninin tamsayı değerler alması istenildiği durumlarda tamsayılı hedef programlama kullanılır<sup>109</sup>. Bu tür hedef programlama modellerinin çözümü için Gomory'nin Kesme Düzlemi Yöntemi, White'ın Dal Sınır Yöntemi, minimum-minimax yöntemi gibi çeşitli çözüm algoritmaları geliştirilmiştir.

#### **2.5.2.3. 0-1 Hedef Programlama**

Herhangi bir faaliyet için yalnızca iki karar alternatifinin bulunduğu ve bunlardan birisine karar verilmesi gerektiği durumlarda 0-1 tamsayılı programlama modeli kullanılır. Genelde 0 faaliyetin yapılmayacağı, 1 ise yapılacağı şeklinde değerlendirilir.

### **2.5.3. Katsayıların Özelliklerine Göre Hedef Programlama Türleri**

Katsayıların özelliklerine göre üç tür hedef programlama tekniği vardır. Bunlar; deterministik, stokastik ve belirsiz (bulanık) hedef programlama teknikleridir.

---

<sup>108</sup> Evren ve Ülengin, s.85.

<sup>109</sup> Mehmet Ahlatcıoğlu ve Fatma Tiryaki, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi Sayı. FE.MAT-98.006, 1998, s.46.

### **2.5.3.1. Deterministik Hedef Programlama**

Modeldeki sabit ve değişkenlerin katsayılarının tümünün tam olarak bilindiği ve modele dahil edildiği hedef programlama türüdür.

### **2.5.3.2. Stokastik Hedef Programlama**

Stokastik hedef programlama konusu yeni bir çalışma alanı olup, yeni çözüm yöntemleri geliştirilmeye devam edilmektedir.

### **2.5.3.3. Bulanık Hedef Programlama**

Karar verici problemdeki bazı parametreleri, kısıtlayıcıları vb. kesin olarak ifade edememekte veya problemde çevre etkilerinden kaynaklanan belirsizlikler bulunmaktadır. Bu tür belirsizlikleri yok sayarak problemi tüm parametreleri kesinmiş gibi modellemek yerine bu tür problemler bulanık matematiksel yöntemler kullanılarak özölmektedirler<sup>110</sup>.

1970’te Bellman ve Zadeh bulanık amaç ( $G$ ), bulanık kısıtlar ( $C$ ), bulanık karar ( $D$ ) gibi üç temel kavramı ortaya atmıştır. Bulanık karar verme ile ilgili tanımları,

$$D = G \cap C \quad 2-1$$

şeklindedir. Bu ifadenin üyelik fonksiyonları,

$$\mu_D(x) = \text{Min}(\mu_G(x), \mu_C(x)) \quad 2-2$$

şeklinde karakterize edilmektedir<sup>111</sup>.

Hedef programlamadaki hedef değerin kesin olarak modele yerleştirilmesi zorunluluğu bulanık hedef programlama yaklaşımı ile esnetilebilmekte ve bu durumda karar vericiye esneklik sağlamaktadır<sup>112</sup>.

---

<sup>110</sup> Adil Baykasoğlu, Türkay Dereli, Tolunay Gökçen ve G.Semra DAş, “ok Objektifli Üretim Planlaması Probleminin Bulanık Matematiksel Programlama ile özölmesi”, **YA/EM 2004-Yöneylem Araştırması, Endüstri Mühendisliği–XXIV Ulusal Kongresi**, Gaziantep-Adana: 15-18 Haziran 2004, s.1.

<sup>111</sup> Nuran GÜZEL ve Metin TABUK, “Bulanık Programlama ile çok Amaçlı Taşıma Problemine özüm Yöntemi”, **Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu**, Kocaeli : Kocaeli Üniversitesi, 16 – 18 Kasım 2005, s.140-141.

#### **2.5.4. Hedeflerin Özelliklerine Göre Hedef Programlama Türleri**

Hedeflerin özelliklerine göre hedef programlama tekniği aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

##### **2.5.4.1. Tek Hedefli Programlama**

Ele alınan problemin tek hedefi olduğundan, karar vericinin istediği bu hedefe ulaşmaktır. Tek hedefi içeren problemlerin, modelinin kurulması ve onun çözümü ele alındığında, en basit hedef programlama problemi olduğunu görürüz<sup>113</sup>.

##### **2.5.4.2. Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama**

Burada, hedeflerin göreceli olarak önemleri birbirine eşittir ve bütün hedefler eşanlı olarak doyurulmaya çalışır. Herhangi bir hedefin diğer hedeflere göre bir önceliği söz konusu değildir.

Probleme ilişkin hedefler eşit önemli (ağırlıklı) ise, istenmeyen sapma değişkenlerin toplamı biçiminde ifade edilen amaç fonksiyonu, minimum kılınmaya çalışılır<sup>114</sup>.

##### **2.5.4.3. Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama**

Bu yöntemde belirlenen hedeflere önem düzeylerine göre ağırlık değerleri verilerek, hedefler tek bir amaç fonksiyonu olarak ifade edilir.

Böyle bir yaklaşım genellikle, sapma değişkenlerinin ölçü birimleri birbirinden farklı olduğu durumlarda tercih edilir. Ayrıca, karar verici hedefler arasındaki kendisi için önem farklılıklarını belirtmek için de ağırlıklandırma yoluna başvurulabilir.

---

<sup>112</sup> C.Hakan Kağnıcıoğlu, “Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Arasındaki İlişki”, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.7, No. 2 (2006), s.34.

<sup>113</sup> Öztürk, s.297.

<sup>114</sup> Öztürk, s.302.

#### **2.5.4.4. Öncelikli Çok Hedefli Programlama**

Karar vericilere göre, herhangi bir hedefin öneminin, diğer hedeflerden daha önemli olduğu durumlar söz konusu olabilir. Böyle durumlarda da hedef programlama modeli kullanılabilir<sup>115</sup>. Burada, hedeflere ilişkin hiyerarşik bir yapının karar verici tarafından ortaya konulması ve hedeflerin en önemliden daha az önemliye doğru sıralanması söz konudur. En öncelikli hedef sağlanmadan diğer hedeflerin sağlanması karar vericiler için anlamsızdır.

Hedeflerin karşılaştırılması sonunda göreceliği bir önem sırası ortaya çıktığında “Öncelikli Hedef Programlama” dan söz edilmektedir<sup>116</sup>.

Öncelikli hedef programlama yönteminde, amaç fonksiyonunu oluşturmak için ulaşılmaması istenen hedeflerin hiyerarşik bir yapıda verilmesi gerekir. Karar verici, tercihini kullanarak hedeflerin en önemliden daha az önemliye doğru sıralamasını yapar. Bu sıralama işlemi sayısal veya sözel yapılabilir<sup>117</sup>.

Öncelikli çok hedefli programlama yöntemi önem derecelerine göre hedeflerin önceliklendirilmesiyle başlar. Model daha sonra, yüksek öncelikli hedefin optimum değerinin düşük öncelikli hedef tarafından kötüleştirilmesine izin verilmeyecek şekilde, her seferinde bir hedefi optimum kılar<sup>118</sup>.

#### **2.5.4.5. Ağırlıklı-Öncelikli Çok Hedefli Programlama**

Ağırlıklı-Öncelikli (preemptive-lexicographic) hedef programlamada hedefler, önceliklerine göre gruplandırılır. Hedefler en yüksek önceliklerden başlayarak sağlanmaya çalışılır. Sonra ikinci öncelikli düzeydeki hedefler daha sonra üçüncü öncelik düzeyindeki hedefler olmak üzere hedeflerin tümü sırasıyla sağlanmaya çalışılır<sup>119</sup>.

---

<sup>115</sup> Levin, Rubin, Stinson ve Gardner, s.698.

<sup>116</sup> Mehpare Timor, **Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları**, İstanbul : İstanbul Üniversitesi Yayınları, 2002, s.199.

<sup>117</sup> Öztürk, s.309.

<sup>118</sup> Baray ve Esnaf, s.348.

<sup>119</sup> Steuer, s.292.

Bazı hedef programlama problemlerinde aynı hedefe ilişkin iki veya daha fazla sapma değişkeni, aynı öncelik düzeyinde amaç fonksiyonunda yer alabilir. Böyle bir durumda, sapma değişkenlerinin önceliği aynı  $P_i$  ise, bu sapma değişkenlerde ağırlıklar kullanılarak hangi sapmanın daha önemli olduğu belirlenir<sup>120</sup>.

## 2.6. HEDEF PROGRAMLAMAMIN UYGULAMA ALANLARI

Gerçek hayata uyarlanabilirliği bakımından çok etkin olan hedef programlama, çok amaçlı karar verme metodları içinde en çok uygulama alanı olan tekniktir. Son yıllarda pek çok alanda ortaya çıkan problemlerin çözümünde bu teknikten faydalanılmaktadır. Bu teknikten yararlanılan alanları ve bu alandaki çeşitli çalışmaları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Ulaştırma Problemleri (Ahern ve Anandarajah (2007), Shrivastava (2007), Leung, Wu ve Lai (2006), Abd El-Wahed ve Lee (2006), Braysy ve Gendreau(2005), Güzel ve Tabuk (2005), Dinçer (2004), Pascoe ve Mardle (2001), Abd El-Wahed (2001), Sinclair ve Van Oudheusden (1997), Aenadia ve Kwak(1994)).
- Üretim Planlaması (Gülenç ve Karabulut (2005), Baykasoğlu, Dereli, Gökçen ve Daş (2004), Özyörük ve Erol (2001), Bumin ve Erol (1992))
- Orman Kaynaklarının Planlaması (Yılmaz (2005), Diaz-Balterio ve Romero (1998), İspirli (1995), Hotvedt (1983), Field, Dress ve Fortson (1980))
- Satın Alma Planlaması (Bufa ve Jackson (1983)),
- Enerji Planlaması (Linares ve Romero (2002), Nembou ve Murtagh (1996), Ramanathan ve Ganesh (1993))
- İşgücü Planlaması (Özkan (2004), Güngör (2003), Easton ve Rossin (1996), Öndaş (1993), Bress, Burns, Charnes ve Cooper(1980), Price (1978))
- Sağlık Planlaması (Ferland (2001), Franz, Rakes ve Wynne (1984))

---

<sup>120</sup> Öztürk, s.313.

- Akademik Kaynak Dağılımı (Özkan (2005), Giannikos, El-Darzi ve Lees (1995), Gosh, Paul ve Masu (1992), Lee ve Clayton (1972)),
- Yerel Yönetimlerin Ekonomik Planlaması (Güneş ve Umarusman (2007)),
- Okul Otobüs Servisleri Planlaması,
- Hastanelerde Kaynak Planlaması (Giokas (2002), Ozkarahan (2000), Grandfarous (1993))
- Proje Seçimi ve Yönetimi (Dinçer (2001), Lee ve Kim (2000), Powell ve Premachandra (1998), Mon, Cheng ve Lu (1995), Benjamin(1985)),
- Genel Bütçe Planlaması (De, Acharya ve Sahu(1982), Hawking ve Adams (1974)),
- Portföy Seçimi (Atan (2005), Cooper, Lejans ve Aueyoshi (1997), Aouni, Abdelaziz ve El-Fayedh (1996), Muhleman, Lockett ve Gear (1978)),
- Finansal Planlama (Atan ve Boztosun (2004), Eatmen (1997), Kazan (1997), Lin ve O’Leary (1993), Keown (1978), Keown ve Martin (1977))
- Pazarlama (Dowlatshahi (2001), Hoffman, Schniederjans ve Flynn (1996), Mehta ve Rifai (1979))
- Stok Yönetimi,
- Maliyet Tahmin Tekniklerinin Geliştirilmesi,
- Zaman Standartlarının Geliştirilmesi,
- Beslenme (diyet) veya Yem Karışım Problemleri (Daşdemir ve Güngör (2004), Zang ve Roush (2000), Doğan, Doğan ve Akcan (2000), Reyhan(1990), Sivri(1985), Anderson ve Earle(1983)).
- Yatırım Planlaması (Hajidimitriou ve Georgiou (2002)),

- Öğrenci Başarısının Kestirimi (Campbell ve Ignizio (1972)).
- Yükleme Problemleri (Atmaca (2000), Ng (1992)).
- Performans Değerlendirme (Turanlı ve Köse (2005)).
- Toplam Kalite Yönetimi (Chen ve Weng (2006), Alptekin ve Tolga (2006), Dinçer (2003), Karsak, Sözer ve Alptekin (2002), Vanegas ve Labib (2001), Schniederjans (1995)).
- Tedarikçi Firma Seçimi (Selim (2006), Demirtaş ve Üstün (2004), Dağdeviren ve Eren(2001)).
- İş Değerlendirme (Dağdeviren, Akay ve Kurt (2004))
- Tarımsal Üretim ve Yönetim (Aromolaran ve Olayemi (1999), Amador, Sumpsi ve Romero (1998)).

## **2.7. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN AVANTAJLARI VE DEZANTAJLARI**

### **2.7.1. Avantajları**

- Bu yöntemle iki ya da daha çok amaca sahip karar problemlerinin çözümü yapılabilir.
- Hedef programlama kullanıcıya, amacın öncelikleri (üstünlükleri) bakımından optimal bir çözüm sunarken, birbirine zıt amaçların amaç fonksiyonunda yer almasına fırsat verir.
- Gevşek kısıtlara (mutlaka sağlanması zorunlu olmayan kısıtlara) izin verilir.
- Doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan simpleks yöntemi hedef programlamada da kullanılır ve böylece hesaplamaların hızlı ve sonuçların etkin olması sağlanır.

- Hedef programlama, doğrusal programlamada “Uygun Çözüm Mevcut Olmayan” problemlere bir çözüm geliştirmede yardımcı bir teknik olarak kullanılabilir.

### **2.7.2. Dezavantajları**

- Başarma fonksiyonu çok sayıda amaç fonksiyonunun birleştirilmesi ile oluşturulur. Bu nedenle, karmaşık bir yapıya sahip olabilir.
- Hedef değerleri karar vericiler tarafından belirlendiği için subjektif bir nitelik taşır.
- Karar vericiler ayrıca hedeflerin ağırlık ve öncelik seviyelerini belirlerler, bu da yine subjektif bir durum oluşturur.
- Söz konusu bu değerleri (ağırlık ve öncelik seviyelerini) bağdaşık hale getirecek bir yol bulunmalıdır.
- Çözüm sonucunda bulunan sonucun karar vericiler tarafından her zaman tatmin edici olmasını garanti edemez.

## BÖLÜM 3 . HEDEF PROGRAMLAMA MODELLERİ

### 3.1. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

#### 3.1.1. Doğrusal Programlama Problemi

Bu bölümde “Doğrusal Hedef Programlama Modeli”ne temel oluşturması ve modelin daha kolay anlaşılabilmesi için öncelikle “Doğrusal Programlama Modeli” üzerinde durulacaktır.

“Doğrusal Programlama”yı iyi bir şekilde tanımlayabilmek için öncelikle “doğrusal” ve “programlama” kelimelerinin anlamı üzerinde durmak gerekir. “Doğrusal” kelimesi iki veya daha çok değişken arasındaki doğrudan ilişkiyi ifade etmek amacıyla kullanılır. Mesela  $y=f(x)$  fonksiyonu eğer doğrusal bir fonksiyon ise,  $x$ 'teki herhangi bir değişme  $y$ 'de sabit orantılı bir değişmeye sebep olur. Ayrıca  $x$  ve  $y$  değerleri grafik üzerinde gösterildiklerinde, aralarındaki doğrusal ilişki sebebiyle, bir doğruyu belirler. “Programlama” kelimesine gelince, bu kelime bilgisayarın verilen bir problemin nasıl ve neler yaparak çözmesi gerektiğini anlatan sistemin geliştirilmesi anlamında da kullanılmakla birlikte, buradaki anlamı çok farklıdır. “Programlama” matematiksel tekniklerin kullanılmasıyla elde edilen sınırlı kaynakları değerlendiren en iyi çözüme ulaşmasıdır. “Doğrusal” ve “programlama” kelimelerine ilişkin bu amaçların ışığı altında “Doğrusal Programlama, elde edilen sınırlı kaynakların en iyi dağılımını belirlemek için kullanılan matematiksel bir tekniktir” şeklinde bir tanım yapılabilir<sup>121</sup>.

Doğrusal Programlama, belirli bir amacın gerçekleşme derecesini etkileyen bazı kısıtlayıcı koşulların bulunması durumunda bu amaca en iyi biçimde ulaşılması için kısıtlı kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını sağlayan matematiksel bir yöntemdir.

Doğrusal Programlama, kaynak kullanımıyla ilgili planlama ve karar almada karar vericiye yol gösteren etkin bir matematiksel programlama tekniğidir. Gerçekte kökeni çok eskilere, 1920'li yıllara kadar uzanmakla birlikte, doğrusal programlama bugünkü anlamıyla ilk kez 1947 yılında ABD'nin askeri faaliyetlerini planlamak

---

<sup>121</sup> İbrahim Doğan, *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*, 2. Baskı, İstanbul : Bilim Teknik Yayınevi, 1995, s.2.

amacıyla B. Dantzig tarafından geliştirilmiştir. Doğrusal programlamanın gelişip önem kazanması “simpleks yöntem” olarak bilinen yöntemin önerilmesinden sonra gerçekleşmiştir. Bilgisayar teknolojisinin hızlı gelişmesi sonucunda doğrusal programlama endüstri, çevre, pazarlama, ulaştırma, enerji, tarım ve sosyal problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır<sup>122</sup>.

Bir karar modeli, yapısal olarak, seçeneklerin neler olduğunu belirleyen kısıt bağıntıları ve en iyi seçeneğin hangisi olduğunu bulmak için işleme giren amaç fonksiyonundan oluşur. Kısıtların tamamı ve amaç fonksiyonu doğrusal olarak ifade edilmiş ise, bir doğrusal karar modeli söz konusu demektir<sup>123</sup>.

Doğrusal programlama modeli, işgücü, hammadde, makine ve sermaye gibi kısıtlayıcı koşulların, en uygun şekilde nasıl kullanılması gerektiğini bulmak amacı ile kullanılır. Alternatif çözümler arasından, istenen en iyi çözüme (maliyet minimizasyonu yani en aza indirilmesi ya da kârın maksimizasyonu yani en çoklanması) ulaşılmaya çalışılır<sup>124</sup>.

Matematiksel bir teknik olarak doğrusal programlama, değişik nitelikteki ekonomik faaliyetlerin karşılaştığı ya da meydana getirdiği birbirinden bağımsız faktörlerin, sınırlı kaynak olanaklarına bağlı olarak en uygun bileşimde biçimlenmesine önemli katkılarda bulunmaktadır. Temel olarak, doğrusal programlama, bütün ayrıntıları bilinen koşullar altında uygun bir karar alma aracıdır<sup>125</sup>.

Kısaca ifade etmek gerekirse, doğrusal programlama tipik olarak, sınırlı kaynakların birbirleriyle rekabet eden çeşitli faaliyetler arasında mümkün olan en iyi yani optimal şekilde dağıtılması ile ilgilenir. Doğrusal programlama, “optimal” bir sonuç elde etmek için faaliyetlerin planlanması ile ilgilenir. Optimal sonuç ise, bütün

---

<sup>122</sup> Cinemre, **Yöneylem Araştırması**, s.13.

<sup>123</sup> İmdat KARA, **Doğrusal Programlama**, Eskişehir : Bilim Teknik Yayınevi, 1991, s.1.

<sup>124</sup> A. Ravidran, Don T. Phillips ve J.James Solberg, **Operations Research Principles and Practice**, Second Edition, New York : John Wiley&Sons, 1987, s.13.

<sup>125</sup> Karakoyunlu, s.51.

olurlu alternatifler arasında matematiksel modele göre, belirlenen amaca en iyi ulaşan sonuçtur<sup>126</sup>.

Doğrusal programlama tekniği aşağıdaki varsayımlara dayanır.

- Amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı şartlar doğru tanımlanmalıdır. Amacın kâr maksimizasyonu mu yoksa maliyet minimizasyonu mu olduğu açıkça belirtilmelidir.
- Değişkenler kantitatif olmalıdır. Doğrusal programlama kalitatif (rakamla ifade edilemeyen) değişkenler için kullanılamaz.
- Değişkenler kendi aralarında ilişkili olmalıdır.
- Kullanılacak kaynaklar sınırlı olmalıdır.
- Değişkenler arasında kurulan bağıntılar doğrusal olmalıdır.
- Değişkenler arasında alternatif seçim olanağı olmalıdır.
- Doğrusal programlamanın uygulanacağı işletme problemi kısa dönemli olmalıdır.
- Bağımlı değişkenlerin sıfır ya da pozitif olması gerekir<sup>127</sup>.

### 3.1.2. Doğrusal Programlamanın Matematiksel Modeli

Karar problemlerinin çözümünde doğrusal programlama tekniğinin uygulanabilmesi için öncelikle bazı temel koşulların varlığı gereklidir. Bu koşulları şu şekilde açıklamak mümkündür.

- Amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılar iyi bir şekilde tanımlanmalıdır.
- Elde seçilebilecek hareket biçimleri bulunmalıdır.

---

<sup>126</sup> Cengiz, s.20-21.

<sup>127</sup> Hüdaverdi Bircan ve Zafer Kartal, “Doğrusal Programlama Tekniği ile Kapasite Planlaması Yaklaşımı ve Çimento İşletmesinde Bir Uygulaması”, **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt.5, Sayı. 1, (2004), s.133.

- Değişkenler kendi aralarında ilişkili olmalıdır.
- Kullanılacak kaynakların arzı sınırlı olmalıdır.
- Değişkenler arasında kurulan bağlantıların doğrusal olması gerekir<sup>128</sup>.

Doğrusal programlamanın biçimsel yapısını genel olarak amaç fonksiyonu, sınırlayıcı şartları ve değişkenlerin negatif olmama şartlarından ibaret olan eşitlik veya eşitsizlikler teşkil etmektedir. Doğrusal Programlama modelinin yapı özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

- Amaç fonksiyonu
- Sınırlayıcı şartlar
- Negatif olmama (pozitiflik) şartı
- Bütün ilişkilerin doğrusal olduğunun kabul edilmesi<sup>129</sup>.

Bir optimizasyon problemi amaç olarak adlandırılan bir fonksiyonun, girdi değişkenlerinin değerlerine bağlı olarak maksimum ya da minimum değerini aramak anlamına gelmektedir. Bu değişkenlerin değerleri diğer bir değişkenin değerine, aralarındaki ilişkilere ya da değişik kısıtlamalara bağlı olabilir<sup>130</sup>.

$m$  adet kısıt ve  $n$  adet karar değişkeni  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  bulunan bir doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibidir<sup>131</sup>.

---

<sup>128</sup> Doğan, s.5-6.

<sup>129</sup> Doğan, s.7-8.

<sup>130</sup> Richard Bronson, **Theory and Problems of Operations Research**, Singapor : Schaum's Outline Series, McGraw-Hill Book Company, 1983, s.17.

<sup>131</sup> Wayne L. Winston, **Introduction To Mathematical Programming Applications and Algorithms**, Second Edition, Duxbury Pres, 1995. s.124.

### ***Amaç Fonksiyonu***

$$\text{Max / Min } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad \text{3-1}$$

### ***Kısıtlar***

$$\left. \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{array} \right\} \quad \text{3-2}$$

### ***Pozitiflik Koşulu***

$$x_i \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,n) \quad \text{3-3}$$

Eğer değişkenlerin katsayıları,

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{3-4}$$

karar değişkenleri,

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \text{3-5}$$

ve sağ taraf sabitleri,

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix} \quad \text{3-6}$$

şeklinde gösterilirse, doğrusal programlama probleminin modeli

$$\left. \begin{array}{l} \min/ \max Z = c^T X \\ Ax = b \\ x \geq 0 \end{array} \right\} \quad 3-7$$

olarak yazılabilir<sup>132</sup>.

Ekonomik açıdan, doğrusal programlama sınırlı kaynakların belirli ekonomik faaliyetlere en iyi şekilde tahsisiyle uğraşır. Yukarıda genel doğrusal programlama modelinde seviyeleri (bilinmeyen değerler)  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ile temsil edilen  $n$  tane faaliyet vardır<sup>133</sup>.

### 3.1.3. Doğrusal Programlama Modelinin Grafik Yöntem ile Çözümü

Doğrusal programlama problemi formüle edildikten sonra, ortaya konulan matematiksel problemin çözüm aşamasına gelinmiş olur. Grafik yöntemle çözüm genelde kısıt ve değişken sayısı az olan problemlerde kullanılır<sup>134</sup>. İki değişkenli doğrusal programlama modelleri grafik olarak kolaylıkla çözülebilirler. Üç değişkenli modelleri de grafik olarak çözmek mümkündür, ancak bu iş oldukça zor olabilir. Karşımıza çıkan doğrusal programlama problemlerinin pek çoğu, iki değişkenden daha çok sayıda değişken içerdikleri için, grafik çözüm bu durumlarda işe yaramaz. Bununla beraber, grafik çözümle ortaya konan bazı sonuçlar, daha sonra ele alınacak genel çözüm metodunun geliştirilmesi için bir esas teşkil eder<sup>135</sup>.

Bir doğrusal programlama modelinin grafik yöntemle çözümü için aşağıdaki işlemler sırası ile gerçekleştirilir.

- Problemin tüm kısıtları grafik üzerinde gösterilir.

---

<sup>132</sup> Ignizio s.124.

<sup>133</sup> Cengiz, s.52.

<sup>134</sup> Ravidran, Phillips ve Solberg, s.23.

<sup>135</sup> Cengiz, s.26.

- Kısıtların tümünü karşılayacak uygun çözüm alanı belirlenir.
- Bu uygun çözüm alanının her bir köşe noktası belirlenir.
- Amaç fonksiyonu uygun sayılara eşitlenerek birbirine paralel doğrular (amaç fonksiyonu için) çizilir.
- Amaç fonksiyonu doğruları içinde orijinden en uzak olan doğrunun köşe noktası belirlenir.
- Bulunan bu nokta, optimum çözümü verir<sup>136</sup>.

### 3.1.4. Doğrusal Programlama Modelinin Simpleks Yöntem ile Çözümü

Doğrusal programlama probleminin çözümünde en çok bilinen yöntem olan Simpleks yöntemi 1940'lı yılların ikinci yarısında geliştirilmiştir. Bu yöntemin temel kuralları, bir matematikçi olan George B.Dantzing tarafından ortaya konulmuştur. Günümüzde de doğrusal programlama probleminin çözümünde bu kurallar kullanılmaktadır<sup>137</sup>.

Simpleks yöntemin esaslarını özetlemek için, bu yöntemin her zaman bir uygun köşe noktasında başladığını ve daima bir komşu uygun köşe noktasından geçtiğini, yeni bir noktaya geçmeden önce, her noktayı optimallik için kontrol ettiğini belirtmemiz gerekir<sup>138</sup>.

Simpleks yöntemi cebirsel tekrarlama (iterasyon) işlemine dayanır. Yöntemde önce başlangıç simpleks tablosu düzenlenir sonra tekrarlayıcı işlemler ile belirli bir hesap yöntemi içinde gelişen çözümlere doğru ilerleyerek optimal çözüme ulaşıncaya kadar işlemler sürdürülür. Simpleks yöntemine başlamadan önce problemin doğru biçimde ifade edilmesi gerekir.

---

<sup>136</sup> Mik Wisniewski ve Tony Dacre, **Mathematical Programming**, London : Mc-GRAW-HILL Book Company, London, 1990, s.104.

<sup>137</sup> Larry J.Goldstein, David C.Lay ve David I.Schneider , **Mathematics For The Management (Life and Social Sciences)**, NewJersey : Prentice-Hall, 1984, s.230.

<sup>138</sup> Cengiz, s.59.

Bir doğrusal programlama maksimizasyon probleminin simpleks yöntemle çözümünü için aşağıdaki işlemlerin sırası ile gerçekleştirilmesi gerekir.

1. Problemin kısıtları eşitsizlikler halinde düzenlenir.
2. Eşitsizlikler, gerekli olan aylak, artık ve yapay değişkenler eklenerek eşitlikler haline dönüştürülür.
3. Elde edilen eşitlikler ile başlangıç simpleks tablosu düzenlenir.
4. Bu çözüm için  $C_j$  ve  $Z_j$  satırları hesaplanır.
5. Anahtar sütun olarak  $(C_j - Z_j)$  satırındaki en yüksek değer bulunduğü sütun, anahtar sütun olarak seçilir.
6. Çözüm sütunundaki değerler, seçilen anahtar sütundaki değerlere bölünerek oranlar elde edilir. Bu değerler içinde negatif olmayan en küçük değerin bulunduğu satır, anahtar satır olarak seçilir. (Paydasında sıfır ve sıfırdan küçük sayı bulunan oranlar dikkate alınmaz.)
7. Anahtar sütun ile anahtar satırın kesiştiği noktadaki eleman anahtar sayı olarak kabul edilir.
8. Anahtar sayıya bağlı olarak tablodaki diğer elemanlar hesaplanır.
9.  $C_j$ ,  $Z_j$  ve  $(C_j - Z_j)$  satırları hesaplanır.
10. Eğer  $(C_j - Z_j)$  satırında en az bir pozitif değer varsa 5'inci adıma geri dönülür.
11. Eğer  $(C_j - Z_j)$  satırında pozitif değer yoksa bulunan çözüm optimal (en uygun) çözümdür<sup>139</sup>.

---

<sup>139</sup> Richard I. Levin, Charles A. Kirkpatrick ve David S. Rubin, **Quantitative Approaches To Managemet**, Fifth Edition, USA : McGraw-Hill International Book Company, 1982, s.382.

Bir doğrusal programlama minimizasyon probleminin simpleks yöntemle çözümünü için aşağıdaki işlemler sırası ile gerçekleştirilmesi gerekir.

1. Problemin kısıtları eşitsizlikler halinde düzenlenir.
2. Eşitsizlikler, gerekli olan aylak, artık ve yapay değişkenler eklenerek ya da çıkarılarak eşitlikler haline dönüştürülür.
3. Elde edilen eşitlikler ile başlangıç simpleks tablosu düzenlenir.
4. Bu çözüm için  $C_j$  ve  $Z_j$  satırları hesaplanır.
5. Anahtar sütun olarak  $(C_j - Z_j)$  satırındaki mutlak değerce en yüksek negatif değer bulunan sütun, anahtar sütun olarak seçilir.
6. Çözüm sütunundaki değerler, seçilen anahtar sütundaki değerlere bölünerek oranlar elde edilir. Bu değerler içinde negatif olmayan en küçük değer bulunan satır, anahtar satır olarak seçilir. (Paydasında sıfır ve sıfırdan küçük sayı bulunan oranlar dikkate alınmaz.)
7. Anahtar sütun ile anahtar satırın kesiştiği noktadaki eleman anahtar sayısı olarak kabul edilir.
8. Anahtar sayıya bağlı olarak tablodaki diğer elemanlar hesaplanır.
9.  $C_j$ ,  $Z_j$  ve  $(C_j - Z_j)$  satırları hesaplanır.
10. Eğer  $(C_j - Z_j)$  satırında en az bir negatif değer varsa 5'inci adıma geri dönülür.
11. Eğer  $(C_j - Z_j)$  satırında negatif değer yoksa bulunan çözüm optimal (en uygun) çözümdür<sup>140</sup>.

---

<sup>140</sup> Levin,.Kirkpatrick ve Rubin, s.397.

Bulunan bu optimum çözümün yorumu aşağıdaki gibidir.

- Çözüm, değişken sütunu ve amaç sütununda bulunur. Bu sütunlarda bulunmayan değişkenler sıfıra eşittir.
- İndeks ( $C_j - Z_j$ ) satırında bulunan sayılar aşağıdaki gibi yorumlanır;
  - i. İndeks satırı sütununda bulunan sayı, o çözüm için amaç fonksiyonunun değeridir.
  - ii. Gövde ve birim matris altında bulunan negatif bir sayı, bulunduğu sütunun başındaki değişken bir birim artırılarak çözüme konursa, amaç fonksiyonunda doğacak artmayı belirtir.
  - iii. Gövde altında bulunan pozitif indeks bir sayı, bulunduğu sütunun başındaki değişken bir birim artırılarak çözüme konursa, amaç fonksiyonunda doğacak azalmayı belirtir.
  - iv. Birim matris altında bulunan indeks satırı negatif ise matrisin gövdesi altında bulunan negatif sayı gibi anlam taşır. Pozitif bir sayı ise o sütunun değişkeninin bulunduğu sınırlayıcı koşul bir birim değiştirildiği zaman amaç fonksiyonunda doğacak artmayı gösterir. Bu kâr, fırsat kârı olarak düşünülür<sup>141</sup>.

## 3.2. GENEL VE DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ

### 3.2.1. Genel Hedef Programlama Problemi

Tek amaçlı hedef programlama uygulamaları, ilk olarak Charnes ve Cooper (1955, 1961) tarafından ortaya konuldu. Hedef programlamanın yayılması 1960 ve 1970'li yıllardaki Ijiri (1965), Lee (1972) ve Ignizio (1976) çalışmalarıyla gerçekleşti. Hedef programlama şimdi çok amaçlı optimizasyon yöntemlerinin en önemlisidir.

---

<sup>141</sup> Halaç, s.386.

Hedef programlamadaki temel düşünce, her bir kriter (kısıt) için bir hedef belirlemektir<sup>142</sup>.

Karar vericiler, doğrusal programlama ile çözülemeyecek olan çok hedefli bazı sorun ya da durumlarla karşı karşıya kalabilir. Böyle bir durumda karar verici hangi hedefi tercih edecek ya da nasıl bir karar verecektir? İşte, hedef programlama, bu tür durumlarda kullanılabilen bir tekniktir<sup>143</sup>.

Hedef programlamadaki ana fikir, önceden tanımlanmış hedefler çerçevesinde bir ya da daha çok amaç fonksiyonunun çözümünün bulunmasıdır<sup>144</sup>.

Hedef programlama modeli, yönetimin her bir amacı için önceden belirlemiş olduğu hedef değerlerine, öncelik ve ağırlıkları da dikkate alarak, nasıl ulaşılabileceğini araştıran bir modeldir. Yöneticiler, hangi hedeflerin diğerlerinde daha öncelikli olduğuna karar verirler<sup>145</sup>.

Bu yöntemde; saptanan hedeflerden sapmaları minimize etmeye çalışırken karar vericiler tarafından tanımlanmış öncelik ve ağırlık katsayıları dikkate alınır. Hedef programlama tekniği, yapısal olarak, tüm sapmalar toplamını minimize eden bir teknik olmasından ziyade, mümkün olduğu kadar daha yüksek öncelikli sapmaları minimize eden bir tekniktir<sup>146</sup>.

### 3.2.2. Genel Hedef Programlamanın Matematiksel Modeli

Birden fazla amacı bulunan (çok amaçlı) bir programlama modelinin genel formu aşağıdaki gibidir;

$$x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad 3-8$$

$$\max/ \min f_t(x) \quad t = 1, 2, \dots, s \quad 3-9$$

---

<sup>142</sup> Steuer, s.282.

<sup>143</sup> Winston, s.179.

<sup>144</sup> Kalmonay Deb, **Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms**, England : John Wiley & Sons, 2004, s.69.

<sup>145</sup> Levin, Kirkpatrick ve Rubin, s.518.

<sup>146</sup> Turanlı ve Köse, s.22.

$$g_i(x) \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{3-10}$$

$x^T$  : Karar değişkenleri vektörünü,

$b_i$  :  $i$ 'inci kısıta ait sağ taraf değeri veya  $g_i(x)$ 'in sağlanması gereken hedef değerini,

$s$  : Amaç fonksiyonu sayısını,

$m$  : Mutlak kısıt sayısını,

gösterir. (3-10)'da görüleceği üzere mutlak kısıtlar  $g_i(x)$ , bu kısıtlara ait sağ taraf  $b_i$  değerinden küçük eşit ( $\leq$ ), eşit ( $=$ ) veya büyük eşit ( $\geq$ ) olabilir<sup>147</sup>.

$x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  karar değişkenleri vektörü olmak üzere,  $f_t(x)$  ( $t = 1, 2, \dots, s$ ) amaç fonksiyonlarını göz önüne alalım. Bunlar, genel olarak bir üretim sisteminde belirli kısıtlar altında maksimize ya da minimize edilmek istenen;

$$f_t(x) = \sum_{j=1}^n c_{tj} x_j = c_{t1} x_1 + c_{t2} x_2 + \dots + c_{tn} x_n \quad (t = 1, 2, \dots, s) \quad \text{3-11}$$

şeklindeki fonksiyonlardır.

Çok amaçlı bir matematiksel modelin hedef programlama modeli ile çözülebilmesi için öncelikle her bir amaç fonksiyonu için ulaşılmak istenilen bir hedef değerinin belirlenmesi gerekir. Her bir amaç fonksiyonuna karşılık gelen hedef değeri (istek değeri)  $G_t$  ile gösterilir.

Amaç fonksiyonları hedef kısıtlarına dönüştürülürken belirlenen hedefin sağlanamaması durumu göz önünde bulundurulur. Gerçekleşen değer ile hedeflenen değer arasında oluşacak fark sapma değişkenlerine yüklenecektir.

---

<sup>147</sup> Ignizio s.23-24.

