

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

**ALTI SİGMA PROJELERİNİN DEĞERLEMESİNE
YENİ BİR YAKLAŞIM: REEL OPSİYONLAR**

Aysun KAPUCUGİL İKİZ

Danışman
Prof. Dr. Şevkinaz GÜMÜŞOĞLU

2009

YEMİN METNİ

Doktora tezi olarak sunduğum ‘‘Altı Sigma Projelerinin Değerlemesine Yeni Bir Yaklaşım: Reel Opsiyonlar’’ adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

17/12/2009

Aysun KAPUCUGİL İKİZ

İmza

DOKTORA TEZ SINAV TUTANAĞI

Öğrencinin

Adı ve Soyadı : Aysun Kapucugil İkiz
Anabilim Dalı : İşletme
Programı : Doktora
Tez Konusu : Altı Sigma Projelerinin Değerlemesine Yeni Bir Yaklaşım: Reel Opsiyonlar
Sınav Tarihi ve Saati :

Yukarıda kimlik bilgileri belirtilen öğrenci Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün tarih ve Sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Lisansüstü Yönetmeliğinin 30.maddesi gereğince doktora tez sınavına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini dakikalık süre içinde savunmasından sonra jüri üyelerince gerek tez konusu gerekse tezin dayanağı olan Anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI OLDUĞUNA	<input type="radio"/>	OY BİRLİĞİ	<input type="radio"/>
DÜZELTİLMESİNE	<input type="radio"/>	OY ÇOKLUĞU	<input type="radio"/>
REDDİNE	<input type="radio"/>		

ile karar verilmiştir.

Jüri teşkil edilmediği için sınav yapılamamıştır. ***
Öğrenci sınava gelmemiştir.

* Bu halde adaya 3 ay süre verilir.
** Bu halde adayın kaydı silinir.
*** Bu halde sınav için yeni bir tarih belirlenir.

	Evet
Tez, burs, ödül veya teşvik programlarına (Tüba, Fulbright vb.) aday olabilir.	<input type="radio"/>
Tez, mevcut hali ile basılabilir.	<input type="radio"/>
Tez, gözden geçirildikten sonra basılabilir.	<input type="radio"/>
Tezin, basımı gerekliliği yoktur.	<input type="radio"/>

JÜRİ ÜYELERİ

.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red
.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red
.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red
.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red
.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red

İMZA

ÖZET

Doktora Tezi

**Altı Sigma Projelerinin Değerlemesine Yeni Bir Yaklaşım: Reel Opsiyonlar
Aysun Kapucugil İkiz**

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Doktora Programı

Her proje belirli bir oranda belirsizlik ve risk içerir. Altı Sigma projeleri de, özellikle Kara Kuşaklar tarafından yürütülenler, genellikle karmaşık, yüksek riskli ve büyük ölçekli projelerdir. Belirsiz bir ortamda gerçekleştirilen bu projeler, firmanın pek çok biriminden kaynak tüketmekte ve çoğu zaman öngörülen maliyet, zaman ve fayda değerlerini karşılayamamaktadırlar. Geleneksel sermaye bütçeleme yaklaşımları, proje ortamına ilişkin belirsizlikleri ihmal ederek gelecekteki maliyet tasarruflarının beklenen değerleri üzerinden hesaplama yaptığından, bir Altı Sigma projesinin gerçek karlılığını gösterememektedirler.

Son zamanlarda reel opsiyonlar teorisi, belirsizliğin yatırım projelerinin değeri üzerindeki rolüne yönelik yeni bir yaklaşım getirmiş ve projelerin barındırdığı yönetsel esneklikleri de dikkate alan bir değerlendirme yöntemini literatüre kazandırmıştır. Bu yöntem günümüzde mevcut değerlendirme yaklaşımlarının yetersizliklerine bir çözüm olarak ortaya çıkmakta ve bir sermaye bütçeleme ve stratejik karar verme aracı olarak önerilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Altı Sigma projelerine ilişkin yatırım kararlarını analiz etmek için reel opsiyonlar yaklaşımını temel alan ve bu yaklaşımın uygulanmasını teşvik eden kavramsal bir değerlendirme modeli geliştirmektir. Bunun için öncelikle Altı Sigma projelerinin özellikleri bir hisse senedi alım

opsiyonunun parametreleri ile eşleştirilmiş ve bu parametreleri tahmin etme yöntemleri belirlenmiştir. Daha sonra, Altı Sigma projelerindeki belirsizlik kaynaklarının proje değeri üzerindeki etkisini analiz eden ve projenin sahip olduğu yönetsel esneklikleri değerleyen dört aşamalı bir kavramsal model tanımlanmıştır. “Reel Opsiyon Değerleme Modeli” olarak adlandırılan bu model, Monte Carlo simülasyonunun ve binom opsiyon değerlendirme yönteminin en iyi özelliklerini bir araya getiren karma bir modeldir. Modelin dört aşaması, bir üretim işletmesinde yürütülen bir Altı Sigma projesinin analizinde uygulanarak gösterilmiştir. Ayrıca model parametrelerinin opsiyon değeri üzerindeki etkilerini araştırmak için örnek projenin verileri ile duyarlılık analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Reel Opsiyonlar, Reel Opsiyonlarla Değerleme, Altı Sigma Projeleri, Belirsizlik, Yönetsel Esneklik.

ABSTRACT

Doctoral Thesis

A New Approach to Valuation of Six Sigma Projects: Real Options

Aysun Kapucugil İkiz

Dokuz Eylül University

Institute of Social Sciences

Department of Business Administration

PhD Program

Each project contains some degree of uncertainty and risk. Six Sigma projects, especially Black Belt projects, are generally complex, high risk and large-scale projects. These projects which are implemented in uncertain environment, requires multiple resources from many departments of a company and usually do not meet original expectations of cost, time, or benefits. As traditional capital budgeting methods determine the value of a Six Sigma project based on expected cost savings and ignore the uncertainties in project environment, they can not reflect its actual profitability.

Recently, reel options theory has brought a new approach to the role of uncertainty on the value of investment projects. It also contributed to the literature through a valuation method which explicitly accounts for managerial flexibilities embedded in projects. This method has arisen as a response to the inadequacies in current valuation approaches and has been suggested as a capital budgeting and strategic decision making tool.

This research aims to develop a conceptual framework for analyzing investment decisions and promote practical application of real options approach in the context of Six Sigma projects. Firstly the characteristics of a Six Sigma project are mapped onto the parameters of a stock call option and the estimation procedures for these parameters are presented. Then, a four phased

conceptual model is introduced to analyze specifically the effects of uncertainties on the project value and to consider the managerial flexibilities for Six Sigma projects. This model, named as “Real Option Valuation Model”, is a hybrid model which combines the best features of Monte Carlo simulation and binomial option pricing method. Four phases of the framework are illustrated in a Six Sigma project at a manufacturing company. A sensitivity analysis is also carried out to study the impact of model parameters on option value by using illustrative project data.

Key Words: Real Options, Real Options Valuation, Six Sigma Projects, Uncertainty, Managerial Flexibility.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	ii
DOKTORA TEZ SINAV TUTANAĞI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
EKLER LİSTESİ.....	xiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM REEL OPSİYONLAR

1.1 Yatırım Projesi Kavramı.....	9
1.2 Risk ve Belirsizlik	11
1.3 Yönetmel Esneklik.....	13
1.4 Geleneksel Sermaye Bütçeleme Yöntemleri	16
1.4.1 Net Bugünkü Değer	17
1.4.2 Getiri Oranı	18
1.4.3 Geri Ödeme Süresi.....	18
1.4.4 Fayda - Maliyet Oranı.....	19
1.4.5 Karlılık Endeksi.....	19
1.4.6 İç Verim Oranı.....	19
1.5 Geleneksel Sermaye Bütçeleme Yöntemlerinin Sınırlılıkları.....	20
1.6 Reel Opsiyonların Tanımı.....	29
1.7 Reel Opsiyonların Değerini Belirleyen Parametreler.....	32
1.8 Esneklik Kaynağı Olarak Reel Opsiyon Türleri	37
1.8.1 Erteleme Opsiyonu	41
1.8.2 Terketme Opsiyonu	42
1.8.3 Ölçeklendirme Opsiyonu	42
1.8.4 Değişirme Opsiyonu	43
1.8.5 Büyüme Opsiyonu	44
1.8.6 Aşamalandırma Opsiyonu.....	45
1.8.7 Bileşik Opsiyonlar	45
1.9 Finansal Opsiyonlardan Reel Opsiyonlara Geçiş Süreci.....	46
1.10 Reel Opsiyonların Uygulama Alanları	53

İKİNCİ BÖLÜM REEL OPSİYONLARLA DEĞERLEME

2.1 Opsiyonlarla Değerlemenin Temelleri	58
2.1.1 Arbitraj Fiyatlama	59
2.1.2 Dayanak Varlığın Davranışını Açıklayan Stokastik Süreçler.....	61
2.1.2.1 Sürekli Stokastik Süreçler.....	62

2.1.2.1.1	Wiener süreci	63
2.1.2.1.2	Itô süreci	66
2.1.2.1.3	Geometrik Brown hareketi.....	67
2.1.2.2	Kesikli Stokastik Süreçler.....	69
2.2	Opsiyonlarla Değerleme için Kullanılan Matematiksel Modeller	71
2.2.1	Kısmi Diferansiyel Denklem Yaklaşımı.....	71
2.2.1.1	Analitik Değerleme.....	72
2.2.1.2	Sayısal Değerleme	72
2.2.2	Dinamik Programlama Yaklaşımı	73
2.2.3	Simülasyon Yaklaşımı	73
2.3	Reel Opsiyonları Değerleme Yaklaşımları.....	78
2.3.1	Black-Scholes Modeli.....	78
2.3.2	Binom Modeli	81
2.3.2.1	Eşlenik Portföy ile Değerleme	83
2.3.2.2	Risk-Nötr Değerleme.....	87
2.4	Reel Opsiyonlarla Karar Ağacı Analizinin Karşılaştırılması	90

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM ALTI SİGMA METODOLOJİSİ VE ÖZELLİKLERİ

3.1	Altı Sigma.....	95
3.1.1	Altı Sigma Yaklaşımının Ortaya Çıkışı.....	97
3.1.2	Altı Sigma Süreci ve Özellikleri	99
3.1.2.1	Bir Metrik Olarak Altı Sigma	99
3.1.2.2	Bir Strateji Olarak Altı Sigma.....	103
3.1.2.2.1	Üst yönetimin desteği ve katılımı.....	103
3.1.2.2.2	Örgütsel altyapı	104
3.1.2.2.3	Eğitim	107
3.1.2.2.4	Proje yönetimi	109
3.2	Altı Sigma Projeleri.....	109
3.2.1	Altı Sigma Projelerinin Özellikleri.....	110
3.2.2	Altı Sigma Projelerinin Türleri	114
3.2.3	Altı Sigma Projelerinde Kullanılan Değerleme Teknikleri	118

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ALTI SİGMA PROJELERİNDE REEL OPSİYONLAR

4.1	Altı Sigma Projelerinin Bir Alım Opsiyonu Olarak Modellenmesi.....	123
4.1.1	Maliyet Tasarrufları	126
4.1.2	Yatırım maliyeti	127
4.1.3	Vade.....	127
4.1.4	Volatilité	128
4.1.4.1	Sübjektif Tahminlerle Volatilitenin Hesaplanması	129
4.1.4.2	Geçmiş Verilerle Volatilitenin Hesaplanması.....	130
4.1.5	Risksiz Faiz Oranı	131
4.1.6	Kar Payı	132
4.2	Altı Sigma Projeleri için Reel Opsiyon Değerleme Modeli	133
4.2.1	Birinci Aşama: Geleneksel İNA Analizi.....	137

4.2.2	İkinci Aşama: Belirsizliklerin Modellenmesi	138
4.2.2.1	Nedensel Belirsizlik Kaynaklarının Tanımlanması.....	139
4.2.2.1.1	Pazara özgü belirsizlikler.....	139
4.2.2.1.2	Özel belirsizlikler	140
4.2.2.2	Belirsizliklerin Monte Carlo Simülasyonu ile Modellenmesi.....	147
4.2.2.3	Proje Değerinin Binom Ağacı ile Modellenmesi	149
4.2.3	Üçüncü Aşama: Yönetmel Esnekliklerin Modellenmesi	152
4.2.4	Dördüncü Aşama: Reel Opsiyonlar Analizi.....	153

BEŞİNCİ BÖLÜM

REEL OPSİYONLAR İLE BİR ALTI SİGMA İYİLEŞTİRME PROJESİNİN ANALİZİ

5.1	Firma Profili: ABC Elektrik.....	156
5.2	S1 Verimlilik Artırma Projesi	158
5.3	Bir Alım Opsiyonu Olarak S1 projesi	160
5.3.1	S1 Projesinden Beklenen Maliyet Tasarrufları	160
5.3.2	S1 Projesi İçin Gereken Yatırım Maliyeti	162
5.3.3	S1 Projesine Yatırım Yapma Opsiyonunun Vadesi	162
5.3.4	Maliyet Tasarruflarının Volatilitesi.....	162
5.3.5	Risksiz Faiz Oranı	163
5.3.6	Kar Payı	163
5.4	S1 Projesi İçin Reel Opsiyon Değerleme Modeli	164
5.4.1	Geleneksel İNA Analizi.....	164
5.4.2	Belirsizliklerin Modellenmesi	167
5.4.2.1	Nedensel Belirsizlik Kaynaklarının Tanımlanması.....	167
5.4.2.1.1	Pazara özgü belirsizlikler.....	168
5.4.2.1.2	Özel belirsizlikler	169
5.4.2.2	Belirsizliklerin Monte Carlo Simülasyonu ile Modellenmesi.....	174
5.4.2.3	Proje Değerinin Binom Ağacı ile Modellenmesi	177
5.5	Yönetmel Esnekliklerin Modellenmesi.....	178
5.6	Reel Opsiyon Değerinin Hesaplanması.....	180
5.7	Duyarlılık Analizi.....	186
5.7.1	Volatilitenin Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi	186
5.7.2	Kar Payının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi	191
5.7.3	Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi	195
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....		199
KAYNAKLAR.....		210
EKLER.....		226

KISALTMALAR

AFT: Arbitraj Fiyatlama Teorisi
AOSM: Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti
BD: Bugünkü Değer
GBH: Geometrik Brown Hareketi
İNA: İndirgenmiş Nakit Akışı
KDD: Kısmi Diferansiyel Denklem
KK: Kara Kuşak
KKK: Kritik Kalite Karakteristiği
KPG: Kritik Performans Göstergesi
MAD: Piyasa Varlık Yadsıması (Marketed Asset Disclaimer)
NBD: Net Bugünkü Değer
SVFM: Sermaye Varlıkları Fiyatlama Modeli
TİAS: Tasarım için Altı Sigma
TKY: Toplam Kalite Yönetimi
TÖAİK: Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol
UKK: Uzman Kara Kuşak
YK: Yeşil Kuşak

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Geleneksel Sermaye Bütçeleme Yöntemleri.....	17
Tablo 2: Geleneksel Sermaye Bütçeleme Yöntemlerinin Dezavantajları.....	22
Tablo 3: Bir Finansal Alım Opsiyonu ile Bir Reel Opsiyonun Karşılaştırılması.....	32
Tablo 4: Parametrelerin Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi	36
Tablo 5: Reel Opsiyon Türleri ve Özellikleri.....	41
Tablo 6: Opsiyon Değerleme için Kullanılan Matematiksel Modeller.....	76
Tablo 7: Karar Ağacı Analizi ve Reel Opsiyonlar Yaklaşımlarının Karşılaştırılması.....	92
Tablo 8: Sigma Düzeyi ve Kalite Maliyetleri	102
Tablo 9: Altı Sigma Kuşak Sistemindeki Roller ve Sorumluluklar	106
Tablo 10: Altı Sigma Projesinin Aşamaları ve İlgili Faaliyetleri.....	111
Tablo 11: Altı Sigma Projelerinin Seçim Kriterleri.....	114
Tablo 12: Kapsamına göre Proje Türleri.....	115
Tablo 13: Somut ve Soyut Tasarruflar.....	116
Tablo 14: Proje Alanlarına İlişkin Tasarruf Örnekleri.....	118
Tablo 15: Altı Sigma Projeleri ile Opsiyon Parametrelerinin Eşleştirilmesi	125
Tablo 16: Altı Sigma Yaklaşımının Kritik Başarı Faktörleri	141
Tablo 17: Kara Kuşakların Çalışma Biçimlerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	143
Tablo 18: S1 Hattının Çalışma Koşullarına İlişkin Veriler.....	159
Tablo 19: S1 Projesine İlişkin Tamamlama Süreleri ve Beklenen Maliyetler.....	162
Tablo 20: S1 Projesinin Net Bugünkü Değeri.....	166
Tablo 21: ABC Elektrik Firmasının Sipariş Verileri	168
Tablo 22: S1 Projesine İlişkin Özel Belirsizlikler	171
Tablo 23: S1 projesinin TÖAİK aşamalarının Tamamlama Süreleri (Ay).....	173
Tablo 24: S1 Projesinin Hedefine Ulaşma Derecesi.....	173
Tablo 25: Simülasyon Modelinin Parametreleri.....	175
Tablo 26: Volatilitenin Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi ..	188
Tablo 27: Kar Payının Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi ..	192
Tablo 28: Risksiz Faiz Oranının Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi	196

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Risk ve Belirsizlik.....	12
Şekil 2: Belirsizlik ve Değer Arasındaki İlişki.....	14
Şekil 3: Belirsizliğin Ortaya Çıkışının İki Farklı Gösterimi	15
Şekil 4: Standart NBD Analizi Süreci	23
Şekil 5: Alım ve Satım Opsiyonlarının Uygulanacağı Durumlar.....	30
Şekil 6: Esnekliği Yönetmeye İlişkin Bir Kavramsal Model.....	39
Şekil 7: Genişletilmiş NBD Eşitliği.....	39
Şekil 8: Reel Opsiyonlar Metodolojisinin Gelişimi.....	51
Şekil 9: Opsiyonlar Teorisinin Gelişiminde Yeni Tanımlamalar.....	55
Şekil 10: Genelleştirilmiş Wiener Süreci.....	66
Şekil 11: Lognormal Dağılım.....	69
Şekil 12: Tek Dönemli Binom Modelinde Varlık Değerindeki Hareketler.....	82
Şekil 13: Üç Dönemli Binom Modeli	83
Şekil 14: Eşlenik Portföy Örneği.....	85
Şekil 15: Süreç Merkezinden Kayma Miktarı ile Hata Sayısı Arasındaki İlişki.....	100
Şekil 16: Tipik bir Altı Sigma Projesinin Akış Diyagramı	112
Şekil 17: Altı Sigma Projeleri için Reel Opsiyon Değerleme Modeli	136
Şekil 18: Kara Kuşaklar ile Proje Şampiyonu Arasındaki Raporlama Yapısı	144
Şekil 19: Monte Carlo Simülasyonunun Genel Akış Şeması.....	148
Şekil 20: Binom Ağacı.....	149
Şekil 21: Özel Risk Ağacı Örneği	151
Şekil 22: Bütünleşik Binom Ağacı	151
Şekil 23: Binom Ağaçları ile Değerleme Süreci	154
Şekil 24: Monte Carlo Simülasyonunun Genel Akış Şeması.....	176
Şekil 25: S1 Projesinin Maliyet Tasarrufları.....	177
Şekil 26: S1 Projesinin Değerine İlişkin Binom Ağacı (TL)	179
Şekil 27: S1 Projesine İlişkin Yönetmelik Esneklikler	181
Şekil 28: S1 Projesinin Opsiyon Değer Ağacı (Kısmi Gösterim)	184
Şekil 29: “Projeyi 6 Ay Ertele” Opsiyonuna İlişkin Alt Değer Ağacı.....	185
Şekil 30: Tahmin Edilen Volatilite Değerlerinin Dağılımı (n=50).....	187
Şekil 31: Volatilitenin Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi ..	189
Şekil 32: Volatilitenin Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi.....	190
Şekil 33: Kar Payının Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi ...	193
Şekil 34: Kar Payının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi.....	194
Şekil 35: Risksiz Faiz Oranının Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi	197
Şekil 36: Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi	198

EKLER LİSTESİ

Ek 1: Reel Opsiyonların Uygulama Alanlarına İlişkin Literatür.....	227
--	-----

GİRİŞ

Altı Sigma, sürekli iyileştirme projeleri ile değişkenliği azaltan, kalite düzeyini yükselten ve kuruluşların finansal performanslarını artıran iyi yapılandırılmış bir metodolojidir. Günümüzde firmaların çoğu, maliyeti azaltmak ve verimliliği artırmak amacıyla, her yıl çok sayıda Altı Sigma projesine büyük sermaye yatırımları yapmaktadır. Altı Sigma yaklaşımını benimseyen firmalar, seçilen projelerle yatırımın geri dönüş oranı, süreç performansı ve müşteri memnuniyetine ilişkin sıçrama niteliğinde sonuçlar elde etmeyi beklemektedirler. Ancak projelerin hayata geçirilmesi aşamasında firmalar çeşitli zorluklarla karşı karşıya kalmakta ve proje ortamındaki değişikliklere bağlı olarak başarı göstergelerinde sapmalar meydana gelmektedir.

Altı Sigma projeleri, özellikle Kara Kuşaklar tarafından yürütölenler, çoğunlukla karmaşık, yüksek risk içeren ve büyük ölçekli projelerdir. Bu projeler firmanın pek çok bölümünden kaynak tüketmekte ve projenin yaşam çevrimi boyunca projenin tanımlanması, proje planının oluşturulması, çeşitli çıkar gruplarının (proje sahibi, proje çalışanları, müşteriler, diğer paydaşlar) varlığı, kaynakların bulunabilirliği, projenin hedefine ulaşması ve sonuçlarının uygulanabilirliği, ekonomik çevre, yasal düzenlemeler gibi belirsizliklere maruz kalmaktadırlar. Bu belirsiz faktörlerin sonucu olarak ortaya çıkan maliyet ve zaman aşımaları ile projenin yetersiz kalitesi, firma yönetimini hayal kırıklığına uğratmaktadır. Her başarısız proje firmaya finansal kayıplar ve memnuniyetsiz çalışanlar olarak yansımaktadır.

Bu başarısızlıkların ve hayal kırıklarının nedeni, çoğu zaman doğru Altı Sigma projelerinin seçilmemiş olmasıdır. Altı Sigma proje seçim süreçlerinde en çok dikkate alınan ölçüt projenin sağlayacağı finansal faydalardır. Bu faydaların tahmin edilmesinde ve projenin değerinin hesaplanmasında geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler, projeye özgü belirsizlikleri ve riskleri doğru yansıtmadığından, projenin gerçek karlılığı gösterilememekte ve değer yaratabilecek bazı projeler seçim aşamasında elenebilmektedir. Halbuki belirsizlikler her zaman olumsuz sonuçlar getirmez, aksine doğru yönetildiğinde kazanç sağlayan

fırsatlara dönüşebilirler. Belirsizlikten değer yaratmanın yolu ise sahip olunan yönetsel esnekliklerin farkında olmak ve bunları da hesaba katmaktır.

Yönetsel esneklik, yöneticilerin proje ortamındaki değişen koşullar karşısında proje ile ilgili kararlarını ve ilk operasyonel stratejisini değiştirebilmesidir. Örneğin, beklenen planlardan olumsuz sapmaların olması durumunda, proje lideri devam etmemeyi veya terk etmeyi seçerek potansiyel kayıpları sınırlama imkanına sahiptir. Aynı şekilde, olumlu koşullar altında, projenin kapsamını genişleterek, beklenenden daha fazla getiri elde edebilirler. Yeni bir bilgiye cevap olarak uyarlanan bu esneklik, başlangıçtaki beklentilere göre kayıpları sınırlarken, kazanç potansiyelini artırarak projenin değerini artırır.

Mevcut değerlendirme yöntemleri, bir yatırım projesindeki yönetsel esnekliği ihmal etmekte ve yönetimin yatırımın gidişatını değiştirebilme veya koşulların elverişsiz olduğu noktada yatırımı durdurabilme yeteneğini içermemektedir. Bu yöntemler, gelecekteki yatırımlara önceden karar vermek gerektiğini, bir başka deyişle, firmanın bu yatırımları zaten yapmaya karar verdiğini varsaymaktadır. Ayrıca projelerin maliyetleri ve faydaları tahmin edilirken deterministik değerler kullanıldığından, belirsizliğin etkisi genel olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle Altı Sigma projelerinin değerinin statik senaryolara dayanan geleneksel fayda-maliyet analizleri ile belirlenmesi yeterli değildir.

Son zamanlarda, reel opsiyonlar teorisi ve analizi, yatırımlar hakkında düşünme şeklini kökten değiştirmiştir. Bu yeni yaklaşıma göre, belirsizlik ve esneklik, bir reel varlığın değerini belirleyen iki önemli faktördür. Bir reel varlığın piyasa değeri ile geleneksel yöntemler ile hesaplanan değeri arasındaki fark, bu varlığın sahip olduğu yönetsel esneklikler benzeri fırsatlardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, bir yatırım projesi değerlendirilirken içinde barındırdığı fırsatlar da göz önüne alınmalıdır.

Finansal opsiyonlar teorisine dayanan reel opsiyonlar analizi, bir projeye ilişkin yatırım kararı verme durumunda olan bir yöneticinin karşı karşıya kaldığı

seçimin bir hisse senedi üzerine yazılan alım opsiyonuna yatırım yapma durumu ile aynı olduğu görüşüne dayalı olarak geliştirilmiştir.

Finansal opsiyon, belirli bir süre içerisinde, belirlenmiş bir fiyattan bir mal veya menkul kıymeti alma ya da satma hakkıdır. Reel opsiyon ise, hiçbir zorunluluk bulunmaksızın, koşullar elverişli olduğunda bir yatırımı yaparak beklenen nakit akışlarının bugünkü değerine sahip olma hakkıdır. Altı Sigma projelerinin analizine uygulandığında, bu tanım, “olası bir Altı Sigma projesine yatırım, hiç bir zorunluluk bulunmaksızın, bir firmanın yeni bir kalite iyileştirme çözümüne yatırım yapma hakkının söz konusu olduğu bir alım opsiyonudur” şeklinde yeniden ifade edilebilir. Yatırımı yapmak, opsiyonu kullanmaktır.

Reel opsiyonlar analizinde, bir reel yatırım fırsatının değeri finansal opsiyon fiyatlama tekniği kullanılarak elde edilmektedir. Bir finansal opsiyon ile reel opsiyon arasındaki en temel fark, finansal opsiyonların değerini belirleyen parametrelerin finans piyasalarında doğrudan gözlenebilmesidir. Reel opsiyonlar açısından bu parametrelerin tahmin edilmesi daha karmaşık ve zor bir süreçtir.

Bu çalışmanın amacı, mevcut proje değerlendirme yaklaşımlarının yetersizliklerine çözüm olarak, Altı Sigma projelerine ilişkin yatırım kararlarını analiz etmek için reel opsiyonlar yaklaşımını temel alan ve bu yaklaşımın uygulanmasını teşvik eden kavramsal bir değerlendirme modeli geliştirmektir. Bunun için öncelikle Altı Sigma projelerinin özellikleri bir hisse senedi alım opsiyonunun parametreleri ile eşleştirilmiş ve bu parametreleri tahmin etme yöntemleri belirlenmiştir. Daha sonra, Altı Sigma projelerindeki belirsizlik kaynaklarının proje değeri üzerindeki etkisini analiz eden ve projenin sahip olduğu fırsatları değerleyen dört aşamalı bir kavramsal model tanımlanmıştır. “Reel Opsiyon Değerleme Modeli” olarak adlandırılan bu model, Monte Carlo simülasyonunun ve binom opsiyon değerlendirme yönteminin en iyi özelliklerini bir araya getiren karma bir modeldir. Modelin dört aşaması, bir üretim işletmesinde yürütülen bir Altı Sigma projesinin analizinde uygulanarak gösterilmiştir. Ayrıca model parametrelerinin opsiyon değeri

üzerindeki etkilerini araştırmak için örnek projenin verileri ile duyarlılık analizi yapılmıştır.

Çalışmanın 1. bölümünde reel opsiyonlar yaklaşımı tanıtılmıştır. Bu yaklaşımın temel kavramları, mevcut yöntemlerden üstünlükleri, teorik altyapısı, temel özellikleri, ortaya çıkış süreci ve uygulama alanları ayrıntılı olarak sunulmuştur. 2. bölümde reel opsiyonların değerlemesine ilişkin yöntemler ve bunların dayandığı matematiksel temeller açıklanmıştır. 3. bölümde Altı Sigma metodolojisine ilişkin genel bilgiler verilmiştir. Burada Altı Sigma projelerinin özellikleri ve bunları seçme ve değerleme yöntemleri detaylı olarak ele alınmıştır. 4. bölümde Altı Sigma projelerini değerlemek için geliştirilen Reel Opsiyon Değerleme Modeli kavramsal düzeyde tanıtılmış ve bu modelin uygulama aşamaları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. 5. bölümde, bu çalışmada geliştirilen değerleme modeli kullanılarak, bir üretim firmasında süreç iyileştirme amacıyla önerilen bir Altı Sigma projesine yatırım yapmanın değeri analiz edilmiştir. Sonuç bölümünde ise, araştırma ve uygulamaya ilişkin genel değerlendirmelere ve gelecek araştırmalara ilişkin önerilere yer verilmiştir.

Araştırmanın Temel Katkısı

Reel opsiyonlar ortaya çıktığından bu yana konu ile ilgili araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Literatürde reel opsiyonlar metodolojisinin uygulanması, bu metodolojinin sağladığı yenilikler ve matematiksel modellemeler üzerine pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak yapılan çalışmaların çoğunluğu teorik düzeyde kalmakta ve hipotetik veriler içermektedir.

Bu çalışma, reel opsiyonlar teorisini ilk kez Altı Sigma projelerinin analizine uyarlaması nedeniyle, özgün bir nitelik taşımaktadır. Çalışma, *reel opsiyonlar literatürü açısından*, yeni bir uygulama alanını göstermekte; *Altı Sigma literatürü açısından* ise, Altı Sigma araç setine, projelerin analiz ve seçim süreçlerinde kullanılabilecek, reel opsiyonlar yaklaşımını temel alan ve bu yaklaşımın teorik

düzeydeki başarılarının tüm faydalarını içeren yeni bir değerlendirme yöntemi kazandırmaktadır.

Çalışmanın aynı zamanda reel opsiyonlara ilişkin Türkçe olarak yazılmış kapsamlı bir kaynak olduğu düşünülmektedir.

Araştırma Soruları

Çalışmada aşağıdaki soruların cevapları araştırılmıştır:

- Reel opsiyonlar teorisi Altı Sigma projelerini değerlemede kullanılabilir mi?
- Altı Sigma projelerinin özellikleri ile bir finansal alım opsiyonunun parametreleri eşleştirilebilir mi?
- Altı Sigma projelerinin seçim aşamasında firmalar, reel opsiyonlar analizini pratik bir değerlendirme aracı olarak kullanabilirler mi?

Araştırmanın Kapsamı, Sınırlamaları ve Varsayımları

Reel Opsiyon Değerleme Modelinde, Altı Sigma projelerinden beklenen maliyet tasarruflarının değerini temsil eden temel riskli varlığın en iyi sapmasız tahmincisinin, projenin sahip olduğu esneklikleri hesaba katmadan, geleneksel NBD yöntemi ile hesaplanan maliyet tasarruflarının bugünkü değeri olduğu varsayılmıştır.

Altı Sigma projelerinin performansını ve getirilerini etkileyen pek çok belirsizlik kaynağı bulunmaktadır. Ancak literatürde Altı Sigma projelerine ilişkin belirsizlikleri ve riskleri doğrulayan çalışmalar bulunmamaktadır. Mevcut çalışmalar genellikle Altı Sigma uygulamalarına ilişkin pozitif özelliklere yönelik bulgular ortaya koymaktadır. Altı Sigma projelerine yönelik kritik başarı faktörleri ilk kez 2008 yılında Nonthaleerak ve Hendry tarafından yapılan çalışmada doğrulanmış ve bu projelerin uygulanmasına ilişkin problemler tanımlanmıştır. Bu nedenle, çalışmada Altı Sigma projelerine ilişkin özel belirsizlikler Nonthaleerak ve Hendry (2008) tarafından belirlenen uygulama problemleri kapsamında tanımlanmıştır.

