



**T. C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI  
SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI**

# **HEDEF PROGRAMLAMA İLE PORTFÖY SEÇİMİ: BORSA İSTANBUL'DA BİR UYGULAMA**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**Nagihan MEMİŞ**

**BURSA-2015**





**T. C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI  
SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI**

# **HEDEF PROGRAMLAMA İLE PORTFÖY SEÇİMİ: BORSA İSTANBUL'DA BİR UYGULAMA**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**Nagihan MEMİŞ**

**Danışman :**

**Yrd.Doç.Dr.Azize GÜL EMEL**

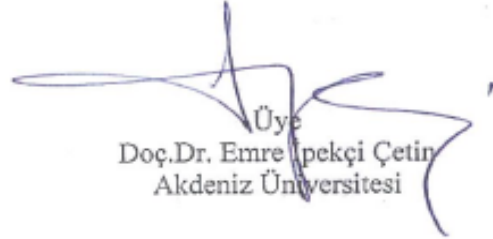
**BURSA-2015**

T. C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İşletme Anabilim, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı'nda 701214049 numaralı Nagihan Memiş'in hazırladığı "Hedef Programlama İle Portföy Seçimi: Borsa İstanbul Uygulaması" konulu Yüksek Lisans Tezi ile ilgili tez savunma sınavı, 31/07/2015 günü 10.00 – 13.00 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin başarılı olduğuna (oybirliği/oy çokluğu) ile karar verilmiştir.



Üye  
Tez Danışmanı ve Sınav Komisyonu Başkanı  
Yard.Doç.Dr. Gül Emel  
Uludağ Üniversitesi



Üye  
Doç.Dr. Emre Pekçi Çetin  
Akdeniz Üniversitesi



Üye  
Doç.Dr. Adem Anbar  
Uludağ Üniversitesi

31/07/ 2015

## ÖZET

Yazar Adı ve Soyadı : Nagihan MEMİŞ  
Üniversite : Uludağ Üniversitesi  
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Anabilim Dalı : İşletme  
Bilim Dalı : Sayısal Yöntemler  
Tezin Niteliği : Yüksek Lisans Tezi  
Sayfa Sayısı : xiv + 109  
Mezuniyet Tarihi : ... / ... / 2015  
Tez Danışman(lar)ı : Yrd.Doç.Dr.Gül EMEL

### HEDEF PROGRAMLAMA İLE PORTFÖY SEÇİMİ: BORSA İSTANBUL'DA BİR UYGULAMA

Birden fazla ve birbiri ile çelişen amaçlara sahip karar problemlerinin çözümünde klasik tek amaçlı optimizasyon yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Böyle bir durumda Çok Amaçlı Karar Verme tekniklerinin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Charnes ve Cooper tarafından 1955'te geliştirilen Hedef Programlama, en bilinen Çok Amaçlı Karar Verme yöntemlerinden biridir. Hedef programlama, günümüze kadar birçok alanda yaygın olarak kullanılmıştır. Yöntemin portföy optimizasyonu uygulamalarındaki kullanımını yazında sık rastlanılmamaktadır.

Temel portföy optimizasyonunda yatırım alternatifleri arasında yapılacak seçimle belirli getiri seviyesi için riskin en düşük seviyede gerçekleştirilmesi istenir. Söz konusu bu tip temel yaklaşımda tek bir amaç bulunmaktadır. Halbuki, portföy seçim sürecinde karar verici getiri ve risk dışında birçok amaca sahip olabilmektedir. Bu tip karar modellerinin çözümü ise klasik tek amaçlı optimizasyon yöntemleri ile olamamaktadır. Hedef Programlama hem bireysel hem de kurumsal yatırımcılara, onların kişisel amaçlarına yönelik esnek bir yapı sunup birbiri ile çelişen amaçların varlığında dahi uzlaşık bir çözüm sağlayabilmektedir. Bu özelliği ile Hedef Programlama'nın, finans alanında ve özellikle portföy seçim problemlerinin çözümünde kullanılmasının oldukça elverişli olabileceği görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı; hisse senetlerinin getiri ve risklerinin dışında, hisse senetlerini ihraç eden şirketlerin finansal ve borsa performans göstergelerini de hedefleyen çok amaçlı portföy seçimini gerçekleştirmek ve buna bağlı olarak portföy performansını araştırmaktır. Çalışmanın veri kümesi, Ocak 2010- Aralık 2013 yılları arasında BIST 100 endeksinde yer alan imalat sanayi sektörüne ait hisse senetlerinin aylık kapanış fiyatlarından ve bu hisse senetlerini ihraç eden şirketlerin bağımsız denetimden geçmiş mali tablo verilerinden oluşmaktadır. Oluşturulan modellerde, getiri ve risk amaçlarının yanında şirketlerin kârlılıklarına ve piyasa değerlerine yönelik amaçlar da yer almaktadır. Sermaye Varlıkları Fiyatlama Modeli'nden faydalanılarak oluşturulan bu çok amaçlı optimum portföy seçimi modelleri, Öncelikli Hedef Programlama ile çözülmektedir. Çözümde elde edilen portföyler dört yıllık performansları ölçülmekte, ölçüm için

Treynor Performans Ölçüsü kullanılmaktadır. Elde edilen performans sonuç değerleri BIST100 endeksinin performansı ile karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma ile elde edilen portföylerin piyasanın üzerinde getiri sağladığı gösterilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Hedef Programlama, Portföy Seçimi, Çok Amaçlı Portföy Seçimi, Portföy Optimizasyonu



## ABSTRACT

Name and Surname : Nagihan MEMİŞ  
University : Uludağ University  
Institution : Social Science Institution  
Field : Business Administration  
Branch : Quantitative Methods  
Degree Awarded : Master  
Page Number : xiv + 109  
Degree Date : ... / ... / 2015  
Supervisor(s) : Assist.Prof.GülGÖKAY EMEL

## PORTFOLIO SELECTION WITH GOAL PROGRAMMING: AN APPLICATION ON İSTANBUL STOCK EXCHANGE

Classic single objective optimization methods are insufficient in solving problems of decision making problems which have multiple and contradictory objectives. In such a case, the use of Multiple Objective Decision Making Methods is needed. Goal Programming developed by Charnes and Cooper in 1955 is one of the well known Multiple Objective Decision Making Methods. Until today, Goal Programming have been widely used in many fields. It is not often observed in the literature the use of Goal programming in portfolio optimization.

On the basis of portfolio optimization, it is aimed to perform the minimum risk for the certain level of return with the choice between alternative investments. There is one objective in this type of basic approach. However, in the portfolio selection process, decision maker may have multiple objectives apart from return and risk. The solution of this type of decision making models can not be carried out with classic single objective optimization methods. Goal Programming provide a compromise solution even in the presence of conflicting objectives by offering a flexible structure for both institutional and individual investors personal purposes. With above mentioned feature, it seems that using Goal Programming in the field of finance and especially in the solution of portfolio selection problems seems quite convenient.

The purpose of this study is to perform multi objective portfolio selection also aiming companies that issue stocks performance indicator apart from stocks return and risk and analyze this portfolio's performance correspondingly. The study sample consist of stock's closing price took part BIST 100 index manufacturing industry during January 2010 - December 2013 and financial statements of companies that issue these stocks passed external audit. In generated models, profitability and market value objectives for companies is available alongside risk and return. This multiple objective optimum portfolio selection models generated by Capital Asset Pricing Model is solved by using Lexicographic Goal Programming. 4 years of portfolio performances obtained by solving models is measured and Treynor Performance Measure is used in measurement. Performance solution values is compared with performance value of BIST 100 index. The comparison shows that portfolio performances provide return above the market.

**Keywords :** Goal Programming, Portfolio Selection, Multi Objective Portfolio Selection, Portfolio Optimization

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAY SAYFASI.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR.....	xii
TABLolar.....	xiii
ŞEKİLLER.....	xiv
GİRİŞ.....	1

### 1.BÖLÜM

#### PORTFÖY SEÇİMİ VE PORTFÖY KURAMLARI

1.1.PORTFÖY KAVRAMI VE PORTFÖY SEÇİMİ.....	4
1.2.MODERN PORTFÖY YAKLAŞIMI.....	5
1.2.1. Risk ve Getiri.....	6
1.2.1.1.Getiri Kavramı ve Portföyün Beklenen Getirisi.....	7
1.2.1.2.Yatırımlarla İlgili Riskler ve Toplam Risk Kaynakları.....	9
1.2.1.3.Risk Ölçüleri.....	11
1.2.1.3.1. Standart Sapma ve Varyans.....	11
1.2.1.3.2. Kovaryans ve Korelasyon Katsayısı.....	13
1.2.2. Portföy Riskinin Ölçülmesi.....	14
1.2.3. Fayda Fonksiyonu.....	15
1.2.4. Etkin Portföyler Kümesi ve Optimal Portföy.....	16
1.3. PORTFÖY SEÇİM MODELLERİ.....	16
1.3.1. Markowitz Ortalama - Varyans Modeli.....	17
1.3.2. Tekli ve Çoklu Endeks Modelleri.....	18
1.3.3. Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli.....	21
1.3.4. Arbitraj Fiyatlama Modeli.....	25
1.3.5. Ortalama Mutlak Sapma Modeli (MAD).....	27
1.3.6. Black- Litterman Yaklaşımı.....	30
1.4. PORTFÖY PERFORMANSININ ÖLÇÜMÜ.....	32
1.4.1. Sharpe Performans Ölçüsü.....	32
1.4.2. Treynor Performans Ölçüsü.....	33



1.4.3. Jensen Performans Ölçüsü.....	34
--------------------------------------	----

## 2.BÖLÜM

### HEDEF PROGRAMLAMA VE LİTERATÜR TARAMASI

2.1.ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME.....	37
2.1.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	37
2.1.2. ÇAKV Probleminin Tanımı ve Temel Kavramlar.....	39
2.2.HEDEF PROGRAMLAMA.....	41
2.3.HEDEF PROGRAMLAMANIN GELİŞİMİ.....	42
2.4.HEDEF PROGRAMLAMANIN VARSAYIMLARI.....	43
2.4.1. Oransallık Varsayımı.....	43
2.4.2. Toplanabilirlik Varsayımı.....	43
2.4.3. Bölünebilirlik Varsayımı.....	44
2.4.4. Kesinlik Varsayımı.....	44
2.4.5. Negatif Olmama Varsayımı.....	44
2.4.6. Amaçlara Öncelik Verilmesi Varsayımı.....	45
2.5.HEDEF PROGRAMLAMANIN MATEMATİKSEL YAPISI VE MODELLEME SÜRECİ.....	45
2.5.1. Model ile İlgili Temel Kavramlar.....	45
2.5.2. Hedef Programlama Modelleme Aşamaları.....	47
2.5.3. Doğrusal Programlamanın Uzantısı Olarak Hedef Programlama ve Modelin Matematiksel Gösterimi.....	49
2.5.4. Normalizasyon.....	53
2.5.4.1.Yüzdellik Normalizasyon (Percentage Normalisation).....	54
2.5.4.2.Sıfır-Bir Normalizasyonu (Zero-One Normalisation).....	54
2.5.4.3.Öklid Normalizasyonu (Euclidean Normalisation).....	55
2.6.HEDEF PROGRAMLAMA TÜRLERİ.....	55
2.6.1. Amaç Fonksiyonunun Yapısına Göre Hedef Programlama Türleri.....	55
2.6.1.1.Öncelikli Hedef Programlama.....	56
2.6.1.2.Ağırlıklı Hedef Programlama.....	56
2.6.1.3.Min-Max (Chebyshev) Hedef Programlama.....	56
2.6.2. Karar Değişkenleri ve Hedeflerin Yapısına Göre Hedef Prog. Türleri.....	58

2.6.2.1. Bulanık Hedef Programlama.....	58
2.6.2.2. Tamsayı ve 0-1 Hedef Programlama.....	58
2.6.3. Modelin Yapısına Göre Hedef Programlama Türleri.....	59
2.6.3.1. Doğrusal Hedef Programlama.....	59
2.6.3.2. Doğrusal Olmayan Hedef Programlama.....	60
2.7. HEDEF PROGRAMLAMANIN UYGULAMA ALANLARI.....	60

### 3.BÖLÜM

#### HEDEF PROGRAMLAMANIN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ VE HEDEF PROGRAMLAMADA ÖZEL DURUMLAR

3.1. HEDEF PROGRAMLAMA ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ.....	61
3.1.1. Doğrusal Hedef Programlama Çözüm Yöntemleri.....	61
3.1.1.1. Grafik Yöntemi.....	61
3.1.1.2. İteratif Çözüm (Ardışık Doğrusal Hedef Programlama) Yöntemi.....	62
3.1.1.3. Değiştirilmiş Simpleks Yöntemi.....	62
3.1.1.4. Tamsayı Doğrusal Hedef Programlama Çözüm Yöntemleri.....	65
3.1.2. Diğer Çözüm Yöntemleri.....	69
3.2. HEDEF PROGRAMLAMADA ÖZEL DURUMLAR.....	70
3.2.1. Hedeflerin Belirlenmesi.....	70
3.2.2. Giren ve Ayrılan Değerlerin Belirlenmesi.....	71
3.2.3. Geçersiz (infeasible) Çözüm.....	71
3.2.4. Sınırsız Çözüm.....	71
3.3. HEDEF PROGRAMLAMADA DUALİTE.....	72
3.4. HEDEF PROGRAMLAMADA DUYARLILIK ANALİZİ.....	72
3.4.1. Kesikli Değişimler.....	73
3.4.1.1. $w_{k,s}$ veya $u_{i,k}$ 'daki Değişimler.....	74
3.4.1.2. $b_i$ 'deki değişim.....	75
3.4.1.3. $c_{ij}$ 'deki değişim.....	75
3.4.1.4. Yeni Bir Hedef ya da Kısıt Eklenmesi.....	76
3.4.1.5. Yeni Bir Karar Değişkeninin Eklenmesi.....	76
3.4.1.6. Öncelik Seviyelerinin Yeniden Sıralanması.....	77

3.5.PARAMETRİK DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMA.....	77
--	----

## 4.BÖLÜM

### HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÇOK AMAÇLI PORTFÖY SEÇİMİ BORSA İSTANBUL UYGULAMASI

4.1.YAZIN TARAMASI.....	79
4.2.UYGULAMANIN AMACI VE YÖNTEMİ.....	82
4.3.VERİLER.....	83
4.3.1. Modeli Tanımlayan Hedefler.....	84
4.3.1.1.Beklenen Getiri ve Risk.....	84
4.3.1.2.Kârlılık Hedefleri.....	86
4.3.1.3.Piyasa Değerine Yönelik Hedefler.....	87
4.4.MODELİN OLUŞTURULMASI.....	88
4.4.1. Kârlılık Hedeflerine Yönelik Öncelikli Hedef Programlama Modeli .....	88
4.4.2. Piyasa Değerine Yönelik Öncelikli Hedef Programlama Modeli.....	91
4.5.BULGULARIN YORUMU.....	94
4.5.1. Kârlılık Hedeflerine Yönelik Öncelikli Hedef Programlama Modelinin Sonuçları.....	94
4.5.2. Piyasa Değerine Yönelik Öncelikli Hedef Programlama Modelinin Sonuçları.....	95
4.5.3. Oluşturulan Portföylerin Performanslarının Değerlendirilmesi.....	96
SONUÇ.....	100
KAYNAKÇA.....	102
ÖZGEÇMİŞ.....	110

## KISALTMALAR

Kısaltma	Bibliyografik Bilgi
AFM	Arbitraj Fiyatlama Modeli
a.g.e.	Adı Geçen Eser
a.g.m.	Adı Geçen Makale
AK	Aktif Kârlılık
BIST 100	Borsa İstanbul 100 Endeksi
CAPM	Capital Asset Pricing Model
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
C.	Cilt
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DD	Defter Değeri
FK	Fiyat Kazanç
HBK	Hisse Başına Kazanç
HP	Hedef Programlama
İMKB	İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
MAD	Mean Absolute Deviation
P	Page
PD	Piyasa Değeri
SK	Satışların Kârlılığı
SVFM	Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli
s.	Sayfa
ss.	Sayfadan sayfaya
TCMB	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
vd.	Ve diğerleri
Vol.	Volume
ÖK	Özkaynak Kârlılığı

## TABLolar

	<b>Sayfa</b>
Tablo 2.1.: Amaç Fonksiyonunda Yer Alacak Sapma Değişkenleri.....	48
Tablo 3.1.: Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks Tablosu.....	63
Tablo 4.1.: Çalışmada Kullanılan Hisse Senetleri ve Pay Kodları.....	83
Tablo 4.2.: Karlılık Hedeflerine Yönelik Modelin Sonuçları.....	93
Tablo 4.3.: Karlılık Hedeflerine Yönelik Modelin Sonuçları Devam.....	94
Tablo 4.4.: Piyasa Değerine Yönelik Modelin Sonuçları.....	95
Tablo 4.5.: Kârlılığa Yönelik Portföylerin 4 Yıllık Treynor Ölçüsü Değerleri.....	97
Tablo 4.6.: Piyasa Değerine Yönelik Portföylerin 4 Yıllık Treynor Ölçüsü Değerleri	

## ŞEKİLLER

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1.: Toplam Risk Bileşenleri.....	11
Şekil 1.2.: Kayıtsızlık Eğrisi.....	15
Şekil 1.3.: Sermaye Piyasası Doğrusu.....	23
Şekil 2.1.: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	38
Şekil 3.1.: Sınır-Dal Tekniğinin Şematik Gösterimi.....	67

## GİRİŞ

Bireysel yatırımcılar sermayelerini değerlendirmek amacı ile yüksek getiri olanağı sağlayan hisse senedi, tahvil, yatırım fonu gibi finansal varlıklara ya da gayrimenkul gibi fiziksel varlıklara yatırım yapmaktadırlar. Yatırımcılar, söz konusu yatırım araçlarını belirli bir gelir elde etmek amacı ile bir arada tutmaktadırlar. Yatırım araçlarının oluşturduğu bu bütüne portföy adı verilmektedir.

Yatırımcılar portföye hangi finansal varlığın dahil edileceğini ve portföyden hangi finansal varlıkların çıkarılacağını belirli bir karar sürecinde gerçekleştirirler. Bu süreç portföy yönetimi olarak adlandırılır. Yatırımcıların riskini en düşük düzeyde tutmak ve getirisini maksimum seviyede gerçekleştirmek amacı ile yatırım alternatifleri arasından seçim işlemine “portföy seçimi” denir ve bu amaçlarını en iyi karşılayan portföye de optimum portföy denir.

Finansal piyasalarda yatırımcılar yatırım amaçlarına en uygun kararı verebilmek için yatırımlarına rehberlik edecek bir takım stratejilere ihtiyaç duymuşlardır. Bu çerçevede, Geleneksel ve Modern Portföy Yaklaşımları ile yatırımcıların minimum risk ile ve maksimum getiri elde etme süreci matematiksel çerçeveye oturtulmuş ve bir çeşitli modeller geliştirilmiştir.

Modern portföy kuramının temelleri başta Markowitz olmak üzere Roy, Tobin, Sharpe ve diğer bilim adamları tarafından atılmıştır. Modern portföy kuramı kapsamında, yatırımcının portföyden beklediği getiri ve risk kavramlarına nicel bir yaklaşım sunulmuş ve portföy seçim problemine yönelik modeller geliştirilmiştir. Bu modeller; Ortalama-Varyans modeli, Finansal Varlıkları Fiyatlama Modeli, Arbitraj Fiyatlama Kuramı ve Faktör Modelleri'dir.

Optimizasyon, belirli koşullarda en iyi sonuca ulaşılması işidir. Hedef Programlama, Yöneylem Araştırması'nda Çok Amaçlı Karar Verme problemlerinin çözümünde kullanılan bir yöntemdir. Karar vericinin çoklu ve birbirleri ile çelişen amaçlara sahip olması durumunda, hedefler arasında uzlaşma sağlayarak karar vericiye uzlaşık bir çözüm sunmaktadır. Karar verici, Hedef Programlama tekniğini kullanarak

amaçlarını önem sırasına göre sıralayabilmekte ve söz konusu önceliğe dayalı olarak bu amaçları karşılayan en iyi çözümü elde etmek isteyebilmektedir.

Portföy seçim sürecinde karar verici getiri ve risk dışında birçok amaca sahip olabilmektedir. Bu amaçlar, portföye dahil edilecek hisse senetleri ile ilgili ya da hisse senedinin ait olduğu şirketler ile ilgili olabilmektedir. Bu durumda portföy seçim problemi çok amaçlı bir karar verme problemine dönüşmektedir.

Çok amaçlı karar verme tekniği olarak Hedef Programlama, portföy seçim problemlerinde yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Hedef Programlamanın portföy seçim problemlerine uygulanması 1970'li yıllara dayanmaktadır.

Bu çalışmada bir yatırımcının getiri ve risk amaçlarının yanında, kârlılığı yüksek işletmelerin hisse senetlerinden bir portföy oluşturmaya yönelik amacını da karşılayacak optimum portföy seçim işlemi Öncelikli Hedef Programlama kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, yatırımcının beklenen getirisini maksimum, riskini ise minimum yapacak olan en iyi portföyü/portföyleri ve bu portföye/portföylere dahil olan hisse senetlerinin portföydeki ağırlıklarının Hedef Programlama kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın örneklemini BIST 100 endeksinde Ocak 2010 ve Aralık 2013 dönemleri arasında sürekli olarak işlem görmüş olan imalat sanayi sektöründeki hisse senetleridir. Bu kapsamda veri kümesi söz konusu şartları sağlayan 16 şirketin hisse senedinden oluşmaktadır. Çalışmada risk ölçüsü olarak hisse senetlerinin Pazar Portföyü'ne olan hassasiyetini ölçen Beta katsayısı kullanılmıştır. Portföy seçiminde beklenen getiri ve risk dışında, analizi yapılan hisse senetlerinin ait olduğu şirketlerin kârlılığına ve piyasa değerine yönelik üçer amaç belirlenmiş, bu amaçları sağlayacak olan portföyün seçimi ve modellenmesi Öncelikli Hedef Programlama kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde portföy seçimi ve portföy kuramları kısaca anlatılmıştır. Konu çerçevesi olarak portföyün getirisi, portföy riski ve modern portföy yaklaşımındaki portföy seçim modelleri ve portföy performans değerlendirme yöntemleri finans kuramı kapsamında açıklanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde Çok Amaçlı Karar Verme tekniği olarak Hedef Programlama'nın varsayımları, gelişimi, modelleme süreci, matematiksel gösterimi, türleri, uygulama alanlarına yer verilmiştir.



Çalışmanın üçüncü bölümünde Hedef Programlamanın çözüm yöntemleri, Hedef Programlamada özel durumlar, duyarlılık analizi ve Parametrik Hedef Programlama'ya kısaca değinilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde yazın taramasında verilmiş ve Ocak 2010-Aralık 2013 yılları arasında BIST 100 endeksinde yer almış hisse senetleri ve bu hisse senetlerini ihraç eden şirketlerin bağımsız denetimden geçmiş mali tablo verileri kullanılarak çok amaçlı bir portföy seçim problemi Öncelikli Hedef Programlama modelleri ile çözülmüştür. Modeller; kârlılık hedeflerine yönelik model ve piyasa değerine yönelik model olarak iki ayrı gösterimde ele alınmıştır.

Portföye dahil edilecek hisse senetlerinin ait olduğu şirketlerin kârlılık amaçları için oran analizinden, piyasa değerlerine yönelik amaçlar için ise oran analizi kapsamındaki borsa performans oranlarından yararlanılmıştır. Söz konusu hedeflere yönelik hedef değerleri atanırken Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın raporlamış olduğu sektör bilançoları ve Borsa İstanbul'un yayımladığı sektörel oranlar kullanılmıştır. Getiri hedefi olarak elde edilecek portföyün en az risksiz faiz oranı kadar getiri sağlaması bakımından risksiz faiz oranı atanmıştır. Riskin arttıkça getirinin de arttığı varsayımı ile elde edilecek portföyün pazar portföyüne (BIST 100) olan duyarlılığının yüksek olması istenmiş, bu nedenle beta hedef değeri 1'den büyük olarak atanmıştır. Bu bölümün sonunda elde edilen portföylerin 4 yıllık performansları, getirileri sistematik riske göre değerlendiren Treynor Performans Ölçüsü ile değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular yorumlanıp, tartışılmıştır.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## PORTFÖY SEÇİMİ VE PORTFÖY KURAMLARI

Çalışmanın bu kısmında portföy ve portföy seçimi kavramları ile portföy kuramları yer almaktadır.

### 1.1.PORTFÖY KAVRAMI VE PORTFÖY SEÇİMİ

Yatırımcılar, tek bir menkul kıymetin riskini üstlenmek yerine birden çok menkul kıymete yatırım yaparak riski bölmek isterler<sup>1</sup>. Portföy; tek bir menkul kıymet yerine hisse senedi, tahvil ve diğer menkul kıymetler gibi birden fazla menkul kıymete yapılan yatırım sonucu oluşan bütünü ifade eder. Portföy kavramı, gelişen piyasalarda özellikle risk ve getiri kavramlarının odak noktasını oluşturması ile daha da önem kazanmıştır.

Portföy yöneticilerinin portföy seçiminde risk ve beklenen getiri amaçları birbirinin zıt yönünde değişmektedir. Diğer bir ifade ile risk yükseldikçe beklenen getiri düşmekte, risk düştükçe beklenen getiri yükselmektedir<sup>2</sup>. Bu süreçteki menkul kıymet yatırım politikası portföyden elde edilecek gelir ve portföyün karşılaşılabileceği risk arasında denge oluşturma üzerinedir<sup>3</sup>.

Gelişen ekonomik koşullar, oluşturulmuş bir portföyden bazı menkul kıymetlerin çıkarılmasını, yerine de yenilerinin alınmasını gerektirir. Bu kararı vermek ise karmaşıktır ve uzmanlık alanı istemektedir. Bu sürece “*portföy yönetimi*” denilmektedir ve genellikle bankalar, aracı kurumlar ve uzman kuruluşlar tarafından yapılmaktadır. Portföy yönetimi, fonların menkul kıymet alternatifleri arasında, belirli bir risk seviyesinde en fazla getiriyi

<sup>1</sup>Erkan Sevinç, **İmkb-30 Endeksinde Yer Alan Menkul Kıymetlerden Ortalama-Varyans Modeline Göre Optimal Portföy Oluşturulması ve Riske Maruz Değer Yaklaşımıyla Portföy Riskinin Hesaplanması**, İktisadi Araştırmalar Vakfı, 2007, İstanbul, s.49.

<sup>2</sup>İsmail Bekçi-Abdullah Eroğlu-Hayrettin Usul, “Portföy Seçimi Problemine Bulanık Mantık Yaklaşımı”, **SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt:6, Sayı:2,2001,s.89.

<sup>3</sup>Muharrem Karlı, **Sermaye Piyasası Borsa Menkul Kıymetler**, Alfa Yayınları, 2004, İstanbul, s. 570.

veya belirli bir getiri düzeyinde en az riski sağlayan optimal portföyü oluşturacak şekilde dağıtılmasını esas alır<sup>4</sup>.

## 1.2.MODERN PORTFÖY YAKLAŞIMI

Geleneksel portföy yaklaşımına göre risk farklı sektörlerdeki menkul kıymetlere yatırım yapılarak dağıtılmaktadır. Geleneksel portföy yaklaşımına göre risk, sadece portföydeki menkul kıymet sayısının arttırılması ile azalmaktadır.Bu yaklaşıma “*Yalın Çeşitlendirme*” denilmektedir. Söz konusu yaklaşımda menkul kıymetlerin getirilerinin birbirinden farklı yönde hareket edeceği varsayımı ileyalın çeşitlendirme yapılarak risk daha düşük seviyeye indirgenebilmektedir.Dolayısıyla geleneksel yaklaşımda menkul kıymetlerin getirileri arasındaki ilişkiler dikkate alınmamaktadır<sup>5</sup> ve portföy seçim işlemi yatırımcının yeteneklerine bağlı olarak öznel bir beceri olarak görölmektedir. Buna karşın, Harry Markowitz 1952 yılındaki “*Portfolio Selection*” ve 1959’daki “*Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment*” isimli çalışmalarında menkul kıymetlerin getirileri arasında aynı yönde ya da ters yönde bir ilişki olduğunu, sadece yalın çeşitlendirme yapılarak riskin azaltılamayacağını belirterek modern portföykuramının temellerini atmıştır.

Markowitz’den önce de 1930’lu yıllarda Williams ve Graham ve Dodd başta olmak üzere bazı bilim adamlarınca menkul kıymetlerportföy içerisinde ayrı ayrı ele alınmıştır. Roy (1952) ise Markowitz’e paralel bir şekilde Ortalama-Varyans etkin sınırını geliştirmiştir. Bu nedenle Markowitz “*Portfolio Selection*” makalesinde, kendisine verilen ”Modern Portföy Kuramının Babası” unvanında Roy’un da aynı oranda etkisi olduğunu belirtmiştir. Fakat Roy’un çalışmasına rağmen Markowitz’in çalışması yatırım çeşitlendirmesi kavramının ilk matematiksel formölüdür<sup>6</sup>. Modern portföykuramının varsayımları dört başlık altında toplanabilir<sup>7</sup>:

---

<sup>4</sup>Karlı, a.g.e., s.571

<sup>5</sup>Lale Karabıyık-Adem Anbar, **Sermaye Piyasası ve Yatırım Analizi**, Ekin Yayınevi,Bursa, 2010, s.289-290

<sup>6</sup>Yusuf Demir-Ezel Derer, “Optimal Portföy Kapsamında Tanjant Portföyü IMKB-100’de Örnek Uygulama, **Uluslararası Alanya İşletme Faköltesi Dergisi**, Cilt:4, Sayı:2, 2012, s.14.

<sup>7</sup>Jack Clark Francis-Dongcheol Kim, **Modern Portfolio Theory**, John Wiley & Sons, 2013,New Jersey,s.3.

- Yatırımcıların her yatırım fırsatı aynı elde tutma döneminde ölçülen getirilerin olasılık dağılımı ile temsil edilir.
- Yatırımcıların risk tahminleri getirilerin değişkenliği ile orantılıdır ve standart sapma ya da varyans ile ölçülür.
- Yatırımcılar kararlarını sadece beklenen getiri ve risk ölçütlerini temel alarak verirler.
- Belirli bir risk seviyesinde, yatırımcılar daha fazla getiriyi az olana tercih ederler.

Markowitz, çeşitlendirme kavramının matematiksel bir ifadesi olarak, aralarında negatif korelasyon ilişkisi bulunan menkul kıymetlerin portföye dahil edilmesi ile portföy riskinin portföyü oluşturan menkul kıymetlerin riskinden daha az olabileceğini göstermiştir. Markowitz portföy seçim modeli, menkul kıymetlerin getirilerinin normal dağılıma uyduğunu varsayar ve risk ölçüsü olarak getirilerin standart sapmasını kullanır. Getirileri arasında negatif ilişki bulunan farklı menkul kıymetleri dahil ederek, portföy getirisinin toplam varyansını azaltmayı amaçlar<sup>8</sup>. Yaklaşım, Ortalama-Varyans Portföy Analizi ya da Markowitz Optimizasyonu olarak da adlandırılmaktadır ve normatif bir kuramdır. Normatif bir kuram, yatırımcının portföy oluşturmada takip etmesi gereken standart bir davranış biçimini tanımlar<sup>9</sup>.

Markowitz'in kuramı, daha sonraki yıllarda geliştirilecek olan portföy yönetim yöntemlerine kavramsal çerçeve oluşturmuş ve Tekli Endeks Modeli (Sharpe 1963), Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli (Sharpe 1964, Lintner 1965, Mossin 1966) ve Arbitraj Fiyatlama Kuramı'nı (Ross 1976) içeren evrimsel kuramlar için dezemin oluşturmuştur<sup>10</sup>.

### 1.2.1. Risk ve Getiri

Çalışmanın bu kısmında portföy yönetimi çerçevesinde kullanılan risk ve getiri kavramlarına değinilmektedir.

---

<sup>8</sup>Panos Xidonas vd., **Multicriteria Portfolio Management**, Springer Science, 2012, New York, s.6.

<sup>9</sup>Frank J.Fabozzi-Sergio M.Focardi-Peter N.Kolm, **Financial Modeling of the Equity Market**, John Wiley&Sons, 2006, New Jersey, s.15-16.

<sup>10</sup>Markus Vollmer, **A Beta-return Efficient Portfolio Optimisation Following the CAPM**, Springer Gabler, 2015, Stuttgart, s. 9.

### 1.2.1.1. Getiri Kavramı ve Portföyün Beklenen Getirisi

Risk koşulları altında yatırımcılar, yatırımlarının her olası getirilerini ve getirilerin gerçekleşme olasılığı tahmin ederler. Bu olasılıklar gerçekleşmiş verilere dayanabileceği gibi yatırımcı tarafından da belirlenebilir. Söz konusu getirilerin olasılık dağılımları yatırım riskini oluşturur. Dağılımın dağınık ve genişliği risk katsayısını arttırmaktadır. Bir yatırımın gelecekteki getirisini tahmin etmede menkul kıymetlerin tarihi getirileri yararlı olmakla birlikte beklenen getirileri değerlendirmede olasılıklar da kullanılmaktadır. Olasılık kuramı kullanıldığında beklenen getiri  $E(R)$ , yatırımın olası getirilerinin ağırlıklı ortalamasıdır<sup>11</sup>. Gerçekleşme olasılıklarının dikkate alınması durumunda beklenen getiri Denklem(1.1) deki gibi hesaplanmaktadır<sup>12</sup>:

$$E(R) = R_1 \times P_1 + R_2 \times P_2 + \dots + R_n \times P_n \quad (1.1)$$
$$E(R) = \sum_{i=1}^n R_i \times P_i$$

Burada;

$E(R)$  : Beklenen getiri

$P_i$  : Her bir getirisinin gerçekleşme olasılığı

$N$  : Olası getirilerin sayısı

$R_i$  : Olasılık dağılımının herhangi bir getiri oranı veya nakit akışlarıdır.

Tarihi veriler kullanıldığında ise beklenen getiri Denklem(1.2) deki gibi hesaplanmaktadır:

$$R_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (1.2)$$

Burada;

$R_{ort}$  : Ortalama getiri

$R_i$  : Gerçekleşen getiri

$n$  : Dönem sayısıdır

<sup>11</sup>Tevfik Arman T., **Excel ile Hisse Senedi Değerlemesi**, Literatür Yayınları, 2012, İstanbul, s.12.