Sapma değişkenlerinin  $(d_t^-, d_t^+)$  çözüm sonucunda bulunacak değerleri, hedeflenen değerlere ulaşılp ulaşılamadığını, ulaşılamamış ise hedeften ne ölçüde bir sapma olduğunu gösterir.  $d_t^-$ ,  $f_t$  ile  $G_t$  arasındaki alttan olan farkı ya da  $t$ 'inci hedefin alt başarısını,  $d_t^+$  ise  $f_t$  ile  $G_t$  arasındaki üstten olan farkı ya da  $t$ 'inci hedefin üst başarısını gösterir. Bu açıklamaların ışığında genel bir hedef programlama modelinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibi yapılabilir<sup>148</sup>:

*Amaç Fonksiyonu*

$$\min \left[ \sum_{t=1}^s (d_t^- + d_t^+)^p \right]^{1/p}, p \geq 1$$

*Mutlak Kısıtlar*

$$g_i(\underline{x}) \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m$$

*Hedef Kısıtları*

$$f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ = G_t, t = 1, 2, \dots, s$$

*Sabit Koşullar*

$$d_t^-, d_t^+ \geq 0, \forall t$$

*Sabit Koşullar*

$$d_t^- \times d_t^+ = 0, \forall t$$

*Sabit Koşullar*

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

3-12

<sup>148</sup> S.M. LEE, "Goal Programming for Decision Analysis of Multiple Objectives", **Sloan Management Review**, Vol. 14, No.2, (1973), s.11-24.

Amaç fonksiyonundaki  $p$  değişkeni sapma değişkenlerinin nispi önemlerinin belirlenmesinde kullanılır.  $p$ 'nin değeri 1 alındığında sapma değişkenlerinin tümünün nispi önemleri birbirine eşit olur.  $p$  değeri büyüdükçe daha büyük sapmaların nispi önemleri daha yüksek olacaktır. Burada  $d_i^- \times d_i^+ = 0$  sabitlik koşulu;  $d_i^-$  ve  $d_i^+$  sapma değişkenlerinden biri varsa diğersinin olmayacağını yani en az birinin sıfır değeri alması gerektiğini gösterir.

Amaçların öncelik düzeylerini ve ağırlıklarını da açık bir şekilde ifade edecek olan hedef programlamanın genel matematiksel formülasyonunu yazmadan önce öncelik düzeyi kavramı açıklanmalıdır. Öncelik düzeyi kavramının anlamı; hedeflerin hangi sırada minimize edileceğini belirlemektedir. Eğer  $\forall j$  için  $P_j \ggg P_{j+1}$  ise;  $P_j$  düzeyi  $P_{j+1}$  düzeyinden önceliklidir. Yani  $w \cdot P_{j+1} > P_j$  yazılabilen ne kadar büyük olursa olsun bir  $w$  değeri, bulunamaz. Önceliklerin önem düzeyleri, soldan sağa doğru azalmak üzere;

$$P_1 \ggg P_2 \ggg \dots \ggg P_k \quad \text{3-13}$$

şeklinde ifade edilebilir. (3-10)'daki  $p$  değeri 1 olarak alınıp ve öncelik düzeyleri kavramı kullanıldığında, hedef programlama modelinin genel matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibi yazılabilir<sup>149</sup>.

---

<sup>149</sup> Sait Patır, "Bir Kantitatif Karar Verme Yöntemi Olarak Hedef Programlama Tekniği ve Bir Uygulama", (Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1995), s.71-72.

$$\left. \begin{array}{l}
\text{Amaç Fonksiyonu} \\
\min \left[ P_1 w_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+), P_2 w_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+), \dots, P_k w_k(\underline{d}^-, \underline{d}^+) \right] \\
\\
\text{Mutlak Kısıtlar} \\
g_i(\underline{x}) \leq b_i \quad , i = 1, 2, \dots, m \\
\\
\text{Hedef Kısıtları} \\
f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ = G_t \quad , t = 1, 2, \dots, s \\
\\
\text{Sabit Koşullar} \\
d_t^-, d_t^+ \geq 0 \quad , \forall t \\
d_t^- \times d_t^+ = 0 \quad , \forall t \\
x_j \geq 0 \quad , j = 1, 2, \dots, n
\end{array} \right\} \quad \mathbf{3-14}$$

Burada  $w_i(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ , ( $i = 1, 2, \dots, k$ ); sapma değişkenlerin doğrusal (lineer) fonksiyonlarıdır.  $w_i(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ , ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) fonksiyonlarına başarı fonksiyonları denir. **(3.14)**'ün çözüm algoritmasını şöyle açıklayabiliriz. En üst hedef düzeyindeki  $w_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ 'in minimizasyonu alınır.  $\min w_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+) = w_1^*$  olarak kabul edilirse,  $w_1, w_1^*$ 'dan daha büyük olduğunu varsayılarak  $w_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$  minimize edilir ve  $\min w_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+) = w_2^*$  yazılır. Her bir  $k$  değeri için  $w_i(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$  minimize edilmeye çalışılır<sup>150</sup>.

---

<sup>150</sup> Patır, s.82-83.

### 3.2.3. Doğrusal Hedef Programlama Problemi

Genel hedef programlama modelini oluşturan fonksiyonların tümünün doğrusal olması ve doğrusal programlamanın koşullarının sağlanması durumunda doğrusal hedef programlama söz konusu olur.

Doğrusal hedef programlama problemlerinde genel hedef programlama türlerinde olduğu gibi amaçlar, hedefler şeklinde tanımlanır ve bu hedeflere ulaşım birleştirilmiş ve sapsmalardan oluşan yeni amaç fonksiyonu ile sağlanmaya çalışılır. Amaçların hedeflere dönüştürülmesiyle çatışan amaçların yerini çatışan hedefler alır. Bu hedefler modele birer kısıt olarak taşınırlar. Modelde hedeflerden olan sapsmaların en küçüklenmesi olarak tanımlanan bir tek amaç fonksiyonu bulunduğundan tek amaca sahip doğrusal programlama modeli elde edilmiş olur. Elde edilen bu model doğrusal programlama çözüm teknikleri kullanılarak çözülebilir. Bu da, hedef programlamanın avantajlarından biridir. Doğrusal programlama çözüm teknikleri üzerinde yıllardır çalışılıyor olmasından dolayı kolaylıkla kullanılabilen çok sayıda çözüm tekniğinin varılması çok büyük avantajdır. Gerçek hayatta karar vericiler belirledikleri her hedefe aynı önemi vermeyebilirler. Başka bir deyişle, bir hedefe ulaşmak diğer bir hedefe ulaşmaktan daha önemli olabilir. Bu nedenle karar vericiler her bir hedef için öncelik ve/veya ağırlık belirleyebilir. Doğrusal hedef programlama çözüm sürecinde belirlenen öncelikler ve/veya ağırlıkları dikkate alarak uzlaşık çözümü elde eder<sup>151</sup>.

Doğrusal hedef programlama modelinin varsayımları toplanabilirlik, bölünebilirlik, doğrusallık ve belirlilik olarak dört ana başlıkta incelenmektedir. Bunlara karar vericinin “hedeflere ilişkin öncelikler belirlemesi” varsayımı da ilave edilebilir. Hedef programlamanın gelişmesinde önemli payı bulunan Ignizio, bu son varsayımın modelle ilgili anahtar bir varsayım olduğunu kabul etmektedir. Bu varsayımlara ilave olarak modelde yer alan tüm değişkenler için pozitif olma koşulu da eklenmelidir. Bu

---

<sup>151</sup> Şenol Erdoğan, Eylem Koç ve İlker Ozan Koç, “0-1 Tamsayılı Hedef Programlama Ve Diyet Problemine Uygulanması”, *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, <http://idari.cu.edu.tr/sempozyum/bil15.htm>, (15.06.2007) s. 1.

varsayımlar incelendiğinde hedeflerin önceliği varsayımı dışındaki tüm varsayımların klasik doğrusal programlama modelleri için olan varsayımlar olduğu görülmektedir<sup>152</sup>.

Doğrusal hedef programlama modeli, doğrusal programlama modeli gibi, kısıtlayıcı kümesi ve amaç fonksiyonu şeklinde iki bölümde incelenebilir. Bir doğrusal programlama modelinde yer alan bütün fonksiyonlar (kısıtlayıcılar ve amaç fonksiyonları) hedef programlama modelinin sadece kısıtlayıcı kümesini oluşturur. Hedef programlama modelinde, amaç fonksiyonları için ulaşılmak istenen erişim değerlerini karar vericinin belirlemesi gerekir. Bundan dolayı, erişim değerli amaç fonksiyonları bir eşitlik halinde kısıtlayıcı kümesine eklenir. Bu işlem her bir hedef fonksiyonu için sapma değişkenlerinin tanımlanmasını gerektirir. Sapma değişkenleri, negatif ve pozitif sapma olarak iki kısımda ele alınır.  $d_i^-$  değişkeni ile ifade edilen negatif sapma değişkeninin değeri pozitifse, ilgili hedefin belirlenen erişim düzeyinin altında bir değere ulaşıldığını söylenir;  $d_i^+$  ile gösterilen pozitif sapma değişkeninin değeri sıfırdan büyükse, ilgili hedef için belirlenen erişim düzeyinin aşıldığını söylenir. Eğer ilgili hedef için pozitif ve negatif sapma değişkenleri 0'a eşitse, belirlenen erişim düzeyine tam olarak ulaşıldığı açıktır. Bir hedeften eşanlı olarak tek bir sapma söz konusu olduğu için, sapma değişkenlerinin negatif olmaması gerekir<sup>153</sup>.

Söz konusu doğrusal hedef programlama olduğunda, doğrusal programlama için verilen tanımlar aşağıdaki gibi değiştirilmelidir.

**Tanım 3.1 (Temel Çözüm):** Karar değişkeni sayısı  $n$  ve amaç sayısı  $m$  olmak üzere  $(n+2m)-m$  değişkeninin değeri sıfır olan çözüme temel çözüm denir. Değeri sıfır olan  $(n+m)$  değişkene “temel olmayan değişkenler”, geri kalan  $m$  değişkene de “temel değişkenler” denir.

**Tanım 3.2 (Uygun Çözüm):** Mutlak amaçların tümünü karşılayan bir çözüme “uygun çözüm” denir.

---

<sup>152</sup> Erdoğmuş, Koç ve Koç, s.1.

<sup>153</sup> Özkan, Bulanık Hedef Programlama, s.176-177.

**Tanım 3.3 (En İyi Çözüm):** Eğer bir  $x$  noktası için elde edilen başarı fonksiyonu  $s$ , diğer tüm uygun çözümler için elde edilenlere tercih ediliyor veya aynı kalıyor ise  $x$  “en iyi çözüm” olarak adlandırılır<sup>154</sup>.

### 3.2.4. Doğrusal Hedef Programlamanın Matematiksel Modeli

#### 3.2.4.1. Matematiksel Model

Amaç fonksiyonu, mutlak ve hedef kısıtlarının tümünün doğrusal olduğu çok amaçlı doğrusal hedef programlama modelinin matematiksel formülasyonu ise aşağıdaki gibi yapılabilir.

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{Amaç Fonksiyonu} \\
 \min[P_1w_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+), P_2w_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+), \dots, P_kw_k(\underline{d}^-, \underline{d}^+)] \\
 g_i(x) \leq b_i \quad , i = 1, 2, \dots, m \\
 f_t(x) + d_t^- + d_t^+ = G_t \quad , t = 1, 2, \dots, s \\
 d_j^-, d_j^+ \geq 0 \quad \text{ve} \quad d_j^- \times d_j^+ = 0 \quad , \forall j
 \end{array} \right\} \quad \mathbf{3-15}$$

Doğrusal olan  $w_i(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$  fonksiyonları başarı fonksiyonları olarak adlandırılır.  $g_i(x) \leq b_i$  ifadesi mutlak (absolute) kısıtları,  $f_t(x) + d_t^- + d_t^+ = G_t$  ifadesi ise hedef kısıtlarını göstermektedir.

Hedef kısıtlarında üç farklı durum ortaya çıkabilir. Söz konusu bu durumlar (Çizelge 3-1)'de gösterilmiştir.

<sup>154</sup> Özkan, Bulanık Hedef Programlama, s.178

**Çizelge 3-1 : Hedef Kısıtlarının ortaya çıkma şekilleri**

<b>İstek Durumu</b>	<b>Hedef Kısıtı</b>	<b>Amaç</b>
$f_t(x) \leq G_t$	$f_t(x) + d_t^- + d_t^+ = G_t$	$\min(d_t^+)$
$f_t(x) \geq G_t$	$f_t(x) + d_t^- + d_t^+ = G_t$	$\min(d_t^-)$
$f_t(x) = G_t$	$f_t(x) + d_t^- + d_t^+ = G_t$	$\min(d_t^+ + d_t^-)$

### 3.2.4.2. Tanımlar ve Gösterimler

**Matris** : Gerçel (real) sayılardan oluşmuş iki boyutlu dizilerdir. Matrisler, kalın (bold) yazılmış büyük harflerle gösterilecektir. (**A**, **D**, **I**)

**Matris Elemanı** : **A** matrisinin herhangi bir elemanını göstermek için  $a_{i,j}$  gösterimi kullanılacaktır.  $i$  elemanın matriste bulunduğu satırı,  $j$  ise sütunu göstermektedir.

**Matris Boyutu** :  $(m \times n)$  olarak verilen bir matris,  $m$  satır,  $n$  sütundan oluşuyor demektir.

**Özel Matris Gösterimleri (Special matrix types)**: Matrislerle ilgili bazı özel gösterimler aşağıda listelenmiştir.

$A^T$  : **A** matrisinin transpozesi

$B^{-1}$  : **B** matrisinin inversi (**B** nonsingular olmalı)

$I$  : Birim matris

$(A_1 : A_2)$  :  $A_1$  ve  $A_2$  matrisleri **A** matrisinin iki parçasıdır.

**Vektör** : Bir satır ya da sütundan oluşan ve gerçel sayılar içeren bir dizi olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada kullanılan tüm vektörler sütun vektörlerdir. Satır vektör ihtiyaç duyulduğunda transpoze işleminden yararlanılacaktır. Vektörleri göstermek için kalın yazılmış küçük harfler kullanılacaktır. (**a**, **b**, **x**)

**Özel Vektör Gösterimleri** : Vektörlerle ilgili bazı özel gösterimler aşağıda listelenmiştir.

$a_j$  : **A** matrisinin  $j$ 'inci sütunu,

$\begin{pmatrix} v_1 \\ \dots \\ v_2 \end{pmatrix}$  : **v** vektörünün  $v_1$  ve  $v_2$  olarak iki vektöre ayrılmış hali,

$c^{(k)}$  : **c** vektörünün her bir elemanının  $k$ 'inci hedefteki ağırlığı,

$x \geq 0$  :  $x$  sütun vektörünün elemanlarının tümü sıfıra eşit veya büyük (negatif değil)

olduğunu göstermektedir.

**Vektörün Elemanı** :  $x_j$   $x$  vektörünün  $j$ 'inci elemanını gösterir<sup>155</sup>.

### 3.2.4.3. Doğrusal Hedef Programlama Modelinin Çözümlemesi

#### **Amaç Fonksiyonu**

$$\min u^T = \{c^{(1)T}v, \dots, c^{(k)T}v, \dots, c^{(K)T}v\} \quad 3-16$$

#### **Kısıtlar**

$$Av = b \quad 3-17$$

$$v \geq 0 \quad 3-18$$

$$v = \begin{pmatrix} x \\ \dots \\ d^- \\ \dots \\ d^+ \end{pmatrix} \quad 3-19$$

<sup>155</sup> Ignizio s.16-17.

$x$  : yapısal (karar) değişkenleri

$d^-$  : negatif sapma değişkenleri

$d^+$  : pozitif sapma değişkenleri

Ayrıca,  $c_k^{(k)}$  yapısal değişkenler (karar değişkenleri) olan  $X$  değişkenlerinin ağırlıklarını gösterir<sup>156</sup>.

$$c^{(k)T} \geq 0, \forall k \quad \text{3-20}$$

Kısıtları ifade eden

$$Av = b \quad \text{3-21}$$

denkleminde  $A$  matrisi  $B$  ve  $N$  diye iki matrisi bölünebilir. Bu durum aşağıdaki gibi ifade edilebilir<sup>157</sup>.

$$A = (B : N)$$

$B$  :  $m \times m$  boyutlu nonsingular bir matristir. Temel matris olarak adlandırılır.

$N$  :  $m \times (n - m)$  boyutunda bir matris.

$v$  vektörü de benzer şekilde iki vektöre bölünebilir.

$$v = \begin{pmatrix} v_B \\ \dots \\ v_N \end{pmatrix} \quad \text{3-22}$$

$v_B$  : Temel değişkenler seti

$v_N$  : Temel olmayan değişkenler seti

---

<sup>156</sup> Ignizio s.33.

<sup>157</sup> Hwang ve Masud, s.67.

Yeni ifadeler (3-17)'de yerine konulduğunda,

$$Av = b \text{ eşitliğini,}$$

$$Bv_B + Nv_N = b \quad 3-23$$

şeklinde yazılabilir. **B** matrisi nonsingular (tersi alınabilen) bir matris olduğu için ifadenin her iki tarafı  $B^{-1}$  ile çarpılırsa ifade,

$$B^{-1}Bv_B + B^{-1}Nv_N = B^{-1}b \quad 3-24$$

haline dönüşür.  $B^{-1}B$  ifadesi birim matrise eşit olduğu için eşitlik,

$$v_B + B^{-1}Nv_N = B^{-1}b \quad 3-25$$

haline dönüşür. Eşitlikte  $v_B$  yalnız bırakıldığında,

$$v_B = B^{-1}b - B^{-1}Nv_N \quad 3-26$$

eşitliğine ulaşılmış olur<sup>158</sup>.

Yine, (3.16)'da verilen Doğrusal Hedef Programlama modelinin başarı fonksiyonu incelenirse  $\mathbf{u}$ 'nun  $k$ 'ninci elemanı yani,  $c^{(k)T}v$  ifadesi,  $v$  vektörü (3.22)'deki gibi iki bölüme ayrıldığında,

$$c_B^{(k)T}v_B + c_N^{(k)T}v_N \quad 3-27$$

şeklinde yazılabilir. Bu şekilde temel ( $v_B$ ) ve temel olmayan değişkenler ( $v_N$ ) ayrı ayrı gösterilmiş olur. Bu durumda  $c^{(k)T}v$  ifadesi şöyle yazılabilir.

$$c^{(k)T}v = c_B^{(k)T}v_B + c_N^{(k)T}v_N$$

ifadesi ( $v_B$ )'nin (3.28)'nolu denklemde bulunan karşılığı yerine yazıldığında,

---

<sup>158</sup> Ignizio s.33-34.

$$c^{(k)T} v = c_B^{(k)T} (B^{-1}b - B^{-1}Nv_N) + c_N^{(k)T} v_N \quad 3-28$$

haline dönüşür. Gerekli düzenlemeler yapıldığında eşitlik aşağıdaki gibi olacaktır<sup>159</sup>.

$$c^{(k)T} v = c_B^{(k)T} B^{-1}b - (c_B^{(k)T} B^{-1}N - c_N^{(k)T})v_N \quad 3-29$$

İfadeyi daha yalın hale getirmek için aşağıdaki dönüşümleri kullanılır.

$$\beta = B^{-1}b \quad 3-30$$

$$\pi^{(k)T} = c_B^{(k)T} B^{-1} \quad 3-31$$

$$\alpha = B^{-1}N \quad \text{ve} \quad \alpha_j = B^{-1}a_j$$

$a_j$ ,  $\mathbf{A}$  matrisinin  $j$ 'inci sütununu gösterir.

Bu durumda değiştirilmiş (transformed) ya da düzenlenmiş (reduced) “Doğrusal Hedef Programlama” modeli aşağıdaki form dönüşür<sup>160</sup>.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Amaç Fonksiyonu} \\ \min u^T = \{[c_B^{(1)T} \beta - (\pi^{(1)T} N - c_N^{(1)T})v_N], \dots, [c_B^{(K)T} \beta - (\pi^{(K)T} N - c_N^{(K)T})v_N]\} \\ \text{Kısıtlar} \\ v_B = \beta - \beta^{-1} N v_N \\ v = \begin{pmatrix} v_B \\ \dots \\ v_N \end{pmatrix} \geq 0 \end{array} \right\} \quad 3-32$$

<sup>159</sup> Ignizio s.34-35.

<sup>160</sup> Hwang ve Masud, s.72.

Yukarıdaki matematiksel doğrusal hedef programlama modeli (Çizelge 3-2) üzerinde özetleyebiliriz<sup>161</sup>.

**Çizelge 3-2 : Doğrusal Hedef Programlama Tablosu**

	$v_B$	$v_N$	$\beta$ (ya da rhs)
$v_B$	$B^{-1}B = I$	$B^{-1}N$	$B^{-1}b$
$P_1$	0	$c_B^{(1)T} B^{-1}N - c_N^{(1)T}$	$c_B^{(1)T} B^{-1}b$
$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
$P_K$		$c_B^{(K)T} B^{-1}N - c_N^{(K)T}$	$c_B^{(K)T} B^{-1}b$

Temel çözüm, tüm temel olmayan değişkenlerin sifıra eşit olduğu çözüm olarak tanımlanabilir. Yan, eğer  $v_N = 0$  ise temel çözüm vardır.  $v_N = 0$  olması durumunda  $B^{-1}Nv_N = 0$  sonucu da sıfır olacaktır. Bu durumda  $v_B$ ,

$$v_B = B^{-1}b - B^{-1}Nv_N = B^{-1}b \quad 3-33$$

(3.33)'deki denklemin tüm terimlerin değerleri negatif değilse, temel mümkün çözüm söz konusudur. Temel mümkün çözüm (3-34)'deki gibi ifade edilir<sup>162</sup>.

$$v = \begin{bmatrix} v_B \geq 0 \\ \dots\dots\dots \\ v_N = 0 \end{bmatrix} \geq 0 \quad 3-34$$

Doğrusal hedef programlamada, doğrusal programlamada olduğu gibi optimum çözüm, daima temel mümkün çözümde bulunur<sup>163</sup>.

<sup>161</sup> Ignizio s.35.

<sup>162</sup> Deb, s.121.

<sup>163</sup> Ignizio s.35-36.

### 3.3. DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMA PROBLEMİNİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

#### 3.3.1. Grafik Yöntemi

Grafik yöntemi üç ya da daha fazla değişkenin bulunduğu problemlerin çözümü için uygun bir yöntem değildir. Ancak bu yöntem ile büyük boyutlu problemler için kullanılan çözüm yöntemlerinin anlaşılması sağlanabilir.

Hedef programlama probleminde  $f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ = G_t$   $t$ 'inci hedefin kısıtını ifade eder. Açıkça bu kısıt her hedef değeri  $G_t$  için, Euclidean uzayında hiper düzlem olarak gösterilir. Eğer  $t$ 'inci hedefin amacı  $\min d_t^+$  ise, optimal çözümleri  $f_t(\underline{x}) \leq G_t$  yarı uzayında aranır. Çünkü  $f_t(\underline{x}) \leq G_t$  yarı uzayında olan tüm noktalar için  $d_t^+ = 0$ 'dır. Yani amacı  $\min d_t^+$  olduğunda istek noktalarının kümesi  $f_t(\underline{x}) \leq G_t$  yarı uzayının noktalarıdır. Aynı şekilde amaç  $\min d_t^-$  ise, optimal noktalar  $f_t(\underline{x}) \geq G_t$  yarı uzayında aranır. Çünkü  $f_t(\underline{x}) \geq G_t$  yarı uzayında olan tüm noktalar için  $d_t^- = 0$ 'dır. Bu durumda istek noktaları kümesi  $f_t(\underline{x}) \geq G_t$  yarı uzayının noktalarıdır. Son olarak  $f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ = G_t$ ,  $t$ 'inci hedefin kısıtı olmak üzere, bu hedef için  $(d_t^- + d_t^+)$ 'nin değerinin minimizasyonu istenirse; o zaman istek noktalarının kümesi  $f_t(\underline{x}) = G_t$  hiper düzlemi üzerinde olan noktaların tümüdür<sup>164</sup>.

$P$ ; kısıtlardan oluşturulan bir konveks bölge olduğu kabul edildiğinde iki değişik durum karşımıza çıkar. Birinci durum,  $P$  ile istek noktalarının kümesiyle olan kesişim boş değil ise, bu kesişim tüm optimal noktaları içerir. Diğer durumda, yani  $P$ 'nin istek noktalarının kümesiyle olan kesişim boş ise,  $z$ 'nin değeri en az şekilde veren noktalı doğrunun üzerinde olan  $P$ 'nin noktaları optimal noktalar olur.

$P$ , kısıtlardan oluşturulan konveks bölgeyi,  $S$  ise verilen bir amaç fonksiyonu için istek noktalarının kümesini gösterdiğinde  $P$  ve  $S$ 'nin ikisi de konveks olduğunda,

---

<sup>164</sup> Walter De Gruyter, **Continuos Optimization Models : Theory, Techigues, Applications, Operating Research**, Berlin, 1987, s. 394-395.

$P \cap S$  de konveks bölge olur.  $P \cap S$  işlemini sonucuna göre aşağıdaki durumlar ortaya çıkar<sup>165</sup>.

**1. Durum :**  $P \cap S = P$  ise,  $P$ 'nin tüm noktaları için amaç fonksiyonu sıfırdır. Bundan sonra gelecek öncelik düzeyinde olan amaç fonksiyonuna geçilir. Ve bu amaç fonksiyonu için  $P$ 'den optimal nokta aranır.

**2. Durum :**  $P \cap S \neq \emptyset$  ise,  $P$ 'de olan  $S$ 'de olmayan en az bir nokta vardır. Bu durumda sadece  $P \cap S$  noktaları alınır. Çünkü bu noktalar hem uygundurlar ( $P$ 'nin elemanları oldukları için) hem de onlar için verilen amaç fonksiyonunun minimizasyonu sıfır değeri alır ( $S$ 'nin elemanları). Böyle bir durumda  $P \cap S$  yeni  $P$  olarak alınır ve bu yeni  $P$  bölgesi ile sonraki öncelik düzeyinde olan amaç fonksiyonuna hareket edilir.

**3. Durum :**  $P \cap S = \emptyset$  ise,  $P$ 'nin elemanları ve aynı zamanda verilen amaç fonksiyonunun minimizasyona sıfır değeri veren noktalar yoktur. Böylece  $P$ 'de olan ve aynı zamanda amaç fonksiyonuna en az değeri veren noktalar, en iyi çözümler olarak alınır ve bu noktalardan oluşan bölge (eski  $P$  bölgesinin alt bölgesidir) yeni  $P$  bölgesi olarak alınır. Gelecek olan öncelik düzeyinde bu yeni  $P$  bölgesi kullanılır. Eğer yeni bölge içinde yalnızca bir nokta var ise bu nokta problemin tek çözümüdür.

Doğrusal hedef programlama probleminin grafik çözümünü bulmak için, önce orijinal bölge yani  $P$  bölgesi, bulunmalıdır. Önce en yüksek öncelik düzeyinde olan amaç fonksiyonunun minimizasyonu aranır. Bu amaç fonksiyonunu minimum yapan noktaların oluşturduğu bölge  $P$  olarak belirlenir. Daha sonra daha düşük öncelikli düzeye hareket edilir, bu düzeyde olan amaç fonksiyonu için yeni bölge kullanılır. Bu işlem için şöyle bir algoritma yazılabilir.

**1. Adım :** Kısıtlardan oluşturulan  $P$  bölgesini çizilir.  $S_1, S_2, \dots, S_r$ ;  $r$  tane öncelik düzeylerine karşılık gelen istek noktaları kümeleri bulunur.  $k$  değişkenine 1 değeri atanır.

---

<sup>165</sup> Deb, s.147.

**2. Adım :**  $k = (r+1)$  mi? Eğer evetse; Çözüm kümesi bulunmuştur ve  $P$  bölgesinde olan tüm noktalar optimaldir. Sonuç bulunmuştur. Çözme işlemine son verilir. Eğer hayırsa; 3. adıma gidilir.

**3. Adım :**  $P \cap S_k = P$  mi? Eğer evetse;  $k$  değişkeninin değeri 1 arttırılır ( $k = k + 1$ ) ve 2. adıma dönülür. Eğer hayırsa; 4. adıma gidilir.

**4. Adım :**  $P \cap S_k = \emptyset$  mi? Eğer evetse; 5. adıma gidilir. Eğer hayırsa;  $P$ 'ye  $P \cap S_k$  atanır ( $P = P \cap S_k$ ),  $k$  değişkeninin değeri 1 arttırılır ( $k = k + 1$ ) ve 2. adıma dönülür.

**5. Adım :**  $P$ 'nin, amaç fonksiyonuna en az değeri veren noktaları, yeni  $P$  bölgesini oluşturmaktadır. Eğer yeni bölgede yalnızca bir nokta var ise bu nokta optimal çözüm noktasıdır. Sonuç bulunmuştur. Çözme işlemine son verilir. Yeni bölgede birden fazla nokta varsa,  $k$  değeri 1 arttırılır ( $k = k + 1$ ) ve 2. adıma dönülür<sup>166</sup>.

### 3.3.2. Ardışık Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi

Ardışık doğrusal hedef programlama yönteminde hedefler öncelik düzeylerine göre parçalara ayrılarak her bir öncelik düzeyi için,

$$\text{Min } S_1 = w_1(d_1^-, d_1^+) \quad \text{3-35}$$

$$f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ = G_t \quad t \in P_1 \quad \text{3-36}$$

$$x_j, d_t^-, d_t^+ \geq 0 \quad \forall t, j \quad \text{3-37}$$

şeklinde tek amaçlı doğrusal programlama modeli oluşturulur. Bu modelde yalnızca, birinci öncelik düzeyindeki hedeflere ilişkin sapmalar minimize edilmektedir.  $S_1$  için bulunan optimal çözüm  $S_1^*$  olarak gösterilir. Daha sonra bir sonraki öncelik düzeyine geçilerek, erişim fonksiyonunun  $S_2$  terimi minimize edilir. Bu modelin kısıtları, birinci öncelik düzeyindeki tüm hedefler, ikinci öncelik düzeyindeki tüm hedefler ve

---

<sup>166</sup> Gruyter, s.398-399.

$w_1(d_1^-, d_1^+) = S_1^*$  dır.  $S_1^*$  'ın kısıt olarak alınmasının nedeni ikinci öncelikli hedefin birinci öncelikli hedefin önüne geçmesini engellemektir. Süreç tüm öncelik düzeyleri ele alınıncaya kadar devam eder. Çözülen son doğrusal programlamanın çözümü, hedef programlamanın çözümünü verir<sup>167</sup>.

Ardışık doğrusal hedef programlama yönteminin adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

**Adım 1 :**  $k=1$  alınır ve birinci öncelik düzeyinden başlanır.

**Adım 2 :** Birinci öncelik düzeyi için doğrusal programlama modeli oluşturulur.

**Adım 3 :** İkinci adımda oluşturulan model simpleks yöntemi ile çözülür ve optimal çözüm  $S_k^*$  olarak belirlenir.

**Adım 4 :**  $k$ 'nın değeri 1 arttırılır ( $k=k+1$ ). Eğer  $k>K$  ise yedinci adıma geçilir.

**Adım 5 :**  $k$ 'nci düzey için doğrusal programlama modeli kurulur. Önceki adımlarda elde edilen tüm sonuçlar kısıt olarak eklenerek

$$\text{Min } G_k = w_k(d_k^-, d_k^+) \quad 3-38$$

$$f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ = b_t \quad 3-39$$

$$w_i(d_i^-, d_i^+) = S_i^* \quad 3-40$$

$$x_j, d_t^-, d_t^+ \geq 0 \quad \forall t, j \quad 3-41$$

$$i=1, 2, \dots, k-1 \quad 3-42$$

$t=1, 2, \dots, k$  öncelik düzeylerindeki hedef ya da kısıtların indis kümesi şeklinde yazılır.

**Adım 6 :** Üçüncü adıma geri dönülür.

---

<sup>167</sup> Deb, s.201.

**Adım 7 :** Son doğrusal programlama modeli çözüldüğünde, elde edilen  $x^*$  çözümünü orijinal doğrusal hedef programlama modelinin çözümüdür.

### 3.3.3. DHP Modelinin Değiştirilmiş Simpleks Yöntem ile Çözümü

Simpleks yöntemi standart formda yazılmış olan bir doğrusal programlama problemini ardışık (iteratif) işlemlerle çözen bir yöntemdir<sup>168</sup>. Klasik doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan Simpleks yöntem biraz geliştirilerek doğrusal hedef programlama problemlerinin çözümünde de kullanılabilir.

Doğrusal hedef programlama problemlerinin çözümü, klasik Simpleks yönteminde bazı değişikliklerle gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle, bu amaç için kullanılan yöntem “Değiştirilmiş Simpleks Yöntemi” (bazı kaynaklarda değiştirilmiş ifadesi yerine *düzeltilmiş* ifadesi de kullanılmaktadır) olarak bilinir.

Hedef programlamada temel amaç, hedeflerin erişilemeyen kısımlarının toplamının en küçüklenmesidir. Bu, belirli gölge öncelikli faktörleri ve farklı ağırlıklar kullanılarak sapma değişkenlerinin en küçüklenmesiyle elde edilir. Amaç fonksiyonunda herhangi bir kâr maksimizasyonu ya da maliyet minimizasyonu yoktur. Bu nedenle gölge öncelik faktörleri ve farklı ağırlıklar, klasik doğrusal programlamadaki  $c_j$ 'lerin yerini alır.

Amaç fonksiyonu belirli değerlere öncelik faktörleri atanarak ifade edilir. Bu gölge öncelik faktörleri sayısal olmaktan ziyade, bir tercihi ifade edecek şekilde sözlü olduğundan çok boyutludur. Diğer bir ifade ile farklı düzeylerdeki öncelik faktörleri aynı birimle ölçülemez. Dolayısıyla Simpleks kriteri ( $z_j$  ya da  $z_j - c_j$ ) klasik doğrusal programlamada olduğu gibi bir tek satırla ifade edilemez. Burada Simpleks kriteri,  $l$  gölge öncelikli faktörlerin sayısını,  $n$  değişken sayısını göstermek üzere, sapma ve karar değişkenlerini içeren  $(lxn)$  boyutlu bir matris olmaktadır.

Simpleks kriteri bir satırdan ziyade bir matris ile ifade edildiği için anahtar sütunun belirlenmesinde farklı bir işleme ihtiyaç vardır. Gölge öncelikli faktörleri

---

<sup>168</sup> Stephan G.Nash ve Ariela Sofer, **Linear and Nonlinear Programming**, Singapore : McGraw-Hill Companies, International Editions, 1996, s. 95

arasında  $P_j \gg P_{j+1}$  ilişkisi vardır. Yani,  $P_j, P_{j+1}$ 'den her durumda daha önemlidir. O halde anahtar sütunun seçiminde gölge öncelik faktörleri esas alınmalıdır.

Başlangıç çözümünün, bütün karar değişkenlerinin sıfır olduğu, orijinde olduğu kabul edilir.

Hedef Programlamada ilk önce, en önemli hedef, daha sonra önem sırasına göre diğerleri benzer bir şekilde minimize edilir. Bu durumda, anahtar sütunun seçiminin her bir değişkenin en önemli başarıma fonksiyonunun minimize edilmesine olan katkısına dayanacağı açıkça görülmektedir. İlk başarıma fonksiyonu tamamen tatmin edildikten sonra, anahtar sütunun seçim kriteri, birinci başarıma fonksiyonunun tatmin değerini bozmadan ikinci başarıma fonksiyonunun tatmin edilmesini esas alacaktır. Bu işlem benzer şekilde devam eder<sup>169</sup>.

Geleneksel simpleks yaklaşımı ile hedef programlamadaki Simpleks yöntemi arasında farklıları özetlemek gerekirse,

a) Geleneksel simpleks tablosunda sadece tek bir (*satır 0*) söz konusu iken; hedef programlamadaki simpleks tablosunda (her öncelikli hedef kümesine karşılık gelen 1 tane olmak üzere) n adet (*satır 0*) bulunmaktadır.

b) Hedef programlamadaki simpleks yönteminde, temele girecek değişkenin belirlenmesinde şu yöntem kullanılır: Henüz karşılanmamış en yüksek öncelikli amacı (amaç *i*) bul (veya  $z_i > 0$ 'a sahip olan en yüksek öncelikli amaç *i* bul). *Satır 0*'daki (amaç *i*) en büyük pozitif katsayılı değişkeni temele koy. **Şayet, amaç *i*'den daha yüksek önceliğe sahip bir amaç *0*'da negatif katsayıya sahipse; bu değişken temele girmez.** En büyük pozitif katsayılı değişken temele giremiyorsa, *satır 0*'da pozitif katsayılı bir başka katsayılı değişken bulmaya çalışır.

c) Hedef programdaki simpleks yönteminde, temelden ayrılan değişkenin belirlenmesinde geleneksel simpleks yönteminden farklı olan tek nokta kısıtları arasında

---

<sup>169</sup> Matthias Ehrgott, **Multicriteria Optimization**, Second Edition, Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, , 2005, s.178-181.

yer alan  $d_j^+ \times d_j^- = 0$  kısıtlarının sağlanması için  $d_j^+$  ve  $d_j^-$  grubunun aynı zamanda temelde yer almasını engellenmektedir.

d) Bir pivot gerçekleşiyorsa, her amaç için *satır 0* güncellenmelidir.

e) Tüm hedefler ( $z_1=z_2=.....=z_n=0$ ) ise, tablo optimal çözümü verecektir, veya karşılanmayan her bir  $i$ ' hedefi için  $z_i$ ' nin değerini düşürebilen ve temele girebilen her değişken, hedef  $i$ ' den daha yüksek öncelikli bazı hedef  $i$ 'lerden kaynaklı sapmayı artıracaktır<sup>170</sup>.

Tüm bu bilgiler ışığında Doğrusal Hedef Programlama probleminin simpleks çözümün aşamaları adım adım aşağıdaki gibidir.