Reel Opsiyon Değerleme Modelinin uygulaması ABC Elektrik firmasında yürütülen S1 projesi üzerinde gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler, firmanın geçmiş projelerine ilişkin bilgilerin kaydedildiği veritabanından elde edilmiştir. Bu veritabanı firmanın kendi ihtiyaçlarına göre özelleştirildiğinden, çalışmada analiz edilen değişkenlerin istatistiksel dağılımları mevcut verilerin yapısına ve sayısına bağlı olarak belirlenmiştir. Ancak bu durum, değerlendirme modeli ile yapılan analizlerin etkinliğini azaltmamıştır.

S1 projesinin analizinde, veritabanındaki sınırlılıklar nedeniyle, kısıtlı sayıda belirsiz değişkenin etkisi incelenmiştir. Bu nedenle proje değerinin oluşumunu temsil eden modelin yapısı, S1 projesinin gerçek ortamından daha az karmaşıklık içermektedir. Ayrıca analizde kullanılan değişkenler arasında korelasyon olmadığı varsayılmıştır.

Bu çalışmada Altı Sigma projelerinin performansı, projeden beklenen maliyet tasarrufları ile değerlendirilmektedir. Monte Carlo simülasyonunda, maliyet tasarrufları, pazarla ilişkili olan ve doğrudan gözlenebilen “sipariş miktarı” değişkeni ile özel belirsizliklerin etkilerini dolaylı olarak temsil eden “projenin tamamlanma süresi” ve “projenin hedefine ulaşma derecesi” değişkenlerine bağlı olarak hesaplanmıştır.

S1 projesinin maliyet tasarrufları, mevcut üretim kapasitesi ile karşılanamayan sipariş miktarları için ödenen fazla mesai ücretlerindeki azalmalar temel alınarak hesaplanmıştır. Firma bu proje ile kaçırılan siparişlerin maliyeti, enerji, yönetim giderleri türünden başka tasarruflar da sağlamaktadır. Bu çalışmada tasarruflar sadece işgücü maliyeti açısından dikkate alındığından, analizlerde ortaya çıkan değerler potansiyel tasarrufların alt limitidir.

S1 projesinin analizi, Microsoft Excel¹ 2007 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Opsiyon değer ağacında değerlendirilen dönem sayısı ve reel opsiyon türü arttıkça, Microsoft Excel’de formül yazılan hücre sayısı artmakta ve

¹ Excel 2007, Microsoft firmasının tescilli bir markasıdır.

hesaplamalar karmaşıklaşmaktadır. Bu nedenle S1 projesinin analizinde kısıtlı sayıda reel opsiyonun değeri hesaplanmıştır.

Araştırma Yöntemi

Bu çalışma yürütülürken kullanılan yöntem aşağıda özetlenmiştir.

Reel opsiyonlar metodolojisi ve Altı Sigma projeleri konusunda literatür taraması yapılmıştır.

- İlgili literatüre makaleler, kitaplar, tezler, bildiriler ve internet kaynakları üzerinden ulaşılmıştır. Altı Sigma literatürünün yeterince gelişmemiş olması nedeniyle, iyi uygulamalara sahip olan firmalardaki Altı Sigma uzmanları ile teorik ve teknik konular üzerinde birebir görüşmeler yapılmıştır.
- Reel opsiyonlar konusunda, binom değerlendirme modelinin teorisi ve uygulamaları detaylı olarak incelenmiştir.

Kavramsal Reel Opsiyon Değerleme Modelinin aşamaları tanımlanmıştır.

- Altı Sigma projelerinin, bir hisse senedinin üzerine yazılan alım opsiyonunun değerini belirleyen parametreler ile eşleşen özellikleri ve bu parametreleri tahminleme yöntemleri saptanmıştır.
- Projenin değerini belirlemede kullanılacak yöntemlerin teknik özellikleri ve varsayımları incelenmiş ve Altı Sigma projelerine uygulanabilirlikleri araştırılmıştır.
- Taslak model oluşturulup hipotetik verilerle test edilmiş ve Reel Opsiyon Değerleme Modeli son haline getirilmiştir.

ABC Elektrik firması ile görüşülerek Reel Opsiyon Değerleme Modelinin uygulanacağı Altı Sigma projesi belirlenmiş ve gerekli veriler toplanarak analiz süreci tamamlanmıştır.

- ABC Elektrik firmasının veritabanından elde edilen veriler Microsoft Excel ile ön işleme tabi tutulup, çalışmada kullanılan değişkenlere göre kodlanarak yeniden düzenlenmiştir.
- Model parametrelerine ilişkin değerler belirlenmiştir.
- Microsoft Excel kullanılarak Monte Carlo simülasyonun girdileri hazırlanmış ve oluşturulan simülasyon modeline tanıtılmıştır.
- Simülasyon modelinin, sonuçların manuel olarak kontrolü ve rasgele değerler yerine sabit değerler koyma yöntemleri ile doğrulaması yapılmıştır.
- Simülasyon modeli çalıştırılarak maliyet tasarruflarının dağılımı ve volatilitesi tahmin edilmiştir.
- Tahmin edilen volatilité değeri kullanılarak projenin değér ağaçları oluşturulmuştur.
- Projenin sahip olduğu esnekliklerin değeri, oluşturulan değér ağaçları üzerinde dinamik programlama çözüm yöntemi uygulanarak hesaplanmıştır.
- Duyarlılık analizleri ile kullanılan bazı parametrelerin, tahmin edilen proje değeri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

REEL OPSİYONLAR

Bu bölümün amacı, proje değerlemeye ilişkin temel kavramları ortaya koymak ve bir projedeki belirsizlik kaynakları ile baş etmenin yollarını gösteren reel opsiyonlar yaklaşımını tanıtmaktır. İlk olarak, yatırım projesi, risk, belirsizlik ve yönetsel esneklik kavramları açıklanacaktır. Ardından, yatırım projelerinin finansal olarak değerlemesinde kullanılan geleneksel sermaye bütçeleme yaklaşımları ve bu yaklaşımların sınırlılıklarına değinilecektir. Daha sonra reel opsiyonlar metodolojisinin çıkış noktası olan finansal opsiyonların temel özelliklerinden faydalanılarak reel opsiyonların tanımı verilecek; reel opsiyonların değerini belirleyen parametreler ve reel opsiyon türleri ele alınacaktır. Son olarak, reel opsiyonlar teorisinin gelişimi ve uygulama alanları ayrıntılı olarak sunulacaktır.

1.1 Yatırım Projesi Kavramı

Yatırım, gelecekte kazanç elde etmek amacıyla belirli bir zamanda bir maliyete katlanmaktır. Yatırımlar, finansal varlıklara ya da reel varlıklara yapılabilir. Genellikle firmaların reel varlıklara yaptıkları yatırımlar yatırım projeleri olarak adlandırılır. Bu kapsamdaki projeler, yeni bir makine gibi fiziksel bir varlığın satın alınmasından, dolaylı olarak firmanın bütününe fayda sağlayabilecek yeni bir fikir/ürün/hizmet/süreç geliştirme gibi maddi olmayan varlıklara kadar değişebilmektedir.

Bazı yatırım projeleri için “önemli” sözcüğü hafif kalabilmektedir (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 146). Örneğin başarılı bir pazarlama kampanyası, ürüne ya da markaya yönelik talebi arttırabilir. Böyle bir yatırım projesi, firmanın genel performansını arttırarak hissedarları memnun edecek stratejik bir yatırım projesi olarak değerlendirilmelidir (Amram ve Kulatilaka, 1999: 68). Önemli yatırım projelerinin finansal olarak başarılı bir performans sergilemesi, yatırım yapan firmanın iş ortamında rekabet edebilirliğini ve hissedarlarının servetlerinin değerini arttırarak başarılı olmasını sağlayacaktır. Diğer taraftan, çok sayıda başarısız yatırım

projesi ile başarılı olmak veya bunu sürdürmek çok zor olacaktır. Dolayısıyla, herhangi bir işin finansal başarısı, işletmenin yatırım yaptığı çeşitli operasyonların ve projelerin başarısına bağlıdır.

Hissedarlar, servetlerinin artmasını ve dolayısıyla firmanın değerine net bir katkı yapacak projelere yatırım yapılmasını isterler. Genellikle önerilen tüm yatırım projelerinin aynı anda gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Bu nedenle, potansiyel projeler arasında firmanın amacına en uygun ve en iyi sonuçları verebilecek olan bir seçimin yapılması, bunların önem derecesine göre sıralanması ve bazı yatırımlardan vazgeçilmesi gerekmektedir.

Çeşitli faaliyet alanlarına ve projelere yapılan bir yatırımın finansal analizi ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi, işletme ve mühendislik ekonomisi alanındaki en önemli konulardan biridir. Sermaye bütçelemesi olarak da bilinen yatırım değerlendirme, çeşitli sermaye harcama alternatiflerini analiz ederek bunların arasından bir yatırım projesini seçme sürecidir. Sermaye bütçelemesi kararları, nakit harcamalarının maddi ya da maddi olmayan varlıklara yapıldığına bakılmaksızın, daha fazla nakit akışı yaratmak umuduyla firmanın bir yatırım programının oluşturulması ile ilgilidir (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 147). Bu kararlar firmanın gelecekteki büyümesini ve üretkenliğini belirler. Burada amaç, kısıtlı bir sermaye kaynağının, iyi planlanmış ve optimize edilmiş uzun ve kısa dönem yatırım projelerinden oluşan bir portföye firmanın piyasa değerini ve hissedarların gelirlerini maksimize edecek şekilde tahsis edilmesidir. Bu süreç, projenin, firmanın, endüstrinin veya genel makro-ekonomik çevrenin özelliklerine veya bu faktörlerin birleşimine bağlı olarak basit ya da çok karmaşık olabilir.

Paranın zaman değeri prensiplerine dayalı olarak ve firmanın değerini maksimize etme hedefleri ile birlikte, geleneksel İndirgenmiş Nakit Akışı (İNA) analizi yıllardır kurumsal sermaye bütçeleme ihtiyaçlarına hizmet etmektedir. Ancak, ekonomik değişim günümüzde her zamankinden daha hızlıdır. Ortaya çıkan yeni iş modelleri, geleneksel iş yapış şekillerini hızla değiştirmekte ve her geçen gün yatırımların karşı karşıya kaldığı belirsizlik ve risk artmaktadır. Değişimin aşırı hızı

ve yüksek belirsizlik stratejik düşünmenin yeni yollarına ve değerlendirme için yeni araçlara gereksinimi artırmaktadır.

Geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinde, projelerin maliyetleri ve faydaları tahmin edilirken statik ve deterministik değerler kullanıldığından, belirsizliğin etkisi genel olarak değerlendirilmektedir. Bu tekniklerin temel eksikliği, gerçek bir yatırım projesindeki yönetsel esnekliği ihmal etmeleri ve yönetimin yatırımın yönünü değiştirebilme veya koşulların elverişsiz olduğu noktada yatırımı durdurabilme yeteneğini göz önüne almamalarıdır. Aynı zamanda, İNA temelli değerlendirme modellerini uygulayanlar, gelecekteki yatırımlara önceden karar vermek gerektiğini, bir başka deyişle, firmanın bugünden bu yatırımları yapmaya karar verdiğini varsaymaktadırlar (Copeland ve Tufano, 2004: 3).

Finansal opsiyonlar teorisine dayanılarak geliştirilen reel opsiyonlar analizi, çeşitli endüstrilerde reel varlıklara ilişkin yatırım projelerini ekonomik bakımdan değerlendirmek için alternatif bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. ‘Belirsizlik’ ve ‘esneklik’, bir varlığın veya firmanın değeri söz konusu olduğunda dikkate alınması gereken iki önemli faktördür (Trigeorgis, 2005: 32). Reel opsiyonlar yaklaşımı, projelerin yalnızca riskleri değil aynı zamanda fırsatları da barındırdığını ifade etmekte ve bunları değerlemektedir. Bu yaklaşıma göre bir firmanın piyasa değeri ile geleneksel yöntemler ile hesaplanan değeri arasındaki fark, firmanın sahip olduğu yatırım projelerindeki yönetsel esneklikler benzeri fırsatlardan kaynaklanmaktadır. Bu yaklaşım, analistlere proje değerlemede farklı bir bakış açısı sağlayarak, firmanın piyasa değeri ile geleneksel yöntemlerle hesaplanan değeri arasındaki farkın daha iyi tanımlanması olanağını sunmaktadır.

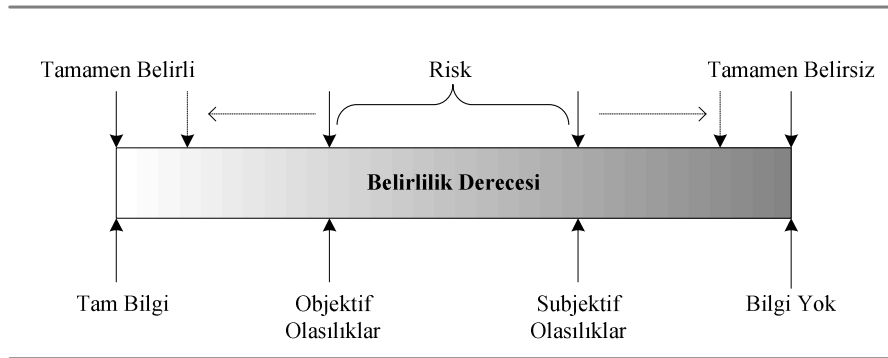
1.2 Risk ve Belirsizlik

Risk ve belirsizlik, genellikle, akademik araştırmalarda bile, birbirinin yerine kullanılmaktadır. Aslında bunlar birbirinden farklı kavramlardır. Belirsizlik, bilinmeyen tanımlamak için kullanılır ve dış dünyanın rassallığını temsil eder (Amram ve Kulatilaka, 1999: 8). Sübjektif bir kavram olduğundan, kişiden kişiye

değişir. Merrill ve Wood (1991)'a göre, yönetimin kontrolü altında olmayan ve kesin olarak bilinmeyen faktörlerdir. Bu yüzden, yöneticiler, belirsizliğin seviyesini değiştiremezler. Risk ise, istenmeyen bir olayın gerçekleşme olasılığı ya da kaybın olasılığı olarak tanımlanmaktadır (Civelek ve Durukan, 1998: 23). Risk, bir firmanın belirsizliğe maruz kalmasının kötü sonucu olarak ortaya çıkar (Amram ve Kulatilaka, 1999: 8). Ekonomi biliminin öncülerinden biri olan F. H. Knight (1921), doktora tezinde bu iki kavramı şu şekilde açıklamaktadır: “Ölçülebilen belirsizlik için, *risk* terimi; ölçülemeyen belirsizlik için, *belirsizlik* terimi kullanılmalıdır” (van Vliet, 2000: 7). Bir başka deyişle, Knight'a göre, iki terim arasındaki temel fark, ölçmedir. Belirsizliği doğrudan ölçmek mümkün değildir.

Karar vericiler, gelecekteki olayların muhtemel sonuçlarını bilmekle birlikte gerçekleşme olasılıkları hakkında herhangi bir nedenle tahminde bulunamazlarsa, bu durum belirsizlik olarak nitelendirilir. Bu durumda, belirsizlik, eksik bilgi ile ilişkilidir. Hiç bilgi olmadığında, tam belirsizlik söz konusudur. Şekil 1'de görülebileceği gibi, belirsizlik, risk kavramını da içeren, daha geniş bir kavramdır. Belirsizlik olmadan, risk olamaz, ancak risk olmadan, belirsizlik olabilir. Belirsizlik riske subjektif olasılıklar kullanılarak çevrilebilir.

Şekil 1: Risk ve Belirsizlik



Kaynak: van Vliet, 2000, s. 7.

Sınırlı insan zihni tüm gelecek durumlarını tamamen tanımlayamayacağından, verilen finansal kararlarda bir miktar sübjektiflik söz konusudur. Bu nedenle, neredeyse tüm finansal kararlarda, sübjektif olasılıklarla belirsizlik riske çevrilmeye çalışılır. Olası doğa durumları için katsayılara ağırlıklar verilebildiğinde, belirsizlik riske dönüşür. Risk otomatik olarak belirlilik anlamına gelmemektedir, ancak farklı olası durumlara objektif ya da sübjektif olasılıklar atama yeteneğidir. Stokastik bir bileşene bağlı olarak belirsizlik çözüldüğünde, risk terimi kullanılabilir (Voit, 2003: 180).

Finansal açıdan risk, bir getirinın geleceğın alternatif durumlarına bağılı olması ve bu durumlardan en az birinin negatif ya da pozitif bir getiriyle sonuçlanabilmesi durumudur. Risk bu tanımdan hareketle beklenen değer ile gerçekleşen değer arasındaki olumlu ya da olumsuz farktır. Yatırım projeleri çerçevesinde, bu tanım, proje ile ilgili bir şeyin yanlış gitmesi durumunda, firmanın başlangıçta bu projenin gerçekleştirilme kararını verirken temel aldığı beklenen getirileri elde edememe olasılığı şeklinde düşünülebilir.

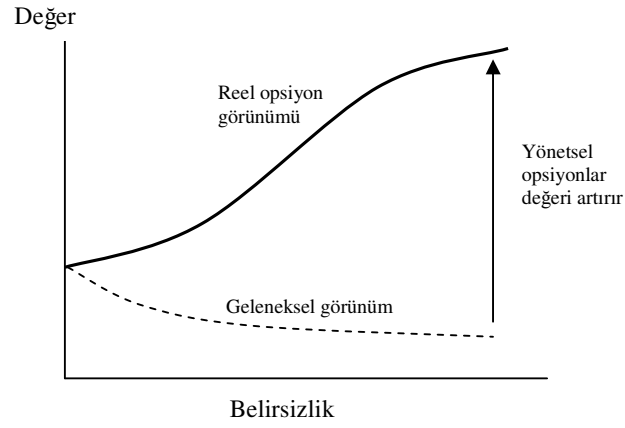
Reel opsiyonların temel girdisi belirsizliktir (Myers, 1977: 164). Bu yaklaşıma göre, belirsizlik fırsatlar yaratır ve belirsizliğin gelecekte çözümlenme kapasitesi, belirsizliğin değer yaratmasına olanak sağlayan temel niteliktir.

1.3 Yönetsel Esneklik

Günümüz pazarları belirsiz ortamda önemli stratejik yatırım kararlarının verilmesini gerektirmektedir. Pazar büyüklüğü, pazara girme, ürün geliştirme maliyetleri, rakiplerin hareketleri gibi konular kolayca bilinmemektedir. Yöneticilerin yapmak istedikleri ile bunu yapmak için tasarlanan araçlar arasındaki büyük boşluk, genellikle onların sayısal bir analizi temel almadan kararlarını vermelerine neden olmaktadır. Mevcut uygulamalarda, gelecekteki nakit akışlarına ilişkin tek bir sübjektif tahmin kullanılmakta ve bugün değerlendirme yaparken, gelecekteki yatırım kararları sabit kabul edilmektedir (Amram ve Kulatilaka, 1999: 5). Yöneticiler bu süreçte yatırım planlarını revize ederlerken, yatırım projelerinin

analizi sadece ilk karar anında hazırlanan plana dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Yöneticiler düşünme şekline belirsizliği kattıklarında, tüm karar-verme modeli değişmektedir. Pasif yönetim kapalı varsayımı altında ‘beklenen’ nakit akışlarına dayalı geleneksel değerlendirme paradigmasının, dinamik ortamlarda uygun olmadığı kanıtlanmıştır (Trigeorgis, 2005: 32). Şekil 2, reel opsiyonlar yaklaşımının düşünme şeklinde yarattığı en önemli farklılıklardan birini göstermektedir.

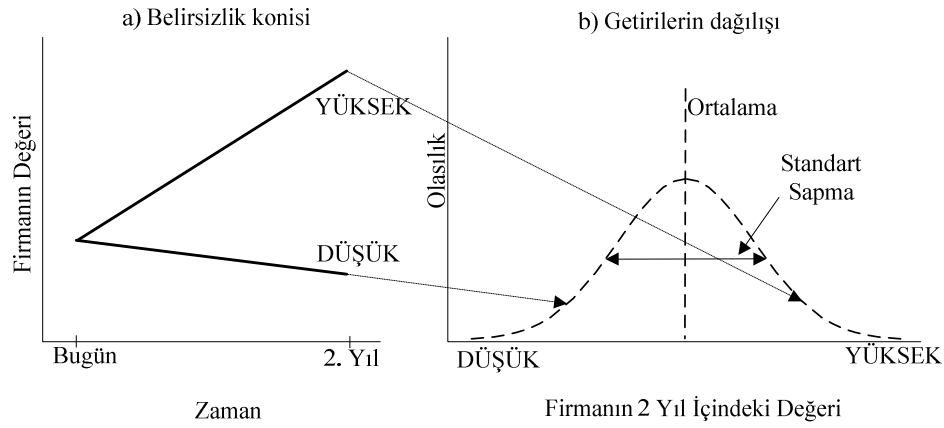
Şekil 2: Belirsizlik ve Değer Arasındaki İlişki



Kaynak: Amram ve Kulatilaka, 1999, s. 15.

Eğer gelecekteki bir karar belirsizlik kaynağına bağlı olarak analiz edilmişse, karar gününe ulaşıldığında yöneticiler belirsiz değişkenin sahip olabileceği olası değerlerin değişim aralığını dikkate alacaklardır (Amram ve Kulatilaka, 1999: 14). Paul Saffo (1997) tarafından ortaya konan ‘belirsizlik konisi’, bir değer zamanla bağlı olarak nasıl değişeceğini gösteren basit bir grafiktir. Şekil 3’te verilen örnekte, belirsizliğin değişim aralığının zamanla arttığı görülmektedir. Şekil 3’ün sağ tarafında aynı zamanda belirsiz bir değişkenin zamanla değişiminin, dönem sonunda gözlenen çıktılar ile olan ilişkisini göstermektedir. Burada, ikinci yılın sonunda beklenen değer, ortalama ile ölçülürken, çıktıların değişim aralığının ölçüsü, yani projenin nakit akışlarının veya varlıkların değerinin belirsizliği, bu dağılımın standart sapması ile ölçülmektedir (Amram ve Kulatilaka, 1999: 16).

Şekil 3: Belirsizliğin Ortaya Çıkışının İki Farklı Gösterimi



Kaynak: Amram ve Kulatilaka, 1999, s. 16.

Pek çok yatırım kararı, gelecekteki getirileri hakkında belirsizlik içermektedir. Yeni teknolojiler, kurlardaki dalgalanmalar, düzenlemelerdeki değişiklikler ve küresel rekabet belirsizliğe yol açan faktörlerden bazılarıdır. Esneklik, beklenmeyen olaylara karlı olacak şekilde cevap verebilme yeteneğidir (Copeland ve Weiner, 1990: 134). Dünya hiç bir zaman değişmese veya değişimler doğru biçimde tahmin edilebilse, esnekliğin hiç bir önemi kalmaz. Ancak, dünya her zamankinden daha hızlı değişmekte ve bu değişimlerin tahmin edilmesi güçleşmektedir

Yönetmel esneklik, yöneticilerin, belirsiz proje ve piyasa özellikleri hakkında sürekli bilgi toplayıp, değişen koşullar altında, bu bilgiye dayalı olarak kararlarını ve eylemlerini revize etmeleridir (Huchzermeier ve Loch, 2001: 85). Yeni bilgi geldikçe ve yatırımın getirileri hakkındaki belirsizlik yavaş yavaş çözüldükçe, yönetim genellikle yatırım için daha önceden benimsenen operasyonel stratejiyi değiştirme esnekliğine sahiptir. Yönetmel esnekliğin var olması durumunda belirsizliğin rolü, geleneksel bakış açısının bizi inandırdığı gibi, cezalandırmak değildir (Trigeorgis, 2005: 32).

Esneklik mevcut maliyetler ile gelecek faydalar arasındaki karmaşık kıyaslamalardır. Yöneticiler seçimlerini yaparken daha yüksek gelir getiren stratejiyi

seçerek gelecekteki değişimlerden kar edebilirler. Örneğin, beklenen getirilerden olumsuz sapmaların olması durumunda, yöneticiler devam etmemeyi veya terk etmeyi seçerek potansiyel kayıpları sınırlama imkanına sahiptirler. Aynı şekilde, olumlu koşullar altında, yatırımın kapsamını genişleterek, yatırım projesinden beklenenden daha fazla getiri elde edebilirler. Yeni bir bilgiye cevap olarak benimsenen bu esneklik, başlangıçtaki beklentilere göre kayıpları sınırlarken, kazanç potansiyelini artırarak yatırım fırsatının da değerini artırır (Trigeorgis, 1996: 4). Sonuç olarak, belirsizliğin artması riski artırırken, esnekliğin artması bu riski azaltmaktadır.

1.4 Geleneksel Sermaye Bütçeleme Yöntemleri

Sermaye bütçelemesi, uzun dönemde yatırım projeleri arasında yapılan kaynak tahsisi ile ilgilidir (Trigergois, 1996: 23). Geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri, fabrika demirbaşı ve yeni fabrika yatırımları gibi uzun ömürlü olması beklenen yatırımları analiz etmek ve seçmek amacıyla geliştirilmiştir. Ancak kantitatif sermaye bütçeleme tekniklerinin genellikle bir projenin değerini firmanın hissedarlarına daha düşük gösterdiğine ilişkin eleştiriler yapılmaktadır (Triantis ve Hodder, 1990: 549). Genellikle, yeni teknolojilerin yaratılması ile meydana gelen stratejik değerin ve rekabetçi etkileşimlerin bu yaklaşımlarla yakalanamaması ve projelerin birbirinden ayrık olmaması nedeniyle, her geçen gün daha çok sayıda akademisyen ve profesyonel yönetici, belirsiz ortamda firma sermaye bütçeleme sisteminde kullanılan standart yaklaşımların başarısız olduğuna ikna olmaktadır (Ashford, Dyson ve Hodges, 1988: 638; Kemna, 1993: 647; Miller ve Park, 2002: 106; Trigeorgis, 2005: 32; He, 2007: 16).

Mevcut durumda literatürde, sermaye bütçeleme amaçları için uygulanan çeşitli yatırım/proje değerleme yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerin pek çoğu, İNA'nın hesaplanmasına dayalı yöntemlerdir. Geleneksel İNA analizi, gelecekteki nakit akışlarının bilindiği ve analizin yapıldığı anda geçerli olan riskten arındırılmış bir oran (örneğin firmanın ağırlıklı-ortalama sermaye maliyeti, AOSM) üzerinden

indirgendiği varsayılarak, bir yatırımı bugünkü değer terimleri cinsinden değerlemektedir (Damodaran, 2003: 89).

Projeleri değerlemek için genellikle altı sermaye bütçeleme modeli kullanılmaktadır (Ross, Westerfield ve Jordan, 2003: 274): net bugünkü değer (NBD), getiri oranı, geri ödeme süresi, fayda - maliyet oranı, karlılık endeksi ve iç verim oranı. Her biri farklı güçlü ve zayıf yönlere sahip olduğundan, bu yöntemlerin bazıları birlikte kullanılmaktadır. Birlikte kullanıldıklarında her biri projenin özelliklerini daha iyi ortaya çıkarabilmektedir. Bu yöntemlerin projelerin değerlemesi için uyguladıkları hesaplama yaklaşımları Tablo 1’de kısaca tanımlanmış ve aşağıda bunların temel özellikleri açıklanmıştır.

Tablo 1: Geleneksel Sermaye Bütçeleme Yöntemleri

Yöntem	Tanımı
Net Bugünkü Değer	$(\text{beklenen nakit akışlarının bugünkü değeri}) - (\text{yatırım maliyeti})$
Getiri Oranı	$(\text{kar}) / (\text{yatırım})$
Geri Ödeme Süresi	$(\text{başlangıç yatırımı}) / (\text{yıllık net nakit akışı})$
Fayda - Maliyet Oranı	$(\text{toplam fayda}) / (\text{toplam maliyet})$
Karlılık Endeksi	$(\text{nakit akışlarının bugünkü değeri}) / (\text{nakit çıkışlarının bugünkü değeri})$
İç Verim Oranı	$NBD - \text{yatırım} = 0$ eşitliğini sağlayan iskonto oranı

1.4.1 Net Bugünkü Değer

Bir projenin net bugünkü değeri (NBD), tüm belirsiz gelecek nakit akışlarının “riske göre düzeltilmiş iskonto oranı” ile indirgenip, bu değerlerin toplamından yatırım maliyetinin çıkartılması ile hesaplanır. Hesaplanan NBD pozitif ise proje kabul edilir (Ross, Westerfield ve Jordan, 2003: 306). Bu yöntemin özellikleri, 1.5 bölümünde detaylı olarak incelenmiştir.

1.4.2 Getiri Oranı

Bir projenin getiri oranı, tüm belirsiz gelecek nakit akışlarının zaman etkisiyle doğabilecek değer kayıplarını göz önünde bulundurup düzelterek hesaplar. Bu yöntem, proje için yapılan yatırıma karşılık ne kadar kar elde edildiğini belirlemede kullanılır (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 152). Uzun vadede, istenen getiri oranı sermayenin fırsat maliyetine eşit olmalı ya da maliyeti aşmalıdır. Sermayenin fırsat maliyetinden daha yüksek bir getiri oranı sağlayan her proje seçilir.

Bu yöntemin en zayıf yanları, basitliği ve faydalı ömrü farklı olan projeleri karşılaştırma konusunda yetersiz kalmasıdır. Farklı yatırımlarla ilgili farklı maliyetler söz konusu olduğundan, yalnızca kara göre kıyaslama yapmak doğru projeyi belirlemek için yeterli değildir (Broyles, 2003: 112). Yöntemin bir diğer zayıf yönü ise, paranın zaman değerini dikkate almamasıdır. Fakat yöntemin üzerinde değişiklik yapılarak gelecekteki fayda ve maliyetlerin bugünkü değer cinsinden hesaplanması sağlanabilir (Laudon ve Laudon, 2006: 725).

1.4.3 Geri Ödeme Süresi

Nakit akışlarının projeye yapılan ilk yatırımı karşılama süresidir. Firmalar, önerilen projelerin likiditesini ölçmek için bu yöntemi kullanmaktadır. Eğer bir projenin geri ödeme süresi belirlenen ekonomik ömründen daha az ise, proje kabul edilir. Yöntemin basit olması ve ilk proje eleme çalışmalarındaki başarısı nedeniyle oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Özellikle riski yüksek ve verimli ömrünün belirlenmesi zor olan projelerde başarılı olmaktadır (Laudon ve Laudon, 2006: 724). Ancak, bazı problemler geri ödeme süresini likiditenin doğru bir göstergesi olmaktan uzaklaştırmaktadır. Firmalar geri ödeme süresini, hesaplamada kullanılan nakit akışlarını iskonto oranı ile indirgeyerek belirlese de, bu yöntem, paranın zaman değerini doğrudan yansıtmamaktadır. Geri ödeme süresinin standart tanımı, yıllarca yatırım gerektiren projeler için uygun değildir. İlk geri ödeme süresinden sonra beklenen yüksek miktarda nakit akışlarını genellikle ihmal etmektedir. Geri ödeme

süresi içinde nakit akışlarının zamanlamasını da dikkate almamaktadır (Broyles, 2003: 103).

1.4.4 Fayda - Maliyet Oranı

Fayda-maliyet oranı, NBD'nin bir çeşididir. Sermaye harcamasından sağlanacak geri dönüşlerin hesaplanması için kullanılan yöntemlerden biridir ve faydanın maliyete oranıdır. Bu oran, pek çok projenin karşılaştırılması için kullanılır (Laudon ve Laudon, 2006: 726). NBD'nin sahip olduğu dezavantajlar bu yöntem için de geçerlidir.

1.4.5 Karlılık Endeksi

Pozitif NBD'si olan projelerin sıralanması gerektiğinde, farklı projelerin karlılıklarını ölçmek için karlılık endeksi kullanılabilir. Karar kuralı, karlılık endeksi 1'den büyük olan projeler kabul edilir. Yani, yatırımın her bir TL'si başına en yüksek bugünkü değeri veren projeler kabul edilir (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 161). NBD'nin sahip olduğu dezavantajlar bu yöntem için de geçerlidir.