<sup>12</sup>Karabıyık- Anbar, a.g.e., s.272.

Bir hisse senedinin gerçekleşen dönemsel getirisi oranı ise incelenen dönem aralığında yatırımcının getirisinin ne kadar arttığını göstermektedir ve Denklem (1.3) deki gibi hesaplanmaktadır<sup>13</sup> :

$$R_t = \frac{D_t + (P_t - P_{t-1})}{P_{t-1}} \quad (1.3)$$

Burada;

$R_t$  : t.dönemdeki getiri oranı

$P_t$  : Hisse senedinin t.dönem sonundaki piyasa fiyatı

$P_{t-1}$  : Hisse senedinin t. dönem başındaki piyasa fiyatı

$D_t$  : t.dönemdeki nakit kâr payıdır.

Getiriler tek bir elde tutma dönemi için hesaplanabildiği gibi birden çok dönem için de hesaplanabilmektedir. Yatırımın birden fazla dönem için elde tutulması durumunda getiri performansı aritmetik ya da geometrik ortalama yardımı ile hesaplanabilmektedir<sup>14</sup>. Aritmetik ortalama getiri oranlarının basit aritmetik ortalaması alınmaktadır. Bu yöntem etkili olmakla birlikte çok dönemli getiride yanıltıcı olabilmektedir. Bu gibi durumlarda getiri hesaplanmasında geometrik ortalama daha duyarlı bir ölçüdür ve Denklem (1.4) deki gibi hesaplanmaktadır<sup>15</sup>:

$$\text{Geometrik Ortalama} = \left( \frac{P_n}{P_0} \right)^{1/n} - 1 \quad (1.4)$$

Burada;

$P_n$  : Yatırımın şundaki getirisi

$P_0$  : Yatırımın başlangıçtaki getirisi

$n$  : Zaman dönemi sayısıdır.

<sup>13</sup>Feride Hayırsever Baştürk, **F/K Oranı ve Firma Büyüklüğü Anomalilerinin Bir Arada Ele Alınarak Portföy Oluşturulması ve Bir Uygulama Örneği**, Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2004, Eskişehir, s.60

<sup>14</sup>Frank K.Reilly- Keith C.Brown, **Investment Analysis & Portfolio Management**, South Western Cengage Learning, 2012, USA, s.

<sup>15</sup>Tevfik, a.g.e., s.21

Bir portföyün beklenen getirisi ise Denklem (1.5) deki gibi portföydeki her bir menkul kıymetin beklenen getirisinin ağırlıklı ortalamasıdır<sup>16</sup>:

$$E(R_p) = w_1E(R_1) + w_2E(R_2) + \dots + w_GE(R_G) \quad (1.5)$$

Burada;

$E(R_p)$  : Portföyün beklenen getirisi

$E(R_i)$  : i.menkul kıymetinin beklenen getirisi

$w_i$  : i. menkul kıymetin portföydeki ağırlığıdır.

### 1.2.1.2. Yatırımlarla İlgili Riskler ve Toplam Risk Kaynakları

Karar verme, alternatifler arasından seçim yapmak olarak tanımlanabilir. Karar verme üç durum altında yapılabilir:

- Belirlilik Altında Karar Verme
- Belirsizlik Altında Karar Verme
- Risk Altında Karar Verme

Belirlilik altında karar verme durumunda yatırımcının seçeceği alternatiflere ilişkin tüm veriler ve sonuçlar bellidir. Yatırımcı tercih sırasına göre alternatifleri seçer. Belirsizlik durumunda karar verme durumunda yatırımcı olayların geçmişine ait hiçbir bilgisi olmadığı için seçtiği alternatifin hangi olasılıkla gerçekleşeceği bilgisine sahip değildir. Risk altında karar verme durumunda ise yatırımcı alternatiflerin seçimi ve bunların sonucuna yönelik kesin bir bilgi sahibi olmasa da olayların geçmiş verilerine bakarak alternatiflerin gerçekleşme olasılıklarını bilmektedir<sup>17</sup>.

Risk ve belirsizlik birbirinin yerine kullanılmasına karşın birbirinden farklı kavramlardır. Gerçekleşmesi mümkün olayların olasılık dağılımları kişisel beklentilere göre oluşturuluyorsa belirsizlik; olasılık dağılımları geçmiş veriler yardımı ile oluşturuluyor

---

<sup>16</sup>Frank J.Fabozzi-Harry M.Markowitz, **The Theory and Practice of Investment Management**, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2002, s.21

<sup>17</sup>Sevinç, a.g.e., s.28

ise risk söz konusudur<sup>18</sup>. Bu bağlamda risk, beklenen değerlerinin olasılık dağılımının nicel olarak ölçülmesi iken belirsizlik sezgisel olarak oluşturulmasıdır<sup>19</sup>.

Portföy kuramında risk ve getiri dengesinin önemi büyüktür. Finansal yatırım açısından risk, beklenen getirinin gerçekleşen getiriden sapma olasılığıdır<sup>20</sup>. Yatırımcı getiri ile ilgili bilgi sahibi olmasına rağmen risk ile ilgili yeterli bilgiye sahip değildir. Bu bağlamda riskin kaynakları ve çeşitlerinin bilinmesi yatırımcı açısından büyük öneme sahiptir. Portföy kuramında yatırımcının kontrol edebilme durumunun olup olmamasına göre toplam risk sistematik risk (pazar riski) ve sistematik olmayan risk (firma riski) olarak iki gruba ayrılır<sup>21</sup>.

**Sistematik risk**; kontrol edilemeyen risktir ve “*Beta*” olarak da adlandırılır. Sosyal, ekonomik, politik çevredeki değişimler sistematik riski oluşturur. Sistematik risk unsurları; satın alma gücü riski, faiz oranı riski, piyasa riski, politik risk, kur riski olarak sıralanabilir.

**Sistematik olmayan risk** ise; firmaya özgü riskleri içermektedir. Sistematik olmayan risk unsurları; finansal risk, yönetim riski, faaliyet riski, sektör riski olarak sıralanabilir. Toplam riskin matematiksel ifadesi ise Denklem (1.6) deki gibidir<sup>22</sup>:

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma_m^2 + \sigma_e^2 \quad (1.6)$$

Burada; ( $\sigma_i^2$ ) yatırım yapılan menkul kıymetin toplam riskini, ( $\beta_i^2$ ) menkul kıymetin sistematik riske karşı duyarlılığını, ( $\sigma_m^2$ ) sistematik riski, ( $\sigma_e^2$ ) menkul kıymetin kendisine özgü olan ve sistematik olmayan riskini ifade eder. Portföy kuramının varsayımlarından birisi çeşitlendirme ile portföy riskinin arasında ilişkinin varlığıdır. Yatırımcılar, getiriden ödün vermeden riski azaltmak için çeşitlendirme yaparlar<sup>23</sup>. Bu durum Şekil 1.1. deki gibi gösterilebilir:

<sup>18</sup>Svetlozar T.Rachev-Stoyan V.Stoyanov-Frank J.Fabozzi, **Advanced Stochastic Models, Risk Assessment and Portfolio Optimization**, John Wiley & Sons, New Jersey, 2008, s.171.

<sup>19</sup>Karabıyık-Anbar, a.g.e., s.260.

<sup>20</sup>Adem Anbar-Melek Eker, “Bireysel Yatırımcıların Finansal Risk Algılamalarını Etkileyen Demografik ve Sosyoekonomik Faktörler”, **ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:5, Sayı:9, 2009, s.130.

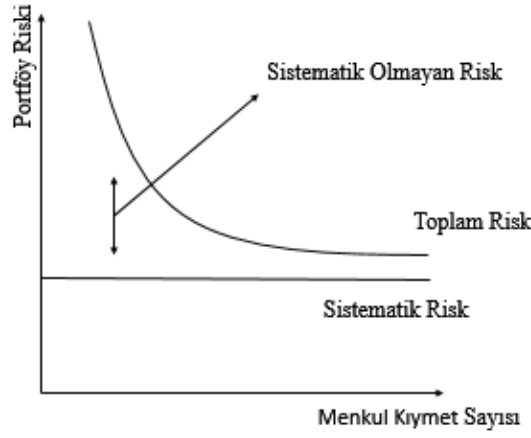
<sup>21</sup>Özgür Demirtaş-Zülal Güngör, “Portföy Yönetimi ve Portföy Seçimine Yönelik Uygulama”, **Havacılık ve Uzak Teknolojileri Dergisi**, Cilt:1, Sayı:4, 2004, s.104.

<sup>22</sup>Ali Ceylan-Turhan Korkmaz, **Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2000, s.265.

<sup>23</sup>Pamela Peterson Drake-Frank J.Fabozzi, **The Basics of Finance**, John Wiley&Sons, New Jersey, 2010, s.426.



**Şekil 1.1.** Toplam Risk Bileşenleri



**Kaynak:** Ali Ceylan-Turhan Korkmaz, **Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi**, Ekin Kitabevi, İstanbul, 2000,s.265

Şekil 1.1 incelendiğinde sistemik riskin portföyün çeşitlendirilmesi ile ortadan kalkmayacağı görülmektedir. Sistemik olmayan risk ise iyi bir çeşitlendirme ile sistemik riskin seviyesine indirilebilir.

### 1.2.1.3. Risk Ölçüleri

Modern portföykuramında bir menkul kıymetin riski standart sapma / varyansı ve korelasyon katsayısı ile ölçülmektedir.

#### 1.2.1.3.1. Standart Sapma ve Varyans

Finansta bir finansal varlığın riskini ölçmede genellikle standart sapma kullanılır. Standart sapma, beklenen değer etrafındaki getirilerin istatistiksel yayılım ölçüsüdür. Beklenen getirilerin olasılık dağılımı geniş ve sapma büyük ise yatırımın riski de büyüktür<sup>24</sup>. Markowitz varyansın dağılımın belirsizliğini ya da riskini gösterdiğini ifade etmiştir. Standart sapma ve varyans, portföy kuramında en iyi getiri risk dengesini veren optimal portföyün oluşturulması için her olası getirinin beklenen getiriden ne kadar saptığına ilişkin bir ölçü olarak kullanılmaktadır. Varyans ise getiriler ile beklenen

<sup>24</sup>Reilly-Brown, a.g.e.,s.183.

getirinin farklarının karelerinin olasılıklarla çarpımlarının toplamı ile hesaplanan bir risk ölçüsüdür ve “i” menkul kıymetinin varyansı Denklem (1.7)’ daki gibi hesaplanır<sup>25</sup>:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n P_{ij} [R_{ij} - E(R_i)]^2 \quad (1.7)$$

Burada;

$P_{ij}$  : Her bir getirinin gerçekleşme olasılığı

$R_{ij}$  : Olasılık dağılımının herhangi bir getiri oranı

$E(R_i)$  : Beklenen getiridir.

Eğer olasılık dağılımı tablosunda her bir getirinin meydana gelme olasılığı eşit ise varyans Denklem (1.8) deki gibi hesaplanır:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{[R_i - E(R_i)]^2}{n} \quad (1.8)$$

Standart sapma ise varyansın kareköküdür:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n [R_i - E(R_i)]^2 P_i} \quad (1.9)$$

Tarihi verilerin kullanımı durumunda varyans Denklem (1.10) daki gibi hesaplanır<sup>26</sup>:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(R_i - R_{ort})^2}{n-1} \quad (1.10)$$

Varyans ve standart sapma kavramsal olarak eşittir; her ikisi de ne kadar büyükse yatırımın riski o kadar büyüktür.

<sup>25</sup>Ceylan-Korkmaz,a.g.e.,s.82-83.

<sup>26</sup>Mehmet Baha Karan, **Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi**, Gazi Kitabevi, Ankara, 2004, s.140

### 1.2.1.3.2. Kovaryans ve Korelasyon Katsayısı

Kovaryans iki tesadüfi getirinin görece hareketlerinin anlamlılığını ölçen istatistiksel bir ölçüdür. Varlıkların getirilerinin ortalamalarından sapmaları aynı zaman aralığında aynı yönde olursa, kovaryansları pozitif, farklı yönde olursa negatif olur. Kovaryansın önemi her bir getiri serisinin varyansına ve serilerin arasındaki ilişkiye bağlıdır<sup>27</sup>. A ve B hisse senetleri arasındaki kovaryans değeri aşağıdaki formül ile elde edilir<sup>28</sup>:

$$Cov(A, B) = \sum_{i=1}^n (R_{Ai} - R_A)(R_{Bi} - R_B)P_i \quad (1.11)$$

Burada;

$P_i$  : olasılıktır.

Tarihi veriler kullanıldığında iki varlık arasındaki kovaryans değeri aşağıdaki formül ile elde edilir<sup>29</sup>:

$$Cov(r_i, r_k) = \frac{\sum_{j=1}^N (R_{ij} - E(R_i))(R_{kj} - E(R_k))}{N-1} \quad (1.12)$$

Burada;

$R_{ij}$  : i varlığının j dönemindeki getirisi

$E(R_i)$  : i varlığının beklenen getirisi

$R_{kj}$  : k varlığının j dönemindeki getirisi

$E(R_k)$  : k varlığının beklenen getirisi

N : Getiri sayısıdır.

Korelasyon katsayısı ise varlık getirilerinin birlikte hareket etme derecesini gösteren diğer bir ölçüttür ve iki menkul kıymet getirisi arasındaki doğrusal ilişkiyi ölçmek için kullanılır. Katsayı daima -1 ile +1 arasında değer alır. Katsayının değerinin +1 olması

<sup>27</sup>Reilly-Brown, a.g.e.,s. 185

<sup>28</sup>Karan, a.g.e., s.143

<sup>29</sup>Ceylan-Korkmaz,a.g.e.,s.84

menkul kıymetlerin arasında aynı yönde ve tam bir doğrusal ilişki olduğunu gösterirken -1 olması ilişkinin ters yönde ve tam bir doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir. Menkul kıymetlerin getirileri birbirinden bağımsız ise katsayı "0" çıkmaktadır. Korelasyon katsayısı Denklem (1.13) deki gibi hesaplanmaktadır<sup>30</sup>:

$$\rho_{r_i, r_k} = \frac{cov(p_{r_i, r_k})}{\sigma_i \sigma_k} \quad (1.13)$$

### 1.2.2. Portföy Riskinin Ölçülmesi

Portföyün riski, portföy getirisinin hesaplanması gibi menkul kıymet ağırlıklarının çarpımının toplamı ile ifade edilmemektedir. Çünkü portföye dahil edilen menkul kıymetlerin aralarındaki ilişkinin yönü ve derecesini gösteren kovaryans ve korelasyon katsayısının da hesaplanması gerekmektedir. Her bir menkul kıymetin riski birbirlerini ortadan kaldırarak portföyün riskini azaltmaktadır. Markowitz modelinde portföyün varyansı, Denklem (1.14)'deki gibi hesaplanır<sup>31</sup>:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j covar(R_i R_j) \quad (1.14)$$

Denklem (1.14)'ün standart sapması portföyün riskini verir:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j covar(R_i R_j)} \quad (1.15)$$

Burada

$\sigma_p$  : Portföy riski

$w$  : Her bir menkul kıymetin portföydeki ağırlığı

$covar(R_i R_j)$  : Menkul kıymetler arasındaki kovaryansdır

### 1.2.3. Fayda Fonksiyonu

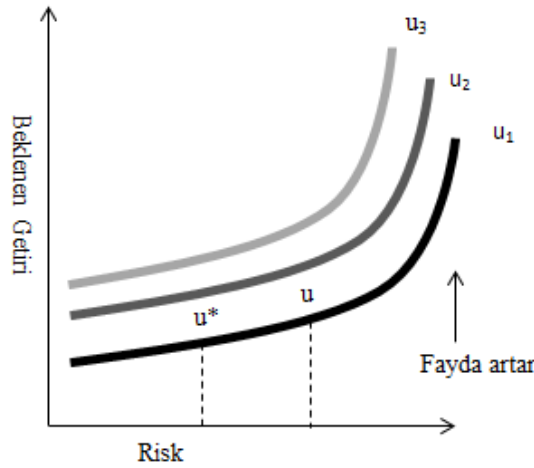
<sup>30</sup>Hakan Kapucu, **Portföy Modelleme**, IJOPEC Yayıncılık, 2011, İstanbul, s.14.

<sup>31</sup>Karan, a.g.e., s.143-150

Gerçek hayatta karar vericilerin iki ya da daha fazla seçimle karşılaştığı birçok durum vardır. Ekonomik karar kuramı bu tip durumlarda “*fayda fonksiyonunu*” kullanmaktadır. Fayda fonksiyonu karar vericinin karşılaştığı tüm olası seçimlere sayısal değerler atamaktadır. Seçimin değeri ne kadar yüksek olursa bundan türetilen fayda o kadar büyük olmaktadır<sup>32</sup>.

Portföy kuramında ise benzer şekilde karar vericiler karar kümesi ile karşılaşmaktadır. Farklı seviyelerde risk ve getiriye sahip portföyler vardır. Ayrıca beklenen getiri ne kadar yüksekse risk de o kadar yüksek olmaktadır. Karar vericiler olası tüm getiri/risk bileşimleri kümesinden bir portföy seçimi kararı ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle karar vericiler farklı getiri/risk bileşimlerinden farklı fayda seviyeleri elde eder. Bu bağlamda herhangi bir olası risk/getiri bileşiminin faydası fayda fonksiyonu ile ifade edilir. Fayda fonksiyonu kayıtsızlık eğrileri ile gösterilmektedir. Şekil 1.2 kayıtsızlık eğrisini göstermektedir<sup>33</sup>.

Şekil 1.2. Kayıtsızlık Eğrisi



**Kaynak:** Frank J.Fabozzi-Harry M.Markowitz, **The Theory and Practice of Investment Management**, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2002, s.18.

Şekil 1.2'de her eğri farklı getiri ve risk bileşimini içermektedir. Verilen bir farksızlık eğrisindeki her nokta yatırımcıya aynı fayda seviyesini verir. Şekil 1.2'de u

<sup>32</sup>Frank J.Fabozzi-Harry M.Markowitz, a.g.e., s.17.

<sup>33</sup>Fabozzi-Markowitz,a.g.e., s.18.

noktası,  $u^*$  noktasından daha fazla beklenen getiriye sahip olması ile birlikte daha fazla riske de sahiptir. Her iki nokta aynı kayıtsızlık eğrisinde yer aldığından yatırımcı bu eğrideki her nokta için eşit faydaya sahiptir. Eğrinin eğiminin pozitif olması, aynı fayda düzeyinde risk arttığında yatırımcıların daha fazla beklenen getiriye sahip olduğunu göstermektedir<sup>34</sup>. Şekil 1.2’de  $u_3$  eğrisinin fayda düzeyi  $u_1$  eğrisinin fayda düzeyinden daha fazladır. Yatırımcılar birden çok kayıtsızlık eğrisinde sahip olabilir ve bu eğriler birbirini kesmezler.

#### 1.2.4. Etkin Portföyler Kümesi ve Optimal Portföy

Belirli bir risk seviyesinde maksimum beklenen getiriye sağlayan portföye “*etkin portföy*” denir. Etkin portföyü oluştururken yatırımcıların yatırım kararlarında bir takım varsayımlar söz konusudur. Bu varsayımlardan bir tanesi ise riskten kaçınan yatırımcıdır. Söz konusu varsayıma göre yatırımcı aynı beklenen getiriye ve farklı risk seviyelerine sahip iki yatırımdan riski düşük olanı tercih etmektedir. Portföy seçiminde ise bir yatırımcı belirli bir risk düzeyinde maksimum beklenen getirili; belirli bir getiri düzeyinde ise minimum riskli portföyü tercih eder. Etkin portföyler kümesinden yatırımcının faydasını maksimum yapan portföy ise optimal portföydür<sup>35</sup>.

### 1.3. PORTFÖY SEÇİM MODELLERİ

Çalışmanın bu kısmında Modern Portföy Kuramı kapsamında dört model ele alınmıştır:

- Markowitz Ortalama-Varyans Modeli
- Endeks Modeller
- Sermaye Varlıklarını Fiyatlandırma Modeli ve
- Arbitraj Fiyatlama Modeli’dir.

---

<sup>34</sup>Karabıyık-Anbar, a.g.e., s.291.

<sup>35</sup>Drake - Fabozzi, a.g.e., s.418

İlerleyen bölümlerde bu dört modelin yanındaportföy optimizasyonu yaklaşımı olarak 90'lı yılların başında ortaya çıkan Ortalama Mutlak Sapma ve Black-Litterman modellerine de kısaca değinilmiştir.

### 1.3.1. Markowitz Ortalama-Varyans Modeli

Markowitz, bir menkul kıymetin getiri ve riskini istatistiksel ölçüler ile beklenen getiri ve standart sapma olarak nicelleştirmiş, risk ve getirinin birlikte düşünülmesi gerektiğini ve yatırım alternatiflerinin arasından fon dağıtımını getiri-risk dengesi bazında yapılmasını önermiştir. Bu yaklaşım finansal karar verme açısından iki noktada çok önemli olmuştur:

**Birincisi;** portföyün getiri ve riskinin nicelleştirilmesinde menkul kıymetlerin birlikte hareket etmeleri de hesaba katılır ve burada temel kavram portföy çeşitlendirmesidir.

**İkincisi ise;** finansal karar verme sürecini bir optimizasyon problemi şeklinde matematiksel olarak ifade etmiştir<sup>36</sup>.

Ortalama-Varyans modelinde iki temel faktör getiri ve risk (varyans) tir. Modelde belli bir getiri seviyesinde portföy riski minimize edilmeye çalışırken farklı beklenen getiriler için risk seviyesi de değişmektedir. Bu beklenen farklı getiri seviyelerinde minimum riski veren portföyler etkin sınırdaki her bir portföyü temsil etmektedir ve kuadratik programlama ile hesaplanmaktadır. Ortalama-Varyans modelinin amaç fonksiyonu minimize edilecek portföy varyansıdır. Modelde iki temel kısıt bulunmaktadır: beklenen getiri ve portföydeki menkul kıymetlerin ağırlıklarının toplamının “1” olması. Modelin matematiksel ifadesi (1.16) daki gibi gösterilebilir<sup>37</sup>:

$$\text{Minimum } Z \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \text{ covar}_{ij} \quad (1.16)$$

*Kısıtlayıcılar*

<sup>36</sup>Peter N.Kolm-Reha Tütüncü-Frank J.Fabozzi, “60 Years of Portfolio Optimization: Practical Challenges and Current Trends, **European Journal of Operational Research**, Vol:234, Issue:2, 2014, p.356.

<sup>37</sup>Aydın Ulucan, **Yöneylem Araştırması**, Siyasal Kitabevi, Ankara, 2007,s.275

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^N w_i \mu_i &\geq R \\ \sum_{i=1}^N w_i &= 1 \\ 0 \leq w_i &\leq 1, i=1, \dots, N\end{aligned}$$

Burada;

- N : Menkul kıymet sayısı  
 $\mu_i$  : i menkul kıymetinin beklenen getirisi (i=1,...,N)  
 $covar_{ij}$  : i ve j menkul kıymetleri arasındaki kovaryans değeri (i=1,...,N),  
R : hedeflenen beklenen getiri düzeyi  
 $w_i$  : i menkul kıymetinin portföy içindeki orandır.

### 1.3.2. Tekli ve Çoklu Endeks Modelleri

Ortalama-Varyans modeli uzun yıllar uygulanmasına karşın bir takım eleştirilere maruz kalmıştır. Bunlar modelin varsayımlarının gerçek uygulamalardaki geçerliliği ve modelin kuadratik formunun pratikliği üzerinedir. Ortalama-Varyans modeli iki temel varsayıma dayanmaktadır:

- Portföy getirileri normal dağılıma uygundur
- Yatırımcılar kuadratik fayda fonksiyonuna sahiptir

Yazında yapılan çalışmalar ise getirilerin bu dağılıma çok fazla uymadığı dolayısı ile modelin geliştirilmesi gerektiği yönündedir<sup>38</sup>. Ayrıca modelin kuadratik formda olmasının çok fazla hesaplama gerektirmesi yönünden pratik hayatta uygulanabilirliği tartışılmıştır ve 1960'lı yıllardan itibaren birçok araştırmacı bu dezavantajları gidermek amacı ile çalışmalar geliştirmişlerdir.

Ortalama-Varyans modelinde N adet hisse senedi için  $N(N-1)/2$  adet korelasyon katsayısı hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalardaki hatalar ise portföy optimizasyonunda yanlış değerlendirmelere sebep olabilmektedir. Bu sakıncaları gidermek ve veri gereksinimini azaltmak amacı ile William Sharpe 1963 yılında Tekli Endeks Modeli'ni

<sup>38</sup>Burcu Aracıoğlu-Fatma Demircan-Haluk Soyuer, "Mean-Variance-Skewness-Kurtosis Approach to Portfolio Optimization: An Application in İstanbul Stock Exchange", **Ege Akademik Bakış**, Cilt:11,2011,s.10.



geliştirmiştir. Tekli Endeks Modeli'nde, menkul kıymetler arasındaki korelasyonun hesaplanması yerine her bir menkul kıymet getirisinin Pazar Endeksi ya da farklı bir faktör ile doğrusal bir ilişkisi olduğu varsayımı yer almaktadır. Modelde menkul kıymetin getirisi bağımlı değişken, faktör ise bağımsız değişkendir. Bu bağlamda modelin genel varsayımı menkul kıymetin getirisi ile bağımsız değişken arasında yüksek korelasyon olduğudur<sup>39</sup>. Sharpe çalışmasında  $N(N+3)/2$  tane parametre yerine  $3N+2$  adet parametre kullanarak Markowitz'in sonuçlarına yakın değerlere ulaşmıştır. Tekli Endeks Modeli'nin yapısı Denklem (1.17)'deki gibidir<sup>40</sup>:

$$R_i = a_i + \beta_i R_m + \varepsilon_i \quad (1.17)$$

Burada;

$R_i$  : i menkul kıymetinin getirisi

$R_m$  : Pazar portföyünün getirisi

$a_i$  : Piyasa getirisinin sıfır olması durumunda i menkul kıymetinin getirisi

$\beta_i$  : i menkul kıymetinin beta katsayısı

$\varepsilon_i$  : i menkul kıymeti getirisinin Pazar Portföyü ile açıklanmayan hata terimidir.

Modelde Beta katsayısı ( $\beta_i$ ) Pazar Portföyü'ndeki bir birimlik artışın menkul kıymetin getirisindeki değişimine olan etkisi ölçer ve zaman serisi regresyonu ile elde edilirken; hata terimi ( $\varepsilon_i$ ) Pazar Portföyü'nün getirisinin sıfır olması durumunda menkul kıymetin getirisini ifade eder ve standart sapması  $\sigma_{\varepsilon_i}$  ile ifade edilir.  $a_i$ ,  $\beta_i$  ve  $\sigma_{\varepsilon_i}$  parametreleri regresyonla tahmin edildiğinden  $\beta_i$  doğrunun eğimi olmaktadır. Tekli Endeks Modeli'nin temel varsayımı iki menkul kıymet arasındaki hata terimi arasında ilişkinin olmamasıdır [ $cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j)=0$ ]. Tekli Endeks Modeli'ne göre menkul kıymetlerin beklenen getirisi (1.18)'de, varyansı (1.19)'da, kovaryansları (1.20)'de gösterildiği gibidir<sup>41</sup>:

<sup>39</sup>Karabıyık-Anbar, a.g.e., s.321.

<sup>40</sup> A.Bilbao-B.Perez-J-Antomil, "Selecting the Optimum Portfolio Using Fuzzy Compromise Programming and Sharpe's Single-Index Model", **Applied Mathematics and Computation**, Vol:182, Issue:1, 2006, p.646

<sup>41</sup>Bilbao vd, "An Extension of Sharpe's Single -Index Model: Portfolio Selection With Expert Betas", **Journal of the Operational Research Society**, Vol:57, Issue:1, 2006, s.1443

$$E(R_i) = \alpha_i + \beta_i E(R_m) \quad (1.18)$$

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma_m^2 + \sigma_{ei}^2 \quad (1.19)$$

Burada;  $\sigma_m^2$  değeri Pazar Portföyü'nün varyansını ifade eder.

$$\sigma_{ij} = \beta_i \beta_j \sigma_m^2 \quad (1.20)$$

Portföyün beklenen getirisi portföydeki hisse senetlerinin getirilerinin ağırlıklı ortalaması Denklem (1.21)'deki gibidir:

$$E_p = \sum_{i=1}^n E(R_i) w_i \quad (1.21)$$

Tekli Endeks Modeli'nde portföyün varyansı ise Denklem (1.22)'deki gibidir:

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 \sigma_m^2 + \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_{ei}^2 \quad (1.22)$$

Denklem (1.14)'de eşitliğin sağında Pazar Portföyünün riski ( $\beta_p^2 \sigma_m^2$ ) ve çeşitlendirilebilir risk olan Pazar Portföyünden kaynaklanmayan risk ( $\sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_{ei}^2$ ) yer almaktadır.

Tekli Endeks Modeli, menkul kıymetin getirisinin Pazar Portföyü'ne bağlı olarak ne oranda değiştiğini gösteren doğrusal bir regresyon modelidir. Model, menkul kıymet getirilerini tek bir faktörle ilişkilendirmektedir. Fakat menkul kıymet getirileri diğer makroekonomik faktörler tarafından da etkilenmektedir. Bu faktörlerin de modele dahil edilmesiyle oluşan model ise “**Çoklu Endeks Modeli**” dir. Çoklu Endeks Modeli'nin genel yapısı Denklem (1.23)'deki gibidir<sup>42</sup>:

$$R_i = \alpha_i + \beta_{i1} F_{1t} + \beta_{i2} F_{2t} + \dots + \beta_{ik} F_{kt} + \varepsilon_{it} \quad (1.23)$$

<sup>42</sup>Karan,a.g.e., s.236.

Faktör sayısının artırılması endeks modelinin mantığını değiştirmez. Bu modelde hangi makroekonomik değişkenin kullanılacağı önemlidir.

### 1.3.3. Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli

Markowitz, yatırımcıların standart sapma, korelasyon katsayısı ve getiri değişkenleri ile tanımlanmış bir eğride bulunan, farklı risk-getiri dengesindeki etkin portföyleri aradığını öne sürmüştür. Bilindiği gibi etkin sınır eğrisi belirli bir risk seviyesindeki maksimum getirili ya da belirli bir getiri seviyesindeki minimum riskli portföylerden oluşur. Bu eğriyi oluşturmada kullanılan algoritma ise “Ortalama-Varyans Optimizasyonu’dur. Markowitz, bu çalışması ile 1990 yılında Nobel ödülü almıştır. Modern portföykuramı daha sonraki yıllarda Sharpe, Lintner ve Tobin gibi bilim adamları tarafından geliştirilmiş ve bir menkul kıymetin beklenen getirisi ile risk derecesi arasındaki ilişki bilimsel tabana oturtulmuştur ve bu kurama “*Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli(Capital Asset Pricing Model)*” denilmektedir<sup>43</sup>.

Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli (SVFM) 1960’lı yıllarda Sharpe, Lintner ve Mossin’in çalışmaları ile geliştirildiğinden “Sharpe-Lintner-Mossin” formu olarak da bilinir<sup>44</sup>. Model, Markowitz etkin sınırının bittiği yerden başlamaktadır ve Ortalama–Varyans modelini varlık fiyatlama denge modeline dönüştürür<sup>45</sup>. Model belli bir riske sahip menkul kıymetin, riskine uygun olarak ne kadar getiri sağlayacağını gösterir<sup>46</sup>.

Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli,Sermaye Piyasası Kuramı’nın bir uzantısıdır. Sermaye Piyasası Kuramı yatırımcıların portföykuramında belirtilen şekilde davranmaları durumunda menkul kıymetlerinin fiyatlarının nasıl olacağını açıklar<sup>47</sup>. Sermaye Piyasası Kuramı’nın yatırımcı davranışları ve sermaye piyasasına ilişkin varsayımları şu şekilde sıralanabilmektedir<sup>4849</sup>:

<sup>43</sup>Karan, a.g.e., s.199.

<sup>44</sup>Serpil Altınırnak Gökbel, **Süre Temelli Portföyler ve İMKB’de Uygulanabilirliği**, Sermaye Piyasaları Kurulu, 2003, s.21.

<sup>45</sup>Eugene F.Fama-Kenneth R.French, “The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence”, **Journal of Economic Perspectives**, Vol:18,No:3, 2004,p.49.

<sup>46</sup>Richard C.Stapleton, “Some Recent Developments in Capital Market Theory: A Survey, **Spanic Economic Rewiev**, Vol:1,Issue:1,1999, p.2.

<sup>47</sup>Karabıyık-Anbar,a.g.e.,s.296.

<sup>48</sup>Reilly-Brown, a.g.e.,s.208.

<sup>49</sup>William F.Sharpe, **Portfolio Theory and Capital Markets**, McGraw-Hill Professional, New York, 2000, p.78.

- Piyasada birçok alıcı ve satıcı bulunmaktadır ve hiçbirinin işlemleri piyasadaki fiyatları etkileyecek güçte değildir.
- Bütün yatırımcılar fayda fonksiyonlarını maksimum yapmak isterler ve riskten kaçınırlar
- Bütün yatırımcılar homojen beklentiye sahiptir yani, gelecek için beklenen getiri, standart sapma, korelasyon katsayısı olasılık dağılım tahminleri aynıdır
- Piyasada risksiz menkul kıymetler vardır ve yatırımcılar bu risksiz getiri oranında borç alıp verirler. Bu oran tüm yatırımcılar için aynıdır
- Bütün yatırımcılar aynı ve bir dönemlik yatırımları vardır
- Yatırımlar sonsuz olarak bölünebilir, diğer bir ifadeyle yatırımcı bir menkul kıymetin belli bir yüzdesini satın alabilir. Bu varsayım yatırım alternatiflerinin sınırsız eğride ele alınmasına izin verir
- Menkul kıymetlerin alım-satım maliyetleri ve vergileri yoktur
- Yatırımcılar riskten kaçarlar ve sürekli yüksek getiri beklerler

Varsayımların birçoğu gerçekçi olmamasına rağmen yapılan araştırmalarda bu varsayımlardan bazılarının gevşetilmesi modelin temel sonuçlarını değiştirmemektedir<sup>50</sup>.

Sermaye Piyasası Kuramı denge koşulları ile ilgilenir. Denge, bir menkul kıymetin beklenen getirisinin gerçekleşen getirisine eşit olduğu, dolayısı ile fiyatının istikrarlı olduğu durumdur. Söz konusu durum bir kez elde edildiğinde sürdürülecektir. Dengesizlik durumunda fiyatın değişmesi için baskılar oluşurken denge durumunda bu baskı yoktur<sup>51</sup>.