### **3.3.3.1. Hedef Programlama Modelinin İlk Tablosunun (Başlangıç Simpleks Tablosu) Kurulması**

Başlangıç çözüm olarak orijin kabul edildiği için model kısıtları içinde yer alan bütün negatif sapma değişkenleri modele girmelidir. Kısıtlar, bir liste halinde toplanıp, tüm değişkenlerin katsayıları tabloda yerine konulur. Ayrıca öncelikli faktörler ve ağırlık farkları da liste haline getirilip  $Z_j - C_j$ 'nin  $V$  sütununda düşük kıdemliler üstte, yüksek kıdemliler altta olmak üzere sıralanır. Daha sonra  $Z_j$  değerleri hesaplanıp  $C$  sütununa kaydedilir. Son olarak,  $Z_j - C_j$  değerleri ilk değişkenden son pozitif sapma değişkenine kadar her sütun için hesaplanır<sup>171</sup>.

---

<sup>170</sup> Ehrgott, s.171-184.

<sup>171</sup> Öztürk, s.310.

**Çizelge 3-3 : Başlangıç Simpleks Tablosu**

$C_j$														
	$V$	$C$	$X_1$	$X_2$	$\dots$	$X_m$	$d_1^-$	$d_2^-$	$\dots$	$d_n^-$	$d_1^+$	$d_2^+$	$\dots$	$d_n^+$
$w_1P_1$	$d_1^-$		.....											
$w_2P_2$	$d_2^-$		.....											
...	...		.....											
...	...		.....											
...	...		.....											
$w_nP_n$	$d_n^-$		.....											
$Z_j - C_j$	$P_t$		.....											
	...		.....											
	...		.....											
	...		.....											
	$P_2$		.....											
	$P_1$		.....											

### 3.3.3.2. Çözümeye Girecek Değişkenlerin Belirlenmesi

Bu adım, optimum sütunun belirlenmesi için yapılanlardan farklı değildir. İlk olarak en yüksek düzey belirlenir. Bu belirlendikten sonra en yüksek ( $Z_j - C_j$ ) değeri (pozitif) değişkenler sütununda belirlenir. Daha sonra bir düşük kıdemlilik düzeyi kontrol edilir ve düşük kıdemli fakat pozitif değerdeki sütun seçilir. Eğer düğüm çözülmezse keyfi olarak bir başkası seçilir. Diğer sütun, sonraki tekrarlamalarda seçilmiş olacaktır<sup>172</sup>.

### 3.3.3.3. Çözümünden Çıkacak Değişkenlerin Belirlenmesi

Süreç, anahtar satırın bulunmasıyla aynıdır. Optimum sütun için değişkenlerin katsayılara bölünmesiyle elde edilen değerler hesaplanır. Minimum pozitif ya da sıfır değerine sahip satır seçilir. Bu satırdaki değişken daha sonraki aşamada optimum sütunundaki değişken ile yer değiştirecektir. Eğer değişkenler katsayılarına bölüldüğü zaman orada bir düğüm oluşursa, yüksek kıdemlilik faktörü olan değişkenin bulunduğu satır tesbit edilir. Bu süreç yüksek kıdemliliği sahip amaçların ilk etapta başarılmasına olanak tanır<sup>173</sup>.

<sup>172</sup> Patır, s.81.

<sup>173</sup> Patır, s.81.

#### **3.3.3.4. Yeni Mümkün zmn Belirlenmesi**

İlk olarak, kesişme noktasındaki elemanın eski değerine bölünmesiyle elde edilen yeni değişken ve katsayıların bulunduğu anahtar satır belirlenir. Bu eleman anahtar satır ile optimum sütunun kesişme yerindeki elemandır.

İkinci olarak, bilinen hesap yolu ile (bu satırın kesişme elemanının eski değeri x aynı sırunda yer alan anahtar sıradaki yeni değer) diğer satırlardaki yeni değerler bulunur. Kıdemlilik satırlarını belirlemek için  $(Z_j - C_j)$  değerlerini belirleyerek tablo tamamlanır<sup>174</sup>.

#### **3.3.3.5. zmn Optimal Olup Olmadığının Belirlenmesi**

İlk olarak, her kıdemlilik satırı için  $Z_j$  değerlerini kontrol ederek, her amaç için elde edilen başarı analiz edilir.

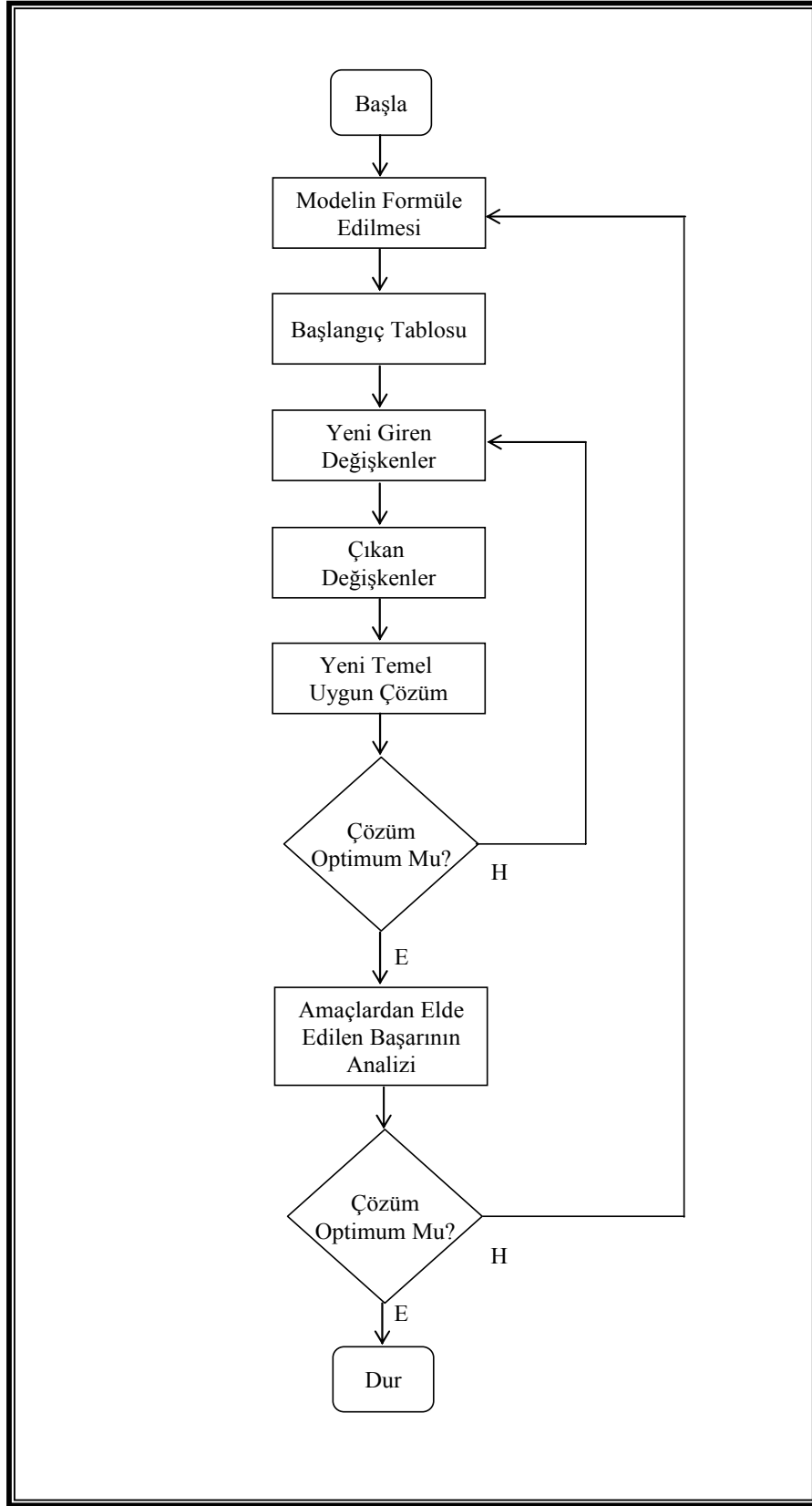
İkinci olarak, eğer bir pozitif değer  $Z_j$  için mevcutsa  $(Z_j - C_j)$  katsayıları bu satır için kontrol edilir. Eğer pozitif  $(Z_j - C_j)$  değerleri o satır için mevcutsa, negatif  $(Z_j - C_j)$  değerlerinin aynı sütun için daha yüksek kıdemlilikte olup olmadığı kontrol edilir. Eğer negatif  $(Z_j - C_j)$  değerleri o satırda  $(Z_j - C_j)$  değerlerinden daha büyük ise çözüm optimumdur.

cnc olarak, pozitif  $(Z_j - C_j)$  değerinden yüksek kıdemliliğe sahip negatif bir  $(Z_j - C_j)$  değeri yoksa, çözüm optimum değildir<sup>175</sup>.

---

<sup>174</sup> Patır, s.82.

<sup>175</sup> ztrk, s.310-311.



Şekil 3-1 : Hedef Programlamanın Simpleks Yöntemle Çözüm Süreci

### 3.3.4. Tamsayılı DHP Modellerinin Çözüm Yöntemleri

Uygulamada karşılaşılan bazı durumlarda, karar değişkenlerinin bir kısmının ya da tamamının tamsayı değerler alması gerekebilir<sup>176</sup>. Tamsayılı programlama, model değişkenlerinin bazılarının veya hepsinin tamsayı değerler alması koşulunu içeren bir programlama türüdür<sup>177</sup>. Böyle durumlarda kullanılan doğrusal hedef programlama problemlerine tamsayılı doğrusal hedef programlama problemi denir.

Tamsayılı doğrusal hedef programlama modeli;

$$\text{Min } S = [P_1 w_1(d^-, d^+), P_2 w_2(d^-, d^+), \dots, P_k w_k(d^-, d^+)] \quad 3-43$$

$$f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ = b_t \quad \forall t \quad 3-44$$

$$x_j, d_t^-, d_t^+ \geq 0 \quad \forall t, j \quad 3-45$$

$$x_i = 0, 1, 2, \dots \quad i \in \theta \quad 3-46$$

$i$ , hedef kısıtı sayısını  $j$ , karar değişkeni sayısını ve  $\theta$ , tamsayı değer alan karar değişkenlerinin indis kümesini gösterecek şekilde formüle edilir<sup>178</sup>.

#### 3.3.4.1. Gomory'nin Kesme Düzlemi Yöntemi

Tamsayılı doğrusal hedef programlama modellerinin çözümünde kullanılan kesme düzlemi yöntemi, tamsayılı doğrusal programlama modellerinde kullanılan kesme düzlemi yöntemine çok benzerdir. Gomory kesme düzlemi yönteminin adımları aşağıda verilmiştir<sup>179</sup>;

**Adım 1 :** Her bir amacın hem sağ yan hem de sol yandaki tüm katsayıları tamsayı olmalıdır. Gerekirse bunu sağlamak için sabit bir çarpan kullanılabilir.

---

<sup>176</sup> Öztürk, s.167.

<sup>177</sup> Cinemre, Yöneylem Araştırması, s.221.

<sup>178</sup> Salah R. Agha, "Use of Goal Programming and Integer Programming for Water Quality Management – A Case Study of Gaza Strip", **European Journal of Operational Research** Vol.174, No. 1 (2006), s.1991-1998.

<sup>179</sup> K. Mirrazavi, D.F. Jones ve M. Tamiz, "A Comprasion of Genetic and conventional Methods of The Solution of Integer Goal Programming", **Europan Journal of Operational Research**, Vol.132, No. 1, s.596.

**Adım 2 :** Karar vericiler, önce mutlak amaçların öncelik düzeylerini belirlerler. Daha sonra problem, çok aşamalı simpleks yöntemiyle çözülür. Eğer çözümdeki karar değişkenlerinin tümünün değerleri tamsayı ise aranan çözüm bulunmuştur. Karar değişkenlerinin tümü tamsayı değilse 3. adıma geçilir.

**Adım 3:** İkinci adımda bulunan çok aşamalı simpleks çizelgesinden tamsayı olmayan bir değişken seçilir. Genellikle, pozitif kesirli kısmı en büyük olan değişken seçilir ve tamsayılı değişkenlerin elde edilmesini sağlamak için bir kesme düzlemi amacı formüle edilir.

**Adım 4 :** Kesme düzlemi amacı, bir mutlak amaç olarak ilk öncelik düzeyinde problem formülasyonuna eklenir ve ikinci adıma dönülür.

Kesme düzlemi amacı Çizelge 3-4 kullanılarak bulunur. Çizelge 3-4, çok aşamalı simpleks yöntemin uygulanmasıyla elde edilen bitiş çizelgesidir.

**Çizelge 3-4 :** Çok Boyutlu Simpleks Yöntemin Bitiş Çizelgesi

		$P_K$	$W_{K,1} \dots W_{K,s} \dots W_{K,S}$	
		.	.	.
		.	.	.
		.	.	.
		$P_1$	$W_{1,1} \dots W_{1,s} \dots W_{1,S}$	
$P_K \dots P_1$	$V$	$t_1 \dots t_s \dots t_S$		$\widehat{b}$
$U_{1,K} \dots U_{1,1}$	$y_K$	$e_{1,1} \dots e_{1,s} \dots e_{1,S}$		$\widehat{b}_1$
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
$U_{i,K} \dots U_{i,1}$	$y_i$	$e_{i,1} \dots e_{i,s} \dots e_{i,S}$		$\widehat{b}_i$
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
$U_{m,K} \dots U_{m,1}$	$y_m$	$e_{m,1} \dots e_{m,s} \dots e_{m,S}$		$\widehat{b}_m$
	$P_K$	$l_{1,1} \dots l_{1,s} \dots l_{1,S}$		$a_1$
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	$P_1$	$l_{K,1} \dots l_{K,s} \dots l_{K,S}$		$a_K$

Çizelge 3-4'de,

$\widehat{b}_i$  :  $i$ . hedefteki sağ taraf sabiti veya hedef değeri

$y_i$  :  $i$ . temel değişken

$t_s$  :  $s$ . temel olmayan değişken

şeklinde tanımlanmıştır<sup>180</sup>.

Çizelge 3-4'de  $\widehat{b}_i$ 'nin tamsayı olmadığı varsayalım. Bu durumda  $y_i$  bir tamsayı değildir.  $i$ . amaç, temel olmayan değişkenlere ve  $y_i$ 'ye bağlı olarak,

$$y_i + \sum_{s=1}^S e_{i,s} t_s = \widehat{b}_i \quad 3-47$$

şeklinde yazılabilir.  $A \leq a$  olacak şekilde en büyük tamsayı olarak verilsin. Bu durumda varsayalım ki,

$$\widehat{b}_i = [\widehat{b}_i] + f_i \quad 3-48$$

$$e_{i,s} = [e_{i,s}] + f_{i,s} \quad 3-49$$

olsun. Buradan  $f_i$  ve  $f_{i,s}$

$$0 < f_i < 1 \quad 3-50$$

$$0 < f_{i,s} < 1 \quad 3-51$$

Koşullarını sağlayan değerlerdir. (3-48) ve (3-49), (3-47)'de yerine konulduğunda,

---

<sup>180</sup> Mirrazavi, Jones ve Tamiz, s.597.

$$y_i + \sum_{s=1}^S \{[e_{i,s}] + f_{i,s}\}t_s = [\widehat{b}_i] + f_i \quad 3-52$$

$$y_i + \sum_{s=1}^S [e_{i,s}]t_s - [\widehat{b}_i] = f_i - \sum_{s=1}^S f_{i,s}t_s \quad 3-53$$

elde edilir.

Son çözümde tüm değişkenlerin tamsayı değer alması yani  $y_i$  ve tüm  $t_s$ 'lerin tamsayı değere sahip olması istenir. Ayrıca  $[e_{i,s}]$  ve  $[\widehat{b}_i]$  tamsayı olarak tanımlanmıştır.

Buna göre,

$$y_i + \sum_{s=1}^S [e_{i,s}]t_s - [\widehat{b}_i] \quad \text{ve} \quad f_i - \sum_{s=1}^S f_{i,s}t_s \quad \text{ifadeleri birer tamsayı olmalıdır}^{181}.$$

$$t_s \geq 0 \quad \text{ve} \quad (3-50), \quad (3-50) \quad \text{eşitsizlikleri gözönüne alındığında} \quad \sum_{s=1}^S f_{i,s}t_s \geq 0 \quad \text{ve}$$

$$f_i - \sum_{s=1}^S f_{i,s}t_s \leq f_i < 1 \quad \text{olur. Bununla birlikte,} \quad f_i - \sum_{s=1}^S f_{i,s}t_s \quad \text{ifadesi tamsayı olacağından,}$$

$$f_i - \sum_{s=1}^S f_{i,s}t_s \leq 0 \quad \text{olmalıdır.}$$

Bu son ifade kesme düzlemi amacı olarak bilinir ve

$$-f_i + \sum_{s=1}^S f_{i,s}t_s \geq 0 \quad 3-54$$

$$\sum_{s=1}^S f_{i,s}t_s \geq f_i \quad 3-55$$

$$\sum_{s=1}^S f_{i,s}t_s + d_q^- - d_q^+ = f_i \quad 3-56$$

---

<sup>181</sup> Agha, s.1998-1995.

biçiminde gösterilir<sup>182</sup>.

Burada  $q$  kesme düzlemi koşulunun indisini gösterir ve  $q > m$ 'dir. (3-56)'daki kesme düzlemi amacını elde etmek için birinci öncelik düzeyinde  $nq$  minimize edilmelidir<sup>183</sup>.

### 3.3.4.2. Dal-Sınır Yöntemi

Genellikle karma tamsayılı doğrusal programlama modellerine uygulanan bu yöntem, tamsayılı doğrusal hedef programlama modellerine de kolayca uygulanabilir. Bu yöntem tamsayılı doğrusal hedef programlama problemlerine uygulandığında, problem, değişkenlerin tamsayılı olma koşuluna bakılmaksızın genel doğrusal hedef programlama yöntemi ile çözülür. Doğrusal hedef programlamanın verdiği çözüm tamsayılı ise optimum çözüme ulaşılmıştır. Ancak çözüm tamsayı koşulunu sağlamıyorsa, tamsayı olması gerektiği halde tamsayı değerine sahip olmayan bir değişken seçilir. Seçilen bu değişken kullanılarak iki yeni mutlak amaç bulunur.  $x_s$  tamsayı kısıtı varken tamsayı olmayan değişken olsun.  $x_s$ 'nin kesirli kısmı  $\hat{x}_s$  ile ve  $x_s$  değerinden daha küçük olan en büyük tamsayı değeri  $[x_s]$  ile gösterilirse,

$$x_s = [x_s] + \hat{x}_s \quad 3-57$$

$$[x_s] \leq x_s \leq [x_s] + 1 \quad 3-58$$

yazılabilir<sup>184</sup>.

Bu aralık  $x_s$  için uygun olmaz. Aralıktaki herhangi bir çözümden sakınmak için

$$[x_s] \leq x_s \quad 3-59$$

$$x_s \geq [x_s] + 1 \quad 3-60$$

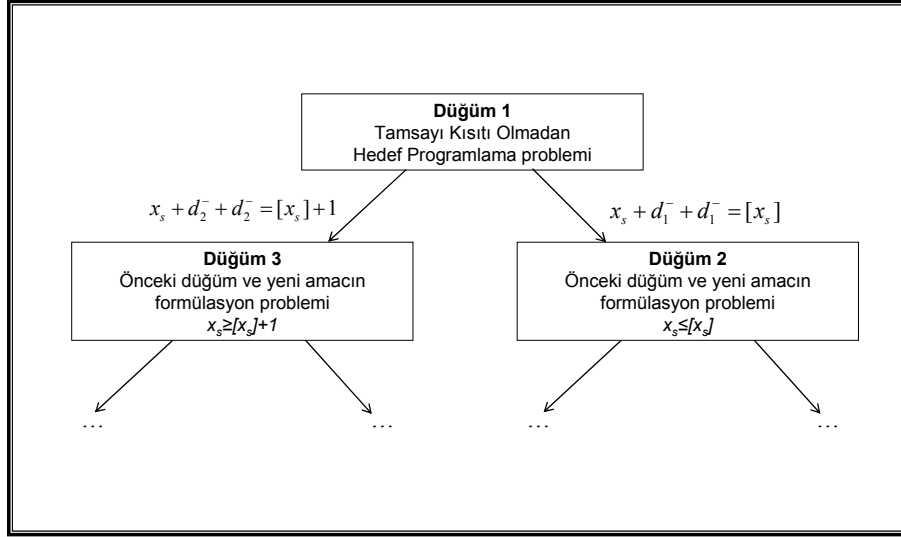
amaçlarından yararlanır. Bu amaçlardan her biri önceki problemde yeni bir dal meydana getirir. Her yeni dal ile ilgili problem, önceki problem ve bu dal ile

<sup>182</sup> Mirrazavi, Jones ve Tamiz, s.597-598

<sup>183</sup> Mirrazavi, Jones ve Tamiz, s.598-599

<sup>184</sup> Agha, s.1995-1997.

ilgili yeni amacın olduğu hedef programlama problemidir. Yeni bulunan problemler çözülür. Süreç tamsayılı çözüm elde edilene kadar tekrarlanır. Kesme düzlem yaklaşımında birinci öncelik düzeyinin yalnızca mutlak amaçlar için kullanılmasına dikkat edilir. Yöntem, Şekil 3-2’de açıklanmıştır.



Şekil 3-2 : Dal – Sınır Şeması

Dal-Sınır yönteminde,

$\theta$  : Tamsayılı değer alması istenen değişkenlerin indisler kümesi

$\bar{x}_q$  :  $q$  düğümünde doğrusal hedef programlamayla elde edilen çözüm

$\bar{r}_q$  :  $q$  düğümünde doğrusal hedef programlamayla hesaplanan  $a$  değeri

$\bar{r}^*$  : En uygun çözüm (bütün değişkenleri tamsayı olan)

$GP_q$  :  $q$  düğümünde hedef programlama formülasyonu

$NG_q$  :  $q$  düğümündeki yeni amaç

terimleri kullanılır<sup>185</sup>.

$\bar{r}_a$  ve  $\bar{r}_b$  gibi herhangi iki çözüm için,  $\bar{r}_b$ 'nin öncelik düzeyine karşılık gelen değer  $\bar{r}_a$ 'nın öncelik düzeyine karşılık gelen değerden daha küçük ise  $\bar{r}_b$  çözümü  $\bar{r}_a$  çözümüne tercih edilir.

Yöntemin adımları aşağıda verilmiştir<sup>186</sup>.

**Adım 1 :** Tamsayılı hedef programlama formülasyonu ile problem kurulur. Mutlak amaçlar birinci öncelik olarak alınır.

**Adım 2 :**  $q=1$ ,  $q^*=1$  ve  $\bar{r}^* = (M \ M \ \dots \ M)$  alınır, burada  $M$  keyfi ve büyük bir sayıdır. Tamsayı kısıtı olmaksızın  $GP_q$  belirtilir.

**Adım 3 :**  $q$  düğümünde  $GP_q$ , doğrusal hedef programlama kullanılarak çözülür ve  $\bar{x}_q$  ile  $\bar{r}_q$  bulunur.

**Adım 4 :**  $\bar{r}_q$ 'daki ilk değer kontrol edilir. Bu değer pozitif ise bu düğümdeki mutlak amaçların biri veya daha fazlası sağlanmadığından bu düğüm sonlandırılır ve yedinci adıma geçilir.  $\bar{r}_q$ 'daki ilk değer pozitif olmadığında beşinci adıma geçilir.

**Adım 5 :**  $\bar{r}_q$  ile  $\bar{r}^*$  karşılaştırılır.  $\bar{r}_q$ ,  $\bar{r}^*$ 'a tercih edilirse altıncı adıma geçilir.  $\bar{r}^*$ ,  $\bar{r}_q$ 'ya tercih edilirse  $\bar{r}_q$  sonlandırılır ve yedinci adıma geçilir.

**Adım 6 :**  $\theta$ 'nın bütün değişkenleri,  $\bar{x}_q$ 'da tamsayı değer alıyorsa  $q$  düğümündeki çözüm en uygun çözüm olur. Burada  $\bar{r}^* = \bar{r}_q$  ve  $q^* = q$  olur ve  $q$  düğümü sonlandırılır. Sonlandırılmamış tüm düğümler için bu düğümlerin alt sınır değerleri yani  $\bar{r}$  değerleri yeni  $\bar{r}^*$  değerleri ile karşılaştırılır.  $\bar{r}^*$ 'ın tercih edildiği düğümler sonlandırılır. Yedinci adıma geçilir. Eğer  $\theta$  kümesinde tamsayı olmayan bir değişken varsa  $q$ . düğüm sonlandırılmadan sekizinci adıma geçilir.

---

<sup>185</sup> Agha, s.1998.

<sup>186</sup> Mirrazavi, Jones ve Tamiz, s.597.

**Adım 7 :** Bütün düğümler sonlandırıldığında durulur ve  $\bar{r}^*$  optimal çözüm olarak  $q^*$ 'da optimal düğüm olarak belirlenir. Bitirilmeyen herhangi bir düğüm varsa sekizinci adıma geçilir.

**Adım 8 :**  $q$  çift değerli ise on birinci adıma aksi durumda dokuzuncu adıma geçilir.

**Adım 9 :** Henüz dallandırılması tamamlanmamış ya da sonlandırılmamış olan herhangi bir düğüm ile ilişkili tüm  $\bar{r}_q$  değerleri kontrol edilir. Gelecek dallandırmada düğüm olarak, en çok tercih edilecek  $\bar{r}_q$  düğümü seçilir.

**Adım 10 :**  $q = q + 1$  alınır. Dokuzuncu adımda seçilen bir düğümden dallandırma için  $\theta$ 'dan bir değişken seçilir. Bu düğümden  $x_s$  ile belirlenen değişken kesirli olmalıdır.  $x_s \leq [x_s]$ 'e göre mutlak bir amaç belirlenir. Bu  $NG_q$  amacı, önceki düğümün hedef programlama formülasyonuna ilave edilir ve  $GP_q$  elde edilir.  $GP_q$  çözülerek  $\bar{x}_q$  ile  $\bar{r}_q$  bulunur ve dördüncü adıma dönülür.

**Adım 11 :**  $q = q + 1$  alınır. Onuncu adımda, en son seçilen değişken kullanılarak  $x_s \geq [x_s] + 1$ 'e göre yeni mutlak amaç belirlenir. Bu  $NG_q$  amacı, önceki düğümün hedef programlama formülasyonuna eklenerek  $GP_q$  çözülür ve  $\bar{x}_q$  ile  $\bar{r}_q$  bulunur. Dördüncü adıma dönülür<sup>187</sup>.

### 3.4. ETKİLEŞİMLİ HEDEF PROGRAMLAMA

#### 3.4.1. Tanım

Genel olarak “etkileşimli (interactive) yöntemler” adı altında toplanabilecek bu yöntemler, kriterler (veya amaçlar) uzayında karar alıcının tercihlerinin ardışık tanımına dayanır. Ardışık tanımlar her iterasyonda karar vericiler veya bilgisayar diyalogu ile gerçekleştirilir. Böyle her bir diyalogda, yeni çözümü belirlemek için bulunan çözüme (veya çözümler kümesine) dayanarak karar alıcının tercihleri veya erişilen değerlerden

---

<sup>187</sup> Mirrazavi, Jones ve Tamiz, s.598-601.

bir kısmının lehine diğerlerinden yapabileceği fedakarlıklar (trade-off) ile ilgili bilgi sorulur<sup>188</sup>.

İki amaçtan daha fazla amaç söz konusu olduğunda, değiş-tokuş (trade-off) oranları zor bir şekilde elde edilir. Ancak karar vericiler, başarı düzeyinde iki amaç arasındaki değiş-tokuş'u kolayca belirleyebilmektedirler. Böylece değiş-tokuşların ardılı boyunca, fayda fonksiyonuna gelen düzeltme, optimizasyon etkileşimli tekniği kullanılarak yapılabilir.

Aşağıdaki Hedef Programlama modelini ele alalım:

$$\left. \begin{aligned}
 \min S &= \{w_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+), w_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+), \dots, w_k(\underline{d}^-, \underline{d}^+)\} \\
 g_i(\underline{x}) &= b_i && , i = 1, 2, \dots, m \\
 f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ &= G_t && , t = 1, 2, \dots, s \\
 d_t^-, d_t^+ &\geq 0 && , \forall t \\
 d_t^- \times d_t^+ &= 0 && , \forall t
 \end{aligned} \right\} \quad \mathbf{3-61}$$

$X$ ,  $m$  mutlak kısıtlarından oluşturulan bölgedir. Karar vericiler, amaçlarının azalmamasını tercih etmektedirler. Yani  $\underline{d}^+$  sapma değişkenlerinin minimizasyonuna gerek yoktur. Mutlak kısıtların gerçekleşmiş olduğu varsayılırsa (3-61) aşağıdaki gibi yazılabilir<sup>189</sup>.

<sup>188</sup> Evren ve Ülengin, s.115-116.

<sup>189</sup> Waiel F. Abd El-Wahed ve Sang M. Lee, "Interactive Fuzzy Goal Programming for Multi-Objective Transportation Problems", **The International Journal of Management Science (Omega)**, Vol.34, No. 2, (2006), s.158-166.

$$\left. \begin{aligned}
\min S &= \{w_1(\underline{d}^-), w_2(\underline{d}^-), \dots, w_k(\underline{d}^-)\} \\
\underline{x} &\in X \\
f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ &= G_t, & , t = 1, 2, \dots, s \\
d_i^-, d_i^+ &\geq 0, & , \forall t \\
d_i^- \times d_i^+ &= 0, & , \forall t
\end{aligned} \right\} \quad \mathbf{3-62}$$

Öncelik düzeylerine göre, mutlak olmayan amaçlara ait ağırlıkların kullanılmasıyla **(3-62)** şu şekilde yazılabilir.

$$\left. \begin{aligned}
\min \sum_{t=1}^s w_t d_t^- \\
\underline{x} &\in X \\
f_t(\underline{x}) + d_t^- + d_t^+ &= G_t, & , t = 1, 2, \dots, s \\
d_t^-, d_t^+ &\geq 0, & , \forall t \\
d_i^- \times d_i^+ &= 0, & , \forall t
\end{aligned} \right\} \quad \mathbf{3-63}$$

Öyleyse  $w_t$ ,  $t$ 'nci amacın ağırlığı olmak üzere **(3-63)**'de yazılan hedef programlama modeline “tek taraflı” hedef programlama denir, çünkü minimizasyonu sadece  $d_t^-$  sapma değişkenleri için alınmıştır. **(3-63)**'de yazılan üçüncü ifadeden  $\underline{d}^- = \underline{G} - \underline{f}(\underline{x}) + \underline{d}^+$  yazılabilir.  $\underline{G} = (G_1, G_2, \dots, G_s)$  kısıtların vektörü,  $\underline{d}^-$  minimizasyonunda ihmal edilebilir. O zaman **(3-65)**'deki amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir<sup>190</sup>.

$$\min \underline{w} \cdot (-\underline{f}(\underline{x}) + \underline{d}^+) \quad \mathbf{3-64}$$

<sup>190</sup> Evren ve Ülengin, ss.116-118.

(3-64)'deki amaç fonksiyonu yeniden düzenlenerek aşağıdaki gibi

$$\max \underline{w} \cdot (\underline{f}(\underline{x}) - \underline{d}^+) \quad 3-65$$

ya da

$$\max U[\underline{f}(\underline{x})] \quad 3-66$$

şeklinde yazılabilir. Bu durumda amaç fonksiyonu açık bir şekilde yeniden yazılacak olursa;

$$\left. \begin{array}{l} \max U(f_1(\underline{x}), f_2(\underline{x}), \dots, f_s(\underline{x})) \\ \underline{x} \in X \end{array} \right\} \quad 3-67$$

$U$  fonksiyonu, artan, ayrılabilen bir fayda fonksiyonudur. Bu durumda

$$U[\underline{f}(\underline{x})] = U_1[f_1(\underline{x})] + U_2[f_2(\underline{x})] + \dots + U_s[f_s(\underline{x})] \quad 3-68$$

ve  $f_j \geq G_j$  sağlayan birimleri için faydada olan marjinal fazlası sıfırdır. Yani;

$$f_j \geq G_j \text{ için } \frac{\partial U}{\partial f_j} = 0 \text{ 'dır}^{191}.$$

(3-69) probleminin çözülebilmesi için, Frank-Wolfe yöntemi kullanılır. Bu yöntemin kullanılabilmesi için şu koşullar sağlanmalıdır.

- $X$  kısıtlar kümesi konveks (dış bükey) olmalıdır.
- $U(\underline{f})$ ,  $\underline{x}$  üzerinde diferansiyeli alınabilen (türetilebilen) ve konkav (iç bükey) bir fonksiyondur.
- Her  $f_i$ , konkav fonksiyondur.

---

<sup>191</sup> Evren ve Ülengin, ss.116-117.

➤  $\underline{x}^i$ :  $i$ 'inci iterasyonda olan  $\underline{x}$ ,  $f_1(\underline{x})$ : referans amaç fonksiyonu olmak üzere;

$\underline{x}^i$  civarında  $\frac{\partial U}{\partial f_1} > 0$  (marjinal pozitif faydası).

➤  $f_j \geq G_j$  için  $\frac{\partial U}{\partial f_j} = 0$  koşulunu sağlamak üzere  $G_j$  seçilmelidir<sup>192</sup>.

### 3.4.2. Etkileşimli Hedef Programlamanın Çözüm Algoritması

(3-67)'deki probleminin en uygun çözümünü bulmak için kullanılan Frank-Wolfe yönteminin algoritması şu şekilde açıklanabilir:

#### 3.4.2.1. Birinci Adım

$\underline{x}^i \in X$  başlangıç noktası seçilir.  $i$  değişkeninin değerine 1 atanır. ( $i=1$ ).

#### 3.4.2.2. İkinci Adım

Aşağıdaki yön bulma probleminin optimal çözümü  $\underline{y}^i$ 'i belirlenir.

$$\left. \begin{array}{l} \min \sum_{t=1}^s w_t^i d_t^- \\ \underline{y}^i \in X \\ f_t(\underline{y}^i) + d_t^- - d_t^+ = G_t \\ \underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0 \text{ ve } d_t^- \times d_t^+ = 0 \end{array} \right\} \quad , t = 1, 2, \dots, s \quad , \forall t \quad \text{3-69}$$

Bundan sonra;  $\underline{z}^i = \underline{y}^i - \underline{x}^i$  koy.

#### 3.4.2.3. Üçüncü Adım

Aşağıdaki adım büyüklüğü probleminin optimal değeri  $t^i$ 'i belirlenir.

<sup>192</sup> El-Wahed ve Lee, s. 58-166.

$$\left. \begin{array}{l} \max U(f_1(\underline{x}^i + t^i \underline{z}^i), f_2(\underline{x}^i + t^i \underline{z}^i), \dots, f_s(\underline{x}^i + t^i \underline{z}^i)) \\ 0 \leq t^i \leq 1 \end{array} \right\} \quad 3-70$$

$$\underline{x}^{i+1} = \underline{x}^i + t^i \underline{z}^i \quad , i = i+1 \quad \text{koyarak 2. adıma dönülür.}$$

$$\underline{x}^i = \underline{x}^{i+1} \quad \text{olduğunda optimal çözüme ulaşılmıştır, işlemi bitir.}$$

Bu algoritma ile önce  $\underline{x}^i$  noktasından hareket etmek en iyi yön belirlenmektedir. (Adım 2). Daha sonra karar vericiler; bu yönde olan hareketi nereye kadar uzaklaşacağını sormaktadır (Adım3).

(3-69)'daki problemi iyileştiren çözümü  $\underline{x}^i$ , iterasyonların artmasıyla ( $i$  arttıkça) optimal çözüme yaklaşmaktadır<sup>193</sup>.

#### 3.4.2.4. Yönü Belirleme İşlemi

(3-71)'de görülen  $w_t^i$  ağırlıkları,  $f_1$  frekans fonksiyonu olmak üzere aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$(i. \text{iterasyon}) \quad w_t^i = \left( \frac{\partial U}{\partial f_t^i} \right) / \left( \frac{\partial U}{\partial f_1^i} \right) \quad , t = 1, 2, \dots, s \quad 3-71$$

$w_t^i$  ağırlıkları,  $\underline{x}^i$  noktasında  $f_1, f_t$  aralarında karar vericinin değiş-tokuşunu açıklamaktadır.  $w_t^i$  ağırlıklarının hesaplanması için, birinci amaç fonksiyonundaki değişiklik yani  $\Delta f_1^i$ 'i alınır ve bu değişiklik  $t$ 'inci amaç fonksiyonunun değişikliğine bölünür. Burada tüm diğer amaçlar sabit olarak alınmaktadır. Böylece (3-72) şu şekilde yazılır<sup>194</sup>.

$$w_t^i = - \frac{\Delta f_1}{\Delta f_t} \quad 3-72$$

<sup>193</sup> Evren ve Ülengin, s.90-92.

<sup>194</sup> Ehrgott, s.105.

### 3.4.2.5. Adım Büyüklüğünün Seçilmesi

Adım büyüklüğü probleminde yalnızca  $t$  değişkeni vardır. Bu değişken 0 ile 1 arasında (0 ve 1 dahil olmak üzere) değerler alır. Burada  $f_j(\underline{x}^i + t^i \underline{z}^i)$ ,  $j = 1, 2, \dots, s$  yani  $s$  tane amaç fonksiyonları,  $t$ 'nin fonksiyonları olarak değerlendirilir. Çizelge 3-5'de  $t$  değerlerine karşılık gelen  $\underline{f} = (f_1, f_2, \dots, f_s)$  değerlerinden birinin karar verici tarafından alınmasıyla o değere karşılık gelen  $t$ 'nin değeri seçilir<sup>195</sup>.

**Çizelge 3-5 :** Etkileşimli Hedef Programlamada Adım Büyüklüğünün Seçimi

$T$	0	0.1	0.2	...	0.9	1.0
$f_1$				...		
$f_2$				...		
·				...		
·				...		
·				...		
$f_s$				...		