1.4.6 İç Verim Oranı

İç verim oranı yöntemi, projenin NBD'si sıfır olduğunda iskonto oranını (ya da oranlarını) bulmaya çalışır (Ross, Westerfield ve Jordan, 2003: 317). Bir projenin ömrü boyunca sahip olduğu ortalama getiriye ifade eder. Bir yatırımdan beklenen geri dönüş oranı ya da kar olarak tanımlanmaktadır (Laudon ve Laudon, 2006: 727). İç verim oranı sermaye maliyetinden yüksek olan tüm projeler kabul edilir.

NBD'den farklı olarak yatırımın etkinliğini bir değer ya da büyüklük ile gösteren iç verim oranı, uygulamada en sık kullanılan sermaye bütçeleme tekniklerinden biridir. NBD ve iç verim oranı, genellikle aynı karar ile sonuçlanır.

Ancak aralarındaki en önemli farklılık yeniden yatırım oranı varsayımıdır. Bu oran, NBD yönteminde sermaye maliyeti; iç verim oranı yönteminde hesaplanan iç verim oranı olarak kabul edilmektedir. Buna göre, herhangi bir proje yüksek getiriye sahip olabilir, ancak elde edilen nakit akışlarının yönlendirilebileceği aynı yüksek getiri oranına sahip projeleri bulmak mümkün olmayabilir. Bu nedenle NBD daha çok tercih edilmektedir. Ancak karşılaştırmaları oranlarla yapmak daha kolay olduğundan, yöneticiler iç verim oranı yöntemini de kullanmaktadırlar (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: ss.155-159).

Ancak iç verim oranı, rekabet eden projeler arasında bir seçim kriteri olarak kullanılması gerektiğinde bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Bu problemler söz konusu olan projelerin tamamen farklı bir ölçekten gelmesinden kaynaklanmaktadır. Farklı nakit akışı profiline sahip projelerin iç verim oranları kıyaslanabilir değildir. Eşit iç verim oranına sahip olan projeler bile, farklı geri ödeme sürelerine sahip olduklarında farklı NBD'lere sahip olabilirler. Aynı zamanda, iç verim oranı bir yatırımın getiri oranını doğrudan ölçmediği için yalnızca çok kısıtlı şartlar altında projenin getiri oranının sapmasız bir ölçüsüdür ve genellikle yanlış yönlendirmektedir. Nakit akışlarının çok sayıda işaret değiştirmesi durumunda, bir başka deyişle projenin nakit akışları bir dönem pozitif diğer dönem negatif olduğunda, bir proje birden fazla iç verim oranına sahip olabilir. Böyle durumlarda, iç verim oranı projenin getiri oranını temsil etmesi açısından faydasız hale gelmektedir (Broyles, 2003: 99; Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 157)

1.5 Geleneksel Sermaye Bütçeleme Yöntemlerinin Sınırlılıkları

Geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri, belirsizliğin ve esnekliğin olmadığı bir dünyada firma değerini maksimize etme üzerine kurulmuştur. Stratejik fırsatların var olması durumunda, bu yöntemleri kullanmak beraberinde bazı problemleri getirmektedir. Başlıca problem alanları; mevcut durumda az nakit akışları sağlayan ya da hiç sağlamayan bir varlığın düşük değerlendirilmesi, proje döneminde iskonto oranının sabit kalmaması, bir varlığın ekonomik ömrünün tahmini, gelecek nakit akışlarına yönelik tahmin hatalarının yapılması ve nihai

sonuçların geçerli olup olmadığını test edecek yöntemlerin yetersizliği olarak sayılabilir (Mun, 2002: 57). Reel opsiyonlar teorisi kullanılarak analizler yapıldığında, bu problemler alanların bazılarının önüne geçilebilmektedir. Diğer durumda, finansal kar düzeyini gösteren NBD veya iç verim oranı gibi ölçütler yatırım değerine kapsamlı bir bakış açısı getirememektedir. Ancak geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinin kendine özgü avantajlı yönleri de bulunmaktadır (Mun, 2002: 58):

- Tüm projeler için net ve tutarlı karar ölçütleri verirler.
- Yatırımcıların risk tercihleri önemsenmeksizin aynı sonuçları verirler.
- Kantitatif, yeterli seviyede tutarlı ve ekonomik olarak rasyonel yöntemlerdir.
- Muhasebe uygulamaları (amortisman, değerlendirme, vb.) kadar eleştiriye açık değildirler.
- Paranın zaman değerindeki faktörler ve risk yapıları mantığa uygundur.
- Göreli olarak basit ve yaygın kabul görmüştür.
- Yönetime açıklaması kolaydır: “eğer faydalar maliyetleri aşıyorsa, yatırımı yap”

Geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinin dezavantajları ise Tablo 2’de listelenmiştir. Bu tablodan da görüldüğü gibi, geleneksel sermaye bütçeleme modellerini kullanmadan önce, bir analistin farkında olması gereken çeşitli noktalar bulunmaktadır. En önemli olanları, karar verme aşamasında risklerin ve belirsizliğin çok fazla olması ve yönetimin, bu belirsizlikler zamanla çözüldükçe karar verme ve değiştirme stratejik esnekliğine sahip olması gibi iş hayatının gerçekleridir. Böyle bir stokastik dünyada, İNA temelli deterministik sermaye bütçeleme modellerini kullanmak belirli bir projenin değerinin oldukça düşük tahmin edilmesine yol açabilir. Örneğin, deterministik bir İNA modeli tüm gelecek sonuçlarının sabit olduğunu varsaymaktadır. Belirli bir projenin değerini değiştirebilecek çalışma koşullarında dalgalanma yokmuşçasına bir İNA modelinin oluşturulması durumunda esnekliğin değeri olmayabilir. Ancak, gerçek iş ortamı oldukça akışkandır ve

koşullar değiştiğinde yönetim uygun değişiklikleri yapma esnekliğine sahip olduğunda esnekliğin bir değeri vardır. Bu değer, İNA modelinde göz önüne alınmamaktadır.

Tablo 2: Geleneksel Sermaye Bütçeleme Yöntemlerinin Dezavantajları

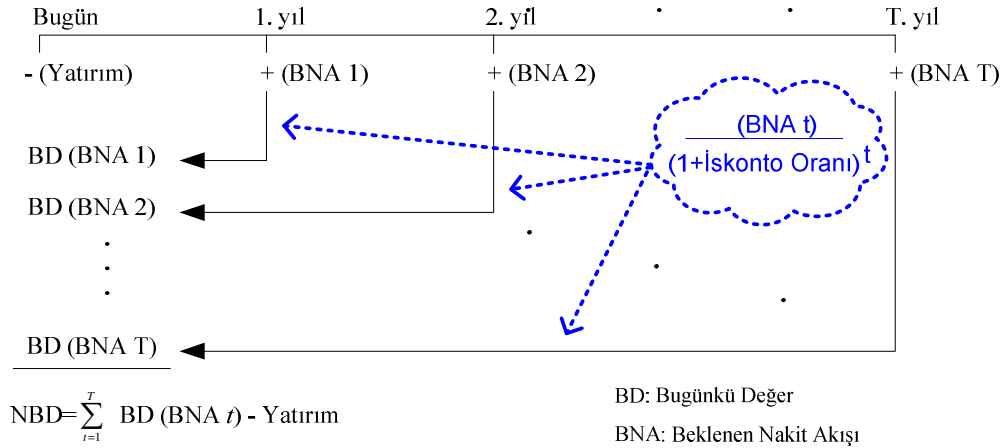
Varsayımlar	Gerçekler
Kararlar bugün alınır ve gelecekteki nakit akışları sabittir.	Gelecekteki getirilerde belirsizlik ve değişkenlik söz konusu olabilir. Aynı zamanda, bütün kararlar bugünden verilemez. Bazı kararlar belirsizliğin ortadan kalkacağı tarihe ertelenebilir.
Projeler, 'mini firmalar' olarak görülmektedir. Bunların bütün firmalarla değiş tokuş edilebileceği varsayılmaktadır.	Ağ etkileri, çeşitlendirme, karşılıklı bağımlılıklar ve sinerji göz önüne alındığında, firmalar, proje portföyleri ve bunlardan elde edilen nakit akışlarıdır. Bazen projeler, sadece nakit akışları ile değerlendirilemezler.
Bir kez başlatıldıktan sonra, tüm projeler pasif olarak yönetilir.	Projeler genelde aktif olarak projenin yaşam çevrimi boyunca yönetilir. Kontrol noktaları, karar opsiyonları, bütçe kısıtları bu süreç içindedir. Yeni bilgi geldikçe yöneticiler, başlangıç planlarını revize ederler.
Gelecekteki nakit akışları büyük oranda tahmin edilebilir ve deterministiktir.	Genellikle stokastik ve riskli bir yapıya sahip olduklarından, gelecekteki nakit akışlarını tahmin etmek zor olabilir.
Projede kullanılan iskonto oranı, piyasa riski ile orantılı olan sermayenin fırsat maliyetidir.	Riskin farklı özelliklerde birçok kaynağı vardır ve bazıları projelerin yaşam çevrimi boyunca kaynaklarında yapılan değişikliklerle kontrol edilebilir.
Tüm riskler sabit bir iskonto oranı ile ifade edilir.	Firmanın veya projenin riski, proje süresince farklılık gösterebilir.
Projenin getirisini etkileyecek ve yatırımcılara değer sağlayacak tüm faktörler, NBD veya iç verim oranı ile değerlendirilme modeline yansıtılır.	Projenin karmaşıklığı ve bazı dış etkenler nedeniyle, tüm faktörlerin artan nakit akışları cinsinden sayısallaştırılması zor ya da imkansız olabilir. Aksamış ve planlanmamış getiriler (stratejik vizyon ve girişimci faaliyet gibi) kayda değer ve stratejik açıdan önemli olabilir.
Bilinmeyen, soyut ya da ölçülemeyen faktörlerin değeri ihmal edilir.	Önemli faydaların çoğu, soyut varlıklar veya kalitatif stratejik pozisyonlardan kaynaklanır.

Kaynak: Mun, 2002: s. 59

Ryan & Ryan (2002)'nin gösterdiği gibi, NBD şu anda en fazla kullanılan İNA temelli değerlendirme tekniğidir. Firmaların çoğu, NBD'yi 20 yıldır kullanmaktadır (Schneider ve diğerleri, 2008: 86). Tablo 1'de geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinin genel olarak hesaplama mantığı ve özellikleri özetlenmiştir. İNA yaklaşımının teknik açıdan getirdiği zorluklar, en popüler yaklaşım olan NBD üzerinden detaylı olarak aşağıda açıklanmıştır.

Geleneksel NBD, gelecekteki net nakit akışlarının firma çapında kabul gören minimum getiri oranı yani "riske göre düzeltilmiş iskonto oranı" ile indirgeyip, bu değerlerin toplamının alınmasıyla elde edilir (Şekil 4). Bu değerlere göre hesaplanan NBD, o anki proje değerinin ve kabul edilebilirliğinin bir ölçüsüdür.

Şekil 4: Standart NBD Analizi Süreci



NBD yaklaşımında, nakit akışlarının belirsizliği açıkça modellenmemektedir. Beklenen nakit akışları iskonto oranı ile indirgenmektedir. Gerçekte, projenin başlangıcı ile bitişi arasında gerçekleşebilecek olası serbest nakit akışlarının izleyeceği pek çok yol bulunmaktadır. NBD kullanılırken bunlar ayrıntılı olarak planlanmamakta ve yalnızca bugünden mevcut olan bilgi kullanılmaktadır. NBD kuralı, matematiksel olarak, olası birbirinden ayrık alternatiflerin bulunduğu kümeden maksimum olanı seçmeye eşittir (Copeland ve Antikarov, 2001: 73):

NBD kuralı: $t=0$ için, $\max\{0, E_0 V_T - X\}$

Burada, $E_0 V_T$, T anında gerçekleşecek değerin (V) sıfır anındaki beklenen değerini, X ise yatırım maliyetini ifade etmektedir.

NBD yönteminde, nakit akışlarını tahmin etmenin yanı sıra, diğer bir zorluk, bir firmanın aldığı riski temsil eden riske göre düzeltilmiş doğru bir iskonto oranının bulunmasıdır (Trigeorgis, 1996: 51; Mun, 2002: 60). Bu amaçla ekonomide en yaygın kullanılan oran, Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli'ne (SVFM) dayanan riske göre düzeltilmiş iskonto oranıdır. Sharpe (1964) ve Lintner (1965) tarafından riski kantitatif olarak ölçmek için önerilen SVFM, ortalama-varyans modeli olarak bilinen ve Markowitz (1959) tarafından geliştirilen portföy kuramı üzerine inşa edilmiştir (Dogbe, 2006: 13).

Portföy kuramında yatırımcının riski kontrol altına alabilme veya sınırlayabilme olanağının olup olmamasına göre toplam risk genel olarak iki gruba ayrılabilir (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 251):

- Özel risk (sistemik olmayan risk)
- Piyasa riski (sistemik risk)

Sistemik olmayan risk, firmaya özgü değişkenlerden kaynaklanır. Bu risk türü, kaynaklarında yapılan değişmelerle ve yönlendirmelerle kontrol edilebilir (Demirtaş ve Güngör, 2004: 105). Sistemik olmayan faktörler, diğer endüstriler ve genel olarak menkul kıymetler piyasasını etkileyen faktörlerden bağımsızdır. Sistemik olmayan risk, portföyler tek bir varlıktan daha düşük riske sahip olduklarından, farklı nitelikteki hisse senetlerinden oluşan çok iyi çeşitlendirilmiş bir portföy ile ortadan kaldırılabilir.

Sistemik risk ise, bütün işletmeleri tehdit eden, tüm ekonomiyi etkileyen olumsuz faktörlerden kaynaklanır. Bu risk türü, hisse senetlerinin birlikte hareket etme eğiliminin nedenini açıklamaktadır. Öyle ki, iyi çeşitlendirilmiş portföyler bile

piyasa hareketlerine karşı korunmasızdır. Bu nedenle, sistematik riskin kontrol edilmesi imkansızdır ve portföyün çeşitlendirilmesiyle giderilememektedir (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 251). Finans teorisi, riskin sermaye bütçelemeye göz önüne alınması gereken kısmının yalnızca sistematik risk olduğunu savunmaktadır.

SVFM, riskin ölçülmesi ve beklenen getiri oranının riskin derecesiyle ilişkilendirilmesi için temel ve oldukça önemli bir modeldir (Howell ve diğerleri, 2001: 225). SVFM, yatırımcıların çok çeşitli olduğunu ve hepsinin yalnızca sistematik (yani, piyasa ile ilgili) risk ile karşı karşıya kaldığını varsaymaktadır (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 273). Sistematik risk, tam çeşitlendirmeyi gerçekleştirdikten sonra geriye kalan risktir (Ross, Westerfield ve Jordan, 2003: 469) ve projenin betası ile ölçülmektedir.

SVFM' inin en önemli ögesi olan Beta (β) indeksi, herhangi bir varlığın getirisinin piyasa portföyü getirisindeki dalgalanmalara karşı duyarlılığını göstermektedir. β basitçe, pazar getirisinden bireysel getirileri hesaplayan doğrusal regresyon katsayısıdır. Eğer $\beta < 1$ ise, varlık piyasa portföyünden daha az risklidir ve piyasa getirisinden daha düşük bir getiri sağlar. Eğer $\beta = 1$ ise, varlığın riski piyasa portföyünün riskine eşittir. Eğer $\beta > 1$ ise, varlık piyasa portföyünden daha risklidir ve piyasa portföyünün getirisinden daha yüksek bir getiri sağlar.

Buna göre, herhangi bir menkul kıymetin beklenen risk primi, menkul kıymetin beta değeri ile piyasa risk priminin çarpımına eşittir (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 274). Bu değer, sermayenin fırsat maliyetinin, bir başka deyişle yatırımcıların finansal piyasalarda işlem gören ve aynı risk davranışını gösteren bir varlıktan elde edebilecekleri getirinin hesaplanması ile elde edilmektedir.

$$r = r_f + \beta(r_m - r_f)$$

Burada, r : varlıktan beklenen getiri; r_f : risksiz faiz oranı (örneğin, devlet tahvilinin getirisi); r_m : piyasa portföyünün beklenen getirisi; β : sistematik risk (piyasa riski) indeksidir.

Hesaplama şekliinden anlaşıldığı gibi, SVFM yöntemine göre, bir projenin teknik ya da coğrafik belirsizliği gibi piyasanın performansı ile ilişkisi olmayan risklerinin piyasa fiyatı (değeri) yoktur. Aynı zamanda, SVFM yönteminde, β indeksinin hesaplanması çok zordur. Finansal varlıklar için, β , firmanın hisse fiyatları ile piyasa portföyü arasındaki kovaryansın piyasa portföyünün varyansına bölünmesi ile elde edilir (Civelek ve Durukan, 1998: 111). Buradaki problem, varlık fiyatlarının sürekli değişiyor olmasıdır. Hesaplama için dikkate alınan döneme bağlı olarak, β aşırı derecede dalgalanma gösterebilir. Buna ek olarak, işlem görmeyen fiziksel varlıklar için, makul bir β indeksinin bu şekilde hesaplanması mümkün değildir (Mun, 2002: 62).

SVFM yönteminin kullanılmasına ilişkin bahsedilen kısıtlamalar nedeniyle, iskonto oranının belirlenmesinde; ülkedeki genel faiz oranı, hazine bonusu ya da devlet tahvilleri faiz oranı, yatırımın taşıdığı risk, ortakların veya potansiyel ortakların firmadan beledikleri en düşük kar oranı, işletmenin ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti, işletmenin marjinal sermaye maliyeti, benzer sektörlerdeki yatırım maliyeti oranları ve sermayenin fırsat maliyeti dikkate alınmalıdır.

Riske göre düzeltilmiş getiri oranını tahmin etmek için bir diğer alternatif yaklaşım, ağırlıklı ortalama sermaye maliyetidir (AOSM). AOSM, firmanın yatırım projelerini ve faaliyetlerini finanse etmek için kullandığı kaynakların sermaye maliyeti ya da yatırımcıların projeden belediği asgari karlılık oranıdır.

AOSM değerinin hesaplanması, kullanılan bütün özkaynakların ve yabancı kaynakların maliyetlerinin ve ağırlıklarının dikkate alınmasını gerektirir. Buna göre, AOSM aşağıdaki gibi elde edilir (Ross, Westerfield ve Jordan, 2003: 502).

$$AOSM = \omega_d r_d (1 - \tau) + \omega_e r_e + \omega_p r_p$$

Burada, ω_d : Borçlanmanın toplam sermaye içindeki oranı; r_d : Borçlanma maliyeti oranı (Borç faiz oranı); τ : Vergi oranı; ω_e : Özsermayenin toplam sermaye

içindeki oranı; r_e : Özsermaye maliyeti; ω_p : İmtiyazlı hisse senedinin toplam sermaye içindeki oranı; r_p : İmtiyazlı hisse senedi maliyetidir.

Bu hesaplama yapılırken, r_e değeri için genellikle SVFM ile elde edilen r değeri kullanılmaktadır. SVFM, bu değer için devlet tahvili ve belirli bir risk primiyle tanımlanan risksiz faiz oranı olduğunu belirtmektedir.

AOSM, SVFM'ye dayalı olarak hesaplandığı için bu yöntemin sahip olduğu tüm dezavantajlara maruz kalmaktadır. AOSM, yukarıda açıklandığı gibi, sabit değildir. Faiz oranlarındaki değişim AOSM'yi değiştirmektedir. AOSM değiştiğinde firma değeri ve varlık değeri değişecektir. Yani, AOSM'nin yükselmesi, varlık değerinde ve fiyatında azalmaya; AOSM'inin düşmesi, varlık değerinde ve fiyatında artışa neden olacaktır.

Doğru iskonto oranı bulunduğunda ve NBD hesaplandığında, farklı projeler arasında seçim yaparken, basit bir karar kuralı uygulanmaktadır: Eğer proje önerisi pozitif bugünkü değere sahip (ve bütçe yetiyor) ise proje fonlanır. Aksi halde proje reddedilir. Ancak, beklenen nakit akışları ve iskonto oranları değiştiğinde, NBD değeri de değişmektedir. Bu nedenle, bugün negatif NBD'ye sahip bir proje gelecekte pozitif bir NBD'ye sahip olabilir.

NBD yönteminin karar vericileri başarısızlığa uğratan iki temel problemi bulunmaktadır. Birincisi, NBD hesabının, pek çok projeyi tek bir anda nakit akışı gerektiren yatırımlardan ibaret görmesi ve yatırım maliyetinin gelecekte var olmayacağını varsaymasıdır. Bu durum, kabul edilebilecek bir yatırım projesinin reddedilmesine yol açabilmektedir. Aslında, projeler daha sonra ortaya çıkabilecek yatırım maliyetlerini de içerirler. Bugün karsız görünen bir projenin sonsuza kadar ya da en azından proje süresince değersiz kalacağı kesin olarak bilinemez (Brookfield, 1995: 57)

İkinci problem, NBD yönteminde her projenin sadece alternatiflerle değil aynı zamanda kendisinin zaman içinde ertelenmiş haliyle de yarıştığı gerçeğinin göz

ardı edilmesidir. Halbuki proje bugün uygulandığında elde edilecek değerler ile projenin ertelenmesi ile gelecekte elde edilecek olası karların karşılaştırılması daha sağlıklı bir analiz sunabilir. Projeyi hayata geçirmek için yalnızca bugün karar alınması, daha üstün projelerin ve hatta bahsi geçen projenin daha ilerdeki bir zamanda sahip olabileceği değer göz ardı edilmesi anlamına gelecektir (Yeo ve Qiu, 2003: 3)

NBD dahil tüm geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinde, projelerin maliyetleri ve faydaları tahmin edilirken statik ve deterministik değerler kullanılmaktadır. Sonuç olarak, belirsizliğin etkisi genel olarak değerlendirilmektedir. Yönetimin gelecekte oluşacak çevre koşullarına uyum sağlayabilme esnekliği nedeniyle, NBD'in olasılık dağılımında bir asimetri ya da çarpıklık meydana gelmektedir. Bunun sebebi, pasif yönetim altında oluşan başlangıçtaki beklentilerle karşılaştırıldığında, esnekliğin kayıpları sınırlayıp kazanç elde etme olasılığını artırarak yatırım fırsatının gerçek değerinin değişim aralığını genişletmesidir. Böyle bir yönetsel esnekliğin olmaması durumunda, statik beklenen NBD dağılımının modu ile çakışacak ve NBD'in olasılık dağılımı doğal olarak simetrik olacaktır (Trigeorgis, 1996: 55).

Özet olarak, İNA temelli bir değerlendirme modeli; maliyet, nakit akışı ve faiz (veya iskonto) oranlarının güvenilir tahminleri ile gelecekteki bir zamanda değişiklik ya da adaptasyon gerekmeyen birbirinden ayrık projeleri değerlendirirken iyi bir yöntemdir. İNA hesaplamaları bazı durumlar için faydalı ve uygun olmasına rağmen, belirsizliğin, dinamizmin ve rekabetçi etkileşimlerin olduğu gerçek dünyada, gerçekleşen nakit akışları muhtemelen yönetimin başlangıçta yaptığı tahminlerden farklı olacaktır. Yeni bilgi geldikçe ve gelecekteki nakit akışlarıyla ilgili belirsizlik azaldıkça yönetim, çeşitli projelerin farklı derecelerde esneklik içerdiğini ve başlangıçta tahmin edilen ilk operasyonel stratejisinden ayrılmak ve stratejiyi tekrar gözden geçirmek gerektiğini fark edebilir (Trigeorgis, 1996: 122). Bu koşullar altında bulunan projelerin, İNA temelli geleneksel bir sermaye bütçeleme yöntemiyle tamamen değerlendirilemeyeceği açıktır.

1.6 Reel Opsiyonların Tanımı

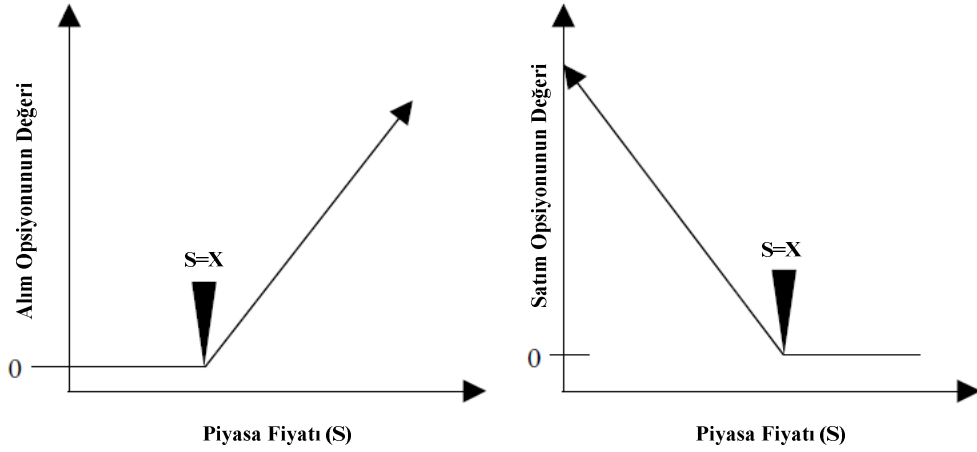
Opsiyonlar kavramı finans sektöründe ortaya çıkmıştır. 1997 yılında hem Myron Scholes hem de Robert Merton'a Ekonomi alanında Nobel Ödülü'nü kazandıran, Black ve Scholes (1973) ve Merton (1973)'ın finansal alım opsiyonunu fiyatlamaya yönelik geliştirdikleri teorinin ardından, "reel opsiyonlar" terimi, ilk olarak finansal alım ve satım opsiyonları kavramlarını reel varlıkların analizine uyarlayan Stewart Myers tarafından ortaya konulmuştur (Myers, 1977: 163). Reel opsiyonlar teorisi, "bir proje kararını verme durumunda olan bir yöneticinin karşı karşıya kaldığı seçim, bir hisse senedi yatırımcısının karşı karşıya kaldığı seçim ile aynıdır" görüşüne dayalı olarak geliştirilmiştir.

Ortaçağ Fransızcası'ndan gelen ve Latince'den türetilen opsiyon kelimesi, bir bilginin açığa çıkmasından sonra, seçme özgürlüğünü temsil eder (Brach, 2003: 1). Genel anlamıyla, opsiyon, gelecekte belirli bir konu üzerinde anlaşılan şartlarda zorunluluk olmadan hareket etme hakkıdır. Finansal opsiyon ise, belirli bir süre içerisinde, belirlenmiş bir fiyattan (kullanım fiyatı) bir mal veya menkul kıymeti (hisse senedi, tahvil gibi) alma ya da satma hakkıdır (Hull, 2003: 6). Opsiyon sözleşmesi, alan tarafa, üzerine opsiyon yazılan mal veya kıymeti gelecekte belirli bir tarihte veya tarihe kadar, belli bir fiyattan, belirlenen miktarda alma veya satma hakkını sağlayan sözleşmedir (VOB, 2004). Dolayısıyla opsiyon sözleşmesi, alıcı taraf açısından bir hak sağlamakta, buna karşılık satıcı tarafı bu hakkı satan taraf olarak yükümlülük altına sokmaktadır. Opsiyon sahibi (sözleşmeyi satın alan) açısından yükümlülük içermeyen bir hak olması nedeniyle opsiyon sözleşmesi, bağlı olduğu (sözleşme konusu dayanak varlık) varlıktan ayrı olarak finansal bir değere sahiptir. Bu değer, sözleşme konusu varlıktan türetildiği için türev ürün olarak adlandırılır.

Opsiyon hakkı, alım opsiyonu ve satım opsiyonu olarak ikiye ayrılır. Piyasa fiyatı (S) kullanım fiyatını (X) aşarsa, alım opsiyonu sahibi; piyasa fiyatı kullanım fiyatının altında kalırsa satım opsiyonu sahibi hakkını kullanır. Yatırımcılar alım opsiyonları satın aldıklarında, küçük bir ödeme karşılığında o anda gelecekte

esnekliklerini korumaya yönelik alternatiflere sahip olmaktadır. Aslında bu araca çok pratik ve faydalı bir sigorta da denebilir. Ödenecek küçük bir prim karşılığı çok ciddi bir hak kazanılmaktadır. Opsiyonlar ileri vadeli belli fiyatlar (kullanım fiyatı) için bir prim karşılığı alınır veya satılır. Ancak opsiyonlarda işlem yapmanın belli riskleri vardır. Her iki çeşit opsiyon satın almanın riski sadece prim ile limitlidir. Satma veya satın alma hakkı prim karşılığı alınır. Piyasa eğer yatırımcının beklentisi yönünde giderse opsiyonunu kullanır, aksi takdirde kullanmaz ve kaybedeceği sadece primdir. Satılan opsiyonlar ise limitsiz risk taşır ve bu en riskli yatırımlardan biridir. Çünkü yatırımcı karşısındakine o opsiyonu verir ve piyasa beklenenin aksi yönünde giderse, işleme koyup koymama opsiyon alıcısına kalmıştır, satıcı limitsiz bir risk ile karşı karşıyadır (Şekil 5).

Şekil 5: Alım ve Satım Opsiyonlarının Uygulanacağı Durumlar



Opsiyonlar, işlem görme zamanına göre sınıflandırılabilir: i. Avrupa tipi opsiyonlar, ii. Amerikan tipi opsiyonlar. Avrupa tipi opsiyonlar, sadece sözleşmenin vade tarihinde kullanılabilen opsiyon sözleşmeleridir. Bir yatırımcı belirli bir tarihe kadar erteleme ve bu süre içerisinde herhangi bir anda gerçekleştirilebilme hakkına sahip olunması Amerikan tipi opsiyonlarla ifade edilir (Hull, 2003: 8).

Opsiyonlar, dayanak varlığın gelecekteki değeri üzerinde bahis oynamaktır ve yalnızca belirsizlik olduğunda değeri vardır. Örnek olarak, Temmuz 2010 tarihinde hisse başına 1.50 TL fiyatından ABC firmasının 100 tane hisse senedini alma hakkının bugün Temmuz 2009'da toplam 3.0 TL ödenerek satın alındığı varsayılınsın. Eğer Temmuz 2010'da ABC firmasının hissesinin değeri 1.50 TL'den fazla (örneğin, 1.75 TL) ise, rasyonel bir opsiyon sahibi hisseyi 1.50 TL'den satın alma hakkını kullanacaktır ve bu uygulamadan toplam $100 \times (1.75 - 1.50) = 25$ TL brüt kar, $25 - 3 = 22$ TL net kar elde edecektir. Eğer Temmuz 2010'da ABC firmasının hissesinin değeri 1.50 TL'den az ise, opsiyon sahibi 100 adet hisseyi satın alma hakkını kullanmayacak ancak alım opsiyonunun değeri olan 3.0 TL'yi kaybedecektir.

Buna göre, bir opsiyonun temelini oluşturan anlayış, opsiyon sahibinin potansiyel olarak sınırsız kazançlar elde ederken, kayıp risklerini sabitleyebilmesi, yani, hiç bir zaman opsiyonun maliyetinden daha fazla kaybetmemesidir. Bu mantık, reel opsiyonlar teorisine yayılmış ve geniş çapta finans ve yönetim alanlarına uygulanmıştır.

Reel opsiyonlar, finansal opsiyonlar teorisinin finansal olmayan yani reel alanlara uyarlanmış halidir. Reel opsiyonlar yaklaşımı, belirsizlik altında reel yatırım fırsatlarını değerlemek için finansal opsiyon fiyatlama tekniğini kullanmaktadır. Reel opsiyon, hiçbir zorunluluk bulunmaksızın, koşullar elverişli olduğunda bir yatırımı yaparak beklenen nakit akışlarının bugünkü değerine sahip olma hakkıdır. Altı Sigma projelerinin analizine uygulandığında, bu tanım, "*olası bir Altı Sigma projesine yatırım, hiç bir zorunluluk bulunmaksızın, bir firmanın yeni bir kalite iyileştirme çözümüne yatırım yapma hakkının söz konusu olduğu bir alım opsiyonudur*" şeklinde yeniden ifade edilebilir. Yatırımı yapmak, opsiyonu kullanmaktır.