Sermaye Piyasası Kuramı'nın gelişmesindeki en önemli faktör risksiz finansal varlık kavramıdır. Risksiz varlığın diğer riskli varlıklarla olan korelasyon katsayısı sıfırdır ve "risksiz getiri oranını ( $r_f$ )" göstermektedir<sup>52</sup>. Kurama göre menkul kıymetin getirisi ve riski arasındaki ilişki "**Sermaye Piyasası Doğrusu**" ile ifade edilmektedir. Sermaye Piyasası Doğrusunun ilk versiyonları Sharpe ve Lintner tarafından oluşturulmuştur<sup>53</sup>.

---

<sup>50</sup>Gökbel, a.g.e., s.22.

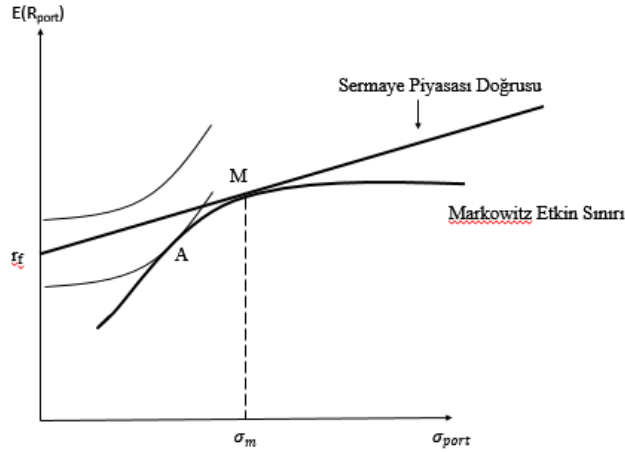
<sup>51</sup>Sharpe, a.g.e.,s.78.

<sup>52</sup>Reilly-Brown, a.g.e.,s.210.

<sup>53</sup>Haim Levy, **The Capital Asset Pricing Model in the 21.st Century**, Cambridge University Press, New york, 2012, p.134.

Doğru, Markowitz etkin sınırında riskli varlıklarının alternatif bileşimlerine risksiz getiri oranının eklenmesi ile bulunur. Sermaye Piyasası Doğrusu Şekil 1.3.'de gösterilmiştir:

Şekil 1.3. Sermaye Piyasası Doğrusu



**Kaynak:**Lale Karabıyık- AdemAnbar, **Sermaye Piyasası ve Yatırım Analizi**, Ekin Kitabevi, 2010, s.298

Şekil 1.3. incelendiğinde yatırımcı tüm fonunu risksiz varlıklara yatırırca  $r_f$  (risksiz getiri oranı) kadar getiri sağlayacaktır. Risksiz menkul kıymetin eklenmemesi durumunda optimal portföy kayıtsızlık eğrisi ile etkin sınırın kesiştiği A noktası olmakta iken eklenmesi durumunda M noktasına kaymaktadır. Bu bağlamda riskli menkul kıymetlerin bileşiminden oluşan ve pazardaki tüm menkul kıymetleri içeren portföye “**Pazar Portföyü(M)**” denilmektedir<sup>54</sup>. SVFM'in varsayımları tüm yatırımcıların Pazar Portföyü'nü tutmak istediklerini belirtir. Yatırımcılar Markowitz'e göre yatırım yapar, aynı dönemlik yatırımda bulunurlar ve aynı yöntemleri kullanırsa optimal riskli portföyle ilgili aynı sonuca ulaşırlar. Pazar Portföyü risksiz menkul kıymetten uzatılan ve etkin sınıra teğet olan doğrunun etkin portföy ile kesiştiği M noktasıdır<sup>55</sup>. Ayrıca Pazar Portföyü tüm riskli varlıkları içerir ve mükemmel çeşitlendirilmiş bir portföydür. Sermaye Piyasası doğrusunun matematiksel ifadesi ise Denklem (1.24) deki gibidir:

<sup>54</sup>Karabıyık-Anbar,a.g.e.,s. 298.

<sup>55</sup>Karan, a.g.e.,s.202.

$$E(R_p) = r_f + \left[ \frac{(E(R_m) - r_f)}{\sigma_m} \right] \sigma_p \quad (1.24)$$

$$\text{Doğrunun eğimi} = \frac{(E(R_m) - r_f)}{\sigma_m} \quad (1.25)$$

Doğrunun eğimini ifade eden değer riskteki birimlik artış için ne kadar getiri istendiğini ifade eder. Sermaye piyasası doğrusuna göre etkin bir portföy için uygun olan risk ölçüsü standart sapmadır ve etkin portföyün beklenen getirisi, portföyün standart sapması ile doğru orantılıdır<sup>56</sup>.

Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli ise menkul kıymetlerin getiri ve riskleri arasındaki ilişkiyi belirtir. Modele göre getiri ile risk arasında doğrusal ilişki vardır. Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli'nin matematiksel ifadesi Denklem (1.26)'daki gibidir<sup>57</sup>:

$$E(R_i) = r_f + [E(R_m) - r_f] \beta_i \quad (1.26)$$

Burada;

$E(R_i)$  : i menkul kıymetinin beklenen getirisi

$r_f$  : Risksiz getiri (risksiz faiz) oranı

$E(R_m)$  : Pazar Portföyünün beklenen getirisi

$\beta_i$  : i. menkul kıymetinin beta katsayısı

$E(R_m) - r_f$  : Piyasa risk primidir

Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli'nde menkul kıymetlerin riski beta ile ölçülmektedir. Bilindiği üzere beta sistematik risktir ve piyasa riskini temsil etmektedir. Modern Portföy Kuramı'nda kuramsal olarak iyi bir çeşitlendirme ile sistematik olmayan risk sistematik risk seviyesine indirilebilmektedir. Pazar portföyü ise çok iyi çeşitlendirilmiş bir portföy olduğundan sistematik olmayan firma riski ortadan

<sup>56</sup>Karabıyık-Anbar, a.g.e., 299.

<sup>57</sup>Levy, a.g.e., s.139.

kalkmaktadır. SVFM'e göre Beta katsayısı büyüdükçe menkul kıymetin beklenen getirisi de artmaktadır. Bir menkul kıymetin Beta katsayısı Pazar Portföyü'nün Beta'sından büyükse ( $\beta > 1$ ) söz konusu menkul kıymetin getirisi pazarportföyünün getirisinden çok daha hareketlidir. Katsayı düşük ise ( $\beta < 1$ ) menkul kıymetin getirisi pazarportföyünün getirisine daha az duyarlıdır. Katsayının "1" olması durumunda ise menkul kıymetin getirisi pazarportföyünün getirisine aynı oranda duyarlıdır. Beta katsayısı Denklem (1.27) deki gibi hesaplanmaktadır:

$$\beta_i = \frac{Cov(r_i r_M)}{\sigma_{r_M}^2} \quad (1.27)$$

Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli'ne göre portföyün Beta'sı portföye dahil edilen hisse senetlerin betalarının ağırlıklı ortalamasıdır ve Denklem(1.28)'deki gibi ifade edilmektedir:

$$\beta_p = \sum_{i=1}^n (W_i \beta_i) \quad (1.28)$$

Riski seven yatırımcılar yüksek katsayılı Beta'ya sahip portföyleri tercih ederken, riskten kaçınan yatırımcılar ise düşük Beta'lı portföyleri tercih ederler.

#### 1.3.4. Arbitraj Fiyatlama Modeli

Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli, varlıklarının beklenen getirisinin Pazar Portföyü'nün beklenen getirisi ile doğrusal ilişkisi olduğunu gösterir. Model Ortalama-Varyans analizine dayalı olup, optimal portföy seçiminde bir takım varsayımlar gerektirmektedir. Ancak bu varsayımların gerçek hayattaki varlığı yazında tartışılmış, modelin uygulanması ve testi esnasında bir takım sorunlar ve modelin yetersizlikleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca yapılan bazı çalışmalar varlıkların getirilerini etkileyen birden fazla risk faktörünün varlığına işaret etmiştir<sup>58</sup>.

1976 yılında Stephen Ross SVFM'den yola çıkarak "*The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing*" isimli makalesinde, varlıkların fiyatlamasına yönelik çok faktörlü

---

<sup>58</sup>Drake- Fabozzi, a.g.e., s. 460

yaklaşım olan “Arbitraj Fiyatlama Modelini(AFM)” önermiştir. Arbitraj Fiyatlama Modeli'nin varsayımları CAPM'e göre daha azdır ve aşağıdaki gibidir<sup>59</sup>:

- Sermaye piyasalarında tam rekabet koşulları vardır.
- Yatırımcılar her zaman aynı risk seviyesinde daha fazla getiriye daha az getiriye tercih ederler.
- Finansal varlıkların getirilerinin stokastik süreçleri birden fazla risk faktörü ile doğrusal bir fonksiyon olarak ifade edilebilir.

Arbitraj Fiyatlama Modeli “*Tek Fiyat Yasasına(Law of One Price)*” dayanmaktadır. Tek Fiyat Yasa'sına göre benzer malların tek bir fiyatı vardır. Ekonomistler Tek Fiyat Yasa'sını arbitraj işleyişi nedeni ile nerede ise tüm finansal piyasalara uygulamışlardır. Arbitraj, bir finansal varlığın aynı anda iki farklı fiyatla alınıp satılmasıdır<sup>60</sup>. Arbitraj işlemleri sonucu aynı risk düzeyindeki finansal varlıklar aynı getiriye veren fiyatlara sahip olacak, Arbitraj Fiyatlama Modeli (AFM)'ne göre bu noktada denge oluşacaktır<sup>61</sup>.

Arbitraj Fiyatlama Modeli'nin matematiksel gösterimi denklem (1.29)'da gösterilmiştir<sup>62</sup>:

$$E(R) = \lambda_0 + \lambda_1\beta_{i1} + \lambda_2\beta_{i2} + \dots + \lambda_k\beta_{ik} \quad (1.29)$$

Burada;

$\lambda_0$  :Sistematik riskin sıfır olması durumunda hisse senedinin beklenen getirisi

$\lambda_j$  : j risk faktörüne ilişkin risk primi  $[E(R_i)-r_f]$

$b_{ij}$  :j risk faktöründeki beklenmeyen bir değişime i hissesenedinin getirisinin tepkisidir.

<sup>59</sup>Reilly-Brown, a.g.e.,s.242

<sup>60</sup>Owen A.Lamont-Richard H.Thaler, “Anomalies:The Law of One Price in Financial Markets”, **Journal of Economic Perspectives**, Vol:17,No:4,2003,p.192

<sup>61</sup>Mehmet Cihangir-Tuğrul Kandemir, “Finansal Kriz Dönemlerinde Hisse Senetleri Getirilerini Etkileyen Makroekonomik Faktörlerin Arbitraj Fiyatlandırma Modeli Aracılığıyla Saptanmasına Yönelik Bir Çalışma, **SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, cilt:15,sayı:1,2010,s.261

<sup>62</sup>Reilly-Brown, a.g.e.,s.243



Arbitraj Fiyatlandırma Modeli'ndeki en önemli husus faktörlerin belirlenmesidir. Çünkü model, hangi faktörlerin hisse senedinin fiyatını etkilediğini açıklamaz. Denge durumunda ise arbitraj portföyü yer almamaktadır<sup>63</sup>.

Yazında faktör sayısının saptanmasına ilişkin birçok çalışma mevcut olmakla birlikte, bu çalışmaların sonuçları birbirini tutmamaktadır<sup>64</sup>. SVFM'deki tek faktör olan Pazar Portföyü'ne karşılık AFM'de birçok faktör yer almaktadır. Buna karşılık her iki yaklaşımda da risk ve getiri ilişkisinin doğrusallığı varsayılır, sistematik olmayan risk çeşitlendirilebilir ve yatırım kararlarında herhangi bir role sahip değildir. Her iki yaklaşımın geçerliliği üzerine birçok çalışma yapılmakta ve bu geçerliliği destekleyen bulgular elde edilmektedir<sup>65</sup>.

### 1.3.5. Ortalama Mutlak Sapma Modeli (MAD)

Ortalama-Varyans modelinin dezavantajlarını azaltmak amacı ile yapılan endeks modelleri, SVFM ve AFM gibi çalışmalar işlem yükünü önemli ölçüde azaltmıştır. Bu amaca yönelik diğer bir önemli çalışma ise 1991'de Konno ve Yamazaki tarafından önerilen "**Ortalama-Mutlak Sapma Modeli**"dir. Konno ve Yamazaki "*Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Applications to Tokyo Stock Market*" isimli çalışmalarında, Markowitz modelinin gerektirdiği işlem yükünü ve getirilerin normal olarak dağıldığı varsayımını ele almıştır. Makalede, yazında yapılan çalışmalarda hisse senetleri getirilerinin normal dağılıma uymadığını ve bu amaçla "**Parçalı Doğrusal Risk Fonksiyonlarını**" kullanarak yeni bir risk modelini ( $L_1$  risk modeli) geliştirdiklerini ifade etmişlerdir<sup>66</sup>.

Ortalama Mutlak Sapma modelinde Ortalama-Varyans modelindeki varyans ölçüsü yerine "**Mutlak Sapma Risk Fonksiyonu**" kullanılarak portföy seçim modeli Kuadratik Programlamadan Doğrusal Programlama'ya dönüşmüştür<sup>67</sup>. Ortalama Mutlak Sapma Modeli'nin matematiksel ifadesi (1.30)'daki gibidir<sup>68</sup>:

<sup>63</sup>Karabıyık-Anbar, a.g.e., s.326

<sup>64</sup>Cihangir-Kandemir, a.g.e., s.264

<sup>65</sup>Vollmer, a.g.e., s.27

<sup>66</sup>Hiroshi Konno-Hiroaki Yamazaki, "Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Applications to Tokyo Stock Market", **Management Science**, Vol.37, No.5, 1991, s.519

<sup>67</sup>Peng Zhang-Wei Guo Zhang, "Multiperiod Mean Absolute Deviation Fuzzy Portfolio Selection Model with Risk Control and Cardinality Constraints", **Fuzzy Sets and Systems**, Vol.255, 2014, p.74

<sup>68</sup>Konno-Yamazaki, a.g.m., s.524

$$\text{Minimum } w(x) = E[|\sum_{j=1}^n R_j x_j - E[\sum_{j=1}^n R_j x_j]|] \quad (1.30)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$\sum_{j=1}^n E[R_j]x_j \geq pM_0,$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = M_0,$$

$$0 \leq x_j \leq u_j, \quad j = 1, \dots, n.$$

Burada<sup>69</sup>;

- $R_j$  : Rasgele değişken olan j menkul kıymetinin getirisi
- $x_j$  :  $M_0$  fonundan j menkul kıymetine yatırılacak miktarı
- $u_j$  : j menkul kıymetine yatırılacak maksimum para miktarı
- $p$  : Yatırımcının belirlediği minimum getiri oranı
- $M_0$  : Yatırım yapılacak toplam paradır

Modelin amaç fonksiyonu ortalama mutlak sapmayı ifade eden  $L_1$  risk ölçüsüdür.  $r_{jt}$  değerini  $t$  ( $t = 1, \dots, T$ ) periyodu boyunca j menkul kıymetinin gerçekleşen getirisi olarak ifade edilir ve Konno ve Yamazaki getirilerin normal dağılımının mutlak sapmasının standart sapması ile orantılı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumda MAD Modeli ile Markowitz Modeli aynı etkin kümeyi vermektedir ve getiriler çok değişkenli normal dağılım gösterdiğinde  $w(x)$  fonksiyonunu minimize etmenin varyans fonksiyonunu minimize etmekle aynı olduğu anlamına gelmektedir<sup>70</sup>. Bilindiği üzere beklenen getiri denklem (1.31)'deki gibidir:

$$r_j = E[R_j] = \sum_{t=1}^T \frac{r_{jt}}{T} \quad (1.31)$$

<sup>69</sup>Yongma Moon-Tao Yao, "A Robust Mean Absolute Deviation Model for Portfolio Optimization, **Computers&Operations Research**, Vol:38,2011,p.1252

<sup>70</sup>Filiz Kardiye, "Portföy Optimizasyonunda Ortalama Mutlak Sapma Modeli ve Markowitz Modelinin Kullanımı ve İMKB Verilerine Uygulanması", **SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, c.13,s.2,s.340

$w(x)$ yeniden düzenlenirse (1.32)'daki gibi ifade edilebilir:

$$E[|\sum_{j=1}^n R_j x_j - E[\sum_{j=1}^n R_j x_j]|] = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |\sum_{j=1}^n (r_{jt} - r_j) x_j| \quad (1.32)$$

$a_{jt} = r_{jt} - r_j$  ve  $j = 1, \dots, n$  olarak ifade edilirse Ortalama Mutlak Sapma Modeli Model(1.33)'deki şekilde ifade edilebilir<sup>71</sup>:

$$\text{Minimum } w(x) \sum_{t=1}^T |\sum_{j=1}^n a_{jt} x_j| / T \quad (1.33)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j \geq pM_0,$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = M_0,$$

$$0 \leq x_j \leq u_j, \quad j = 1, \dots, n$$

Konno ve Yamazaki, Model (1.33)'ü yardımcı değişkeni ile aşağıdaki eşdeğer Doğrusal Programlama modeline dönüştürmüştür:

$$\text{Minimum } w(x) \sum_{t=1}^T y_t / T \quad (1.34)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$y_t + \sum_{j=1}^n a_{jt} x_j \geq 0, \quad t=1, \dots, T,$$

$$y_t - \sum_{j=1}^n a_{jt} x_j \geq 0, \quad t=1, \dots, T,$$

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j \geq pM_0$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = M_0$$

$$0 \leq x_j \leq u_j, \quad j = 1, \dots, n$$

Ortalama Mutlak Sapma Modeli'nin üstünlükleri olarak portföy seçim modelini Doğrusal Programlama modeline dönüştürdüğü için çözümü kolaylaştırması, modelin büyük çaplı verilere uygulanabilirliğinin daha kolay olması, modele yeni veri eklenmesinin daha pratik olması ve getirilerin normal dağılıma uygunluğu varsayımına dayanmaması gösterilebilir<sup>72</sup>.

<sup>71</sup>Konno-Yamazaki, a.g.m., s.524

<sup>72</sup>Konno-Yamazaki, a.g.m., s.525

### 1.3.6. Black- Litterman Yaklaşımı

Modern Portföy Kuramı'ndaki geleneksel optimizasyon uygulamalarında yatırımcıların bireysel tercih ve beklentilerini sürece dahil etmek kısıtlıdır. Diğer bir husus ise daha önce değinilen geçmiş verilerin geleceği tahmin etmedeki gücü tartışılmış, bu veriler ile hesaplanan beklenen getiri ve kovaryans tahmini tutarsız bulguların elde edilmesine ve tahmin hatalarının gözden kaçmasına neden olmuştur<sup>73</sup>. Ayrıca bilgisayar yazılımlarının yatırımcıların menkul kıymetler üzerindeki kişisel görüşlerini dikkate almaması beklenen getiriler ile gerçekleşen getiri arasında sapmanın oluşmasına neden olmuştur. İşte bu noktada Fisher Black ve Robert Litterman 1990'lı yılların başında Modern Portföy Kuramı'ndaki beklenen getiri kavramına yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Black ve Litterman kuramda risk-getiri dengesi optimizasyonun mutlak sonucu olarak ağırlık kavramına yatırımcıların önem verdiğini belirterek Modern Portföy Kuramı'nın bu sorunsalını yeniden şekillendirmeyi ve yatırımcının kişisel görüşlerini optimizasyon sürecine dahil etmeyi amaçlamışlardır<sup>74</sup>.

Black Litterman yaklaşımı, yatırımcının optimal portföyünü belirli bir menkul kıymet grubundan seçtiğini varsayar. Söz konusu bu gruba "**Kıyaslama (benchmark) Portföyü**" denir. Bu yaklaşıma göre optimal olan bir portföy, kıyaslama bileşenlerinin beklenen getirilerini ortaya çıkarır. Beklenen kıyaslama getirilerinin vektörü yaklaşımın başlangıç noktasını oluşturur<sup>75</sup>. Bu söz konusu getiriler ise Kıyaslama Portföyü'ndeki her menkul kıymetin gelecek getirilerine ilişkin pazar bilgisi olarak yorumlanabilir. Yatırımcının pazar bilgisinin doğru olması durumunda Pazar Portföyü'ne yatırım yapılabilmesine karşın yatırımcı bu bilgiye sahip değil ise portföyün optimalliği tartışılmalıdır. Bu noktada Black-Litterman denge modelleri ile yatırımcının düşüncelerini optimizasyon sürecine dahil etmiştir<sup>76</sup>.

<sup>73</sup>Simon Benninga- Benjamin Czaczes, **Financial Modeling**, The MIT Press, 2008, London, p.350

<sup>74</sup>Wolfgang Drobetz, "How To Avoid The Pitfalls in Portfolio Optimization? Putting The Black-Litterman Approach at Work", **Swiss Society for Financial Market Research**, Vol.15,No.1,2001, p.59

<sup>75</sup>Benninga-Czaczes, a.g.e.,s. 351

<sup>76</sup>Kapucu,a.g.e., s.98

Yaklaşımına göre; yatırımcıların kişisel görüşleri ve pazar dengesi bilgileri belirsizdir ve olasılık dağılımları ile ifade edilir. Pazar dengesi hareket noktasını oluşturmakta, yatırımcılar kişisel görüşleri ile bu dengeden uzaklaşmaktadır. Portföy optimizasyonunun gerçekleştirilecek beklenen aşırı getiriler bu her iki bilginin bileşimi ile oluşur. Black Litterman yaklaşımına göre bir hisse senedinin getirisi Denklem (1.35)' deki gibidir<sup>77</sup>:

$$E[R] = [(\tau\Sigma)^{-1} + P' \Omega^{-1} P]^{-1} x [(\tau\Sigma)^{-1} \Pi + P' \Omega^{-1} q] \quad (1.35)$$

Burada;

- $\tau$  : Denge varyansının belirsizlik ölçüsü
- $\Sigma$  : Beklenen getirilerin kovaryans matrisi (nxn)
- $P$  ve  $q$  : Yatırımcıların beklenti olasılık dağılımı
- $\Omega$  : Yatırımcı görüşlerinin güven matrisi (kovaryans matrisi)
- $\Pi$  : Denge beklenen getirilerdir

Model üç ana adımda gerçekleştirilir;

- Birinci adımda; piyasa getirisi hesaplanır
- İkinci adımda; denge getirilerine göre yatırımcının portföydeki menkul kıymetler ile ilgili beklenen getirileri tahmin edilir
- Üçüncü adımda ise; bu denge getirisi ile yatırımcı görüşleri birleştirilerek nihai getirilere ulaşılır.

Nihai getirilerle denge getirileri karşılaştırılarak portföy ağırlıkları düzenlenir ve daha sonra optimal portföyler elde edilir. Modelde kovaryans matrisinde yatırımcı görüşleri sonucu ek bir varyans da hesaba katılmaktadır<sup>78</sup>.

Orijinal Black Litterman Modeli pratikte bir takım eksiklikler içermektedir. Bunun nedeni Black ve Litterman'ın çalışmalarında varsayım ve yöntemin mantıksal temelleri ile

<sup>77</sup>Robert Jones- Terence Lim- Peter J.Zangari, "The Black –Litterman Model for Structured Equity Portfolios", **The Journal of Portfolio Management**, Vol.33,No.2, p.25

<sup>78</sup>Seda Süer, "Yatırımcı Beklentilerinin Black-Litterman Optimizasyon Modeli ile Değerlendirilmesi: Borsa İstanbul Uygulaması", **The Journal of Academic Social Science Studies**, No.34, 2015, s.305

ilgili açıklamada bulunmasına rağmen modelin oluşturulmasında etkin olan tüm denklemlerin ve beklentilerin güvenilirliği gibi parametrelerin yeterince açıklanmamasıdır<sup>79</sup>. Bu eksiklikler ise yazında yapılan çalışmalarla giderilmeye çalışılmaktadır.

#### 1.4. PORTFÖY PERFORMANSININ ÖLÇÜMÜ

Portföyün performans ölçümü, belirli bir dönemdeki performansının diğer dönemlerle karşılaştırılması şeklinde ya da birden fazla portföyün belirli bir dönemdeki performanslarının karşılaştırılması şeklinde olabilmektedir. Performans değerinin etkileyen üç faktör bulunmaktadır<sup>80</sup>:

- Piyasanın performansı
- Portföy yöneticisinin yeteneği
- Risk

Portföyler birbirleri ile karşılaştırılabilirken piyasa ile de karşılaştırılabilmektedir. Yazında performans değerlendirme ölçümü olarak bir çok yöntem ve kriter bulunmaktadır. Bunların bir kısmı getiriye temel alırken bir kısmı risk ve getiriye birlikte dikkate almaktadırlar. Çalışmaya temel oluşturması bakımından risk ve getirinin her ikisini de dikkate alan en çok kullanılan değerlendirme ölçülerine kısaca değinilecektir. Bu yöntemler<sup>81</sup>:

- Sharpe Performans Ölçüsü
- Treynor Performans Ölçüsü
- Jensen Performans Ölçüsü'dür

##### 1.4.1. Sharpe Performans Ölçüsü

---

<sup>79</sup>Malarvizhi Arulraj- Meghana PVS- Karthika R, "Global Portfolio Optimization for BSE Sensex Using The Enhanced Black-Litterman Model", **Procedia Engineering**, Vol.38, 2012, p.2988

<sup>80</sup>Cansın Kaya – Ozan Kocadağlı, "Etkin Sınır ve Beta Katsayı Kısıtlı Portföy Seçim Modeli Üzerine Bir Uygulama", **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Sayı:22, 2012, s. 23

<sup>81</sup>Baştürk, a.g.e., s.82

Sharpe performans değerleme yöntemi yazında “*Sharpe Oranı*” ya da “*Reward to Variability*” olarak da adlandırılmaktadır. Sharpe tarafından geliştirilen yöntemde portföyün performansı portföyün riski dikkate alınarak hesaplanır. Bir portföyün getirisi iki şekilde ifade edilebilir<sup>82</sup>:

- Basit yüzdelik getiri
- Risksiz getiriyi aşan yüzdelik getiri

Getirinin risksiz getiri oranını aşan kısmına “*risk primi*” adı verilmektedir. Bu oran, portföyün risk primini portföyün toplam riskine bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Yöntemin matematiksel ifadesi Denklem (1.36)’da gösterilmektedir<sup>83</sup>:

$$S_p = \frac{r_{pt} - r_{ft}}{\sigma_p} \quad (1.36)$$

Burada;

$S_p$  : Sharpe endeks değeri

$r_{pt}$  : Portföyün getirisi

$r_{ft}$  : Risksiz getiri (risksiz faiz) oranı

$\sigma_p$  : Portföyün toplam riskidir

Yöntemde yatırımcının portföyünün Sharpe endeks değeri hisse senedinin piyasasının endeks değeri karşılaştırılır. Portföyün endeks değeri piyasanın değerinden büyük olması durumunda portföyün nispeten performansını daha iyi olduğu kabul edilir<sup>84</sup>.

#### 1.4.2. Treynor Performans ls

<sup>82</sup>Marcus Schulmerich – Yves Michel Leporcher – Ching Hwa Eu, **Applied Asset and Risk Management**, Springer Science, Dordrecht, 2003, p.63

<sup>83</sup>Schulmerich –Leporcher –Eu, a.g.e., p.64

<sup>84</sup>Gökbel, a.g.e., s.29

Treynor Ölçüsü, getiriye sistematik riske göre değerlendirmektedir. İyi çeşitlendirilmiş bir portföyün menkul kıymetlerin kendi riskleri ortadan kalkacağından Treynor Ölçüsü ile Sharpe Ölçüsü arasında fark olmayacaktır<sup>85</sup>. Yöntemin formülü denklem (1.37)'de gösterilmektedir:

$$T_p = \frac{r_{pt} - r_{ft}}{\beta_p} \quad (1.37)$$

Burada;

$T_p$  : Treynor endeks değeri

$r_{pt}$  : Portföyün getirisi

$r_{ft}$  : Risksiz getiri (risksiz faiz) oranı

$\beta_p$  : Portföyün Beta'sıdır.

Yatırımcının portföyünün Treynor endeks değerinin yüksek olması portföyün performansının iyi olduğunu göstermekle beraber referans endeks değeri olarak Pazar portföyünün değerinden iyi olması piyasanın üzerinde bir getiri sağladığını göstermektedir.

### 1.4.3. Jensen Performans Ölçüsü

Jensen Performans Ölçüsü, Treynor Ölçüsü gibi SVFM'ye dayanmaktadır. Jensen ölçüsü menkul kıymetin risk seviyesinde beklenen getirisinden daha yüksek getiri elde etme durumunu hisse senedi getirisi ve pazar getirisi arasında kurulan SVFM regresyon denklemindeki alfa sabit katsayısı ile yapmaktadır<sup>86</sup>. Jensen Ölçüsü Denklem (1.38)'deki eşitliğin alfa katsayısıdır:

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_i (R_{mt} - R_{ft}) \quad (1.38)$$

Burada;

$R_{it}$  : i portföyünün t dönemindeki getirisi

---

<sup>85</sup>Karan, a.g.e., s.678

<sup>86</sup>Tuncer Çalışkan, "Black – Litterman ve Markowitz Ortalama Varyans Modeliyle Oluşturulan Portföylerin Performanslarının Ölçülmesi", **Akademik Fener**, Sayı: 15, 2011, s.104



$R_{ft}$  : Risksiz faiz oranının t dönemindeki getirisi

$\alpha_i$  : Jensen endeksi

$\beta_i$  : iportföyünün sistematik riski

$R_{mt}$  : Pazarportföyünün t dönemindeki getirisidir.

Alfa değeri; gerçekleşen ve beklenen getiri ile gerçekleşen getiri arasındaki farkı göstermektedir ve bu farkın yöneticiden kaynaklandığını belirtir<sup>87</sup>. Gerçekleşen getiri beklenen getiriyi aşarsa Alfa değeri pozitifdir ve portföyün performansının piyasa performansından iyi olduğunu gösterir. Sharpe, Treynor ve Jensen Performans Ölçüleri SVFM'nin geçerli olduğunu varsaymaktadır<sup>88</sup>.

---

<sup>87</sup>Reilly-Brown, a.g.e.,s.968

<sup>88</sup>A.Tuna TANER – Koray KAVALIDERE, “1995-2000 Döneminde İMKB’de Anomali Araştırması”, **Yönetim ve Ekonomi**, Cilt: 9, Sayı: 1-2, 2002, s.12

## İKİNCİ BÖLÜM

### HEDEF PROGRAMLAMA VE LİTERATÜR TARAMASI

Bireyler karşılaştıkları her durumda karar vermek zorunda kalırlar. Karar verme, bir alternatif kümesinden en az bir amaç ya da kritere göre en uygun olan alternatifin seçilmesidir<sup>89</sup>. Karar analizinde var olan sorundaki olası tüm seçeneklerin her olay için elde edeceği sonuçları arasından seçim yapılır<sup>90</sup>.

Günümüzde bilimsel karar verme teknikleri bilimin önemli bir alanı haline gelmiştir. Bu durumun nedenleri karar problemlerinin giderek artan karmaşık yapıları ve teknolojik gelişmelerdir. Bu güçlüklerle beraber karar vermedeki rasyonaliteyi sağlamlaştırmak için karar vericiye çevresinin ve alternatiflerin sonuçları ile ilgili daha somut bilgiler sağlayan tekniklere daha fazla önem verilmiştir. Zaman içinde bu eğilim sayısal ve bilgisayar merkezli yaklaşımlarda yoğunlaşmış ve karar analizi karar vericiye en uygun davranış biçimini belirlemede sistematik ve modern bilimsel yöntemi barındıran analitik bir süreç haline gelmiştir<sup>91</sup>.

Günlük hayatta karşılaşılan kararlar genelde birden fazla ve birbiri ile çelişen amaçlara/kriterlere sahiptir. Klasik ekonomide olduğugibi artık işletmelerin tek amacı “kâr maksimizasyonu” değildir. Birçok durumda sosyal sorumluluk, halkla ilişkiler, sosyal katkılar, endüstri ve işçi ilişkileri gibi amaçların kâr amacının önüne geçtiği bilinmektedir<sup>92</sup>. Bu amaçların hepsini aynı anda gerçekleştirmek ise gerçek hayatta mümkün olmamaktadır. Bu noktada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) teknikleri karar

---

<sup>89</sup>Metin Dağdeviren- Tamer Eren, “Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 16, No.2, 2001, s.42

<sup>90</sup>Fikri Ersöz-Mehmet Kabak, ”Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması”, **Sosyal Bilimler Dergisi**, 2010,s.2

<sup>91</sup> Lee Sang Moon, ”Goal Programming For Decision Making of Multiple Objectives”, **Sloan Management Review (MIT)** , No. 2, Cambridge,1973, pp.1-4

<sup>92</sup>Lee, a.g.m, s.5

vericilere alternatifler arasından karar verme, alternatif oluşturma ve alternatifleri sıralamada yardımcı olmaktadır.

## 2.1.ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Çok Kriterli Karar Verme,sonlu ya da sonsuz sayıdaki alternatiften oluşan uygun çözümler içinde en az iki kriter kullanılarak yapılan seçimdir<sup>93</sup>. ÇKKV alanında birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler yöneylem araştırması ve yönetim bilimi gibi alanlar ile birleştirilerekbirçokkarar probleminde kullanılmışlardır. Bilgisayar tekniklerinin geliştirilmesi ileÇKKV teknikleri karar vericiler için daha elverişli hale gelmiştir.