### 3.4.2.6. Bitiş Ölçütü

Teorik olarak,  $\underline{x}^i = \underline{x}^{i+1}$  olduğunda bitiş ölçütü sağlanmış olmaktadır. Fakat bazı durumlarda bu ölçüt az adımlarla sağlanamaz.  $U(\underline{f})$  konkav bir fonksiyon olduğundan bu fonksiyon  $\underline{f}^i$  noktasında onun hiper düzleminin teğetini (tanjant değeri) hiçbir yerde aşamaz. Böylece:

$$U(\underline{f}) \leq U(\underline{f}^i) + \nabla_{\underline{f}} U(\underline{f}^i) \cdot (\underline{f} - \underline{f}^i) \quad , \forall \underline{f}^i \quad \underline{f}^i \in S \quad 3-73$$

veya

$$U(\underline{f}) - U(\underline{f}^i) \leq \nabla_{\underline{f}} U(\underline{f}^i) \cdot (\underline{f} - \underline{f}^i) \quad , \forall \underline{f}^i \quad \underline{f}^i \in S \quad 3-74$$

<sup>195</sup> D.J. White, "Multi Objective Interactive Programming", **Journal of Operations Research Soc.** Vol.31, No. 1 (1980), s.517-523 .

Böylece  $\underline{f}^i$ 'den  $\underline{f}^{i+1}$ 'e yapılan düzeltme miktarı, yani  $U(\underline{f}^{i+1}) - U(\underline{f}^i)$ ;  $\nabla_{\underline{f}} U(\underline{f}^i) \cdot (\underline{f}^{i+1} - \underline{f}^i)$  ile belirlenmektedir. Bütün uygun noktalarda

$\frac{\partial U}{\partial f_1} = c > 0$  olduğu için, her  $\underline{f}^i \in S$  noktasında  $U$ 'nun eğimi şu şekilde verilir:

$$\nabla_{\underline{f}} U(\underline{f}^i) = c \cdot (1, w_2^i, \dots, w_s^i) \Big|_{\underline{f}^i} \quad 3-75$$

O zaman;

$$\nabla_{\underline{f}} U(\underline{f}^i) \cdot (\underline{f}^{i+1} - \underline{f}^i) = c \cdot (1, w_2^i, \dots, w_s^i) \cdot (\underline{f}^i - \underline{f}^{i-1}) \quad 3-76$$

$i$ 'nci iterasyondaki düzeltme miktarının, birinci iterasyondaki düzeltme miktarına olan düzeltme oranı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\frac{\Delta^i}{\Delta^1} = \frac{c \cdot (1, w_2^i, \dots, w_s^i) \cdot (\underline{f}^i - \underline{f}^{i-1})}{c \cdot (1, w_2^1, \dots, w_s^1) \cdot (\underline{f}^1 - \underline{f}^0)} \quad 3-77$$

Burada  $c$  bilinmeyişi (3-79)'dan kolayca çıkar. Böylece:

$$\frac{\Delta^i}{\Delta^1} = \frac{\underline{w}^i \cdot (\underline{f}^i - \underline{f}^{i-1})}{\underline{w}^1 \cdot (\underline{f}^1 - \underline{f}^0)} \quad 3-78$$

$$\underline{w}^i = (1, w_2^i, \dots, w_s^i) \quad 3-79$$

$$\underline{w}^1 = (1, w_2^1, \dots, w_s^1) \quad 3-80$$

Böylece bitiş ölçütü şu şekilde belirtilebilir<sup>196</sup>:

$$\left. \begin{array}{l} i > 1 \text{ için } \frac{\Delta^i}{\Delta^1} \leq 0 \\ \alpha \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ise; sona ulaşılmış olur.} \\ \text{verilen belli bir değerdir.} \end{array}$$

<sup>196</sup> Evren ve Ülengin, s.95-96.

## 3.5. UZLAŞIK PROGRAMLAMA

### 3.5.1. Tanım

Çok amaçlı karar verme modelleri ve teknikleri hakkında son yollarda yoğun çabalar sarfedilmektedir. Ancak çok amaçlı problemlerde, geleneksel optimizasyon yöntemleri her zaman uygun çözüm sağlayamayabilir. En iyileme kavramı yerine uzlaşma, etkileşim gibi kavramlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür durumlarda ulaşılan çözüm en azından iki koşulu sağlamalıdır. İlk koşul bulunan çözümün diğer uygun çözüm tarafından baskın edilmemiş olması, ikinci koşul ise amaçların en iyi şekilde birleştirmesidir.

Yöntemde, ilk olarak bütün baskın çözümler bulunur. Bulunan bu sonuçlar karar vericiler tarafından analiz edilir. Büyük bir baskın çözüm setinden uzlaşık çözüme yaklaşmak için eleme işlemi gerçekleştirilir<sup>197</sup>.

Zelenny'nin uzlaşık programlama tekniği, diğer mesafe bazlı tekniklere benzer. Amacı, ideal çözümden en az sapmayla, doğrusal programlamaya sonuçlanacak en iyi uzlaşık çözümü bulmaktır.

Uzlaşık programlama tekniğinde önemli olan, değişik etkili noktaların  $x_l = (l = 1, 2, \dots, m)$  referans noktası olan ideal çözümden uzaklıklarının kıyaslanmasıdır.

### 3.5.2. Uzlaşık Programlamanın Çözüm Algoritması

$x^*$ , ideal noktası alındığında,  $x_k$  noktalarının bu ideal noktadan uzaklıkları aşağıdaki ifade ile genellenebilir.

$$d_p = \left[ \sum_{i=1}^s [w_i (x_i^* - x_i^l)]^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad l = 1, 2, \dots, m \quad \text{3-81}$$

Bireysel  $(x_i^* - x_i^l)$  toplanmadan önce herhangi bir kuvvete ( $p = 1, 2, \dots$ ) yükseltilebilir. Aynı zamanda  $w_i$  ağırlıkları da değişik sapmalara bağlanabilir.

---

<sup>197</sup> D.J. White, s.517-523.

$p, \infty$ 'a yaklaştığında ( $p \rightarrow \infty$ ), mesafe ölçümü aşağıdaki ifadeye dönüşür.

$$d_{p \rightarrow \infty} = \text{Max}_t (|w_t(x_t^* - x_t^l)|) \quad t = 1, 2, \dots, n \quad l = 1, 2, \dots, m \quad \mathbf{3-82}$$

Çünkü, katsayı çok büyüdüğünde en büyük sapmanın nispi katsayısı, geri kalan sapmaların toplamından çok daha büyük olacaktır. Böylece en büyük sapma mesafe belirlemesine hükmedecektir.  $p=1$  iki nokta arasındaki mesafeyi geometrik anlamda gösterirken,  $p=2$  düz bir hat üzerindeki herhangi iki nokta arasındaki en kısa mesafeyi ölçer.  $0 < p < 1$  için, sapmaların düzeltilmesindeki azalma daha fazlayken, küçük olanlarda  $p=0$ 'a kadar daha azdır ve  $p=0$ 'da bütün sapmalar 1'e eşittir. Negatif  $p$  değerleri için daha küçük sapmalar,  $p$  sonsuza yaklaşıncaya kadar artan miktarda katkı yapar; bu durumda sapmaların en küçüğü mesafe belirlemesine hükmedecektir.

Hedefler değişik boyutta olduklarında, mesafe ölçümü; bireysel hedefleri aynı standartlarda ölçülebilir hale getirebilmek için düzeltilmelidir. Bundan dolayı bu tür durumlarda, kesin sapmalardan ziyade nispi sapmaları kullanmak daha doğru olacaktır. Bu durum aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$d_p = \left[ \sum_{t=1}^s \left[ w_t \frac{x_t^* - x_t^l}{x_t^*} \right]^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad \mathbf{3-83}$$

$w_t$  ve  $p$  ağırlık seçimleri için uzlaşık çözüm, verilen sınırlamalara bağlı olarak ölçülen mesafenin ( $d_p$ ) en aza indirgenmesiyle elde edilir.

Çok hedefli bir problem için ideal nokta, bireysel ideal çözümlerin vektörüyle tanımlanır. Bundan dolayı, genel çok amaçlı minimizasyon hedef fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$d_p = \left[ \sum_{l=1}^k \left[ w_l \frac{f_l^* - f(x)_l}{f_l^*} \right]^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad \mathbf{3-84}$$

$w_l$  hedeflerin ağırlıklarıdır ve  $f_l^*$  bireysel optimal çözümdür<sup>198</sup>.

---

<sup>198</sup> D.J. White, s.517-523.

## 3.6. ETKİLEŞİMLİ-UZLAŞIK PROGRAMLAMA

### 3.6.1. Tanım

Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden bazıları karar vericilerden alınan referanslardan hareket edilerek oluşturulmuştur. Bu referanslar, ya amaçları önem derecelerine göre sıralanması ya da bunların önemlerini belirten ağırlıklar şeklinde olabilir. Karar vericilerin problemin beklenen sonuçları hakkında başlangıçta herhangi bir bilgisinin olmayışı halinde, amaç fonksiyonlarının sahip olması gereken önem sırasını belirleme kargaşası ve yetersizliği bu tip metodların dezavantajını oluşturur. Bunu ortadan kaldırmak için geliştirilen yaklaşımlarda ise, rastgele çözümle başlanmakta ve karar vericilerden olurlu bir seçeneği, dolayısıyla yerel takaslarını belirlemesi istenir. Bu takaslar, bir matematiksel programlama algoritması ile amaç için optimum çözüm geliştirmede kullanılır. Böylece karar vericiler, algoritmaya girdi oluşturmak üzere yeni takaslar yapma şansına sahiptirler. Muhtemel sonuçlar, çözüm esnasında ön bilgi olmadan da öğrenilebilmektedir. Bu süreç, karar vericilerin takaslarını düzeltme gereği duymayana ve tatminkar çözümü bulana kadar sürdürülür. Bu yöntemlerde karar vericilerden takaslarını yapması istenmesi nedeniyle bazı güçlükler meydana gelebilmektedir.

Etkileşimli-Uzlaşık Programlama yönteminin en önemli özelliği, karar vericilerden ön bilgi istememesi, karar vericileri yalnızca bir seçim aracı olarak kullanmasıdır. Bu da tatminkar çözüme ulaşıncaya kadar her iterasyonda, en fazla ya da en az tercih edeceği çözümün sorulması şeklinde olmaktadır<sup>199</sup>.

Amaç değişkenleri aşağıdaki gibi yazıldığında,

$$Y_t = f_t(x), \quad t = 1, 2, \dots, s \quad 3-85$$

Burada  $x$ ,  $n$  boyutlu değişken vektör,  $f_t(x)$ ,  $t = 1, 2, \dots, s$  değişken vektörün doğrusal amaç fonksiyonlarıdır. Problem, aşağıda gösterilen gösterilen vektör maksimizasyonu problemini çözmektir.

---

<sup>199</sup> Evren ve Ülengin, s.187.

### ***Amaç Fonksiyonu***

$$\text{Max}[f_1(x), f_2(x), \dots, f_s(x)] \quad \text{3-86}$$

### ***Kısıtlar***

$$x \in X \quad \text{3-87}$$

Burada;

$$x = \{x \in R^n \mid x \geq 0, Ax \leq b, b \in R^p\} \quad \text{3-88}$$

Kısıtlar, teknik, ekonomik, sosyal, politik gibi durumları içeren doğrusal kısıtlardır<sup>200</sup>.

$x^* \in X$  çözümünün baskın olabilmesi için  $f_t(x) \geq f_t(x^*)$ ,  $t=1,2,\dots,s$  ve  $f_t(x) \neq f_t(x^*)$  en azından bir  $t$  için, olacak şekilde  $x \in X$  sağlayan bir değer olmaması gerekir.

(3-86) ve (3-87)'deki problemi bütün ekstrem noktalarda çözmek için maksimum ekstrem noktalarda  $P_\lambda$  problemi olarak bilinen aşağıdaki problemin çözümü gözönüne alınır<sup>201</sup>;

### ***Amaç Fonksiyonu***

$$\text{Max} \sum_{t=1}^s \lambda_t f_t(x) \quad \text{3-89}$$

### ***Kısıtlar***

$$x \in X, \quad \lambda \in \Lambda \quad \text{3-90}$$

---

<sup>200</sup> Evren ve Ülengin, s.188.

<sup>201</sup> Ehrgoot, s.121.

Burada;

$$\Lambda = \{\lambda \in R^m \mid \lambda \in (0,1), \sum_{t=1}^s \lambda_t = 1\} \quad \mathbf{3-91}$$

olup (Teorem 3-1) çerçevesinde değerlendirildiğinde<sup>202</sup>,

**Teorem 3-1 :**

Eğer  $x^* \in X$ , etkin nokta ise

$$\sum_{t=1}^s \lambda_t = 1, \quad \lambda \geq 0 \quad \mathbf{3-92}$$

olacak şekilde  $\lambda \in R^n$  bulunabilir ve  $x^*$ , aşağıdaki lineer programlama probleminin çözümüdür<sup>203</sup>.

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{t=1}^s \lambda_t f_t(x) \\ x^* \in X \end{array} \right\} \quad \mathbf{3-93}$$

Genelde bu probleme birden çok çözüm bulunabilir. Çünkü bu şartları sağlayan birçok tatmin edici ağırlık seti vardır.  $f_t^u, f_t(x)$ 'in mümkün maksimum değeri ve  $f_t^l, f_t(x)$ 'in mümkün minimum değeri olsun. (3-89) ve (3-90)'nın çözümünün aşağıdaki problemin çözümüne eşit olduğu kolayca gösterilebilir.

---

<sup>202</sup> Evren ve Ülengin, s.188-189.

<sup>203</sup> Ehrgoot, s.123.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max} \sum_{t=1}^s \lambda_t d_t(x) \\ x \in X, \quad \lambda \in \Lambda \end{array} \right\} \quad \text{3-94}$$

Burada;

$$d_t(x) = \frac{f_t(x) - f_t^L}{f_t^u - f_t^L} \quad \text{3-95}$$

$d_t(x)$ ;  $f_t(x)$  fonksiyonunun ideal değere yakınlık derecesi olarak bilinir. Ağırlıkların optimal  $\lambda$  setleri, her çevrimde minimizasyon yapılarak belirlenebilir. Fakat bunlar karar vericilere  $d_t$  olarak, açık olmaktan ziyade kapalı olarak verilir. Daha etkin olarak, bu  $\lambda$  değerleri, iki kişilik sıfır toplamlı oyunun ödeme matrisindeki sonuçların ihtimali olarak açıklanabilir. Karar vericiler için gereken bilgi, bir baskın ekstrem çözümler kümesi ve  $d_t$  açısından bir alternatif uzlaşık çözümü içerir. Karar vericilere her çevrimde iki soru sorulur. Bunlardan biri diğer çözümlere göre birini kesin olarak tercih edip etmeyeceğidir. Eğer tercih ederse işlem sona erer. Aksi halde ise, diğerleri arasında en az tercih ettiği çözümü göstermesi istenir. Sonra en az tercih edilen çözüm elenir ve yeni bir alternatif uzlaşık çözüm yukarıdakine benzer şekilde bulunur. İşlem bir önceki çevrimde elenmeyen çözümler içerisinde birinin karar vericilerin “tatmin edici çözüm” olarak kabul etmesine kadar sürdürülür<sup>204</sup>.

---

<sup>204</sup> Evren ve Ülengin, s.187-190.

### 3.6.2. Etkileşimli-Uzlaşık Programlamanın Çözüm Algoritması

Algoritması adımları şu şekilde verilebilir<sup>205</sup>:

**Birinci Adım** :  $f_t^u$  ve  $f_t^L$ ,  $\forall t = \{1, 2, \dots, s\}$  değerlerini aşağıdaki gibi belirle.

$$\left. \begin{array}{l} a) \text{ Max } f_t(x) \\ x \in X \end{array} \right\} \quad 3-96$$

(3-96)'nın çözümü,  $x_t^u$  ve  $f_t^u$ , literatürde “ideal çözüm” olarak bilinir.

$$\left. \begin{array}{l} b) \text{ Min } f_t(x) \\ x \in X \end{array} \right\} \quad 3-97$$

(3-97)'nin çözümü,  $x_t^L$  ve  $f_t^L$ , literatürde “anti-ideal çözüm” olarak bilinir.

**İkinci Adım** :  $m$ -baskın çözümü belirle (Birinci Adım'daki)  $x_t^u$ ,  $t = 1, 2, \dots, s$  çözümleri ilk çözümler olarak alınabilir.

**Üçüncü Adım** : Baskın  $m$ -çözümün “ideal çözümlerine” yakınlık derecesini belirle.

$$\left. \begin{array}{l} d_t^j \quad t = 1, 2, \dots, s \\ j = 1, 2, \dots, m \end{array} \right\} \quad 3-98$$

Literatürde,  $d_t(x)$ 'in değişik tipleri kullanılır. Burada aşağıdaki ifade eden şeklini kullanacağız.

$$d_t(x) = \frac{f_t(x) - f_t^L}{f_t^u - f_t^L} \quad 3-99$$

---

<sup>205</sup> Evren ve Ülengin, s.190.

**Dördüncü Adım** : Aşağıdaki lineer programlam problemini çöz ve yakınlık derecesi fonksiyonların optimal ağırlıklarını bul.

*Amaç Fonksiyonu*

$$\text{Max } d^{s+1}(x) = \sum_{t=1}^s \lambda_t d_t(x)$$

*Kısıtlar*

$$\sum_{t=1}^s \lambda_t d_t^1 \geq d^{s+1}$$

$$\sum_{t=1}^s \lambda_t d_t^2 \geq d^{s+1}$$

$\vdots$

$$\sum_{t=1}^s \lambda_t d_t^s \geq d^{s+1}$$

$$\lambda \in \Lambda$$

**3-100**

**Beşinci Adım** : Orijinal kısıtlar 4. adımda bulunan fonksiyonu maksimize eden  $x^{s+1}$  çözümünü elde etmek için aşağıdaki lineer programlama problemini çöz.

*Amaç Fonksiyonu*

$$\text{Max } d^{s+1} \sum_{t=1}^s \lambda_t d_t(x)$$

*Kısıtlar*

$$x \in X, \quad \lambda \in \Lambda$$

**3-101**

**Altıncı Adım :** Her bir amaç fonksiyonunun ideal çözümüne yeni çözümün yakınlık değerini belirle,  $d_t^{s+1}$ ,  $t=1,2,\dots,s$ . Bu kolonu, 3. adımda hazırlanan çizelgeye ilave et.

**Yedinci Adım :** Bu çizelgeyi karar vericilere sun ve diğer çözümler üzerinde bir çözümü kesinlikle tercih edip etmeyeceğini sor. Eğer tercih ediliyorsa sekizinci adıma git. Aksi takdirde diğerleri arasında en az tercih ettiği birini sor. Sonra altıncı adımda bulunan yeni çözümle en az tercih edilen çözümün yerlerini değiştir ve 4. adıma git.

**Sekizinci Adım :** Dur<sup>206</sup>.

### 3.7. DUALİTE

Her doğrusal programlama probleminin ilişkili olduğu bir ikiz problemi vardır. Herhangi bir doğrusal programlama problemi, primal ve asıl olarak adlandırılırken diğerine yani ikizine dual (dualite) veya ikilik adı verilir<sup>207</sup>.

Dualite kavramı, doğrusal programlamaya özgün bir kavram değildir, matematik, fizik, istatistik ve mühendislikte de ortaya çıkmaktadır. Dualiteden doğrusal programlama problemlerinde hem kuramsal hem pratik açıdan yararlanılmaktadır. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Bazı durumlarda dual sorunu çözmek, primali çözmekten daha kolaydır.
- Dualite başlangıç çözümün mümkün olmadığı durumlarda simpleks yöntemini kullanmaya imkan tanır. Bu teknik dual simpleks olarak adlandırılır.
- Dualite doğrusal programlama sorunlarını açıklayan güçlü teoremler ortaya koyar.

---

<sup>206</sup> Evren ve Ülengin, s.190-193.

<sup>207</sup> Pablo Pedregal, **Introduction to Optimization**, New York : Springer-Verlag , 2004, s. 43.

- Bir primal sorunun dual çözümü matematiksel özelliklerinin yanı sıra önemli ekonomik yorumlar getirir..
- Dualite bir doğrusal programlama formülasyonundaki ya da katsayılarındaki değişmelerin çözümü nasıl etkileyeceğini araştırmada (yani duyarlılık analizinde) kullanılır<sup>208</sup>.

### 3.8. DUYARLILIK ANALİZİ

Duyarlılık analizi normal olarak optimum çözüm elde edildikten sonra yapılan bir işlemdir. Bu analiz optimum çözümün, orijinal veya ilk modelde belirli değişiklikler yapmaya ne kadar hassas ya da duyarlı olduğunu belirler<sup>209</sup>.

Böyle bir analiz modele, analizcinin optimum çözümde, modelin verilerinde gelecekteki olası değişmelerden meydana gelebilecek değişiklikleri kontrol etmesine müsaade eden dinamik bir karakteristik verir<sup>210</sup>.

### 3.9. HP PROBLEMİNDE KARŞILAŞILAN ÖZEL DURUMLAR

Doğrusal hedef programlama problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemler daha önce de belirtildiği gibi doğrusal programlamanın simpleks yöntemine dayanmaktadır ve değiştirilmiş simplek yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle doğrusal programlamada olduğu gibi doğrusal hedef programlama problemlerinin çözümünde de özel durumlar mevcuttur.

#### 3.9.1. Alternatif Optimal Çözümler

Alternatif optimal çözümler, en iyi değeri veren çözüm vektörünün birden fazla olması durumunda ortaya çıkar. Alternatif optimal çözüm, bilinen tekrar yöntemi kullanılarak hesaplanan yeni tablo ile saptanır. Alternatif çözümler arasından herhangi biri seçilebilir. Eğer doğrusal hedef programlama probleminde öncelik ağırlıklarına

---

<sup>208</sup> Sait PATIR, “Doğrusal Programlamada Primal ve Dual İlişkisinin İrdelenmesi ve Bir Örnek Uygulama”, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, [www.e-sosder.com](http://www.e-sosder.com), Cilt. 6 Sayı. 21, (ISSN : 1304-0278 Yaz-2007) s.175.

<sup>209</sup> Cengiz, s.31.

<sup>210</sup> Vašek CHVÁTAL, **Linear Programming**, United States of America : W.H. Freeman and Company, 1983, s.148.

göre düzenlenmiş ise alternatif optimal çözüm ile karşılaşılmaz.

### **3.9.2. Sınırsız Çözümler**

Hedef programlama problemlerinde genellikle sınırsız çözümler olmaz. Bununla birlikte hedef programlama problemlerinde amaçların gerçek dışı sıralanması veya önemli kısıtların unutulması gibi problemin formüle edilmiş hata hata sınırsız çözüme neden olur. Gerçek hayattaki problemlerin çözümü sınırsız olamaz. Sınırsız çözüm halinde, bir maksimizasyon problemi için amaç fonksiyonunu sınırsız bir şekilde azaltmak mümkündür. Bu nedenle sınırsız çözüm mevcut iken bir optimal çözüm yoktur. Sınırsız çözümlerde karar verici hedef programlama probleminin yapısını tekrar analiz etmek zorundadır.

### **3.9.3. Uygun Olmayan Çözümler**

Uygun olmayan çözüm problemin kısıtlarının ve amaçlarının karar değişkenleri tarafından sağlanmamasıdır. Hedef programlamada sapma değişkenlerinin kullanılmasından dolayı uygun olmayan çözümler genellikle olmaz. Buna rağmen en yüksek öncelik düzeyde mutlak amaçlar kümesi kurulursa, hedef programlamada uygun olmayan çözüm meydana gelebilir. En yüksek öncelik düzeyinde ilgili bazı temel dışı değişkenler için pozitif  $I_{k,s}$  değerlerine sahip çözümün bulunmasıyla uygun olmayan bir çözüm elde edilmiş olur. Bu mutlak amaçların başarısızlığı anlamına gelir. Bu durumda ya mutlak amaçlar ya da problemin çevresi sınırlı kaynaklar artırılarak değiştirilmelidir.

## BÖLÜM 4 . UYGULAMA

### 4.1. ULAŞTIRMA PROBLEMİ

Ulaşım insan uygarlığının en temel ihtiyaçlarından birisidir. Belki de bugünkü düzeyimizin belirleyicisi ulaşım olmuştur. Ulaştırmanın ekonomik toplumun nitelik ve nicelik gelişmesi ve şekillenmesi üzerindeki etkisi büyüktür. Ulaşım sisteminin fonksiyonlarının metotları ve prensipleri ile iyice araştırılması, etkinliğinin olabildiğince artırılması ve ekonomi, mühendislik, iş (business) ve planlama alanlarında çalışanların ilgilerinin bu konu üzerinde canlı tutulması gereklidir<sup>211</sup>.

Ulaştırma sistemlerinin topluma sunduğu hizmetlerin önemi ortadadır. Zaman içinde bu sistemler, hava ve çevre kirliliği, trafik tıkanıklıkları gibi kişileri doğrudan ilgilendiren sorunlarla toplumun konusu haline gelmiştir. Bu sorunların altında yatan temel neden, son yıllarda kentsel nüfusun hızla artmış olmasıdır.

Ulaştırmanın matematik programlamasından anlaşılan yatırım ve organizasyonla ilgili öngörü işlerinin tutarlı bir şekilde araştırılmasıdır<sup>212</sup>.

Ulaştırma maliyetlerinin hesaplanması ve bu maliyetlerin kontrol altında tutulması, her zaman, firmaların en önemli işlerinden ve endişe kaynaklarından birisi olmuştur. Artan taşıma maliyetleri, dikkate alındığında, firmaların kendilerine yeterli mali kaynakları sağlayacak bir maliyet yapısına sahip olmalarının önemi bir kat daha artmaktadır<sup>213</sup>.

İlk defa Hitchcock tarafından incelenen Ulaştırma Problemi, teorik ve ekonomik öneminden dolayı üzerinde çok çalışılan problemlerden birisidir. Ulaştırma Probleminde amaç, değişik arz noktalarından (tedarikçi) değişik talep noktalarına (müşteri) toplam maliyeti en küçükleyecek şekilde ürünün nasıl taşınacağına tespit

---

<sup>211</sup> Mustafa Gürsoy, “Ülkemiz Yük Ulaşımında Çokturlü Taşımacılığın Sınırlarının Ve/Veya Boyutlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Karar Destekleyici Model”, (Yayınlanmamış Doktora Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003), s. 1.

<sup>212</sup> Işıl AKBAYGİL, **Ulaştırma Konusunda Programlama Yöntemleri**, İstanbul : İstanbul Üniversitesi Yayın No.1961, İktisat Fakültesi Yayın No.336, 1974, s.3.

<sup>213</sup> Ahmet ERGÜLEN, “Gıda Ürünlerinin Kara Yolu İle Taşınmasında Maliyet Minimizasyonu : Bir Tamsayı Doğrusal Programlama Uygulaması”, **Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.XII, Sayı. 2, (2003), s.208.

edilmesidir. Ancak, Ulaştırma Problemi sadece ürün taşımacılığını ilgilendiren bir problem değildir. Üretim planlama, personel atama, işlerin makinelere dağılımını, tesis yerleşimi gibi problemlerde değişik teknikler ile ulaştırma problemine dönüştürülmekte ve çözülebilmektedir<sup>214</sup>.

Ulaştırma modeli ilk kez Hitchcock petrol endüstrisinde 1941 yılında uygulanmış, daha sonraları Koopmans, Dantzig, Cooper ve Charnes'in geliştirdikleri ve uygulamada geçerli olan teknikler 1960'larda yaygınca kullanılmaya başlanmıştır<sup>215</sup>.

En genel anlamda ulaştırma modeli, bir tek çeşit malın bir çok kaynaktan bir çok hedefe, yani varış yerine taşınması için minimum maliyetli bir planın belirlenmesi ile ilgilenir<sup>216</sup>.

Ulaştırma modelleri, doğrusal programlamanın özel bir şeklidir. Bu model belirli sayıda hedef için belirli sayıda kaynaktan bir malı en düşük maliyetle ulaştırılmasını araştırır. Her bir kaynaktaki arz ve her bir hedefteki talep bilinir<sup>217</sup>.

$m$  tane kaynaktan  $n$  tane pazara mal taşınması söz konusudur. Taşınacak malların kaynaktaki miktarı ve pazardaki mal talepleri bellidir. Ayrıca her bir pazara birim taşıma maliyetleri de bellidir. Bu koşullar altında amaç en ucuz taşımayı yapmaktır<sup>218</sup>.

---

<sup>214</sup> İsmail Karaoğlan ve Fulya Altıparmak, "Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi İçin Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel Bir Yaklaşım", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi**, Cilt.20, No. 4 (2005), s. 433-454

<sup>215</sup> Jeremy F. Shapiro, **Modeling the Supply Chain**, USA : Wadsworth Group, 2001, s.237.

<sup>216</sup> Mokhtar S. Bazaraa, John J.Jarvis, Hanif D. Sherali, **Linear Programming and Network Flows**, Canada : John Wiley & Sons, 1990, s. 478.

<sup>217</sup> Doğan s.74

<sup>218</sup> Mustafa Sivri ve Abdülkadir Tepecik, **Matematik Programlamaya Giriş**, İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, Sayı. KM.MTM-98.004, 1998, s. 67.

## 4.2. KENTİÇİ YOLCU TAŞIMACILIĞI FAALİYETİ

Bu bölümde “Kentİçi toplu taşıma sistemi”ne bir yaklaşım sağlanması amaçlanmıştır. Bunun için önce ulaştırma sistemi ve çevresi tanımlanmış, bu ikisi arasındaki etkileşim, her birinin girdileri ve çıktıları ile birlikte incelenmiştir.

Bölümün ikinci kısmında kentİçi karayolu taşımacılığının, üçüncü kısımda ise kentİçi toplu taşıma sistemlerinin gelişim süreçleri anlatılmıştır.

Dördüncü kısımda, kentİçi toplu taşıma sisteminde karar verme süreci ele alınmış, beşinci kısımda ise kentİçi toplu taşıma sisteminin iyileştirilmesi için hangi yöntemlerin kullanılabileceği konusu incelenmiştir.

Altıncı kısımda kentİçi toplu taşıma sisteminde kullanılan işletme şekilleri maddeler halinde listelenmiştir.

Yedinci kısımda kentİçi otobüsle toplu taşımacılık konusunda temel bilgiler verilmiş, sekizinci kısımda ise kentİçi otobüsle toplu taşımacılıkta kullanılan işletme şekilleri anlatılmıştır.

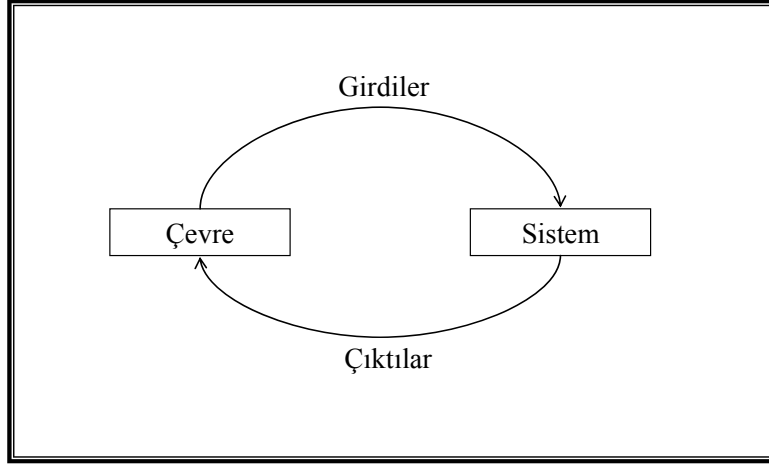
Taşıt rotalaması ve çizelgelemesi konusundaki temel kavramlar bölümün dokuzuncu ve son kısmını oluşturmaktadır.

### 4.2.1. Ulaştırma Sistemi ve Planlaması

#### 4.2.1.1. Ulaştırma Sistemi

Sistem kavramının sözlük anlamı, “düzenli ilişki ya da bağımlılık içinde bulunan nesnelere kümesidir”. Hutchinson sistemi, “eylemleri, özel hedef ve amaçlara yönelik girdiler altında yönlendirilebilecek şekilde organize edilen bileşenler kümesi” olarak tanımlamaktadır. Her bir sistem, kendi dışındaki bir “çevre” ile sürekli etkileşim içinde bulunmaktadır. Sistemin eylemleri ve bunların çevreye etkileri, sistem çıktıları oluştururlar. Çıktılar, kaynağı çevre olan girdilerin bir fonksiyonudur. Hutchinson çevreyi de, “sistem dışında olan, sistemin davranışını etkileyen ve sistemin

davranışından etkilenen bileşenler kümesi” olarak tanımlamıştır. Sistem ve çevre arasındaki Şekil 4-1’de görülen sürekli bir döngü söz konusudur<sup>219</sup>.



Şekil 4-1 : Sistem ve Çevre İlişkisi

Bir sistemin hedef ve amaçlara uygun olarak kurulabilmesi sistem içindeki problemlerin çözülebilmesi, değişik koşullarda sistemdeki olası değişimlerin tahmin edilebilmesi ve sistemde değişiklikler yapılabilmesi için, o sistemi ve çevresini oluşturan bileşenlerin birbirleriyle olan ilişki ve etkileşimlerinin yanı sıra, sistem çıktılarına olan etkilerinin araştırılması ve belirlenmesi gerekir<sup>220</sup>.

Ulaştırma sistemi, “insan ve eşyaların belirli ve iyi tanımlanmış bir şekilde ulaşımı ile ilgili tüm fiziksel, sosyal, ekonomik ve kurumsal bileşenlerin bir araya geliştirilmesiyle oluşan bir küme” olarak tanımlanmaktadır. Bu sistem; yol ağı, taşıt filosu, işletme, terminaller gibi bileşenlerden oluşur. Ulaştırma sistemini en çok etkileyen çevre özellikleri, arazi kullanımı, nüfus yoğunluğu ve karakteri sosyo-ekonomik yapı, topoğrafik ve jeolojik yapı, iklim koşulları, ekolojik yapı, ülke ve bölgelerin yönetsel yapıları vb.’dir<sup>221</sup>.

<sup>219</sup> Rezzan EREL, “Taşıt Rotalaması ve Çizelgelemesi : Otobüsle Kentlerarası Yolcu Taşımacılığı İçin Bir Model”, (Yayımlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1995), s.4-5.

<sup>220</sup> Erel, s.4-5.

<sup>221</sup> Erel, s.5.

Ulaştırma sisteminin oluşumu, değişimi, gelişimi ve performansı, sistem girdilerine göre belirlenmektedir. Bu girdiler,

- Ulaşım istemi,
- Yasa ve Yönetmelikler,
- Yönetimsel Kararlar,
- Kaynaklar ve Kısıtlar,

olmak üzere dört grupta toplanabilir.

Ulaştırma sisteminin çıktıları, “sunu” ve “etkiler” olarak iki grupta toplanabilir. Sunu grubu içine, ulaşım ağı ve bu ağ boyunca sunulan seyir koşulları, işletmeler tarafından sunulan hizmetin özellikleri girmektedir. Etkiler grubu ise, ulaştırma sisteminin çevreye yaptığı olumlu ve olumsuz etkileri kapsamaktadır<sup>222</sup>.

#### ***4.2.1.2. Ulaştırma Planlaması***

Bir işletmede belirlenen hedef ve amaçlara ulaşabilmek için ne gibi işler yapılacağını, bu işlerin kimler tarafından, ne zaman ve nasıl yapılacağını gösteren tasarımlara plan adı verilir. Plan, işletmenin gelecekte izleyeceği davranış şeklidir.

Sözlük anlamı olarak planlama, bir amaca ulaşmak için izlenen yoldur. Planlama, “belirli bir amaca yönelik bir problemi, belirli kısıtlar altında optimal düzeyde çözme eylemi” olarak tanımlanabilir. Ulaştırma sisteminde birden fazla ve birbiriyle ilişkili problemler ile karşılaşılması, bu sistemin planlamasını karmaşık bir yapıya büründürmektedir. Nitekim Lardinois, ulaştırma planlamasını karar vermede etkileyici ve etkilenen değişik faktörleri olan, birbirinden farklı ve bazen birbirlerine ters düşen amaçları olabilen farklı düzeylerdeki kararların alınmasını gerektiren, olası karar seçenekleri fazla sayıda olan, karar vermede doğrudan ve dolaylı etkilere sahip,

---

<sup>222</sup> Erel, s.5-7.

kısıtlayıcı, karmaşık bir çevre içinde başarılması gereken karmaşık bir karar verme süreci olarak tanımlamaktadır<sup>223</sup>.

Türkiye, gelişmekte olan bir ülke olarak bu ülkelere aite karakteristik özellikleri göstermektedir. Hızla artan nüfus, araç sayısında ve ulaşım talebinde ciddi anlamda bir yükselme eğilimine neden olmaktadır. Son 20 yıl içerisinde şehirlerarası yolcu taşımacılığı 2,5 kat, yük taşımacılığı 4 kat artış göstermiştir. Aynı dönemde nüfus artışı ise %50 olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde şehriçi ulaşımında motorlu taşıtların kullanımı ve yapılan yolculuk sayılarında hızlı bir artış görülmüştür. Ekonomik büyüme ve Gayri Safi Milli Hasıla'daki gelişime bakıldığı zaman ekonomik parametrelerin artış hızının ulaşım talebinin gerisinde kaldığı görülmektedir.

Bölgesel veya ulusal ulaşım planlamalarında çalışmaların ilk ayağını oluşturan talep tahminleri planlama için çok önemlidir<sup>224</sup>.

Taşımacılık planlaması problemlerinde yaygın olarak kullanılan modeller; tür seçimi, taşıyıcı rotalaması, filo boyutlandırılması, taşıt çizelgelenmesi ve yük toplulaştırılması modelleridir.

*Taşıma türü seçimi* modellerinde etkin bileşenler olarak kaynaklarda genellikle şunlar önerilmektedir: Hizmet sıklığı, hız, maliyet, güvenlik, müşteri hizmeti, taşıma süresi, bu sürenin değişkenliği, güvenilirlik, hırsızlığa karşı güvenlik, erişebilirlik.