Reel opsiyonların getirdiği yenilik, belirsizliğin değer yarattığı görüşüdür. Reel opsiyonlar, gelecekte pazar ya da teknolojik performans hakkında elde edilecek bilgilere koşullu olarak kararlarını yapılandırabilecekleri şekilde karar vericilerin düşünme şeklini genişletmektedir. Bu kavram, karar vericilerin şu soruları sormalarını sağlamaktadır (Amram and Kulatilaka, 1999: 7):

- a) Belirsizliğin olumsuz tarafına maruz kalma nasıl azaltılabilir?
- b) Eğer olumlu bir sonuç varsa, getiriler nasıl daha fazla artırılabilir?

1.7 Reel Opsiyonların Değerini Belirleyen Parametreler

Hisse senetleri üzerine yazılan alım opsiyonları ile gerçek yatırım fırsatları arasında yakın benzerlikler bulunmaktadır. Myers (1977) ve Trigeorgis (1996)'in ifade ettiği gibi, bir reel opsiyonun dayanak varlığı, beklenen nakit akışlarının brüt proje değeridir; kullanım fiyatı, bu dayanak varlığı elde etmek için gereken yatırıma eşittir ve vadesi ise, karar vericinin yatırım fırsatının en son geçerli olduğu yatırımı erteleyebileceği zaman periyodudur (Tong ve Reuer, 2007: 5).

Aynı finansal opsiyonlarda olduğu gibi, reel opsiyonları değerlemede genellikle altı parametre kullanılmaktadır. Bunlar, dayanak varlığın değeri, kullanım fiyatı, dayanak varlığın getirilerinin volatilitesi, vadesi, risksiz faiz oranı ve kar paylarıdır. Bir hisse üzerindeki finansal alım opsiyonu ile bir proje üzerindeki reel opsiyon kavramları altında bu parametrelere karşılık gelen tanımlar Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3: Bir Finansal Alım Opsiyonu ile Bir Reel Opsiyonun Karşılaştırılması

Finansal alım opsiyonu	Parametre	Bir proje üzerindeki reel opsiyon
Hisse senedinin mevcut değeri	S	Beklenen nakit akışlarının brüt bugünkü değeri
Kullanım fiyatı	X	Yatırım maliyeti
Hisse senedinin değerindeki belirsizlik	σ	Beklenen nakit akışlarındaki belirsizlik
Vade	T	Yatırım fırsatının geçerli olduğu süre
Risksiz faiz oranı	r_f	Risksiz faiz oranı
Kar payı	δ	Yatırım yapamamanın veya başarısız olmanın fırsat maliyeti

Kaynak: Trigerios, 1996, s. 125'ten uyarlanmıştır.

Aşağıda, bu parametrelerin özellikleri ve bunların değerlerini belirlemede karşılaşılan problemler üzerinde durulmuştur.

Dayanak varlığın değeri (S), bir reel opsiyona konu olan dayanak varlığa karşılık gelmektedir. Bir finansal opsiyon için dayanak varlık kolayca belirlenebilmektedir. Bu genelde hisse senedi ya da ticari mal gibi parametreleri (değeri ve volatilitesi) finansal piyasada doğrudan gözlenebilen bir varlık olmaktadır. Örneğin; hisse senedi alım opsiyonunun dayanak varlığı, kullanıldığında opsiyon alıcısının satın aldığı hisse senedir. Bir reel opsiyonun dayanak varlığı ise, daha karmaşık bir kavramdır. Bazıları dayanak varlığı, esneklik olmadan işleyen proje nakit akışlarının bugünkü değeri olarak varsaymaktadır (Copeland ve Antikarov, 2001: 94; Brandao ve Dyer, 2005: 22). Bazı uygulamacılar, ticari mal piyasalarında işlem görebilen, uygun bir varlığı kullanmaktadır (Brennan ve Schwartz: 1985: 138; Trigeorgis, 1996: 127; Moel ve Tufano, 2002: 38). İlk yaklaşımdaki problem; genellikle varlık işlem görmediğinden ve değerine ve volatilitesine ilişkin hiçbir bilgi bulunmadığından, bu varlığın parametrelerini tahmin etmenin çok zor oluşudur. İkinci yaklaşım da problemlidir, örneğin bir bakır madeninin volatilitesi, bakır fiyatlarının volatilitesine eşit olmayabilir.

Reel opsiyonlara konu olan dayanak varlığın ikinci problemi, opsiyon sahibinin bu varlığın değerini düzeltme yeteneği ile ilgilidir. Finansal opsiyon durumunda, opsiyon sahibi dayanak varlığın değerini (örneğin, hisse senedinin fiyatı) etkileyemez. Bu anlamda, finansal opsiyonlar daha çok iki taraflı bahisler gibidir. Halbuki reel opsiyonlarda yönetim, opsiyonun yazıldığı dayanak varlık üzerinde belirli bir derecede kontrole sahiptir. Copeland ve Keenan'ın (1998: 41) belirttiği gibi, yönetimin kararları, dayanak varlığın değerini oldukça fazla etkileyebilmektedir. İster yönetimin kararları nedeniyle ister belirsizliklerin ortaya çıkması ile olsun, dayanak varlığın değeri arttıkça, opsiyonun değeri de artmaktadır (Damodaran, 2003: 90).

Kullanım fiyatı (X), bir opsiyonu tanımlamak için kullanılan kritik parametredir (Damodaran, 2003: 8). Kullanım fiyatı, finansal opsiyonlarda, opsiyonu

kullanmak için ödenmesi gereken fiyat; reel opsiyonlarda ise, yatırıma opsiyon benzeri özellikler katan esnekliğin bugünkü maliyeti olarak tanımlanır. Örneğin, yeni bir teknoloji üzerine önerilen bir Ar&Ge projesine yatırım yapma ya da bu teknolojinin ticarileştirilmesi yönünde kararlar verilmesi durumunda teknolojinin ürüne dönüştürüleceği tesisin inşa edilmesi ile ilgili başlangıç maliyetleri; büyüme fırsatı yaratan yeni bir süreç geliştirmeye ya da varolan süreci iyileştirme çalışmasına yapılan her türlü kaynak tahsisi kullanım fiyatına örnek gösterilebilir.

Kullanım fiyatı arttıkça, opsiyonun değeri azalmaktadır, çünkü bu esnekliğin daha pahalı olduğu anlamını taşımaktadır. Finansal opsiyonlarda kullanım fiyatı sözleşme ile önceden belirlenebilirken, reel opsiyonlar için gerçek kullanım fiyatı zamanla değişebilmektedir. Beklenmeyen maliyetler veya teknolojideki değişimler kullanım fiyatının değişmesine neden olan faktörlerdendir. Bunlar özellikle vadesi uzun olduğunda ve kullanım fiyatı birden çok taraf arasındaki işlemlere bağlı olduğunda önemli hale gelmektedir.

Dayanak varlığın volatilitesi (σ), genellikle opsiyon değerini belirleyen tek stokastik değişkendir. Opsiyon analizinde, risk, dayanak varlığın getirilerinin piyasadaki volatilitesi cinsinden sayısallaştırılmaktadır (Copeland ve Antikarov, 2001: 43). Bu değişken, opsiyonun değeri ile pozitif ilişkilidir. Esneklik zarara karşı koruma yaratıyorsa, belirsizlik projeye ek bir değer katmaktadır. Reel opsiyonlar için dayanak varlığın volatilitisini tahmin etmek çok zordur. Yukarıda da belirtildiği gibi, projelerin getirilerine benzeyen geçmiş veriler bulunmamaktadır. Luehrman (1998), volatilitiyi modellemek için, geçmiş verilerin, simülasyonun ve tecrübeye dayalı tahminlerin kullanılmasını önermektedir. Bazı uygulamalarda, volatiliteye ilişkin tahmin, dayanak varlık ile bağdaşan bir varlığın geçmişteki volatilité değerinin uyarlanması, içinde bulunulan endüstriyel grubun volatilité değerinin uygulanması, firmanın hisse senedinin fiyatına ilişkin volatilité değerinin kullanılması ve başka işlem gören bir varlığın ya da varlıklardan oluşan sentetik bir portföyün volatilitésinin kullanılması gibi yöntemlerle yaklaşık olarak elde edilebilmektedir (Damodaran, 2003: 93).

Ancak, pek çok durumda, temel proje birden çok belirsizlik içerdiğinden, projenin volatilitisini ölçmek için, finansal varlıkların volatilitesi kullanılmak istediğinde, gerekli olabilecek eş varlıkları veya işlem görebilir varlıkları bulmak neredeyse imkansızdır. Son zamanlarda, Monte Carlo tekniği ile proje değerinin simülasyonunun, reel opsiyonlarda projenin volatilitisini tahmin etmek için faydalı olabileceği ileri sürülmektedir (Copeland ve Antikarov, 2001: 245, Mun, 2002: 102; Miller ve Park, 2002: 124; Miller, Choi ve Park, 2004: 205). Monte Carlo simülasyon yaklaşımının temel varsayımı, gelecekteki nakit akışlarını tahmin etmenin mümkün olduğudur. Temsili bir volatilité değerinin belirlenmesi, literatürde reel opsiyonlar analizi yaklaşımının teorik olarak en büyük problemi olarak görülmektedir.

Vade (T), opsiyonun kullanılabilceği zaman periyodunu ifade eder. Belirlenmesi en kolay olan parametrelerden biridir. Finansal opsiyonlar satın alındığı zaman bu süre belirlenirken, reel opsiyonlar için böyle bir kural bulunmamaktadır. Ancak pek çok karar için bir son tarih söz konusu değil iken, alınacak karar için faydalı olacak ya da bazı dış faktörlere bağılı olabilen bir vade belirlenebilmektedir. Vade uzadıkça, opsiyon değeri de artmaktadır (Hull, 2003: 168), çünkü gelecekteki belirsizliklerinden olumlu bir şekilde fayda sağlamak için daha fazla fırsat bulunmaktadır.

Risksiz faiz oranı (r_f), devlet tahvili ya da hazine bonosu gibi risksiz bir varlığın getirisi olarak alınabilmektedir. Risksiz faiz oranının sistematik olmayan (firmaya ya da projeye özgü) riskten bağımsız olması gerekmektedir. Bu oran arttıkça, opsiyonun değeri de artmaktadır (Hull, 2003: 168).

Kar payı (δ), dayanak varlığı ya da hisse senetlerini satın alma finansal opsiyonunu uygulayan hissedarlara yapılan düzenli ödemelerdir. Reel opsiyonlar kavramı altında kar payı oranı, gecikme maliyetini temsil etmektedir (Damodaran, 2006: 8). Bu, talep gereksinimlerine etkili biçimde cevap verememenin veya başarısız olmanın kaçırılan fırsat maliyetidir. Opsiyonu kullanmadaki başarısızlık, bu kar paylarının kaybedileceği anlamına gelmektedir. Dayanak varlığın bugünkü

değerinin kar payı miktarı kadar azalacağı beklendiğinden, kar payları, dayanak varlığın bugünkü değeri üzerindeki etkileri yoluyla opsiyon değerlerini etkiler. Kar payının azaltma etkisi nedeniyle, bir alım opsiyonunun değeri, beklenen kar payı büyüklüğü ile negatif yönde ilişkilidir (Hull, 2003: 170). Öyleyse, kar payı söz konusu ise, kullanılan reel opsiyonları değerlendirme modelinde düzeltme yapılması gerekmektedir (Amram ve Kulatilaka, 1999: 127).

Yukarıda açıklanan parametrelerin çeşitli opsiyon tiplerinin değeri ile olan ilişkisi Tablo 4’te gösterilmektedir.

Reel opsiyonlar için standart değerlendirme teknikleri kullanılırken, en büyük zorluklardan biri, opsiyon değerini elde etmek için kullanılan parametrelerin belirlenmesidir. Yukarıda bahsedilen parametrelerin hepsinin belirli düzeylerde sayısallaştırılma zorlukları söz konusudur. Problemler, uygulamanın değişmesinden, yani finansal opsiyonlardan reel opsiyonlara geçmekten kaynaklanmaktadır.

Tablo 4: Parametrelerin Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

Parametre	Avrupa	Avrupa	Amerikan	Amerikan
	Tipi Satın Alma	Tipi Satma	Tipi Satın Alma	Tipi Satma
Dayanak varlığın piyasa değeri	+	-	+	-
Kullanım fiyatı	-	+	-	+
Vadesi	?	?	+	+
Dayanak varlığın volatilitesi	+	+	+	+
Risksiz faiz oranı	+	-	+	-
Beklenen kar payı	-	+	-	+
+ : Parametre değerindeki bir artışın opsiyon değerini artırdığını; - : Parametre değerindeki bir artışın opsiyon değerini düşürdüğünü; ? : ilişkinin belirsiz olduğunu ifade etmektedir.				

Kaynak: Hull, 2003, s.168.

Reel opsiyonlar teorisi yatırım fırsatlarını zorunluluğu bulunmayan haklar olarak görmektedir. Reel opsiyonlar analizi, eldeki bir yatırım fırsatına yeterince benzeyen bir finansal opsiyon bulunabildiği takdirde, opsiyon değerinin bu fırsatın değerini tahmin etmek için kullanılabileceğini varsayar. Genellikle yatırım fırsatları karmaşık ve kendine özgü olduğundan, finansal piyasada yatırım fırsatı ile benzer özellikler gösterecek bir opsiyon bulmak zordur. Finansal opsiyonların fiyatı hesaplanırken kullanılan varsayımların ve veri kaynaklarının pek çoğu, reel opsiyonlar için ya bulunmamaktadır ya da değişiklik yapılmasına gereksinim vardır. Bu nedenle reel opsiyonlar analizi, arbitraj fırsatları ile reel yatırımları değerlemeye olanak sağlayan sentetik (yapay) opsiyonlar oluşturmaktadır. Herhangi bir yatırım analizini gerçekleştirebilmek için, yatırımın özellikleri ile bir finansal opsiyonun değerini belirleyen değişkenler arasında ilişki kurulabilmesi gerekmektedir.

1.8 Esneklik Kaynağı Olarak Reel Opsiyon Türleri

Reel opsiyonlar, belirsizlik altında yatırım kararlarının değerlendirilmesi konusunda NBD gibi deterministik değerlendirme yöntemlerinin yetersizliklerine bir alternatif çözüm, bazı durumlarda da bu yöntemleri tamamlayıcı bir yöntem olarak literatürde önerilmektedir. Myers (1987: 11), stratejik opsiyonları içeren yatırımların değerlendirilmesinde, geleneksel İNA temelli değerlendirme yaklaşımlarının sınırlılıklarını ilk kez inceleyen araştırmacıdır. Myers (1987: 13) opsiyon fiyatlama yaklaşımının bu tür yatırımları değerlemek için geleceği en parlak yöntem olduğunu ifade etmiştir. İNA temelli değerlendirme yaklaşımları, genellikle belirsizlik altında yatırımın değerini düşürmektedir. Ancak, reel opsiyonlar, geleneksel düşünce şeklinden farklı olarak, belirsizliğin yatırım fırsatının değeri üzerindeki rolüne ve etkisine yönelik yeni bir yaklaşım getirmektedir (Trigeorgis, 2005: 26). Bu nedenle, reel opsiyonlar teorisi, bir sermaye bütçeleme ve stratejik karar verme aracı olarak önerilmektedir (örneğin, Trigeorgis, 1996; Amram ve Kulatilaka, 1999; Bowman ve Moskowitz, 2001; Kogut ve Kulatilaka, 2001; Smit ve Trigeorgis, 2006).

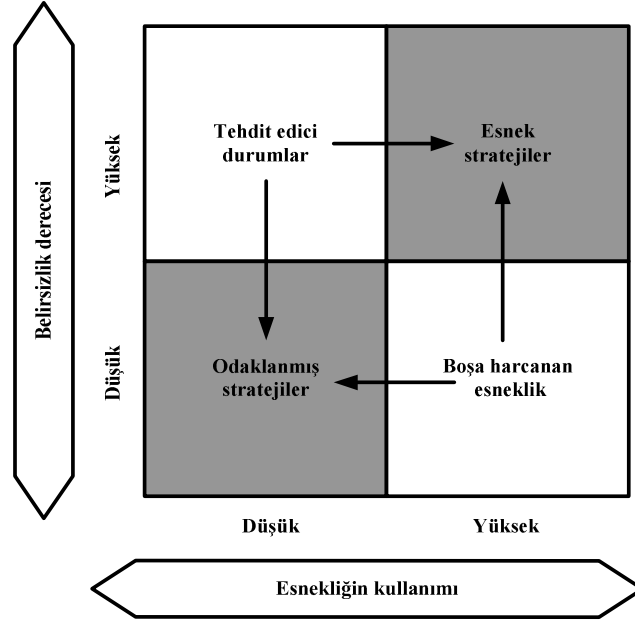
Esneklik, kısa ürün yaşam döngülerinin, hızlı ürün geliştirilmenin ve talep ve/veya fiyat belirsizliğinin olduğu bir dünyada firmalara daha etkili bir şekilde

rekabet edebilme olanağı sağlamaktadır (Nembhard, Shi ve Aktan, 2005: 945). Esneklik ve opsiyonlar aslında eş anlamlıdır. Esnekliği yaratmak için sıkça kullanılan bir stratejiyi tanımlaması nedeniyle, “opsiyonlarımızı açık tutun” deyimini kullanılmaktadır (Copeland ve Weiner, 1990: 133). Buna göre, esneklik, belirsizlikle sezgisel bir şekilde baş edebilmek için opsiyonları yaratmak ve bunları kullanmaktır.

Aslında, opsiyon, opsiyon sahibinin sağduyusuna bağlı olarak gelecekte belirli bir eylemde bulunma hakkıdır ve her işte opsiyon benzeri esneklikler bulunmaktadır. Örneğin, yöneticiler bir işin kapsamını genişletmeyi ya da daraltmayı ya da bir yatırım programını/projesini terk etmeyi ya da hızlandırmayı seçebilirler. Bu tür yönetsel esneklikler, belirsiz yatırım projeleri bağlamında bir değere sahiptir. Bu opsiyonların uygunluğu ve esnekliklerin gerçek değeri, belirsizliğin yapısına ve bu opsiyonları kullanmanın maliyetine bağlıdır. Reel opsiyonlarla değerlendirme, yüksek derecede değişkenliğin olduğu bir ortamda bu değer ne kadar olduğunu göstermektedir.

Şekil 6, esnekliği yönetmek için, esnekliğin ya finans piyasalarında satın alınabileceğini ya da işin/işletmenin içine inşa edilebileceğini varsayan kavramsal bir modeli göstermektedir. Bir ekseninde, yüksek seviyeden düşük seviyeye değişen esnekliğin kullanım düzeyi, diğerinde ise belirsizliğin derecesi ya da bir yöneticinin belirli bir rekabet ortamında karşı karşıya kaldığı tahmin edememe durumu bulunmaktadır. Bu matris, içinde bulunulan duruma göre, yönetsel esnekliğin ne zaman değerli olabileceğini işaret etmektedir. Örneğin, matrisin sol üst köşesi, belirsizliğin çok yüksek olduğu ve esnekliğin çok az kullanıldığı tehditkar bir ortamı yansıtmaktadır. Esnekliğin ya da stratejilere odaklanma düzeyinin artırılması ile bu tehditkar durumdan kaçınılabılır. Benzer şekilde, matrisin sağ alt köşesi, esnekliğin boşa harcandığı bir durumu yansıtmaktadır. Burada ise, stratejilere odaklanma düzeyi artırılabilir. Bu durumda, yüksek belirsizliğin bulunduğu durumlarda, esnek stratejiler; belirsizliğin düşük olduğu durumlarda ise odaklanılmış stratejiler tercih edilmelidir.

Şekil 6: Esnekliği Yönetmeye İlişkin Bir Kavramsal Model



Kaynak: Copeland ve Weiner, 1990, s.135.

Reel opsiyon modelleri, başlangıç yatırımının yapıldığı anda, belirsizliğin ve bilgi asimetrisinin müşteri tercihlerinde değişme veya pazarda bir değişme gibi temel bir kaynağın olduğu varsayımına dayanmaktadır. Proje değerinin potansiyel getirilerinin beklenen (ortalama) sonuç etrafındaki değişkenliğinin artması, opsiyonların ve asimetrik bir yönetsel pozisyonun var olması durumunda faydalı olabilmektedir. Yönetsel esnekliği kullanmak, proje getirilerinin dağılımında faydalı bir asimetriyi ortaya çıkarmaktadır. Bu dağılımın daha pozitif bir sonuca doğru çarpıklaşması, yönetsel çalışma esnekliğinin ve diğer stratejik etkileşimlerin ek değerini de içeren bir genişletilmiş (veya stratejik) NBD kriterini gerektirmektedir (Trigeorgis, 2005: 32). Genişletilmiş NBD eşitliği Şekil 7’de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

Şekil 7: Genişletilmiş NBD Eşitliği

$$\begin{aligned} &\text{Genişletilmiş (veya Stratejik) NBD (Gerçek Değer)} \\ &= \\ &\text{Pasif NBD} \\ &+ \\ &\text{Opsiyon Primi (Reel Opsiyonun Değeri=Esnekliğin Değeri + Stratejik Değer)} \end{aligned}$$

Reel opsiyonlar yönteminin en temel avantajı, opsiyonların yatırım projelerinin pek çoğunda bulunan yönetsel esnekliği modellemeye olanak sağlamasıdır (Schnieder ve diğerleri, 2008: 88). Reel opsiyonlar, bir yöneticinin değişen koşullara uyum sağlayabilme, dolayısıyla dayanak varlığın değerine doğrudan etkide bulunabilme yeteneğini yansıtan modellerdir. Belirsizliğe veya riski azaltmaya yönelik bir yöneticinin bulunacağı her girişim, yani her bir esneklik kaynağı, teknik anlamda, bir reel opsiyondur.

Literatürde reel opsiyonların genel türlerine yönelik farklı sınıflandırmalar bulunmasına rağmen (örneğin, Trigeorgis, 1996: 2, 2005: 27; Copeland ve Keenan, 1998: 47; Amram ve Kulatilaka, 1999: 10; Brach, 2003: 67), bu çalışmalarda listelenen opsiyon türlerinin çoğu birbirinin aynısıdır. Reel opsiyonlar genellikle sağladıkları esneklik türüne ve kazanç potansiyeli elde etme veya kayba karşı koruma sağlama özelliğine göre sınıflandırılmaktadır. Tablo 5'te temel olarak, yatırım projeleri süresince uygulanabilecek esneklikleri tanımlayan opsiyon türleri ve bu opsiyonların özellikleri özet halinde gösterilmiştir.

Tablo 5: Reel Opsiyon Türleri ve Özellikleri

Reel Opsiyon	Esneklik türü	Karar kuralı	Karşılık gelen finansal opsiyon
Erteleme	Kazanç elde etme potansiyeli	Maks [S-X; 0]	Amerikan tipi alım opsiyonu
Terketme	Kayıplardan korunma	Maks [S ; S _v]	Amerikan tipi satım opsiyonu
Ölçeklendirme (Genişleme veya küçülme)	Kazanç elde etme potansiyeli ve kayıplardan korunma	Genişleme için: Maks [g S-X; 0] Küçülme için: Maks [X-k S; 0]	Avrupa tipi alım opsiyonu
Değiştirme	Kazanç elde etme potansiyeli ve kayıplardan korunma	Maks [S _d -X; S]	Alım ve satım opsiyonlarının kombinasyonu
Büyüme	Kazanç elde etme potansiyeli	Maks [S-X; 0]	Avrupa tipi alım opsiyonu Amerikan tipi alım opsiyonu
Aşamalandırma	Kazanç elde etme potansiyeli ve kayıplardan korunma	Maks [S-X; 0]	Avrupa tipi alım opsiyonu
<p>S: Dayanak varlığın bugünkü değeri X: Kullanım fiyatı g: Genişleme opsiyonu için genişleme oranı k: Küçülme opsiyonu için küçülme oranı S_d: Değiştirme opsiyonunun kullanılması durumunda dayanak varlığın bugünkü değeri S_v: Yapılan ve satılabilecek yatırımların bugünkü değeri (hurda değeri)</p>			

1.8.1 Erteleme Opsiyonu

Erteleme opsiyonu (ya da zamanlama opsiyonu), kötü bir yatırım kararı vermektense, projenin operasyonel ortamı ve piyasa koşulları hakkında daha fazla bilgi elde edene kadar bekleme olanağına karşılık gelmektedir. McDonald ve Siegel (1986: 180), bu opsiyonu, “opsiyon sahibinin, hiç bir zorunluluk bulunmadan, belirsiz girdi ve çıktı maliyetleri nedeniyle değeri belirsiz olan bir projeye yatırım yapmayı erteleme hakkına sahip olması” şeklinde tanımlamaktadır. Böyle bir esnekliğe sahip olmak için yönetim bir opsiyon primi ödemeye razı olmalıdır. Bu opsiyonu kullanmanın maliyeti, yatırımı ertelemekten kaynaklanan fırsat maliyetine eşittir (Brach, 2003; 69). Örneğin, yeni bir teknolojiye bugün yatırım yapmak ya da

söz konusu teknolojiye ilişkin gelecekteki bir karardan sonra duyurulacak düzenlemeleri beklemek, erteleme opsiyonu ile ilgili bir karardır.

Erteleme opsiyonu, doğal kaynakların çıkarılmasına yönelik endüstriler ve gayrimenkul yatırımları gibi, belirsizliğin yüksek olduğu ve uzun dönemli yatırımlar gerektiren alanlarda önemlidir. (Trigeorgis, 1996: 2; 2005: 28).

1.8.2 Terketme Opsiyonu

Terketme opsiyonu (ya da çıkış opsiyonu), kar etmeyen projeyi terk etme ve telafi olarak bir hurda değerine satma olanağını göstermektedir. Piyasa koşullarının kötüleşmesi ve herhangi bir iyileşme belirtisi görünmemesi durumunda, firma mevcut operasyonlarını veya yatırımını kalıcı olarak terk edebilir ve varlığın kurtarılan (hurda) değerine razı olabilir. Karar, sadece hurda değeri, S_V , ile karşılık gelen zaman noktasında, gelecekteki gelirlerin bugünkü değeri, S , arasındaki kıyaslamaya göre verilmektedir.

Terketmenin olumlu tarafı, özellikle büyük ölçekli, geri dönülemez bir yatırımın var olması durumunda, nakit çıkışlarını azaltan kaybın daha da büyümesine engel olmasıdır (Adner & Levinthal, 2004: 78). Terketme opsiyonu, havacılık endüstrisi, havayolları, demiryolları ve finansal hizmetler gibi varlıkların ikinci el piyasasının olduğu sermaye yoğun endüstrilerde ve belirsiz pazarlara yeni ürün sürmede önemlidir (Trigeorgis, 2005; 30).

1.8.3 Ölçeklendirme Opsiyonu

Ölçeklendirme opsiyonu (genişleme veya küçülme), projenin operasyonel ortamının veya piyasa koşullarının uygun olup olmamasına bağlı olarak yatırımın (örneğin, bir üretim tesisinin veya araştırma projesinin) ölçeğini değiştirme esnekliğini sunmaktadır. Koşullar beklenenden iyi ise, ölçeği genişleterek projeyi büyütme; koşullar beklenenden kötü veya zayıf ise, kapasiteyi ya da ölçeği küçültme; koşullar belirsiz ise geçici bir süre için üretimi/projeyi durdurma ve piyasa şartları

düzelendiğinde yeniden başlama opsiyonları ölçek değiştirme kapsamında düşünölebilir (Kenç, 2003: 81). Talebi veya pazar fiyatını karşılayacak şekilde üretim ölçeğinin değiştirilebileceği projeler için uygundur. Bu tür opsiyonlar, değişken ve sabit üretim maliyetlerinin farklı özelliklerini taşıyan teknolojiler arasında seçim yapmak için kullanılabilir (Bknz. Triantis ve Hodder, 1990; Brennan ve Schwartz, 1985).

Genişleme opsiyonu, projeye ek yatırım yaparak belirli bir oranda (% g) faydanın artırılmasına olanak sağlar (Schnieder ve diğerleri, 2008: 89). Üretim kapasitesini genişletmek veya bir projenin hedefini büyütmek buna örnek olabilir. Genişleme seçeneğinin, ileride yeni büyüme seçeneklerinden yararlanmak ve yeni piyasalara girmek için stratejik bir önemi bulunmaktadır (Trigeorgis, 2005: 28). Küçölme opsiyonu ile, planlanan yatırım harcamalarının bir kısmından tasarruf ederek, üretim/proje ölçeği belirli bir oranda (% k) azaltılabilmektedir (Trigeorgis, 2005: 29). Geçici olarak ölçeğin küçöltilmesi gelecekte tam kapasiteye geçmeyi engellememektedir. Ölçeklendirme opsiyonları, çıktı fiyatlarının sürekli değişebildiği doğal kaynaklar endüstrisinde, ticari gayrimenkul piyasasında ve moda ve tüketim malları gibi diğer dönemsel endüstrilerde önemlidir (Trigeorgis, 1996: 2).

1.8.4 Değiştirme Opsiyonu

Değiştirme opsiyonu (ya da esneklik opsiyonu), opsiyon sahibine belirsizliğin ortaya çıkışını izleme ve bir proje için gereken kaynaklar veya üretilen çıktılar üzerinde çeşitlendirmeler yapma imkanı sağlamaktadır (Margrabe, 1978: 181). Değiştirme opsiyonu sayesinde, faktör fiyatlarına bağlı olarak, bir yöntemin veya operasyonun iki veya daha fazla modu (girdiler veya çıktılar) arasında değişim yapılabilmektedir. Bir Ar&Ge projesi kapsamında, bu durum, projenin bir sonraki aşamasına devam etmek ile mevcut aşamada daha fazla araştırma yapmak gibi bir projenin iki alternatifini arasında yönetimin seçim yapma olanaklarına karşılık gelmektedir (Schnieder ve diğerleri, 2008: 89).

Benzer şekilde, bir firmada süreç esnekliği veya ürün esnekliği değiştirme opsiyonu ile sağlanabilir. Süreç esnekliği, operasyonel esneklik ya da kısa-dönemli esneklik olarak görülebilir (Bengtsson, 2001: 217). Örneğin, süreç esnekliği, yalnızca alternatif enerji kaynakları arasında değiştirme yapılabilecek esnek bir üretim tesisine sahip olmak gibi bir teknoloji ile değil, aynı zamanda farklı tedarikçilerle ilişkileri sürdürme ve fiyatların ya da kurun değişmesi durumunda tedarikçi karmasını değiştirme yoluyla da elde edilebilir. Ürün esnekliği ise, bir firmanın piyasaya hızlı biçimde yeni tasarlanan ürünlerini sürmesi ile pazara cevap verebilmesini sağlar (Bengtsson, 2001: 218). Bu esneklik, alternatif çıktılar arasında değiştirme yaparak elde edilebilir.

Değiştirme opsiyonu, fiyatı sürekli değişen bir girdiye yüksek oranda bağımlı olan faaliyetlerde (petrol veya bir başka mal) ve değişken talebe bağlı ürün spesifikasyonlarının bulunduğu tüketici elektroniği, oyuncak ve otomobil endüstrilerinde önemlidir (Trigeorgis, 1996: 3).

1.8.5 Büyüme Opsiyonu

Büyüme opsiyonu, genişleme opsiyonunun bir başka çeşididir. Büyüme opsiyonu, yeni bir pazara, yeni bir ürün hattına veya yeni bir teknolojiye başlangıç yatırımı yaparak elde edilmektedir. Böyle bir yatırım genellikle, başlangıçta beklenen gelirden daha fazla harcama yapmayı gerektirir, yani NBD'si negatiftir (Brach, 2003: 92). Bu tür yatırımlar, projenin başarılı olması durumunda yeni yatırım fırsatlarını yarattığı ve işletmeye uzun süreli bir rekabet avantajı sağladığı için stratejik yatırımlar olarak da değerlendirilir.

Büyüme opsiyonlarının değeri, firmaların zamanla bir fırsat hakkında (örneğin, fırsatın tamamen ortaya çıkarılmasının faydalı olup olmayacağı veya ardışık yatırım fırsatlarının olup olmadığı hakkında) daha çok bilgi edinmesi ile ortaya çıkar (Mun, 2002: 16). Büyüme opsiyonları genelde altyapı yatırımlarında veya stratejik endüstrilerde, özellikle yüksek teknoloji çalışmalarda, Ar&Ge'de ve çoklu ürün nesilleri veya uygulamaları olan örneğin, yarı iletken, bilgisayar, ilaç gibi

endüstrilerde, çok uluslu operasyonlarda ve stratejik firma satın alımlarında görülmektedir (Trigeorgis, 1996: 3).