### 2.1.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Çok Kriterli Karar Verme problemleri “Seçim Problemleri” ve ”Matematiksel Programlama Problemleri olarak sınıflandırabilir:

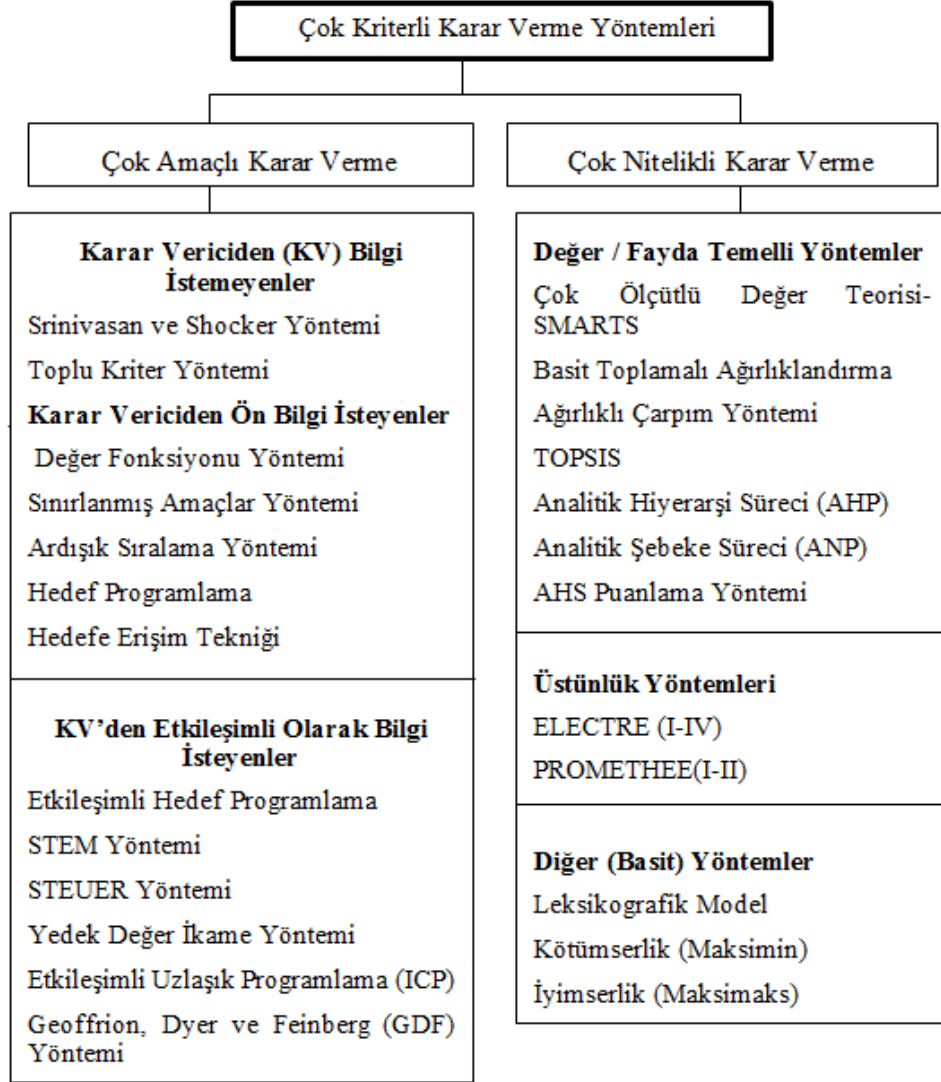
- **Çok Kriterli Seçim Problemi;**yazında “**Çok Nitelikli Karar Verme Problemi**” olarak da bilinir. Çok Nitelikli Karar Verme problemlerinde sonlu olası alternatifler bilinmektedir ve alternatifler kümesinden en iyi ya da en çok tercih edilen seçilmektedir. İşte bu seçim işleminde en iyi alternatifi belirlemeye yardımcı olan yöntemlere “**Çok Nitelikli Karar Verme Yöntemleri**” denir.
- **Çok Kriterli Matematiksel Programlama Problemleri;** alternatif sayısı çok yüksek ya da sonsuz olduğunda ve alternatiflerin bilinmediği durumlarda alternatif oluşturmaya dayalıdır. Problemler karar değişkenlerini içeren amaç ve kısıtların olduğü matematiksel ilişkilerle modellenir. Yazında çok kriterli matematiksel programlama problemi “**Çok Amaçlı Karar Verme Problemi (ÇAKV)**” ya da “**Vektör Optimizasyon Problemi**” olarak da bilinir.

---

<sup>93</sup>Ersöz-Kabak, a.g.m. , s. 3

ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırılması Şekil 2.1.'deki gibi sınıflandırılabilir:

Şekil 2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması



**Kaynak:** Fikri Ersöz-Mehmet Kabak, "Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması", Sosyal Bilimler Dergisi, 2010,s.5

ÇAKV, Hedef Programlamanın da içinde bulunduğu yöntemlerin genel yapısıdır. Hedef Programlama doğrusal programlamanın uzantısı olarak görülmesine rağmen Çok Amaçlı Karar Verme tekniklerinden birisidir. Bu nedenle Hedef Programlama'nın daha iyi

anlaşılması için ÇAKV kuramının, yöntemlerinin ve zorluklarının bilinmesi gerekmektedir<sup>94</sup>.

### 2.1.2. ÇAKV Probleminin Tanımı ve Temel Kavramlar

ÇAKV alanındaki araştırmaların çoğu 70'li yıllarda hız kazanmıştır. Bu alana olan ilginin birçok nedeni vardır. Bunlardan birincisi ve en önemlisi gerçek hayatta karşılaşılan karar problemlerinin çoğunun çok amaçlı olmasıdır. İkincisi planlama problemlerinde çok sayıda standardı kabul etme zorunluluğudur. Bu durumda karar vericilerin verdikleri kararların sektörle bütünleşmiş olması ve uyumlu bir biçimde olması gerekmektedir<sup>95</sup>. Üçüncüsü ise son yıllarda hesaplamadaki hız, depolama ve esneklik gibi kolaylıkların gelişimidir. Çünkü; çok amaçlı matematiksel programlama problemlerini çözmeye kullanılan algoritmalar tek amaçlı problemlere göre çok daha fazla işlem süresi ve bellek gerektirmektedir<sup>96</sup>.

ÇAKV problemleri matematiksel olarak model (2.1)'deki şekilde ifade edilebilir:<sup>97</sup>

$$\text{Maksimum} \quad [f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)] \quad (2.1)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$g_j(x) \leq 0, j = 1, 2, \dots, m \text{ ve } x = \{x_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$$

Burada

m : kısıtlayıcılar

k : amaçlar

x : n boyutlu değişken vektörü

n : karar değişkenleridir

<sup>94</sup>Dylan Jones-Mehrdad Tamiz, **Practical Goal Programming**, Springer Science+Business Media, New York, 2010, p.13.

<sup>95</sup>Mahmut Atlas, “ Çok Amaçlı Programlama Çözüm Tekniklerinin Sınıflandırılması”, **Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt No: 8, Sayı No:1, 2008,s. 2

<sup>96</sup>Gerald W.Evans, “An Overview of Techniques For Solving Multiobjective Mathematical Programs”, **Management Science**, Vol : 30, No : 11, 1984, s. 3

<sup>97</sup>A.Ravi Ravindran, **Operations Research Methodologies**, CRC Press, New York, 2009, s.111

Bu problemde k adet amacı içeren vektörün maksimizasyonu yapılır. Diğer bir ifade ile karar verici her bir amaç fonksiyonunun eşanlı olarak maksimizasyonunu amaçlamaktadır. Modelin elemanları ise aşağıda verildiği gibidir:

**Karar Değişkeni:** Karar değişkenleri karar vericinin kontrolü altındaki faktörlerdir. Karar değişkenleri kümesi problemi belirtir ve verilecek kararı oluşturur. Hedef programlamanın amacı hedef ve kısıtları en iyi tatmin edecek noktayı belirlemede “*karar uzayı*” olarak bilinen olası karar değişkenler kombinasyonlarını araştırmaktır.

**Kriter:** Karar probleminde çözümlerin yeterliliğinin ve etkililiğinin ölçülebileceği bir performans ölçüsüdür. Yazında “*faktör*” olarak da kullanılmaktadır. Bu kavram bir karar verme probleminde karar vericinin niteliklerini, hedeflerini, amaçlarını, vs kapsar<sup>98</sup>. Bu nedenle, Çok Kriterli Karar Verme kavramı farklı hedef, amaç ve nitelikleri içeren karar verme problemlerinin analizinin genel çerçevesini ifade eder<sup>99</sup>. Farklı alanlarda bir çok kriter bulunmaktadır. Bunların en yaygın kullanılanları arasında maliyet, kâr, süre, uzaklık, sistem performansı, stratejiler, likidite, risk ve karar vericinin kişisel tercihleri gösterilebilir<sup>100</sup>.

**Amaç:** Amaçlar incelenmekte olan niteliklerle ilgili olan maksimizasyon ya da minimizasyon şeklindeki matematiksel fonksiyonlardır<sup>101</sup>.

**Uygun Bölge:** Karar uzayında bütün kısıtlayıcıları tatmin eden çözümler kümesi uygun bölgeyi oluşturur.

**Üstün Çözüm:** Her bir amaç fonksiyonunu eşanlı olarak maksimize eden çözümdür. Birçok ÇAKV probleminde birbiri ile çelişen amaçlardan dolayı üstün çözüm oluşmaz.

**Etkin Çözüm:** “*Pareto Optimum*” ya da “*Baskın Çözüm*” olarak da bilinmektedir. Bir amaçtaki iyileştirmenin diğer en az bir amacın kötüleştirilmesiyle mümkün olduğu çözümdür. Diğer bir ifadeyle etkin çözüm amaçlardan en az birini optimize eden ve her amaca mümkün olduğunca yaklaşan çözümdür. Problemin uygun

---

<sup>98</sup>Birsen Karpak – Stanley Zionts, **Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis Using Microcomputers**, Springer, Berlin, 1989, s. 9

<sup>99</sup>Carlos Romero, **Handbook of critical issues in goal programming**, Pergamon press, Oxford, 1991, s.2

<sup>100</sup>Jones – Tamiz, a.g.e., s.15

<sup>101</sup>Romero, a.g.e., s.1

çözüm kümesinde birden çok etkin çözüm olabilmektedir<sup>102</sup>. Her bir üstün çözüm etkin çözümdür fakat her etkin çözümün üstün çözüm olması gerekmemektedir. Çok amaçlı programlama, amaçların eşanlı optimizasyonu mümkün olmadığı durumda tanımlı olmayan bir optimum çözüm belirlemek yerine etkin ya da Pareto optimum çözümler kümesi oluşturur<sup>103</sup>.

**Etkin Sınır:** Bütün etkin çözümler kümesine “*Etkin Sınır*” ya da “*Etkin Küme*” denilmektedir.

**İdeal Çözüm:** Çok amaçlı problemde uygun bölge içinde, amaç uzayındaki her bir amaç optimize edildiğinde problemin en uygun (optimum) değerini aldığı çözümdür. Eğer amaçlar çelişirse bu çözüm uygun bölgenin dışında, uygun olmayan bir çözüm olacaktır. Yine de bu çözüm herhangi bir çözümün kalitesini ölçmede yararlı bir referans noktası olmaktadır<sup>104</sup>.

## 2.2.HEDEF PROGRAMLAMA

Hedef Programlama karar vericiden çözüm sürecinin başında tercih bilgisi isteyen Çok Amaçlı Karar Verme modellerinin bir çeşididir. Çok Amaçlı Karar Verme modelleri optimizasyon düşüncesine dayanır ve kendi aralarında çelişen amaçları eşanlı olarak kısıtlayıcı kümesine göre sağlayan bir çözüm vektörünü belirlemeyi amaçlar. Hedef Programlama’da ise karar verici her bir amaç fonksiyonunu optimize etmek yerine;her amaç içinulaşılmasını istediği sayısal hedef belirler ve bu amaca yönelik amaç fonksiyonu oluşturur, amaçları kısıt fonksiyonuna dönüştürür. Daha sonra bu amaç fonksiyonlarının kendi hedeflerinden olan sapmalarının toplamını minimize eder. Hedef Programlama’da Doğrusal Programlama’daki optimizasyon kavramından ziyade hedeflere “mümkün olduğu kadar yakın ” ulaşılmaya çalışılır. Diğer bir ifadeyle; Hedef Programlama optimum çözüm düşüncesinden ziyade “*uzlaşık çözüm (compromise solution)*” düşüncesine dayanır<sup>105,106</sup>.

---

<sup>102</sup> Atlas, a.g.e., s.3

<sup>103</sup> Romero, a.g.e., s.5

<sup>104</sup> Jones – Tamiz,a.g.e.,s. 5

<sup>105</sup> Semra Erpolat, “Üretim Planlamasında Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, **Öneri Dergisi**, Cilt: 9, Sayı: 34, s. 2

<sup>106</sup> Ayşe Ediz-Yasemin Yağdıran, “Hedef Programlama Tekniği ile Menü Planlaması”, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 11.1.2009,s.6

Hedef Programlamada her amaç sağ taraf sabitine sahip olup, ayrı bir kısıtlayıcı olarak görünür. Hedeften daha yüksek ya da daha düşük başarma durumlarını yansıtmak için hedef kısıtlayıcısına pozitif ve negatif sapma değışkenleri dahil edilir<sup>107</sup>.

Hedef Programlama, Doğrusal Programlama'nın bir uzantısı olarak ortaya çıkmasına rağmen ikisi arasında farklılıklar mevcuttur. Temel fark, Hedef Programlama'daki amaç fonksiyonunun yapısıdır. Amaç fonksiyonu doğrudan maksimize ya da minimize edilmez, verilen kısıtlar dahilinde hedeflerden sapmalar minimize edilir. Doğrusal Programlama'da yapay (slack) ve artık (surplus) değışkenlerin katsayıları amaç fonksiyonunda sıfır olduğundan optimal çözüme etki etmezler. Hedef Programlama'da ise amaç fonksiyonunda sapma değışkenleri olarak sadece bu değışkenler yer alırlar<sup>108</sup>.

Hedef Programlama birbiri ile çatışan amaç ve hedefleri içeren problemlerin gerçeğe yakın bir şekilde ifade edilmesine imkân verir ve amaç fonksiyonlarının farklı birimlerde ölçülmesine ve aynı yönde olmamasına (maksimum/minimum) olanak sağlar<sup>109</sup>. Hedefler önemine göre önceliklendirme ya da diferansiyel ağırlıklandırma yolu ile sıralanabilmektedir.

### 2.3.HEDEF PROGRAMLAMAMININ GELİŞİMİ

Hedef Programlamanın ilk ortaya çıkışı Abraham Charnes, William Cooper ve Ferguson'un 1955'teki çalışmasına dayanır. Bu çalışmada, "Hedef Programlama" kavramı kullanılmazken Hedef Programlama'nın sapmayı minimize eden yaklaşımını barındıran kısıtlı regresyon modeli sunulmuş<sup>110</sup> ve model Doğrusal Programlama'nın bir uzantısı olarak görülmüştür. Daha sonra 1961'de Charnes ve Cooper "Management Models and Industrial Applications of Linear Programming" adlı makalesinde çoklu amaç ve hedefleri içeren doğrusal modeller için kısıtlı regresyon modelinin daha genel versiyonunu tanımlamışlar ve ona "Hedef Programlama" ismini vermişlerdir. Bu revize edilmiş yeni yaklaşım Hedef Programlama'nın ilk tanımı ve biçimselkuramıdır.Hedef Programlama'nın

<sup>107</sup>Harry M.Kaiser-Kent D.Messer, **Mathematical Programming for Agricultural, Environmental and Resource Economics**, John Wiley&Sons Inc, U.S.A, 2011,p. 431

<sup>108</sup>Barry Render-Ralph M.Stair-Michael E.Hanna, **Quantitative Analysis for Management**, 11.basım, Prentice Hall, New Jersey, 2012, p.408

<sup>109</sup>James P.Ignizio, **Introduction To Linear Goal Programming**, Sage Publications, California, 1985, p.10

<sup>110</sup>Marc J.Shniederjans,**Goal Programming: Methodology and Applications**, Springer Science+Business Media, New York, 1995, p.1



tamsayı ve doğrusal olmayan durumlardaki yaklaşımı ve model çeşitlerinin temel yapısı ise Ignizio (1976) tarafından verilmiştir<sup>111</sup>. Yöntem daha sonra 1960'larda Ijiri tarafından genişletilmiş, 1970'lerde Lee, Ignizio ve diğer akademisyenler tarafından bir Yöneylem Araştırması aracı olarak daha geniş ve kullanışlı bir teknik haline gelmiştir.

1990'larda kuramsal olarak daha da gelişmiş bir Hedef Programlama ve yöntemin türlerinin daha genişletilmiş versiyonları yer almıştır. Ayrıca modern bilgisayara dayalı matematiksel programlama ve çözüm sistemleri Hedef Programlamanın tüm türlerini modellemede ve çözmeye kolaylıklar getirmiştir.

## 2.4.HEDEF PROGRAMLAMAMANIN VARSAYIMLARI

Bu çalışmada, Doğrusal Hedef Programlama'dan yararlanılmıştır. Hedef Programlama, Doğrusal Programlama'nın bir uzantısı olarak ortaya çıktığından Doğrusal Programlama'nın varsayımları Doğrusal Hedef Programlamada da geçerlidir. Ek olarak Hedef Programlamada bu varsayımlara “amaçların önceden belirlenmesi” ve “negatif olmama” varsayımları eklenebilir.

### 2.4.1. Oransallık Varsayımı

Doğrusallık varsayımı olarak da bilinir. Bu varsayıma göre işletmenin girdileri ile çıktıları arasında doğrusal bir ilişki vardır. Her bir karar değişkeninin modeldeki amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılara olan etkisi değişkenin değeri ile doğru orantılı olmalıdır. Yani modeldeki her fonksiyon doğrusal olmalıdır. Aksi durumda Doğrusal Olmayan Programlama söz konusu olur.

### 2.4.2. Toplanabilirlik Varsayımı

Bu varsayıma göre Doğrusal Programlama'daki amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıların sol taraf fonksiyonları ilişkili olduğu faaliyetlerin bireysel katkılarının toplamıdır. Karar

---

<sup>111</sup>Mehrdad Tamiz(ed), **Multiobjective Programming and Goal Programming**, Springer, Berlin, 1996, p.198

değişkenlerinin değerlerine ilişkin her birinin katkıları toplamı toplam katkıyı yani amaç fonksiyonunu oluşturuyorsa bu varsayım geçerlidir demektir<sup>112</sup>.

### 2.4.3. Bölünebilirlik Varsayımı

Bu varsayımın göre karar değişkenlerinin kesirli değerler almasına izin verilir. Bu varsayım ortadan kalktığında Tamsayı Programlama söz konusu olur.

### 2.4.4. Kesinlik Varsayımı

Belirlilik varsayımı olarak da bilinmektedir. Bu varsayım modeldeki tüm parametrelerin değerlerinin kesin olarak bilinmesini ifade etmektedir. Bu da modelin deterministik olduğunun göstergesidir.

### 2.4.5. Negatif Olmama Varsayımı

Bu varsayım modeldeki sapma ve karar değişkenlerinin negatif olmamasını (sıfıra eşit ve sıfırdan büyük) ifade eder. Fakat karar değişkenlerinin negatif değerini alması durumunda söz konusu değişken modelde negatif olmayan iki sayının farkı şeklinde gösterilebilir. Diğer bir ifadeyle x karar değişkeni;

$$x = u - v \quad (2.2)$$

$$-\infty < x < +\infty$$

$$u \geq 0$$

$$v \geq 0$$

şeklinde ifade edildiğinde modelde x değişkeni yerine (u - v) koyulur. Bu şekilde hem u ve v değişkenleri negatif olmama koşulunu sağlar, hem de x herhangi bir değer alabilir<sup>113</sup>.

<sup>112</sup>Ahmet Öztürk, **Yöneylem Araştırması**, Ekin Yayınevi, Bursa,2011,s.33

<sup>113</sup>James P.Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, Lexington Books, London,1976,p. 6

#### 2.4.6. Amaçlara Öncelik Verilmesi Varsayımı

Bu varsayımına göre karar verici tercihinine göre modeldeki her amaca ve hedefe öncelik verir. Bir bakıma hedefler hiyerarşik sırada sıralanırlar ve birinci öncelikli hedef başarılmadan diğer öncelikli hedefler başarılmaz.

#### 2.5. HEDEF PROGRAMLAMANNIN MATEMATİKSEL YAPISI VE MODELLEME SÜRECİ

Çalışmanın bu kısmında Hedef Programlamanın matematiksel yapısı ve modelleme süreci incelenmektedir.

##### 2.5.1. Model ile İlgili Temel Kavramlar

Hedef Programlama modelinde kullanılan temel kavramlar aşağıdaki gibidir:

**Amaç(Objective):** Karar vericinin maksimum ya da minimum gibi tercihinin barındıran kriterdir.

**Hedef (Goal):** Hedefler karar vericinin o kriterdeki başarmak istediği sayısal değerlerdir<sup>114</sup>. Hedef ile amaç kavramları arasındaki farklılık mevcuttur. “Kârın maksimize edilmesi” durumunda amaçtan bahsedilirken “1000 pb ya da daha fazla kâr istenmesi” durumunda ise hedeften bahsedilebilir.

**Kısıtlayıcılar (Constraints):** Doğrusal Programlama modellerinde yer alan kısıtlayıcılar ve amaç fonksiyonları Hedef Programlama modelinin sadece kısıtlayıcılar kısmını oluşturmaktadır<sup>115</sup>. Hedef Programlama’da doğrusal programlamadaki amaç fonksiyonuna hedef değeri atanarak fonksiyon hedef kısıtlayıcısına dönüştürülürken, doğrusal programlamadaki kısıtlayıcılar Hedef Programlama’da sistem kısıtlayıcıları olarak yer almaktadır. Sistem kısıtlayıcıları kesin ve değişmezken hedef kısıtlayıcıları çok katı olmayıp hedef değerlerden sapmaların açıklanmasıyla ortaya çıkarlar. Doğal olarak sistem kısıtlayıcıları hedef kısıtlayıcılardan daha önce gerçekleştirilir<sup>116</sup>. Yazında hedef

<sup>114</sup>Karpak – Zions, a.g.e.,p.9

<sup>115</sup>Zerrin Aladağ, **Yöneylem Araştırması 2**, Umutepe Yayınları, Kocaeli,2012,s.112

<sup>116</sup>Nalan Cinemre, **Yöneylem Araştırması**, 2.basım, Evrim Yayınevi, İstanbul,2011,s.346

kısıtlayıcılar “*yumuşak kısıtlayıcılar*”, sistem kısıtlayıcılar ise “*sert kısıtlayıcılar (hard constraints)*” olarak da yer almaktadır.

**Sapma Değişkenleri (Deviation Variables) :** Bir amaç fonksiyonunu maksimum ya da minimum yapan doğrusal programlamanın tersine Hedef Programlama, problemin çok amaçlı fonksiyonlarında tanımlı önceden belirlenmiş olan hedeflerden sapmaları minimum yapar. Hedef Programlamada bu sapma değişkenleri pozitif olması halinde " $d_i^+$ ", negatif olması halinde " $d_i^-$ " değerleriyle gösterilmektedir. Bunlar amaç fonksiyonunda istenilen hedef değeriyle gerçekleşen hedef değeri arasındaki farkı belirten değişkenlerdir. Bu değişkenler doğrusal programlamada boş (slack) ve artı (surplus) değişkenlerine karşılık gelir. Söz konusu değişkenler tam olarak istenilen seviyede ise sıfır, istenilen düzeyin üzerinde bir başarı ise pozitif ve bu düzey yakalanamamışsa negatif değerini alır. Burada amaçlar ve hedefler üç şekilde olabilmektedir:

**1. Altına düşülmesi istenmeyen “ $\geq$ ” şeklindeki alt limit hedefleri:** Aylık en az 250 birim üretilmesi gibi. Bu durumda  $d_i^-$  sapma değişkeninin değeri en küçük olmalıdır.

**2. Üstüne çıkılması istenmeyen “ $\leq$ ” şeklindeki üst limit hedefleri:** Maliyetlerin 1000 pb lik bütçeyi aşmasının istenmemesi gibi. Bu durumda  $d_i^+$  sapma değişkeninin değeri en küçük olmalıdır.

**3. Hedefin tam olarak kendisinin başarılması istendiği “ $=$ ” şeklindeki hedefler:** Toplamda 100 işçi istihdam edilmesinin istenmesi gibi. Böyle bir durumda ise her iki sapma değişkeni de minimize edilmelidir.

Birinci durumda hedeften daha az değerleri içeren sapma değişkenleri istenmezken ikinci durumda tersidir. Üçüncü durumda ise hedeften her iki sapma da istenmeyecektir. Birinci durumda 260 birim üretilmesi halinde  $d_1^+ = 10$ ; 240 birim üretilmesi halinde  $d_1^- = 20$  olur. Sapma değişkenlerin her ikisinin de aynı anda pozitif olmasını engellemek için  $d_i^+ \cdot d_i^- = 0$  ifadesi sağlanmalıdır<sup>117</sup>. Çünkü bir hedeften aynı anda hem pozitif hem de negatif sapma gerçekleşemez. Sadece eğer hedefin tam olarak başarılması isteniyorsa her

---

<sup>117</sup>Jaap Spronk, **Interactive Multiple Goal Programming**, Martinus Nijhoff Publishing, Boston, 1981, p.63

iki sapma değişkeni de sıfır olabilir. Diğer bir ifadeyle  $d_i^+, d_i^- \geq 0$  durumundaki sapmalar i. hedefle ilgili uzaklık ölçüsüdür<sup>118</sup>.

**Öncelik Seviyeleri (Priority Levels):** Karar vericinin tercihine göre hedeflere öncelik seviyeleri verilir. Birinci öncelik seviyesindeki hedef ya da hedefler ilk önce minimize edilir, daha sonra sırası ile diğer seviyeler minimize edilir. Bir öncelik seviyesinde birden çok hedef yer alabilir. Fakat farklı ölçülerle ifade edilen hedefler ortak bir ölçekle ölçülebiliyorsa aynı öncelik seviyesinde bulunabilirler<sup>119</sup>.

### 2.5.2. Hedef Programlama Modelleme Aşamaları

Hedef Programlamada modelleme aşamaları yazında genellikle aşağıdaki gibidir<sup>120</sup>:

**Karar Değişkenlerinin Belirlenmesi:** Karar modelini geliştirmede karar değişkenlerini oluşturmak diğer adımlara temel teşkil etmektedir. Karar değişkenleri karar vericinin kontrolü altındaki değişkenlerdir. Bu sebeple bunlara “kontrol değişkenleri” de denilmektedir. Bir odanın ısıısının klima ile ayarlanması düşünöldüğünde klimanın büyüklüğü, odadaki insan sayısı, dışarıdaki havanın derecesi, pencerelerin yapısı, perdeler ve kumandadaki ayar düğmeleri gibi oda ısısına etki edebilecek birçok faktör vardır. Bunların arasından perdelerin ayarlanması ve kumandadaki ayar düğmeleri kontrol değişkenleri olabilmektedir. Diğer faktörler ısıya etkileri olmasına rağmen kontrol edilemeyeceğinden modele dahil edilemezler<sup>121</sup>.

**Hedef Kısıtlarının Formüle Edilmesi:** Doğrusal programlamadan hatırlanacağı gibi bir fonksiyon ya amaçtır ya da kısıtlayıcıdır. Fakat gerçek hayatta böyle keskin bir ayırım söz konusu olmamaktadır. Karar modellerinde amaçlar aşağıdaki gibi kategorize edilebilmektedir<sup>122</sup>:

- Karar vericinin istekleri

<sup>118</sup>A.Charnes-W.W.Cooper, “Goal Programming and multiple objective optimizations”, **European Journal of Operations Research**, vol.1,issue:1, 1977,p.42

<sup>119</sup>James P.Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e.,p.15

<sup>120</sup>Marc J.Schniederjans vd.,**Information Technology Investment**, World Scientific Publishing, London, 2004, s.263

<sup>121</sup>Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p. 12

<sup>122</sup>Ignizio,**Goal Programming and Extensions**, a.g.e.,p.13

- Sınırlı kaynaklar
- Karar değişkenleri üzerindeki diğer sınırlamalar

İlk kategorideki amaçlar kâr maksimizasyonu, maliyet/fazla mesai/risk minimizasyonu gibi amaçlardır. Bunlar Hedef Programlamada hedef kısıtları olarak görülebilir. İkinci kategoridekiler ise sınırlı işgücü/bütçe/zaman gibi kaynak sınırlamalarıdır. Son kategoride ise yasal gereklilikler, karar değişkeninin değerini sınırlayan sözleşme ile ilgili sınırlama gibi karşılanması gereken yükümlülükler olabilmektedir. Bunlar ise sistem kısıtlayıcıları olarak düşünülebilir. Modelleme aşamasında kriter belirlendiğinde sistem kısıtlayıcı ya da hedef kısıtlayıcısı olması ayırımı önemlidir. Çünkü sistem kısıtlayıcıları daha önce de belirtildiği gibi mutlaka doyurulmalıdır ve değişken uzayındadırlar. Modelleme sürecinde gereğinden fazla sistem kısıtlayıcısı uygun olmayan çözümlere sebep olabilir<sup>123</sup>.

**Amaçlara Öncelik Seviyelerinin Atanması:**Karar verici tarafından eğer gerekliyse öncelikli olarak başarılması istenen amaçlar yüksek öncelik seviyesine atanabilir.

**Diferansiyel/Matematiksel Ağırlıkların Oluşturulması:**Karar verici, amaçlarına önem sırasına göre sayısal ağırlıklar verebilir.

**Amaç (Başarım) Fonksiyonunun Formüle Edilmesi:**Bu adımda hedeflerdeki istenmeyen sapma değişkenleri amaç fonksiyonunda gösterilerek minimize edilir. Daha önce belirlenen öncelik seviyeleri ve ağırlıklar ise ilgili sapma değişkeninde gösterilir. Amaç fonksiyonunun yapısı kullanılan Hedef Programlama türüne göre değişmektedir. Kısıtlayıcılardaki sağ taraf sabitlerine göre amaç fonksiyonunda yer alacak sapma değişkenleri Tablo (2.1)'deki gibidir :

**Tablo 2.1.** Amaç fonksiyonunda Yer Alacak Sapma Değişkenleri

Hedef Yönü	Sapma Değişkeni
$\geq$	$d_i^-$
$\leq$	$d_i^+$
$=$	$d_i^- + d_i^+$

<sup>123</sup>Jones-Tamiz, a.g.e., p.23

**Negatif Olmama Koşulu ve Diğer Gerekliliklerin Gösterimi:** Bu kısıt modelde yer alan karar değişkenlerin ve sapma değişkenlerinin negatif olmamasını gösteren kısıttır.

### 2.5.3. Doğrusal Programlamanın Uzantısı Olarak Hedef Programlama ve Modelin Matematiksel Gösterimi

Hedef Programlama, Doğrusal Programlama'nın özel bir uzantısı olarak ortaya çıktığından doğrusal Hedef Programlama'nın matematiksel modeline Doğrusal Programlama modelinden ulaşılabilir. Kanonik biçimdeki bir Doğrusal Programlama modeli (2.3)'deki gibidir:<sup>124</sup>

$$\text{Minimum } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2.3)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

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

$x_1, x_2, \dots, x_n$  : Negatif olmayan karar değişkenleri

$c_1, c_2, \dots, c_n$  : Model parametreleri

$a_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n$  : Karar değişkenlerinin teknolojik katsayıları

Klasik bir Doğrusal Programlama modelinde, uygun çözümleri içeren uygun bölgenin elde edilebilmesi için tüm kısıtlayıcılar tatmin edilmelidir. Bir ya da daha fazla çatışan kısıtlayıcı olması durumunda bu kısıtlayıcıları doyuran bir çözüm bulunamayacağından uygun olmayan bir problem elde edilir.

Charnes ve Cooper her kısıtlayıcının fonksiyonel denilen ayrı bir fonksiyon olarak ele alınıp bu fonksiyonların her birinin ulaşılması gereken amaç ya da hedef olarak görülmesini önermişlerdir. Bu durumda  $b_i$  uygun bölge elde edebilmek için doyurulması gereken amaç ya da hedefler kümesi olur. Eğer  $b_i$  eşitlik kısıtının her iki tarafından çıkarılırsa ilgili fonksiyonel bir doğrusal programlama kısıtının mutlak değeri olarak ifade edilebilir<sup>125</sup>. Bu durum denklem (2.4)'deki şekilde ifade edilebilir:

<sup>124</sup>Kyriaki Kosmidou-Constantin Zopounidis, **Goal Programming Techniques for Bank Asset Liability Management**, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004, p.86

<sup>125</sup>Charnes – Cooper, a.g.m., s. 41

$$f_1(x) = |\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i| \quad i = 1, \dots, m \quad (2.4)$$

Charnes ve Cooper bu fonksiyonellere hedef adını vermiş ve hedefin mutlak sapmasının minimize edilerek başarılabileceğini önermişlerdir. Fonksiyonellerdeki sapmaların kaçınılmaz olduğu bu doğrusal programlama problemlerinde en iyi çözüm sapmayı minimize ederek oluşur. Diğer ifadeyle kısıtların birbiriyle çeliştiği durumda bir çeşit çözüme ulaşmak mümkündür<sup>126</sup>.

Sapmaların uygun olmayan doğrusal programlama problemi gibi çözülemeyen Doğrusal Programlama problemlerinde oluştuğu görülebilir. Bu durumda Charnes ve Cooper modelin amaç fonksiyonuna sapmayı temsil eden bir değişken yerleştirerek sapmanın nasıl minimize edilebileceğini göstermişlerdir. Bu durumda birden çok hedef, bir çözüme ulaşılmasına imkân veren bir modelde gösterilebilir. Çoklu ve çelişen hedefler Hedef Programlamayı, Doğrusal Programlama'dan ayırt eden en önemli özelliklerden birisidir. Charnes ve Cooper 1977'deki makalelerinde Hedef Programlama'nın genel kabul görmüş ifadesini aşağıdaki şekilde göstermişlerdir<sup>127</sup>:

$$\text{Minimum} \quad Z = \sum_{i \in m} (d_i^+ + d_i^-) \quad (2.5)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

$$d_i^+ \cdot d_i^- = 0$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$$

Modelde “ $b_i$ ” i. amacın başarılması istendiği sayısal değeridir. Bahsedildiği üzere  $d_i^+$  değişkenine pozitif sapma değişkeni denilmektedir ve bu değişken  $b_i$  hedefinin üstündeki sapmayı gösterir.  $d_i^-$  değişkenine ise negatif sapma değişkeni denilmektedir ve değişken  $b_i$  hedefinin altındaki miktarı göstermektedir. Amaç fonksiyonu tüm sapmaların toplamıdır. Sapma değişkenlerinin fonksiyonellerle olan matematiksel ilişkisi (2.6) ve (2.7)'de gösterilmektedir:

<sup>126</sup>Kosmidou - Zopounidis, a.g.e., s. 87

<sup>127</sup>Charnes – Cooper, a.g.m., s.41



$$d_i^+ = \frac{1}{2} [|\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i| + (\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i)] \quad (2.6)$$

$$d_i^- = \frac{1}{2} [|\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i| - (\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i)] \quad (2.7)$$

Daha özel bir ifadeyle Hedef Programlamada karar verici her kriter için başarmak istediği bir hedef belirlemelidir. Bu hedef değerleri  $s_1, s_2, \dots, s_n$  ile gösterilir ve böylece model hedeflerden olan sapmaların girdisi ile bütün amaç fonksiyonlarını kısıtlara dönüştürür.