*Rota seçimi* modelleri genellikle *en kısa yol* seçimi şeklinde olur ve bu en kısa yol, farklı türler için farklı olabilir. En kısa yol *uzaklık*, *zaman* veya *maliyet* terimleri ile ifade edilebilir.

*Filo boyutlandırılması modellerinde*, beklenen müşteri hizmet düzeylerinde, ancak en düşük maliyetli olarak taşımacılık talebini karşılayacak taşıtların tipleri ve sayıları belirlenir. Filo boyutu büyüdükçe müşteri memnuniyeti artar; ancak taşıt kullanım oranları düşer.

---

<sup>223</sup> Erel, s.8.

<sup>224</sup> Halim Ceylan ve Soner Haldenbilen, "Şehirlerarası Ulaşım Talebinin Genetik Algoritma ile Modellenmesi", **İMO Teknik Dergisi**, Cilt : 238, Sayı. 1 (2005), s.3590.

*Taşıt çizelgelemesi modellerinde* ana konu zamandır. Verilecek kararlar; kaç adet taşıtın, nereden nereye, hangi günde ve hangi zamanlarda gönderilecekleri ile ilgilidir<sup>225</sup>.

#### **4.2.1.3. Kentiçi Yolcu Taşımacılığı Planlaması**

Ulaştırma sistemi, yol ağı, taşıt filosu, işletme ve terminaller gibi çeşitli bileşenlerden oluşur. İnsanların bir yol ağı üzerindeki noktalar arasındaki ulaşımını, ya kendi özel araçları ile, istedikleri noktalar arasında, istedikleri zamanlarda ve istedikleri yolu kullanarak seyirleri ile; ya da toplu taşımacılık yapan kurumların belirli noktalar arasında, belirli güzergahlar boyunca ve belirli zamanlarda sundukları taşımacılık hizmetinden yararlanmaları ile gerçekleştirilebilir.

#### **4.2.2. Kentiçi Karayolu Taşımacılığının Gelişimi**

Kentiçi karayolu ulaşımında talepler, yirminci yüzyılın başından itibaren otomobil sanayindeki gelişmelere ve taşıt sayısındaki artışa bağlı olarak sürekli artma eğilimindedir.

1920-1970 yılları arasında kısa mesafeli kentiçi yollarının yapımı ile başlayan ve giderek ana yolların yapımı ile devam eden genişleme evresinde, bir yandan kısa mesafeli kentiçi yolları ve ana yolların yapımına devam ediliyorken; bir yandan da yol yapımı teknikleri, yol yapımında kullanılan malzemeler ve trafiğin denetimi ile ilgili araçlar geliştirilmiştir<sup>226</sup>.

İlk zamanlarda yaya temelli kurulan kentlerde ulaşım yaya veya atlı arabaların yardımıyla gerçekleştirilmekteyken yaklaşık 200 yıllık bir süreçte gerek nüfus gerekse coğrafi anlamda büyüyen kentlerde ulaşım araçları, teknolojik ilerlemelerin de yardımıyla çeşitlilik arz etmeye başlamıştır. Bu çeşitlilik ve her geçen gün büyük bir hızla artan ulaşım talebi, kentiçi ulaşım sisteminin giderek büyümesine ve karmaşıklaşmasına neden olmuştur. Giderek büyüyen ve karmaşıklaşan bu sisteme

---

<sup>225</sup> Mustafa Gürsoy, "A Decision Supportive Method for Freight Transportation Model Choice", **Journal of Engineering and Natural Sciences (Sigma)**, Vol.2005/2 No. 2, s.141.

<sup>226</sup> Necla Tektaş, "Kent İçi Transit Yollarda Trafik Optimizasyonu (İstanbul İçin Bir Uygulama)", **(Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2002)**, s.6.

ilişkin sorun alanları da büyük farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların bir sonucu olarak da çok farklı sorun alanları farklı bilim dallarının çalışma alanlarına girmektedir.

Kentiçi ulaşım sisteminin karmaşık yapısı, tanımlanan problem alanlarının fazlalığı ve disiplinler arası yapısı bu problemlere yönelik çözüm yöntemlerinin de değişkenlik göstermesini beraberinde getirmiştir. Bu yöntemler, problemin yapısına göre basit finansal rasyolardan, ancak bilgisayar desteği ile çözülebilecek karmaşık matematiksel modellere varıncaya kadar geniş bir yelpazede yer almaktadır<sup>227</sup>.

Bir yandan ulaşım talebinin teknolojik yöntemlerle denetlenmesi ve yol kapasitelerinin en verimli şekilde kullanılması (ulaşım optimizasyonu) çalışmaları sürerken öte yandan toplu taşıma sistemleri devreye girmiş önemini hızla arttırmıştır.

İstanbul'a bakıldığında, yeni yollar yapılmasının gün geçtikçe zorlaştığı ve özel otomobil sahipliğinin ise hızla arttığı görülmektedir. Özel otomobil kullanımının azaltılabilmesi için, bu kesime konforundan vereceği ödünü en düşük seviyede tutarak, maliyet tasarrufu sağlayacak cazip alternatifler üzerinde durulması gereklidir.

#### **4.2.3. Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminin Gelişimi**

Kentiçi Toplu Yolcu Taşımacılığı Sistemleri denildiğinde akla karayolu, denizyolu ve demiryolu (raylı sistemler) sistemleri ile yapılan taşımacılık gelmektedir.

Kentiçi ulaşım sistemi, insanların kent içinde sosyal ve ekonomik aktivite sistemleri arasında yer değiştirme gereksinimlerini karşılamak için kullandıkları bir hareket ortamıdır. Bu sistem en genel anlamda, ulaşım şebekesi, taşıtlar ve işletmeden oluşur<sup>228</sup>.

---

<sup>227</sup> Erdal Yılmaz, "Aksiyomlarla Tasarım İlkeleri Yardımıyla Kentiçi Toplu Taşıma Sistemlerinin Tasarımı", **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt.11, Sayı. 1, s.9.

<sup>228</sup> Mustafa Sinan Yardım, "Kentiçi Ulaşımında Otobüsle Toplutaşıma İçin İşletmecilik Şeklinin Belirlenmesine Yönelik Bir Matematiksel Model", (**Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002), s. 3.

Kentiçi ulaşım sisteminde yük ve yolcu olarak iki tür taşımacılık yapılıır. Bu çalışmada kentiçi otobüsle yolcu taşımacılığı üzerinde durulacaktır.

Toplutaşıma sistemi, insanların ulaşım taleplerini karşılamak üzere zaman ve mekan içinde toplu olarak yer değiştirmelerini sağlayan öğeleri, bunların özelliklerini ve aralarındaki ilişkileri içeren bir bütün olarak tanımlanabilir.

Günümüz kentiçi ulaşımın önemli bir kısmı toplutaşımacılıkla yapılmaktadır. Çeşitli alt sistemleri ve öğeleri bünyesinde barındıran toplutaşıma sisteminin kullanılması birçok yönden yararlar sağlamaktadır. Bunlardan bazıları sıralanacak olursa:

- Kent içinde ekonomik bir kullanım alanı yaratmaktadır.
- Yolların sadece otomobil taşımacılığı yapılmasının önüne geçerek, esas olarak insanların taşınması amacına hizmet etmektedir.
- Yol ve şebeke açısından kapasite kullanımı özel araçlara göre düşüktür.
- Her kesimden insanlara hizmet vermektedir. Bu yönüyle bir kamu hizmeti sunulmaktadır.
- Enerji tasarrufu açısından çok etkili bir sistemdir.
- Çevreye olumsuz etkileri özel otolara göre bir hayli azdır. Sistemin ürettiği atıklar düşük düzeyde olduğu için dengeli bir çevre oluşumuna katkı sağlar.
- Toplutaşıma sisteminde kullanılan araç sayısı, özel araçlara göre az olduğu için yedek parça ve yan sanayi açısından ülke ekonomisine katkıları büyüktür<sup>229</sup>.

---

<sup>229</sup> Yardım, s.5.

İstanbul'da otobüs işletmeciliği Tramvay Şirketinin 1931 Taksim-Beşiktaş arasında çalıştırdığı 4 Renault otobüsle başlamıştır<sup>230</sup>.

#### **4.2.4. Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminde Karar Verme Süreci**

Toplu Taşıma Sistemini etkin, çekici ve kullanılabilir hale getirmek için planlama faaliyetlerini de en üst düzeyde ele alıp değerlendirmek gerekir. Bu konuda günümüze kadar birçok araştırma ve bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu sistemde belirli hedef ve amaçlara yönelik olarak karar verme karmaşık bir yapıdadır. Çünkü;

- Olası kararların çokluğu ve değişik şekiller alabilmesi,
- Birbirinden farklı ve bazen birbirine ters düşen amaçları ve farklı planlama-yönetim süreçleri ile, değişik düzeylerdeki karar verme ve değişik faktörlerin varlığı,
- Tüm düzeyler, tüm faktörler ve bunların tüm kararları arasında, yüksek düzeydeki bağımlılık ve etkileşim,
- Karmaşık ve değişken bir çevre ile bağımlılık mecburiyeti

söz konusudur<sup>231</sup>.

#### **4.2.5. Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminin İyileştirilmesi**

Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminin iyileştirilmesi için kullanılan yöntemler üç ana grupta toplanabilir.

##### **4.2.5.1. Yeni Otobüs Güzergahlarının Düzenlenmesi**

Şu anda hizmet verilmeyen ya da yetersiz hizmet verilen çekim ve üretim merkezlerine Toplu Yolcu Taşımacılığı hizmeti sağlanması için bir talep ortaya çıkabilir. Bu talebin karşılanması için gerçekleştirilecek olan hizmetler yeni bir rotanın belirlenmesi ya da mevcut rotaların uzatılması şeklinde olabilir.

---

<sup>230</sup> Ahmet Keskin, **Toplu Taşıma Sistemleri**, İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı. 1487, 1992, s.15.

<sup>231</sup> Yardım, s.13.

#### **4.2.5.2. Destekleyici Güzergahlarının Düzenlenmesi**

Pek çok durumda çalışanlar için alış-veriş, yemek, kreş gibi sosyal aktivitelere kolay ulaşabilmek için herhangi bir alternatif olmadığı durumlarda, özel araç ile işe gidip gelmek çekici olmaktadır. Ayrıca, Toplu Yolcu Taşımacılığı hizmetinin bittiği yerden, varış noktasına ulaşabilmek sorun yaratmaktadır. Bu gibi sorunların çözümü için kısa mesafeli ve sık aralıklı mekik (ring) servisleri düzenlenebilir<sup>232</sup>.

#### **4.2.5.3. Mevcut Hizmetlerin İyileştirilmesi**

Mevcut olan hizmetlerde bazı iyileştirmeler yapılarak da Toplu Yolcu Taşımacılığı çekici hale getirilebilir. Bu iyileştirmeler şöyle sıralanabilir:

- *Araç Bekleme Süresinin Azaltılması* : Servis sıklığını arttırmak, varış aralıklarını kısaltmak amacı ile rotaları yenilemek, zaman tarifeli bir aktarma sistemi kurmak.
- *Otobüste Geçen Zamanın Azaltılması* : Kısıtlı duraklı veya ekspres otobüs hizmeti vermek, tercihli otobüs şeritleri oluşturmak, trafik akışında otobüslere öncelikler tanımak, daha çok doğrudan servis sağlamak için rotaları yeniden yapılandırmak.
- *Toplu Yolcu Taşıma Sistemine Ait Duraklarda İyileştirmeler Yapılması* : Park et ve bin (park and ride lots) alanları inşa etmek, ana aktarma merkezleri geliştirmek, duraklarda konforu arttırıcı iyileştirmeler (olumsuz hava koşullarından koruma, yön bulmanın kolaylaştırılması, rahat bekleme olanakları, doğru bilgilendirmeyi sağlama vs.) yapılması.
- *Kullanıcı Maliyetinin Düşürülmesi* : Önceden ücret ödeme yöntemleri geliştirmek, değişik süreler için dönemlik toplu taşıma kartları uygulamaları, ücretlerin bir kısmının işveren tarafından karşılanması.

Bu çalışmada mevcut uygulanan hizmetin iyileştirilmesi konusu üzerinde çalışılmıştır.

---

<sup>232</sup> Tektaş, s.17.

#### **4.2.6. Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılan İşletme Şekilleri**

Kentiçi Toplu Taşıma Sisteminde kullanılan işletmecilik şekilleri aşağıdaki gibi özetlenebilir<sup>233</sup>.

##### **1. Duruş Türlerine Göre**

- a. Her Durakta Duruş
- b. Yolculu Durakta Duruş
- c. Yolcu İsteğiyle Duruş

##### **2. Servis Sıklığına Göre**

- a. Talebe Bağlı Kalkış
  - i. Minimum Yolcu ile Kalkış
  - ii. Sınırlı Bekleme Süresi ile Kalkış
- b. Düzenli Kalkış
  - i. Periyodik Kalkış (Araç Takip Aralıkları Sabit)
  - ii. Periyodik Olmayan Planlı Kalkış

##### **3. Hat Boyunca Durak Dağılımına Göre**

- a. Çoktan – Çoka (Many to Many)
- b. Çoktan – Aza / Azdan Çoka ( Many to Few)
- c. Çoktan – Teke / Tekten – Çoka (Many to One)
- d. Azdan – Aza (Few to Few)
- e. Tekten – Teke (One to One)

---

<sup>233</sup> Yardım, s.18-19.

**4. Rota (Güzergah) Seçimine Göre**

- a. Sabit Rotalı İşletme
- b. Esnek Rotalı İşletme
- c. Dinamik Rotalı İşletme

**5. Zaman Çizelgesine Göre**

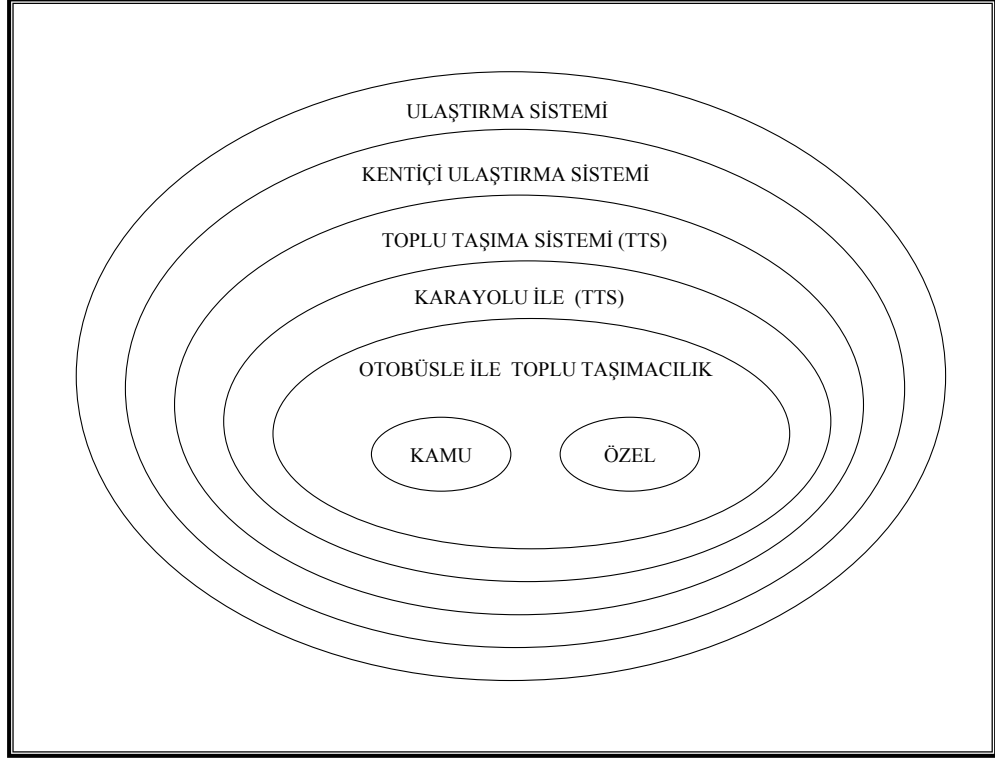
- a. Sabit Çizelgeli İşletme
- b. Esnek Çizelgeli İşletme
- c. Zaman Çizelgesiz İşletme

**6. Ücret Uygulamasına Göre**

- a. Ücretsiz İşletme
- b. Tek Tip Ücret (Nakit, bilet veya kart)
- c. Entegre Ücret (Bilet, kart ve elektronik bilet birlikte)
- d. Aşamalı Ücret

#### 4.2.7. Kentiçi Otobüsle Toplu Taşımacılık

Çalışmanın bu bölümünde kentiçi otobüsle toplu taşımacılık konusu anlatılacaktır. Kentiçi otobüs ile toplu taşımacılığın ulaştırma sistemindeki yeri Şekil 4-2’de gösterilmiştir.



**Şekil 4-2 : Otobüsle Toplu Taşımacılığın Ulaştırma Sistemindeki Yeri**

Kentiçi toplu taşıma sisteminin en önemli parçalarından biri de otobüs taşımacılığıdır. Otobüsle toplu taşıma sisteminin temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir<sup>234</sup>.

- Kentiçi karayolu şebekesini kullanan bir sistemdir.
- Yol hakkı açısından, genellikle diğer taşıtlarla ortak kullanılır. Bir özel durum olarak, tercihli otobüs yolu uygulamasında fiziksel engellerle diğer trafikten ayrılabilir. Bu durumda sadece kavşak gibi kesişme noktalarını diğer trafikle beraber kullanır.

<sup>234</sup> Keskin, s.21.

- Yüksek kapasiteli taşıtlardan oluşan bir filo yapısına sahiptir. (Tek katlı, çift katlı ve körüklü otobüslerin kapasiteleri 50-200 yolcu/taşıtlık aralıktadır.)
- Kapıdan kapıya taşıma özelliği olmayan bir sistemdir.

Otobüsle taşımacılık sisteminin yapısı genel ulaştırma sisteminden farklı değildir. Sistem daha önce değinildiği gibi bir çevre ile kuşatılmıştır. Bu çevrenin tabakalı yapı arz ettiği (Şekil 4-2)'de görülmektedir. Otobüs sistemi çevreyle bir girdi-çıkış alışverişi içinde etkileşmektedir. Toplutaşıma sistemlerinin çalışma düzeni ve seyahat şartlarında yapılan herhangi bir iyileşme, sistemin daha çok yolcu taşımaya sağlayabilmektedir. Bu anlamda en esnek toplutaşıma sistemlerinden biri olarak görülen otobüs sistemi bütün dünyada gerek tek başına gerek yardımcı ve besleyici bir sistem olarak çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır<sup>235</sup>.

#### **4.2.8. Kentiçi Otobüsle Toplu Taşımacılıkta Kullanılan İşletme Şekilleri**

Kentiçi seyahat talebinin, zaman ve mekandaki değişimlerini karşılayabilmek için otobüs taşımacılığında çeşitli işletme şekilleri kullanılmaktadır. Bunlarda talebin mekansal farklılaşmasıyla ortaya çıkan sakıncaların yok edilmesi amaçlanmaktadır. Başlıca işletmecilik şekli 4 tanedir.

##### **4.2.8.1. Klasik (Basit) İşletmecilik**

Bilinen en basit işletmecilik şeklidir. Her durakta durma sistem için temel bir stratejidir. Bu sistem servis sıklığı açısından, talebe bağlı bir taşımacılık yapmayıp düzenli kalkışlarla işletilmektedir. Kalkış periyotları ise takip aralıkları sabit olmamakla beraber planlıdır. Yani belirli bir çizelgeye göre taşımacılık yapılmaktadır. Hat boyunca durak dağılımı dikkate alındığında çoktan-çoka (Many to Many) bir işletmecilik rejimi vardır. Hizmet sabit hatlar boyunca sunulmakta, sabit bir zaman çizelgesine uyulmaktadır. İşletmeler genelde belli bir ücret karşılığı taşımacılık yapmaktadır<sup>236</sup>.

---

<sup>235</sup> Yardım, s.22.

<sup>236</sup> Yardım, s.29-30.

#### **4.2.8.2. Durak Atlayarak İşletmecilik**

İşletme biçimlerinden durak atlama yöntemi özellikle raylı sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Otobüs işletmeciliğinde de denenen bu uygulamada araçlar ve duraklar iki gruba ayrılmakta (örneğin, tek-çift sayılı ya da kırmızı-yeşil duraklar ve otobüsler gibi), bir araç yalnızca kendi grubundaki duraklarda durabilmektedir. Böylece durak aralıkları bir kat daha uzun olmakta, duruş süresi yarıya inmekte ve hız artmakta, araçlar daha fazla sefer yapmaktadırlar<sup>237</sup>.

#### **4.2.8.3. Ekspres İşletmecilik**

Durak-atlama yönteminin bir sonraki aşaması ise ekspres (hızlı) otobüsler işletilmesidir. Bu uygulamada araçlar sınırlı sayıdaki ana duraklarda durmakta, bunun dışındaki durakları atlayarak daha hızlı bir işletmecilik hizmeti vermektedir<sup>238</sup>.

#### **4.2.8.4. Bölgesel İşletmecilik**

Durak atlayarak işletmecilik ve ekspres işletmeciliğinin geliştirilmesiyle ortaya çıkan ve önceleri raylı sistemler için önerilen, daha sonra sistemlerine uygulanan işletme şekli ise bölgesel işletmeciliktir. Klasik toplu taşıma işletmeciliğindeki hatlarda, taşıtlar hat boyunca bütün duraklarda duruş yapabilirken, bölgesel işletmede, bölge sınırlarında her durak kullanılabilir. Bir bölge içinde servis yereldir ve bölgeden çıkıldıktan sonra hattın kalan kısmının ortak bir son durakta (bir aktivite merkezi gibi) bittiği kabul edilir. Böylece, hatlar yerel bir besleyici ve genel bir ekspres hatlı taşıma sisteminin bileşimidir<sup>239</sup>.

#### **4.2.9. Taşıt Rotalaması ve Çizelgelemesi**

Taşıt rotalaması ve çizelgelemesi, taşıt hareketlerinin mekansal ve zamansal olarak düzenlenmesidir. Bir taşıtın belirli bir periyot içinde gideceği yerlerin belirlenmesi “taşıt rotalaması” olarak tanımlanmaktadır. Bir taşıtın hangi zamanlarda nerelerde bulunacağını planlanması ise, “taşıt çizelgelemesi” olarak

---

<sup>237</sup> Yardım, s.31.

<sup>238</sup> Yardım, s.31.

<sup>239</sup> Yardım, s.31-32.

adlandırılmaktadır. Bir taşıtın izleyeceği rota ile, bu rota boyunca hangi zamanlarda nerelerde bulunacağı konuları, birbirleri ile çok yakından ilişkilidir. Doğal olarak, bu konudaki kararlarda birlikte ya da -en azından- bir diğerine bağlı olarak verilebilmektedir. Bu kararlarda, çoğu durumda taşıt ile ilgili işletme maliyetlerinin minimize edilmesi, taşınacak yolcunun ya da karın maksimizasyonu gibi amaçlar söz konusu olduğundan, taşıt rotalaması ve çizelgelemesinin, optimizasyon problemleri olarak ele alınması gerekmektedir<sup>240</sup>.

#### **4.2.10. Otobüsle Toplu Taşıma ile İlgili Çalışmalar**

Ülkemizde otobüsle toplu taşımacılık konusundaki bilimsel çalışmalar 1980'li yıllarda yoğunluğunu arttırmıştır. Özellikle Ankara'da yapılan Toplu Taşıma Kongrelerinde, kentiçi otobüsle yolcu taşımacılığı ile ilgili birçok çalışma sunulmuştur. İlk çalışmaların ardından gelen çalışmalarda zaman içinde ulaşım kavramı, sistem yaklaşımı ile değerlendirilmeye başlanmıştır. Otobüsle şehir içi ya da şehirler arası yolcu taşımacılığı ile ilgili çalışmalarda da bu gelişme gözlemlenebilmektedir.

Büyük şehirlerin artan nüfus ve araç sahipliğinin artması ile ortaya çıkan problemlerin çözümü için, bu dönemde toplu taşıma ağırlıklı politikaların üretilmeye çalışıldığı ve otobüs taşımacılığına da öncelikle eğilme ihtiyacı duyulduğu görülmektedir.

İstanbul'da İETT için Hat Rasyonalizasyon Etüdları (VTS/İETT, 1989 – İETT, 1990) bu konudaki önemli çalışmalar olarak dikkat çekmektedirler.

Son yıllarda otobüsle toplu taşımacılık ile ilgili yurtiçindeki akademik çalışmalar artmaya başlamakla birlikte henüz yeterli olmamaktadır. Otobüsle toplu taşıma ile ilgili olarak çeşitli doktora tezleri hazırlanmıştır. Bunlardan bazıları,

---

<sup>240</sup> Erel, s.20.

- Tektaş (2002), kentiçi transit yollarda trafiğin optimizasyonuna yönelik bir çalışma yapılmıştır.
- Yardım (2002), kentiçi ulaşımda otobüsle toplu taşımacılık için işletmecilik şeklinin belirlenmesine yönelik matematiksel bir model ortaya konulmuştur.
- Erel (1995), Taşıt Rotalaması ve Çizelgelemesi konusunda bir model önerilmiştir.
- Çalışkan (1994), aktarma duraklarındaki bekleme ve zaman kaybını en aza indirecek bir model önerilmiştir.
- Kıbrıslı (1989), Taksim-Zincirlikuyu arasındaki otobüs yolu incelenmiş ve kapasitenin aşıldığı, kurulan matematiksel modeller ile ortaya konulmuştur.

Uluslararası literatürde ise kamu otobüs sistemlerinin optimizasyonu konusunda analitik yaklaşımlar üzerine önemli sayıda çalışmalar bulunmaktadır.

- Chakroborty (2003), Kentiçi optimal taşıma ağı tasarımı ile bir çalışma gerçekleştirilmiştir.
- Chang ve Schonfeld (1991), Kocur ve Hendrickson (1982), Newell (1979), Talebin sabit olduğu varsayılarak (hizmet kalitesi ve fiyatlandırma dikkate alınmaksızın) birçok analitik optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Çalışmalarda genelde taşıt takip aralığı ve hatlar arası mesafe olarak iki farklı karar değişkeni öngörülmüştür.
- Chang ve Schonfeld (1993), Ling ve Taylor (1989), Hat uzunlukları ve hizmet bölgeleriyle ilgili matematiksel bir modeller ortaya konulmuştur.
- Oldfield ve Bly (1988), Elastik talep, finansal kısıtlar ve tıkanıklık etkilerini dikkate alan bir yaklaşım ile farklı bir matematiksel model ortaya konulmuştur.
- Chang (1990), Bölgesel toplu taşımacılık için analitik model önerilmiştir.

- Kuah ve Perl (1988), var olan bir demiryolu hattına erişim sağlayacak optimal bir otobüs hattı için analitik bir model sunulmuştur.

İstanbul'da değişik çevrelerde on yıllar boyunca kentiçi ulaşım üzerine çok düşünülmüş, yazılmış, tartışılmış, projeler gerçekleştirilmiştir. Başta üniversiteler, meslek odaları ve İETT gibi kuruluşlar çeşitli projeler yapmış, yaptırmıştır. Bunlar arasında kent ölçeğinde bir ulaşım talep analizi niteliğinde proje olarak Boğaziçi Üniversitesi (1980), İTÜ (1984) çalışmaları dikkati çeker. İşletme hatağı ölçekli diğer bir önemli çalışma de İETT -VOLVO çalışmasıdır (1989). Bu çalışmalar yapıldığı birkaç yıl için geçerli veri sağlasa da, hızlı dönüşen İstanbul'da yeterli dönemler içinde güncellenememiş, kalıcı olamamışlardır. Daha sonra yapılan NETMED (1994), İBB+İTÜ İstanbul Ulaşım Ana Planı (1997) İstanbul kentiçi ulaşımın stratejik hedeflerine dönük öngörülerde bulunmuşlardır. İBB (Ulaşım Daire Başkanlığı) ve İstanbul Valiliği (İl Trafik Komisyonu) İstanbul'un ulaşım ve trafik sorunlarıyla ilgili güncel uygulamaları sürdürmektedir<sup>241</sup>.

### **4.3. MODELİN OLUŞTURULMASI**

#### **4.1.1. Problemin Tanımı**

İstanbul şehrinde toplu taşımacılık 30 Ağustos 1869 tarihindeki "Dersaadet'de Tramvay ve Tesisleri" inşasına dair sözleşme ile başlamıştır. İlk atlı tramvay işletmeciliğine 1871 tarihinde 4 hatla başlanılmıştır. Aynı tarihte Tünelin yapım çalışmaları başlamış, 12 Ocak 1875 tarihinde tünel işletmeye alınmıştır. 2 Şubat 1914 günü Elektrikli Tramvay İşletmesi'ne geçilmiş, 8 Haziran 1928 Cuma sabahından itibaren Anadolu Yakasında tramvay işletmesine başlanmıştır.

Muhtelif yabancı şirketler tarafından işletilen tramvay, tünel, otobüs ve elektrik işletmeleri 1939 yılında devletleştirilmiş ve aynı yıl 16 Haziran'da çıkarılan 3645 sayılı kanunla İETT işletmeleri genel müdürlüğü adı altında bugünkü hüviyetine kavuşmuştur. 1945 yılında da Yedikule, Kurbağalıdere Havagazı Fabrikaları ile bu fabrikaların beslediği İstanbul ve Anadolu havagazı dağıtım sistemleri devralınmıştır.

---

<sup>241</sup> İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Müdürlüğü (İETT), **Stratejik Plan (2008-2012)**, 2007, (06.11.2007), s.15.

09.09.1982 tarih ve 2705 sayılı TEK kanununda değişiklik yapan yasa ile tüm elektrik hizmetleri hak ve vecibeleri ile TEKB`e devrolunmuştur. 09.07.1984 tarih ve 3030 sayılı Büyükşehir Belediyeleri Yasasında yer alan bir madde ile İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğünün özel kanunla kurulmuş tüzel kişiliğinin devam edeceği ve ayrıca aynı kanun kapsamında Beyoğlu Havagazı Üretim ve Dağıtım Tesisleri`nin İETT`ye bağlanacağı hükmü getirilmiştir. Haziran 1993`te Büyükşehir Belediye Başkanlığı`nın emirleri doğrultusunda havagazı üretim ve dağıtım faaliyetleri durdurulmuştur<sup>242</sup>. Çalışmadaki modeller oluşturulurken İETT Etüd ve Planlama Dairesi tarafından hazırlatılan bir çalışmadan yararlanılmıştır<sup>243</sup>.

İstanbul`da İETT`ye ait 9 adet otobüs garajına bağlı olarak farklı modellerde 2574 adet otobüs hizmet vermektedir.

Çalışmanın konusunu oluşturan Kağıthane garajında 3 farklı tipten toplam 185 adet otobüs (Çizelge 4-1) bulunmaktadır.

**Çizelge 4-1** : Kağıthane Garajında Mevcut Olan Otobüs Bilgileri

<b>Model (Araç Tipi)</b>	<b>Adet</b>	<b>Yolcu Kapasitesi</b>
Ikarus – 260	175	100
Optare	7	68
Berkhof	3	100
<b>Toplam</b>	<b>185</b>	

#### **4.3.2. Varsayımlar**

- Her bir otobüs hattının ortalama yolculuk süreleri bilinmektedir.
- Her bir otobüs hattının sefer başına ortalama yolculuk sayıları bilinmektedir.

<sup>242</sup> İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Müdürlüğü (İETT), **Tarihçe**, <http://www.iETT.gov.tr>, (31.08.2007)

<sup>243</sup> Bedir Aydemir, İbrahim Kavrakoğlu, Gülseren Kızıltan, İlhan Or, Gündüz Ulusoy ve Berrin Kıbrıslı, **Kentiçi Kamu Otobüs Taşımacılığına Bir Yaklaşım**, Yöneylem Araştırması 5. Ulusal Kongresi, Eskişehir, 1979.

- Her bir zaman diliminde her bir hattın sefer sayıları bilinmektedir. Çalışmada 3 saatlik sabah dilimi verileri kullanılmıştır.
- Günlük ortalama yolcu ve yolculuk sayılarının değişmediği kabul edilmektedir.

Bu sistem gerçekten varolabilir veya olması umulan bir düşüncenin ürünüdür. İlk durumda, modelin amacı, sistemin işleyişini daha iyi bir düzeye çıkarmak için bunun davranış analizinin yapılması sağlanmalıdır. İkinci durumda ise amaç, bileşenleri arasında işlevsel (fonksiyonel) bağlar olan gelecekteki sistemin ideal yapısını saptamaktır.

#### **4.3.3. Karar Değişkenlerinin Belirlenmesi**

Bir karar modelinin formülasyonundaki ilk adım karar değişkenlerinin belirlenmesidir. Karar değişkenlerinin belirlenmesi sırasında hedef programlamanın sınıflandırılmasındaki farklılıklar dikkate alınmalıdır. Karar değişkenleri belirlenirken seçilen hedef programlama yönteminin dahil olduğu sınıf ve ele alınan uygulama alanına göre problemin yapısına uygun değişkenler seçilmelidir.

Modeller oluşturulurken her bir otobüs hattının ele alınan zaman dilimindeki sefer sayısı, karar değişkenleri olarak kabul edilmiştir. Sefer sayıları, özellikleri gereğince tamsayı olmaları gerekmektedir. Bu nedenle sefer sayılarını ifade eden karar değişkenlerinin de tamsayı olması gerekmektedir.

Söz konusu karar değişkenleri oluşturulurken İETT'nin Kağıthane otobüs garajında mevcut olan 3 farklı tipteki otobüsleri dikkate alınmıştır.

$X_{ab}$  karar değişkeni,  $a$  sıra numaralı otobüs hattının  $b$  araç tipinden sabah saat dilimindeki 180 dakikalık süre içindeki sefer sayısını göstermektedir. Ikarus-260 otobüs modeli "Araç Tipi 1", Optare otobüs modeli "Araç Tipi 2", Berkhof otobüs modeli ise "Araç Tipi 3" olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada modellerde kullanılmak üzere tanımlanan karar değişkenlerinin listesi (Çizelge 4-2) 'de verilmiştir.

**Çizelge 4-2 : Karar Değişkenleri Listesi**

Sıra No *	Hat No	Hat Adı	Araç Tipi 1 (Ikarus-260)	Araç Tipi 2 (Optare)	Araç Tipi 3 (Berkhof)
1	26	Dikilitaş-Eminönü	X11	X12	X13
2	26A	Fulya Mah.-Eminönü	X21	X22	X23
3	26B	Gayrettepe-Eminönü	X31	X32	X33
4	26C	19 Mayıs Mah.-Eminönü	X41	X42	X43
5	30A	Beşiktaş-Mecidiyeköy	X51	X52	X53
6	30M	Beşiktaş-Mecidiyeköy	X61	X62	X63
7	39Ç	Hamidiye Mah.-Beyazıt	X71	X72	X73
8	43	Taksim-Dikilitaş	X81	X82	X83
9	44B	Hamidiye Mah.-Eminönü	X91	X92	X93
10	46Ç	Çağlayan-Eminönü	X101	X102	X103
11	46ÇY	Çağlayan-Yenikapı	X111	X112	X113
12	46H	Hürriyet Mah.-Eminönü	X121	X122	X123
13	46HY	Hürriyet Mah.-Yenikapı	X131	X132	X133
14	46K	Kuştepe - Eminönü	X141	X142	X143
15	46KY	Kuştepe-Yenikapı	X151	X152	X153
16	47Ç	Güzeltepe-Eminönü	X161	X162	X163
17	48	Şişli -Göktürk Köyü	X171	X172	X173
18	48B	Hasdal (Arıcılar) - Şişli	X181	X182	X183
19	48H	Hamidiye Mahallesi-Şişli	X191	X192	X193
20	48N	Güzeltepe-Taksim	X201	X202	X203
21	54	Piyalepaşa-Taksim	X211	X212	X213
22	54Ç	Çıksalın - Taksim	X221	X222	X223
23	54E	H.Rıfât Paşa -Eminönü	X231	X232	X233
24	54G	K.Hane-Gürsel Mah. -Taksim	X241	X242	X243
26	54HT	Hasköy-Taksim	X261	X262	X263
27	54K	Kulaksız - Taksim	X271	X272	X273
28	54ÖR	Örnektepe-Taksim	X281	X282	X283
29	54T	Talatpaşa Mah.-Taksim	X291	X292	X293
31	62	Kağıthane-Eminönü	X311	X312	X313
32	62G	Gültepe-Beşiktaş	X321	X322	X323
33	65G	Gültepe-Taksim	X331	X332	X333
34	66	Gülbağ-Eminönü	X341	X342	X343
35	66Z	Taksim - Zincirli dere	X351	X352	X353
38	70FE	Feriköy-Eminönü	X381	X382	X383
41	70KE	Kurtuluş-Eminönü	X411	X412	X413
43	70KY	Kurtuluş-Yenikapı	X431	X432	X433
44	74	Hilton Sitesi-Eminönü	X441	X442	X443
45	74A	Gayrettepe-Eminönü	X451	X452	X453
47	77Ç	Çıksalın-Eminönü	X471	X472	X473
49	EM1	Eminönü-Kulaksız	X491	X492	X493
50	EM2	Eminönü-Kulaksız	X501	X502	X503

\* Özel Halk Otobüslerinin çalıştığı hatlar modele dahil edilmemiştir (Sıra No.25, 30, 36, 37, 39, 40, 42, 46, 48)

#### 4.3.4. Kısıtların Belirlenmesi

##### 4.3.4.1. Sistem Kısıtlarının Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan sistem kısıtlarının ya da diğer bir ifade ile mutlak kısıtlarının oluşturulması oldukça uzun işlemler sonucu gerçekleştirilmiştir. Her bir otobüs hattının (Mayıs-Haziran 2006 döneminde İETT'ye bağlı Kağıthane garajındaki 41 otobüs hattına ait veriler) her bir otobüs durağında inen yolcu verileri kullanılarak sistemde bulunan 246 durak arasında herhangi bir duraktan gelen ve herhangi bir durakta inen yolcu sayılarını gösteren ve  $246 \times 246 = 60516$  hücreden oluşan duraklar arası yolculuk yapan yolcu sayılarını gösteren bir matris oluşturulmuştur. Bunun için iki durak arasında geçen her hattın sefer başına inen yolcu sayısı o hattın sefer sayısı ile çarpılıp, bulunan sonuçlar toplanmıştır. Oluşan  $246 \times 246$  boyutlu matrisin her bir elemanı ilgili iki durak arasındaki yolculuk yapan ve ikinci durakta inecek olan yolcu sayısını vermektedir.