1.8.6 Aşamalandırma Opsiyonu

Gerçek hayatta yapılan projelerin çoğunda, gereken yatırım tek bir aşamada yapılacak olan harcama şeklinde değildir. Zamana bağlı olarak sermaye yatırımının bir harcamalar serisi şeklinde aşamalandırılması, bir başka deyişle koşullu adımlara dönüştürülmesi, projeye devam etme veya her hangi bir aşamada projeyi terk etme gibi değerli opsiyonlar yaratmaktadır. Her aşama, sonraki aşamaya geçmek için gereken maliyetlere katlanma yoluyla, sonraki aşamanın değeri üzerindeki bir opsiyon olarak görülebilir ve bu opsiyon bileşik opsiyonlarla aynı şekilde değerlendirilebilir.

Aşamalandırma opsiyonları özellikle biyoteknoloji ve farmakoloji gibi, Ar-Ge yoğun endüstriler, büyük ölçekli inşaatlar, enerji üretme tesisleri gibi belirsizlik derecesi yüksek, uzun süreçli ve yüksek miktarda sermaye gereken endüstriler, firma satın alma veya yeni pazara giriş stratejileri ve risk sermayesi yüksek yatırımlar için çok önemlidir (Trigeorgis, 2005: 28).

Yukarıda bahsedilen opsiyonlar, birbirinden tamamen ayrık opsiyonlar değildir. Her ikisi aynı fırsat için olsa bile, bir opsiyon türüne yatırım yapmak bir başka opsiyon türüne yatırımı engellemez. Aslında, opsiyonların çoğu iki veya daha fazla opsiyon türünden oluşmaktadır. Bu durum, opsiyonları sınıflandırırken belirli ölçüde sübjektiflik getirmektedir. Örneğin, yabancı bir fabrikada ek kapasite yaratma opsiyonu aynı zamanda bu ülkenin içinde çeşitli ardışık büyüme opsiyonlarını da içerebilir.

1.8.7 Bileşik Opsiyonlar

Bileşik opsiyonlar, birden fazla opsiyonun birlikte bulunması durumunda ortaya çıkmaktadır. Pek çok proje, opsiyonlardan oluşan bir kombinasyonu temsil

eder ve bu kombinasyonun veya portföyün değeri genellikle her bir opsiyonun bağımsız değerlerinin toplamından küçüktür (Trigerogis, 2005: 36). Bu nedenle bağımsız opsiyon değerlerini analitik bir değerlendirme formülü ile bulup, sonradan toplamını almak yanlış yönlendirmelere yol açabilir.

Örneğin, aşamalandırılmış projeler, terketme veya bir sonraki geliştirme adımlarında büyüme opsiyonlarını içerir. Her aşama, aynı zamanda üretim ölçeğine ve geliştirme hızına ilişkin opsiyonları ve operasyonel opsiyonları da içerebilir. Operasyonel opsiyonun söz konusu olduğu durumda, bu projeler ürün karması veya girdilerin seçimi ile ilgili operasyonel esneklik gerektirebilir. Gerçek projelerde de bu yapıya benzer geri dönülemez ve operasyonel reel opsiyonların kombinasyonları yer almaktadır. Genellikle bileşik opsiyonlar, anında getiri sağlamayan opsiyonları kullanma kararlarının bir serisinden oluşmaktadır. Bu kararların tümü, bir başka deyişle proje ile ilgili reel opsiyonların hepsi, projeye özgü esnekliği ifade eder.

Bu opsiyonlar grubunun yardımıyla, pek çok yatırım problemi başarılı bir şekilde modellenenmektedir.

1.9 Finansal Opsiyonlardan Reel Opsiyonlara Geçiş Süreci

Opsiyonlar, ilk olarak finansal olmayan varlıkların ticaretinde kullanılmaya başlamıştır. Reel varlıklar üzerine opsiyonlarla ticaret yapma, parayla yapılan işlemlerden daha eskiye dayanmaktadır. Fırat nehri civarındaki Mari şehrinde (bugünün Suriye - Irak sınırının kuzeyinde) antik çağlardan kalma 20.000'den daha fazla yazıt bulunmuştur. Bu yazıtlar, milattan önce 1800 - 1500 yılları arasında bu bölgede opsiyon ve vadeli işlem sözleşmelerinin yapıldığına dair zengin kanıtlar sağlamaktadır. Yazıtlardan, bu sözleşmelerin tahıl veya metal gibi bir reel varlık için bir ikame ya da türev olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır (Brach, 2003: 13).

Bir reel opsiyona ilişkin ilk beyan ise, Aristoteles'in yazılarında bulunmaktadır (Copeland ve Keenan, 1998: 40). Aristoteles, *Politika* adlı eserinde, sofist filozof Thales'in (milattan önce 620 – 546 yılları arası) hikayesini anlatmaktadır Thales yıldızları okuma yeteneğini kullanarak, dokuz ay önceden

zeytin hasadının iyi olacağını tahmin etmiş ve bu tahminine dayanarak zeytin pres makinelerinin kullanımı için sahiplerinden bu makineleri kiralama hakkını küçük bir ücret karşılığında satın almıştır. Thales'in karşı karşıya kaldığı risk, bir sonraki hasatın miktarına ilişkin belirsizliktir. Eğer hasat kötü olursa, zeytin preslerine ihtiyaç olmayacak ve Thales bu makineleri kiralamayacaktı. Bu durumda yalnızca yatırdığı küçük ücreti, yani opsiyonu elde etmek için ödediği primi kaybedecekti. Ancak, hasat zamanı geldiğinde, Thales'in tahmin ettiği gibi üretim patlaması olmuştur. Bu durum, Thales'in alım opsiyonunu yalnızca kullanım hakkı için ödediği küçük bir prim karşılığında, pres makinelerini çok yüksek fiyatlardan başkalarına kiralamasını sağlamıştır (Copeland ve Keenan, 1998: 40; Brach, 2003: 13).

Opsiyonların geçmişi eski Yunan ve Roma devrine kadar uzanmasına ve tarih kitaplarında 1600'lerde Japon tüccarların pirinci ileride belirlenen bir tarihte teslim etmek üzere belli bir fiyattan sattıkları yazılmasına rağmen, tarihsel gelişimde 17. yüzyılın başlarına kadar gerçek anlamda uygulanmamıştır (MacKenzie, 2003: 836). 1630'larda Hollanda'lı bir tüccarın Türkiye'den satın aldığı lale soğanlarından, 17 yüzyılın başlarına kadar ıslah çalışmaları ile yeni soğan türleri elde edilmiştir. O dönemde aşırı popüler ve pahalı olan lale soğanlarının üzerinde uygulanan opsiyonlar oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Lale alım-satımının çılgınlığa ulaştığı dönemde gelecekteki kötü hasat sonucu oluşacak fiyatlardaki aşırı yükselmeye karşı, tüccarlar, ilerideki bir tarihte belirli bir fiyattan, belirli miktarda lale soğanı satın almalarını sağlayacak alım opsiyonlarını tercih etmişlerdir. Buna karşılık lale üreticileri de, gelecekteki fiyat düşüşlerine karşı kendilerini korumak amacıyla, ürünlerini ilerideki bir tarihte önceden belirlenen bir fiyattan satma imkanı sağlayan satım opsiyonları alma yoluna gitmişlerdir. Ancak Hollanda'da yaşanan takas sorunları nedeniyle opsiyonlar kısa bir süre için gündemden uzaklaşmıştır (Brach, 2003: 14).

Vadeli işlem sözleşmelerine benzer sözleşmelerin alım satımı, ilk olarak 18. yüzyılın ilk yarısında Japonya ve Hollanda'da yapılmaya başlanmıştır. 19. yüzyılın ikinci yarısında Amerika Birleşik Devletleri'nin Chicago şehrinde, günümüzde dünyanın en gelişmiş borsalarından biri olan CBOE'nin (Chicago Board Of Options Exchange) bu tür işlemlere başlamış ve böylece vadeli işlem piyasaları gelişim

sürecine girmiş, teknolojinin sağladığı olanaklar ve yeni ürünlerin geliştirilmesi ile bu tür işlemler dünya çapında hızla yayılmıştır. Özellikle 1970 yılından sonra, Bretton Woods sisteminin terkedilmesiyle birlikte, döviz ve faiz oranlarında meydana gelen dalgalanmalar sonucu oluşan riskten korunmak amacıyla, finansal ürünler üzerine vadeli işlem sözleşmelerinin geliştirilmesi bu piyasalarda yeni bir dönemi başlatmıştır. Günümüzde tarımsal ve finansal ürünler, döviz kurları, değerli maden ve enerji ürünleri gibi pek çok ürün vadeli işlem sözleşmelerine konu olabilmektedir.

Hisse senetleri üzerine yazılan finansal alım opsiyonları ise ilk kez 1973 yılında CBOE borsasında işlem görmeye başlamıştır (Hull, 2003: 1). CBOE'yi, Amerikan Stock Exchange, Philadelphia Stock Exchange, Midwest Stock Exchange ve Pacific Stock Exchange izlemiştir. 1982'de ise LIFFE (London International Financial Futures Exchange) kurulmuştur (Uzunlar ve Aktan, 2006: 3). Farklı ekonomik birimlerin risk yönetimi ve yatırım ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, daha sonraki yıllarda gelişmiş piyasalarda bu tip organize borsalar kurulmaya devam etmiştir. Türkiye'de bu amaçla 4 Temmuz 2002 tarihinde İzmir Vadeli İşlemler ve Opsiyon Borsası kurulmuş ve 4 Şubat 2005 tarihinde faaliyete geçmiştir (<http://www.vob.org.tr>).

20. yüzyılın başlarında, opsiyon sözleşmesinin değerinin hesaplanması ekonomide çözülmemiş bir problemdi. Bu problemin tam çözümü, 1997 yılında hem Myron Scholes hem de Robert Merton'a Ekonomi alanında Nobel Ödülü'nü kazandıran, Black ve Scholes (1973) ve Merton (1973) tarafından geliştirilen finansal alım opsiyonunu fiyatlama modelinden gelmiştir.

Modern finanstaki matematiksel modellerin köklerinin gelişmesine katkıda bulunan bazı çalışmalar, bu fiyatlama modelinin temellerinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Luis Bachelier'in 1900 yılında yazdığı "Spekülasyon Teorisi" adlı tezi, opsiyon fiyatlama probleminin çatısının kurulmasında çok önemli bir yere sahiptir. Einstein'dan 5 yıl önce "rassal yürüyüş teorisi"ni geliştiren Bachelier'in bu önemli katkısı, 1950'lerin sonuna kadar finansal ekonomistler tarafından unutulmuştur (Voit, 2003: 7). Bu çalışma, stokastik süreçlerin "sürekli zaman"

matematiğinin ve türev varlıkların fiyatlamasına ilişkin sürekli zaman modellerinin doğmasına neden olmuştur. Kiyoshi Ito (1987), stokastik matematiği 1940-1950'lerde geliştirirken, Bachelier'in çalışmasından etkilenmiştir. Bu konu, daha sonra finansta en temel matematiksel araçlardan biri olmuştur. Aynı şekilde, Paul A. Samuelson'un 1965 yılında geliştirdiği "rasyonel varant fiyatlama teorisi" de Bachelier'in çalışmasından etkilenmiştir (Merton, 1998: 323).

1950 ve 1960'ların sonunda Markowitz, Modigliani, Miller, Sharpe, Lintner, Fama ve Samuelson'un öncü çalışmalarından önce, finans teorisi; anekdotlar, genel geçer kabuller, muhasebe verilerinin yığınlarından oluşmaktaydı. 1960 sonu ve 1970'lerin başında, akademideki finans modelleri, değerlendirme ve optimal karar verme, belirsizlik gibi oldukça önemli boyutları içeren modellere dönüşmüşlerdir (Merton, 1998: 323).

Finansal uygulamalar açısından en etkili olan model, opsiyon fiyatlamada kullanılan Black-Scholes modelidir (Merton, 1998: 323). Bu model, Sprenkle (1961), Samuelson (1965), Thourp ve Kassouf (1967) ve Samuelson ve Merton (1969) tarafından yapılan çalışmalardan faydalanılarak geliştirilmiştir (Black ve Scholes, 1973: 639).

Matematiksel model, herhangi bir opsiyon fiyatlama verisine uygulanmadan formüle edilmiş ve geliştirilmiştir. Modelin yayınlanması, neredeyse, opsiyon fiyatlamının teorisine ilişkin temel ilkeler konusunu hemen hemen son noktaya getirmiştir. Aynı zamanda, teorinin geliştirilmesine yönelik eklemeler için bir zemin hazırlamıştır. Genel olarak, türev varlıkların fiyatlanmasından, finansın tamamen dışındaki diğer uygulamalara kadar modelin etkisi hissedilmiştir (Merton, 1998: 324).

Bir finansal alım opsiyonunu fiyatlamak için geliştirilen Black-Scholes modelinin yayınlanmasından sonra, ilk olarak Stewart Myers opsiyon kavramını formal bir sözleşmenin yazılmadığı durumlara genişletmiştir (Myers, 1977: 163). Reel opsiyonlar kavramı, Myers'in "firmaların sahip olduğu yatırım fırsatlarının, reel varlıklar üzerindeki bir alım opsiyonu olarak görülebileceği ve finansal alım

opsiyonunun finansal varlıklara ilişkin sağladığı karar haklarına aynı şekilde sahip olabileceği” şeklindeki yeni ufuklar açan fikrinden ortaya çıkmıştır (Tong ve Reuer, 2007: 5). Bu kavramsal yenilik, akademisyenleri opsiyonlar kavramının finans alanının dışındaki uygulama alanlarını ve bu alanlarla nasıl ilişki kurulabileceğini aramaya yönlendirmiştir.

Reel opsiyonlar ortaya çıktığından bu yana konu ile ilgili araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Şekil 8, reel opsiyonlar kavramının ortaya çıkışından bugüne kadar olan süreçteki öncü araştırmaların ve gelişmelerin kronolojik özetini göstermektedir. Yapılan çalışmalardan bazıları reel opsiyonlar metodolojisinin uygulanması, bu metodolojinin sağladığı yenilikler ve matematiksel modelleme üzerine eğilirken, bazıları da ampirik verileri kullanarak geleneksel yöntemler ile reel opsiyonlar analizinin arasındaki farkları ortaya koymaya çalışmaktadır. Bu çalışmalar, Black-Scholes modeli ya da bu modelden altı yıl sonra Cox, Rubinstein ve Ross (1979) tarafından geliştirilen ve Black-Scholes modelinin özel bir hali olan binom modeli ile aynı ya da benzer hesaplama yapısını kullanmaktadır. Matematik, mühendislik, işletme ve yönetim bilimi gibi farklı disiplinlerden gelen bu çalışmalarda, genellikle, opsiyon sözleşmesinin değerini ya da opsiyonu kullanmanın optimal kuralını bulmak amaçlanmaktadır. Schwartz ve Trigeorgis (2001: 11) tarafından da vurgulandığı gibi, modelleme amaçlı yapılan teorik çalışmalara kıyasla, büyük ölçekli ampirik çalışmalara daha az rastlanmaktadır.

Reel opsiyonlara ilişkin en temel bilgilere, Dixit ve Pindyck (1994), Trigeorgis (1996) ve Amram ve Kulatilaka (1999) tarafından yazılan kitaplardan ulaşılabilmektedir.

Dixit ve Pindyck (1994), yatırım kararlarının çoğunun geri dönülemez olduğunu ve bu kararların verildiği ekonomik ortamın sürekli olarak belirsizlik içerdiğini vurgulamakta ve reel opsiyonlar yaklaşımının firmaların sermaye yatırım kararlarına sistematik olarak nasıl uyarlanacağını bazı spesifik endüstriler ve ürünlerden örneklerle anlatmaktadır.

Şekil 8: Reel Opsiyonlar Metodolojisinin Gelişimi

Castelli	1877	● Piyasa profesyonellerine opsiyonların riskten korunma ve spekülasyon yöntünü tanıtmak amacıyla "The Theory of Options in Stocks and Shares" adlı klavuz niteliğinde bir kitap yazmış ancak teorik bir temel sunamamıştır.
Bachelier	1900	● "Theorie de la Speculation (Spekülasyon Teorisi)" başlık doktora tezinde opsiyon fiyatlaması ile ilgili ilk analitik değerlendirme modelini ortaya koymuştur. Hisse senedi fiyatları aritmetik bir Brownian hareketi izler, bu nedenle hisse senedi getirileri normal dağılır.
Sprenkle	1961	● Pazara yönelik beklentileri ve risk tercihlerini dikkate alan, ancak ampirik olarak hesaplanması çok problemlili olan parametrelere dayalı, bir varant fiyatlama formülü geliştirmiştir.
Samuelson	1965	● Opsiyon sözleşmesinin hisse senedinden farklı risk seviyesinde olmasına izin vermiş ve hisse senedinin fiyatının pozitif değerler alacak şekilde geometrik Brownian hareketini izlediğini varsaymıştır.
Thourp & Kassouf	1967	● Varantlar için, gerçek varant fiyatlarına uyan bir eğrisel fonksiyon yardımıyla ampirik bir değerlendirme formülü elde etmiştir.
Samuelson & Merton	1969	● Opsiyon fiyatının hisse senedinin fiyatının bir fonksiyonu olarak ifade edilmesi gerektiğini öne sürerek fiyatlama teorisinde bir ilerleme daha sağlamıştır.
Black & Scholes; Merton	1973	● Opsiyon sözleşmelerinin değerini analitik bir yöntemle bulan ilk modeli geliştirmişlerdir. Model, Chicago Opsiyon Borsası'nın faaliyete geçmesiyle kullanılmaya başlanmıştır ve borsanın işlem hacminin artmasına katkı sağlamıştır.
Myers	1977	● Reel opsiyon kavramını, ilk olarak ortaya koymuş ve finansal alım ve satım opsiyonları kavramlarını reel varlıkların analizine uyarlamıştır.
		Bu tarihten sonra, reel opsiyonlar yöntemi geniş bir çerçevede ve birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır.
Margrabe	1978	● Black-Scholes modelini, bir değiştirme opsiyonunu değerleyecek şekilde genişletmiştir. Bu opsiyonun değeri mevcut bir varlığı yeni bir varlıkla değiştirme fırsatına dayalıdır.
Cox & Ross & Rubinstein; Tourinho	1979	● Opsiyon fiyatlamadaki ilk lattice modeli, CRR'nin binom modelidir. Binom model ile Black-Scholes modelini basitleştirmiş ve Black-Scholes formülünün kullanım alanını genişletmiştir. Reel opsiyonları doğal kaynaklar alanında kullananların öncüsüdür.
Stulz	1982	● İki varlığın minimum ya da maksimum değeri üzerindeki egzotik opsiyonu değerleyen ilk modeli geliştirmiştir. Bu opsiyon iki alım opsiyonunu bir değiştirme opsiyonu ile birleştirmektedir.
Brennan & Schwartz; Titman; Aase	1985	● Fiyatlama yöntemlerini doğal kaynak yatırımlarına uygulamıştır. Opsiyon modeli ile bir madenin çalışmasının durdurulması veya işin tamamen bırakılmasına ilişkin açıklamalar getirmiştir. Boş bir arsanın değerini bulmak için reel opsiyonları ilk kez kullanmıştır. Ani artış ve azalışlara sahip Ar&Ge değerleri için oldukça genel bir kavramsal model geliştirmiştir.
Myers	1987	● Klasik İNA yaklaşımları, stratejik opsiyonları içeren yatırımları değerlendirilmek için yetersiz kalmaktadır.
Paddock & Siegel & Smith; Kulatilaka; Ottoo	1988	● MIT Enerji Laboratuvarında opsiyon teorisini kullanarak leasing ve geliştirme yatırımı hakkında deneyler yapmıştır. Esnek üretim sistemine reel opsiyonları uygulamıştır. Obeziteyi tedavi eden bir ilacın geliştirilmesi ile ilgili mevcut reel opsiyonların gelecekteki büyüme opsiyonlarıyla arasındaki etkileşimi modellemiştir.
Triantis & Hodder; Bjerkstrand & Ekern	1990	● Birden çok varlık arasındaki korelasyonu ve değiştirme yapmayı dikkate alan esnek üretim sistemlerini değerlemek için bir model geliştirmiştir. Petrol işleme sektöründe durdurma ve iptal etme üzerinde çalışmıştır.
Kogut	1991	● Fiyatlama yöntemlerinin şirket birleşmeleri gibi yatırımlara uygulanmasını göstermiştir.
Hermelot	1992	● Termal güç kaynaklarının çevreye verebileceği zarar üzerinde reel opsiyonlarla araştırmalarda bulunmuştur.
Kemna; Quigg	1993	● Bir çok örnek olay ile zamanlama opsiyonlarını göstermiştir. Arsaların piyasa fiyatlarından oluşan büyük bir örneklemini kullanarak, bir reel opsiyon fiyatlama modelinin ampirik tahminlerini analiz eden ilk çalışmayı yapmıştır.
Kumar	1996	● Reel opsiyonlarla yeni bilişim teknolojileri yatırımlarını değerlemiştir.
Amram & Kulatilaka; Childs & Triantis	1999	● Reel opsiyon değerlendirme, finans ile strateji arasında bir köprüdür. Dinamik Ar&Ge yatırım politikalarını incelemiş ve Ar&Ge programlarını koşullu sözleşmeler şeklinde değerlemiştir.
Castro; Schwartz & Moon	2000	● Termal güç ve santralleri hakkında çevre ile ilgili çalışmalara destek vermiştir. Ar&Ge faydalarını ve maliyetlerini sıfır korelasyonlu stokastik değişkenler olarak ele almış ve modele, sürpriz bir başarıya da başarısızlığı temsil eden bir Poisson bileşeni eklemiştir.
Huchzemeier & Loch	2001	● Ar&Ge alanına özgü belirsizlik türlerini tanımlanmış ve bunları dikkate alan reel opsiyon modelleri geliştirmiştir. İlk kez "iyileştirme opsiyonunu" tanıtmıştır.
Louberge; Lint & Pennings; de Neufville	2002	● Nükleer enerji kaynaklarının çevreye verebileceği zarara ilişkin reel opsiyonları kullanarak çalışmalar yapmıştır. Birbirine alternatif olan iki teknolojik standarda aynı anda yatırım yapma opsiyonunu değerlemek için bir model geliştirmiştir. Mühendislik tasarımlarına ilişkin reel opsiyonları ayrı bir kategoride değerlendirilerek, "proje içindeki" opsiyonlar kavramını getirmiştir.
Cui vd	2004	● Karayolu inşaatı ihaleleri için garanti opsiyonunu değerlemiştir.
Dias	2005	● Reel opsiyon teorisini, oyun kuramı ve genetik algoritma ile birleştirerek modele yeni bakış açıları kazandırmıştır.
Tibben-Lembke & Rogers	2006	● Lojistik ve ulaştırma alanında ilk kez reel opsiyonlar yaklaşımını uygulamıştır.
Schneider vd.	2008	● Ar&Ge projeleri için jenerik bir değerlendirme modelini ve yazılımını geliştirmiştir.

Reel opsiyonlar ile ilgili bilgilerin şekillendirilmesine katkıda bulunan Trigeorgis (1996), yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi ve kurumsal kaynak planlaması konusunda var olan bilgileri ve yeni esneklikler üzerine yapılan önceki çalışmaları bir araya getirmiştir. Statik nakit akışlarına dayanan yaklaşımlara karşılık olarak, daha dinamik bir yaklaşım olan reel opsiyonların sunduğu esneklik türlerini sınıflandırmış ve belirsizlik altında bu esnekliklerin sayısallaştırılmasına ilişkin bir yöntem olarak opsiyon fiyatlama yaklaşımını detaylandırmıştır. Trigeorgis (1996) aynı zamanda yeni teknolojinin stratejik değerini, projelerin karşılıklı bağımlılığını ve rekabetçi etkileşimlerini tartışmıştır.

Amram ve Kulatilaka (1999), finansal opsiyonlardan reel opsiyonlara geçişi, finansal piyasalarda opsiyonlarla işlem yapan bir yöneticinin stratejik reel opsiyonları nasıl tanımlayacağını ve değerleyeceğini, reel opsiyonların bir firmanın karar verme sürecine nasıl uyarlanabileceğini bir süreç akışı ile sunmaktadır. Daha çok yeni yaklaşımı bir düşünme yöntemi olarak aktarmakta ve örnek olaylarla okuyucuya uygulama kapsamı hakkında fikir vermektedir.

Konu ile ilgili akademik araştırmalara ek olarak, pratikte reel opsiyonları uygulamak isteyen firmalara yardım etmek için pek çok danışmanlık firması kurulmuş ve 21. yüzyılın başından itibaren daha çok uygulamalar üzerinde duran kitaplar basılmıştır (Copeland ve Antikarov, 2001; Howell ve diğerleri, 2001; Boer, 2002; Mun, 2002; Brach, 2003). Ayrıca, 1997 yılından itibaren düzenli olarak hem teorisyenlere hem de uygulamacılara yönelik konferanslar ve çalıştaylar düzenlenmektedir (www.realoptions.org).

Ancak, reel opsiyonların değerlemenin mevcut yöntemlerden üstün olduğu literatürde belirtilmesine rağmen, firmalar, kurumsal karar verme süreçlerine mevcut opsiyon temelli modelleri adapte etme konusunda yavaş kalmaktadır (Lander ve Pinches, 1998: 542; Teach, 2003; Hartmann ve Hassan, 2006: 350). Sayısal opsiyon değerlendirme modellerinin stratejik yatırımlarda uygulanmasına ilişkin problemlerin üç temel nedeni bulunmaktadır (Lander ve Pinches, 1998: 543; Bowman ve Moskowitz, 2001: 774):

- i. *Opsiyon değerleme modelinin matematiksel olarak çözülebilmesi:* Mevcut kullanılan modellerin türleri, firma yöneticileri ve uygulamacılar tarafından iyi bilinmemekte ya da anlaşılmamaktadır. Aynı zamanda, firma yöneticileri, uygulamacılar ve hatta akademisyenler modelleri kolayca ve anlayarak kullanmak için gerekli matematiksel becerilere sahip değildir.
- ii. *Analiz edilen projenin varsayımları ile örtüşen bir opsiyon değerleme modelinin bulunabilmesi:* Reel opsiyonların gerçek problemlere uygulanmasında, modelleme için gerekli olan varsayımların çoğu sağlanmamaktadır.
- iii. *Model parametrelerine ilişkin uygun değerlerin belirlenmesi:* Matematiksel izlenebilirlik için gereken ek varsayımlar, uygulamanın kapsamını sınırlamaktadır.

Miller ve Park (2002: 109-110), önceki İNA yaklaşımlarının da benzer süreçten geçtiğini, bu tür yeni fikirlerin uygulamacılar tarafından benimsenmesinin yıllar aldığını, uygulamada yavaş benimsemenin anormal bir durum olmadığını ve reel opsiyonlar analizinin aynı şekilde kabul görmeye başlayacağını ifade etmektedir. Copeland ve Antikarov (2001) tarafından yazılan “Reel Opsiyonlar: Uygulamacının Klavuzu” adlı kitap, yukarıda bahsedilen problemlere çözümler öneren ve proje değerlemeye ve uygulamalara yönelik reel opsiyonlar analizini çok açık bir dille tanıtan ilk kitaplardan biridir. Bu kitap ve son zamanlarda uygulamaya yönelik yazılan benzer kitaplar bu geçişi hızlandırabilecek niteliktedir.

1.10 Reel Opsiyonların Uygulama Alanları

Opsiyon fiyatlama yöntemi, yeni finansal ürünlerin ve dünya üzerinde yeni piyasaların ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamıştır (Merton, 1998: 324). 1970’lerden beri finansal opsiyon fiyatlama teorisinin gelişmesi ile birlikte ve özellikle Merton ve Scholes’un opsiyon fiyatlamaya ilişkin çalışmalarından ötürü 1997 yılında Ekonomi dalında Nobel ödülünü almalarından sonra, yatırımcıların yatırımları ile ilgili finansal risklerden korunmalarını ve bunları yönetmelerini

sağlayan finansal opsiyonlarla işlemler, dünyadaki önemli finans borsalarında giderek artmaya devam etmektedir. Benzer şekilde, Myers'in 1977 yılında reel opsiyonlar kavramını yaratmasından itibaren, reel opsiyonlar analizi pek çok endüstride reel varlık yatırımlarını değerlendirmek için geliştirilmeye ve uygulanmaya başlamıştır. Reel opsiyonların uygulamaları iş stratejisi, finansal yönetim, piyasa değerlemesi, sözleşme değerlendirme, portföy yönetimi, risk yönetimi ve mühendislik tasarımlarına doğru giderek genişlemektedir.

Reel opsiyonlar kavramı, 35 yıl önce yaratılmış olmasına rağmen, reel opsiyonlar analizinin sermaye bütçelemedeki uygulamalarının büyük kısmı 1990'ların başında; reel opsiyonlar teorisinin geliştirildiği, daha stratejik düşünmeyi gerektiren rekabetçi uluslararası ve ulusal iş ortamının oluştuğu ve pek çok endüstrideki teknolojik gelişmenin yüksek belirsizlikle birlikte yeni iş fırsatlarını yarattığı zaman ortaya çıkmaya başlamıştır. Teknolojideki ve pazar talebindeki hızlı değişiklikler, firmaların değişen pazar koşullarına daha hızlı cevap vermelerini ve genel olarak sundukları ürün türlerinde ve iş süreçlerinde daha esnek olmalarını gerektirmektedir.

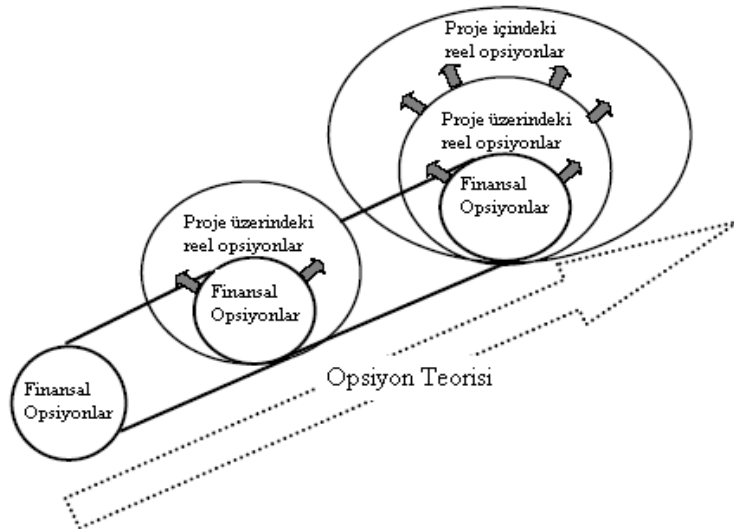
Geleneksel İNA değerlendirme teknikleri ile bütünleştirildiğinde, reel opsiyonlar analizi, farklı endüstrilerde kurumsal yatırımlara yeni bir perspektif kazandırmaktadır. Triantis ve Borison (2001: 10), yedi farklı endüstriden 34 firmanın orta ve üst düzey yöneticileri ile yaptıkları araştırmanın sonuçlarına göre, reel opsiyonların kullanılma amaçlarını üç kategoriye ayırmaktadır:

- i. *Bir düşünme tarzı olarak reel opsiyonlar:* Bu gruptakiler, reel opsiyonları karar problemlerini kalitatif olarak modellemek ve duyurmak için bir iletişim aracı olarak kullanmaktadırlar.
- ii. *Bir analitik araç olarak reel opsiyonlar:* Reel opsiyonlar ve özellikle opsiyon fiyatlama modelleri, bilinen, iyi tanımlanmış, opsiyon benzeri karakteristikler taşıyan projeleri değerlemek için kullanılmaktadır.
- iii. *Bir örgütsel süreç olarak reel opsiyonlar:* Reel opsiyonlar, daha geniş bir sürecin bir parçası olarak, stratejik opsiyonları tanımlamak ve uygulamak için bir yönetim aracı olarak kullanılmaktadır.