Son durumda Doğrusal Hedef Programlama modeli, Model (2.8)'daki gibidir:

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^n p_i f_i(d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, \dots, d_n^-, d_n^+) \quad (2.8)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$\sum_{i=1}^l c_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$x \in F$$

$$d_i^- \geq 0, \quad d_i^+ \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Burada;

$b_i$  : i hedefi için sayısal değer

$p_i$  : i hedefi için öncelikli ağırlık

$d_i^+$  :  $s_i$  hedefinin üstündeki sapma (pozitif sapma değişkeni)

$d_i^-$  :  $s_i$  hedefinin altındaki sapma (negatif sapma değişkeni)

$f_i$  :  $d_i^-$  ve  $d_i^+$  sapma değişkenlerinin doğrusal fonksiyonu

$F$  : Uygun çözümler kümesidir

Doğrusal Programlama'daki kısıtlayıcıların Hedef Programlama'da sistem kısıtlayıcıları olarak yer aldığından söz edilmişti. Bu kısıtlayıcılar tam olarak doyurulmalıdır. Diğer bir deyişle, bu kısıtlayıcıları ihlal etmek uygun olmayan çözüme ulaşılmasına yol açmaktadır. Bu, modelde bütün kısıtlayıcıları tatmin eden karar uzayındaki noktaların oluşturduğu  $F$  uygun bölge ile ifade edilen  $x \in F$  koşulunun eklenmesiyle gösterilir<sup>128</sup>.

<sup>128</sup>Jones-Tamiz,a.g.e., s.24

Hedef Programlamanın genel ifadesi ise (2.9)'de ifade edilmektedir:

$$\text{Minimum } Z = [\sum_{i=1}^n (d_i^- + d_i^+)^a]^{1/a} \quad (a = 1) \quad (2.9)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$\begin{aligned} f_i(x) + d_i^- - d_i^+ &= b_i \quad i = 1, 2, \dots, n \\ d_i^+ \cdot d_i^- &= 0 \\ x \in F \quad d_i^- \geq 0, \quad d_i^+ \geq 0, \quad i &= 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Karar verici hedefleri önemine göre öncelikli olarak sıraladığında, hedeflerin optimizasyonu belirlenen öncelik seviyesine göre gerçekleştirilir. Bu öncelik Hedef Programlamada amaç fonksiyonunda sapma değişkenlerine öncelik seviyeleri verilerek gerçekleştirilir. Charnes ve Cooper'ın önerdiği ağırlıklı ve öncelikli Hedef Programlama modeli (2.10)'de gösterildiği gibidir<sup>129</sup>:

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i \in m} P_i \sum_{k=1}^{n_i} (w_{ik} d_i^+ + w_{ik} d_i^-) \quad (2.10)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- &= b_i, \quad i = 1, \dots, m \\ d_i^+, d_i^-, x_j &\geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

Ağırlıklı ve Öncelikli modelde "P<sub>i</sub>" değeri ilgili sapma değişkeninin önem seviyesini gösterir. Amaç fonksiyonundaki sapma değişkenleri sahip oldukları önceliğe göre optimize edilir. Diğer bir ifade ile optimizasyon sırası P<sub>i</sub> ≥ P<sub>i+1</sub> ≥ ... şeklinde devam eder. Ağırlıklı ve Öncelikli modelde w<sub>ik</sub><sup>+</sup>, w<sub>ik</sub><sup>-</sup> ≥ 0, P<sub>i</sub> önceliğine sahip i. hedefteki sapma değişkeninin ağırlığıdır.

Bazı durumlarda aynı öncelik seviyesine sahip sapma değişkenlerini ağırlıklandırarak derecellemek gerekebilir. Ağırlıklı sapma değişkenleri kullanılarak aynı öncelik seviyesine sahip sapma değişkenlerinin önemine göre sıralanması mümkündür. Charnes ve Cooper Ağırlıklı Hedef Programlama modelini, Model(2.11)'daki şekilde göstermişlerdir<sup>130</sup>:

<sup>129</sup>Charnes – Cooper, a.g.m., s.42

<sup>130</sup>Charnes- Cooper , a.g.m. , s.42

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i \in m} (w_i^+ d_i^+ + w_i^- d_i^-) \quad (2.11)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n$$

Modelde  $w_i^+$  ve  $w_i^-$  sapma değişkenlerine atanan negatif olmayan ağırlık katsayılarıdır. Ağırlık katsayılarının büyüklüğü ilgili sapma değişkeninin önemini gösterir. Bu model tüm hedeflerden olan toplam ağırlıklı sapmaları minimize eden ağırlıklı modeldir.

#### 2.5.4. Normalizasyon

Hedef Programlamada farklı birimlerle ölçülmüş sapma değişkenlerinin amaç (başarım) fonksiyonunda yer alabileceğine değinilmişti. Ağırlıklı Hedef Programlama modelinde genellikle farklı birimlerdeki hedef kısıtları kullanılmaktadır. Bu farklı ölçekteki kısıtlara ait sapma değişkenlerin ağırlıklı toplamını minimize etmek ağırlıkların ortak birimle ifade edilmemesi nedeniyle anlamsızlaşabilmektedir. Aynı sorun öncelikli hedef programlamada aynı öncelikteki hedeflerin farklı birimlerle ifade edilmesinde oluşmaktadır<sup>131</sup>. Bu durum normalizasyon ile giderilebilir. Normalizasyon, ağırlıkların karşılaştırılabilir olması için onların tek bir birimle ifade edilebilmesine olanak sağlar. Aynı birimde ölçülmeme durumunu her amacı hedef değeriyle ilgili olan bir sabitle bölerek gidermeye çalışır. Bir normalizasyon tekniği altındaki standart Ağırlıklı Hedef Programlama modeli (2.12)'teki biçime dönüştürülebilir:

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^q \left( \frac{u_i d_i^- + v_i d_i^+}{k_i} \right) \quad (2.12)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i = 1, 2, \dots, q$$

$$x \in C_S, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

<sup>131</sup>Carlos Romero, a.g.e., p.35

Model (2.13)'te " $k_i$ " i. amaçla ilgili olan normalleştirme sabitidir. Normalizasyon sabiti kullanılan normalizasyon yöntemine bağlıdır. Yazında çok kriterli karar vermede birçok normalizasyon yöntemi bulunmaktadır<sup>132</sup>. Kullanılan normalizasyon çeşidi problemdeki Hedef Programlamamın yapısına bağlı olmakla beraber Jones ve Tamiz (2010)'e göre bu seçim optimum çözüme etki etmektedir. Bu nedenle karar verici tercihlerini en iyi yansıtan yöntemi seçmelidir<sup>133</sup>. Hedef Programlamada genellikle kullanılan normalizasyon yöntemleri Yüzdellik (Percentage) Normalizasyon, Sıfır-Bir (Zero-One) Normalizasyon ve Öklid (Euclidean) normalizasyonu yöntemleridir. Söz konusu yöntemler kısaca açıklanmaya çalışılacaktır.

#### **2.5.4.1.Yüzdellik Normalizasyon (Percentage Normalisation)**

Bu yöntem Romero tarafından önerilmiş ve kullanılmıştır. Bu yöntem tüm sapmaları sabit değerler olarak değil hedef değerlerinin yüzdeliği olarak ifade eder. Bu nedenle normalizasyon sabiti 100'e bölünen hedef değeridir. Bu yöntem amaç (başarım) fonksiyonunu hedeflerden yüzdellik sapmaların toplamı biçiminde göstererek daha anlamlı hale getirir. Bu yöntemi hem uygulamak hem de anlamak kolaydır. Bu yöntem yazında sıfır değerini alan hedefler ile negatif değerli hedeflerde yetersiz ve eksik kaldığından Öklid yöntemi kadar sağlam görülmemiştir<sup>134</sup>.

#### **2.5.4.2.Sıfır-Bir Normalizasyonu (Zero-One Normalisation)**

Bu yöntem çok kriterli karar verme tekniklerinde sıklıkla kullanılır. Yöntem,Hedef Programlamada ilk olarak Hwang ve Masud tarafından kullanılmıştır. Bu yöntemde her bir amaç en iyi (maximal) ve en kötü (minimal) değerler oluşturularak sıfır-bir aralığında ölçülür. Yöntem kapalı bir uygun kısıtlayıcılar kümesini gerektirir<sup>135</sup>. Sıfır değeri sıfır sapmayı temsil ederken, bir değeri amacın ideal olmayan değerini veren uygun kümedeki olası en büyük sapma değerini temsil eder. Hedefin en iyi (maximal) değeri, değer

<sup>132</sup>Rafael Caballero - Francisco Ruiz- Ralph E.Steuer, **Advances in Multiple Objective and Goal Programming**, Springer, Berlin, 1997, s.31

<sup>133</sup>Jones -Tamiz, a.g.e., s.37

<sup>134</sup>Caballero -Ruiz - Steuer, a.g.e.,p. 32

<sup>135</sup>Caballero-Ruiz-Steuer, a.g.e., p. 33

tahmini olarak ifade edilebileceği sınırsız durumların haricinde ilgili hedef kısıtında tek amaçlı maksimizasyonla bulunabilir.

Sıfır-bir yöntemi, her amacın aralıkta açıkça belirlendiği ve uygun kümenin tüm kısımlarının karar verici için potansiyel fayda olduğu durumlarda iyi bir yöntemdir. Fakat sınırsız hedef (optimal değer kesin olarak belli değil) ya da büyük boyutlu, sınırsız uygun bölgeyi barındıran problemlerde optimal değer ve dolayısıyla normalizasyon sabiti rastgele seçilmiş olabilir ve problem ilgisiz bir çözüme denk gelebilir. Bu yöntemdeki diğer bir husus ise amaçlar için en uygun olan hedefi belirlemek tek-amaçlı optimizasyonu gerektirdiğinden, bu durum büyük boyutlu ve karmaşık problemlerde çözüm sürecini uzatır, dolayısıyla yöntem pratik olmayabilir<sup>136</sup>.

### **2.5.4.3. Öklid Normalizasyonu (Euclidean Normalisation)**

Bu teknik ağırlıklı Hedef Programlamada en çok kullanılan normalizasyon tekniklerinden birisidir. Teknik De Kluver tarafından 1979'da tanıtılmıştır. Bu yöntemde normalizasyon sabiti amaçtaki teknik katsayılarının öklit (euclidean) biçimidir. Yöntem tüm hedef seviyeleri ve amaçlarla çalışır ve normalizasyon sabitini hesaplamada herhangi bir optimizasyon ya da karmaşık hesaplama gerektirmez<sup>137</sup>.

## **2.6. HEDEF PROGRAMLAMA TÜRLERİ**

Hedef Programlama problemleri Doğrusal, Doğrusal Olmayan ya da Tamsayılı Programlama gibi matematiksel programlama türüne göre sınıflandırılabilirken hedeflerin önemlerinin karşılaştırılma türüne ve amaç fonksiyonunun türüne göre öncelikli ve ağırlıklı olarak sınıflandırılabilir<sup>138</sup>.

### **2.6.1. Amaç Fonksiyonunun Yapısına Göre Hedef Programlama Türleri**

---

<sup>136</sup>Jones-Tamiz, a.g.e., p. 37

<sup>137</sup>Jones-Tamiz, a.g.e., p. 38

<sup>138</sup>Frederick S.Hillier-Gerald J.Lieberman, **Introduction To Operations Research**, 7.basım, McGraw-Hill Higher Education, New York, 2001, p.333

Amaç fonksiyonunun yapısına göre Hedef Programlama Türleri; Öncelikli, Ağırlıklı ve Min-Maks (Chebyshev) Hedef Programlama olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

### **2.6.1.1.Öncelikli Hedef Programlama**

Bu yaklaşım ilk olarak Charnes ve Cooper tarafından tanıtılmış ve Ijiri, Lee, ve Ignizio tarafından 1970'li yıllarda geliştirilmiştir. Hedef Programlamanın eski formülasyonlarının çoğu öncelikli hedef programlamayı kullanmıştır. Öncelikli Hedef Programlamada minimizasyon süreci amaç fonksiyonunda farklı önceliklerdeki hedefler önemine göre sıralanarak önem sırası daha yüksek olandan daha az olana doğru gerçekleşir. Yani daha yüksek öncelikli hedefler ilk olarak gerçekleştirilirken daha az öncelikli olan hedefler daha sonra gerçekleştirilir<sup>139</sup>. Verilen öncelik değerleri hiyerarşiyi temsil etmektedir. Bu yaklaşım karar vericinin hedeflerini önemine göre sıralamasına olanak sağlamaktadır.

### **2.6.1.2.Ağırlıklı Hedef Programlama**

Hedef Programlamanın ağırlıklı türünde sapma değişkenleri ilgili oldukları amacın görece önemine göre ağırlıklandırılır. Amaç fonksiyonu sapma değişkenlerinin ağırlıklı toplamının minimizasyonunu ifade eder<sup>140</sup>. Tamiz vd. 1995'teki çalışmasına göre 1990 öncesinde yapılan araştırmaların %75'i öncelikli, %25'i ağırlıklı Hedef Programlama iken Jones ve Tamiz (2002)'in çalışmasına göre 1990-2000 arası yapılan araştırmaların %59'u öncelikli %41'i ağırlıklı Hedef Programlamaya yönelik olduğu belirtilmiştir. 2000 ve sonrası için ise bu yüzdeliğin ağırlıklı Hedef Programlama için artış trendi gösterdiği görülmektedir<sup>141</sup>. Hedef Programlama'nın ağırlıklı modelinin diğer bir özelliği de aynı önceliğe sahip hedeflere ağırlık verilebilmesidir. Bunun yapılabilmesi için ise aynı önceliğe sahip hedeflerin aynı birimle ifade edilmesi gerekmektedir<sup>142</sup>.

<sup>139</sup>Carlos Romero-Tahir Rehman, **Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions**, 2.Basım, Elsevier Science, Amsterdam,2003, s.38

<sup>140</sup>Kaiser-Messer, a.g.e., s.431

<sup>141</sup>Jones- Tamiz, a.g.e., s.27

<sup>142</sup> Gülnur Keçek, "Bir Dişli Fabrikasında Tamsayı Hedef Programlama Uygulama Denemesi", **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Sayı:13, s.4

### 2.6.1.3.Min-Max (Chebyshev) Hedef Programlama

Hedef Programlamanın başlıca diğer bir yaklaşımı da 1976 yılında Flavell tarafından tanıtılan min-max Hedef Programlamadır. Bu yaklaşım aynı zamanda Chebyshev Uzaklık Ölçüsü ( $L_\infty$ ) ortalamasını kullandığından Chebyshev Hedef Programlama olarak da bilinmektedir<sup>143</sup>. Diğer bir ifade ile karar verici hedefler kümesinin başarısı arasında iyi bir denge sağlamaya çalışır. Bu yaklaşım farklı hedeflerin başarıları arasından en dengeli çözümü temsil eden optimal çözümü sağlamaktadır<sup>144</sup>. Yaklaşım Ağırlıklı Hedef Programlama'ya benzemektedir. Fakat bu yaklaşımda hedeflerden ağırlıklı sapmaların toplamının minimizasyonu yerine, bir amacın hedefinden olan maksimum sapmanın minimizasyonu söz konusudur. Min-Max Hedef Programlamanın genel yapısı model (2.13)'de ifade edilmektedir<sup>145</sup>:

$$\begin{aligned} \text{Minimum } Z &= d & (2.13) \\ \text{Kısıtlayıcılar} & \\ \alpha_j d_j^+ + \beta_j d_j^- &\leq b, & j = 1, 2, \dots, M \\ f_j(x) - d_j^+ + d_j^- &= t_j, & j = 1, 2, \dots, M \\ x &\in S, \\ d_j^-, d_j^+ &\geq 0 & j = 1, 2, \dots, M \end{aligned}$$

Burada;

- $d$  : Maksimum sapmayı ölçen değişken  
 $\alpha_j$  ve  $\beta_j$  : Amaç (başarım) fonksiyonunda sapmalara verilen pozitif ağırlıklar  
 $d_j^+$  : j amacına ilişkin pozitif sapma  
 $d_j^-$  : j amacına ilişkin negatif sapma  
 $b$  : Sağ taraf sabitleri(hedefler)  
 $S$  : Uygun kümedir.

<sup>143</sup>Jones-Tamiz, a.g.e., s.15

<sup>144</sup>M.A. Yaghoobi- M.Tamiz, "A Method For Solving Fuzzy Goal Programming Problems Based On MINMAX Approach", **European Journal Of Operational Research**, Vol:177, Sayı:3, 2007, s.1584

<sup>145</sup> Kalyanmov Deb, **Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms**, John Wiley&Sons, London, 2001, s.73

Min-max Hedef Programlamanın avantajları olarak karar vericinin hedeflerin başarımıyla ilgili tercihsel bilgisine gerek duyulmaması ve modelin problemi bir tek amaçlı optimizasyon problemine dönüştürmesi belirtilebilir<sup>146</sup>.

## 2.6.2. Karar Değişkenleri ve Hedeflerin Yapısına Göre Hedef Programlama Türleri

Hedeflerin ve karar değişkenlerinin matematiksel yapısı baz alındığında hedef programlama Bulanık HP, Tamsayı ve 0-1 HP olarak ayrılabilir.

### 2.6.2.1. Bulanık Hedef Programlama

Hedef Programlama’da hedef değerleri, ağırlıklar ve öncelikler çoğunlukla karar verici tarafından deterministik olarak belirlenir. Bu durum ise öznelliğe neden olmaktadır. Pratikte ise gerçek problemlerin birçoğu kesin olmayan çerçevede yer almaktadır. Karar verme çoğunlukla amaçların, kısıtların ve parametrelerin belirsiz olduğu çevrede gerçekleştiğinden ihtiyaç duyulan bilginin bir kısmı elde edilebilir. Belirsiz ve kesin olmayan hedefleri içeren birçok yaklaşım tanıtılmıştır. Belirsizlik yaklaşımı geleneksel karar verme problemlerine Bellman ve Zadeh tarafından, Hedef Programa formülasyonuna ise 1980’de Narasimhan tarafından dahil edilen Bulanık Küme Kuramı’dır<sup>147148</sup>. Özel yargılar Bulanık Küme Kuramı ele alınarak belirsizlikleri dikkate alan bir modele dahil edilebilir. Hedef Programlamada bulanık kümelerdeki üyelik fonksiyonları ile özel hedefler “yaklaşık olarak...’e eşit” ve “den oldukça küçük” gibi daha doğal ifadelerle belirtilebilir<sup>149</sup>.

---

<sup>146</sup>Ravindran, a.g.e., p.135

<sup>147</sup>Yaghoobi-Tamiz, a.g.m., p.1581

<sup>148</sup>Chaofang Hu-Shaokang Zhang-Na-Wang, "Enhanced interactive satisficing method via alternative tolerance for fuzzy goal programming with progressive preference", **Applied Mathematical Modelling**, Vol:38, 2014, p.1

<sup>149</sup>İrfan Ertuğrul, "Bulanık Hedef Programlama ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama Örneği", **Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:6, sayı:2, 2005, s.52



### 2.6.2.2. Tamsayı ve 0-1 Hedef Programlama

Tamsayı Hedef Programlama, çok amaçlı karar verme problemlerine uygun olarak tanım aralığında karar değişkenlerinin kesikli ve tamsayı değerler almasıyla sınırlandırıldığı Hedef Programlama türüdür<sup>150</sup>. Medya Seçimi, Sermaye Bütçeleme, Gezgin Satıcı Problemi, Proje Çizelgeleme problemleri gibi karar değişkenlerinin tamsayı değer aldığı problemlere uygulanabilir. Tamsayı Hedef Programlama ağırlıklı, öncelikli ya da min-max Hedef Programlamaları şeklinde olabilir. Modeldeki tüm tamsayı değişkenlerin 0 ya da 1 olması şeklinde sınırlandırılması halinde **0-1 Hedef Programlama** söz konusu olmaktadır. Tamsayı Doğrusal Hedef Programlama'nın genel modeli (2.14)'te ifade edilmektedir<sup>151</sup>:

$$\text{Minimum } Z = [P_1 h_1(d_1^-, d_1^+), P_2 h_2(d_2^-, d_2^+), \dots, P_k h_k(d_k^-, d_k^+)] \quad (2.14)$$

*Kısıtlayıcılar*

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^J c_{ij} + d_i^- - d_i^+ &= b_i & i \in P_1 & \text{ için} \\ x_j, d_i^-, d_i^+ &\geq 0 & \forall i, j \\ x_t &= 0, 1, 2, \dots & t \in \theta \end{aligned}$$

Burada;

$\theta$  : tamsayı değer alan karar değişkenlerinin indis kümesi

$T$  :  $\theta$  kümesine ait bir indisidir.

### 2.6.3. Modelin Yapısına Göre Hedef Programlama Türleri

Hedef Programlama modelinde amaç fonksiyonların, hedef kısıtların ve sistem kısıtların arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı durumu ele alındığında Hedef Programlama, Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Hedef Programlama olmak üzere ikiye ayrılabilir.

<sup>150</sup> Jones-Tamiz, a.g.e., p.21

<sup>151</sup> James P. Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p.119

### 2.6.3.1.Doğrusal Hedef Programlama

Hedef Programlama'nın bu türünde modeldeki tüm fonksiyonlar doğrusaldır. Tekniğin matematiksel gösterimi kısmında ayrıntılı olarak değinildiğinden bu kısımda ayrıca değinilmeyecektir.

### 2.6.3.2.Doğrusal Olmayan Hedef Programlama

Hedef Programlama'nın bu türünde çok amaçlı karar modeli tamamen doğrusal olmayan fonksiyonlardan oluşur ya da doğrusal ve doğrusal olmayan fonksiyonların kombinasyonundan meydana gelir.<sup>152</sup>

## 2.7.HEDEF PROGRAMLAMAMIN UYGULAMA ALANLARI

1970 ve 1980'li yıllarda Hedef Programlama kaynak planlaması, muhasebe, tarımsal planlama, portföy yönetimi, su kaynakları planlaması, tarımsal büyüme planlaması, beslenme planı, akademik kaynak planı, işgücü planı, üretim planlaması gibi birçok alanda uygulanmıştır. Bu uygulamaların çoğunluğu ise Öncelikli Hedef Programlama'yı kullanmışlardır. Bu tarihlerden itibaren ise uygulamalarda ağırlıklı hedef kullanım oranının daha yüksek olduğu görülmektedir<sup>153</sup>.

Tamsayılı Hedef Programlama ve Doğrusal Olmayan Hedef Programlama ise maliyet, transfer fiyatlaması, bütçeleme, tarımsal planlama, ormancılık, gelirin yeniden tahsisi, endüstriyel gelişme, milli politika, Banka portföyü, sermaye bütçeleme, insan kaynakları planlaması, finansal planlama, yatırım planlama, proje seçimi, portföy analizi, sağlık hizmetleri bütçelemesi gibi alanlarda uygulanmıştır<sup>154</sup>.

---

<sup>152</sup> Ignizio P.James, a.g.e.,p.2

<sup>153</sup>Tamiz-Jones, a.g.m., p. 45

<sup>154</sup>Schniederjans,a.g.e., p.85

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### HEDEF PROGRAMLAMANIN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

#### VEHEDEF PROGRAMLAMADA ÖZEL DURUMLAR

Hedef Programlama geleneksel optimizasyon mantığını karar vericinin birden çok amacını tatmin etmedeki tercihiyle birleştirir. Ayrıca esnek yapısı ile karar vericinin tercih yapısının ve etkin sınırın kesin olarak bilinmediği karmaşık karar problemlerini ele almada da uygundur<sup>155</sup>. Fakat bütün bu güçlü noktalarının yanında, Hedef Programlama zorluklara da sahiptir. Çalışmanın bu kısmında Doğrusal Hedef Programlamanın çözüm yöntemlerine ve modelleme ve analiz sürecinde karşılaşılabilecek bazı özel durumlara değinilmiştir.

#### 3.1. HEDEF PROGRAMLAMA ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Hedef Programlama çözümü için kullanılan birçok algoritma ve yöntem bulunmaktadır. Bunların bir kısmını aşağıdaki şekilde incelemek mümkündür:

##### 3.1.1. Doğrusal Hedef Programlama Çözüm Yöntemleri

Doğrusal Hedef Programlamanın çözüm yöntemleri; grafik yöntemi, iteratif çözüm yöntemi ve değiştirilmiş simpleks yöntemleri olarak sıralanabilir.

###### 3.1.1.1. Grafik Yöntemi

---

<sup>155</sup>Enrique BALLESTERO- Carlos Romero, Multiple Criteria Decision Making and Its Applications To Economic Problems, Springer Science, New York, 1998, p.43

Grafik yöntemi iki karar değişkenli Hedef Programlama problemlerine uygulanabilmektedir. Yöntemin adımları aşağıdaki gibi belirtilebilir<sup>156</sup> :

**Adım 1:**Karar değişkenleri bakımından tüm amaçların grafiğini çiz. ( Doğrusal modelde bunlar düz bir doğru ya da düzlemdir)

**Adım 2:** En yüksek önceliğe sahip olan amaçların çözümleri belirle.

**Adım 3:** Diğer en yüksek önceliğe sahip olan amaç / amaçlarla devam et ve bu amaç ya da amaçlar kümesinin en iyi çözümü /çözümlerini belirle. ( Bu en iyi çözüm /çözümler diğer daha yüksek önceliğe sahip amaçların çözümünü indirgemez)

**Adım 4:** Adım 3'ü bütün öncelikli seviyeler başarılmaya kadar tekrar et.

### **3.1.1.2.İteratif Çözüm (Ardışık Doğrusal Hedef Programlama) Yöntemi**

İteratif çözüm yöntemi (sequential linear method) Doğrusal Programlama problemler dizisini grafik yöntemine benzer bir şekilde çözer. Dizideki ilk doğrusal programlama problemi başarımlar fonksiyonunun ilk bileşenini, birinci öncelikli ilişkili kısıtlayıcılara bağlı olarak minimize ederken ikinci doğrusal program, birinci ve ikinci önceliklerle ilişkili kısıtlayıcılara bağlı olarak başarımlar fonksiyonunun ikinci bileşenini ve önceki çözümde bulunan birinci öncelikteki sapma değişkenlerin değerlerini onları indirgmeden minimize etmektedir. Bu ardışık prosedür son Doğrusal Programlama modeline çözümlene ya da dizideki problemlerden birinde hiçbir alternatif optimum çözüm kalmayana kadar devam eder<sup>157</sup>.

### **3.1.1.3.Değiştirilmiş Simpleks Yöntemi**

Klasik Doğrusal Programlama modellerinin çözümünde kullanılan Simpleks yöntemi ardışık işlemler gerçekleştirilerek optimum çözümü iteratif süreç kullanarak elde eden bir yöntemdir. Söz konusu yöntem biraz daha geliştirilip değiştirilerek Doğrusal Hedef Programlama modellerinin çözümünde de kullanılabilir<sup>158</sup>.

<sup>156</sup>Ignizio P.James, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p.31

<sup>157</sup> Romero - Rehman, a.g.e., p.48

<sup>158</sup>Cüneyt Akar, Çok Amaçlı Karar Verme Tekniği Olarak Hedef Programlama ve Bir Uygulama Denemesi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, 2002, s.51

Ignizio Değiştirilmiş Simpleks tablosunun genel görünümünü Tablo 3.1'deki gibi belirtmiştir<sup>159</sup>:

**Tablo 3.1.**Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks Tablosu

$P_k$ · · $P_1$	$W_{k,1} \dots W_{k,j}$ · · $W_{1,1} \dots W_{1,j}$	$W_{k,j+1} \dots W_{k,j+m}$ · · $W_{1,j+1} \dots W_{1,j+m}$	
$P_k \dots P_1$	$x_1 \dots x_j$	$d_2^+ \dots d_m^+$	$\bar{b}$
$u_{1,k} \dots u_{1,1} d_1^-$ · · $u_{m,k} \dots u_{m,1} d_m^-$	$e_{1,1} \dots e_{1,j}$ · · $e_{m,1} \dots e_{m,j}$	$e_{1,j+1} \dots e_{1,j+m}$ · · $e_{m,j+1} \dots e_{m,j+m}$	$b_1$ · · $b_m$
İndeks $P_1$ · · Satır $P_k$	$l_{1,1} \dots l_{1,j}$ · · $l_{k,1} \dots l_{k,j}$	$l_{1,j+1} \dots l_{1,j+m}$ · · $l_{k,j+1} \dots l_{k,j+m}$	$a_1$ · · $a_k$

Tabloda ( 3.1.) deki başlıklar ve elemanlar;

**Başlıklar:**

$P_k$  : k. Öncelik seviyesi  $k = 1, \dots, K$ ,

$\bar{b}$  :  $\bar{b}$ 'nin altındaki ( $b_1, \dots, b_m$ ) amaçların sağ taraf değerleri

**Elemanlar:**

$j$  :  $1, 2, \dots, J$ ;  $i = 1, \dots, m$ ;  $s = 1, \dots, S$ ;  $k = 1, \dots, K$

$W_{k,s}$  : s. temel olmayan değişkenine ilişkin  $k(P_k)$  önceliğinin ağırlık faktörü

$u_{i,k}$  : i. temel değişkenine ilişkin  $k(P_k)$  önceliğinin ağırlık faktörü

$l_{k,s}$  : s. temel olmayan değişkeninin altındaki k önceliğinin endeks rakamı

$a_k$  : a ( $a_1, a_2, \dots, a_k$ ) olduğu k önceliğinin başarıma seviyesi

Hedef Programlama modelinde tek öncelik seviyesi varsa bu klasik Doğrusal Programlama'daki Simpleks yöntemine benzer.  $a_k$  değeri k önceliği için başarıma

<sup>159</sup>Ignizio, *Goal Programming and Extensions*, a.g.e, p.44

seviyesini göstermektedir. Doğrusal Hedef Programlama modellerinde amaç (başarım) fonksiyonu minimizasyon şeklinde olduğu için  $a_k$  değeri azaldıkça başarım seviyesi artmaktadır. Sıfır değeri ise ilgili öncelikteki amaçlar kümesinin tamamen başarıldığını gösterir<sup>160</sup>.

Tablodaki indeks satırlar mevcut çözümün optimum olup olmadığını gösterir. Algoritmanın adımları ise aşağıdaki gibidir :

### **Adım 1: Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks Tablosunun Düzenlenmesi**

Başlangıç değiştirilmiş simpleks tablosu oluşturulur. Bu aşamada her öncelik düzeyi için  $Z_j - C_j$  satırı oluşturulur ve öncelikler  $(P_1, P_2, \dots, P_k)$  sıralanır<sup>161</sup>. Her bir öncelik için  $k$  tane  $Z_j - C_j$  satırı bulunmaktadır.  $k=1$  alınarak sadece birinci öncelik seviyesi için indeks satırı hesaplanır ve 2.adıma geçilir.

### **Adım 2: Temele Girecek Değişkenin Belirlenmesi**

Bu aşamada  $P_i$  öncelik düzeyindeki indeks satırının sağ taraf değerleri ( $a_k$ ) araştırılır. Değer sıfır ise birinci öncelik seviyesi başarılmıştır, 5.adıma geçilir. Sıfır değil ise  $k$ .indeks satırındaki her bir pozitif değerli indeks rakamına ( $l_{k,s}$ ) bakılır. Daha yüksek seviyede en büyük pozitif değerli  $l_{k,s}$  anahtar sütunu olarak seçilir. Eğer  $l_{k,s}$  bulunamazsa 5.adıma geçilir. Anahtar sütundaki temel olmayan değişken yeni temele girecek değişkendir<sup>162</sup>.

### **Adım 3 : Temelden Çıkacak Değişkenin Belirlenmesi**

Bu aşamada Klasik Doğrusal Programlamada olduğu gibi sağ taraf değerleri ( $b_1, b_2, \dots, b_m$ ) ilgili olduğu sütunda karşılık gelen katsayılara bölünerek oranlar elde edilir. Bu oranlardan minimum olanı seçilir. Bu orana isabet eden satırdaki değişken temelden çıkar ve satır anahtar satır olur.

### **Adım 4 : Yeni Tablonun Oluşturulması**

Bu aşamada anahtar satırın her elemanı anahtar sayıya bölünür. Bu satır yeni simpleks tablosuna yazılır ve bunu klasik Doğrusal Programlama'daki gibi diğer anahtar

<sup>160</sup>Ignizio, *Goal Programming and Extensions*, a.g.e.p.45

<sup>161</sup>Akar, a.g.e.,s.51

<sup>162</sup>Spronk, a.g.e., p.90

satır olmayan tüm satırların yeni değerleri anahtar sütunda anahtar sayının 1 diğerlerinin sıfır olacak şekilde düzenlemesi takip eder.

### **Adım 5 : Bir Sonraki Düşük Öncelik Seviyesinin Değerlendirilmesi**

Bu adımda  $k=k+1$  değerlendirilir. Eğer  $k$  toplam öncelik seviyelerinin sayısını aşmışsa 6.adıma geçilir. Eğer aşmamışsa  $P_k$  (bir önceki öncelik seviyesi) için indeks satırı oluşturulur ve 2.adıma geçilir.

### **Adım 6 : Optimalliğin Son Kontrolü**

İndeks satırında  $\forall a_k = 0$  ise mevcut çözüm optimum çözümdür. Herhangi bir  $a_k > 0$  ise ilgili satırdaki  $I_{k,s}$  değerleri kontrol edilir. Fakat herhangi bir  $I_{k,s} > 0$  ( $a_k > 0$  satırındaki) ise bu pozitif değerli  $I_{k,s}$  elemanlarının üstündeki indeks satır değerleri incelenir. Eğer bu pozitif  $I_{k,s}$  değerlerinin bulunduğu sütunlarda bir üst öncelik düzeyi için negatif değerler varsa çözüm optimumdur. Pozitif  $a_k$  ile ilgili söz konusu sütunlarda bir üst öncelik için yine pozitif  $I_{k,s}$  değerleri varsa çözüm henüz optimal değildir ve Adım 2'ye dönülür<sup>163</sup>.

Değiştirilmiş Simpleks yöntemi prosedürü standart Simpleks prosedüründen çok farklı değildir. Temel farklılık Hedef Programlamanın öncelikli yapısının da yer aldığı pivot seçiminde oluşmaktadır<sup>164</sup>.