İki duraktan geçen otobüs hatlarına ait sefer sayısı ve sefer yapan otobüslerin toplam kapasitelerinin, iki durak arasında taşınan yolcu sayılarından daha yüksek olması, yani iki durak arasındaki yolculuk talebini karşılayacak sayıda ve kapasitede otobüs seferi olması gerekliliği mutlak kısıt (sistem kısıtı) olarak modele alınmıştır.

Örneğin, modellerde yer alan 4 numaralı sistem (mutlak) kısıtının (" $100X311+68X312+100X313+100X321+68X322+100X323 \geq 455$ ") yorumu şu şekildedir. Bu kısıtın oluşturulduğu iki durak arasında 31 ve 32 numaralı hatlar geçtiği görülmektedir.  $X311$ , 31 numaralı hattaki 1. tip;  $X312$ , 31 numaralı hattaki 2. tip ve  $X313$ , 31 numaralı hattaki 3. tip aracın, aynı şekilde  $X321$ , 32 numaralı hattaki 1. tip;  $X322$ , 32 numaralı hattaki 2. tip ve  $X323$ , 32 numaralı hattaki 3. tip aracın yapması gereken sefer sayısını ifade etmektedir. Karar değişkenlerin katsayıları olan 100, 68 ve 100, sırasıyla araç tiplerine ait toplam yolcu kapasitelerini göstermektedir. Sağ taraf sabiti olan 455 değeri ise sabah zaman diliminde sistem kısıtı ile ilgili ilk duraktan ikinci durağa yolculuk yapıp ikinci durakta inen yolcu sayısını vermektedir. Bu değer daha önce ilgili ikinci durakta inen veriler kullanılarak oluşturulmuş olan matristen alınmıştır. Söz konusu iki duraktan geçen otobüs hatlarının toplam sefer sayıları (otobüs

tipleri ve kapasiteleri de dikkate alınarak) sistem kısıt olarak kabul edilmiştir. Toplam 121 sistem kısıtı<sup>244</sup> EK-2’de verilmiştir.

#### 4.3.4.2. Hedef Kısıtlarının Belirlenmesi

Hedef değerleri, belirlenen amaçlar için ulaşıldığı takdirde karar vericiyi tatmin edecek olan değerlerdir. Karar vericiler tarafından her bir amaç için istenilen hedef değerleri belirlendikten sonra sapma değişkenleri kullanılarak hedef kısıtları oluşturulur. Çalışmada oluşturulan modellerde kullanılmak üzere süre ve sefer kısıtları olmak üzere iki grup hedef kısıtı belirlenmiştir.

Sefer kısıtı oluşturulurken, her bir otobüs hattı için sefer sayısı talebinin (sefer süresi ve sefer sıklığı dikkate alınarak) Kağıthane garajındaki toplam otobüs sayısı (185) ile karşılanması hedef olarak ele alınmıştır.

$$\sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^3 \frac{t_i}{T} X_{ij} = N$$

$t_i$  : Her bir otobüs hattının sefer süresi

$T$  : Toplam zamanı (180 dk.)

$X_{ij}$  :  $i$  hattı için  $j$  araç tipinden yapılması gereken sefer sayısı

$N$  : Toplam otobüs sayısı

$\frac{t_i}{T}$  : Her bir hat için kullanılacak olan otobüsün süre kapasite kullanım oranını

ifade etmektedir.

Oluşturulan sefer hedef kısıtı (Çizelge 4-3)’de gösterilmiştir.

---

<sup>244</sup> Sistem kısıtlarının oluşturulması aşamasında toplam 365 adet kısıt oluşturulmuştur. Kısıtlar incelendiğinde bazı kısıtların karşılanması durumunda diğer kısıtlarında mutlaka karşılanmış olacağı görülmüş ve modellerin çözüm aşamasında 365 kısıtın tümünü karşılayabilen 121 adet sistem kısıtı kullanılmıştır.

**Çizelge 4-3 : Sefer Hedef Kısıtı**

Sefer Hedef Kısıtı
0,25x11+0,25x12+0,25x13+0,25x21+0,25x22+0,25x23+0,28x31+0,28x32+0,28x33+ 0,18x41+0,18x42+0,18x43+0,17x51+0,17x52+0,17x53+0,17x61+0,17x62+0,17x63+ 0,36x71+0,36x72+0,36x73+0,28x81+0,28x82+0,28x83+0,36x91+0,36x92+0,36x93+ 0,33x101+0,33x102+0,33x103+0,28x111+0,28x112+0,28x113+0,28x121+0,28x122+0,28x123+ 0,33x131+0,33x132+0,33x133+0,28x141+0,28x142+0,28x143+0,33x151+0,33x152+0,33x153+ 0,25x161+0,25x162+0,25x163+0,33x171+0,33x172+0,33x173+0,19x181+0,19x182+0,19x183+ 0,19x191+0,19x192+0,19x193+0,36x201+0,36x202+0,36x203+0,26x211+0,26x212+0,26x213+ 0,25x221+0,25x222+0,25x223+0,33x231+0,33x232+0,33x233+0,22x241+0,22x242+0,22x243+ 0,44x261+0,44x262+0,44x263+0,28x271+0,28x272+0,28x273+0,25x281+0,25x282+0,25x283+ 0,28x291+0,28x292+0,28x293+0,33x311+0,33x312+0,33x313+0,31x321+0,31x322+0,31x323+ 0,28x331+0,28x332+0,28x333+0,36x341+0,36x342+0,36x343+0,25x351+0,25x352+0,25x353+ 0,25x381+0,25x382+0,25x383+0,25x411+0,25x412+0,25x413+0,25x431+0,25x432+0,25x433+ 0,28x441+0,28x442+0,28x443+0,28x451+0,28x452+0,28x453+0,21x471+0,21x472+0,21x473+ 0,33x491+0,33x492+0,33x493+0,33x501+0,33x502+0,33x503+d4+d4 <sup>+</sup> =185

Süre kısıtları düzenlenirken önce sistemin çalıştırıldığı süre olan 180 dakika ile her bir araç tipinden bulunan otobüs sayısı çarpılıp 3 ayrı hedef değeri bulunmuştur. Her bir otobüs hattında bir seferi için gerekli olan süre katsayı olarak alınıp toplamları ilgili hedef değerine eşitlenip 3 tip araç için 3 adet süre hedef kısıtı oluşturulmuştur.

$$\sum_{i=1}^{50} t_i X_{i1} = T * O_1$$

$$\sum_{i=1}^{50} t_i X_{i2} = T * O_2$$

$$\sum_{i=1}^{50} t_i X_{i3} = T * O_3$$

$t_i$  : Her bir otobüs hattının sefer süresi

$O_i$  : Her bir araç tipinden mevcut otobüs sayısı

$X_{ij}$  : i hattı için j araç tipinden yapılması gereken sefer sayısı

$T$  : Toplam zaman (180 dk.)

ifade etmektedir.

Oluşturulan süre hedef kısıtları (Çizelge 4-4)'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4-4 : Süre Hedef Kısıtları**

<b>Süre Hedef Kısıtları</b>
$45x_{11}+45x_{21}+50x_{31}+32x_{41}+30x_{51}+30x_{61}+64x_{71}+50x_{81}+64x_{91}+60x_{101}+50x_{111}+50x_{121}+60x_{131}+50x_{141}+60x_{151}+45x_{161}+60x_{171}+35x_{181}+35x_{191}+64x_{201}+47x_{211}+45x_{221}+60x_{231}+40x_{241}+80x_{261}+50x_{271}+45x_{281}+50x_{291}+60x_{311}+55x_{321}+50x_{331}+64x_{341}+45x_{351}+45x_{381}+45x_{411}+45x_{431}+50x_{441}+50x_{451}+38x_{471}+60x_{491}+60x_{501}+d1^- - d1^+ = 31500$
$45x_{12}+45x_{22}+50x_{32}+32x_{42}+30x_{52}+30x_{62}+64x_{72}+50x_{82}+64x_{92}+60x_{102}+50x_{112}+50x_{122}+60x_{132}+50x_{142}+60x_{152}+45x_{162}+60x_{172}+35x_{182}+35x_{192}+64x_{202}+47x_{212}+45x_{222}+60x_{232}+40x_{242}+80x_{262}+50x_{272}+45x_{282}+50x_{292}+60x_{312}+55x_{322}+50x_{332}+64x_{342}+45x_{352}+45x_{382}+45x_{412}+45x_{432}+50x_{442}+50x_{452}+38x_{472}+60x_{492}+60x_{502}+d2^- - d2^+ = 1250$
$45x_{13}+45x_{23}+50x_{33}+32x_{43}+30x_{53}+30x_{63}+64x_{73}+50x_{83}+64x_{93}+60x_{103}+50x_{113}+50x_{123}+60x_{133}+50x_{143}+60x_{153}+45x_{163}+60x_{173}+35x_{183}+35x_{193}+64x_{203}+47x_{213}+45x_{223}+60x_{233}+40x_{243}+80x_{263}+50x_{273}+45x_{283}+50x_{293}+60x_{313}+55x_{323}+50x_{333}+64x_{343}+45x_{353}+45x_{383}+45x_{413}+45x_{433}+50x_{443}+50x_{453}+38x_{473}+60x_{493}+60x_{503}+d3^- - d3^+ = 540$

#### **4.3.5. Başarı Fonksiyonlarının Oluşturulması**

Modellerde başarı erişim fonksiyonlarında sadece  $d_t^-$ 'ler yani negatif sapma değişkenleri kullanılmıştır. Bunun nedeni  $d_t^+$ 'ların fazla kapasiteyi göstermesidir. Fazla kapasite, fazla sefer sayıları ya da süreleri ifade etmektedir ve minimum edilmesi istenmemiştir. Çünkü pozitif sapma değişkenleri ile ifade edilen otobüslerin tam kapasite dolu olmaması ve otobüslerin sürenin tamamında çalışmalarının gerekmemesi minimum olması istenilmez.

Süre hedef kısıtları için 3 tane başarı fonksiyonu belirlenmiştir.

$(d_1^-)$ , Araç Tipi 1'den gerçekleştirilebilecek toplam sefer süresinden fazla olacak süreyi,  $(d_2^-)$ , Araç Tipi 2'den gerçekleştirilebilecek toplam sefer süresinden fazla olacak süreyi ve  $(d_3^-)$  Araç Tipi 3'den gerçekleştirilebilecek toplam sefer süresinden fazla olacak süreyi ifade etmektedir.

Sefer hedef kısıtı için başarı fonksiyonu  $(d_4^-)$  şeklinde belirlenmiştir.  $(d_4^-)$  yapılması gereken sefer sayısını karşılayacak otobüs sayısının mevcut otobüs sayısından ne kadar fazla olduğunu ifade etmektedir.

#### 4.3.6. Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması

Matematiksel bir modelde amaç fonksiyonu oluşturulurken, karar vericilerin istekleri, sınırlı kaynaklar ve kontrol değişkenleri üzerine konulan herhangi kısıtlama koşulları dikkate alınmalıdır.

Amaçların belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta amaç sayısının olabildiğince azaltılmasıdır. Bunun yolu ise amaçların tek tek incelenerek bir amaç karşılandığında kendiliğinden karşılanmış olacak diğer amaçların elenmesidir.

Hedef programlama yönteminde daha önce de belirtildiği gibi amaçlar, hedef değerleri belirlenerek modele hedef kısıtları olarak dahil edilirler. Amaç fonksiyonu, belirlenen bu hedeflerden istenmeyen sapmaları minimum kılacak olan ve başarı (erişim) fonksiyonları olarak adlandırılan fonksiyonlardan gerektiğinde öncelik ve ağırlıklar kullanılarak oluşturulur.

Çalışmada tek hedefli, çok hedefli eşit öncelikli, çok hedefli farklı öncelikli, çok hedefli ağırlıklı toplam 6 farklı model oluşturulmuştur.

##### 4.3.6.1. Model 1 için Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması

Model 1’de sefer kısıtı hedef kısıtı olarak alınıp tek hedefli doğrusal hedef programlama modelleri oluşturulmuştur.

Tek bir hedef kısıtı olduğu ve sadece negatif sapmalar dikkate alındığı için bu hedef kısıtının başarı fonksiyonu ( $d_4^-$ ) şeklinde belirlenmiştir. Bu durumda Model 1 için amaç fonksiyonu, aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$\min S = d_4^-$$

##### 4.3.6.2. Model 2 için Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması

Model 2’de süre kısıtları ve sefer kısıtı, hedef kısıtları olarak alınıp çok hedefli eşit öncelikli doğrusal hedef programlama modeli oluşturulmuştur.

Süre ve sefer hedef kısıtlarının tümü eşit öncelikli oldukları ve aynı ağırlıkta oldukları, yani sapma değişkenleri arasında herhangi bir tercih söz konusu olmadığı için başarı fonksiyonları amaç fonksiyonunda aşağıdaki gibi yer alırlar.

$$\min S = d_1^- + d_2^- + d_3^- + d_4^-$$

#### **4.3.6.3. Model 3 için Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması**

Model 3’de çok hedefli öncelikli doğrusal hedef programlama modeli söz konusudur. Hedef kısıtları olarak yine süre kısıtları ve sefer kısıtı kullanılmıştır. Süre kısıtları birinci öncelikli, sefer kısıtı ise ikinci öncelikli hedef kısıtları olarak alınmıştır.

Süre kısıtlarının önceliği ( $P_1$ ), sefer kısıtının önceliği ise ( $P_2$ ) olarak gösterilirse, başarı fonksiyonları amaç fonksiyonunda aşağıdaki gibi yer alırlar.

$$\min S = P_1(d_1^- + d_2^- + d_3^-) + P_2(d_4^-)$$

#### **4.3.6.4. Model 4 için Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması**

Model 4’te yine Model 3’te olduğu gibi çok hedefli öncelikli doğrusal hedef programlama modeli söz konusudur ve hedef kısıtları olarak yine süre kısıtları ve sefer kısıtı kullanılmıştır. Ancak, Model 4’ten farklı olarak sefer kısıtı birinci öncelikli, süre kısıtları ise ikinci öncelikli hedef kısıtları olarak alınmıştır.

Bu durumda sefer kısıtının önceliği ( $P_1$ ), süre kısıtlarının önceliği ise ( $P_2$ ) olarak gösterilirse, amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\min S = P_1(d_4^-) + P_2(d_1^- + d_2^- + d_3^-)$$

#### **4.3.6.5. Model 5 için Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması**

Model 5’te ise süre kısıtları ve sefer kısıtı, hedef kısıtları olarak alınıp çok hedefli ağırlıklı doğrusal hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Süre kısıtlarının ağırlıkları 2, sefer kısıtının ağırlığı 1 olarak belirlenmiş ve model oluşturulmuştur.

Süre kısıtları için başarı fonksiyonu,  $2(d_1^- + d_2^- + d_3^-)$  ve sefer kısıtı için başarı fonksiyonu  $(d_4^-)$  şeklinde olacaktır. Süre ve sefer hedef kısıtları için oluşturulan başarı fonksiyonları amaç fonksiyonunda birleştirildiğinde Model 5 için amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\min S = 2(d_1^- + d_2^- + d_3^-) + d_4^-$$

#### **4.3.6.6. Model 6 İçin Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması**

Model 6'da da Model 5'de olduğu gibi süre kısıtları ve sefer kısıtı, hedef kısıtları olarak alınıp çok hedefli ağırlıklı doğrusal hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Bu modelde süre kısıtlarının ağırlıkları 1, sefer kısıtının ağırlığı ise 2 olarak belirlenmiş ve model oluşturulmuştur.

Süre kısıtları için başarı fonksiyonu,  $(d_1^- + d_2^- + d_3^-)$  ve sefer kısıtı için başarı fonksiyonu  $2(d_4^-)$  şeklinde olacaktır. Süre ve sefer hedef kısıtları için oluşturulan başarı fonksiyonları amaç fonksiyonunda birleştirildiğinde Model 6 için amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\min S = d_1^- + d_2^- + d_3^- + 2d_4^-$$

#### 4.4. MODELLERİN GENEL YAPILARI

Modellerde yer alan başarı fonksiyonları ve her bir model için başarı fonksiyonlarından oluşturulan amaç fonksiyonlarının listesi (Çizelge 4-5)'de verilmiştir.

Çizelge 4-5 : Modellerde Kullanılan Başarı Fonksiyonları

Model Adı	Hedef Kısıtı Adı	Başarı Fonksiyonları	Amaç Fonksiyonları
Model 1	Sefer Kısıtı	$d_4^-$	$\min S = d_4^-$
Model 2	Süre Kısıtları	$d_1^- + d_2^- + d_3^-$	$\min S = d_1^- + d_2^- + d_3^- + d_4^-$
	Sefer Kısıtı	$d_4^-$	
Model 3	Süre Kısıtları	$d_1^- + d_2^- + d_3^-$	$\min S = P_1(d_1^- + d_2^- + d_3^-) + P_2(d_4^-)$
	Sefer Kısıtı	$d_4^-$	
Model 4	Sefer Kısıtı	$d_4^-$	$\min S = P_1(d_4^-) + P_2(d_1^- + d_2^- + d_3^-)$
	Süre Kısıtları	$d_1^- + d_2^- + d_3^-$	
Model 5	Süre Kısıtları	$2(d_1^- + d_2^- + d_3^-)$	$\min S = 2(d_1^- + d_2^- + d_3^-) + d_4^-$
	Sefer Kısıtı	$d_4^-$	
Model 6	Sefer Kısıtı	$2d_4^-$	$\min S = d_1^- + d_2^- + d_3^- + 2d_4^-$
	Süre Kısıtları	$d_1^- + d_2^- + d_3^-$	

#### 4.5. MODELLERİN ÇÖZÜMÜ

Çalışmada oluşturulan 6 model WINQSB paket programı aracılığı ile çözülmüştür. Her bir modelin WINQSB ile çözülmüş sonuçları EK-3'de verilmiştir.

Her bir modele ait genel özellikler (Çizelge 4-6)'deki gibidir. Modellerin hedef kısıtlarının formülasyonları başarı fonksiyonları ile birlikte toplu olarak EK-1'de verilmiştir.

Çözüm sonucunda her model için bulunan toplam sefer sayıları (Çizelge 4-7)'de listelenmiştir.

**Çizelge 4-6 : Modeller Genel Özellikleri**

<b>Model Adı</b>	<b>Hedef Kısıtları</b>	<b>Mutlak Kısıtlar</b>	<b>HP Tipi</b>
Model 1	Sefer Kısıtı	İki Durak Arasındaki Toplam Yolcu Sayıları, Otobüs Süre Kısıtları	Tek Hedefli
Model 2	Süre Kısıtları, Sefer Kısıtı	İki Durak Arasındaki Toplam Yolcu Sayıları	Çok Hedefli Eşit Öncelikli
Model 3	Hedef 1: Süre Kısıtları, Hedef 2 : Sefer Kısıtı	İki Durak Arasındaki Toplam Yolcu Sayıları	Çok Hedefli Öncelikli
Model 4	Hedef 1 : Sefer Kısıtı, Hedef 2 : Süre Kısıtları,	İki Durak Arasındaki Toplam Yolcu Sayıları	Çok Hedefli Öncelikli
Model 5	Süre Kısıtları, ( $w_1=2$ ) Sefer Kısıtı ( $w_2=1$ )	İki Durak Arasındaki Toplam Yolcu Sayıları	Çok Hedefli Ağırlıklı
Model 6	Süre Kısıtları, ( $w_1=1$ ) Sefer Kısıtlı ( $w_2=2$ )	İki Durak Arasındaki Toplam Yolcu Sayıları	Çok Hedefli Ağırlıklı

**Çizelge 4-7 : Modellere Ait Toplam Sefer Sayıları**

<b>Model Adı</b>	<b>Toplam Sefer Sayısı</b>
Model 1	606
Model 2	640
Model 3	640
Model 4	640
Model 5	640
Model 6	640

## SONUÇ

Çalışmada, uygulama alanı olarak seçilen kentiçi otobüsle toplu taşımacılık sistemi, sürekli artan nüfus, genişleyen kentler ve artan ulaşım maliyetleri nedeniyle önemini her geçen gün arttırmaktadır. Otobüsle yolcu taşımacılığı diğer taşımacılık şekillerine oranla daha esnek bir yapıya sahip olduğundan gelişen ve büyüyen şehirlerin sürekli değişen gereksinimlerine en kısa sürede yanıt verebilme olanağına sahiptir.

Otobüsle yolcu taşımacılığı, kullanılacak olan araçların diğer taşımacılık şekillerine oranla daha az taşıma kapasitesine sahip olması ve daha çok araca ihtiyaç göstermesi dolayısıyla trafik yoğunluğuna ve hava kirliliğine neden olabilmektedir. Söz konusu bu sorun daha çevreci araçlar kullanılarak azaltılabilir.

Kentiçi otobüsle yolcu taşımacılığı sistemini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin bazıları sayısal olarak ölçülebilmekte iken bazıları sayısal olarak ölçülememektedir. Ölçülemeyen bu faktörler çoğu zaman karar vericilerin ya da uygulayıcıların kişisel deneyimlerine ve tercihlerine göre sistemi etkilemektedir. Bu durum da subjektif bir özellik göstermektedir. Subjektifliği ortadan kaldırmak için sistemin matematiksel modelinin ortaya konulması gerekir. Kurulacak olan matematiksel modelin, sistemi etkileyen faktörleri içermesi ve bu faktörler arasındaki ilişkileri doğru bir şekilde ifade etmesi gerekir.

Çalışmada, duraklar arasında yolculuk talep eden yolcu sayıları, mevcut bulunan otobüs hatları, her bir otobüs hattının sefer süresi, her bir hat için sefer sayısı ve kullanılan her bir araç tipinin kapasiteleri sistemi etkileyen faktörler olarak matematiksel modellerin oluşturulmasında dikkate alınmıştır.

Söz konusu faktörler ve aralarındaki ilişkiler doğrusal bir özellik göstermektedir. Diğer bir ifade ile faktörlerden herhangi birindeki değişim, diğer faktörlerin de aynı oranda değişimine neden olmaktadır. Oluşturulan modellerin bazılarında birden fazla amaç fonksiyonu bulunduğu için birden fazla amacın aynı modelde kullanılabilmesine izin veren doğrusal hedef programlama modeli çalışmada kullanılmak üzere tercih edilmiştir.

Çalışmada kullanılan veriler, Mayıs 2006 – Haziran 2006 İETT verileridir. İETT tarafından yapılan çalışmada, her bir hat için geçtiği duraklarda inen ve binen yolcu sayıları belirlenmiştir.

Tek hedefli (Model 1), çok hedefli eşit öncelikli (Model 2), çok hedefli öncelikli (Model 3 ve Model 4) ve çok hedefli ağırlıklı (Model 5 ve Model 6) olmak üzere doğrusal hedef programlamaya uygun toplam 6 farklı model oluşturulmuştur.

Modeller oluşturulurken her bir otobüs hattının ele alınan zaman dilimindeki (180 dakikalık sabah saat diliminde) sefer sayıları, karar değişkenleri olarak alınmıştır. Karar değişkenleri oluşturulurken İETT'nin Kağıthane otobüs garajında mevcut bulunan 3 farklı tip (İkarus-260, Optare, Berkhof) otobüs dikkate alınmıştır.  $X_{ab}$  karar değişkeni,  $a$  sıra numaralı otobüs hattının  $b$  araç tipinden sabah saat dilimindeki 180 dakikalık süre içindeki yapması gereken sefer sayısını göstermektedir.

Modeldeki sistem (mutlak) kısıtları oluşturmak için, her bir otobüs hattının geçtiği her bir durakta inen yolcu sayıları verileri temel alınmıştır. Bu veriler kullanılarak sistemde bulunan 246 durak arasında herhangi bir duraktan gelen ve herhangi başka bir durakta inen (iki durak arasında yolculuk yapıp ikinci durakta inen) yolcu sayılarını gösteren ve  $246 \times 246 = 60516$  hücreden oluşan bir matris oluşturulmuştur.

İki duraktan geçen otobüs hatlarına ait sefer sayısı ve sefer yapan otobüslerin toplam kapasitelerinin, iki durak arasında taşınan yolcu sayılarından daha yüksek olması, yani iki durak arasındaki yolculuk talebini karşılayacak sayıda ve kapasitede otobüs seferi olması gerekliliği mutlak kısıt (sistem kısıtı) olarak modele alınmıştır.

Modellerde kullanılmak üzere, hedef kısıtları olarak süre ve sefer kısıtları olmak üzere iki grup hedef kısıtı belirlenmiştir.

Birinci grubu oluşturan sefer hedef kısıtında, her bir otobüs hattı için sefer sayısı talebinin (sefer süresi ve sefer sıklığı dikkate alınarak) Kağıthane garajındaki toplam otobüs sayısı (185) ile karşılanması hedef olarak ele alınmıştır

İkinci grubu oluşturan süre kısıtları düzenlenirken önce sistemin çalıştırıldığı süre olan 180 dakika ile her bir araç tipinden bulunan otobüs sayısı çarpılıp üç ayrı hedef değeri bulunmuştur. Her bir otobüs hattında, bir sefer için gerekli olan süre katsayı olarak alınıp toplamları ilgili hedef değerine eşitlenip üç tip araç için üç adet süre hedef kısıtı oluşturulmuştur.

Hedef kısıtlarına bağlı olarak başarı (erişim) fonksiyonları oluşturulmuştur. Başarı fonksiyonları, öncelik ve ağırlıklar verilerek her bir model için farklı amaç fonksiyonu oluşturulmuştur.

Model 1’de sefer kısıtı, hedef kısıtı olarak alınıp tek hedefli doğrusal hedef programlama modelleri oluşturulmuştur.  $Min S = d_4^-$  şeklinde oluşturulan amaç fonksiyonunda  $d_4^-$ , sefer hedef kısıtından olacak negatif sapmayı ifade etmektedir. Amaç ise bu sapmayı en aza indirecek çözümün bulunması diğer bir ifade ile başarı (erişim) fonksiyonunun minimize edilmesidir.

Model 2’de süre kısıtları ve sefer kısıtı, hedef kısıtları olarak alınıp çok hedefli eşit öncelikli doğrusal hedef programlama modelleri oluşturulmuştur.  $Min S = d_1^- + d_2^- + d_3^- + d_4^-$  şeklinde oluşturulan amaç fonksiyonunda  $d_4^-$ , sefer hedef kısıtından olacak negatif sapmayı;  $d_1^-, d_2^-, d_3^-$  ise süre hedef kısıtlarından olacak negatif sapmaları ifade etmektedir. Amaç ise bu sapmaları en aza indirecek çözümün bulunması diğer bir ifade ile başarı (erişim) fonksiyonunun minimize edilmesidir. Sapmalar arasında herhangi bir öncelik ya da farklı ağırlık söz konusu değildir.

Model 3’de süre kısıtları ve sefer kısıtı, hedef kısıtları olarak alınıp çok hedefli öncelikli doğrusal hedef programlama modelleri oluşturulmuştur. Süre kısıtları birinci öncelikli, sefer kısıtı ise ikinci öncelikli hedef olarak modele alınmıştır. Birinci öncelikli hedefleri ifade eden başarı (erişim) fonksiyonu  $(d_1^- + d_2^- + d_3^-)$  ikinci öncelikli hedefi ifade eden başarı (erişim) fonksiyonu ise  $(d_4^-)$  şeklinde oluşturulmuştur.  $d_1^-, d_2^-, d_3^-$ , süre hedef kısıtlarından  $d_4^-$  ise sefer hedef kısıtından olacak negatif sapmaları ifade etmektedir. Amaç fonksiyonu ise  $Min S = P_1(d_1^- + d_2^- + d_3^-) + P_2(d_4^-)$

şeklinde oluşturulmuştur. Öncelikle birinci hedef ait negatif sapmalar  $(d_1^-, d_2^-, d_3^-)$  minimize edilmeye çalışılır. Bu düzeydeki tüm sapmaların değeri sıfır olduğunda ikinci düzeydeki hedeflerin  $(d_4^-)$  minimizasyonu sürecine geçilir.

Model 4'te süre kısıtları ve sefer kısıtı, hedef kısıtları olarak alınıp çok hedefli öncelikli doğrusal hedef programlama modelleri oluşturulmuştur. Sefer kısıtı birinci öncelikli, süre kısıtları ise ikinci öncelikli hedefler olarak modele alınmıştır. Birinci öncelikli hedefi ifade eden başarı (erişim) fonksiyonu  $(d_4^-)$ , ikinci öncelikli hedefleri ifade eden başarı (erişim) fonksiyonu ise  $(d_1^- + d_2^- + d_3^-)$  şeklinde oluşturulmuştur.  $d_1^-, d_2^-, d_3^-$ , süre hedef kısıtlarından  $d_4^-$  ise sefer hedef kısıtından olacak negatif sapmaları ifade etmektedir. Amaç fonksiyonu ise  $Min S = P_1(d_4^-) + P_2(d_1^- + d_2^- + d_3^-)$  şeklinde oluşturulmuştur. Öncelikle birinci hedef ait negatif sapma  $(d_4^-)$  minimize edilmeye çalışılır. Bu düzeydeki tüm sapmaların değeri sıfır olduğunda ikinci düzeydeki hedeflerin  $(d_1^-, d_2^-, d_3^-)$  minimizasyonu sürecine geçilir.

Model 5'de yine süre kısıtları ve sefer kısıtı, hedef kısıtları olarak alınıp ağırlıklı doğrusal hedef programlama modelleri oluşturulmuştur. Süre kısıtlarının ağırlıkları 2, sefer kısıtının ağırlığı 1 olarak belirlenmiş ve modeller oluşturulmuştur.  $Min S = 2d_1^- + 2d_2^- + 2d_3^- + d_4^-$  şeklinde oluşturulan amaç fonksiyonunda  $d_4^-$ , sefer hedef kısıtından olacak negatif sapmayı;  $d_1^-, d_2^-, d_3^-$  ise süre hedef kısıtlarından olacak negatif sapmaları ifade etmektedir. Amaç ise bu sapmaları en aza indirecek çözümün bulunmasıdır.

Model 6'da ise yine süre kısıtları ve sefer kısıtı, hedef kısıtları olarak alınıp ağırlıklı doğrusal hedef programlama modelleri oluşturulmuştur. Süre kısıtlarının ağırlıkları 1, sefer kısıtının ağırlığı ise 2 olarak belirlenmiş ve modeller oluşturulmuştur.  $Min S = d_1^- + d_2^- + d_3^- + 2d_4^-$  şeklinde oluşturulan amaç fonksiyonunda  $d_4^-$ , sefer hedef kısıtından olacak negatif sapmayı;  $d_1^-, d_2^-, d_3^-$  ise süre hedef kısıtlarından olacak negatif sapmaları ifade etmektedir. Amaç ise bu sapmaları en aza indirecek çözümün bulunmasıdır.

Modellerin tümünde pozitif sapmalar gözlenmektedir. Pozitif sapma değişkenleri, sefer kısıtında atıl kapasiteyi yani fazla sefer sayılarını dolayısıyla otobüs sayılarını ve süre kısıtında fazla süreyi gösterdikleri için başarı fonksiyonlarına alınmamışlardır. Yalnızca pozitif sapmaların gözlenmesi modellerdeki mutlak kısıtların gerçekleştiği ve hedeflerin aşıldığını ifade etmektedir.

(Çizelge 4-8)'de çözülen modellerin genel özellikleri ve her bir model için çözüm sonunda elde edilen sefer sayılarının toplamı listelenmiştir.

**Çizelge 4-8 : Her Bir Model için Bulunan Yapılması Gereken Sefer Sayısı**

<b>Model Adı</b>	<b>Özellikler</b>	<b>Toplam Sefer Sayısı</b>
Model 1	Tek Hedefli (Sefer Kısıtı)	606
Model 2	Çok Hedefli Eşit Öncelikli (Sefer Kısıtı, Süre Kısıtları)	640
Model 3	Çok Hedefli Öncelikli (1. Süre Kısıtları, 2.Sefer Kısıtı)	640
Model 4	Çok Hedefli Öncelikli (1. Sefer Kısıtı, 2.Süre Kısıtları)	640
Model 5	Tek Hedefli Ağırlıklı (Sefer Kısıtı, 2xSüre Kısıtları)	640
Model 6	Tek Hedefli Ağırlıklı (2xSefer Kısıtı, Süre Kısıtları)	640

Daha önce de belirtildiği gibi, modellerden elde edilen çözümler (her bir hat için her bir otobüs modelinden yapılması gereken sefer sayıları) EK-3'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. EK-3'de iki önemli sonuç görülmektedir. Bu sonuçlar, çizelge içindeki değerler ve çizelgedeki her bir sütunun toplamlarıdır.

Çizelge içindeki değer, ilgili modeldeki, her bir hat için her bir araç tipinden yapılması gereken sefer sayısını göstermektedir. Örneğin EK-3'e göre "9. satır" ve "Model 1" sütununun kesiştiği yerdeki 3 değeri, X11 karar değişkeninin ( $X_{ij}$  karar değişkeni, i nolu hat için j'ninci araç tipinden yapılması gereken sefer sayısını

göstermektedir. Buna göre, X11 karar değişkeni, 1 nolu hat için 1'inci araç tipinden yapılması gereken sefer sayısıdır) 1. Modeldeki çözüm değerini belirtmektedir.

Yine EK-3'de yer alan "Model 1" sütununun sonunda yer alan 606 değeri sütunun toplam değeri olup, modellerin uygulandığı 180 dakikalık sabah saat diliminde, 1. Model için tüm hatlarda yapılması gereken toplam sefer sayısını göstermektedir.

Modellerin çözümlerine bakıldığında Model 1'in sonuçları, diğer modellerden farklı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni Model 1'de yalnızca sefer hedef kısıtının bulunması süre hedef kısıtlarının bulunmamasıdır.

Model 1'deki çözümde toplam sefer sayısının (606) diğer modellerdeki toplam sefer sayılarından (640) düşük olması, Model 1'de olmayan süre hedef kısıtlarının toplam sefer sayılarını arttırdığını göstermektedir.

Model 1 daha önce de belirtildiği gibi süre hedef kısıtlarını içermemektedir. Karar vericiler süre hedef kısıtlarını önemsemedikleri durumlarda bu modellerden elde edilen çözümler uygulanabilir.

Model 1 dışındaki tüm modellerde her iki hedef grubu farklı öncelikler ya da ağırlıklarla bir araya getirilerek kullanılmaktadır. Bu modellerin çözümünden elde edilen toplam sefer sayıları incelendiğinde farklı öncelikleri olan ve farklı ağırlıkları bulunan modellerin aynı sonuçları vermesi söz konusu modellerin uygun olabileceğini göstermektedir.

Kentiçi otobüsle yolcu taşımacılığında, sistemin modellenmesi ve çözülmesi için doğrusal hedef programlama yöntemi kullanılarak uygulanabilir çözümler elde edilmiştir. Büyük kabul edilebilecek (142 karar değişkeni, 121 mutlak kısıt ve 4 farklı hedef kısıtı) bir taşımacılık modeli, doğrusal hedef programlama yöntemine uygun olarak oluşturulmuş ve başarılı bir şekilde çözülebileceği gösterilmiştir.

Modellerden elde edilen çözümler, EK-3'te ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Elde edilen bu çözümler karar vericilere ve uygulayıcılara karar verme aşamasında yardımcı olabilecektir. Ancak unutulmamalıdır ki, çalışmada dikkate alınan faktörlerden farklı faktörler dikkate alındığında farklı sonuçlara ulaşılabilir. Karar vericiler bulunan

sonuçlardan yola çıkarak, kişisel deneyimleri, tercihleri ve sisteme dahil edilemeyen diğerk faktörleri de dikkate alarak en uygun görünen çözüümü uygulayabilirler.

Kantitatif yöntemlerin amacı karar vericilerin yerine geçip karar vermektens ziyade onlara çeşitli bilgiler sunarak uygulanabilecek en olası çözüms yollarını göstermektir. Uygulanması zor, hatta imkansız olan optimal bir çözüms yerine karar vericinin tercihlerini de yansıtan en uygun çözüms uygulamada daha iyi sonuçlar verebilecektir. Çalışmada bulunan çözümler kentiçi otobüsle yolcu taşımacılığı konusunda karar vericiler için önemli bilgiler sunacağı düşünölmektedir. Karar vericiler modellerin çözümlerini referans alarak daha iyi bir sonuca ulaşabilirler.

Çalışmada kullanılan hedef kısıtları, farklı öncelik ve ağırlıklar kullanarak bir araya getirilip farklı modeller ve dolayısıyla farklı sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca sistemi etkileyen diğerk faktörler mutlak ya da hedef kısıtları dikkate alınarak farklı modellere oluşturulabilir. Oluşturulan bu modellerden yeni çözümler elde edilebilir.