Lander ve Pinches (1998: 539), Copeland ve Keenan (1998: 130), Merton (1998: 336), Miller ve Park (2002: 112) ve Trigeogis (2005: 45) reel opsiyonların uygulandığı endüstrileri ve bu endüstrilerde reel opsiyonların nasıl kullanıldığını tanımlamışlardır. Reel opsiyonların literatürde karşılaşılan başlıca uygulamaları, doğal kaynaklar, gayrimenkul, biyoteknoloji, Ar&Ge, bilişim teknolojileri, üretim, eğlence ve altyapı alanlarından gelmektedir. Bu uygulama alanları bazında incelenen çalışmaların özeti Ek 1’de verilmiştir.

Reel opsiyonların yaklaşımının son zamanlarda mühendislik tasarımlarına ilişkin kararlara da yansımaları görülmektedir. de Neufville (2002), mühendislik tasarımlarına ilişkin kararların tasarımı etkilemesi nedeniyle, bu alanda tanımlanan opsiyonların diğer alanlarda kullanılanlardan farklı özelliklere sahip olduğunu ifade etmekte ve “projenin üzerindeki opsiyonlar (options on projects)” ve “projenin içindeki opsiyonlar (options in projects)” arasında ayırım yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu yeni ayırım, opsiyon teorisindeki gelişmelerinin kapsamını daha da genişletmektedir (Şekil 9).

Şekil 9: Opsiyonlar Teorisinin Gelişiminde Yeni Tanımlamalar



Kaynak: Wang ve de Neufville, 2005, s. 17.

“Projenin üzerindeki” reel opsiyonlar, teknik olaylarla yani proje ile ilgili opsiyonlardır ve bunlar sistem tasarımını etkileyen kararlar değildir. Örneğin, bir petrol kuyusunu açıp açmama kararının barındırdığı reel opsiyonlar. “Projenin içindeki” reel opsiyonlar ise, mevcut sistemin teknik tasarımını değiştirmek ile yaratılan opsiyonlardır. Bunun için, sistemin ve tasarım bileşenlerinin detaylı bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Örneğin, gelecekte talebin artması durumunda ek katların inşa edilebileceği bir otoparkın ilk kurulması sırasındaki büyüklüğü ve buna bağlı olan opsiyonlar (Wang ve de Neufville, 2005: 2).

İKİNCİ BÖLÜM

REEL OPSİYONLARLA DEĞERLEME

Zamanın ve belirsizliğin etkisini ve etkileşimini ortaya koymak, ileri düzey matematiksel ve hesaplamalara dayalı araçları gerektirmektedir. Aslında, modern finansın matematiksel modelleri, olasılık ve optimizasyon teorisinin çok şık uygulamalarını içermektedir. Bu uygulamalar, en sağlam hesaplama teknolojilerine bile meydan okumaktadır. Ancak, elbette ki, bilimdeki tüm bu şık ve zorlayıcı uygulamalar aynı zamanda pratik olmak zorunda değildir ve elbette ki bilimde pratik olan uygulamaların hepsinin şık ve zorlayıcı olmaları gerekmez. Opsiyon fiyatlama teorisini geliştirirken biz ikisini de yaptık.

Robert Merton, 1998.

Opsiyon Fiyatlama Teorisinin Uygulamaları: 25 yıl sonra

Reel opsiyonlar teorisi, esas olarak bir ekonomik değerlendirme teorisidir. Stratejik sermaye yatırımı kararları, yatırım fırsatlarının değerlendirilmesi ve proje bazlı sermaye harcamaları kapsamında reel opsiyonlar; işletme kararlarının esnek olduğu dinamik ve belirsiz iş ortamında, finansal varlıklardan ziyade reel (fiziksel) varlıkları değerlemek için opsiyon teorisini uygulayan ve bunu finans teorisini, ekonomik analizleri, yönetim bilimini, karar teorisini, istatistiği ve ekonometrik modelleme yaklaşımlarını kullanarak gerçekleştiren sistematik ve bütünlük bir analiz yöntemi olarak tanımlanabilir (Mun, 2002: 24).

Hem bir analitik araç hem de stratejik bir sezgisel yöntem olarak reel opsiyonların kullanımını farklı kılan özelliği, bu teorinin, aşamalandırılmış yatırımlara gerçek değerleri (analitik araç olarak kullanılması durumunda sayısal, stratejik araç olarak kullanılması durumunda kategorik) atama olanağını sunmasıdır (Adner ve Levinthal, 2004: 74). Bu teorinin yardımıyla, pek çok türdeki yatırımın değeri geleneksel yöntemlere göre daha gerçekçi bir yaklaşımla elde edilebilmektedir. Ancak pek çok değerlendirme tekniğinde olduğu gibi, bu değerlerin elde edilmesinde kullanılan reel opsiyonlarla değerlendirme teknikleri de bazı kritik varsayımlara dayanmaktadır. Değerlendirilen her farklı yatırım için, teknik açıdan bu varsayımlardan sapmalar gerçekleşebilmektedir. Günümüzde bu varsayımlardan ne tür sapmalar olabileceği ve bunların nasıl ele alınabileceğine ilişkin bazı yöntemler geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam etmektedir.

Bu bölümde, ilk olarak reel opsiyonlar teorisinde yer alan değerlendirme tekniklerinin temelindeki teknik varsayımlar ve değerlendirme için kullanılan matematiksel modellerden bahsedilecektir. Daha sonra, değerlendirme için kullanılan en yaygın yaklaşımlar tanıtılacak ve literatürde pek çok ortak noktası gösterilen karar ağacı analizi ile reel opsiyonlar arasındaki farklılıklardan söz edilecektir.

2.1 Opsiyonlarla Değerlemenin Temelleri

Bir finansal opsiyonu değerlemek için yazılan ilk matematiksel formül, 1900 yılında Bachelier tarafından ortaya atılan “Spekülasyon Teorisi” adlı tezde geliştirilmiştir (Brach, 2003: 22). Bu tez, kesikli ve sürekli stokastik süreçler, rassal yürüyüş teorisi (Brown hareketi²), etkin piyasalar gibi konulardaki açıklamaları ile opsiyon fiyatlama probleminin çatısının kurulmasına ilişkin pek çok matematiksel özelliği ortaya koymuştur (Voit, 2003: 39).

Finansal opsiyonları değerlendirme probleminin tam çözümüne ilk kez 1973 yılında Black-Scholes modeli ile ulaşılmıştır. Bu model, Black, Scholes ve Merton tarafından,

- Einstein’ın 1905 yılında Brown hareketinin istatistiksel mekaniklerini açıklayarak türettiği ısı transfer denklemi (Voit, 2003: 39);
- Modigliani ve Miller (MM)’in 1958 yılında ortaya attıkları “bir firmanın değeri, sermaye yapısından ve kar payı politikalarından etkilenmez” şeklindeki ünlü MM I hipotezi (Stulz, 2003: 593) ve Scholes’un doktora danışmanlığını yürüten Miller’in önerdiği “arbitraj yokluğu” varsayımı (McKenzie, 2003: 846);
- Boness’un 1962 yılında geliştirdiği fiyatlama modeli ve bu modelde tanıttığı paranın zaman değeri kavramı (Brach, 2003: 24);
- Sprenkle’in 1964 yılında geliştirdiği bir varantın vadesindeki beklenen değerini veren formülü (McKenzie, 2003: 847) ve matematiksel denklemleri çözüme yardımcı olan makalesi (Brach, 2003: 24);

² Bachelier aynı kavramı kullanmasına rağmen bu terimi tezinde belirtmemiştir.

- Samuelson'un 1965 yılında geliştirdiği rasyonel varant fiyatlama teorisi (Black ve Scholes, 1973: 639);
- Merton'un 1970'lerin başında tanıttığı "sürekli-zaman" fiyatlama modelleri (Stulz, 2003: 593)

kullanılarak bugünkü durumuna getirilmiştir.

Reel opsiyonlar analizi, yatırımları/projeleri değerlemede, finansal opsiyonları değerlendirme modellerinde kullanılan matematiği temel almaktadır. Bu bölümde amaç, esneklik ve risk yönetimi kavramlarını, karar vermede ve reel varlıkların değerlendirilmesinde uygulamak için kullanılan bu matematiksel temellerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır. Burada, opsiyon değerlendirme modellerinin diğer modellere kıyasla daha çok öne çıkmasına neden olan "arbitraj yokluğu" varsayımı ile opsiyon değerinin belirleyicilerinden biri olan dayanak varlığın davranışını açıklayan stokastik süreçlere yer verilecektir.

2.1.1 Arbitraj Fiyatlama

Opsiyonlar ve vadeli işlemler gibi türevlerin fiyatlanması arbitrajın olmaması tezine dayanmaktadır (Brach, 2003: 12).

Arbitraj, aynı varlık, döviz ya da ticari mal iki veya daha fazla piyasada işlem gördüğünde, bir varlığı tek bir fiyattan satın alıp, eş zamanlı olarak bu varlığı (ya da eşdeğer bir varlığı) bir başka piyasada daha yüksek fiyattan satmaktır. Tek Fiyat Kanunu, bir varlığın adil fiyatını öneren ve aynı getiriye sahip olan iki varlığın aynı fiyattan işlem görmesi gerekliliğini ortaya koyan iktisadi kanundur. Bu kanunun geçerli olduğu bir piyasada arbitrajın uygulanması mümkün değildir (Amram ve Kulatilaka, 1999: 32). Arbitrajın olmaması, fiyat farklılığından kar elde etmek amacıyla bu tür işlem yapma stratejilerinin etkin piyasalarda bulunmaması anlamına gelmektedir.

Etkin piyasalarda, arbitraj fırsatları çok az ve kısa sürelidir, çünkü bir arbitraj fırsatı doğduğunda, profesyonel yatırımcılar paralarını hızla herhangi bir fiyat boşluğunu kapatacak şekilde hareket ettirirler. Yani, piyasadaki risksiz kar

potansiyelinin farkına varan pek çok oyuncu bu varlık için teklifte bulunur ve böylelikle her iki piyasada varlığın fiyatının birbirine yakınsamasını sağlarlar. Bu davranış, arbitraj fırsatını ortadan kaldırır ve piyasanın paritesinin yeniden oluşmasına yol açar.

Arbitraj Fiyatlama Teorisi (AFT)'nin adı da, “eğer bir arbitraj fırsatı varsa, piyasa kendi kendini düzeltir” nosyonundan gelmektedir. Aslında, SVFM ile AFT, menkul kıymetlerin getirilerini belirleyen faktörleri açıklamaya çalışan iki fiyatlama teorisidir. Her iki yaklaşım da, (i) menkul kıymetlerin getirilerinin karşılıklı bağımlı olduğunu ve bu bağımlılığın birbirleriyle olan korelasyon ve kovaryans değerleri ile ölçülebildiğini, (ii) toplam riskin sistematik risk kısmının beklenen getirinin bir belirleyicisi olduğunu ve bunların pozitif doğrusal bir ilişkiye sahip olduğunu belirtmektedir. SVFM, beklenen getirileri belirlemede piyasa riskini tek sistematik risk ölçütü olarak kabul etmektedir. AFT ise, sistematik risk kaynağı olarak piyasa riski ile birlikte endüstriye ve piyasaya özgü pek çok faktörü de dikkate almaktadır. Bu nedenle, AFT'nin daha gerçekçi bir yaklaşım olduğu düşüncesi yaygındır (Civelek ve Durukan, 1998: ss.449-451).

Bir portföyün arbitrajsız olması, AFT'nin zamanın her noktasında geçerli olduğunu (Mun, 2003: 205) ve “aynı risk dağılımına sahip varlıkların aynı fiyattan işlem yapacakları” varsayımı sayesinde opsiyonların kolayca değerlendirilebileceğini ifade etmektedir. Bu koşul, herhangi bir yatırım fırsatının değerinin, yatırım fırsatı ile aynı getirilere sahip bir dayanak varlık (eş varlık) ve bu varlığın üzerine yazılan bir alım opsiyonundan oluşan bir eşlenik portföy yardımıyla elde edilebilmesini sağlamaktadır (Trigeorgis, 1996: 73). Bu eşlenik portföy, portföyü oluşturan varlıkların değerleri aynı tür belirsizliklerden etkilendiği için risksizdir. Örneğin, dayanak varlıkta uzun pozisyona³ ve bu varlığın üzerine yazılan bir alım opsiyonunda ise kısa pozisyona⁴ sahip olunan bir portföyün oluşturulduğu varsayılması durumunda, dayanak varlığın değeri düşerse, bu varlığın üzerine yazılan alım opsiyonunun değeri de düşer. Bu durumda, alım opsiyonu için kısa pozisyonun refah düzeyi artar. Dayanak varlık üzerindeki kayıp tamamen alım opsiyonunun kısa

³ Uzun pozisyon, temel varlığı gelecekte belirli bir tarihte belirli bir fiyattan satın almaktır.

⁴ Kısa pozisyon, temel varlığı gelecekte belirli bir tarihte belirli bir fiyattan satmaktır.

pozisyonundan doğan kazanç ile dengeleneceğinden, sonuç risksizdir (Copeland ve Antikarov, 2001: 96). Öyleyse, kısa dönem için uygun bir portföy oluşturulursa, bu eşlenik portföyün sağlayacağı getiri oranı risksiz faiz oranına eşit olacaktır.

Dinamik arbitraj stratejileri, Black-Scholes opsiyon fiyatlama formülünün keşfi ve 1970'lerin başlarında Robert Merton tarafından "sürekli-zaman" fiyatlama modellerinin tanıtılması ile finans araç setine eklenmiştir. Bu tür stratejiler, arbitrajcının elinde tuttuğu (alıcı – satıcı) pozisyonlardaki sürekli değişimleri içermesi sayesinde, neredeyse her varlığın getirilerini taklit eden işlem stratejilerini yaratmayı mümkün hale getirmektedir. Arbitraj argümanının bu boyutu ilk kez 1970'lerin başlarında Black, Merton ve Scholes tarafından geliştirilen opsiyon fiyatlama modeli kapsamında yer almıştır. Arbitraj kavramının kurumsal risk yönetiminde geniş çapta kullanımına ek olarak, sürekli-zaman arbitraj fiyatlama modelleri, proje değerleme ve stratejik planlama gibi reel opsiyon uygulamalarında firmalar tarafından şu anda yaygın şekilde kullanılmaktadır (Stulz, 2003: 593).

2.1.2 Dayanak Varlığın Davranışını Açıklayan Stokastik Süreçler

Belirsizlik, bir opsiyonun değerini belirleyen önemli faktörlerden biri olduğu için, bunun doğasının iyi anlaşılması gerekir. İster finansal ister reel bir varlık olsun, bu varlığın üzerine yazılan opsiyonun değeri, bu değerini etkileyen belirsiz değerlikenlerin izlediği yolun tanımlanması ve modellenmesi ile belirlenmektedir.

Bir hisse senedinin fiyatı veya bir firmanın pazar payı gibi bir rassal değerlikenin zamanla nasıl değerliği stokastik süreçlerin konusudur. Eğer belirsiz bir değerliken, "rassal yürüyüş" olarak bilinen ve değerini zamana bağlı olarak olasılık kuralları ile değerliken bir hareketi izliyorsa, bu sürece "stokastik süreç" adı verilir.

Stokastik süreçler, zamanın sürekli ya da kesikli bir değerliken olup olmamasına göre ayrılır (Voit, 2003: 57). Kesikli stokastik süreç, bir sistemin özelliğinin ya da bir değerlikenin durumunun zamanın kesikli noktalarında gözlenebildiği süreçlerdir. Zaman eksenini 0, 1, 2, ... şeklinde işaretlendiği ve X_t 'nin

değişkenin t anındaki değerini gösterdiği varsayılırsa, X_t çoğu durumda t anından önce kesin olarak bilinmemekte ve bir rassal değişken olarak gözlenebilmektedir. Kesikli stokastik süreç, basitçe, X_0, X_1, X_2, \dots rassal değişkenleri arasındaki ilişkinin bir tanımı olarak ifade edilebilir (Winston, 2004: 923). Örneğin, tüketicilerin zamana bağlı olarak marka sadakati konusundaki davranışları kesikli bir stokastik süreç ise, bu kesikli değişkenin aldığı değer tüketicilerin seçtikleri bir marka ile temsil edilecektir. Geçiş yapabilecekleri tüm markalar, bu kesikli değişkenin aldığı değer kümesini oluşturacaktır.

Sürekli stokastik süreç ise, bir sistemin özelliğinin ya da bir değişkenin durumunun yalnızca kesikli anlarda değil, herhangi bir anda gözlenebildiği süreçlerdir (Winston, 2004: 924). Örneğin, bir hisse senedinin fiyatı herhangi bir anda (yalnızca her işgününün başında değil) gözlenmesi nedeniyle sürekli stokastik süreçtir.

Finansal piyasalarda opsiyon sözleşmeleri için öncelikle sürekli stokastik süreçlerden yararlanılmış, ancak daha sonra kesikli (ya da sıçramalı) süreçlerin de kullanılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

2.1.2.1 Sürekli Stokastik Süreçler

Sürekli bir rassal değişkenin izleyeceği süreç ile ilgili rassal yürüyüş hipotezleri oluşturulmuştur. Rassal değişkenin alacağı değerlerin büyüklüğü ve bu değerler arasındaki ilişki üç hipotezin geliştirilmesine neden olmuştur (Demir, 2002: 66):

Rassal Yürüyüş 1: Aynı ve bağımsız dağılımlı artışlar (IID)

Rassal yürüyüş hipotezleri arasında en güçlü ve basit yapıya sahip olan hipotezdir. Rassal değişkenin bağımsız olarak ve aynı miktarlarda artışlarla dağılacığı varsayımına dayanmaktadır. Bu hipoteze göre rassal bir X_t değişkeninin izleyeceği süreç,

$$X_t = \mu + X_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim IID(0, \sigma^2)$$

eşitliği ile elde edilmektedir. Eşitlikte ε_t terimi, ortalaması 0 ve varyansı σ^2 olan bir dağılım gösteren hata terimidir. Artışlar arasında ve artışların doğrusal olmayan fonksiyonları arasında da korelasyon yoktur.

Rassal Yürüyüş 2: Bağımsız artışlar

Rassal değişkenin bağımsız olarak artacağı fakat bu artışların farklı büyüklükte olacağı varsayımına dayanmaktadır. Birinci hipoteze göre daha zayıf formdadır.

Rassal Yürüyüş 3: Aralarında korelasyon olmayan artışlar

Bu hipoteze göre rassal değişkenin artışları birbirine bağımlıdır. Fakat artışlar arasında korelasyon yoktur, ancak karesel artışlar arasında korelasyon vardır. Hipotezler arasında en zayıf forma sahip olanıdır.

Sürekli zamanlı rassal değişkenler için oluşturulan bu hipotezler arasında finansal piyasalar için en uygun olan Rassal Yürüyüş 1 hipotezi, opsiyon fiyatlama teorisinin temel varsayımlarından biri olan geometrik Brown hareketi (GBH) ile aynı varsayımlara sahiptir. GBH, standart opsiyon fiyatlama teorilerinde dayanak varlığın fiyat hareketlerini açıklayan teorisinin adıdır ve bu teori, Einstein-Wiener süreci veya Brown hareketi olarak da sıkça adlandırılan (Voit, 2003: 59) Wiener sürecine dayalı olarak geliştirilmiştir.

2.1.2.1.1 Wiener süreci

Rassal yürüyüş kavramını ilk kez ortaya atan Andrej A. Markov, stokastik süreçler teorisinin kurucusu olarak bilinmektedir (Brach, 2003: 21). Markov, teorisini rassal yürüyüşün birbirinden ayrı iki adımdan oluştuğu ve her adımın yalnızca bir önceki adıma bağlı olduğu şeklindeki varsayımlar üzerine kurmuştur. Bu şekilde gerçekleşen yürüyüş, rassal değerler zinciri oluşturmakta ve her değer

olasılığı önceki adımda gerçekleşen sayının değerine bağlı olmaktadır. Yürüyüş yalnızca ileri yöndedir, hiçbir zaman geri dönülemez. Elde edilen yol, geçiş olasılıkları ile belirlenmektedir.

İskoçyalı bir botanist olan Robert Brown, 1828 yılında bir sıvı içerisindeki canlılığını kaybetmiş polen tozlarının düzensiz bir hareket gösterdiğini incelemiştir. Bu hareket daha sonra fizikte sıvı molekülleri ile polen tozlarının rassal çarpışmaları şeklinde açıklanmıştır (Hull, 2003: 218). Aynı dönemde, Norbert Wiener (1894-1964), Markovun geliştirdiği kavramı çok önemli eklemelerle geliştirmiş ve moleküllerin rassal hareketini açıklayan bir süreç olarak Brown hareketine çok yakın olan Wiener sürecini ortaya atmıştır (Brach, 2003: 21). Wiener, Markov özelliğini sürekli bir stokastik sürece dönüştürerek, yalnızca tek adımdan oluşan ancak kesintisiz bir hareket anlamına gelen süreci tanımlamıştır. Brown hareketi ile Wiener süreci, özellikle finansal piyasalarda benzer varsayımları kullanması ve aynı sonuçlara ulaşılması nedeniyle birbirinin yerine kullanılmaktadır.

Öyleyse, bir Markov süreci, bir rassal değişkenin gelecekteki değerini tahmin etmek için bu değişkenin yalnızca bugünkü değerinin uygun olduğu belirli bir stokastik süreçtir (Hull, 2003: 216). Brown hareketinin matematiksel ifadesi olan Wiener süreci ise, sürekli değişkeni ve sürekli zamanı olan Markov stokastik sürecinin özel bir halidir (Voit, 2003: 59). Wiener Süreci'nin üç önemli özelliği bulunmaktadır (Dixit ve Pindyck, 1994: 63):

- i. Markov sürecini izler.
- ii. Birbiriyle ilişkili olmayan ve tahmin edilemeyen artışlara sahiptir.
- iii. Zamanın herhangi bir sonlu aralığında süreçteki değişimler normal dağılıma uygundur ve bu değişimlerin varyansı zaman aralığına bağlı olarak doğrusal artış gösterir.

Wiener süreci, formal olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Hull, 2003: 218):

z değişkeninin Wiener sürecini izlediği varsayalım. Kısa bir dönem (δt) boyunca gerçekleşen değişim (δz),

$$\delta z = \varepsilon \sqrt{\delta t}$$

ile ifade edilir. Burada, ε , standart normal dağılım gösterir [$\varepsilon \sim N(0,1)$]. Buna göre, δz , ortalaması 0 ve varyansı δt olan normal dağılıma sahiptir [$\delta z \sim N(0, \delta t)$].

Herhangi iki farklı kısa zaman aralığında gerçekleşen δz değerleri birbirinden bağımsızdır. Görelî olarak daha uzun bir dönem (T) boyunca z 'nin değerindeki artış $z(T) - z(0)$ ile gösterilirse ve $N = \frac{T}{\delta t}$ olmak üzere, bu artış, δt uzunluğunda N kısa zaman aralığında z değerindeki artışların toplamı olarak düşünülebilir. Bir başka deyişle, ε_i ($i=1,2,\dots,N$), $N(0,1)$ dağılımından gelen rassal sayılar olmak üzere,

$$z(T) - z(0) = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i \sqrt{\delta t}$$

olur. Wiener süreçlerinin Markov özelliğinden yola çıkarak, ε_i değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu söylenebilir. Yukarıdaki denklemden, $z(T) - z(0)$ artışı, ortalaması 0 ve varyansı $N \delta t = T$ (standart sapması \sqrt{T}) olan normal dağılıma sahiptir.

Yukarıda bahsedilen kayması (yani uzun dönemde ortalaması) 0 ve varyansı 1 olan süreç, Wiener sürecinin en basit durumudur. Bu süreç, daha kompleks durumları içerecek şekilde geliştirilebilmektedir. Bir x değişkeni için geliştirilmiş Wiener süreci, dz terimi cinsinden aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Hull, 2003: 219):

a ve b sabit katsayılar olmak üzere,

$$dx = a dt + b dz$$

olur. Bu eşitlikteki $a dt$ terimi, x 'in beklenen kayma miktarının birim zaman başına a kadar olacağını ifade eder. $b dz$ terimi ise, x 'in izlediği yola eklenen değişkenliği gösterir. Bu değişkenliğin miktarı, bir Wiener sürecinin b katına eşittir.

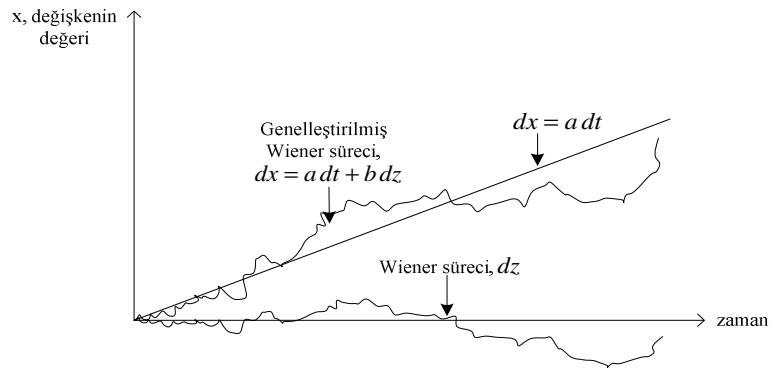
Yukarıda verilen δz eşitliği yerine yazılırsa, kısa bir zaman (δt) aralığında x değerindeki değişim (δx),

$$\delta x = a \delta t + b \varepsilon \sqrt{\delta t}$$

olur. Bu durumda, δx , ortalaması $a \delta t$ ve varyansı $b^2 \delta t$ (standart sapması $b \sqrt{\delta t}$) olan normal dağılıma sahiptir.

Wiener süreci için geçerli olan bu özellikler, herhangi bir zaman aralığında (T) x 'in değerindeki değişim için de geçerlidir. Bu durumda, x 'in değerindeki değişimin ortalaması aT ve varyansı $b^2 T$ (standart sapması $b \sqrt{T}$) olan normal dağılıma sahiptir. Şekil 10'da bir Genelleştirilmiş Wiener sürecinin izlediği örnek yollar gösterilmiştir.

Şekil 10: Genelleştirilmiş Wiener Süreci



2.1.2.1.2 Itô süreci

1951 yılında Japon matematikçi Itô K. tarafından Itô integrali ve Itô'nun Lemma'sı terimleriyle geliştirilen bu süreç, özellikle Wiener sürecinin birçok alanda

kullanımına ışık tutmuştur (Demir, 2002: 69). Itô formülünün ortaya çıkışı da, stokastik süreçlerin fonksiyonlarının türevini ve integralini alma ihtiyacından doğmuştur (Dixit ve Pindyck, 1994: 60).

Brown hareketinin (Wiener sürecinin) sürekli ortamlarda tanımlanabilmesi Itô integralinin varlığı ile mümkün olmaktadır. Zincir kuralı ile stokastik süreçlerin türevinin alınması, Itô'nun Lemma'sının kullanımı anlamına gelmektedir. Bu noktadan hareketle Brown hareketini temel alan sürekli zamanlı stokastik süreçler, Itô süreçleri ya da Itô stokastik diferansiyel eşitlikleri olarak tanımlanmaktadır.

Itô süreci, a ve b parametrelerinin temel değişkenin (x) değeri ile zamanın (t) fonksiyonu olarak ifade edildiği bir genelleştirilmiş Wiener sürecidir. Bu süreç, cebirsel olarak,

$$dx = a(x,t)dt + b(x,t)dz$$

şeklinde ifade edilmektedir. Itô matematiği ile ilgili ayrıntılı bilgiler için Dixit ve Pindyck (1994) ve Hull (2003) kaynaklarından yararlanılabilir.

2.1.2.1.3 Geometrik Brown hareketi

Brown hareketinin finans biliminde ilk kez kullanan Bachelier, tezinde hisse senedi fiyatlarının aritmetik Brown hareketini izlediğini varsaymıştır. Ancak hisse senedi fiyatlarının mutlak değişmelerinden yola çıkan bu varsayım daha sonra yerini yüzdesel değişmelerin kullanıldığı GBH'ne bırakmıştır. 1959 yılında ilk olarak M. Osborne tarafından GBH hisse senetlerinin fiyat hareketlerini açıklayıcı süreç olarak kullanmış, daha sonra bu süreç opsiyon fiyatlama teorisinin temel varsayımı haline gelmiştir (Demir, 2002: 68).

GBH, Itô sürecinin özel bir durumudur. Burada, α ve σ sabit sayılar olmak üzere, $a(x,t) = \alpha x$ ve $b(x,t) = \sigma x$ şeklindedir. GBH genel olarak şu şekilde ifade edilmektedir (Dixit ve Pindyck, 1994: 71):

$$dx = \alpha x dt + \sigma x dz$$

GBH, varlık fiyatları, faiz oranları, ücret oranları, ürün fiyatları ve diğer ekonomik ve finansal değişkenleri modellemede sıklıkla kullanılmaktadır (Dixit ve Pindyck, 1994: 72).

Hisse senetlerinin fiyat süreçleri için kullanılması durumunda GBH (Hull, 2003: 223),

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

ya da

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz$$

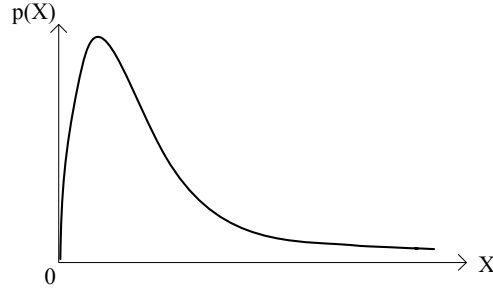
şeklinde yazılabilir ($\frac{\delta S}{S}$: S değişkenindeki yüzdelik değişimi göstermektedir). $\frac{\delta S}{S}$ için verilen eşitlik, hisse senedi fiyatlarının davranışını modellemede en sık kullanılan modeldir. Bir hisse senedinin şu an ile kısa bir süre sonra arasında geçen δt gibi bir zaman dilimi içindeki getirisi normal dağılıma sahiptir. Dağılımın ortalaması (μ), δt zamanına bağlıdır ve ($\mu \delta t$) ile gösterilmektedir. Dağılımın standart sapması (σ) ise, zamanın karekökü ile orantılıdır ve ($\sigma \sqrt{\delta t}$) ile gösterilmektedir. Böylece model μ gibi anlık beklenen getiri ve σ gibi bir anlık standart sapmayı (hisse senedi fiyatının volatilitelerini) parametre olarak kullanmaktadır. Bu parametrelere bağlı olarak, herhangi bir t zamanındaki S_t başlangıç fiyatı GBH'ye göre değişen bir hisse senedinin gelecekteki T zamanı ile t zamanı arasındaki getirisi (yani, $\ln S$ 'in olasılık dağılımı),

$$\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T - t) \text{ ortalama,}$$

$$\sigma \sqrt{T - t} \text{ standart sapma değeri}$$

ile normal dağılıma sahiptir (Voit, 2003: 68). $\ln S$ 'in olasılık dağılımı normal ise, hisse senedinin fiyatı (S_t), Şekil 11'de gösterildiği gibi lognormal dağılım gösterir.

Şekil 11: Lognormal Dağılım



Bu dağılım kullanılarak, S_T 'nin beklenen değeri

$$E(S_T) = S_t e^{\mu(T-t)}$$

şeklinde elde edilmektedir. Bu eşitlikten, S_T 'nin beklenen değerinin, μ 'nün getiri oranının beklenen değeri olarak tanımlanması ile tutarlı biçimde, μ oranında arttığı görülmektedir.

2.1.2.2 Kesikli Stokastik Süreçler

Hisse senedinin fiyat hareketinin GBH'ni izleyeceği varsayımı, opsiyon fiyatlama teorisinin temel varsayımlarından biri olarak pek çok modelde kullanılmıştır. Ancak finansal varlıkların çoğu, ampirik olarak önemli derecede çarpık ve kalın kuyruklu getiri dağılımlarına sahiptir. Bunun kısmi nedeni, finansal ya da reel opsiyonların değerini doğal olarak etkileyen nadir olayların (sıçramaların) gerçekleşme olasılığıdır. Bu yüzden, bir ekonomik değişkeni genellikle seyrek ancak kesikli sıçramalar yapan bir süreç olarak modellemek daha gerçekçidir (Dixit ve Pindyck, 1994: 85).