### **3.1.1.4.Tamsayı Doğrusal Hedef Programlama Çözüm Yöntemleri**

Tamsayı Hedef Programlama çözüm yöntemleri karma tamsayı, bütünüyle tamsayı ve 0-1 tamsayı çok amaçlı problemler için geliştirilmiş olup Gomory Kesme Düzlemi, Dal-Sınır ve Tamsayılama yaklaşımlarına dayanmaktadır<sup>165</sup>. Bunlardan Gomory Kesme Düzlemi ve Dal-Sınır teknikleri Doğrusal Programlama'dakine çok benzemektedir. Gomory Kesme Düzleminin aşamaları aşağıdaki gibidir<sup>166</sup>:

**Adım 1:** Her amacın hem sağ taraf sabitleri hem de sol taraf katsayıları tamsayı değerler olmalıdır (Bunun sağlanması için gerekirse sabit bir çarpan kullanılabilir)

<sup>163</sup>Ignizio, *Goal Programming and Extensions*, a.g.e, s.48

<sup>164</sup>Spronk, a.g.e., s. 90

<sup>165</sup>Keçek, a.g.m., s.5

<sup>166</sup>Ignizio,*Goal Programming and Extensions*, a.g.e., s.121

**Adım 2:** Problem değiştirilmiş simpleks yöntemi ile çözülür. Birinci öncelik seviyesi diğer mutlak amaçlar için korunmalıdır

**Adım 3:** 2.adımdaki çözümün tümü tamsayılı ise çözüm bulunmuştur. Değilse tamsayılı değişkenler elde etmek için bir sonraki adımda bahsedilen kesme düzlemi amaçları oluşturulur

**Adım 4:** 2.adımdaki son simpleks tablosundan tamsayı olmayan bir değişken seçilir. Genellikle kesirli kısmı en büyük olan değişken seçilir ve daha sonra kesme düzlemi amacı bu değişkeni tamsayılı yapmak için formüle edilir

**Adım 5:** Problemin formülasyonuna kesme düzlemi amacı mutlak amaç olarak birinci öncelik seviyesinde eklenir ve 2.Adıma dönülür

Dal-sınır tekniği ise karma tamsayılı doğrusal programlama modellerine de uygulanabilir. Doğrusal Hedef Programlamanın sonucu tamsayılı ise çözüm bulunmuştur. Tamsayılı değil ise çözümde tamsayı olmayan bir değer kullanılarak yeni iki tane mutlak amaç geliştirilir.  $x_s$ , kesirli kısmı  $\hat{x}_s$  olan tamsayı olmayan değişken olarak alınsın. O zaman  $x_s$ ,  $\hat{x}_s$  ve  $x_s$  değerinden daha küçük olan en büyük tamsayı değeri  $[\hat{x}_s]$  ile aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$[x_s] < x_s < [\hat{x}_s] + 1 \quad (3.1)$$

Fakat bu aralıktaki çözümler  $x_s$  için uygun değildir. Bun durumdan kaçınmak için Denklem (3.2) ve (3.3)'teki şekilde gösterilebilir:

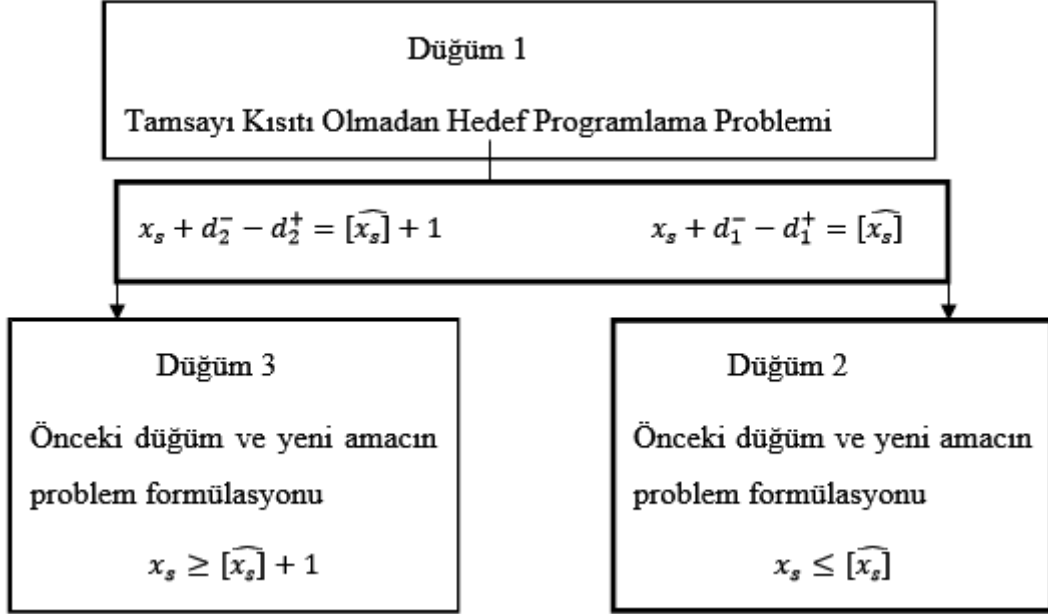
$$x_s \leq [\hat{x}_s] \quad (3.2)$$

$$x_s \geq [\hat{x}_s] + 1 \quad (3.3)$$

Bu iki amacın her biri önceki problem için yeni bir dal olarak ifade edilir. Bu her yeni dala ilişkin problem, önceki problem ve bu dala ilişkin yeni amacın olduğu Hedef Programlama problemidir. Bu yeni eklenen problemler çözülür ve tamsayılı çözüm elde edilene kadar belli kurallara göre süreç tekrarlanır. Bu süreç şekil 3.1.'te gösterilmiştir:



Şekil 3.1. Sınır-Dal Tekniğinin Şematik Gösterimi



Kaynak: James P. Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, Lexington Books, London, 1976 ,p.130

Burada;

$\theta$  : Tamsayılı değer alması gereken değişkenlerin indisler kümesi

$\bar{x}_q$  :  $q$  düğümünde Doğrusal Programlama ile elde edilen çözüm

$\bar{r}_q$  :  $q$  düğümünde Doğrusal Programlama ile hesaplanmış  $z$  değeri

$\bar{r}^*$  : Şimdiye kadar elde edilen en uygun çözüm

$GP_q$  :  $q$  düğümündeki Hedef Programlama formülasyonu

$NG_q$  :  $q$  düğümündeki yeni amaçtır.

Herhangi  $\bar{r}_a$  ve  $\bar{r}_b$  çözümleri için, eğer  $\bar{r}_a$  değerinin bir öncelik seviyesi,  $\bar{r}_b$  değerine karşılık gelen değerden daha küçükse ve bu iki değerdeki önceki tüm öncelik seviyeleri eşit İse  $\bar{r}_a$  çözümü  $\bar{r}_b$  çözümüne tercih edilir. Örnek verilecek olursa  $\bar{r}_3$ : (0,170,18,200) ve  $\bar{r}_4$ : (0,170,14,303) çözümlerinden  $\bar{r}_4$  çözümü  $\bar{r}_3$  çözümüne tercih edilir.

Doğrusal Hedef Programlama'nın çözümünde kullanılan Dal-Sınır tekniğinin adımları aşağıdaki gibidir<sup>167,168</sup>:

**Adım 1:** Problem doğrusal tamsayılı Hedef Programlama formülasyonu ile oluşturulur ve birinci öncelik seviyesi olarak mutlak amaçlar ifade edilir.

**Adım 2:**  $q=1$  ,  $q^*=1$  ve  $\bar{r}^*=(M,M,...M)$  olarak alınır. Burada M keyfi büyük bir sayıdır. Tamsayı kısıtları haricinde Hedef Programlama formülasyonu  $GP_q$  olarak gösterilir.

**Adım 3:**  $q$  düğümünde, doğrusal programlamayla çözüm ve  $z$  değerini ( $\bar{x}_q$  ve  $\bar{r}_q$ ) elde etmek için düğümdeki Hedef Programlama problemi ( $GP_q$ ) çözülür.

**Adım 4:**  $z$  değerindeki ( $\bar{r}_q$ ) ilk terim kontrol edilir. Eğer bu terim pozitif ise en az bir tane mutlak amaç gerçekleştirilemediğinden bu düğümde uygulanabilir bir çözüm oluşmaz. Bu düğüm sonlandırılır ve 7.adıma geçilir. İlk değer pozitif değil ise 5.adıma geçilir.

**Adım 5:**  $\bar{r}_q$ , şimdiye kadar elde edilen en uygun çözümle ( $\bar{r}^*$ ) karşılaştırılır. Eğer daha iyi bir çözüm elde edilmişse 6.adıma geçilir.  $\bar{r}_q$ ,  $\bar{r}^*$  çözümüne tercih edilmemiş ise 7.adıma geçilir.

**Adım 6:**  $\bar{x}_q$  kontrol edilir. Eğer  $\theta$ 'nın bütün elemanları  $\bar{x}_q$  değerinde tamsayı değerini alıyorsa  $q$  düğümündeki çözüm şimdiye kadar elde edilen en uygun çözüm olur. Yeni  $\bar{r}^*$  değeri hesaplanan  $\bar{r}_q$  ve  $q^*=q$  olur. Sonlandırılmamış tüm düğümlerin alt sınır değerleri ( $\bar{r}$ ) yeni  $\bar{r}^*$  değeriyle karşılaştırılır ve bu yeni değer üstün geldiği düğümler sonlandırılır. 7.Adıma geçilir (Eğer  $\theta$  kümesinde kesirli (ondalıklı) bir sayı varsa  $q$  düğümü sonlandırılmadan 8.adıma geçilir)

**Adım 7:** Tüm düğümlerin sonlandırılması durumunda durulur ve  $\bar{r}^*$  optimum çözüm olarak  $q^*$  ise optimum düğüm olarak belirlenir. Sonlandırılmayan bir düğüm varsa 8.adıma geçilir.

**Adım 8:** Eğer  $q$  çift sayı değerli ise 11.Adıma, aksi takdirde 9.Adıma geçilir.

**Adım 9:** Henüz sonlandırılmamış ya da dallandırılması bitmemiş düğüme ilişkin tüm  $\bar{r}_q$  değerleri kontrol edilir. Bir sonraki dallandırma için en çok tercih edilebilir olan  $\bar{r}_q$  değeri seçilir.

<sup>167</sup>Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p.131

<sup>168</sup>Demet Ergün, Hedef Programlama ile Üretim Planlaması, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2006, s.31

**Adım 10:**  $q=q+1$  oluşturulur ve 9.adımda seçilen düğümdeki  $\theta$  kümesinden kesirli bir değişken seçilir.  $x_s \leq [\widehat{x}_s]$  denklemine göre yeni bir mutlak amaç oluşturulur. Bu yeni amaç ( $NG_q$ ) bir önceki düğüme eklenir ve bu düğüm ( $GP_q$ ) çözülür. Yeniden  $\bar{x}_q$  ve  $\bar{r}_q$  değerleri bulunarak 4.adıma geçilir.

**Adım 11:**  $q=q+1$  oluşturulur 10.adımda seçilen değişken kullanılarak  $x_s \geq [\widehat{x}_s] + 1$  denklemine göre yeni bir mutlak amaç oluşturulur. Bu yeni amaç ( $NG_q$ ) bir önceki düğüme eklenir ve bu düğüm ( $GP_q$ ) çözülür ve  $\bar{x}_q$  ve  $\bar{r}_q$  değerleri bulunur. 4.Adıma geçilir<sup>169</sup>.

### 3.1.2. Diğer Çözüm Yöntemleri

Hedef Programlama modellerine çözüm üretmede birçok farklı yöntem ve algoritma bulunmaktadır. Ignizio (1972), Ijiri (1965), Lee (1972), Evans ve Steuer (1973), Schniederjans ve Kwak (1982) gibi bilim dünyasındaki birçok akademisyen ve araştırmacı Hedef Programlama için çözüm yöntemleri geliştirmişlerdir.

Doğrusal Olmayan Hedef Programlamada çözüm olarak birçok yöntem bulunmaktadır. Yazında genellikle kullanılan teknikler<sup>170</sup>;

- Simpleks Tabanlı
- Gradyan Arama Tabanlı ve
- Etkileşimli

yaklaşımlardır.

Karar verme modellerinin karmaşıklaşması ile beraber problemleri elde çözmek oldukça zorlaşmıştır. Fakat bilgisayarlı teknolojinin gelişmesi ile beraber bu problemler bilgisayarlar aracılığı ile kısa bir süre içerisinde çözülebilmektedir. Öncelikli Hedef Programlama için geliştirilen ilk bilgisayarlı yöntem 1969'da Jääskeläinen tarafından üretilmiş, ilerleyen yıllarda Arhtur ve Ravindran, Scniederjans ve Kwak, Markland ve Vickery tarafından çözüm yöntemleri geliştirilmiş ve genişletilmiştir<sup>171</sup>. Hedef Programlama'ya olan ilginin arttığı 70'li ve 80'li yıllarda S.M.Lee (FORTRAN) ve Ignizio

<sup>169</sup>Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p.132

<sup>170</sup>Schniederjans, a.g.e., s. 48

<sup>171</sup>M.Tamiz- D.F.Jones, A review of Goal Programming and its applications, **Annals of Operations Research**, cilt:58, p.43

(MULTIPLEX) tarafından geliştirilen programlar ise bu alanda daha sonra birçok Hedef Programlama yazılım sistemlerinin öncüsü olmuşlardır<sup>172</sup>.Günümüzde ise bu programlardan en çok kullanılanlarından birkaçı Solver, CPLEX, WinQSB, LINDO veLINGO'dur.

### 3.2.HEDEF PROGRAMLAMADA ÖZEL DURUMLAR

Çalışmanın bu kısmında Hedef Programlamada modelleme aşamasında oluşabilecek bazı özel durumlar açıklanacaktır.

#### 3.2.1. Hedeflerin Belirlenmesi

Karar verici hedef kısıtlarına sayısal bir erişim değeri belirlerken her zaman kesin olarak bir değer veremeyebilir. Bu durumda, bu sağ taraf sabitleri alt ya da üst sınır olarak belirlenebilir. Bu noktada ulaşılamaz değerlerin atanması, bu amaçların başarısının daha düşük öncelik seviyesindeki amaçların başarısından daha düşük olacaktır. Diğer bir nokta, negatif hedef değerlerinin olmasıdır.

Matematiksel olarak negatif amaçta herhangi bir yanlış olmamasına rağmen değiştirilmiş Simpleks algoritmasında sağ taraf sabitlerinin negatif olmayan değer olması gerekmektedir. Bu durum hedef kısıtını "-1" ile çarparak giderilebilir<sup>173</sup>. Sondurumda başlangıç Simpleks tablosunda temel değişkenler olarak sadece negatif değerlerin olacağına değinilmişti. Ancak eksi ile çarpılan hedef kısıtında sapma değişkenlerin işaretleri değiştiğinden negatif sapma değişkeni başlangıç temel değişken olarak düşünülemez. Bu durumda pozitif olan sapma değişkeni temel değişken olarak alınır.

Hedefler ile ilgili diğer bir husus ise model oluşturma aşamasında kriterler belirlendiğinde hedef kısıtları ile sistem kısıtlayıcılarının doğru bir şekilde ayırımının yapılmasıdır. Çünkü sistem kısıtlayıcıları değişken uzayındadır ve geçerli bir çözümün olabilmesi için kesin olarak tatmin edilmelidirler. Bu gerekliliği sağlamayan durumlar ise hedef kısıtı olarak yer almalıdır<sup>174</sup>.

<sup>172</sup>Schniederjans, a.g.e.,p.63

<sup>173</sup>Ignizio, **Goal Programmin and Extensions**, a.g.e., p.57

<sup>174</sup>Jones-Tamiz, a.g.e., p.22

### 3.2.2. Giren ve Ayrılan Değerlerin Belirlenmesi

Temele girecek değişken belirlenirken en yüksek öncelik seviyesinde iki ya da daha fazla değişken aynı pozitif değerli ise bu durumda rastgele birisi seçerek devam edilir. Benzer şekilde temelden ayrılacak değişken belirlenirken en küçük değerli oran iki ya da daha fazla varsa bu durumda daha yüksek öncelikli değişken seçilir. Bazı durumlarda ise temel değişkenler öncelikli yapıda olmayabilir, bu durumda rastgele bir seçim yapılır<sup>175</sup>.

### 3.2.3. Geçersiz Çözüm

Geçersiz(İnfeasible) çözüm kavramı; tüm kısıtların tam olarak tatmin edilmesi gerektiği Doğrusal Programlama ile ilgilidir. Çünkü bilindiği gibi Hedef Programlama'da hedeflerden sapma değişkenleri yer almaktadır. Bununla birlikte bazen mutlak amaçlar en yüksek öncelikli seviyede olduğunda geçersizlik söz konusu olabilmektedir. Bu geçersizlik çözüm sürecinin sonunda, birinci öncelikteki amacın (mutlak amacın) tam olarak başarılmadığını gösteren suni sapma değişkenlerinin optimal tabloda kalmasıyla görülebilir<sup>176</sup>.

### 3.2.4. Sınırsız Çözüm

Doğrusal Programlama'daki sınırsız çözüm durumunda, karar değişkenlerinin değeri ve buna bağlı olarak da amaç fonksiyonunun değeri sınırsız olarak artar ve en iyi çözüme ulaşamaz. Bunun olası sebebi ise değişkenlerin sınırlı değerler almasını sağlayan kısıtlayıcının modelleme aşamasında modele dahil edilmemesi ya da yasal sınırlamaların yer almaması olabilir. Ancak, Doğrusal Hedef Programlama'da her amaç sağ taraf sabitleri ile sınırlandırılmıştır. Diğer bir ifadeyle bir amacı mutlak suretle maksimize eden bir çözüm değil tatmin eden bir çözüm aranır. Dolayısı ile Doğrusal Hedef Programlama'da sınırsız çözüm durumu Doğrusal Programlama'dakine benzer bir şekilde oluşmamaktadır<sup>177</sup>.

## 3.3. HEDEF PROGRAMLAMADA DUALİTE

<sup>175</sup>Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p.58

<sup>176</sup>Akar, a.g.e., s.79

<sup>177</sup>Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p.60

Dualite, ekonominin yanı sıra tek hedefli matematik programlamada önemli bir kavramdır. Primal model malların tahsisiyle ilgilenirken dual model fiyatlarla ilgilenir. Bu iki kavram tahsis ve fiyatları içeren bir denge probleminde kesişirler. Çok amaçlı optimizasyonda ise tek bir dualleştirme kavramının olmadığı görülmektedir<sup>178</sup>.

Hedef Programlama’da dualite kavramı Doğrusal Programlama’dakine benzetmekle beraber biraz farklılaşmaktadır. Çünkü bir Doğrusal Programlama modelinin duali de doğrusal iken, Doğrusal Hedef Programlama’nın duali “**Çoklu, Önceliklendirilmiş Sağ Taraf Değerli**” bir programlamadır. Bu nedenle Doğrusal Hedef Programlamada “**Çok Boyutlu Dual (Multidimensional Dual)**” kavramı kullanılmıştır<sup>179</sup>. 1960’ların sonuna kadar Doğrusal Hedef Programlama’da duyarlılık analizi için Ignizio tarafından çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Fakat bu yaklaşımın tamamlanması için primal Doğrusal Hedef Programlama modelinin dual bir gösterimine ihtiyaç duyulmuştur. 1970’lere kadar Ignizio tarafından geliştirilen dual yaklaşımı geniş bir etki oluşturmuş olmakla birlikte Hedef Programlama’da bu husustaki çalışmalar temel seviyeden ileri gidememiştir<sup>180</sup>.

### 3.4.HEDEF PROGRAMLAMADA DUYARLILIK ANALİZİ

Hedef Programlama’nın temel çözüm sürecini optimal çözümün bulunması oluşturur. Fakat problem çözümü sürecinde ya da sonrasında birçok durum oluşabilir. Modele yeni bir hedef eklenebilir, yeni bir ürün oluşabilir, kaynaklar ve maliyetler değişebilir hatta hedeflerin öncelik seviyeleri değişebilir. Bütün bu değişimler problemin yeniden modellenmesi ve çözülmesiyle giderilebilir, fakat büyük boyutlu bir modelde bu tip işlemlerin en başından yinelenmesi çok zordur. Doğrusal Hedef Programlama’da ise bu işlemler orijinal optimal tablo ile başlayarak yeniden çözülmeksizin yapılabilir<sup>181</sup>. Ayrıca karar verici modeldeki bir parametrenin optimal çözümdeki etkisini araştırmak isteyebilir.

---

<sup>178</sup>Mikuláš Luptáček, **Mathematical Optimization and Economic Analysis**, Springer Science+Business Media, New York, 2010, p. 232

<sup>179</sup>Ignizio, “A Review of Goal Programming: A Tool for Multiobjective Analysis”,**The Journal of the Operational Research Society**, Vol.29, No.11, 1977, p.1115

<sup>180</sup>Ignizio, **Introduction to Linear Goal Programming**, a.g.e., p. 64

<sup>181</sup>Ignizio, **Goal Programmig and Extensions**, a.g.e.,p.73

Bu nedenle,optimal çözümün belirlenmesinden sonra parametre değişikliklerinin etkilerinin analizi de çözüm sürecinin önemli bir kısmını oluşturur<sup>182</sup>.

Duyarlılık analizi,Hedef Pprogramlama'da önceliklerin yeniden sıralanmasının ve hedeflere farklı değerler atanmasının etkilerini analiz etmede kullanılabilir<sup>183</sup>.Ağırlıklı Hedef Pprogramlama'da duyarlılık analizi problem çözüldükten sonra ağırlıkların değiştirilmesi ile daha iyi bir sonuç elde etmek için kullanılabilirken; Öncelikli Hedef Programlama'da öncelik seviyeleri yeniden sıralanarak değişimin etkisi incelenir. Hedef Programlama'da duyarlılık analizi aşağıdaki gibi kesikli ve aralıklı değişim olarak ele alınabilir ve Doğrusal Programlama'dakine benzer bir şekilde analiz edilebilir<sup>184</sup>. Söz konusu değişimler şu şekilde ifade edilebilmektedir<sup>185</sup> :

- Kesikli Değişimler
  - $w_{k,s}$  değişimi: k önceliğine sahip s. temel olmayan değişkenin ağırlıklı faktöründeki değişim
  - $u_{i,k}$  'daki değişim: k önceliğine sahip i. temel değişkenin ağırlıklı faktöründeki değişim
  - $b_i$  'deki değişim: i hedefinin orijinal sağ taraf değerindeki değişim
  - $c_{ij}$  'deki değişim: i. hedefte j değişkeninin katsayısındaki değişim
  - Yeni bir hedefin eklenmesi
  - Yeni bir karar değişkeninin eklenmesi
  - Öncelik seviyelerinin yeniden sıralanışı
- Aralıklı Değişimler(Parametrik Hedef Programlama)

### 3.4.1. Kesikli Değişimler

Değiştirilmiş Simpleks tablosunda her elemanın anlamı ve önemi bulunmaktadır. Söz konusu tablodaki elemanlara ikinci bölümdedeğnilmiştir. İndeks satırındaki  $a_k$  değerleri ise hedeflerin başarımlar seviyesini gösterdiğinden bu değerlerle ilgili değişim

<sup>182</sup>Sang M. Lee, **Goal Programming For Decision Analysis**, Auerbach Publishers, Philadelphia, 1972, p.162

<sup>183</sup>Carlos Romero- Tahir Rehman, a.g.e., s.46

<sup>184</sup>S.M.Simha, **Mathematical Programming; Theory and Methods**, Elsevier Science&Technology Books, 2006, p.467

<sup>185</sup>Carlos Romero- Tahir Rehman, a.g.e., p.31

duyarlılık analizi çerçevesinde ele alınamaz. Fakat bu değerler modeldeki diğer değişkenlerin değişmesi durumunda değişebilirler.  $l_{k,s}$  değerleri ise k. öncelik seviyesinin başarımları için s. temel olmayan değişkenin birim katkısını belirtir. Örneğin  $l_{k,s} = +2$  olması s. değişkeninin temele girmesi durumunda  $a_k$  değerini birim başına 2 birim azaltacağı söylenebilir. Bu değer negatif olduğunda örneğin  $l_{k,s} = -4$  durumunda ise  $a_k$  değerini birim başına 4 birim artıracığı söylenebilir. Bu bağlamda duyarlılık analizi çerçevesinde  $l_{k,s}$  değişkenindeki değişim diğer parametrelerdeki değişimleri yansıtmakla birlikte ele alınamaz<sup>186</sup>.

### 3.4.1.1. $w_{k,s}$ veya $u_{i,k}$ 'daki Değişimler

$w_{k,s}$  ve  $u_{i,k}$  değerleri ağırlık faktörü olarak gösterilmektedir. Bu değişkenlerin değişmesi durumunda sonuç tablosundaki  $l_{k,s}$  ve  $a_k$  elemanlarını (indeks satırını) değiştirecektir. İlk olarak  $w_{k,s}$ 'deki değişimin incelenmesi durumunda; yeni  $w_{k,s}$  değeri  $\hat{w}_{k,s}$  olarak temsil edilirse bu durumda sonuç tablosundaki tek değişim  $l_{k,s}$ 'de gerçekleşir. Bu yeni değere  $\hat{l}_{k,s}$  denilirse Denklem (3.4) elde edilir :

$$\hat{l}_{k,s} = \sum_{i=1}^m (e_{i,s} \cdot u_{i,k}) - \hat{w}_{k,s} \quad (3.4)$$

$\hat{l}_{k,s}$ 'nin değişimi ise optimum çözüme etki edebilir. Örnek olarak önceki değeri negatif olan  $l_{k,s}$ 'nin yeni değerinin pozitif olması durumunda (aynı sütundaki daha yüksek öncelik seviyesinde negatif değer yok ise) optimal çözüm değişecektir. İkinci olarak  $u_{i,k}$ 'daki değişim hem  $l_{k,s}$  değerlerini hem de  $a_k$  başarımları seviyesi değerini etkilemektedir. Yeni  $u_{i,k}$  değeri  $\hat{u}_{i,k}$  olarak temsil edilmesi durumunda yeni  $\hat{l}_{k,s}$  ağırlık faktörü ve  $\hat{a}_k$  değeri Denklem (3.5) ve (3.6)'daki gibi elde edilir<sup>187</sup> :

$$\hat{l}_{k,s} = \sum_{i=1}^m (e_{i,s} \cdot \hat{u}_{i,k}) - w_{k,s} \quad (3.5)$$

$$\hat{a}_k = \sum_{i=1}^m (b_i \cdot \hat{u}_{i,k}) \quad (3.6)$$

<sup>186</sup> Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p.75

<sup>187</sup> Ignizio, **Goal programming and Extensions**, a.g.e., p. 79



### 3.4.1.2.b<sub>i</sub>'deki değişim

Sağ taraf sabitlerindeki değişim optimum çözüme etki edebilir. Ancak yeni sabit değerlerin negatif olması durumunda çözüm uygun olmayabilir. Bu nedenle, temel sorun yeni çözümün uygunluğunu belirlemektir. Çözümün uygun olmadığı durumlarda yeni optimal çözümleri belirlemek için bazı düzeltmeler uygulanmalıdır<sup>188</sup>.

b<sub>i</sub>'deki değişim ise hem sonuç tablosundaki sağ taraf sabitlerini ( $\hat{b}$  sütunu) hem de başarımlar seviyelerinin değerlerini (a<sub>k</sub>) etkilemektedir. Sonuç tablosundaki yeni b<sub>i</sub> değerleri denklem (3.7)'deki gibidir:

$$\hat{b} = \bar{T} \cdot \bar{b}' \quad (3.7)$$

Burada;  $\bar{b}'$  yeni sağ taraf değerler kümesini göstermektedir. Buna göre yeni a<sub>k</sub> değeri ( $\hat{a}_k$ ) ise Denklem (3.8)'deki şekilde elde edilir<sup>189</sup>:

$$\hat{a}_k = \sum_{i=1}^m (\hat{b}_i \cdot u_{i,k}) \quad (3.8)$$

### 3.4.1.3.c<sub>ij</sub> 'deki değişim

Teknolojik katsayılardaki değişmeler problemin çözümünde büyük etki oluşturmaktadır. Fakat bu değişimin incelenmesi daha önce incelenen değişimler kadar kolay ve açık değildir. Değişim temel olmayan katsayılar da gerçekleşirse temel değişkenlerin sabit değerlerinde etkisi olmayacaktır. Diğer bir ifade ile aynı uygun çözüme yeni katsayılarla ulaşılabılır. Bu durumda dikkat edilmesi gereken nokta mevcut çözümün optimalliği olacaktır. Fakat değişim temel değişkendeki katsayıda ise bu durum (temel değişken pozitif ise) diğer temel değişken sabitlerini etkileyecektir. Bu nedenle revize edilen çözüm hem uygunluk hem de optimallik bakımından kontrol edilmelidir<sup>190</sup>.

Sonuç tablosunda temel olmayan değişken altındaki c<sub>ij</sub> değiştirildiğinde yeni e<sub>i,s</sub> değerleri Denklem (3.9)'daki şekilde olmaktadır:

<sup>188</sup>Sang M. Lee, a.g.e., p.165

<sup>189</sup>Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p.82

<sup>190</sup>Sang M. Lee, a.g.e., p.169

$$\hat{e}_s = \bar{T} \cdot \bar{c}'_s \quad (3.9)$$

$c_{ij}$  katsayılarındaki değişiklikler temel olmayan değişken altındaki indeks satırını da etkilemektedir.

#### 3.4.1.4. Yeni Bir Hedef Ya Da Kısıt Eklenmesi

Yeni bir hedefin eklenmesi durumunda tabloya da yeni bir hedef kısıtı ve en az bir ağırlık faktörü eklenir. Dikkat edilmesi gereken husus ise yeni hedefin aynı öncelikte bulunduğu diğer hedeflerle ölçülebilir olmasıdır<sup>191</sup>. Yeni hedef sonuç tablosuna negatif sapma değişkeni temel değişken olarak eklenir. Sonuç tablosunda temel değişken olan yeni amaç denklemindeki değişken elimine edilir. Elde edilen yeni çözüm uygunsa optimalliği test edilir. Bu noktada sağ taraf sabitleri negatif olabilir. Bu durum dual simpleks yöntemiyle çözülebilmektedir<sup>192</sup>.

#### 3.4.1.5. Yeni Bir Karar Değişkeninin Eklenmesi

Karar verici doğrusal hedef programlama modelini çözdükten sonra modele yeni bir karar değişkeni eklemek isteyebilir. Bu yeni değişkenin dahil edilmesi çözümün sadece optimalliğine etki edebilir. Diğer bir ifade ile bu yeni değişken amaç fonksiyonunu iyileştirirse çözüme girecektir. Amaç fonksiyonunu iyileştirmemesi durumunda temel olmayan değişken olarak kalacak ve önceki çözüm optimalliğini koruyacaktır. Yeni değişkenin eklenmesi durumunda mevcut tabloya yeni bir sütun eklenecektir. Bu sütun temel olmayan değişken olacak ve katsayıları ise sıfır olacaktır. Yeni sütunda yeni değişkenin altındaki  $e_{i,s}$  katsayıları yeni değişkenin  $c_{i,j}$  katsayılarından elde edilecektir. Bu işlemler  $c_{i,j}$  'deki değişimin incelenmesine benzer bir şekilde yapılacaktır. Bir bakıma modelde yeni değişken yoktur ve bu nedenle orijinal  $c_{i,j}$  katsayıları sıfırdır. Yeni bir

---

<sup>191</sup>Sang M. Lee, a.g.e., p.173

<sup>192</sup>Jaap Spronk, a.g.e., p.92

değişken eklendiğinde ise  $c_{i,j}$  katsayıları sıfırdan farklı değerler alacaktır. Sonuç tablosundaki  $e_{i,s}$  katsayıları denklem (3.8) kullanılarak elde edilecektir<sup>193</sup>.

### 3.4.1.6.Öncelik Seviyelerinin Yeniden Sıralanması

Hedef Programlama'da öncelik seviyelerindeki değişimleri incelemek kolay değildir. Çünkü Doğrusal Programlama problemlerinde amaç fonksiyonunun tek boyutluluğu bu değişime kolaylıkla izin vermekte iken Hedef Programlama'da söz konusu değişimler hedeflerin boyutunu değiştirir. Geleneksel duyarlılık analizi ise öncelik seviye değişiminin aynı öncelik seviyesinde gerçekleşmesi ile kullanılabilir. Çünkü buradaki değişim aynı birimle ölçülebilen öncelik seviyelerinde olması nedeni ile boyutlarda herhangi bir değişim olmayacaktır<sup>194</sup>.

Duyarlılık analizi yöntemleri çok fazla hesaplama gerektirmemesine rağmen büyük boyuttaki problemler için manuel olarak çözüldüğünde uygulanması zor olabilmektedir<sup>195</sup>.

## 3.5.PARAMETRİK DOĞRUSAL HEDEF PROGRAMLAMA

Bazı durumlarda değişkenlerin kesikli olarak değil, belirli bir aralıkta eşanlı olarak parametrelerinin değişiminin optimum çözüme olan etkisinin ya da problemdeki mevcut çözümün parametrelerin hangi aralığında optimum kaldığının incelenmesi istenebilmektedir. Böyle bir durumda ilgilenilen parametreler değiştirilip problem tekrar çözülebilir. Ancak bu yeni çözüm için zaten temel oluşturacak bir optimum çözüm edinilmiştir. Bunun için, mevcut çözümden ve Simpleks iterasyonlarından faydalanılarak yeni bir çözüm elde edilebilir. Buna "**Parametrik Programlama**" denilmektedir<sup>196</sup>.

Parametrik Programlama'da  $c_j$  ve  $b_i$  değerlerinin değişimi incelenmektedir. Bunun için amaç fonksiyonu ve sağ taraf vektörleri ( $c$  ve  $b$ ), parametrelendirilmiş  $c(d)$  ve  $b(d)$  fonksiyonlarıyla yer değiştirir. Problemin optimum Simpleks tablosu Parametrik Programlama için başlangıcı oluşturur. Analize  $d=0$ 'da optimum çözümlerle başlanır. Daha sonra Simpleks yönteminin optimallik ve uygunluk koşulları kullanılarak

<sup>193</sup>Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, a.g.e., p. 87

<sup>194</sup>Sang M. Lee, a.g.e., p.164

<sup>195</sup>Carlos Romero - Tahir Rehman, a.g.e., p.31

<sup>196</sup>Jared L.Cohon, **Multiobjective Programming and Planning**, Academic Press, New York, 1978, p.78

$d=0$ 'daki çözümün optimum ve uygun olarak kaldığı  $0 \leq d \leq d_1$  aralığı belirlenir. Burada  $d_1$  kritik değerdir. Süreç ardışık kritik değerler ve onların optimum uygun çözümleri belirlenerek devam eder ve uygun çözümün olmadığı kritik değerde sonlandırılır<sup>197</sup>.