**EKLER**

**EK-1 : BAŞARI (ERİŞİM) FONKSİYONLARI VE HEDEF KISITLAR**

Model Adı	Başarı Fonksiyonları	Hedef Kısıtları
Model 1	$Min S = d_4^-$	<p>0,25x11+0,25x12+0,25x13+0,25x21+0,25x22+0,25x23+0,28x31+0,28x32+0,28x33+  0,18x41+0,18x42+0,18x43+0,17x51+0,17x52+0,17x53+0,17x61+0,17x62+0,17x63+  0,36x71+0,36x72+0,36x73+0,28x81+0,28x82+0,28x83+0,36x91+0,36x92+0,36x93+  0,33x101+0,33x102+0,33x103+0,28x111+0,28x112+0,28x113+0,28x121+0,28x122+0,28x123+  0,33x131+0,33x132+0,33x133+0,28x141+0,28x142+0,28x143+0,33x151+0,33x152+0,33x153+  0,25x161+0,25x162+0,25x163+0,33x171+0,33x172+0,33x173+0,19x181+0,19x182+0,19x183+  0,19x191+0,19x192+0,19x193+0,36x201+0,36x202+0,36x203+0,26x211+0,26x212+0,26x213+  0,25x221+0,25x222+0,25x223+0,33x231+0,33x232+0,33x233+0,22x241+0,22x242+0,22x243+  0,44x261+0,44x262+0,44x263+0,28x271+0,28x272+0,28x273+0,25x281+0,25x282+0,25x283+  0,28x291+0,28x292+0,28x293+0,33x311+0,33x312+0,33x313+0,31x321+0,31x322+0,31x323+  0,28x331+0,28x332+0,28x333+0,36x341+0,36x342+0,36x343+0,25x351+0,25x352+0,25x353+  0,25x381+0,25x382+0,25x383+0,25x411+0,25x412+0,25x413+0,25x431+0,25x432+0,25x433+  0,28x441+0,28x442+0,28x443+0,28x451+0,28x452+0,28x453+0,21x471+0,21x472+0,21x473+  0,33x491+0,33x492+0,33x493+0,33x501+0,33x502+0,33x503+d4<sup>-</sup>-d4<sup>+</sup>=185</p>

**EK-1 : Başarı (Erişim) Fonksiyonları ve Hedef Kısıtları (Devam)**

Model Adı	Başarı Fonksiyonları	Hedef Kısıtları
<p><b>Model 2</b></p>	<p><math>Min S = d_1^- + d_2^- + d_3^- + d_4^-</math></p>	<p>0,25x11+0,25x12+0,25x13+0,25x21+0,25x22+0,25x23+0,28x31+0,28x32+0,28x33+  0,18x41+0,18x42+0,18x43+0,17x51+0,17x52+0,17x53+0,17x61+0,17x62+0,17x63+  0,36x71+0,36x72+0,36x73+0,28x81+0,28x82+0,28x83+0,36x91+0,36x92+0,36x93+  0,33x101+0,33x102+0,33x103+0,28x111+0,28x112+0,28x113+0,28x121+0,28x122+0,28x123+  0,33x131+0,33x132+0,33x133+0,28x141+0,28x142+0,28x143+0,33x151+0,33x152+0,33x153+  0,25x161+0,25x162+0,25x163+0,33x171+0,33x172+0,33x173+0,19x181+0,19x182+0,19x183+  0,19x191+0,19x192+0,19x193+0,36x201+0,36x202+0,36x203+0,26x211+0,26x212+0,26x213+  0,25x221+0,25x222+0,25x223+0,33x231+0,33x232+0,33x233+0,22x241+0,22x242+0,22x243+  0,44x261+0,44x262+0,44x263+0,28x271+0,28x272+0,28x273+0,25x281+0,25x282+0,25x283+  0,28x291+0,28x292+0,28x293+0,33x311+0,33x312+0,33x313+0,31x321+0,31x322+0,31x323+  0,28x331+0,28x332+0,28x333+0,36x341+0,36x342+0,36x343+0,25x351+0,25x352+0,25x353+  0,25x381+0,25x382+0,25x383+0,25x411+0,25x412+0,25x413+0,25x431+0,25x432+0,25x433+  0,28x441+0,28x442+0,28x443+0,28x451+0,28x452+0,28x453+0,21x471+0,21x472+0,21x473+  0,33x491+0,33x492+0,33x493+0,33x501+0,33x502+0,33x503+d4<sup>-</sup>-d4<sup>+</sup>=185</p> <p>45x11+45x21+50x31+32x41+30x51+30x61+64x71+50x81+64x91+60x101+50x111+50x121+  60x131+50x141+60x151+45x161+60x171+35x181+35x191+64x201+47x211+45x221+60x231+40x241+  80x261+50x271+45x281+50x291+60x311+55x321+50x331+64x341+45x351+45x381+45x411+45x431+  50x441+50x451+38x471+60x491+60x501+d1<sup>-</sup>-d1<sup>+</sup>=31500</p> <p>45x12+45x22+50x32+32x42+30x52+30x62+64x72+50x82+64x92+60x102+50x112+50x122+  60x132+50x142+60x152+45x162+60x172+35x182+35x192+64x202+47x212+45x222+60x232+40x242+  80x262+50x272+45x282+50x292+60x312+55x322+50x332+64x342+45x352+45x382+45x412+45x432+  50x442+50x452+38x472+60x492+60x502+d2<sup>-</sup>-d2<sup>+</sup>=1250</p> <p>45x13+45x23+50x33+32x43+30x53+30x63+64x73+50x83+64x93+60x103+50x113+50x123+  60x133+50x143+60x153+45x163+60x173+35x183+35x193+64x203+47x213+45x223+60x233+40x243+  80x263+50x273+45x283+50x293+60x313+55x323+50x333+64x343+45x353+45x383+45x413+45x433+  50x443+50x453+38x473+60x493+60x503+d3<sup>-</sup>-d3<sup>+</sup>=540</p>

**EK-1 : Başarı (Erişim) Fonksiyonları ve Hedef Kısıtları (Devam)**

Model Adı	Başarı Fonksiyonları	Hedef Kısıtları
<b>Model 3</b>	$Min S = P_1(d_1^- + d_2^- + d_3^-) + P_2(d_4^-)$	<p>0,25x11+0,25x12+0,25x13+0,25x21+0,25x22+0,25x23+0,28x31+0,28x32+0,28x33+  0,18x41+0,18x42+0,18x43+0,17x51+0,17x52+0,17x53+0,17x61+0,17x62+0,17x63+  0,36x71+0,36x72+0,36x73+0,28x81+0,28x82+0,28x83+0,36x91+0,36x92+0,36x93+  0,33x101+0,33x102+0,33x103+0,28x111+0,28x112+0,28x113+0,28x121+0,28x122+0,28x123+  0,33x131+0,33x132+0,33x133+0,28x141+0,28x142+0,28x143+0,33x151+0,33x152+0,33x153+  0,25x161+0,25x162+0,25x163+0,33x171+0,33x172+0,33x173+0,19x181+0,19x182+0,19x183+  0,19x191+0,19x192+0,19x193+0,36x201+0,36x202+0,36x203+0,26x211+0,26x212+0,26x213+  0,25x221+0,25x222+0,25x223+0,33x231+0,33x232+0,33x233+0,22x241+0,22x242+0,22x243+  0,44x261+0,44x262+0,44x263+0,28x271+0,28x272+0,28x273+0,25x281+0,25x282+0,25x283+  0,28x291+0,28x292+0,28x293+0,33x311+0,33x312+0,33x313+0,31x321+0,31x322+0,31x323+  0,28x331+0,28x332+0,28x333+0,36x341+0,36x342+0,36x343+0,25x351+0,25x352+0,25x353+  0,25x381+0,25x382+0,25x383+0,25x411+0,25x412+0,25x413+0,25x431+0,25x432+0,25x433+  0,28x441+0,28x442+0,28x443+0,28x451+0,28x452+0,28x453+0,21x471+0,21x472+0,21x473+  0,33x491+0,33x492+0,33x493+0,33x501+0,33x502+0,33x503+d4<sup>-</sup>-d4<sup>+</sup>=185</p> <p>45x11+45x21+50x31+32x41+30x51+30x61+64x71+50x81+64x91+60x101+50x111+50x121+  60x131+50x141+60x151+45x161+60x171+35x181+35x191+64x201+47x211+45x221+60x231+40x241+  80x261+50x271+45x281+50x291+60x311+55x321+50x331+64x341+45x351+45x381+45x411+45x431+  50x441+50x451+38x471+60x491+60x501+d1<sup>-</sup>-d1<sup>+</sup>=31500</p> <p>45x12+45x22+50x32+32x42+30x52+30x62+64x72+50x82+64x92+60x102+50x112+50x122+  60x132+50x142+60x152+45x162+60x172+35x182+35x192+64x202+47x212+45x222+60x232+40x242+  80x262+50x272+45x282+50x292+60x312+55x322+50x332+64x342+45x352+45x382+45x412+45x432+  50x442+50x452+38x472+60x492+60x502+d2<sup>-</sup>-d2<sup>+</sup>=1250</p> <p>45x13+45x23+50x33+32x43+30x53+30x63+64x73+50x83+64x93+60x103+50x113+50x123+  60x133+50x143+60x153+45x163+60x173+35x183+35x193+64x203+47x213+45x223+60x233+40x243+  80x263+50x273+45x283+50x293+60x313+55x323+50x333+64x343+45x353+45x383+45x413+45x433+  50x443+50x453+38x473+60x493+60x503+d3<sup>-</sup>-d3<sup>+</sup>=540</p>

**EK-1 : Başarı (Erişim) Fonksiyonları ve Hedef Kısıtları (Devam)**

Model Adı	Başarı Fonksiyonları	Hedef Kısıtları
<b>Model 4</b>	$Min S = P_1(d_4^-) + P_2(d_1^- + d_2^- + d_3^-)$	<p>0,25x11+0,25x12+0,25x13+0,25x21+0,25x22+0,25x23+0,28x31+0,28x32+0,28x33+0,18x41+0,18x42+0,18x43+0,17x51+0,17x52+0,17x53+0,17x61+0,17x62+0,17x63+0,36x71+0,36x72+0,36x73+0,28x81+0,28x82+0,28x83+0,36x91+0,36x92+0,36x93+0,33x101+0,33x102+0,33x103+0,28x111+0,28x112+0,28x113+0,28x121+0,28x122+0,28x123+0,33x131+0,33x132+0,33x133+0,28x141+0,28x142+0,28x143+0,33x151+0,33x152+0,33x153+0,25x161+0,25x162+0,25x163+0,33x171+0,33x172+0,33x173+0,19x181+0,19x182+0,19x183+0,19x191+0,19x192+0,19x193+0,36x201+0,36x202+0,36x203+0,26x211+0,26x212+0,26x213+0,25x221+0,25x222+0,25x223+0,33x231+0,33x232+0,33x233+0,22x241+0,22x242+0,22x243+0,44x261+0,44x262+0,44x263+0,28x271+0,28x272+0,28x273+0,25x281+0,25x282+0,25x283+0,28x291+0,28x292+0,28x293+0,33x311+0,33x312+0,33x313+0,31x321+0,31x322+0,31x323+0,28x331+0,28x332+0,28x333+0,36x341+0,36x342+0,36x343+0,25x351+0,25x352+0,25x353+0,25x381+0,25x382+0,25x383+0,25x411+0,25x412+0,25x413+0,25x431+0,25x432+0,25x433+0,28x441+0,28x442+0,28x443+0,28x451+0,28x452+0,28x453+0,21x471+0,21x472+0,21x473+0,33x491+0,33x492+0,33x493+0,33x501+0,33x502+0,33x503+d4<sup>-</sup>-d4<sup>+</sup>=185</p> <p>45x11+45x21+50x31+32x41+30x51+30x61+64x71+50x81+64x91+60x101+50x111+50x121+60x131+50x141+60x151+45x161+60x171+35x181+35x191+64x201+47x211+45x221+60x231+40x241+80x261+50x271+45x281+50x291+60x311+55x321+50x331+64x341+45x351+45x381+45x411+45x431+50x441+50x451+38x471+60x491+60x501+d1<sup>-</sup>-d1<sup>+</sup>=31500</p> <p>45x12+45x22+50x32+32x42+30x52+30x62+64x72+50x82+64x92+60x102+50x112+50x122+60x132+50x142+60x152+45x162+60x172+35x182+35x192+64x202+47x212+45x222+60x232+40x242+80x262+50x272+45x282+50x292+60x312+55x322+50x332+64x342+45x352+45x382+45x412+45x432+50x442+50x452+38x472+60x492+60x502+d2<sup>-</sup>-d2<sup>+</sup>=1250</p> <p>45x13+45x23+50x33+32x43+30x53+30x63+64x73+50x83+64x93+60x103+50x113+50x123+60x133+50x143+60x153+45x163+60x173+35x183+35x193+64x203+47x213+45x223+60x233+40x243+80x263+50x273+45x283+50x293+60x313+55x323+50x333+64x343+45x353+45x383+45x413+45x433+50x443+50x453+38x473+60x493+60x503+d3<sup>-</sup>-d3<sup>+</sup>=540</p>

**EK-1 : Başarı (Erişim) Fonksiyonları ve Hedef Kısıtları (Devam)**

Model Adı	Başarı Fonksiyonları	Hedef Kısıtları
<b>Model 5</b>	$\text{Min } S = 2(d_1^- + d_2^- + d_3^-) + d_4^-$	<p>0,25x11+0,25x12+0,25x13+0,25x21+0,25x22+0,25x23+0,28x31+0,28x32+0,28x33+0,18x41+0,18x42+0,18x43+0,17x51+0,17x52+0,17x53+0,17x61+0,17x62+0,17x63+0,36x71+0,36x72+0,36x73+0,28x81+0,28x82+0,28x83+0,36x91+0,36x92+0,36x93+0,33x101+0,33x102+0,33x103+0,28x111+0,28x112+0,28x113+0,28x121+0,28x122+0,28x123+0,33x131+0,33x132+0,33x133+0,28x141+0,28x142+0,28x143+0,33x151+0,33x152+0,33x153+0,25x161+0,25x162+0,25x163+0,33x171+0,33x172+0,33x173+0,19x181+0,19x182+0,19x183+0,19x191+0,19x192+0,19x193+0,36x201+0,36x202+0,36x203+0,26x211+0,26x212+0,26x213+0,25x221+0,25x222+0,25x223+0,33x231+0,33x232+0,33x233+0,22x241+0,22x242+0,22x243+0,44x261+0,44x262+0,44x263+0,28x271+0,28x272+0,28x273+0,25x281+0,25x282+0,25x283+0,28x291+0,28x292+0,28x293+0,33x311+0,33x312+0,33x313+0,31x321+0,31x322+0,31x323+0,28x331+0,28x332+0,28x333+0,36x341+0,36x342+0,36x343+0,25x351+0,25x352+0,25x353+0,25x381+0,25x382+0,25x383+0,25x411+0,25x412+0,25x413+0,25x431+0,25x432+0,25x433+0,28x441+0,28x442+0,28x443+0,28x451+0,28x452+0,28x453+0,21x471+0,21x472+0,21x473+0,33x491+0,33x492+0,33x493+0,33x501+0,33x502+0,33x503+d4<sup>-</sup>-d4<sup>+</sup>=185,00</p> <p>45x11+45x21+50x31+32x41+30x51+30x61+64x71+50x81+64x91+60x101+50x111+50x121+60x131+50x141+60x151+45x161+60x171+35x181+35x191+64x201+47x211+45x221+60x231+40x241+80x261+50x271+45x281+50x291+60x311+55x321+50x331+64x341+45x351+45x381+45x411+45x431+50x441+50x451+38x471+60x491+60x501+d1<sup>-</sup>-d1<sup>+</sup>=31500</p> <p>45x12+45x22+50x32+32x42+30x52+30x62+64x72+50x82+64x92+60x102+50x112+50x122+60x132+50x142+60x152+45x162+60x172+35x182+35x192+64x202+47x212+45x222+60x232+40x242+80x262+50x272+45x282+50x292+60x312+55x322+50x332+64x342+45x352+45x382+45x412+45x432+50x442+50x452+38x472+60x492+60x502+d2<sup>-</sup>-d2<sup>+</sup>=1250</p> <p>45x13+45x23+50x33+32x43+30x53+30x63+64x73+50x83+64x93+60x103+50x113+50x123+60x133+50x143+60x153+45x163+60x173+35x183+35x193+64x203+47x213+45x223+60x233+40x243+80x263+50x273+45x283+50x293+60x313+55x323+50x333+64x343+45x353+45x383+45x413+45x433+50x443+50x453+38x473+60x493+60x503+d3<sup>-</sup>-d3<sup>+</sup>=540</p>

**EK-1 : Başarı (Erişim) Fonksiyonları ve Hedef Kısıtları (Devam)**

Model Adı	Başarı Fonksiyonları	Hedef Kısıtları
<b>Model 6</b>	$Min S = d_1^- + d_2^- + d_3^- + 2d_4^-$	<p>0,25x11+0,25x12+0,25x13+0,25x21+0,25x22+0,25x23+0,28x31+0,28x32+0,28x33+0,18x41+0,18x42+0,18x43+0,17x51+0,17x52+0,17x53+0,17x61+0,17x62+0,17x63+0,36x71+0,36x72+0,36x73+0,28x81+0,28x82+0,28x83+0,36x91+0,36x92+0,36x93+0,33x101+0,33x102+0,33x103+0,28x111+0,28x112+0,28x113+0,28x121+0,28x122+0,28x123+0,33x131+0,33x132+0,33x133+0,28x141+0,28x142+0,28x143+0,33x151+0,33x152+0,33x153+0,25x161+0,25x162+0,25x163+0,33x171+0,33x172+0,33x173+0,19x181+0,19x182+0,19x183+0,19x191+0,19x192+0,19x193+0,36x201+0,36x202+0,36x203+0,26x211+0,26x212+0,26x213+0,25x221+0,25x222+0,25x223+0,33x231+0,33x232+0,33x233+0,22x241+0,22x242+0,22x243+0,44x261+0,44x262+0,44x263+0,28x271+0,28x272+0,28x273+0,25x281+0,25x282+0,25x283+0,28x291+0,28x292+0,28x293+0,33x311+0,33x312+0,33x313+0,31x321+0,31x322+0,31x323+0,28x331+0,28x332+0,28x333+0,36x341+0,36x342+0,36x343+0,25x351+0,25x352+0,25x353+0,25x381+0,25x382+0,25x383+0,25x411+0,25x412+0,25x413+0,25x431+0,25x432+0,25x433+0,28x441+0,28x442+0,28x443+0,28x451+0,28x452+0,28x453+0,21x471+0,21x472+0,21x473+0,33x491+0,33x492+0,33x493+0,33x501+0,33x502+0,33x503+d4<sup>-</sup>-d4<sup>+</sup>=185,00</p> <p>45x11+45x21+50x31+32x41+30x51+30x61+64x71+50x81+64x91+60x101+50x111+50x121+60x131+50x141+60x151+45x161+60x171+35x181+35x191+64x201+47x211+45x221+60x231+40x241+80x261+50x271+45x281+50x291+60x311+55x321+50x331+64x341+45x351+45x381+45x411+45x431+50x441+50x451+38x471+60x491+60x501+d1<sup>-</sup>-d1<sup>+</sup>=31500</p> <p>45x12+45x22+50x32+32x42+30x52+30x62+64x72+50x82+64x92+60x102+50x112+50x122+60x132+50x142+60x152+45x162+60x172+35x182+35x192+64x202+47x212+45x222+60x232+40x242+80x262+50x272+45x282+50x292+60x312+55x322+50x332+64x342+45x352+45x382+45x412+45x432+50x442+50x452+38x472+60x492+60x502+d2<sup>-</sup>-d2<sup>+</sup>=1250</p> <p>45x13+45x23+50x33+32x43+30x53+30x63+64x73+50x83+64x93+60x103+50x113+50x123+60x133+50x143+60x153+45x163+60x173+35x183+35x193+64x203+47x213+45x223+60x233+40x243+80x263+50x273+45x283+50x293+60x313+55x323+50x333+64x343+45x353+45x383+45x413+45x433+50x443+50x453+38x473+60x493+60x503+d3<sup>-</sup>-d3<sup>+</sup>=540</p>

## EK-2 : MUTLAK (SİSTEM) KISITLARI

- 1)  $100X51+68X52+100X53+100X311+68X312+100X313+100X321+68X322+100X323 \geq 252$
- 2)  $100X51+68X52+100X53+100X211+68X212+100X213+100X311+68X312+100X313 \geq 256$
- 3)  $100X311+68X312+100X313+100X321+68X322+100X323+100X331+68X332+100X333 \geq 1217$
- 4)  $100X311+68X312+100X313+100X321+68X322+100X323 \geq 455$
- 5)  $100X211+68X212+100X213+100X311+68X312+100X313+100X321+68X322+100X323 \geq 2078$
- 6)  $100X331+68X332+100X333+100X451+68X452+100X453 \geq 977$
- 7)  $100X51+68X52+100X53 \geq 4462$
- 8)  $100X451+68X452+100X453 \geq 171$
- 9)  $100X211+68X212+100X213+100X351+68X352+100X353 \geq 876$
- 10)  $100X341+68X342+100X343+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 223$
- 11)  $100X331+68X332+100X333+100X351+68X352+100X353 \geq 226$
- 12)  $100X441+68X442+100X443 \geq 198$
- 13)  $100X211+68X212+100X213+100X341+68X342+100X343+100X351+68X352+100X353+100X451+68X452+100X453 \geq 2830$
- 14)  $100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X261+68X262+100X263+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X291+68X292+100X293 \geq 1506$

**EK-2 : Mutlak (Sistem) Kısıtları (Devam)**

- 15)  $100X61+68X62+100X63+100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X261+68X262+100X263+100X291+68X292+100X293+100X331+68X332+100X333+100X341+68X342+100X343+100X351+68X352+100X353+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 4346$
- 16)  $100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193+100X291+68X292+100X293+100X331+68X332+100X333+100X351+68X352+100X353 \geq 809$
- 17)  $100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X281+68X282+100X283 \geq 1439$
- 18)  $100X141+68X142+100X143 \geq 24$
- 19)  $100X61+68X62+100X63+100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X261+68X262+100X263+100X341+68X342+100X343+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 2674$
- 20)  $100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X341+68X342+100X343+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 1303$
- 21)  $100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X341+68X342+100X343+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 1025$
- 22)  $100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X341+68X342+100X343+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 626$

**EK-2 : Mutlak (Sistem) Kısıtları (Devam)**

- 23)  $100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X341+68X342+100X343+100X411+68X412+100X413+100X431+68X432+100X433+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 1297$
- 24)  $100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X381+68X382+100X383 \geq 1164$
- 25)  $100X111+68X112+100X113+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X341+68X342+100X343+100X411+68X412+100X413+100X431+68X432+100X433+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 507$
- 26)  $100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X341+68X342+100X343+100X381+68X382+100X383+100X411+68X412+100X413+100X431+68X432+100X433+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 1045$
- 27)  $100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X261+68X262+100X263+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X341+68X342+100X343+100X381+68X382+100X383+100X411+68X412+100X413+100X431+68X432+100X433+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 2896$
- 28)  $100X81+68X82+100X83+100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X341+68X342+100X343+100X381+68X382+100X383+100X411+68X412+100X413+100X431+68X432+100X433+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 5582$

**EK-2 : Mutlak (Sistem) Kısıtları (Devam)**

- 29)  $100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X261+68X262+100X263+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X341+68X342+100X343+100X381+68X382+100X383+100X411+68X412+100X413+100X431+68X432+100X433+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 2074$
- 30)  $100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X141+68X142+100X143+100X381+68X382+100X383+100X411+68X412+100X413 \geq 256$
- 31)  $100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X141+68X142+100X143+100X381+68X382+100X383 \geq 443$
- 32)  $100X11+68X12+100X13+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43+100X311+68X312+100X313 \geq 551$
- 33)  $100X21+68X22+100X23 \geq 60$
- 34)  $100X21+68X22+100X23+100X411+68X412+100X413 \geq 220$
- 35)  $100X11+68X12+100X13+100X21+68X22+100X23+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43+100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X141+68X142+100X143+100X311+68X312+100X313+100X381+68X382+100X383+100X411+68X412+100X413 \geq 1515$
- 36)  $100X11+68X12+100X13+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43+100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X141+68X142+100X143+100X311+68X312+100X313+100X381+68X382+100X383 \geq 62$
- 37)  $100X21+68X22+100X23+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43+100X91+68X92+100X93+100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X141+68X142+100X143+100X161+68X162+100X163+100X231+68X232+100X233+100X311+68X312+100X313+100X341+68X342+100X343+100X381+68X382+100X383+100X411+68X412+100X413+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453+100X471+68X472+100X473+100X491+68X492+100X493+100X501+68X502+100X503 \geq 9069$
- 38)  $100X91+68X92+100X93+100X161+68X162+100X163+100X231+68X232+100X233+100X341+68X342+100X343+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453+100X471+68X472+100X473+100X491+68X492+100X493+100X501+68X502+100X503 \geq 2044$

**EK-2 : Mutlak (Sistem) Kısıtları (Devam)**

- 39)  $100X161+68X162+100X163+100X471+68X472+100X473+100X501+68X502+100X503 \geq 224$
- 40)  $100X161+68X162+100X163+100X231+68X232+100X233+100X341+68X342+100X343+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453+100X471+68X472+100X473+100X491+68X492+100X493+100X501+68X502+100X503 \geq 1008$
- 41)  $100X111+68X112+100X113+100X131+68X132+100X133+100X151+68X152+100X153+100X231+68X232+100X233+100X341+68X342+100X343+100X431+68X432+100X433+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 880$
- 42)  $100X111+68X112+100X113+100X131+68X132+100X133+100X151+68X152+100X153+100X231+68X232+100X233+100X261+68X262+100X263+100X341+68X342+100X343+100X431+68X432+100X433+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453 \geq 1648$
- 43)  $100X161+68X162+100X163+100X261+68X262+100X263+100X471+68X472+100X473+100X501+68X502+100X503 \geq 1208$
- 44)  $100X161+68X162+100X163+100X261+68X262+100X263+100X491+68X492+100X493 \geq 668$
- 45)  $100X271+68X272+100X273+100X501+68X502+100X503 \geq 139$
- 46)  $100X91+68X92+100X93+100X171+68X172+100X173+100X191+68X192+100X193+100X201+68X202+100X203+100X321+68X322+100X323 \geq 455$
- 47)  $100X181+68X182+100X183 \geq 252$
- 48)  $100X91+68X92+100X93+100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193+100X201+68X202+100X203+100X241+68X242+100X243 \geq 439$
- 49)  $100X91+68X92+100X93+100X171+68X172+100X173+100X191+68X192+100X193 \geq 721$
- 50)  $100X71+68X72+100X73+100X201+68X202+100X203+100X321+68X322+100X323 \geq 230$
- 51)  $100X321+68X322+100X323 \geq 100$
- 52)  $100X161+68X162+100X163+100X201+68X202+100X203+100X321+68X322+100X323 \geq 677$
- 53)  $100X201+68X202+100X203 \geq 65$

**EK-2 : Mutlak (Sistem) Kısıtları (Devam)**

- 54)  $100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183 \geq 87$
- 55)  $100X91+68X92+100X93+100X171+68X172+100X173 \geq 193$
- 56)  $100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193 \geq 70$
- 57)  $100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193+100X201+68X202+100X203 \geq 747$
- 58)  $100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133 \geq 184$
- 59)  $100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113 \geq 224$
- 60)  $100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X291+68X292+100X293 \geq 2467$
- 61)  $100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X261+68X262+100X263+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X291+68X292+100X293 \geq 549$
- 62)  $100X101+68X102+100X103 \geq 96$
- 63)  $100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193+100X201+68X202+100X203 \geq 366$
- 64)  $100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X261+68X262+100X263+100X281+68X282+100X283+100X291+68X292+100X293 \geq 648$
- 65)  $100X51+68X52+100X53+100X331+68X332+100X333+100X351+68X352+100X353 \geq 1646$

**EK-2 : Mutlak (Sistem) Kısıtları (Devam)**

- 66)  $100X101+68X102+100X103+100X111+68X112+100X113+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X261+68X262+100X263+100X291+68X292+100X293 \geq 264$
- 67)  $100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153 \geq 336$
- 68)  $100X81+68X82+100X83 \geq 98$
- 69)  $100X11+68X12+100X13+100X81+68X82+100X83 \geq 30$
- 70)  $100X41+68X42+100X43 \geq 45$
- 71)  $100X21+68X22+100X23+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43 \geq 9$
- 72)  $100X51+68X52+100X53+100X311+68X312+100X313 \geq 1478$
- 73)  $100X311+68X312+100X313 \geq 120$
- 74)  $100X11+68X12+100X13 \geq 96$
- 75)  $100X11+68X12+100X13+100X21+68X22+100X23+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43+100X61+68X62+100X63 \geq 420$
- 76)  $100X11+68X12+100X13+100X21+68X22+100X23+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43 \geq 143$
- 77)  $100X51+68X52+100X53+100X331+68X332+100X333 \geq 534$
- 78)  $100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X281+68X282+100X283 \geq 476$
- 79)  $100X291+68X292+100X293+100X501+68X502+100X503 \geq 105$
- 80)  $100X211+68X212+100X213 \geq 10$
- 81)  $100X221+68X222+100X223+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X501+68X502+100X503 \geq 305$
- 82)  $100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X271+68X272+100X273+100X491+68X492+100X493 \geq 577$

**EK-2 : Mutlak (Sistem) Kısıtları (Devam)**

- 83)  $100X281+68X282+100X283+100X471+68X472+100X473 \geq 276$
- 84)  $100X231+68X232+100X233 \geq 352$
- 85)  $100X291+68X292+100X293+100X501+68X502+100X503 \geq 270$
- 86)  $100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X261+68X262+100X263+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X291+68X292+100X293 \geq 524$
- 87)  $100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X291+68X292+100X293 \geq 347$
- 88)  $100X351+68X352+100X353 \geq 56$
- 89)  $100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X261+68X262+100X263+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X291+68X292+100X293 \geq 440$
- 90)  $100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X291+68X292+100X293 \geq 408$
- 91)  $100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X271+68X272+100X273+100X281+68X282+100X283+100X291+68X292+100X293 \geq 1149$
- 92)  $100X211+68X212+100X213 \geq 10$
- 93)  $100X471+68X472+100X473+100X491+68X492+100X493 \geq 1679$
- 94)  $100X471+68X472+100X473+100X501+68X502+100X503 \geq 224$
- 95)  $100X471+68X472+100X473+100X491+68X492+100X493+100X501+68X502+100X503 \geq 313$
- 96)  $100X501+68X502+100X503 \geq 180$
- 97)  $100X381+68X382+100X383 \geq 207$
- 98)  $100X271+68X272+100X273+100X491+68X492+100X493 \geq 1259$

**EK-2 : Mutlak (Sistem) Kısıtları (Devam)**

- 99)  $100X11+68X12+100X13+100X81+68X82+100X83 \geq 90$
- 100)  $100X91+68X92+100X93+100X161+68X162+100X163+100X231+68X232+100X233+100X341+68X342+100X343+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453+100X471+68X472+100X473+100X491+68X492+100X493+100X501+68X502+100X503 \geq 1598$
- 101)  $100X161+68X162+100X163+100X341+68X342+100X343+100X441+68X442+100X443+100X451+68X452+100X453+100X471+68X472+100X473 \geq 499$
- 102)  $100X221+68X222+100X223 \geq 180$
- 103)  $100X21+68X22+100X23+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43+100X81+68X82+100X83 \geq 240$
- 104)  $100X11+68X12+100X13+100X21+68X22+100X23+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43+100X81+68X82+100X83 \geq 167$
- 105)  $100X91+68X92+100X93+100X191+68X192+100X193 \geq 976$
- 106)  $100X241+68X242+100X243 \geq 162$
- 107)  $100X171+68X172+100X173 \geq 459$
- 108)  $100X71+68X72+100X73+100X201+68X202+100X203 \geq 194$
- 109)  $100X201+68X202+100X203+100X321+68X322+100X323 \geq 215$
- 110)  $100X111+68X112+100X113 \geq 791$
- 111)  $100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X131+68X132+100X133+100X141+68X142+100X143+100X151+68X152+100X153+100X171+68X172+100X173+100X181+68X182+100X183+100X191+68X192+100X193+100X201+68X202+100X203+100X211+68X212+100X213+100X221+68X222+100X223+100X231+68X232+100X233+100X241+68X242+100X243+100X261+68X262+100X263+100X291+68X292+100X293+100X331+68X332+100X333+100X351+68X352+100X353 \geq 815$
- 112)  $100X291+68X292+100X293 \geq 390$

**EK-2 : Mutlak (Sistem) Kısıtları (Devam)**

113)  $100X71+68X72+100X73+100X161+68X162+100X163 \geq 606$

114)  $100X271+68X272+100X273 \geq 147$

115)  $100X311+68X312+100X313+100X331+68X332+100X333 \geq 1492$

116)  $100X11+68X12+100X13+100X21+68X22+100X23+100X31+68X32+100X33+100X41+68X42+100X43+100X101+68X102+100X103+100X121+68X122+100X123+100X141+68X142+100X143+100X311+68X312+100X313+100X341+68X342+100X343+100X381+68X382+100X383+100X411+68X412+100X413 \geq 593$

117)  $100X231+68X232+100X233+100X491+68X492+100X493 \geq 117$

118)  $100X111+68X112+100X113+100X131+68X132+100X133+100X151+68X152+100X153+100X431+68X432+100X433 \geq 510$

119)  $100X131+68X132+100X133+100X151+68X152+100X153 \geq 216$

120)  $100X111+68X112+100X113+100X131+68X132+100X133+100X151+68X152+100X153 \geq 144$

121)  $100X71+68X72+100X73 \geq 581$

**EK-3 : MODELLERİN ÇÖZÜMLERİ**

		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
1	d1-	-	0	0	0	0	0
2	d1+	-	233	233	233	233	233
3	d2-	-	0	0	0	0	0
4	d2+	-	58	58	58	58	58
5	d3-	-	0	0	0	0	0
6	d3+	-	50	50	50	50	50
7	d4-	0	0	0	0	0	0
8	d4+	1,38	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
9	X11	3	36	36	36	36	36
10	X12	0	0	0	0	0	0
11	X13	0	0	0	0	0	0
12	X21	3	3	3	3	3	3
13	X22	0	0	0	0	0	0
14	X23	0	0	0	0	0	0
15	X31	36	3	3	3	3	3
16	X32	6	0	0	0	0	0
17	X33	7	0	0	0	0	0
18	X41	3	3	3	3	3	3
19	X42	0	0	0	0	0	0
20	X43	0	0	0	0	0	0
21	X51	36	36	36	36	36	36
22	X52	0	0	0	0	0	0
23	X53	9	9	9	9	9	9
24	X61	3	3	3	3	3	3
25	X62	0	0	0	0	0	0
26	X63	0	0	0	0	0	0
27	X71	36	36	36	36	36	36
28	X72	6	6	6	6	6	6
29	X73	10	5	5	5	5	5
30	X81	3	35	35	35	35	35
31	X82	0	0	0	0	0	0
32	X83	0	0	0	0	0	0
33	X91	36	15	15	15	15	15
34	X92	6	0	0	0	0	0
35	X93	10	0	0	0	0	0
36	X101	36	15	15	15	15	15
37	X102	6	0	0	0	0	0
38	X103	10	0	0	0	0	0
39	X111	8	36	36	36	36	36
40	X112	0	0	0	0	0	0
41	X113	0	0	0	0	0	0
42	X121	3	3	3	3	3	3
43	X122	0	0	0	0	0	0
44	X123	0	0	0	0	0	0
45	X131	36	36	36	36	36	36

EK-3 : Modellerin Çözümleri (Devamı)

46	X132	6	6	6	6	6	6
47	X133	10	0	0	0	0	0
48	X141	3	3	3	3	3	3
49	X142	0	0	0	0	0	0
50	X143	0	0	0	0	0	0
51	X151	36	36	36	36	36	36
52	X152	6	3	3	3	3	3
53	X153	10	0	0	0	0	0
54	X161	3	3	3	3	3	3
55	X162	0	0	0	0	0	0
56	X163	0	0	0	0	0	0
57	X171	36	36	36	36	36	36
58	X172	6	0	0	0	0	0
59	X173	10	0	0	0	0	0
60	X181	3	9	9	9	9	9
61	X182	0	0	0	0	0	0
62	X183	0	0	0	0	0	0
63	X191	3	7	7	7	7	7
64	X192	0	0	0	0	0	0
65	X193	0	0	0	0	0	0
66	X201	36	36	36	36	36	36
67	X202	6	6	6	6	6	6
68	X203	10	0	0	0	0	0
69	X211	13	20	20	20	20	20
70	X212	0	0	0	0	0	0
71	X213	0	0	0	0	0	0
72	X221	3	36	36	36	36	36
73	X222	0	0	0	0	0	0
74	X223	0	0	0	0	0	0
75	X231	4	4	4	4	4	4
76	X232	0	0	0	0	0	0
77	X233	0	0	0	0	0	0
78	X241	3	3	3	3	3	3
79	X242	0	0	0	0	0	0
80	X243	0	0	0	0	0	0
81	X261	3	26	26	26	26	26
82	X262	0	0	0	0	0	0
83	X263	0	0	0	0	0	0
84	X271	10	10	10	10	10	10
85	X272	0	0	0	0	0	0
86	X273	0	0	0	0	0	0
87	X281	3	36	36	36	36	36
88	X282	0	0	0	0	0	0
89	X283	0	0	0	0	0	0
90	X291	4	20	20	20	20	20
91	X292	0	0	0	0	0	0

**EK-3 : Modellerin Çözümleri (Devamı)**

92	X293	0	0	0	0	0	0
93	X311	6	6	6	6	6	6
94	X312	0	0	0	0	0	0
95	X313	0	0	0	0	0	0
96	X321	3	3	3	3	3	3
97	X322	0	0	0	0	0	0
98	X323	0	0	0	0	0	0
99	X331	10	10	10	10	10	10
100	X332	0	0	0	0	0	0
101	X333	0	0	0	0	0	0
102	X341	10	3	3	3	3	3
103	X342	0	0	0	0	0	0
104	X343	0	0	0	0	0	0
105	X351	3	3	3	3	3	3
106	X352	0	0	0	0	0	0
107	X353	0	0	0	0	0	0
108	X381	3	3	3	3	3	3
109	X382	0	0	0	0	0	0
110	X383	0	0	0	0	0	0
111	X411	3	3	3	3	3	3
112	X412	0	0	0	0	0	0
113	X413	0	0	0	0	0	0
114	X431	3	3	3	3	3	3
115	X432	0	0	0	0	0	0
116	X433	0	0	0	0	0	0
117	X441	3	3	3	3	3	3
118	X442	0	0	0	0	0	0
119	X443	0	0	0	0	0	0
120	X451	3	3	3	3	3	3
121	X452	0	0	0	0	0	0
122	X453	0	0	0	0	0	0
123	X471	14	14	14	14	14	14
124	X472	0	0	0	0	0	0
125	X473	0	0	0	0	0	0
126	X491	3	3	3	3	3	3
127	X492	0	0	0	0	0	0
128	X493	0	0	0	0	0	0
129	X501	3	3	3	3	3	3
130	X502	0	0	0	0	0	0
131	X503	0	0	0	0	0	0
<b>Toplam</b>		<b>606</b>	<b>640</b>	<b>640</b>	<b>640</b>	<b>640</b>	<b>640</b>

## KAYNAKÇA

### *A-KİTAPLAR*

- Ağlı, Esen, **Matematiksel Yöntemler ve Uygulamaları**, Ankara : Teori Yayınları, 1987.
- Ahlatçıoğlu, Mehmet ve Fatma Tiryaki, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi Sayı.FE.MAT-98.006, 1998.
- Akbaygil, Işıl, **Ulaştırma Konusunda Programlama Yöntemleri**, İstanbul : İstanbul Üniversitesi Yayın No:1961, İktisat Fakültesi Yayın No:336, 1974.
- Baray, Ş.Alp ve Şakir Esnaf, **Yöneylem Araştırması** (TAHA A.Hamdy, Operation Research An Introduction, Altıncı Basımdan Çeviri) Birinci Baskı, ESNAF Literatür Yayınları, 2000.
- Bağırkan, Şemsettin, **Karar Verme**, İstanbul : Der Yayınları, 1983.
- Bazaraa, Mokhtar S., John J. Jarvis ve Hanif D. Sherali, **Linear Programming and Network Flows**, Canada : John Wiley & Sons, 1990.
- Bronson, Richard, **Theory and Problems of Operations Research**, Singapore : Schaum's Outline Series, McGraw-Hill Book Company, 1983.
- Chapra, Steven C. ve Raymond P. Canale, (Çevirenler : Hasan Heperkan, Uğur Kesgin), **Yazılım ve Programlama Uygulamalarıyla Mühendisleri İçin Sayısal Yazılım ve Programlama Uygulamalarıyla Mühendisleri İçin Sayısal Yöntemler**, İstanbul : Literatür Yayınları, 2003.
- Cengiz, Yaşar Baki, **Yöneylem Araştırması**, İstanbul : Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 1989.
- Chavátal, Vašek, **Linear Programming**, United States of America : W.H. Freeman and Company, 1983.
- Cinemre, Nalan, **Doğrusal Programlama**, Üçüncü Baskı, İstanbul : Beta Basım Yayım Dağıtım, 2004.
- Cinemre, Nalan, **Yöneylem Araştırması**, İkinci Baskı, İstanbul : Beta Basım Yayım Dağıtım, 2004.
- Coello, Carlos A. Coello, David A. Van Veldhuizen ve Gary B. Lamont, **Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems**, Illinois : Kluwer Academic Publishers, 2001.
- Collette, Yan ve Patrick Siarry, **Multiobjective Optimization Principles and Case Studies**, Berlin : Springer-Verlag, 2003.