Nadir bir olay, sıçramaların frekansı ve dağılımı ve sıçrama büyüklüğünün dağılımına özgü özellikleri ile tanımlanır. İlgili parametre değerleri farklı olay (sıçrama) tiplerine göre değişiklik gösterebilir (Martzoukos, 2003: 112). Nadir olayların ortaya çıkma nedenleri arasında teknolojik yenilikler, bütün pazara hizmet verememe, pazara bir rakibin girişi veya ikame ürünlerin gelişi, yeni bir düzenleme veya yeni bir çevresel karar, politik risk gibi durumlar sayılabilir. Örneğin, az sayıda

firmanın var olduğu bir pazara yeni bir rakibin girmesiyle fiyatın aniden düşmesi negatif sıçramaya; bir iş faaliyetinin aylarca rutin şekilde devam ederken başarılı bir girişim sayesinde yükselişe geçmesi pozitif sıçramaya neden olabilir.

Nadir olaylar nedeniyle meydana gelen sıçramalar, bir Poisson (sürpriz başarı ya da başarısızlık) bileşeni ile modellenmektedir. Poisson süreci, geliş sürelerinin Poisson dağılımını izlediği sabit ya da rassal büyüklükteki sıçramalardan oluşan bir süreçtir (Dixit ve Pindyck, 1994: 85). Poisson dağılımının parametresi olan λ , bölünemeyecek kadar küçük bir zaman aralığı içinde (dt) bir sıçramanın ortalama gerçekleşme oranını (yoğunluğunu) gösteren pozitif bir sabittir. Buna göre, bir sıçramanın gerçekleşme olasılığı (λdt), gerçekleşmeme olasılığı ($1 - \lambda dt$) ile ifade edilir. p değişkeninin, Wiener sürecine benzer şekilde, bir Poisson sürecini izlediği varsayılırsa, olasılık fonksiyonu

$$dp = \begin{cases} 0, & (1 - \lambda dt) & \text{olasılığı ile} \\ \mu, & (\lambda dt) & \text{olasılığı ile} \end{cases}$$

şeklinde ifade edilir. Burada μ , dağılımın beklenen değerine karşılık gelmektedir.

Süreksiz (Poisson dağılımlı) olayların stokastik süreçleri, opsiyon fiyatlama bağlamında ilk kez Merton tarafından incelenmiştir. Merton (1976: 127), varlık fiyatındaki toplam değişimin iki tür kaynaktan geldiğini ifade etmiştir. Birincisi, fiyat üzerinde marjinal etki yaratan ve standart GBH ile modellenen fiyattaki normal dalgalanmalar; ikincisi ise, fiyat üzerinde marjinal etkiden daha fazla değişime yol açan önemli bir yeni bilginin gelmesinden kaynaklanan ve sıçrama (Poisson) süreçleri ile modellenen anormal dalgalanmalardır. Öyleyse, μ : varlığın anlık beklenen getirisi, λ : yıllık ortalama sıçrama sayısı, k : varlık fiyatının bir yüzdesi ile ölçülen ortalama sıçrama büyüklüğü olmak üzere, varlık fiyatının stokastik süreci formal olarak aşağıdaki gibi yazılabilir (Hull, 2003: 457):

$$\frac{dS}{S} = (\mu - \lambda k)dt + \sigma dz + dp$$

Burada λk , varlık fiyatında sıçramalardan kaynaklanan ortalama büyüme oranını, dz , bir wiener sürecini, dp sıçramaları yaratan poisson sürecini, σ GBH'nin volatilitelerini (yani, poisson olayının gerçekleşmemesi koşuluna bağlı olarak getirinin anlık standart sapmasını) temsil etmektedir. dz ve dp süreçlerinin birbirlerinden bağımsız olduğu varsayılmaktadır. Eşitlikteki σdz terimi, normal fiyat dalgalanmaları nedeniyle getirinin tahmin edilemeyen kısmı, dp terimi ise, anormal fiyat dalgalanmalarından kaynaklanan kısmı tanımlamaktadır. Bu şekilde sürekli ve kesikli süreçlerin bir arada olduğu en uygun rassal süreç elde edilebilmektedir.

2.2 Opsiyonlarla Değerleme için Kullanılan Matematiksel Modeller

Bir opsiyonun değerini belirlemenin ilk adımı, temelinde yatan stokastik süreçleri temsil eden bir matematiksel model kurmak ve getiri fonksiyonlarını ve ilgili karar kurallarını matematiksel terimlerle ifade etmektir. Daha sonra, çözüm yöntemi ve tanımlanan matematiksel modellerin çözümünde kullanılacak hesaplama tekniği belirlenir. Kısmi diferansiyel denklemler (analitik ve sayısal çözüm yöntemleri), dinamik programlama (binom/trinom/kuadranom/multinom ağaçları) ve simülasyon olmak üzere üç genel çözüm yöntemi bulunmaktadır (Amram ve Kulatilaka, 1999: 108).

2.2.1 Kısmi Diferansiyel Denklem Yaklaşımı

Bu yaklaşım opsiyon değerini ve bu değeri oluşturan dinamikleri, bir kısmi diferansiyel denklem (KDD) ve sınır koşulları yardımıyla matematiksel olarak tanımlamaya dayanmaktadır. KDD, opsiyonun sürekli değişen değeri ile piyasa varlıklarında gözlenebilen değişiklikler arasında ilişki kuran matematiksel bir eşitliktir. Sınır koşulları, değerlendirilecek olan opsiyonu ve bu opsiyonun bilinen noktalardaki ve uç noktalardaki değerini belirlemektedir.

Bu yaklaşımı uygulamak için, analitik ya da sayısal hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır.

2.2.1.1 Analitik Değerleme

Bir KDD'nin analitik çözümünde, opsiyon değeri girdilerin doğrudan bir fonksiyonu olarak tek bir eşitlikte yazılmaktadır. Dolayısıyla, opsiyonun kullanılabilceği tek dönemin söz konusu olduğu opsiyon değerlendirme problemleri analitik olarak çözülmektedir. Bu tür problemlerde, kullanım kararı opsiyonun zaman eksenini boyunca sadece bir kez verilmektedir. Analitik çözümün uygulandığı en ünlü örnek, sadece Avrupa tipi alım opsiyonuna çözüm getiren Black ve Scholes (1973) opsiyon fiyatlama modelidir.

Analitik değerlendirme (ya da kapalı formda çözüm), kullanım açısından en kolay olan ve kesin değer veren yöntemdir. Avrupa tipi alım opsiyonu gibi basit finansal opsiyonları temsil edebilmesinin yanı sıra bu yöntem, tek bir belirsizlik kaynağının olduğu ancak birden fazla noktada opsiyonların kullanılabilceği bazı reel opsiyon problemlerinin çözümüne de uygulanabilmektedir. Ancak daha karmaşık reel opsiyonlar için belirli bir kapalı formda çözüm bulunması ya da bulunabilmesi çok zordur. Bu durumda sayısal değerlendirme modellerinin kullanılması gerekir.

2.2.1.2 Sayısal Değerleme

Bir KDD için analitik çözüm elde edilemediğinde, opsiyon değerlerini tahmin etmek için sayısal çözüm kullanılmaktadır. Sayısal çözüm için, opsiyonun değerini veren KDD, kısa zaman aralıklarında sağlanması gereken bir denklem kümesine dönüştürülmektedir. Hesaplama algoritmaları yardımıyla, bu eşitlikleri eşanlı çözen bir opsiyon değerine ulaşılmaya çalışılır. Sonlu fark yöntemleri, bu amaçla kullanılan en yaygın sayısal çözüm yöntemidir. Bu yaklaşımda, opsiyonun ömrü boyunca dayanak varlığının sahip olabileceği tüm değerleri kapsayacak şekilde karelere bölünmüş bir çözüm alanı belirlenir. Opsiyon değeri, denklem kümesini bu çözüm alanındaki her nokta için çözerek elde edilir.

Sonlu fark yöntemleri, Avrupa tipi ve Amerikan tipi opsiyonları değerlemek için kullanılmaktadır ve başlangıç (sıfır anındaki) opsiyon değerlerinin tüm

kümesinin çözülmesi gerektiğinde pek çok sayısal yöntemden daha etkindir. Çok boyutlu bir çözüm alanında, çok etkili olamasa da, çok sayıda durum değişkeni ile çalışılabilmektedir (Trigeorgis, 1996: 305).

2.2.2 Dinamik Programlama Yaklaşımı

Dinamik programlama yaklaşımı, bugünkü kararın gelecekteki getirileri etkilemesi durumunda optimal kararların belirlenmesi problemini çözmektedir. Bu yaklaşım, opsiyonun ömrü boyunca dayanak varlığın sahip olabileceği değerleri belirlemekte ve bir önceki dönemde verilen karara bağlı olarak son dönemdeki optimal stratejinin değerini geriye doğru hesaplayarak, bugünkü değere iskonto oranı ile indirgemektedir. Bu yaklaşım ile reel varlığın ve reel opsiyon değerlerinin hareketi görsel olarak izlenebildiğinden, reel opsiyonları sezgisel olarak anlamak kolaylaşmaktadır. KDD yaklaşımına kıyasla dinamik programlama, daha karmaşık karar yapıları ve opsiyon değeri ile dayanak varlığın değeri arasındaki daha karmaşık ilişkileri inceleyebilmektedir.

Ağaçlarla değerlendirme (binom/trinom/kuadranom/multinom) modelleri, çözüm yöntemi olarak dinamik programlama yaklaşımını kullanmaktadır. Opsiyon fiyatlamadaki ilk ağaç (lattice) modeli, Cox, Ross ve Rubinstein (1979) tarafından geliştirilen kesikli zamanlı, çok dönemli bir binom modelidir. Bu modelde durum değişkeni, her dönem sonunda iki değerden yalnızca birini alabilmektedir. Bu metod pek çok yönde genişletilerek kullanılmaktadır. Trigeorgis (1996: 306) logaritmik dönüşümlü bir binom yöntemi önermiş ve bunu reel opsiyonların fiyatlamasına uygulamıştır. Bu sayısal yaklaşım, çok çeşitli esnekliğe sahip olan kompleks yatırımların değerlemesinde ve birbirleri arasındaki etkileşimi ortaya çıkarmada kullanılabilir.

2.2.3 Simülasyon Yaklaşımı

Karmaşık opsiyonların değerlemesinde kullanılan bir diğer önemli yaklaşım, simülasyon yaklaşımıdır. Temel fikir, belirsizliğin ve opsiyonun zamanla ortaya çıkış

şeklini anlamak için simülasyonun kullanılmasıdır. Bu yaklaşımda, yatırımın her dönemdeki nakit akışı, yatırım fırsatının değerini belirleyen çeşitli dayanak varlıkların ve bu varlıkların birbirleriyle olan bağımlılıklarının matematiksel bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Dayanak varlıkların sahip olduğu belirsizlik yapısını anlamak için, geçmiş verilerden ya da subjektif olarak uzmanların fikirlerinden yola çıkılarak bu değişkenlerin olasılık dağılımı tanımlanmaktadır. Bu olasılık dağılımı, belirsiz değişkenlerin olası gelecek senaryolar için binlerce kez rassal olarak simüle edilmesiyle elde edilmekte ve bu dağılım kullanılarak dayanak varlığın ortalama değeri bulunabilmektedir.

Simülasyon yoluyla bulunan dayanak varlığın fiyatı, risksiz faiz oranı ile sürekli indirgenerek opsiyonun kullanım fiyatından farkı alınmak suretiyle opsiyonun değeri bulunmaktadır. İskonto için kullanılan risksiz faiz oranının opsiyonun ömrü süresince sabit kalmayacağı varsayımı, daha gerçekçi değerlendirmeyi sağlayacağı için simülasyon uygulamasında bu oran stokastik değişken olarak alınmaktadır.

Opsiyon değerlendirme için simülasyon yöntemleri Boyle (1977) tarafından tanıtılmıştır. Boyle, Avrupa tipi opsiyon değerlendirme problemlerini çözmek için bir Monte Carlo Simülasyon yöntemi geliştirmiştir (Trigeorgis, 1996: 306). En sık kullanılan yöntem olan Monte Carlo simülasyonu, dayanak varlığın fiyat hareketlerine ilişkin belirli bir olasılık ölçümü altında gelecekteki bir zaman için rassal örnek yaratmak amacıyla kullanılmaktadır (Hull, 2003: 410). Monte Carlo simülasyonu, hesaplama zamanından tasarruf ettirdiği için duyarlılık analizi yaparken diğer sayısal yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır.

Simülasyon modellerinin en güçlü özelliklerinden biri, opsiyon değerinin hem dayanak varlığın değerine hem de dayanak varlığın izlediği belirli bir yola dayalı olduğu “yol-bağımlı” reel opsiyonları da çözebilmesidir (Amram ve Kulatilaka, 1999: 111). Örneğin, gelecekteki bir zamanda bir termal güç sisteminin kapasitesi, elektrik kullanımının izlediği yola bağımlı olabilir. Eğer sisteme olan talep önceki dönemlerde yüksek ise, elektrik üretim kapasitesi bu ihtiyacı karşılayacak şekilde genişletilebilir, ancak talep düşükse bu genişletme yapılmayabilir. Yol bağımlı

opsiyona bir başka örnek, bir proje liderinin projedeki geçmiş üç aylık performansına bağlı olarak yerine başka bir proje liderinin atanması opsiyonu gösterilebilir. Simülasyon, opsiyon getirisinin karmaşık ve dayanak varlığın geçmişine bağlı olduğu durumda, genellikle Avrupa tipi opsiyonlar için uygun bir yöntemdir. İleriye doğru hesaplama yapan bir teknik olduğundan, erken uygulanabilen veya ara kararlar içeren Amerikan tipi opsiyonları değerlemek için uygun değildir (Trigeorgis, 1996: 305).

Pek çok reel opsiyon uygulaması için, eğer girdiler ve uygulamanın kavramsal çerçevesi düzgün biçimde oluşturulursa, tüm yöntemler hesaplama hassasiyeti sınırları içinde yaklaşık aynı sonucu vermektedir. Bu nedenle, seçilen çözüm yöntemi sonuçları etkilememelidir. Ancak, her çözüm yöntemi farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Yukarıda bahsedilen çözüm yöntemlerinin tanımları ve özellikleri Tablo 6'da özetlenmiştir.

Tablo 6: Opsiyon Değerleme için Kullanılan Matematiksel Modeller

Matematiksel Sınıflandırma	Kısmi Diferansiyel Denklemler	
	Analitik Çözümler	Sayısal Çözümler
Opsiyon Değerleme Yöntemi	Kısmi diferansiyel denklemin (KDD) analitik çözümü	Sonlu Fark/ KDD'nin sayısal entegrasyonu
Tanım	Analitik çözüm, tek kapalı formda çözüm veren KDD'yi doğrudan çözmektedir. Bu, Black-Scholes denkleminin en sade, kullanımı kolay ve en ünlü çözüm örneğidir.	Analitik çözümler bulunamadığında veya çok fazla çaba gerektirdiğinde, KDD'yi çözmek için kullanılan sayısal bir yöntemdir.
Güçlü Yönler	Bir kere çözümü bulunduğu, kullanımı basittir. Çok sade ve neredeyse hiç hesaplama zamanı veya kaynak gerektirmemektedir.	Sınır (başlangıç) koşullarının geniş bir kümesi içinde yer alan opsiyon değerlerini hesaplamak için kullanılabilir. Bu yöntemle KDD'leri çözmek için pek çok yazılım bulunmakta ve uygulanan algoritmalar oldukça hızlı çalışmaktadır.
Zayıf Yönler	Analitik çözüm bulmak çok zordur veya pek çok durumda imkansızdır. Her çözüm, yalnızca çözüm sırasında KDD'ye uygulanan sınır koşulları için iyi bir çözümdür. Kullanımı çok kolay olduğundan ve sınır koşullarının net olarak belirlenememe ihtimalinden dolayı, denklem kolaylıkla yanlış bir şekilde kullanılabilir. Aynı zamanda, kullanımının çok kolay olması ve opsiyon değerinin nasıl elde edildiğini açıklamanın zor olması nedeniyle, birden bire çıkan sayıya güvenmeme eğilimi bulunmaktadır.	Matematiğe aşina olmayanlar için kullanması zordur. Bu, uygulamacıların ve karar vericilerin pek çoğunun bu yöntemi kullanmayacağı anlamına gelmektedir. Bu yöntem çok fazla matematik yoğun olduğundan, opsiyon değerinin nasıl elde edildiğini karar vericilere anlatmak çok güçtür. Belirsizlik kaynaklarının sayısı arttıkça, hesaplama karmaşıklığı da hızla artmaktadır.

Tablo 6: Opsiyon Değerleme için Kullanılan Matematiksel Modeller (*devamı*)

Matematiksel Sınıflandırma	Dinamik programlama: Ağaçlar (Lattices)	Simülasyon Teknikleri
Opsiyon Değerleme Yöntemi	Stokastik DD yi temsil eden çoklu-nominal (multinomial) ağaçlar	Stokastik KDD'nin Monte Carlo veya bir başka tür simülasyonu
Tanım	Stokastik diferansiyel denklemleri temsil eden kesikli bir yöntemdir. Doğruluk derecesini artırmak için Monte Carlo veya diğer simülasyon yöntemleri ile birleştirilebilir.	Dayanak varlığın bir simülasyonudur. Dayanak varlığın değerinin stokastik davranışını temsil etmek için binlerce simülasyonu birleştiren Monte Carlo, en popüler yöntemdir.
Güçlü Yönler	Kullanılması ve opsiyon değerlerinin nereden geldiğinin açıklanması kolaydır. Opsiyonun yaklaşık bir değerini elde etmek için az hesaplama gerektiren biçimi kullanılabilir. Opsiyon değerini hesaplamada şu anda kullanılan en popüler yöntemdir.	Göreceli olarak kullanımı kolaydır ve çok fazla matematiksel beceri ve bilgi gerektirmemektedir. Monte Carlo analizini yapan çok sayıda yazılım paketi bulunmaktadır. Birden çok dayanak varlık veya sabit olmayan parametre bulunduğu opsiyon değerinin simülasyonu için kullanılabilir.
Zayıf Yönler	En büyük kısıtlaması, bir kerede yalnızca bir başlangıç değerinden daha fazlasıyla başedememesidir. Özellikle değer gelişimini gösteren ilk dönemlerde, mevcut yöntemlerden en doğru sonucu veren değildir. Birden çok dayanak varlığı ve sabit olmayan parametreleri hesaplamak zordur (belirli bir kapsamda kullanılabilir).	Hesaplama yoğun olabilir. Teorik olarak modelin spesifikasyonu tam (hatasız) olmayabilir. Modelin uzmanlar tarafından kurulması gerektiği için, kullanıcılar/yöneticiler modeli anlamakta ve yorumlamakta güçlük çekebilir.

Kaynak: McConnell, 2007: ss. 55- 56 (Eklmeler ve değişiklikler yapılarak yeniden düzenlenmiştir).

2.3 Reel Opsiyonları Değerleme Yaklaşımları

Reel opsiyonlar analizi, projeleri değerlemede, finansal opsiyon fiyatlama modellerinde kullanılan matematiğin aynısını temel almaktadır. Bir opsiyonun değeri, dayanak varlığın davranışını açıklayan kısmi diferansiyel denklemin tanımlanması (örneğin, GBH ya da Markov Süreci) ve bu denklemin Ito Matematiği ile çözülmesi yoluyla belirlenebilmektedir (Dixit ve Pindyck, 1994: 69). Bu yaklaşımın dezavantajı; ileri düzey diferansiyel hesaplama yöntemlerinin bilinmesini gerektirmesidir. Proje değerlendiricileri uygulamada bu tür hesaplamaları pek bilmediklerinden veya kullanmadıklarından, bugün reel opsiyon problemleri sayısal yaklaşımlar ile çözülmektedir.

Black-Scholes ve diğer kısmi diferansiyel denklemler gibi tam formüllerin olmadığı, uygulanmadığı veya uygulamanın pratik olmadığı durumlarda, projelerdeki reel opsiyonları değerlemek için, binom yöntemleri, simülasyon ve sonlu fark yöntemi gibi sayısal yöntemler önerilmektedir (Wang ve Neufville, 2005). Temelde, tüm bu sayısal yöntemler, farklı yaklaşımları kullanarak dayanak varlığın davranışının doğrudan simülasyonunu gerçekleştirmektedirler. Bu nedenle, sistemin davranışını açıklayan kısmi diferansiyel denklemler yazmaya gerek bulunmamaktadır. Aynı zamanda, bu değerlendirme tekniklerinin pek çoğu aslında Black-Scholes modelinin bir alt kümesidir. Örneğin, dönem sayısı arttıkça, binom modelinin sonucu Black-Scholes modeli ile elde edilen sonuca yakınsamaktadır (Copeland ve Antikarov, 2001: 208; Mun, 2002: 140).

2.3.1 Black-Scholes Modeli

Kapalı form denklemler sınıfına giren Black-Scholes-Merton'un büyük yenilik yaratan Black-Scholes modeli 1973'te kar payı ödenmeyen bir hisse senedi üzerindeki Avrupa tipi alım ve satım opsiyonlarını fiyatlamak için geliştirilmiştir (Black & Scholes, 1973: 637). İlk kez Robert Merton (1973: 142, 1998: 326), opsiyon fiyatlamasının matematiksel temellerini genişleterek yayınlamış ve Fisher Black ve Myron Scholes'un önceki çalışmalarının bir takdiri olarak "Black-Sholes

opsiyon fiyatlama modeli” terimini yaratmıştır. Merton (1973), rasyonel opsiyon fiyatlama üzerine yaptığı çalışmasında, finansal alım ve satım opsiyonlarının tam tanımını vermiş ve finansal opsiyonları değerlemek için bir matematiksel formül geliştirmiştir.

Black-Scholes finansal opsiyon fiyatlama modelinin getirdiği esas yenilik, bir opsiyonun, eğer piyasada işlem görüyorsa dayanak alınan hisse senedinin gözlemlenebilir değişkenleri yardımı ile fiyatlanabileceği görüşüdür. Bu model, dayanak varlığın fiyatı, bu fiyatın volatilitesi ve zaman parametrelerine bağlı olarak oluşturulan bir KDD’nin analitik çözümü ile opsiyon değerini elde etmektedir.

Modelin temel varsayımı arbitraj fırsatlarının olmamasıdır. Black-Scholes modeli, bu varsayım altında riskin dinamik bir yatırım stratejisi ile ortadan kaldırılabileceğini göstermiştir (Voit, 2003: 50). Bir başka deyişle, arbitraj fırsatlarının olmadığı durumda, bir opsiyonun getirisinin, dayanak varlık ve risksiz borçlanma aracından oluşan bir portföyün ya da bir sentetik opsiyonun getirisini taklit edeceği varsayılmaktadır. Modelin diğer varsayımları şunlardır (Black & Scholes, 1973: 640):

- i. Kısa vadeli faiz oranı (r) bilinmektedir ve sabittir.
- ii. Hisse senedinin fiyatı, geometric Brown hareketine uygun bir süreç izlemektedir. Buna göre, vade sonunda hisse senedinin getirisi, risksiz faiz oranına eşit bir ortalama ve sabit bir varyans ile lognormal dağılıma sahiptir.
- iii. Opsiyonun ömrü süresince hisse senetleri için kar payı dağıtılmaz.
- iv. Opsiyon Avrupa tipi bir opsiyondur, yani sadece vadesinde uygulanabilir.
- v. Hem hisse senedi hem de opsiyon için alım-satım işlemlerinde işlem maliyeti yoktur veya vergi ödenmez.
- vi. Yatırımcılar tek bir faiz oranı üzerinden istedikleri kadar borç alabilir ya da verebilirler.
- vii. Bir hisse senedi için kısa pozisyonu alan yatırımcı, satıştan elde ettiği gelirin tamamını kullanma hakkına sahiptir.

Bir opsiyonun fiyatı f (alım opsiyonları için $f=C$, satım opsiyonları için $f=P$) olmak üzere, Avrupa tipi bir alım opsiyonunun yazıcısı (satıcısı) pozisyonunda oluşturulacak portföy şunlardan oluşur:

1. Bir alım opsiyonu için kısa pozisyon.
2. $\Delta = \partial f / \partial S$ adet dayanak alınan hisse senedi için uzun pozisyon (Δ , hisse senedi fiyatı ile birlikte değiştiğinden, bu pozisyonun sürekli güncellenmesi gerekir).

Hisse senedi fiyatının izlediği stokastik sürecin GBH olduğu varsayıldığından, bu süreç

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

ile ifade edilir. Hisse senedi fiyatı (S) ve zamanın (t) bir fonksiyonu olan f , Itô'nun Lemması kullanılarak (Detaylar için: Hull, 2003: 242; Voit, 2003: 70),

$$\frac{\partial f}{\partial t} + r S \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = r f$$

şeklindeki KDD'ye dönüştürülür. Bu parabolik tipteki doğrusal ikinci dereceden kısmi diferansiyel denklem, Black-Scholes KDD'sidir. Bu KDD,

vade $t = T$ iken, alım opsiyonunun fiyatı $f = C = maks(S - X, 0)$
 satım opsiyonunun fiyatı $f = P = maks(X - S, 0)$

şeklindeki sınır ya da başlangıç koşulları ile tam çözüme ulaştırılmıştır. Buna göre kar payı ödemeyen Avrupa tipi bir alım opsiyonunun ve kar payı ödemeyen Avrupa tipi bir satım opsiyonunun sıfır anındaki fiyatları için Black-Scholes formülleri aşağıdaki gibidir (Hull, 2003: 246):

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} \text{ ve } d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T} \text{ olmak üzere,}$$

$$\text{Alım opsiyonu: } C = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

$$\text{Satım opsiyonu: } P = X e^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

Burada, C: alım opsiyonunun bugünkü değeri; P: satım opsiyonunun bugünkü değeri;

S_0 : dayanak varlığın bugünkü değeri; X : kullanım fiyatı; r : risksiz faiz (getiri) oranı; T : vadesi; σ : dayanak varlığın volatilitesidir. $N(\cdot)$, standart normal dağılımın kümülatif olasılık dağılım fonksiyonudur.

Black-Scholes modeli, finansal piyasalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır, ancak kısıtlayıcı varsayımları nedeniyle reel opsiyonlara uygulanması zor olmaktadır (Trigeorgis, 1996: 72). Bu modelin bazı varsayımları çeşitli araştırmacılar tarafından zaman içinde kaldırılmış ya da daha gerçekçi hale getirilmiştir. Bu model reel opsiyon uygulamalarında da önemli bir yer edinmiştir, ancak çoğu kez, bu basit çözüm, Amerikan tipi opsiyonlar gibi daha kompleks opsiyonları değerlemede yetersiz kalmaktadır.

2.3.2 Binom Modeli

Dinamik programlamanın bir örneği olarak büyük ilgi gören binom opsiyon değerlendirme modeli, Cox, Ross ve Rubinstein (1979) tarafından geliştirilmiştir. Bu model, dayanak varlığın davranışını yaklaşık olarak tahmin etmek için binom ağaçlarını ve olasılık teorisini kullanmaktadır. Black-Scholes modelinde kullanılan Itô matematiğine kesikli zaman matematiğini uygulayan bu model, cebirsel olması, stokastik diferansiyel denklemlerden daha kolay anlaşılması ve opsiyonların görünmez mantığını daha basit biçimde açıklaması nedeniyle uygulamacılar tarafından daha fazla kabul görmektedir. Binom modelindeki tek varsayım, arbitraj fırsatlarının olmamasıdır.

Binom modeline göre, dayanak varlığın değeri bir kesikli rassal süreci izlemektedir ve belirli bir dönemde bir varlığın değerindeki değişme olası iki değerden biri olabilir. Dönem başındaki değer belirlenir ve belirli bir oranda artması (u) ya da azalması (d) şeklinde gerçekleştiği varsayılan bu yukarı-aşağı hareketlerin sonucunda sözü edilen bu iki değer ortaya çıkar. Dayanak varlığın dönem başındaki değeri S ise, bir sonraki dönemde bu değer ya uS ya da dS olur. Burada u ve d katsayıları, $u > 1 > d > 0$ şartını sağlayan iki pozitif sayıdır. Bu katsayılar, dayanak varlığın volatilitesi ile ilgilidir (Hull, 2003: 211).

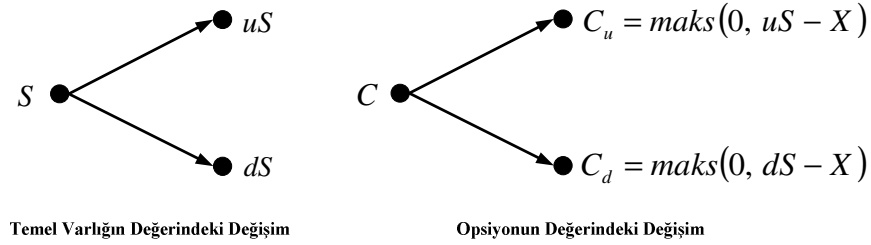
$$\text{Artış faktörü: } u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}}$$

$$\text{Azalış faktörü: } d = \frac{1}{u}$$

δt , binom modelindeki dönemler arasında geçen zaman dilimine karşılık gelmektedir. Örneğin, opsiyonun 1 yıllık vadesi varsa ve binom modeli 10 dönemden oluşuyorsa, her bir zaman dilimi 0.1 yıllık bir süreye karşılık gelmektedir. σ ise, dayanak varlığın beklenen getirilerinin volatilitesidir.

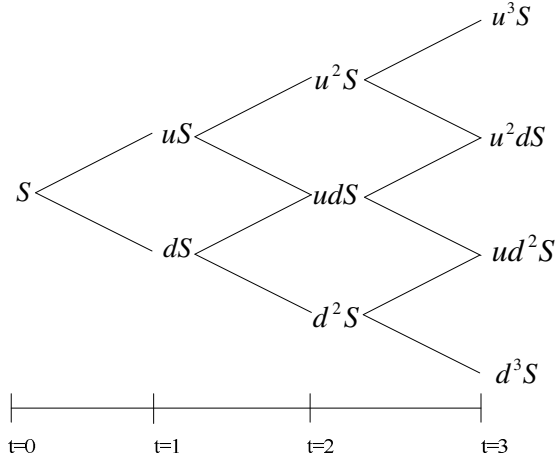
u ve d faktörleri yoluyla dayanak varlığın değerindeki değişmeye bağlı olarak, bu zaman diliminin sonunda uygulanacağı varsayılan tek dönemli Avrupa tipi alım opsiyonunun değeri, ya $C_u = maks(0, uS - X)$ ya da $C_d = maks(0, dS - X)$ olur (Şekil 12). Opsiyonun dönem başındaki değeri (C), dönem sonunda gerçekleşmesi beklenen bu iki değere göre geriye doğru hesaplama yapılarak elde edilmektedir.

Şekil 12: Tek Dönemli Binom Modelinde Varlık Değerindeki Hareketler



Binom ağacı, opsiyonun ömrü boyunca dayanak varlığın izleyebileceği tüm olası yolları gösteren ağaçtır. Opsiyonun geçerli olduğu süre içindeki dönem sayısı, binom ağacındaki dallanma sayısına eşittir. Örneğin, üç dönemli bir binom ağacı Şekil 13'te gösterilmiştir. Ağaçtaki dönem sayısı arttıkça, binom modeli ile elde edilen değer, kapalı-form çözümlerle elde edilen değere yakınsamaktadır (Mun, 2002: 140).

Şekil 13: Üç Dönemli Binom Modeli



Dayanak varlığın değer ağacını oluşturduktan sonra, bu varlığın üzerine yazılan opsiyonu değerlemek için bir çözüm yöntemi seçilmektedir. Reel opsiyon problemi ne türde olursa olsun, binom modeli ile opsiyon değerini hesaplamak için iki çözüm yolu bulunmaktadır: i. Eşlenik portföy yaklaşımı, ii. Risk-nötr olasılıklar yaklaşımı. Aralarında farklılık bulunmasına rağmen, bu iki yaklaşım aynı sonucu vermektedir (Copeland ve Antikarov, 2001: 89; Mun, 2002: 143). Çözüm için herhangi biri kullanılabilir.