Parametrik Doğrusal Hedef Programlama'daki değişim ise hedeflerin öncelik seviyeleri ( $C_j$ ) ve amaçların ve kısıtların sağ taraf sabitlerinde ( $b_i$ ) olacaktır. Yöntem, karar değişkenleri ve hedefler arasındaki dengeyi (*trade-off*) sağlamada elverişlidir.

---

<sup>197</sup>Hamdy A.Taha, **Operations Research an Introduction**, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 8.baskı, 2007, p.327

## **DÖRDÜNCÜBÖLÜM**

### **HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÇOK AMAÇLI PORTFÖY SEÇİMİ**

#### **BORSA İSTANBUL UYGULAMASI**

Çalışmanın bu bölümünde, Hedef Programlama'yla çok amaçlı portföy oluşturmaya yönelik yazın incelemesine ve BIST 100 Endeksi hisse senetleri için Öncelikli Hedef Programlama ile portföy oluşturma ve performans ölçme uygulamasına yer verilmektedir.

#### **4.1.YAZIN TARAMASI**

1952'de H.M.Markowitz portföy optimizasyonu için geliştirdiği Ortalama-Varyans Modeli ile aynı zamanda Modern Portföy Kuramı'nın temellerini atmıştır. Markowitz, modelinde etkin portföy olarak adlandırılan, beklenen bir getiri seviyesinde en düşük riske sahip portföyün nasıl hesaplanacağını göstermiştir. Ortalama-Varyans Modeli amaç fonksiyonu olarak varyans ile ifade edilen riskin minimize edildiği Kuadratik Programlama modelidir.

Ortalama-Varyans Modeli'nin pratikte uygulanması çok fazla hesaplama ihtiyacı gerektirmektedir. Bu zorlukları azaltma amacı ile Sharpe 1964 yılındaki çalışması ile Tekli Endeks modelini geliştirmiştir. Bu modele göre her menkul kıymet arasındaki varyansın hesaplanması yerine her bir hisse senedi getirisinin piyasa ortalama getirisi veya piyasa endeksi ile olan Beta katsayısı kullanılır<sup>198</sup>. Sharpe, hisse senetlerin getirileri ile piyasa arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Bu model, Sermaye Varlıklarını Fiyatlandırma Modeli'nin temelini oluşturmuştur. Tekli İndeks Modeli olarak geliştirilen

---

<sup>198</sup>Ceylan- Korkmaz, a.g.e.,s.288

SVFM, beklenen getiri ve risk arasında ilişkiyi kurarak riskin nasıl ölçülebileceğine dair tahmin içerir<sup>199</sup>.

Markowitz'in Ortalama Varyans Modeli'nde amaçlar beklenen getiriyi maksimum ve riski minimum yapmak üzere iki tanedir. Fakat gerek yurtiçi gerekse yurtdışı finansal piyasalarda yapılan deneysel çalışmalar, yatırımcıların portföy seçiminde getiri ve riskin yanında diğer göstergelerin de etkili olduğunu göstermiştir<sup>200</sup>. Risk ve getiriden başka değişkenlerin varlığı ele alındığında, portföy seçim problemi çok amaçlı bir probleme dönüşmektedir. Yazında çok amaçlı optimizasyon yöntemlerinin de gelişmesi ile portföy seçim problemi bu çerçevede ele alınmış, bu yöntemler yatırımcının istek ve hedeflerini en iyi derecede karşılayacak portföy seçimlerinde kullanılmıştır.

Hedef Programlama da Çok Amaçlı Karar Verme yöntemi olarak portföy seçiminde etkin olarak kullanılan yöntemlerden biridir ve portföy seçim problemlerinde kullanılmaktadır. Portföy seçimi için çok amaçlı Hedef Programlama model ilk defa Lee (1972)'nin çalışmasında yer verilmiştir. Çalışmada Öncelikli Hedef Programlama kullanılmıştır.

Lee ve Lerro (1973) çalışmalarında çeşitli sektörlerden oluşan 61 adet hisse senedi üzerinde risk ve getirinin dışında fiyat kazanç oranı, kâr payı, hisse başına kazanç gibi hedefleri ekleyerek Öncelikli Hedef Programlama modeli ile çözümlenmişlerdir<sup>201</sup>.

Lee ve Chesser (1980) Hedef Programlama'nın portföy seçim problemlerine uygulanabilirliğini göstermek amacı ile beklenen getiri ve riski ele alan Hedef Programlama modeli kurmuşlar ve modelin esnek yapısını vurgulamışlardır<sup>202</sup>.

Tamiz vd, 1996'daki çalışmalarında Lee (1972)'nin modelini genişletmişler ve portföy seçimini hisse senetlerinin makroekonomik faktörlere olan duyarlılığını ölçmek ve optimum portföy seçimi olmak üzere iki aşamada gerçekleştirmişlerdir<sup>203</sup>.

---

<sup>199</sup>Handan Yolsal, "Hisse Senetlerinin Beklenen Getiri ve Risklerinin Tahmininde Alternatif Modeller", **İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Maliye Araştırma Merkezi Konferansları**, 27.seri,2005,s.180

<sup>200</sup>Branka Marasovic , a.g.m., p.21

<sup>201</sup>Lee S.M.-Lerro A.J., "Optimizing the portfolio selection for mutual funds", **Journal of Finance**, Vol.28, No:5,1973, pp. 1087-1101

<sup>202</sup>Lee S.M.-Delton L.Chesser,"Goal Programming for Portfolio Selection", **The Journal of Portfolio Management**, Vol:3,1980 ,pp.23-26

<sup>203</sup>M.Tamiz vd., "A Two Staged Goal Programming Model for Portfolio Selection", **Multi-Objective Programming and Goal Programming Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems**, Vol:432, 1996, pp.286-299

Sharma ve Sharma (2006) getiri, risk ve bütçe gibi hedefler ekleyerek Öncelikli ve Ağırlıklı Hedef Programlama modeli ile yatırım fonları portföy seçim uygulaması yapmışlardır. Çalışmalarında risk ölçüsü olarak beta ve standart sapmayı kullanmışlardır<sup>204</sup>.

Gladish vd., 2007'deki çalışmalarında üç aşamalı portföy seçim modeli önermişlerdir. Modelin birinci aşamasında temel bileşenler analizi yardımı ile hisse senetlerinin en çok duyarlı olduğu ekonomik faktörler belirlenmiş, ikinci aşamada her bir bulanık senaryo varlığında portföy seçimi gerçekleştirilmiş ve üçüncü aşamada birçok kriter alınarak portföyler arasından optimum portföy seçimi gerçekleştirilmiştir. Model Tamiz vd.'nin revize edilmiş versiyonudur<sup>205</sup>.

Bilbao vd., 2007'deki çalışmalarında Sharpe'nin Tekli Endeks modelini baz alarak Beta tahmininde yeni bir yaklaşım önermişler, Bulanık Öncelikli Hedef Programlama kullanarak da optimum portföy seçimi gerçekleştirmişlerdir<sup>206</sup>.

Yurtiçinde ise Akyüz (2006) çalışmasında Hedef Programlama ile portföy optimizasyonu gerçekleştirmiş, oluşturulan etkin sınırın Modern Portföy Kuramı'na uygunluğunu göstermiş ve Modern Portföy Kuramı'na uygun sonuçlar elde etmiştir<sup>207</sup>. Atan vd. (2010) çalışmalarında getiri, Beta, bütçe ve verimlilik gibi hedeflerle Öncelikli Hedef Programlama modeli kurarak portföy seçimi gerçekleştirmişlerdir<sup>208</sup>. Kocabıyık 2006'daki çalışmasında Türkiye'de kurumsal yatırımcıların portföy oluştururken hangi kriterleri seçtiğini incelenmiş, analiz sonucunda yatırımcıların portföy oluşturmada temel analiz ve teknik analiz gibi bir çok kriteri göz önünde bulundurduğu bulgularına ulaşılmıştır<sup>209</sup>. Kemalbay vd, 2011'deki çalışmalarında beklenen getiri (çarpıklık) maksimizasyonu ve risk (basıklık) minimizasyonu gibi amaçları içeren polinomsal Hedef Programlama modeli oluşturarak borsada uygulamışlardır<sup>210</sup>.

---

<sup>204</sup>Hari P.Sharma- Dinesh K.Sharma, "A Multi-Objective Decision Making Approach For Mutual Fund Portfolio", **Journal of Business& Economics Research**, Vol.3, No.10, pp.75-84

<sup>205</sup>B.Perez Gladish vd., "An Interactive Three-Stage Model for Mutual Funds Portfolio Selection", **Omega**, Vol.35, 2007, pp. 75-88

<sup>206</sup>Bilbao vd., "On constructing Expert Betas for Single-Index Model", **European Journal of Operational Research**, Vol.183, 2007, p.843

<sup>207</sup>Halil İbrahim Akyüz, Hedef Programlama ile Portföy Optimizasyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara,2006., s. 90

<sup>208</sup>Sibel Atan vd., "İMKB 100 Endeksi İçin Optimal Portföy Seçimi Model Önerisi",**Aksaray Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt: 2, Sayı: 1, 2010, s.22-32

<sup>209</sup>Turhan Kocabıyık, Portföy Oluşturmada Kurumsal Yatırımcı Yaklaşımı, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,İsparta,2006,s.58

<sup>210</sup>Güler Kemalbay- C.Murat Özkut- Ceki Franko, "Portfolio Selection with Higher Moments: A Polynomial Goal Programming Approach To ISE-30 Indeks", **İÜ İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi**, Sayı:13, 2011, s. 41-61

## 4.2.UYGULAMANIN AMACI VE YÖNTEMİ

Yapılacak uygulama çalışmasının amacı, hisse senetlerinden portföy oluşturmak isteyen bir yatırımcının birden fazla ve öncelikli hedeflerini gözönüne alan optimum portföyü ve bu portföydeki hisse senetlerinin ağırlıklarını Hedef Programlama yöntemi yardımı ile belirleyebilmektir. Çalışmada; hisse senetlerine ait getiri ve riskin dışında, bu hisse senetlerini ihraç eden şirketlerin kârlılık ve piyasa değerlerine yönelik hedefleri de olan yatırımcı tipi için hedeflerini gerçekleştirecek optimum portföyler bulunmaya çalışılacaktır. Daha sonra da bulunan portföylerden her bir birimlik ilave sistematik risk için en fazla getiriyi sağlayan portföyün Treynor Performans Ölçüsü kullanılarak belirlenmesine çalışılacaktır. Uygulama böylece iki aşamada gerçekleştirilecektir:

- Birinci aşamada Hedef Programlama kullanılarak belirlenen amaçları sağlayan optimal portföyler oluşturulmuş
- İkinci aşamada ise oluşturulan bu portföyler Treynor Performans Ölçüsü kullanılarak değerlendirilmiştir

Uygulama için BIST 100 Endeksi içindeki hisse senetleri seçilmiştir. Uygulamanın amacı doğrultusunda analize tabi olan hisse senetlerini ihraç eden şirketler için kârlılık ve şirketlerin piyasa değerlerini temsil etmesi bakımından yazında en çok kullanılan üçer oran belirlenmiştir. Bu amaçlara yönelik Öncelikli Hedef Programlama modelleri oluşturulmuş ve oluşturulan modellerde getiri-risk ve diğer amaçlar dengesini en iyi karşılayan portföyler belirlenmiştir. Oluşturulan portföyler her bir birimlik ilave sistematik risk için en fazla getiriyi sağlaması bakımından Treynor Performans Ölçüsü kullanılarak test edilmiştir. Modelleme sürecinde Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli ve Hedef Programlama'dan yararlanılmıştır. Çalışmada, hisse senetlerinin geçmiş verilerinin geleceği yansıttığı varsayımı ile tarihi veriler kullanılmıştır. Çalışmanın diğer varsayımları ise aşağıdaki gibidir:

- Yatırımcı portföy oluştururken sistematik riski dikkate almaktadır.
- Sistematik risk ve getiri arasında doğrusal bir ilişki vardır.



### 4.3. VERİLER

Çalışmada kullanılan veriler; BIST 100 endeksinde Ocak 2010 ve Aralık 2013 dönemi içerisinde sürekli olarak işlem gören hisse senetlerin aylık getiri verilerinden ve bu hisse senetlerini ihraç eden şirketlerin bağımsız denetim raporlarından elde edilen geçmiş mali tablolarından oluşmaktadır. Analize tabi olan hisse senetleri imalat sanayi sektöründedir ve 4 yıllık süreçte BIST 100 endeksinde yer almıştır. Çalışmanın tek bir sektöre yönelik olmasının nedeni ise kıyaslamada kullanılan oranların sektörler bazında farklılık göstermesidir. Yazında yapılan çalışmalar farklı sektörlerde bulunan hisse senetlerinin mali tablo veri karşılaştırmasının yanıltıcı sonuçlar verdiğini göstermektedir<sup>211</sup>. Yapılan incelemeler sonucu bu koşulları sağlayan 16 adet hisse senedi tespit edilmiş ve bu hisse senetlerin temettü ve bölünmelerine göre düzenlenmiş ay sonu düzeltilmiş kapanış fiyatları kullanılmıştır. Düzeltilmiş kapanış fiyatları Borsa İstanbul'un internet sitesinden; şirketlerin yıllık mali tablolar ise SPK tarafından oluşturulmuş ve kamuya açıklanacak bilgi ve belgelerin yer aldığı Kamu Aydınlatma Platformu'nun internet sitesinden elde edilmiştir.

Şirketlerin kârlılık ve piyasa değeri potansiyeline yönelik amaçları için oran analizinden faydalanılmıştır. Uygulamalarda sıklıkla kullanılan üçer oran hedef kısıtları olarak alınmış ve bunlara yönelik sayısal hedef değerleri atanmıştır. Kârlılık oranları için sayısal hedefler belirlenirken TCMB'nin raporlamış olduğu sektör bilançoları kullanılmış; piyasa değerlerine yönelik hedefler için ise Borsa İstanbul'un yayımladığı sektörel oranlar kullanılmıştır.

Çalışmada belirlenen Ocak 2010 ve Aralık 2013 dönemi içerisinde BIST 100 endeksinde sürekli olarak işlem gören imalat sanayi sektöründeki hisse senetleri Tablo 1.'de gösterilmiştir.

---

<sup>211</sup>Branka Marasovic, "Comparison of Optimal Portfolios Selected By Multicriterial Model Using Absolute and Relative Criteria Values", **Revista Investigacion Operacional**, Vol.30,No.1,2009, p.21

**Tablo 4.1.** Çalışmada Kullanılan Hisse Senetleri ve Pay Kodları

X1	AEFES	ANADOLU EFES
X2	AKSA	AKSA
X3	ARCLK	ARÇELİK
X4	AYGAZ	AYGAZ
X5	BAGFS	BAGFAŞ
X6	EREGL	EREĞLİ DEMİR ÇELİK
X7	FROTO	FORD OTOSAN
X8	GUBRF	GÜBRE FABRİKASI
X9	HURGZ	HÜRRİYET GZT.
X10	KARSN	KARSAN OTOMOTİV
X11	KRDMD	KARDEMİR (D)
X12	PETKM	PETKİM
X13	SASA	ADVANSA SASA
X14	TOASO	TOFAŞ OTO. FAB
X15	TRKCM	TRAKYA CAM
X16	TUPRS	TÜPRAŞ

#### 4.3.1. Modeli Tanımlayan Hedefler

Çalışma kapsamında portföy seçimi için kullanılan hedefler ve verilerin modele hazır hale getirilmesi aşağıdaki başlıklar kapsamında açıklanmıştır. Hesaplamaların yapılmasında MS Excel programı kullanılmıştır.

##### 4.3.1.1. Beklenen Getiri ve Risk

Hisse senetlerinin aylık getiri oranları hesaplanırken Denklem (4.1)'den yararlanılmıştır:

$$R_t = \frac{P_{it} - P_{it-1}}{P_{it-1}} \quad (4.1)$$

Burada;

$P_{it}$  : t ayında i hisse senedinin fiyatı

$P_{it-1}$  : t-1 ayında i hisse senedinin fiyatıdır

Denklem (4.1) kullanılarak hisse senetlerin aylık getiri oranları hesaplanmıştır. Hisse senetlerin getirileri hesaplanırken temettü ve bölünelere karşı düzeltilmiş fiyatlar kullanılmıştır. Bir hisse senedinin beklenen getirisi ise geçmiş veriler dikkate alındığında aşağıdaki gibidir:

$$\text{Ortalama Getiri} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{it} \quad (4.2)$$

Burada;

$R_{it}$  :  $i$  hisse senedinin  $t$  dönemindeki aylık getirisi

$n$  : Dönem sayısıdır

Çalışmada risk ölçüsü olarak hisse senetlerinin piyasaya olan duyarlılığını ölçen beta katsayısı kullanılmıştır. Hisse senetlerinin beta katsayıları tahmin edilirken Sermaye Varlıkları Fiyatlama Modeli kullanılmış, hisse senedi getirileri ile piyasa getirileri regresyona tabi tutularak beta değerlerine ulaşılmıştır. Bartholdy (2005)'e göre yazında genel olarak tavsiye edilen veri aralığı altmış aydır<sup>212</sup>. Bu nedenle; beta katsayıları hesaplanırken geriye doğru beş yıllık aylık veriler kullanılmıştır. Sermaye Varlıkları Fiyatlama Modeline göre getiriler ham getiri veya aşırı getiriler (risk primi) kullanılarak hesaplanabilmektedir<sup>213</sup>. Çalışmada; Riskten Arındırılmış Aşırı Getiri Modeli kullanılmıştır. SVFM eşitliği Denklem (4.3)'deki gibi ifade edilebilmektedir:

$$R_{i,t} - R_f = \alpha_i + \beta_i (R_{m,t} - R_f) + \varepsilon_{i,t} \quad (4.3)$$

Burada;

$R_{i,t}$  :  $i$  menkul kıymetinin  $t$  dönemindeki getirisi

$R_{m,t}$  : Pazar Portföyünün  $t$  dönemindeki getirisi

$R_f$  : Risksiz faiz oranı

$\alpha_i$  : Regresyon sabiti (Pazar portföyünün getirisinin sıfır olması durumunda  $i$  hisse senedinin getirisi)

<sup>212</sup>Jan Bartholdy-Paula Peare, "Estimation of Expected Return: CAPM vs Fama and French", **International Review of Financial Analysis**, Vol.14, Issue:4, 2005, p.407

<sup>213</sup>Haim Levy, "Equilibrium in an Imperfect Market: A Constraint on the Number of Securities in the Portfolio", **The American Economic Review**, Vol.68, No:4, p.644

- $\beta_i$  : i menkul kıymetinin beta katsayısı  
 $\varepsilon_{i,t}$  : Hata terimi (Sistemik olmayan portföy riski) dir.

Pazar Portföyü olarak BIST 100 İndeksi, risksiz faiz oranı olarak altı aylık hazine bonolarının ağırlıklı faiz oranları kullanılmıştır. Hazine bonosunun getirisi sabit olup piyasa hareketlerinden etkilenmemekte, dolayısı ile de beta'sı sıfır kabul edilmektedir. İncelenen dönem aralığında bir yılda birden fazla altı aylık hazine bonusu ihracının gerçekleştiği durumda o yıla ait tüm altı aylık hazine bonusu faiz oranlarının aritmetik ortalaması alınarak ortalama faiz oranı kullanılmıştır. Altı aylık hazine bonusu ihracının gerçekleşmediği dönemde ise gerçekleşmiş olan en kısa vadeli bono ihraçlarının faiz oranları alınmıştır. Altı aylık hazine bonusu faiz oranları aylık faiz oranlarına çevrilirken Denklem (4.4)'ten yararlanılmıştır:

$$R_{f(\text{ay})} = (1 + R_{f(\text{altıay})})^{1/6} - 1 \quad (4.4)$$

Burada ;

$R_{f(\text{altıay})}$  : Altı aylık hazine bonusu faiz oranları

$R_{f(\text{ay})}$  : Bir aylağa dönüştürülmüş hazine bonusu faiz oranlarıdır.

Beta katsayısı “1” ise söz konusu hisse senedinin getirisi portföy getirisi ile aynı oranda değiştiğini gösterir. Yapılan çalışmalar beta katsayısının 1’den büyük olan hisse senetlerinin riskten arındırılmış getirilerinin diğer hisse senetlerine göre daha fazla olduğunu göstermiştir<sup>214</sup>. Pazarın artması durumunda portföy betasının 1’den büyük olması portföyün pazardan daha fazla getiri sağlayacağını, 1’den küçük olması ise tam tersini göstermektedir<sup>215</sup>.

#### 4.3.1.2.Kârlılık Hedefleri

<sup>214</sup>Ceylan - Korkmaz, a.g.e., s.186

<sup>215</sup>Ozan Kocadağlı-Nalan Cinemre, “Portföy Optimizasyonunda SVFM ile Bulanık Doğrusal Olmayan Model Yaklaşımı”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt:39,no:2,2010,s.362

Hedef Programlamada kullanmak üzere amaçların oluşturulması için işletmelerin karlılık yapısını gösteren oranlar alınmıştır. Şirketlerin 2010-2013 yıllarındaki mali tablolarından analiz kapsamında aşağıdaki değerler hesaplanmıştır:

- Net Kâr / Öz kaynaklar Oranı: İşletmenin öz kaynak kârlılığını gösterir. Oranın yüksek çıkması işletmeye sermaye sağlayanların yüksek getiriler elde ettiğini gösterir.
- Net Kâr / Aktif Toplamı Oranı: İşletmenin aktif kârlılığını gösterir. Oranın yüksek çıkması varlıkların en olumlu şekilde kullanılarak kâr elde edildiğini gösterir.
- Faaliyet Kârı / Net Satışlar Oranı: İşletmenin esas faaliyetlerinden elde ettiği kârlılığı gösterir. Oranın yüksek çıkması istenir.

Hedef kısıtına hedef değeri belirlenirken TCMB'nin raporladığı sektör bilançolarından yararlanılmıştır. Buna göre yıllara ait imalat sanayi sektör bilançolarından Öz kaynak kârlılık oranı hesaplanmış, bulunan değerlerin aritmetik ortalaması hedef olarak belirlenmiştir.

#### 4.3.1.3.Piyasa Değerine Yönelik Hedefler

Çalışmada şirketlerin piyasa değerini ölçmek için oran analizinden yararlanılarak şirketlerin 2010-2013 yıllarındaki mali tablolarından ve Borsa İstanbul'dan elde edilen verilerle piyasa değeri oranlarını gösteren aşağıdaki değerler hesaplanmıştır:

- **Hisse Başına Kazanç (Dönem Net Kârı / Hisse Senedi Sayısı):**Bu oran yatırımcılar arasında en önemli performans kriterlerinden birisidir. Yatırımcının sahip olduğu her hisse senedi başına ne kadar kar elde ettiğini gösterir.
- **Piyasa Değeri / Defter Değeri Oranı:** Bu oran hisse başı defter değerinin borsa fiyatı ile karşılaştırılmasında kullanılmaktadır<sup>216</sup>.Bu değeri düşük

<sup>216</sup> <http://www.borsagundem.com/arif-unver-yazar58/her-yatirimci-bu-formulu-ezbere-bilmeli-585779y.htm> (Erişim tarihi : 18.05.2015)

hisse senedinin fiyatının diğer hisse senetlerine nazaran düşük olduğu söylenebilir<sup>217</sup>.

- **Fiyat Kazanç Oranı (Piyasa Değeri/Dönem Net Kârı):** Bu oran yatırımcıların işletmenin hisse başına kârına karşılık ne kadar ödemek istediklerini göstermektedir<sup>218</sup>. Bu katsayının yüksek çıkması hisselerin pahalı olduğunu göstermektedir.

#### 4.4. MODELİN OLUŞTURULMASI

Çalışmanın bu kısmında, daha önce bahsedilen hedefler kullanılarak Öncelikli Hedef Programlama modelleri oluşturulmuştur. Modellerin amaç fonksiyonu hedef kısıtlarından olan sapmaları minimum yapan başarımlar fonksiyonudur. Karar değişkenleri ise her bir hisse senedinin portföydeki ağırlığıdır. Tüm modellerde hisse senetlerinin ağırlıklarının toplamının “1” olması kısıtı kesin olarak sağlanması bakımından sistem kısıtı olarak ele alınmıştır. Schniederjans’a göre literatürde öncelikli hedef programlama modelinde hedef sayısının çözüm kalitesini etkilemesinden dolayı genel kabul gören öncelikli hedef sayısının 5’i geçmemesi yönünde olması nedeniyle belirlenen hedefler ikiye ayrılmaktadır<sup>219</sup>.

- Kârlılığa yönelik hedefler
- Portföyün piyasa değerine yönelik hedefler.

##### 4.4.1. Kârlılık Hedeflerine Yönelik Öncelikli Hedef Programlama Modeli

Çalışmanın bu kısmında, hesaplanan ortalama kârlılık oranları kısıtların katsayısı olarak alınmıştır. Oluşturulan modelde getiri birinci öncelik, risk ikinci öncelik sırasınca diğer hedefler de sırası ile önceliklendirilerek çözülmüştür.

---

<sup>217</sup>Gökbel, a.g.e.,s.11

<sup>218</sup>Ceylan-Korkmaz,a.g.e.,s.156

<sup>219</sup>Schniederjans, a.g.e., p.30

Modelde beta katsayısı 1'den büyük olan hisse senetlerinin getirilerinin diğer hisse senetlerine göre daha fazla olması bakımından beta'yı temsil eden hedef kısıtı maksimize edilmiş, beta hedef kısıtına ait negatif sapma değişkeni istenmeyen sapma değişkeni olarak amaç fonksiyonunda yer almıştır. Öncelikli Hedef Programlama modeli (4.5)'deki gibidir:

$$Z_{min} = P_1 d_1^- + P_2 d_2^- + P_3 d_3^- + P_4 d_4^- + P_5 d_5^- \quad (4.5)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^{16} E(R_i)X_i + d_1^- - d_1^+ = 0.012 ;$$

$$\sum_{i=1}^{16} \beta_i X_i + d_2^- - d_2^+ = 1;$$

$$\sum_{i=1}^{16} \text{ÖK}_i X_i + d_3^- - d_3^+ = 0.10;$$

$$\sum_{i=1}^{16} \text{AK}_i X_i + d_4^- - d_4^+ = 0.04;$$

$$\sum_{i=1}^{16} \text{SK}_i X_i + d_5^- - d_5^+ = 0.06;$$

$$\sum_{i=1}^{16} X_i = 1 ;$$

$$\forall X_i \geq 0$$

$$\forall d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0$$

Modelin açık formu ise aşağıda verilmiştir:

$$Z_{min} = P_1 d_1^- + P_2 d_2^- + P_3 d_3^- + P_4 d_4^- + P_5 d_5^-$$

**Beklenen getiri hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} E(R_i)X_i + d_1^- - d_1^+ = 0.012 ;$$

$$0.0112 * X(1) + 0.0311 * X(2) + 0.0208 * X(3) + 0.0085 * X(4) - 0.0118 * X(5) - 0.0078 * X(6) \\ + 0.0199 * X(7) - 0.0016 * X(8) - 0.0171 * X(9) - 0.0027 * X(10) + 0.0168 * X(11) - \\ 0.0052 * X(12) + 0.0086 * X(13) + 0.0242 * X(14) + 0.0100 * X(15) + 0.0113 * X(16) + d_1^- - \\ d_1^+ = 0.012$$

**Sistemik risk hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} \beta_i X_i + d_2^- - d_2^+ = 1;$$

$$0.4218 * X(1) + 0.6692 * X(2) + 1.3849 * X(3) + 0.9929 * X(4) + 0.6568 * X(5) + \\ 0.8237 * X(6) + 0.9243 * X(7) + 0.5509 * X(8) + 1.2772 * X(9) +$$

$$1.0674*X(10)+1.0503*X(11)+0.7978*X(12)+1.0106*X(13)+$$

$$1.3380*X(14)+0.9129*X(15) + 0.7701*X(16) + d_2^- - d_2^+ =1;$$

**Özkaynak kârlılığı hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} \ddot{O}K_i X_i + d_3^- - d_3^+ = 0.10;$$

$$0.1050*X(1)+0.1277*X(2)+0.1418*X(3)+0.1213*X(4)+0.1507*X(5)+0.1141*X(6)$$

$$+0.2955*X(7)+0.1476*X(8)-0.1451*X(9)-$$

$$0.2100*X(10)+0.1347*X(11)+0.0367*X(12)+0.0812*X(13)+0.2385*X(14)+$$

$$0.0918*X(15)+0.2767*X(16)+d_3^- - d_3^+=0.10$$

**Aktif kârlılığı hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} AK_i X_i + d_4^- - d_4^+ = 0.04;$$

$$0.0780*X(1)+0.0712*X(2)+0.0573*X(3)+0.0981*X(4)+0.1190*X(5)+0.0574*X(6)$$

$$+0.1383*X(7)+0.0548*X(8)-0.0287*X(9)-$$

$$0.0524*X(10)+0.0631*X(11)+0.0286*X(12)+0.0238*X(13)+0.0738*X(14)+0.064$$

$$0*X(15) +0.0800*X(16)+d_4^- - d_4^+=0.04$$

**Satışların kârlılığı hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} SK_i X_i + d_5^- - d_5^+ = 0.06;$$

$$0.1234*X(1)+0.0998*X(2)+0.0856*X(3)+0.0449*X(4)+0.1372*X(5)+0.1483*X(6)$$

$$+0.0688*X(7)+0.2207*X(8)+0.0106*X(9)+0.0007*X(10)+0.1042*X(11)+0.0251*$$

$$X(12)+0.0372*X(13)+0.0635*X(14)+0.1323*X(15)+0.0279*X(16)+d_5^- - d_5^+ =$$

$$0.06$$

**Sistem kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} X_i = 1 ;$$

$$X(1)+X(2)+X(3)+X(4)+X(5)+X(6)+X(7)+X(8)+X(9)+X(10)+X(11)+X(12)+X(13)$$

$$+X(14)+X(15)+X(16)=1;$$

$$\forall X_i \geq 0$$

$$\forall d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0$$



#### 4.4.2. Piyasa Değerine Yönelik Öncelikli Hedef Programlama Modeli

Oluşturulacak portföylerin piyasa değerine yönelik hedeflerin olması durumunda optimum portföy seçimini gerçekleştirmek için önerilen Öncelikli Hedef Programlama modeli (4.6)'deki gibidir:

$$Z_{min} = P_1 d_1^- + P_2 d_2^- + P_3 d_3^- + P_4 d_4^- + P_5 d_5^- \quad (4.6)$$

$$\sum_{i=1}^{16} E(R_i)X_i + d_1^- - d_1^+ = 0.012 ;$$

$$\sum_{i=1}^{16} \beta_i X_i + d_2^- - d_2^+ = 1;$$

$$\sum_{i=1}^{16} \text{ÖK}_i X_i + d_3^- - d_3^+ = 0.10;$$

$$\sum_{i=1}^{16} \text{AK}_i X_i + d_4^- - d_4^+ = 0.04;$$

$$\sum_{i=1}^{16} \text{SK}_i X_i + d_5^- - d_5^+ = 0.06;$$

$$\sum_{i=1}^{16} X_i = 1 ;$$

$$\forall X_i \geq 0$$

$$\forall d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

Modelin açık formu ise aşağıda verilmiştir:

$$Z_{min} = P_1 d_1^- + P_2 d_2^- + P_3 d_3^- + P_4 d_4^- + P_5 d_5^-$$

##### **Beklenen getiri hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} E(R_i)X_i + d_1^- - d_1^+ = 0.012;$$

$$0.0112 * X(1) + 0.0311 * X(2) + 0.0208 * X(3) + 0.0085 * X(4) - 0.0118 * X(5) - 0.0078 * X(6) \\ + 0.0199 * X(7) - 0.0016 * X(8) - 0.0171 * X(9) - 0.0027 * X(10) + 0.0168 * X(11) - \\ 0.0052 * X(12) + 0.0086 * X(13) + 0.0242 * X(14) + 0.0100 * X(15) + 0.0113 * X(16) + d_1^- - \\ d_1^+ = 0.01$$

##### **Sistematik risk hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} \beta_i X_i + d_2^- - d_2^+ = 1;$$

$$0.4218*X(1)+0.6692*X(2)+ 1.3849*X(3)+ 0.9929*X(4)+ 0.6568*X(5)+ \\ 0.8237*X(6)+ 0.9243*X(7)+0.5509*X(8)+ 1.2772*X(9)+ 1.0674*X(10)+ \\ 1.0503*X(11)+0.7978*X(12)+1.0106*X(13)+ 1.3380*X(14)+0.9129*X(15) + \\ 0.7701*X(16) + d_2^- - d_2^+ =1;$$

**Hisse başına kazanç hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} HBK_i X_i + d_3^- - d_3^+ = 0.14;$$

$$1.8400*X(1)+0.6258*X(2)+0.7923*X(3)+0.9411*X(4)+0.0126*X(5)+0.3389*X(6) \\ +1.7761*X(7)+1.3872*X(8)-0.0844*X(9)- \\ 0.2324*X(10)+0.1378*X(11)+0.0743*X(12)+0.0568*X(13)+0.8624*X(14)+ \\ 0.2490*X(15)+4.6327*X(16)+d_3^- - d_3^+=0.14$$

**Piyasa Değeri/Defter Değeri hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} PD_i X_i + d_4^- - d_4^+ = 1.86;$$

$$2.5512*X(1)+1.0604*X(2)+1.6690*X(3)+1.1883*X(4)+0.0020*X(5)+0.0011*X(6) \\ +0.0032*X(7)+0.0012*X(8)+0.0008*X(9)+0.0019*X(10)+0.0006*X(11)+0.0015* \\ X(12)+0.9673*X(13)+2.5124*X(14)+0.0009*X(15)+2.3699*X(16)+d_4^- - d_4^+ = \\ 1.86$$

**Fiyat/Kazanç oranı hedef kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} FK_i X_i + d_5^- - d_5^+ = 14.66;$$

$$20.3329*X(1)+10.6982*X(2)+11.7891*X(3)+9.6749*X(4)+0.0482*X(5)+0.0113* \\ X(6)+0.0102*X(7) +0.0088*X(8)- \\ 0.0072*X(9)+0.0001*X(10)+0.0089*X(11)+0.0631*X(12)+9.1641*X(13)+10.921 \\ 4*X(14)+0.0136*X(15)+8.3171*X(16)+d_5^- - d_5^+=14.66$$

**Sistem kısıtı;**

$$\sum_{i=1}^{16} X_i = 1;$$

$$X(1)+X(2)+X(3)+X(4)+X(5)+X(6)+X(7)+X(8)+X(9)+X(10)+X(11)+X(12)+X(13) \\ +X(14)+X(15)+X(16)=1;$$

$$\forall X_i \geq 0$$

$$\forall d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0$$

Piyasa Değerine Yönelik Öncelikli Hedef Programlama modelinde beklenen getiri ve hisse başına kazanç hedefleri maksimize edilirken, PD /DD ve F/K oranlarına yönelik hedefler minimize edilmiştir. Çünkü söz konusu oranların çok yüksek olması istenen bir durum değildir.