- Dantzing, George B. ve Mukund N. Thapa, **Linear Programming**, New York : Springer-Verlag, 1997.
- Deb, Kalmonay, **Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms**, England : John Wiley & Sons, 2004.
- Doğan, İbrahim, **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**, 2. Baskı, İstanbul : Bilim Teknik Yayınevi, 1995.
- Ehrgott, Matthias, **Multicriteria Optimization**, Second Edition, Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2005.
- Erdoğan, N.Kemal, **Linear Programlamada İç Nokta Algoritmaları**, Eskişehir : Anadolu Üniversitesi Yayınları : No.1656 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları : 191, 2005.
- Evren, Ramazan ve Füsun Ülengin, **Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme**, İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Sayı.1490, 1992.
- Goldstein, Larry J., David C. Lay ve David I. Schneider, **Mathematics For The Management (Life and Social Sciences)**, NewJersey : Prentice-Hall, 1984.
- Gruyter, Walter De, **Continuos Optimization Models : Theory, Techigues, Applications, Operating Research**, Berlin, 1987.
- Halaç, Osman, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)**, 5. Baskı, İstanbul : Alfa Basım Yayım Dağıtım, 2000.
- Harp Akademileri Komutanlığı, **Karar Verme ve Problem Çözme**, İstanbul : Harp Akademileri Basım Evi (2. Baskı), 2001.
- Hillier, Frederick S. ve Gerald J. Lierberman, **Introduction to Mathematical Programming**, Singapore : McGraw-Hill, International Editions, 1995.
- Hwang, C.L. ve A.S.M. Masud, **Multiple Objective Decision Making Methods and Applications**, Berlin : Springer-Verlag, 1979.
- Ignizio, James P., **Introduction to Linear Goal Programming**, Second Edition, Duxbury Pres, 1985.
- Kara, İmdat, **Doğrusal Programlama**, Eskişehir : Bilim Teknik Yayınevi, 1991.
- Kara, İmdat, **Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi**, Eskişehir : Anadolu Üniversitesi Yayınları No:96, 1985.
- Karakoyunlu Yılmaz, **Doğrusal Programlama ve Oyun Teorisi** , Ankara : Bursa İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayını No:7, 1973.

- Karayalçın, İ.İlhami, **Harekat Araştırması (Yöneylem Araştırması)**, İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı.1132, 1979.
- Keskin, Ahmet, **Toplu Taşıma Sistemleri**, İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı.1487, 1992.
- Levin, Richard I., Charles A. Kirkpatrick ve David S. Rubin, **Quantitative Approaches To Managemet**, Fifth Edition, USA : McGraw-Hill International Book Company, 1982.
- Levin, Richard I., David S. Rubin, Joel P. Stinson ve Everette S. Jr. Gardner, **Quantitative Approaches to Management**, Eight Edition, McGraw-Hill, 1992.
- Mondy, R.W. ve S.R. Premeaux , **Management Concepts, Practices and Skills**, 7. Ed., New Jersey : Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.
- Mucuk, İsmet, **Modern İşletmecilik**, 6. Basım, İstanbul : Türkmen Kitabevi, 1996.
- Nash Stephan G. ve Ariela Sofer, **Linear and Nonlinear Programming**, Singapore : McGraw-Hill Companies, International Editions, 1996.
- Özkan, Mustafa M., **Bulanık Hedef Programlama**, Bursa : Ekim Kitabevi, 2003.
- Öztürk, Ahmet, **Yöneylem Araştırması**, Genişletilmiş Dokuzuncu Baskı, Bursa : Ekin Kitabevi, 2007.
- Pedregal, Pablo, **Introduction to Optimization**, New York : Spinger-Verlag, 2004.
- Rardin, Ronald L., **Optimization In Operations Research**, USA : Prentice Hall Inc., 2000.
- Ravidran, A., Don T. Phillips ve J.James Solberg, **Operations Research Principles and Practice**, Second Edition, New York : John Wiley&Sons, 1987.
- Schniedejans, M.J., **Linear Goal Programming**, New Jersey : Petrocelli Boks, 1984.
- Shapiro, Jeremy F., **Modeling the Supply Chain**, USA : Wadsworth Group, 2001.
- Sivri, Mustafa ve Abdülkadir Tepecik, **Matematik Programlamaya Giriş**, İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, Sayı.KM.MTM-98.004, 1998.
- Starr, Martin K., **Systems Management of Operations**, New Jersey : Printice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1971.
- Steuer, Ralph E., **Multiple Criteria Optimization : Theory, Computation and Application**, Canada : John Wiley & Sons Inc., 1986.
- Taha, Hamdy, **Operating Research**, Fifth Edition, New York : MacMillan Publishing Company, 1992.

- Timor, Mehpare, **Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları**, İstanbul : İstanbul Üniversitesi Yayınları, 2002.
- Tulunay, Yılmaz, **Matematiksel Programlama ve İşletme Uygulamaları**, 3. Baskı, İstanbul : İşl. İkt. Enstitüsü Yayınları : 137, 1991.
- Turanlı, Münevver, **Pazarlama Yönetiminde Karar Alma**, 2. Baskı, İstanbul : Beta Basım Yayım, 1988.
- Uzel, Turgut, **Harita Mühendisliğinde Yöneylem Araştırması**, İstanbul : Yıldız Üniversitesi Yayınları, Sayı.189, 1986.
- Wilkes, Michael, **Operational Research Analysis and Applications**, London : McGraw-Hill Book Company, 1989.
- Winston, Wayne L., **Introduction To Mathematical Programming Applications and Algorithms**, Second Edition, Duxbury Pres, 1995.
- Wisniewski, Mik ve Tony Dacre, **Mathematical Programming**, London : McGraw-Hill Book Company, 1990.

### ***B-MAKALELER***

- Abdelaziz, Fouad Ben, “Multiple Objective Programming and Goal Programming: New Trends and Applications”, **European Journal of Operational Research**, Vol.1 No.107, 2007, ss.1520-1522.
- Abd El-Wahed, Waiel F. ve Sang M. Lee, “ Interactive Fuzzy Goal Programming for Multi-Objective Transportation Problems”, **The International Journal of Management Science (Omega)**, Vol.34, No.2, 2006, ss.158-166.
- Abd El-Wahed, Waiel F., “A Multi-Objective Transportation Problem Under Fuzzyinners”, **Fuzzy Sets and Systems** Vol.117, No.1, 2001, ss.27-33.
- Aenaida, R.S. ve N.W. Kwak, “A Linear Goal Programming for Transshipment Problems with Flexible Supply and Demand Constraints”, **Journal of Operational Research Society**, Vol.45 No.2, 1994, ss.215-224.
- Agha, Salah R., “Use of Goal Programming and Integer Programming for Water Quality Management – A Case Study of Gaza Strip”, **European Journal of Operational Research** Vol.174, No.1, 2006, s.1991-1998.
- Ahern, Aoife ve Gabriel Anandarajah, “Railway Projects Prioritisation for Investment : Application og Goal Programming”, **Transport Policy**, Vol.14, No.1, 2006, ss.70-80.

- Alptekin, Sadettin Emre ve Ethem Tolga, “Ürün Geliştirme Sürecinde Çok Amaçlı Karar Verme Yaklaşımı”, **itüdergisi/d**, Cilt:5, Sayı:6, 2006, ss.15-26.
- Amador, F., JM. Sumpsi ve C. Romero, “A Non-Interactive Methodology to Assess Farmers Utility Fonction : An Application to Large Farms in Andalusia, Spain”, **European Review of Agricultural Economics**, Vol.25, No.4, 1998, ss.92-109.
- Anderson, A.M. ve M.D. Earle, “Diet planning in the Third World by Linear and Goal Programming”, **Journal of the Oparetional Research Society**, Vol.34, No.1, 1983, ss.9-13.
- Aouni, Belaid, Foued Ben Abdelaziz ve Jean-Marc Martel, “Decisin-Maker’s Preferences Modeling in the Stochastic Goal Programming”, **Eurpean Journal of Operational Research**, Vol.162, No.1, 2005, ss.610-618.
- Aromolaran, AB ve JK. Olayemi, “Multiple Objective Farm Planning for Food Crop Farmers : A Goal Programming Approach”, **Discovery and Innovation**, Vol.11, N0 : 1-2, 1999, ss.91-103.
- Atan, Murat ve Derviş Boztosun, “Hedef Programlaması ile Türkiye Bankacılık Sektöründe Finansal Planlama Uygulaması”, **Kooperatifçilik Dergisi**, Cilt.145, Sayı :1 , Eylül 2004, ss.77-93.
- Benjamin, C., “A Lineer Goal-Programming Model for Public-Sector Project Selection”, **Journal of The Operational Research Society**, Vol.36, No.1, 1985, ss.13-23.
- Bellman, R. Ve L.A. Zadeh, “Decision Making in a Fuzzy Environment”, **Management Science**, Vol.17B, No.4, 1970, ss.141-164.
- Bircan, Hüdaverdi ve Zafer Kartal, “Doğrusal Programlama Tekniği ile Kapasite Planlaması Yaklaşımı ve Çimento İşletmesinde Bir Uygulaması”, **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt.5, Sayı.1, 2004, ss.131-149.
- Braysy, Olli ve Gendreau, “Vehicle Routing with Time Windows, Part I : Route Construction and Local Search Algorithms”, **Transport Science**, Vol.39, No.1, February 2005, ss.104-118.
- Bres, E.S., D. Burns, A. Charnes ve W.W. Cooper, “A Goal Programming Model for Planning Officer Accessions”, **Management Science**, Vol.76, No.1, 1980, ss.773-789.
- Buffa, F.P. ve W.M. Jackson, “A Goal Programming Model for Purchase Planning”, **Journal of Purcansing and Materials Management**, Vol.19 No.3, 1983, ss.27-34.
- Bumin, B. ve Serpil Erol, “Çok Ürünlü Üretim Sistemlerinde Amaç Programlama Yaklaşımı”, **Verimlilik Dergisi**, Cilt.21, Sayı.4, 1992, ss.109-124.

- Campbell, H. ve J.P. Ignizio, "Using Linear Programming for Predicting Student Performance", **Journal of Educational and Psychological Measurement**, Vol.32, No.1, ss.397-401.
- Ceylan, Halim ve Soner Haldenbilen, "Şehirlerarası Ulaşım Talebinin Genetik Algoritma ile Modellenmesi", **İMO Teknik Dergisi**, Cilt : 238, Sayı.1, 2005, ss.3599-3618.
- Chakroborty, Partha, "Genetic Algorithms for Optimal Urban Transit Network Design", **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, Vol.18, No.1, 2003, ss.184-200.
- Chang, Ching-Ter, "Multi-Choice Goal Programming", **The International Journal of Management Science (Omega)**, Vol.35, No.1, September 2005, ss.389-396.
- Chang, S.K. ve P.M. Schonfeld , "Multiple Period Optimization of Bus Transit System", **Transportation Research -B**, Vol.25B, No.6, ss.453-478.
- Chen, Liang-Hsuan ve Ming-Chu Weng, "An Evaluation Approach to Engineering Desing in QFD Processes Using Fuzzy Goal Programming", **European Journal of Operational Research**, Vol.172, No.1, 2006, ss.230-248.
- Cooper, W.W., V. Lejans ve T. Sueyoshi, "Goal Programming Models and Their Duality Relations for Use in Evaluating Security Portfolio and Regression Relations", **European Journal of Operational Research**, Vol.98, No.2, 1997, ss.431-443.
- Dağdeviren, Metin, Diyar Akar ve Mustafa Kurt, "İş Değerlendirme, Faktör Derece Puanlarının Belirlenmesinde Hedef Programlama Yönteminin Kullanılması", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi**, Cilt.19, No.1, 2004, ss. 89-95.
- Dağdeviren, Metin ve Tamer Eren, "Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt.16, No.2, 2001, ss.41-52.
- Daşdemir, İsmail ve Ersin Güngör, "Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve Ormancılıkta Uygulama Alanları", **ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi**, Cilt.I-II, Sayı.2, (2002-2003-2004), ss.1-19.
- De, P.K., D. Acharya ve K.C. Sahu, "A Chance-Constrained Goal Programmin Model for Capital Budgeting", **Journal of the Operational Research Society**, Vol.33, No.7, 1982, ss. 635-638.
- Diaz-Balterio, L. ve C. Romero , "Modeling Timber Harvest Scheduling Problems with Multiple Criteria : An Application in Spain", **Forest Science**, Vol.44, No.1, 1998, ss.47-57

- Dinçer, S. Erdal, “Yolcu Talepleri ile Filo Rotası ve Uçuş Listelerine Çok Amaçlı Tamsayılı Ağ Algoritmasıyla Çözüm Yaklaşımı ve Türk Hava Yolları'na Uygulanması”, **Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.19, Sayı 1, 2004, ss. 233-250.
- Dinçer, Erdal S., “Stratejik Kalite Yönetiminde Kalite Fonksiyon Açınımının (QFD) Yeri ve Hedef Programlama Yöntemi ile Çözüm Yaklaşımı”, **Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.18, Sayı 1, 2003, ss. 155-172.
- Doğan, İsmail, Nurhan Doğan ve Abdülkadir Akcan, “Rasyonel ve Ekonomik Hayvan Beslemede Hedef Programlamadan Yararlanma”, **Tübitak, Turk J Vet Anim Sci** **24**, 2000, ss.235-236.
- Dowlatshahi, S., “Product Life Cycle Analysis : A Goal Programming Approach”, **Journal of the Operational Society** Vol.52, No.1, 2001, ss.1201-1214.
- Eatmen, J.L. ve C.W. Sealey, “A Multiobjective Linear Programming Model for Commercial Bank Balance Sheet Management”, **Journal of Bank Research**, Vol.9, No.1, 1997.
- Easton, FF ve DF. Rossin, “A Stochastic Goal Program for Employee Scheduling”, **Decision Sciences**, Vol.27, No.3, 1996, ss.541-568.
- Ergülen, Ahmet, “Gıda Ürünlerinin Kara Yolu İle Taşınmasında Maliyet Minimizasyonu : Bir Tamsayılı Doğrusal Programlama Uygulaması”, **Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.XII, Sayı.2, 2003, ss.207-236.
- Ferland, Jacques A., “Generalized Assignment Type Goal Programming Problem: Application to Nurse Scheduling”, **Journal of Heuristics**, Vol.7 No.1, 2001, ss.391-413.
- Field, R.C., P.E. Dress ve J.C. Fortson, “Complementary Linear and Goal Programming Procedures for Timber Harvest Scheduling”, **Forest Sciences**, Vol.26, No.1, ss:121-133.
- Franz, L.S., T.R. Rakes ve A.J. Wynne, “A Chance- Constrained Multi-Objective Model for Mental Health Services Planing”, **Social-Economics Plan Sciences**, Vol.18, No.1, 1984, ss.89-95.
- Giannikos, I., E. Eldarzi ve P. Less, “An Integer Goal Programming Approach to Allocate Offices to Staff in an Academic Institution, **Journal of the Operational Research Society**, Vol.46, No.3, 1995, ss.713-720.
- Giokas, D., “The Use of Goal Programming, Regression Analysis and Data Envelopment Analysis for Estimating Efficient Marginal Costs of Hospital Services”, **Journal of Multicriteria Decision Analysis**, Vol.11, No.4-5, 2002, ss.261-268.

- Gosh, D., B.B. Pal, M. Masu, "Implementation of Goal Programming in Long-Range Resource Planning in University Management", **Optimization**, Vol.24, No.3-4, 1992, ss.373-383.
- Grandfaroush, P., "Optimal Allocation of Time in a Hospital Pharmacy Using Goal Programming", **European Journal of Operational Research**, Vol.70, No.2, 1993, ss.191-198.
- Gülenç, İ.Figen, Bilge Karabulut, "Doğrusal Hedef Programlama ile Bir Üretim Planlama Probleminin Çözümü", **Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt.9, Sayı.1, 2005, ss.55-68.
- Güner, Ertan, Ferhan Işık, "Lojistik Sistemde Yer Alan Ulaştırma Hizmetinde Bir Model Uygulaması", **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi**, Cilt.5 Sayı.1, Ocak 2003, ss.43-54.
- Güneş, Mustafa ve Nurullah Umarusman, "Bir Karar Destek Aracı Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Optimizasyonu Uygulaması", **Reviews of Social Economics&Business Studies**, Cilt.2, Sayı.1, 2007, ss.242-255.
- Güngör, İbrahim, "Çok Amaçlı Atama Problemlerine Bir Çözüm Önerisi", **Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi**, Cilt.1, Sayı.1, 2003, ss.37-52.
- Gürsoy, Mustafa, "A Decision Supportive Method for Freight Transportation Model Choice", **Journal of Engineering and Natural Sciences(Sigma)**, Vol.2, No.1, 2005, ss.137-150.
- Hajidimitriou, YA. ve A C. Georgiou, "A Goal Programming Model For Partner Selection Decisions In International Joint Ventures", **European Journal Of Operational Research**, Vol.138, No.1, 2002.
- Hawkins C.A. ve R.A. Adams, "A Goal Programming Model for Capital Budgeting", **Financial Management**, Vol.1, No.1, 1974, s.53-57.
- Hoffman, James J., "Evaluating International Ethical Climates : A Goal Programming Model", **Journal of Business Ethics**, Vol.17, No.1, 1998, ss. 1861–1869.
- Hoffman, James J., Marc J. Schniederjans ve Leisa Flynn, "Test Market City Evaluation : A Goal Programming Approach", **Journal of Product & Brand Management**, Vol.5, No.3, 1996, ss.24-33.
- Hotvedt, James E., "Application of Linear Goal Programming to Forest Harvest Scheduling", **Southern Journal of Agricultural Economics**, July 1983, ss.103-108.
- Kağnıcıoğlu, C.Hakan, "Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Arasındaki İlişki", **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.7, Sayı.2, 2006 , ss.17-38.

- Karaoğlan, İsmail ve Fulya Altıparmak, “Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi İçin Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel Bir Yaklaşım”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi**, Cilt.20, Sayı.4, 2005, ss.433-454.
- Karsak, E., S. Sözer ve S.E. Alptekin, “Product Planing In Quality Function Deployment Using A Combined Analytic Network Process and Goal Programming Approach”, **Computer & Industrial Engineering**, Vol.44, No.1, 2002. ss.171-190
- Keown, A.J., “A Chance-Constranied Goal Programming Model for Bank Liquidity Management”, **Decision Sciences**, Vol.9, No.-7, 1978, ss.93-106.
- Keown, A.J. ve J.P. Martin, “A Chance Constranied Goal Programming Model for Working Capital Management”, **The Engineering Economist**, Vol.22, No.3, 1977, ss.153-174.
- Kocur, G. ve C. Hendrickson, “Design of Local Bus Service with Demand Equilibration”, **Transportation Sciences**, Vol.16, No.2, 1982, ss.149-170.
- Kuah G.K.ve J. Perl, “**Optimization of Feeder Bus Routes and Bus-Stop Spacing**”, **Journal of Transportation Engineering**, Vol.ASCE 114, No.3, 1988, ss.341-354.
- Lee, J.W. ve S.H. Kim, “Using Analytic Network Process And Goal Programming For Interdependent Information System Project Selection”, **Computers & Operation Research**, Vol.27, No.1, 2000
- Lee S.M., “Goal Programming for Decision Analysis of Multiple Objectives”, **Sloan Management Review**, Vol.14, No.2, 1973, ss.11-24.
- Lee, S.M. ve E.R. Clayton, “A Goal Programming Model for Academic Resources Allocation”, **Management Science**, Vol.18, No.8, 1972, ss.B395-B408.
- Leung, Stephen C.H., Yue Wu ve K.K. Lai, “Cross-Border Logistics with Fleet Management : A Goal Programming Approach”, **Computers & Industrial Engineering**, Vol.50, No.1, 2006, ss.263-272.
- Lin, T.W. ve D.E. O’Leary, “Goal Programming Applications in Financial Managemet”, **Advances in Mathematical Programming and Financial Planning**, Vol.1993:3, No.1, 1993, ss.211-230.
- Linares, P. ve C. Romero, “Aggregation of Preferrences in An Environmental Economics Context : A Goal Programming Approach”, **The International Journal of Management Science (Omega)**, Vol.30, No.1, 2002.
- Mehta, Rifai, “Goal Programming Application to Assigment Problem in Marketing”, **Journal of the Academy of Marketing Science**, Vol.7, No.1, 1979, ss.108-116.

- Mirrazavi, K., D.F. Jones ve M. Tamiz, "A Comprasion of Genetic and conventional Methods of The Solution of Integer Goal Programming", **European Journal of Operational Research**, Vol.132, No.1, p.594-602.
- Mon, D.L., C.H. Cheng ve H.C. Lu, "Application of Fuzzy Distributions on Project Management", **Fuzzy Sets and Systems**, Vol.73, No.1 1995, ss.227-234.
- Muhlemann, A.P., A.G. Lockett ve A.E. Gear, "Portfolio Modelling in Mulpile-Criteria Situations Under Uncertainty", **Decision Science**, Vol.9, No.4, 1978.
- Nembou, C.S. ve B.A. Murtagh, "A Change-Constrained Programming Approach to Modelling Hydro-Thermal Electricity Generation in Papua New Guinea", **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, Vol.13, No.1, 1996, ss.105-114.
- Newell, G.F., "Some Issue Relating to the Optimal Design of Bus Routes", **Transportation Sciences**, Vol.13, No.1,1979, ss. 20-35.
- Ng, Kevin Y.K., "A Multicriteria Optimization Approach to Aircraft Loading", **Operating Research**, Vol.40, No.6, Kasım 1992, ss.1200-1205.
- Özkan, Mustafa M., "Çok Amaçlı Doğrusal Olmayan Ulaştırma Modeli ve Hedef Programlama Bütünleşimi : Sınavlar için Gözetmenlerin Belirlenmesi", **Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi**, Cilt.6, Sayı.23, Ocak 2005, ss.267-282.
- Özkan, Mustafa M., "Atama Problemlerinde Kardinalite Sorunu", **Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi**, Cilt.6, Sayı.22, Haziran 2004, ss.185-191.
- Özkarahan, İrem, "Allocation of Surgeries to Operating Rooms by Goal Programming", **Journal of Medical Systems**, Vol.24, No.6, 2000, ss.339-378.
- Öztürk, Derya, Fatmagül Batuk, "Criterion Weighting in Multicriteria Decision Making", **Journal of Engineering and Natural Sciences(Sigma)**, Vol.25, No.1, 2007, ss.86-98.
- Özyörük, Bahar ve Serpil Erol , "Tek Aşamalı Hazırlık Zamanlı Parti Büyüklüğü Problemlerinin Çözümü İçin Doğrusal Hedef Programlama Modeli", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi**, Cilt.6, Sayı.2, 2001 ss.185-191.
- Pascoe, Sean ve Simon Mardle, "Optimal Fleet Size in the English Channel : A Multi-Objective Programming Approach", **European Review of Agricultural Economics**, Vol.28, No.2, 2001, ss.161-185.
- Powell, JG. ve IM. Premachandra, "Accomodating Diverse Institutional Investment Objectives And Constarints Using Non-Linear Goal Programming", **European Journal Of Operational Research**, Vol.105, No.1, 1998, ss.447-456.

- Price, W.L., "Solving Goal Programming Manpower Models Using Advanced Network Codes", **Journal of the Operational Research Society**, Vol.29, No.1, ss.1231-1239.
- Ramanathan R. ve L.S. Ganesh, "A Multiobjective Programming Approach to Energy Resource Allocation Problems", **International Journal of Energy Research**, Vol.17, No.2, 1993, ss.105-119.
- Saat, Meliha, "Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım : Analitik Hiyerarşi Yöntemi", **Gazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt.2/2000, Sayı.2, 2000, ss.149-162.
- Schniederjans, Marc J., "Designing a Quality Control System in a Service Organization : A Goal Programming Case Study", **European Journal of Operational Research**, Vol.81, No.2, 1995, ss.249-258.
- Sinclair M. ve DL. Van Oudheusden, "Bus Trip Scheduling in Heavily Congested Cities", **European Journal of Operational Research**, Vol.103, No.1, 1997, ss.18-27.
- Shivastava Prabhat, "Design of Feeder Route Network Using Combined Genetic Algorithm and Specialized Repair Heuristic", **Journal of Public Transportation**, Vol.10, No.2, 2007, ss.109-133.
- Turanlı, Münevver ve Ali Köse, "Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi İle Türkiye'deki Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi", **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Cilt-Yıl:4, Sayı:7, Bahar 2005/1, ss.19-39.
- Vanegas, L.V. ve A.W. Labib, "A Fuzzy Quality Function Deployment (FQFD) Model for Deriving Optimum Targets", **International Journal of Production Research**, Vol.39, No.1, 2001, ss.99-120.
- White, D.J., "Multi Objective Interactive Programming", **Journal of Operations Research Soc.** Vol.31, No.1, 1980,
- Yılmaz, Erdal, "Aksiyomlarla Tasarım İlkeleri Yardımıyla Kentiçi Toplu Taşıma Sistemlerinin Tasarımı", **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt.11, Sayı.1, 2006, ss.9-26.
- Yılmaz, Ersin, "Amaç Programlama Tekniği ve Orman Kaynakları Planlamasına Uygulama Örnekleri", **Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Derneği Dergisi**, Cilt.11, Sayı.1, 2005, ss.113-149.
- Zhang F.ve W.B. Roush, "Multiple-Objective (Goal) Programming Model for Feed Formulation : An Example for Reducing Nutrient Variation", **Poultry Science**, Vol.81, No.1, 2000, ss. 182-192.

## **C-TEZLER**

- Atmaca, Ediz, “Esnek Üretim Sistemlerinde Yerleşimi Gözönüne Alan Yükleme ve Rotalama Problemleri için Amaç Programlama Modeli”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
- Chang, S.K., “Analytic Optimization of Bus Systems in Heterogeneous Environments”, Ph.D. Dissertation, University of Maryland, Department of Civil Engineering, 1990.
- Diğer, Erdal S., “Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde AHY ile Diğer Yöntemlerin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2001.
- Erel, Rezzan, “Taşıt Rotalaması ve Çizelgelemesi : Otobüsle Kentlerarası Yolcu Taşımacılığı İçin Bir Model”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1995.
- Gürsoy, Mustafa, “Ülkemiz Yük Ulaşımında Çoktürlü Taşımacılığın Sınırlarının Ve/Veya Boyutlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Karar Destekleyici Model”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003
- İspirli E., “Goal Programlama ile Orman Kaynaklarının Amenajmanı Üzerine Araştırmalar”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1995
- Kazan Ayşe, “Türkiye Ekonomisi İçin Ekonomik Model Denemesi ve Ekonomik Modellerin Hedef Programlama Modeli İle Eşanlı Kullanımı”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1997.
- Kıbrıslı B., “Kentiçi Ulaşımında Otobüs Öncelikli Sistemler ve İstanbulda Taksim-Zincirlikuyu Otobüs Yoluna Model Uygulaması”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1989.
- Nas, Selçuk, “Gemi Operasyonlarının Yönetiminde Kaptanın Karar Verme Süreci Analizi ve Bütünleşik Bir Model Uygulaması”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2006.
- Öndaş, İbrahim Halil, “İnsangücü Planlamasında Kullanılan Matematik Modellerin Uygulamalı İrdelenmesi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi İşletme Enstitüsü, 1993.
- Patır, Sait, “Bir Kantitatif Karar Verme Yöntemi Olarak Hedef Programlama Tekniği ve Bir Uygulama”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1995.

- Reyhan, Pınar, “Dengeli ve Yeterli Beslenme Konusunda Hedef Programlama Yöntemi ile Yaklaşım”, Bilim Uzmanlığı Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1990.
- Selim, Hasan, “Strategic and Tactical Planning in Collaborative Supply Chains : Fuzzy Modelling Approach”, Ph.D. Dissertation, Dokuz Eylül University, School of Natural and Applied Sciences, 2006.
- Sivri, Mustafa, “Doğrusal, Hedef, Çok Amaçlı ve Sınırlı Programlama Yaklaşımları ve Bunların Kombinezonları ile Diet Problemi Çözümü”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1985.
- Tektaş, Necla, “Kent İçi Transit Yollarda Trafik Optimizasyonu (İstanbul İçin Bir Uygulama)”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2002.
- Tiryaki, Fatma, “Çok Amaçlı Lineer Kesirli Programlama Problemi için Çözüm Önerileri”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1993.
- Yardım, Mustafa Sinan, “Kentiçi Ulaşımında Otobüsle Toplutaşıma İçin İşletmecilik Şeklinin Belirlenmesine Yönelik Bir Matematiksel Model”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.

#### ***D-BİLDİRİLER***

- Atan, Murat, “Çok Amaçlı Hedef Programlama ile Optimal Portföy Seçim Modelinin IMKB 100 Endeksine Uygulanması”, 9. **Finans Sempozyumu “Stratejik Finans”**, Kapadokya/Nevşehir, 29-30 Eylül 2005, ss.1-7.
- Aydemir, Bedir, İbrahim Kavrakoğlu, Gülseren Kızıltan, İlhan Or, Gündüz Ulusoy ve Berrin Kıbrıslı, **Kentiçi Kamu Otobüs Taşımacılığına Bir Yaklaşım**, Yöneylem Araştırması 5. Ulusal Kongresi, Eskişehir, 23-25 Mayıs 1979, ss.3-35.
- Baykasoğlu, Adil, Türkay Dereli, Tolunay Gökçen ve G.Semra Daş, “Çok Objektifli Üretim Planlaması Probleminin Bulanık Matematiksel Programlama ile Çözülmesi”, **YA/EM 2004-Yöneylem Araştırması, Endüstri Mühendisliği – XXIV Ulusal Kongresi**, Gaziantep-Adana, 15-18 Haziran 2004, ss.1-3.
- Demirtaş, Ezgi Aktar ve Özden Üstün, “Tedarikçi Seçimi ve Sipariş Tahsisinde Analitik Serim Süreçleri ve Hedef Programlama Yaklaşımı”, **YA/EM’2004 – Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği – XXIV Ulusal Kongresi**, Gaziantep-Adana, 15-18 Haziran 2004, ss.1-3.
- Doğrusöz, Halim, “Çok Boyutlu Değer Ölçüsü ile Karar Verme”, **Yöneylem Araştırması Bildiriler’76**, Kocaeli, 1979, ss.14-27

Güzel, Nuran ve Tabuk Metin, “Bulanık Programlama ile Çok Amaçlı Taşıma Problemine Çözüm Yöntemi”, **Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu**, Kocaeli : Kocaeli Üniversitesi, 16 – 18 Kasım 2005, s.139-146.

Herişçakar, Engin, “Gemi Ana Makine Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri AHP ve SMART Uygulaması”, **Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi 99 – Bildiri Kitabı**, İstanbul, 1999, ss.240-256

### ***E-ELEKTRONİK KAYNAKLAR***

Aouni, B., F. Ben Abdelaziz ve R. El Fayedh, “Multistage Stochastic Goal Programming for Portfolio Selection”, **MOPGP’06: 7th Int. Conf. on Multi-Objective Programming and Goal Programming**, [http://www.info.univ-angers.fr/pub/barichar/mopgp06/pdf\\_download.pdf](http://www.info.univ-angers.fr/pub/barichar/mopgp06/pdf_download.pdf), (22.09.2007).

Emhan, Abdurrahim, “Karar Verme Süreci ve Bu Süreçte Bilişim Sistemlerinin Kullanılması”, **Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt.6 Sayı.21 (Yaz-2007) ISSN : 1304-0278, <http://www.e-sosder.com>, (28.11.2007).

Erdoğan, Şenol, Eylem Koç, İlker Ozan Koç, “0-1 Tamsayılı Hedef Programlama ve Diyet Problemine Uygulanması”, **Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi**, <http://idari.cu.edu.tr/sempozyum/bil15.htm>, (15.06.2007).

İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Müdürlüğü (İETT), **Tarihçe**, <http://www.iETT.gov.tr>, (31.08.2007).

İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Müdürlüğü (İETT), **Stratejik Plan (2008-2012)**, 2007, <http://www.iETT.gov.tr>, (06.11.2007).

Kaya, Yılmaz, “Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemlerinden TOPSIS ve ELECTRE Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, **Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü**, <http://www.hho.edu.tr/huten/2003-2004SEMINERINTERNET/YILMAZKAYA/YILMAZKAYA.pdf>, (12.12.2007).

Patır, Sait, “Doğrusal Programlamada Primal ve Dual İlişkisinin İrdelenmesi ve Bir Örnek Uygulama”, **Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt.6, Sayı.21 (Yaz-2007) ISSN : 1304-0278, <http://www.e-sosder.com>, (28.11.2007).

Özdemir, Müjgan Sağır, “Bir İşletmede Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Performans Değerlendirme Sistemi Tasarımı”, **Makine Mühendisleri Odası Endüstri Mühendisliği Dergisi**, Cilt.2002-2, Sayı.2 (Nisan-Mayıs-Haziran 2002-2), [http://www.mmo.org.tr/endustrimuhendisligi/2002\\_2/makaleperformans.htm](http://www.mmo.org.tr/endustrimuhendisligi/2002_2/makaleperformans.htm), (22.11.2007).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel

Adı Soyadı : Selçuk ALP  
Doğum Tarihi : 15.04.1973  
Doğum Yeri : Siirt

### Eğitim

2003 - ... : Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Ekonometri Ana Bilim Dalı,  
Yöneylem Araştırması Bilim Dalı  
(Doktora)

1997 – 2000 : Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü  
İşletme Ana Bilim Dalı, İşletme Yönetimi Bilim Dalı  
(Yüksek Lisans)

1992 – 1996 : İstanbul Üniversitesi, Hukuk Fakültesi, Hukuk Bölümü  
(Lisans)

1989 – 1991 : Yıldız Teknik Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu  
Teknik Programlar Bölümü,  
Bilgisayar Programcılığı Programı  
(Ön Lisans)

### Deneyim

1999 – ... : Yıldız Teknik Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu  
Teknik Programlar Bölümü,  
Bilgisayar Programcılığı Programı,  
Öğretim Görevlisi

1992 – 1999 : Yıldız Teknik Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu  
Teknik Programlar Bölümü,  
Bilgisayar Programcılığı Programı,  
Uzman