#### 4.5. BULGULARIN YORUMU

Çalışmanın bu kısmında; önceki kısımlarda matematiksel gösterimi açıklanan öncelikli Hedef Programlama modellerinin WinqSB sonuçlarının yorumları yer almaktadır.

##### 4.5.1. Kârlılık Hedeflerine Yönelik Öncelikli Hedef Programlama Modeli Sonuçları

Model WinQSB paket programı ile çözüldüğünde sonuçlar Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te yer almaktadır:

**Tablo 4.2. Kârlılık Hedeflerine Yönelik Modelin Sonuçları**

Hisse Senedi	Karar Değiş.	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
AEFES	X1	0	0.37	0	0	0	0	0	0	0	0
AKSA	X2	0	0	0.51	0.54	0.16	0.11	0.11	0	0	0
ARCLK	X3	0	0	0	0.46	0.15	0.14	0.13	0.09	0.10	0.02
AYGAZ	X4	0	0	0	0	0.69	0.71	0.72	0.59	0.64	0
BAGFS	X5	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0
EREGL	X6	0	0	0	0	0	0	0.04	0.04	0	0
FROTO	X7	0	0	0	0	0	0	0	0.28	0.23	0.76
GUBRF	X8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0.02
HURGZ	X9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20
KARSN	X10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KRDMD	X11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PETKM	X12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SASA	X13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOASO	X14	1.00	0.63	0.49	0	0	0	0	0	0	0
TRKCM	X15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUPRS	X16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ağırlık</b>		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**Tablo 4.3.Kârlılık Hedeflerine Yönelik Modelin Sonuçları Devam**

Hisse Senedi	Karar Değiş.	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21
AEFES	X1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AKSA	X2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARCLK	X3	0.12	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
AYGAZ	X4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAGFS	X5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EREGL	X6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FROTO	X7	0.52	0.42	0.38	0.37	0.38	0.42	0.24	0.34	0.40	0.44	0.40
GUBRF	X8	0.06	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HURGZ	X9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KARSN	X10	0.30	0.30	0.27	0.26	0.27	0.29	0.25	0.28	0.29	0.28	0
KRDMD	X11	0	0.24	0.31	0.31	0.31	0.17	0.38	0.34	0.31	0.28	0.60
PETKM	X12	0	0	0.03	0.03	0.03	0	0	0	0	0	0
SASA	X13	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0
TOASO	X14	0	0	0	0	0.01	0.03	0.02	0	0	0	0
TRKCM	X15	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0
TUPRS	X16	0	0	0	0	0	0	0.11	0.04	0	0	0
<b>Toplam</b>		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Kârlılığa yönelik oluşturulan öncelikli Hedef Programlama modelinde tüm hedefler %100 başarılmıştır ve 21 adet alternatif optimum çözüm belirlenmiştir. Tüm hedefleri karşılayan alternatif portföyler Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te yer almaktadır. Yatırımcı örneğin ikinci portföydeki AEFES ve TOASO hisse senetlerine belirlenen ağırlıklarda yatırım yapması halinde, portföyün getirisi risksiz faiz oranından daha yüksek, piyasaya olan duyarlılığı fazla ve kârlılık potansiyeli sektör ortalamasından daha iyi olacaktır. Portföylerin performans olarak karşılaştırılması ise bir sonraki kısımda Treynor performans değerlendirme yöntemi ile değerlendirilmiştir.

#### 4.5.2. Piyasa Değerine Yönelik Öncelikli Hedef Programlama Modelinin Sonuçları

Model WinQSB paket programı ile çözüldüğünde sonuçlar Tablo 4.4.'de yer almaktadır:

**Tablo 4.4.** Piyasa Değerine Yönelik Modelin Sonuçları

Hisse Senedi	Karar Değiş.	P22	P23
AEFES	X1	0.35	0.39
AKSA	X2	0.07	0
ARCLK	X3	0.58	0.56
AYGAZ	X4	0	0
BAGFS	X5	0	0
EREGL	X6	0	0
FROTO	X7	0	0
GUBRF	X8	0	0
HURGZ	X9	0	0.04
KARSN	X10	0	0
KRDMD	X11	0	0
PETKM	X12	0	0
SASA	X13	0	0
TOASO	X14	0	0
TRKCM	X15	0	0
TUPRS	X16	0	0
<b>Toplam</b>		1.00	1.00

Piyasa değeri potansiyeline yönelik Öncelikli Hedef Programlama modeli incelendiğinde Beta hedefinin dışındaki tüm hedeflerde %100 başarı sağlanmış ve iki adet alternatif çözüm belirlenmiştir. Ancak Beta hedefinde %7'lik bir sapma oluşmuştur. Hedef Programlama, tüm hedefleri öncelikleri ile karşılayan optimum sonucun bulunamaması durumunda, çözümsüzlükten ziyade bir hedeften %7'lik sapmayla uzlaşık bir çözüm getirmiştir. Yatırımcının piyasaya duyarlılığı daha az ve en az risksiz faiz oranı getirisi kadar getiri sağlayan portföyler arasından piyasa değeri sektörden daha iyi ve nispeten ucuz hisse senetlerinden oluşan portföy istemesi halinde Tablo 4.4'te yer alan alternatif portföylerde belirlenen hisse senetlerine yatırım yapılabilir.

#### **4.5.3. Oluşturulan Portföylerin Performanslarının Değerlendirilmesi**

Çalışmanın bu kısmında daha önce oluşturulan portföyler Treynor performans ölçüsü kullanılarak dört yıllık değerlendirilmiştir. Treynor Performans Ölçüsü (4.7)'deki gibidir:

$$T_p = \frac{(r_{pt} - r_{ft})}{B_p} \quad (4.7)$$

Burada;

$r_{pt}$  : Portföyün t dönemindeki getirisi

$r_{ft}$  : t dönemindeki risksiz faiz oranı

$B_p$  : Portföyün Betasıdır

Pazarportföyü olarak alınan BIST 100 endeksinin Treynor ölçüsü değeri hesaplanırken endeksin 4 yıllık getirisi hesaplanmış ve beta değeri “1” olarak alınmıştır. Çünkü pazarportföyünün beta değeri “1” olarak kabul edilmektedir<sup>220</sup>. Kârlılık hedeflerine yönelik modelin alternatif portföylerinin Treynor Ölçüsü değerleri Tablo 4.4.’de gösterilmektedir:

**Tablo 4.5.** Kârlılığa Yönelik Portföylerin 4 Yıllık Treynor Ölçüsü Değerleri

Portföyler	Treynor Ölçüsü	Portföyler	Treynor Ölçüsü
1	0.0091181	13	0.0000695
2	0.0055232	14	-0.0000217
3	0.0117481	15	0.0000949
4	0.0107339	16	0.0000426
5	0.0014656	17	0.0001584
6	-0.0000777	18	-0.0002078
7	-0.0000501	19	0.0002877
8	0.0001099	20	0.0005262
9	0.0000366	21	0.0045142
10	0.0000658	<b>Pazar Portföyü</b>	-0.0015353
11	-0.0000463		
12	-0.0000269		

<sup>220</sup>Karabiyik – Anbar, a.g.e., s.335

Kârlılık potansiyelini dikkate alan modeldeki portföylerin 4 yıllık performansları incelendiğinde yatırımcının aldığı riske göre hedeflenen getirisinden daha fazla getiri sağlayan portföyler 1,2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 17, 19, 20 ve 21 numaralı portföylerdir. Bu portföyler arasında performansı en iyi olan portföy ise AKSA ve TOASO hisse senetlerinden oluşan 3 numaralı portföydür. Bu portföyü takip eden ikinci en iyi portföy AKSA ve ARCLK hisse senetlerinin yer aldığı 4 numaralı portföydür.

Pazar portföyü ise incelenen dönem aralığında risksiz getiri oranından daha düşük getiri sağlayarak negatif bir değer almıştır. Negatif performanslar içinde en düşük olan portföy ise FROTO, KARSN, KRDM ve TUPRS hisse senetlerinin yer aldığı 18 numaralı portföydür. Bu portföyün performans değerinin ise pazar portföyünün değerinden daha düşük çıktığı, dolayısıyla söz konusu portföyün performansının piyasanın altında gerçekleştiği görülmektedir. Piyasa değerine yönelik alternatif portföylerin Treynor Ölçüsü değerleri ise Tablo 4.6.'da gösterilmektedir:

**Tablo 4.6.** Piyasa Değerine Yönelik Portföylerin 4 Yıllık Treynor Ölçüsü Değerleri

<b>Portföyler</b>	<b>Treynor Ölçüsü</b>
<b>22</b>	0.006175
<b>23</b>	0.03362
<b>Pazar Portföyü</b>	-0.0015353

Tablo 4.6. incelendiğinde AEFES, AKSA ve ARCLK hisse senetlerinin yer aldığı 22 numaralı portföyün performansı diğer portföyün performansından daha iyidir. Oluşturulan portföylerin her ikisi de pozitif performans değeri sergilemişlerdir. Diğer bir ifadeyle getirileri sistematik risk bazında incelendiğinde performansları pazar portföyüne nazaran yüksek çıkmıştır.

Yatırımcı AEFES hisse senedine 0.35, AKSA hisse senedine 0.07 ve ARCLK hisse senedine 0.58 oranında yatırım yapması durumunda portföyünün getirisi yüksek, piyasanın



arttığı dönemlerde portföyünün getiri potansiyeli diğer portföylere nazaran daha iyi olacak ve portföyünü oluşturan hisse senetleri satışları, öz kaynakları ve varlıklarının kârlılığı yüksek olan işletmelerin hisse senetlerinden oluşacaktır. Buna karşın yüksek getirili, hisse başına kazancı yüksek aynı zamanda diğer portföylere nispeten ucuz olan portföy oluşturmak istediğinde piyasaya olan duyarlılığı daha az olan portföy elde edilmiştir.

Genel olarak her iki modelin Hedef Programlama sonuçları değerlendirildiğinde tüm hedeflerin başarılması bakımından kârlılık amaçlarını içeren model, piyasa değeri amaçlarını içeren modelden daha başarılı çıkmıştır. Söz konusu modelin tüm amaçları %100 başarılmışken, piyasa değeri yüksek portföy oluşturulmak istendiğinde Beta hedefine tam olarak ulaşamamıştır. Diğer bir ifade ile, riskin artmasıyla getirinin artacağı varsayımı altında, daha yüksek getirili ve aynı zamanda piyasa değeri potansiyeli de yüksek olan portföy oluşturulamamıştır. Bu noktada klasik optimizasyon yöntemleriyle çözüldüğünde çözüm bulunamayacaktır. Hedef Programlama ise Beta hedefinden %7'lik bir sapma ile uzlaşık bir çözüm sunmuştur. Hedef Programlama'nın tüm amaçlarının başarıldığı modelin performansı ise pazarportföyüyle kıyaslandığında daha iyi çıkmıştır. Sonuç olarak Hedef Programlama kullanılarak getiri ve risk amaçlarından başka amaçları da bulunan yatırımcı için tercihlerini yansıtan ve başarılı sonuçlar sunmaktadır.

## SONUÇ

Hedef Programlama yöntemi, hem bireysel hem de kurumsal yatırımcılar için portföy seçim problemlerinde kullanılan yöntemlerden birisidir. Yazında yer alan önceki çalışmalarda optimum portföy seçimi genel olarak sadece getiri ve risk temelinde ele alınmış ve yatırımcının diğer hedeflerini de yansıtan bir Hedef Programlama modeli kullanılmamıştır. Çalışmada, öncelikle Portföy Kuramı, Hedef Programlama ve Hedef Programlama çözüm teknikleri incelenmiştir. Son bölümde, Öncelikli Hedef Programlama yöntemi çok amaçlı portföy seçimi problemine uygulanmıştır. Optimum portföyü elde etmek için kullanılan hedefler risk ve getiri hedeflerinin yanında hisse senetlerinin ait olduğu şirketlerin kârlılık ve piyasa değerlerine yönelik hedefleri de içermektedir. Bu hedefler yöntemin öncelikli modellerinde hedef kısıtları olarak yer almıştır.

Uygulamanın veri kümesini Ocak 2010 – Aralık 2013 tarihleri arasında BIST-100 endeksinde sürekli olarak yer almış imalat sektöründeki şirketlerin hisse senetleri ( 16 hisse senedi) oluşturmuştur. Analiz sadece imalat-sanayi sektörüne yönelik yapılmıştır. Oluşturulan Öncelikli Hedef Programlama modelleri WinQSB programı ile çözülmüştür.

Öncelikli Hedef Programlama modelleri riskin artması ile getirinin artacağı varsayımı altında Beta katsayısının yüksek olması durumuna ( $\beta > 1$ ) göre oluşturulmuştur.

Modeller incelendiğinde ise Hedef Programlama yöntemi kârlılık modelinin birinci öncelik seviyesini oluşturan getiriyi ve ikinci öncelik seviyesini oluşturan risk hedefini öncelikle başarmış, daha sonra diğer öncelikteki hedefleri sırası ile tam olarak gerçekleştirmiştir. Fakat piyasa değeri amaçlarını içeren modelde tüm hedefleri %100 sağlayan bir optimum çözüm bulunmamaktadır. Bunun yerine ikinci öncelik seviyesindeki beta hedefinden %7'lik bir sapma ile uzlaşık bir çözüm sunmuştur.

Sonuç olarak, Hedef Programlama tekniği kullanılarak kârlılığı ve piyasa değeri sektörden daha yüksek; buna karşın sektöre göre nispeten daha ucuz olan hisse senetlerinin portföye dahil edilmesi istendiğinde hedeflerin hepsini içeren optimum portföyler ve bu portföylerde yer alan hisse senetlerinin ağırlıkları hedeflere uygun şekilde elde edilmiştir.

Hedef Programlama tekniği ile oluşturulan ve portföyün kârlılığını amaçlayan model çözüldüğünde, bu tüm amaçları sağlayan 21 adet portföy bulunmuştur. Söz konusu portföyler en önemli hedef olan getiriyi sistematik riske göre değerlendiren Treynor Performans Ölçüsü ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda tüm portföylerin pazar portföyü olan BIST 100 endeksinden incelenen 4 yıllık süreçte daha iyi performans sergiledikleri sonucuna ulaşılmıştır. Portföyler kendi aralarında

kıyaslandığında ise en iyi performansı sergileyen portföy AKSA ve TOASO hisse senetlerinin yer aldığı 3 numaralı portföydür. İkinci öncelikteki hedeften ödün verilmesi koşulu ile piyasa değeri yüksek bir portföy oluşturulmak istendiğinde ise AEFES, AKSA ve ARCLK hisse senetlerinin yer aldığı 22 numaralı portföyün performansı pazar portföyünün performansından daha iyi çıkmıştır.

Genel olarak çalışmanın amacı doğrultusunda Hedef Programlama ile yatırımcının tüm amaçlarının karşılandığı portföyler oluşturulmuş ve bu portföyler pazar portföyü ile karşılaştırıldığında daha başarılı sonuç verdikleri bulgusuna ulaşılmıştır. Tüm amaçların karşılanmadığı durumda, oluşturulan portföyler arasından en iyi performans sergileyen portföyün performansı da pazar portföyüne kıyasla daha iyi çıkmıştır.

Bu çalışmada yazındaki önceki çalışmalardan farklı olarak optimum portföy seçimi sadece getiri ve risk bazında ele alınmamıştır ve yatırımcının diğer hedeflerini de yansıtan bir Hedef Programlama modeli kullanılarak performansı başarılı olan sonuçlara ulaşılmıştır. Bu çalışmada incelenen hedefler, gerçek hayatta yatırımcıların farklı öneme sahip diğer amaçlarını da yansıtacak şekilde genişletilebilir.

## **KAYNAKÇA**

## *Kitaplar*

- ARMAN T.Tevfik, **Excel ile Hisse Senedi Değerlemesi**, Literatür Yayınları, İstanbul, 2012,
- ALADAĞZerrin, **Yöneylem Araştırması 2**, Umuttepe Yayınları, Kocaeli,2012
- BALLESTERO Enrique – ROMERO Carlos, **Multiple Criteria Decision Making and Its Applications To Economic Problems**,Springer Science, New York,1998
- BAŞTÜRKFeride HAYIRSEVER, **F/K Oranı ve Firma Büyüklüğü Anomalilerinin Bir Arada Ele Alınarak Portföy Oluşturulması ve Bir Uygulama Örneği**, Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2004,Eskişehir
- BENNINGASimon – CZACZKESBenjamin, **Financial Modeling**, The MIT Press, 2008, London
- CABALLERORafael – RUIZFrancisco – STEUERRalph E.,**Advances in Multiple Objective and Goal Programming**, Springer, Berlin, 1997
- CEYLANAli – KORKMAZTurhan, **Borsada Uygulamalı Portföy Yönetimi**, Ekin Kitabevi, 1998,Bursa.
- CEYLANAli – KORKMAZTurhan, **Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2000
- CİNEMRENalan, **Yöneylem Araştırması**, 2.basım, Evrim Yayınevi, İstanbul,2011
- DEBKalyanmov, **Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms**,John Wiley&Sons, London,2001
- DRAKEPamelaPETERSON – FABOZZIFrank J.,**The Basics of Finance**, John Wiley&Sons, New Jersey,2010
- FABOZZIFrank J. – MARKOWITZHarry, **The Theory and Practice of Investment Management**, John Wiley &Sons Inc., New Jersey, 2002
- FABOZZIFrank J –FOCARDISergio M – KOLMPetter N, **Financial Modeling of the Equity Market**, John Wiley&Sons, 2006,New Jersey
- FRANCİSJack Clark -DONGCHEOL Kim, **Modern Portfolio Theory**, John Wiley & Sons, 2013,New Jersey
- GÖKBELSerpil Altınırmak, **Süre Temelli Portföyler ve İMKB’de Uygulanabilirliği**, Sermaye Piyasaları Kurulu, 2003
- HILLIERFrederick S.- LİEBERMANGerald J.,**Introduction to Operations Research**, 7.basım, McGraw-Hill Higher Education, New York, 2001

- IGNIZIO James P., **Goal Programming and Extensions**, D.C. Heath and Company, Lexington, 1976
- IGNIZIO James P., **Introduction To Linear Goal Programming**, Sage Publications, California, 1985
- JONES Dylan – TAMİZ Mehrdad, **Practical Goal Programming**, Springer Science+Business Media, New York, 2010
- KAISER Harry M.- MESSER Kent D., **Mathematical Programming for Agricultural, Environmental and Resource Economics**, John Wiley&Sons Inc, U.S.A, 2011
- KARPAK Birsen – ZİONTSS Stanley, **Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis Using Microcomputers**, Springer, Berlin, 1989
- KAPUCU Hakan, **PORTFÖY MODELLEME**, IJOPEC Yayıncılık, 2011, İstanbul
- KARAN Mehmet Baha, **Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi**, Gazi Kitabevi, Ankara, 2004
- KARABIYIK Lale – ANBAR Adem, **Sermaye Piyasası ve Yatırım Analizi**, Ekin Yayınevi, Bursa, 2010
- KARSLIMuharrem, **Sermaye Piyasası Borsa Menkul Kıymetler**, Alfa Yayınları, 2004, İstanbul
- KOSMIDOU Kyriaki – ZOPOUNİDİS Constantin, **Goal Programming Techniques for Bank Asset Liability Management**, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004
- LEESang M., **Goal Programming For Decision Analysis**, Auerbach Publishers, Philadelphia, 1972
- LEVY Haim, **The Capital Asset Pricing Model in the 21.st Century**, Cambridge University Press, New York, 2012
- LUPTÁČIK Mikuláš, **Mathematical Optimization and Economic Analysis**, Springer Science+Business Media, New York, 2010
- ÖZTÜRK Ahmet, **Yöneylem Araştırması**, Ekin Yayınevi, Bursa, 2011
- RACHEV Svetlozar T., STOYANOV Stoyan V -.FABOZZI Frank J, **Advanced Stochastic Models, Risk Assessment, and Portfolio Optimization**, John Wiley & Sons, 2008, New Jersey,
- RAVİNDRANA Ravi, **Operations Research Methodologies**, CRC Press, New York, 2009

- REILLY Frank K.-BROWN Keith C., **Investment Analysis & Portfolio Management**, South Western Cengage Learning, 2012, USA
- RENDER Barry – STAIR Ralph M.-HANNAM Michael E., **Quantitative Analysis for Management**, 11.basım, Prentice Hall, New Jersey, 2012
- ROMERO Carlos, **Handbook of Critical Issues in Goal Programming**, Pegamon press, Oxford, 1991
- ROMERO Carlos – REHMANTahir, **Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions**, 2.Basım, Elsevier Science,, Amsterdam, 2003
- SCHULMERICH Marcus –LEPORCHERYves Michel –EUChing Hwa, **Applied Asset and Risk Management**, Springer Science, Dordrecht, 2003
- SHARPE W.F., **Portfolio Theory and Capital Markets**, McGraw-Hill Professional, New York, 2000
- SEVİNÇ Erkan, **İMKB-30 Endeksinde Yer Alan Menkul Kıymetlerden Ortalama-Varyans Modeline Göre Optimal Portföy Oluşturulması Ve Riske Maruz Değer Yaklaşımıyla Portföy Riskinin Hesaplanması**, İktisadi Araştırmalar Vakfı , 2007, İstanbul
- SİMHA S.M, **Mathematical Programming; Theory and Methods**, Elsevier Science&Technology Books, 2006
- SHNIEDERJANS Marc J., **Goal Programming: Methodology and Applications**, Springer Science+Business Media, New York, 1995
- SPRONK Jaap, **Interactive Multiple Goal Programming**, Martinus Nijhoff Publishing, Boston, 1981
- TAHA Hamdy A., **Operations Research an Introduction**, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 8.baskı, 2007
- TAMIZ Mehrdad (ed), **Multiobjective Programming and Goal Programming**, Springer, Berlin, 1996
- ULUCAN Aydın, **Yöneylem Araştırması**, Siyasal Kitabevi, Ankara, 2007
- VOLLMER Markus, **A Beta-return Efficient Portfolio Optimisation Following the CAPM**, Springer Gabler, 2015, Stuttgart
- 2XIDONAS Panos vd., **Multicriteria Portfolio Management**, Springer Science, 2012, New York

### *Makaleler*

- ANBARAdem– EKERMelek, “Bireysel Yatırımcıların Finansal Risk Algulamalarını Etkileyen Demografik ve Sosyoekonomik Faktörler”, **ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:5, Sayı:9,2009
- ARACIOĞLUBurcu – DEMİRCANFatma – SOYUERHaluk, “Mean-Variance-Skewness-Kurtosis Approach to Portfolio Optimization: An Application in İstanbul Stock Exchange”, **Ege Akademik Bakış**, Cilt:11,2011
- ARULRAJMalarvizhi - Meghana PVS- KARTHİKA R, “Global Portfolio Optimization for BSE Sensex Using The Enhanced Black-Litterman Model”, **Procedia Engineering**, Vol.38, 2012
- ATANSibel ve diğerleri, “İMKB 100 Endeksi İçin Optimal Portföy Seçimi Model Önerisi”,**Aksaray Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt: 2, Sayı: 1, 2010
- ATLASMahmut, “ Çok Amaçlı Programlama Çözüm Tekniklerinin Sınıflandırılması”, **Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt No: 8, Sayı No:1,2008
- BARTHOLDYJan – PEAREPaula, “Estimation of Expected Return: CAPM vs Fama and French”, **International Review of Financial Analysis**, Vol.14, Issue:4,2005
- BEKÇİİsmail – EROĞLUAbdullah – USULHayrettin, “Portföy Seçimi Problemine Bulanık Mantık Yaklaşımı”, **SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, cilt:6,sayı:2,2001
- BILBAOA.-PEREZ.B–ANTOMIL J., “Selecting the Optimum Portfolio Using Fuzzy Compromise Programming and Sharpe’s Single-Index Model, **Applied Mathematics and Computation**, Vol:182, Issue:1,2006
- BILBAO vd, “An extension of Sharpe’s Single –Index Model:Portfolio Selection With Expert Betas”, **Journal of the Operational Research Society**, Vol:57, Issue:1, 2006
- BILBAO vd., “On constructing Expert Betas for Single-Index Model”, **European Journal of Operational Research**, Vol.183, 2007
- CHARNESA.- COOPERW.W., “Goal Programming and Multiple Objective Optimizations”, **European Journal of Operations Research**, vol.1, issue:1, 1977
- CİHANGİRMehmet – KANDEMİRTuğrul, “Finansal Kriz Dönemlerinde Hisse Senetleri Getirilerini Etkileyen Makroekonomik Faktörlerin Arbitraj Fiyatlandırma Modeli Aracılığıyla Saptanmasına Yönelik Bir Çalışma, **SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt:15,Sayı:1,2010
- ÇALIŞKANTuncer, “Black – Litterman ve Markowitz Ortalama Varyans Modeliyle Oluşturulan Portföylerin Performanslarının Ölçülmesi”, **Akademik Fener**, Sayı: 15, 2011

- DAĞDEVİRENMetin – ERENTamer, “Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 16, No.2, 2001
- DEMİR Yusuf – DEREREzel, “Optimal Portföy Kapsamında Tanjant Portföyü IMKB-100’de Örnek Uygulama, **Uluslar arası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi**, cilt:4, Sayı:2, 2012
- DEMİR TAŞÖzgür – GÜNGÖR Zülal, “Portföy Yönetimi ve Portföy Seçimine Yönelik Uygulama”, **Havacılık ve Uzak Teknolojileri Dergisi**, Cilt: 1, Sayı:4, 2004
- DROBETZ Wolfgang, “How To Avoid The Pitfalls in Portfolio Optimization? Putting The Black-Litterman Approach at Work”, **Swiss Society for Financial Market Research**, Vol.15, No.1, 2001
- EDİZAyşe – YAĞDIRANYasemin, “Hedef Programlama Tekniği ile Menü Planlaması”, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 11.1.2009
- ERPOLAT Semra, “Üretim Planlamasında Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, **Öneri Dergisi**, Cilt: 9, Sayı: 34
- ERSÖZ Fikri – KABAK Mehmet, “Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması”, **Sosyal Bilimler Dergisi**, 2010
- ERTUĞRUL İrfan, “Bulanık Hedef Programlama ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama Örneği”, **Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:6, sayı:2, 2005
- EVANS Gerald W., “An Overview of Techniques For Solving Multiobjective Mathematical Programs”, **Management Science**, Vol : 30, No : 11, 1984, s. 3
- MOON Lee Sang, “Goal Programming For Decision Making of Multiple Objectives”, **Sloan Management Review (MIT)**, sayı 2, Cambridge, 1973
- FAMA Eugene F.- FRENCH Kenneth R., “The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence”, **Journal of Economic Perspectives**, Vol:18, No:3, 2004
- GLADISH B. Perez vd., “An Interactive Three-Stage Model for Mutual Funds Portfolio Selection”, **Omega**, Vol.35, 2007
- HU Chaofang – ZHANG Shaokang - WANG Na, “Enhanced Interactive Satisficing Method via Alternative Tolerance for Fuzzy Goal Programming with Progressive Preference”, **Applied Mathematical Modelling**, Vol:38, 2014
- IGNIZIO, “A Review of Goal Programming: A Tool for Multiobjective Analysis”, **The Journal of the Operational Research Society**, Vol.29, No.11, 1977



- JONES Robert – LIM Terence – ZANGARI Peter J., “The Black –Litterman Model for Structured Equity Portfolios”, **The Journal of Portfolio Management**, Vol.33, No.2,
- KARDİYEN Filiz, “Portföy Optimizasyonunda Ortalama Mutlak Sapma Modeli ve Markowitz Modelinin Kullanımı ve İMKB Verilerine Uygulanması”, **SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, c.13
- KAYACansın – KOCADAĞLIOzan, “Etkin Sınır ve Beta Katsayı Kısıtlı Portföy Seçim Modeli Üzerine Bir Uygulama”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Sayı:22, 2012
- KEÇEK Gülnur, “Bir Dişli Fabrikasında Tamsayılı Hedef Programlama Uygulama Denemesi”, **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, sayı:13
- KEMALBAY Güler – ÖZKUT C. Murat – FRANKO Ceki, “Portfolio Selection with Higher Moments: A Polynomial Goal Programming Approach To ISE-30 İndeks”, **İÜ İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi**, Sayı:13, 2011
- KOCADAĞLIOzan – CİNEMRENalan, “Portföy Optimizasyonunda SVFM ile Bulanık Doğrusal Olmayan Model Yaklaşımı”, **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt:39, no:2, 2010
- KOLMPeter N.- TÜTÜNCÜReha – FABOZZI Frank J, “60 Years of Portfolio Optimization: Practical Challenges and Current Trends”, **European Journal of Operational Research**, Vol:234, Issue:2, 2014
- KONNO Hiroshi – YAMAZAKI Hiroaki, “Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Applications to Tokyo Stock Market”, **Management Science**, Vol.37, No.5, 1991
- LAMONT Owen A.- THALER Richard H, “Anomalies: The Law of One Price in Financial Markets”, **Journal of Economic Perspectives**, Vol:17, No:4, 2003
- LEE S.M.- LERRO A.J., “Optimizing the portfolio selection for mutual funds”, **Journal of Finance**, Vol.28, No:5, 1973, s.
- LEE S.M.- CHESSER Delton L, “Goal Programming for Portfolio Selection”, **The Journal of Portfolio Management**, Vol:3, 1980 ,s.23-26
- LEVY Haim, “Equilibrium in an Imperfect Market: A Constraint on the Number of Securities in the Portfolio”, **The American Economic Review**, Vol.68, No:4
- MARASOVIĆ Branka , “Comparison of Optimal Portfolios Selected By Multicriterial Model Using Absolute and Relative Criteria Values”, **Investigación Operacional**, Vol.30, No:1, 2009, s.21
- MOON Yongma – YAO Tao, “A Robust Mean Absolute Deviation Model for Portfolio Optimization”, **Computers & Operations Research**, Vol:38, 2011

- SHARMA Hari P.- SHARMA Dinesh K., “A Multi-Objective Decision Making Approach For Mutual Fund Portfolio”, **Journal of Business & Economics Research**, Vol.3, No.10, p.75-84
- STAPLETON Richard C., “Some Recent Developments in Capital Market Theory : A survey”, **Spanic Economic Rewiev**, Vol:1, Issue:1, 1999
- SÜER Seda, “Yatırımcı Beklentilerinin Black-Litterman Optimizasyon Modeli ile Değerlendirilmesi: Borsa İstanbul Uygulaması”, **The Journal of Academic Social Science Studies**, No.34, 2015, p.305
- TAMİZ M. vd., “A Two Staged Goal Programming Model for Portfolio Selection”, **Multi-Objective Programming and Goal Programming Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems**, Vol:432, 1996
- TAMİZ M.- JONES D.F.,” A review of Goal Programming and its applications”, **Annals of Operations Research**, Vol:58, 1995
- TANER A. Tuna –KAVALİDERE Koray, “1995-2000 Döneminde İMKB’de Anomali Araştırması”, **Yönetim ve Ekonomi**, Cilt: 9, Sayı: 1-2, 2002
- YAGHOUBİ M.A.- TAMİZ M.,”A Method for Solving Fuzzy Goal Programming Problems Based on MINMAX Approach”, **European Journal Of Operational Research**, Vol:177, No:3, 2007
- YOLSAL Handan, “Hisse Senetlerinin Beklenen Getiri ve Risklerinin Tahmininde Alternatif Modeller”, **İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Maliye Araştırma Merkezi Konferansları**, 27.seri, 2005, s.180
- ZHANG Peng –ZHANG Wei Guo, “Multiperiod Mean Absolute Deviation Fuzzy Portfolio Selection Model with Risk Control and Cardinality Constraints”, **Fuzzy Sets and Systems**, Vol.255, 2014

### *Tezler*

- AKAR Cüneyt, Çok Amaçlı Karar Verme Tekniği Olarak Hedef Programlama ve Bir Uygulama Denemesi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, 2002
- AKYÜZ Halil İbrahim, Hedef Programlama ile Portföy Optimizasyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2006
- ERGÜN Demet, Hedef Programlama ile Üretim Planlaması, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2006
- KOCABIYIK Turhan, Portföy Oluşturmada Kurumsal Yatırımcı Yaklaşımı, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2006, s.58

*Diğer Kaynaklar*

<http://www.borsagundem.com/arif-unver-yazar58/her-yatirimci-bu-formulu-ezbere-bilmeli-585779y.htm> (Erişim tarihi: 18.05.2015)



<b>ÖZGEÇMİŞ</b>			
<b>Adı, Soyadı</b>	Nagihan		MEMİŞ
<b>Doğum Yeri ve Yılı</b>	Kütahya		1989
<b>Bildiği Yabancı Diller</b>	İngilizce		
<b>Düzeyi</b>	İleri Düzey		
<b>Eğitim Durumu</b>	<b>Başlama - Bitirme Yılı</b>		<b>Kurum Adı</b>
<b>Lise</b>	2003	2007	Kütahya Anadolu İmam Hatip Lisesi
<b>Lisans</b>	2008	2012	Dumlupınar Üniversitesi
<b>Yüksek Lisans</b>	2012	Devam Ediyor	Uludağ Üniversitesi
<b>Çalıştığı Kurum (lar)</b>	<b>Başlama - Ayrılma Yılı</b>		<b>Çalışılan Kurumun Adı</b>
1.	15.02.2013	-	Uludağ Üniversitesi
<b>Üye Olduğu Bilimsel ve Mesleki Kuruluşlar</b>			
<b>Katıldığı Proje ve Toplantılar</b>			
<b>Yayımlar:</b>			
<b>Diğer:</b>			
<b>İletişim (e-posta):</b>	nagihanmemis@uludag.edu.tr		
		<b>Tarih</b>	
		<b>İmza</b>	
		<b>Adı Soyadı</b>	