2.3.2.1 Eşlenik Portföy ile Değerleme

Eşlenik portföy yaklaşımı, iki temel varsayıma dayanmaktadır. Birincisi, arbitraj fırsatlarının olmaması, ikincisi ise, mevcut varlığın getiri profilini taklit etmek için kullanılacak piyasada işlem gören pek çok eş varlığın (twin security) bulunabilmesidir (Dixit ve Pindyck, 1994: 121).

Bu yaklaşımda amaç, dayanak varlığın nakit akışlarını taklit eden risksiz bir portföy elde etmektir. Opsiyonun bünyesinde barındırdığı risklerden korunmak için, bu portföy, B adet devlet tahvilinden (risksiz varlık) ve piyasada işlem gören bir eş varlığın m adet hisse senedinden (riskli varlık) oluşturulmaktadır. Bu iki değişkenin değeri, dayanak varlığın nakit akışları, eş varlığın nakit akışları ve eş varlığın

getirisinin bugünkü değerine dayalı olarak hesaplanmaktadır. Gelecekte aynı getiriye sağlayan iki varlığın bugünkü değerlerinin de aynı olacağını ifade eden Tek Fiyat Kanunu'nu kullanarak, dayanak varlığın bugünkü değeri, hesaplanan m ve B değerleri yardımıyla elde edilmektedir. Eşlenik portföyün sunduğu çeşitlendirme sayesinde opsiyon riskten arındırıldığı için, risksiz faiz oranı üzerinden nakit akışları indirgenmekte ve opsiyon değeri hesaplanmaktadır.

Örnek olarak, ABC firmasına ait hisse senedinin fiyatının ya da değerinin kesikli rassal bir süreç izlediği ve herhangi bir zaman aralığında bu değer artabileceği veya azalabileceği varsayalım. Ocak ayında bu hisse senedine dayalı bir alım opsiyonunun satın alınımın planlandığı düşünülün. Bu alım opsiyonunun vadesi Nisan ayı ve kullanım fiyatı 40 TL olsun. ABC hissesinin bugünkü değeri 32 TL'dir. Bu hisse senedinin gelecekteki durumu belirsizdir, ancak Nisan ayında 16 TL ya da 64 TL olması beklenmektedir. Aynı zamanda, opsiyonun geçerli olduğu süre boyunca bir banka kredisinin faiz oranının 3 aylık %2 olduğu varsayalım. Bu, bir alternatif yatırım olarak banka borcunun, ABC firmasının hisse senedinin fiyatından bağımsız olarak %2 getiri sağlayacağı anlamına gelmektedir. Örneğin, 100 TL'lik bir banka borcunun tutarı üç ay sonra 102 TL'dir (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 679).

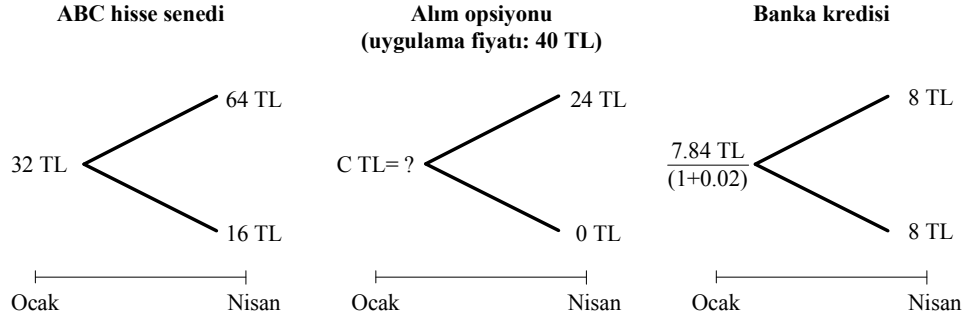
Bahsedilen senaryo altında üç alternatif yatırım aracı bulunmaktadır. Bu yatırımların her birinin üç ay sonraki durumlarına ilişkin binom ağacı gösterimi Şekil 14'teki gibidir. Şekil 14'ten görüldüğü gibi, alım opsiyonunun üç ay sonra alabileceği iki değer bulunmaktadır:

$$C_u = \max(0, uS - X) = \max[0, (64 - 40 \text{ TL})] = 24 \text{ TL}$$

$$C_d = \max(0, dS - X) = \max[0, (16 - 40 \text{ TL})] = 0 \text{ TL}$$

Bu değerlere göre, alım opsiyonunun süresi Nisan ayında dolduğunda hisse senedi fiyatı 16 TL'ye düşerse opsiyon değersiz olacaktır, ancak 64 TL'ye yükselirse opsiyon 24 TL değerinde olacaktır.

Şekil 14: Eşlenik Portföy Örneği



Bu alım opsiyonunun getirilerini taklit eden bir eşlenik (ya da sentetik) portföy, diğer iki yatırım aracını kullanarak, yani risksiz faiz oranından B tutarında banka kredisi ve ABC hisse senedinden m adet alarak oluşturulabilir. Bu, bir eş varlık bulunabildiğinde, alım opsiyonuna yapılan bir yatırımın, bir banka borcu ve bir hisse senedi yatırımı kombinasyonu ile tıpatıp kopya edilebileceği anlamına gelmektedir. Öyleyse, bugünden itibaren üç ay sonraki portföyün değeri, artış durumunda 24 TL ve azalış durumunda 0 TL olacak şekilde bir pozisyona sahip olduğunda, yatırımcı riskten korunmuş olacaktır, çünkü kaybedilecek hiçbir şey yoktur, ancak kazanılacak şeyler olabilir.

Nisan ayında eşlenik portföyün artış durumundaki değeri:

$$m(64) + B(1 + r_f) = 24 \text{ TL}$$

Nisan ayında eşlenik portföyün azalış durumundaki değeri:

$$m(16) + B(1 + r_f) = 0 \text{ TL}$$

Yukarıdaki iki bilinmeyenli iki denklemin çözümünden, $m = 0.5$ ve $B = -7.84$ elde edilir. Yani, Ocak ayında eş varlıktan 0.5 adet hisse senedi alıp, bankadan 7.84 TL borçlanılırsa, alım opsiyonu ile aynı getiriler elde edilebilmektedir. Öyleyse, iki yatırım bütün koşullarda aynı sonuçları veriyorsa, bugün de değerleri aynı olmalıdır. Bir başka deyişle, bir alım opsiyonunu satın almanın maliyeti, bankadan 7.84 TL borç alma ve 0.5 adet ABC hisse senedi satın almanın maliyetinin tamamen aynı olmalıdır. Buna göre, eşlenik portföyün bugünkü değeri,

$$m(32)+B = 0.5 (32) - 7.84 = 8.16 \text{ TL}$$

olur. Dolayısıyla, risk-nötr bir yatırımcı için, ABC hisse senedinin üzerine yazılan, vadesi üç ay ve kullanım fiyatı 40 TL olan bir alım opsiyonunun değeri,

$$C = 8.16 \text{ TL}$$

olarak elde edilir.

Opsiyon değerlendirme teorisinde hem Black-Scholes hem de binom modellerinin çözümlerinde kullanılan eşlenik portföy yaklaşımı, genellikle finansal opsiyonları değerlemek için uygun bir yaklaşımdır. Çünkü finansal opsiyonlar, hisse senetleri, hisse senedi endeksleri, yabancı para birimleri, borçlanma araçları, ticari mallar ve vadeli sözleşmeler gibi dayanak varlıklara dayalıdır. Ancak piyasada aktif olarak işlem görmeyen reel varlık opsiyonlarının değerlemesinde, eşlenik portföy yaklaşımının kullanılması ile ilgili bazı kaygılar mevcuttur. Reel opsiyonları değerlemede bu yaklaşımı uygulayabilmek için, reel varlığın değeri ile arasında mükemmel bir korelasyon bulunan ve piyasada işlem gören bir eş varlığın (menkul kıymetin) belirlenmesi gerekmektedir. Daha önce 1.7 bölümünde belirtildiği gibi, uygulamada böyle bir eş varlığın bulunması zordur ya da pratik değildir (Miller ve Park, 2002: 108).

Bazı araştırmacılar reel opsiyonların piyasalarda işlem görmediği gerçeğine karşın, reel bir varlık ile aynı risk özelliklerine sahip işlem gören bir portföyün bulunabilmesinin değerlendirme için yeterli olacağını ve korelasyon mükemmel olmasa da yaklaşık çözümler bulmak için bu varsayımın kullanılmasını tavsiye etmektedir. Ancak bu, modellerden elde edilen sonuçların dikkatli bir şekilde yorumlanmasını gerektirmektedir (Damodaran, 2006: 21).

Reel opsiyonlar için eşlenik portföy yaklaşımını kullanmaya yönelik geliştirilen varsayımlardan en çok kabul göreni, Copeland ve Antikarov (2001: 94) tarafından ortaya atılan 'Piyasa Varlık Yadsıması' (MAD - Marketed Asset Disclaimer) yaklaşımıdır. MAD yaklaşımına göre, "eğer reel varlık işlem gören bir varlık olsaydı, esneklik olmadan, reel varlığın nakit akışlarının bugünkü değeri, reel varlığın piyasa değerinin en iyi sapmasız tahmini olurdu. Bu nedenle, finansal

piyasalarda aramak yerine, geleneksel NBD, dayanak alınan riskli varlık (eş varlık) olarak kullanılabilir”. Bu yaklaşıma göre tüm pazar belirsizlikleri tek bir bugünkü değerde birleştirilebilmekte ve bugünkü değer zamanla gelişimi GBH ile modellenenmektedir. Yani, bugünkü değer, zamanın tüm noktalarında lognormal olarak dağılmaktadır. Karmaşık modellerin daha farklı dağılımlarla eşleştirilmesi gerektiği düşünülse bile, bu varsayım çoğunlukla sağlanmaktadır (Schneider ve diğerleri, 2008: 88).

2.3.2.2 Risk-Nötr Değerleme

Risk-nötr değerlendirme, eşlenik portföy yaklaşımından daha basit ve uygulaması daha kolay olan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım ile, tüm yatırımcıların risk-nötr olduğu ve risk almak için herhangi ödeme yapmaya ihtiyaçları bulunmadığı varsayılmaktadır. Bu risk-nötr dünyada, dayanak varlıktan elde edilecek getirinin beklenen değeri, risksiz faiz oranına eşittir ve beklenen getiriyi indirmek için gereken iskonto oranı ise, risksiz faiz oranıdır. Risk-nötr değerlendirme ile elde edilen sonuç, sadece risk-nötr yatırımcılar için değil, risk tercihi ne olursa olsun tüm yatırımcıların bulunduğu dünyada doğrudur (Hull, 2003: 204).

Burada, riskten korunmak için, dayanak varlığın 1 adet hissesinden ve m adet değerlendirilen opsiyondan oluşan risksiz bir portföy oluşturulmaktadır. Daha sonra, portföyün artış ve azalış durumlarındaki getirileri birbirine eşitlenerek m korunma oranı bulunmaktadır. Bu şekilde oluşturulan portföy yatırımcılara risksiz getiri sağlamaktadır.

$$uS - mC_u = dS - mC_d$$

Bu eşitlik m için düzenlendiğinde

$$m = \frac{(u - d)S}{C_u - C_d}$$

elde edilir. m korunma oranı kullanılarak, oluşturulan risksiz portföyün bugünkü değeri ise,

$$S - mC$$

olur. Risksiz portföyün beklenen büyüme oranı, risksiz faiz oranına eşittir. Bu değerın dönem sonundaki değeri artış durumunda elde edilecek getiriye eşitlenirse,

$$(S - mC)(1 + r_f) = uS - mC_u$$

ve yukarıdaki m oranı bu eşitlikte yerine konulursa, alım opsiyonun değeri,

$$C = \frac{\left[C_u \left(\frac{(1 + r_f) - d}{u - d} \right) + C_d \left(\frac{u - (1 + r_f)}{u - d} \right) \right]}{1 + r_f}$$

olarak elde edilir. Bu denklemde alım opsiyonunun dönem sonundaki getirilerinin yanında parantez içindeki ifadeler risk-nötr olasılıklara (p) karşılık gelmektedir.

$$\text{Risk-nötr olasılık ölçütü: } p = \frac{(1 + r_f) - d}{u - d}$$

Yukarıdaki alım opsiyonunun değerini veren ifade yeniden yazılırsa, bir reel opsiyonun belirli bir dönemdeki bugünkü değeri,

$$C = \frac{p C_u + (1 - p) C_d}{1 + r_f}$$

ile bulunur. Bu eşitlikte paydadaki ifade, beklenen nakit akışlarının risksiz orandan indirgenebileceği risksiz eşdeğerleridir. Aynı zamanda bu eşitlikteki risk-nötr olasılıklar, herhangi bir olayın gerçekleşme olasılığını tahmin etmede kullanılan objektif olasılıklardan farklıdır. Bu olasılıklar, opsiyon değerinin belirlenmesi için kullanılması dışında hiç bir finansal ya da ekonomik anlama sahip değildir ve yalnızca nakit akışlarının risksiz orandan indirgenebilecek şekilde düzeltilmesi için kullanılan matematiksel bir terimdir (Copeland ve Antikarov, 2001: 98).

Opsiyon değeri, 2.3.2.1 bölümünde eşlenik portföy ile çözülen örnekte, hisse senedinin fiyatının artış ya da azalış olasılıkları bilinmeden elde edilmiştir. Bu örnekte eğer iyimser bir yatırımcı artış olma olasılığının çok yüksek olduğunu, kötümser bir yatırımcı ise çok düşük olduğunu düşünseydi, risk-nötr değerlemeye göre, bu iki yatırımcı yine de opsiyon değeri üzerinde uzlaşırlardı. Çünkü hisse senedinin mevcut fiyatı iyimser ve kötümser yatırımcıların düşüncelerini zaten

dengelemektedir. Opsiyon da, değeri hisse senedinin fiyatına bağlı olduğu için bu dengeyi yansıtmaktadır (Ross, Westerfield ve Jordan, 2003: 633).

Örnek olarak, hisse senedinin getirisini %2 oranındaki risksiz bir getiriye eşit kılan olasılıkların belirlendiği varsayalım. Artış durumunda hisse senedinin getirisi %100 (64/32-1) ve azalış durumunda -%50 (16/32-1)'dir. Bu durumda, beklenen %2 oranındaki getiriyi elde etmek için gereken artış olasılığı şu şekilde bulunabilir:

$$\%2 = p_u * \%100 + (1 - p_u) * (-\%50)$$

Bu eşitlik çözüldüğünde, artış olasılığı $p_u = 0.347$ ve azalış olasılığı $1 - p_u = 0.653$ olarak bulunur. Bu olasılıklar kullanılarak, alım opsiyonunun değeri,

$$C = \frac{p C_u + (1 - p) C_d}{1 + r_f} = \frac{24 * 0.347 + 0 * 0.653}{1.02} = 8.16$$

olarak elde edilir. Bu sonuç eşlenik portföy değerlendirme yoluyla elde edilen çözüm ile aynıdır.

Black-Scholes denklemi, opsiyon değeri iskonto oranına ya da yatırımcıların risk tercihlerinden etkilenen diğer değişkenlere bağlı değildir. Denklemden yer alan değişkenlerin hepsi (hisse senedinin mevcut değeri, vade, hisse senedinin değerinin volatilitesi, risksiz faiz oranı) tüm risk tercihlerinden bağımsızdır (Voit, 2003: 78). Bu, opsiyonların ve diğer türev araçların analizi için çok önemli bir araç olan risk-nötr değerlemenin önünü açmıştır.

Binom modellerinin çözümleri de genellikle risk-nötr yaklaşımına dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Birden çok dönemli opsiyonlar için, her bir dönemde bir aşama geriye doğru gidilerek çözüm yöntemi genişletilmiştir. n karar noktası olan Avrupa tipi opsiyonlardan oluşan bir seri için, n dönemden oluşan bir binom ağacı oluşturulmaktadır. Risk-nötr değerlendirme eşitliği, binom ağacında en son dönemden başa doğru uygulanarak opsiyon değerine (C_0), yani opsiyonun kararının alınacağı bugünkü değere ulaşılmaktadır.

2.4 Reel Opsiyonlarla Karar Ağacı Analizinin Karşılaştırılması

Reel opsiyonlarla değerlendirme teknikleri, belirsizliğin ve yönetsel esnekliğin önemli role sahip olduğu projelerin değerlemesinde kullanılmaktadır. Karar analizi de, stratejik karar süreçlerinde bu tip projeleri değerlemek için kullanılabilir. Her iki yöntem aynı probleme farklı perspektiften yaklaşmaktadır ve kendine özgü güçlü ve zayıf özelliklere sahiptir. Doğru uygulanırsa her ikisi de birbiriyle tutarlı sonuçlar vermekte ve bu iki yaklaşım arasında ortak bir zemin oluşturulabilmektedir (Smith ve Nau, 1995: 795). Bu bölümde, opsiyonlarla değerlendirme ve karar ağacı analizi yaklaşımları karşılaştırılacak ve bu iki yöntemin birlikte nasıl kullanılabileceği üzerinde durulacaktır.

Belirsizliğin, dinamizmin ve rekabetçi etkileşimlerin olduğu gerçek dünyada, İNA temelli hesaplamaların yönetsel esneklikleri doğru değerleyemediğinden ya da düşük gösterdiğinden daha önce bahsedilmiştir. Karar bilimcileri, belirsizlik çözüldükçe yönetimin gelecekte bulunacağı girişimlerin olabirliğini dikkate alan karar ağacı analizini geliştirmişler ve geleneksel İNA temelli analizlerin eksikliklerini ve sorunlu yanlarını bu yöntem ile gidermeye çalışmışlardır.

Karar ağacı analizinde, bir karar problemi (bir riskli proje) için olası doğa durumlarına bağlı olan tüm alternatif eylemler hiyerarşik ya da ağaç benzeri bir düzende kıyaslanacak şekilde yapılandırılmaktadır. Bir başka deyişle, projeyi çevreleyen belirsizlikler ve zamana bağlı olarak bir yöneticinin izleyebileceği stratejik yollar (stratejik girişimler ve fırsatlar) bir karar ağacı (veya dinamik programlama veya etkileşim diyagramı) üzerinde grafiksel olarak gösterilmektedir. Bir olayla ilgili olarak verilen her karar ağaçta bir karar noktası ile temsil edilir. Her karar noktasından sonra oluşan dallar, yöneticilerin önündeki olası birbirinden bağımsız seçeneklerdir. Yöneticinin proje hakkındaki görüşleri, belirsizliklere ilişkin subjektif olasılıklarla; projenin nakit akışlarına ilişkin firmanın risk tercihleri ise, riske göre düzeltilmiş bir iskonto oranı veya bir fayda fonksiyonu kullanılarak analize dahil edilmektedir. Her doğa durumu için beklenen nakit akışları ile gerçekleşme olasılıkları çarpılarak NBD değeri elde edilir. NBD değerleri veya

faydalar (stokastik dinamik programlama yaklaşımı ile) karar ağacının sonundan başa doğru analiz edilerek proje değerleri ve optimal stratejiler belirlenir. Sonuçta, en iyi ortalama değeri sağlayan proje seçilir.

Karar ağacı analizi, İNA temelli analizlerin, özel olarak NBD analizinin ileri bir versiyonu olarak görülebilir. Bu yöntem, kararları sadece karar anında elde edilen bilgiler üzerine değil, zamanla belirsizlik çözüldükçe yeni bilgilerin elde edilebileceğini ve bu yeni bilgilerin optimal kararı değiştirebileceğini varsaymaktadır. Karar ağacı analizi, bu yönüyle NBD analizinden farklılaşmaktadır ve prensip olarak doğrudur (Trigeorgis, 1996: 154). Bu yöntem özellikle kompleks ardışık yatırım kararlarını analiz etmek için faydalıdır.

Karar ağacı analizi ilk bakışta iyi bir yaklaşım gibi görünse de, daha ayrıntılı incelendiğinde bu yöntem bütün karar ağacı boyunca (her doğa durumunda) sabit bir iskonto oranı kullandığı için yanlıştır (Copeland ve Antikarov, 2001: 89). Çünkü gelecekteki karar noktalarında gömülü bir yönetsel esnekliğin bulunması, beklenen nakit akışlarını ve aktif biçimde yönetilen bir varlığın risk özelliklerini değiştirir (Trigeorgis, 1996: 152; Brandao ve Dyer, 2005: 25). Her karar noktasında bir önceki belirsizlik ortadan kalktığından, bir öncekiyle benzerlik taşımayan yeni bir risk oluşmaktadır. Örneğin bu yeni durumda, risk azalırsa, düşük bir iskonto oranının kullanılması gerekir. Öyleyse, riske göre düzeltilmiş (ya da yeni şartlara göre düzeltilmiş) iskonto oranı kullanılırsa, doğru sonuç elde edilecektir. Nakit akışlarının risk durumları ağacın her karar noktasında farklı olduğu için sabit bir iskonto oranının kullanılması yanlış sonuç vermektedir. Bu yüzden, yöntemin en büyük engeli, karar ağacında geriye doğru hesaplamada kullanılacak olan uygun iskonto oranının belirlenmesi problemidir.

Opsiyonlarla değerlendirme, karar ağacı analizinin bu problemini risk-nötr olasılıkları kullanarak çözmektedir. Bu nedenle, opsiyonlarla değerlendirme karar ağacı analizinin ekonomik olarak düzeltilmiş bir versiyonu olarak görülebilir (Trigeorgis, 1996: 161). Bu yaklaşımda, subjektif olasılıkları ve faydaları kullanarak proje değerlerini ve optimal stratejileri belirlemek yerine, pazar değerini maksimize eden

pazar-bazlı risk-nötr değerlemeler ve politikalar aranmaktadır (Smith ve McCardle, 1998: 198).

Karar ağacı analizi ve opsiyonlarla değerlendirme yaklaşımlarının birbirini tamamlayıcı güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır (Tablo 7):

Tablo 7: Karar Ağacı Analizi ve Reel Opsiyonlar Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

	Karar Ağacı Analizi	Reel Opsiyonlar
Güçlü Yönler	Yönetmel esnekliği dikkate alınması Mühendisler ve karar vericiler için sezgisel olarak daha kolay anlaşılması Yöntemin genellenebilmesi	Yönetmel esnekliği dikkate alınması Sürekli olasılık dağılımları için hesaplamaların karar analizinden daha basit olması Her opsiyonu açık biçimde değerlendirmesi Risksiz orandan indirgemenin yapılması Arbitraj yokluğu ilkesine dayalı değerlendirme
Zayıf Yönler	Uygun iskonto oranının belirlenememesi Daha çok kesikli zaman olasılıkları ile kullanılması Birden çok belirsizlik kaynağının dikkate alınması gerektiğinde çözümün çok zahmetli hale gelmesi Beklenen değer ilkesine dayalı değerlendirme	Dayanak varlık hakkında varsayımların net olmaması Mühendislerin ve pek çok karar vericinin yatkın olmadığı finansal teoriye dayanması Yöntemin genellenememesi

Karar ağacı analizinin güçlü yanı, yöntemin genellenebilmesidir. Karar ağacı analizi, tıbbi müdahale kararları, çevresel riskleri barındıran kararlar ve ardışık yatırım kararları gibi pek çok karar problemi için sistematik ve mantıksal bir yapı sunmaktadır. Karmaşık modellerin formülasyonu, değerlendirilmesi ve çözülmesindeki zorluklar nedeniyle, uygulamada kullanılan karar ağacı analizi modelleri, durumu basitleştirmek için eldeki proje ile ilgili tüm kararları ve

belirsizlikleri göz önüne almamakta ve probleme daha dar kapsamda odaklanmaktadır. Pazar fırsatlarının proje değerleri ve optimal yatırım stratejileri üzerinde etkisi olsa bile, karar ağacı analizi modelleri, işlem gören varlıklar yoluyla yatırım projesini risklerden korumak için nadiren bu pazar fırsatlarını dikkate almaktadırlar (Smith ve McCardle, 1998: 198).

Karar ağacı analizinin aksine opsiyon değerlendirme yaklaşımı, proje ile ilgili pazar fırsatlarına çok önem vermektedir. Bu yaklaşım, projenin nakit akışlarını tam taklit eden bir işlem stratejisinden ve bir menkul kıymetten oluşan risksiz bir portföy ile, tamamen objektif pazar bilgisine dayalı olarak proje değerlerini belirlemektedir. Böylelikle, riskten kaçınan tüm karar vericiler, kendi subjektif inançları ve tercihleri önemsensemeksizin proje değerleri ve stratejileri üzerinde fikir birliğine varmaktadır. Opsiyon değerlendirme yaklaşımının zayıflığı ise, genellenememesidir. Tek bir proje değeri belirleyebilmek için, projenin nakit akışlarını tamamen taklit eden bir portföy ve işlem stratejisi bulunmalıdır. Bu varsayım pek çok reel proje için gerçekçi değildir. Reel opsiyonlarla değerlendirme yaklaşımı, pazar katılımcılarının subjektif olasılıkları fiyatlara yansıtıldığında iyi çalışmaktadır. Diğer taraftan, karar ağacı analizi özel riskler için iyi çalışmaktadır (Smith ve McCardle, 1998: 199).

Bazı araştırmacılar, opsiyonlarla değerlendirme ve karar ağacı analizi yaklaşımlarının karlı biçimde birleştirilebileceğini ifade etmektedir (Smith ve Nau, 1995: 796; Smith ve McCardle, 1998: 199; Mun, 2002: 242; Brandao ve Dyer, 2005: 22; Schneider ve diğerleri, 2008: 92).

Bu bütünleşik değerlendirme yaklaşımının temel fikri, mevcut varlıklarla işlem yaparak korunma sağlanabilecek riskleri (pazar riskleri) değerlemek için opsiyonlarla değerlendirme yöntemlerini; işlem yaparak korunma sağlanamayan riskler (özel riskler) için karar ağacı analizi yöntemini kullanmaktır. Bir başka deyişle, belirli bir özel riskin meydana gelmesi durumunda proje değerlerini belirlemek için subjektif kanıları ve tercihleri kullanmak ve sonrasında bu özel risk durumuna bağlı nakit akışlarını değerlendirmede risk-nötr değerlendirme yöntemini kullanmaktır.

Bu değerleme yaklaşımı, opsiyonlarla değerlemede olduğu gibi, proje risklerinin bazılarında ya da hepsinden dinamik işlem stratejileri ile korunma sağlanabildiği durumlarda uygulanabilir. Karar ağacı analizinde gerekli olan değerlendirmelerin sayısını azaltır. Bu yaklaşım kullanılırken, pazar belirsizlikleri için karar vericinin olasılıklarını ya da zamana bağlı tercihlerini (yani, tam bir fayda fonksiyonunu) değerlendirmeye ihtiyaç bulunmamaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ALTI SİGMA METODOLOJİSİ VE ÖZELLİKLERİ

Proje değerlemede yeni bir yaklaşım olan ve temelleri finansal opsiyonlar teorisine dayanan reel opsiyonlar, bir projedeki belirsizlik kaynakları ile baş etmek ve bu belirsizlikleri değer yaratacak şekilde yönetmek için kullanılan bir metodolojidir. Bu araştırmanın amacı, Altı Sigma projelerine yönelik verilen yatırım kararları üzerinde yatırımdan kaynaklanan maliyet tasarruflarındaki belirsizliğin ve riskin etkisini tam olarak analiz etmek için, reel opsiyonlar yaklaşımını uyarlayan ve kullanılmasını teşvik eden kavramsal bir değerlendirme modelini sunmaktır. Geliştirilen kavramsal modeli tanıtmadan önce, bu bölümde modelin uygulama kapsamını oluşturan Altı Sigma metodolojisini tanıtmaya yönelik genel bilgiler verilecektir. Daha sonra Altı Sigma projelerinin özellikleri ve bu projeleri değerlemek için kullanılan mevcut yöntemler üzerinde durulacaktır.

3.1 Altı Sigma

Bir firmanın performansı, ürünlerinin pazardaki satış miktarlarına bağlıdır. Bu performans düzeyi, her ne kadar çeşitli pazarlama stratejileri ile desteklense de, aslında firmanın operasyonel süreçlerinden kaynaklanır. Bu süreçler daha düşük maliyetlerden daha kaliteli ürünler ortaya çıkarırsa, ürünlerin pazardaki performansı bu durumdan doğrudan olumlu yönde etkilenecektir. Ancak süreçlerin barındırdığı çeşitli değişkenlikler nedeniyle her zaman istenen kalitede sonuçlara ulaşılammakta ve bu değişkenlikler ürün ya da süreçlerde hataların oluşmasına neden olmaktadır.

Kalite kavramı insanların ve sistemlerin "hata yapması" gerçeğinden ve "mükemmele ulaşma" isteğinden ortaya çıkmıştır. Yöneticilerin çoğunun firmaların uzun dönemli karlılık ve başarısı açısından en önemli faktör olarak tanımladığı "kalite", toplumda da her geçen gün daha fazla bilinen bir kavram haline gelmektedir. Kalite, mevcut beklentileri karşılayan veya aşan ürünler, hizmetler, insanlar, süreçler ve çevre ile ilgili dinamik bir kavramdır (Goetsch ve Davis, 1995:

3). Öyleyse, kaliteli ürün ve hizmet sunabilmek için her zaman kendini aşabilme, bir başka deyişle sürekli gelişme yeteneğine sahip olmak gerekmektedir. Bu bağlamda günümüzde kalitenin sistemli bir şekilde yönetilmesi, rekabet avantajı elde etmek için önemli bir kurumsal strateji olarak görülmektedir. İstatistiksel kalite kontrol, sıfır hata ve Toplam Kalite Yönetimi (TKY) gibi girişimler yıllarca bu amaçla kullanılan başlıca yöntemlerdir. Altı Sigma ise, bugün dünyanın her yerinde pek çok endüstri için popüler olan ve kabul gören bir kalite girişimidir. Altı Sigma uygulaması, kalite iyileştirme programlarının kara dönüşmesi anlamında, firmalara önceki kalite girişimlerinden daha iyi sonuçlar getirmektedir (Nonthaleerak ve Hendry, 2006: 106). Altı Sigma yaklaşımını benimseyen firmalar bu yöntemin finansal getirileri artırma ve yüksek kalitede ürünler/hizmetler veya süreçler elde etme yoluyla hissedarlarının servetini artırmaya odaklandığını ifade ettikçe yöntemin popülerliği artmaktadır.

Altı Sigma, süreçlerde oluşan hataların ölçülebilir olması durumunda sistematik olarak bunlardan kurtulmanın ve sıfır hataya yaklaşmanın mümkün olduğu fikrine dayanmaktadır. Temel amaç, ürünlerin ve süreçlerin tasarımı ve üretimi boyunca değişkenliği azaltarak neredeyse hatasız iş performansına ulaşmaktır. Altı Sigma metodolojisi, bu amaca ulaşmak için, en modern yönetim ve istatistiksel teknikleri kullanarak süreçlerdeki değişkenliğin olumsuz etkilerini anlamaya ve bunları ortadan kaldırmaya çalışır (Pande, Neuman ve Cavanagh, 2000: 20).

Projelere dayalı bir yönetim yaklaşımı olan Altı Sigma, müşteri isteklerine, hataları önlemeye, çevrim süresini kısaltmaya ve maliyeti azaltmaya odaklanmaktadır. Bu nedenle, Altı Sigma uygulamalarının faydaları doğrudan iş sonuçlarına yansımaktadır (Pyzdek, 2003: 5). Altı Sigma, bir firmayı müşteri memnuniyeti, karlılık ve rekabet gücü anlamında daha ileri bir konuma taşıyacak kültür değişimini amaçlayan kapsamlı bir çaba olarak da tanımlanabilir (Pande, Neuman ve Cavanagh, 2000: 13). Kullanılan kavramlar, araçlar ve yöntemlerin pek çoğu TKY kökenli olsa da, Altı Sigma “daha güçlü müşteri odaklılık”, “daha fazla veri analizi aracı”, “finansal sonuçlar” ve “proje yönetimi” gibi bileşenleri sayesinde çok daha kuvvetli ve sonuca yönelik bir metodolojidir (Kwak ve Anbari, 2006: 709).

3.1.1 Altı Sigma Yaklaşımının Ortaya Çıkışı

Altı Sigma yaklaşımının geçmişi, süreçteki değişkenliği azaltmada istatistiksel yöntemleri kullanan mühendislik firmalarında 20 ile 30 yıl öncesine dayanmaktadır. Altı Sigma metodolojisini ilk ortaya çıkaran ise Motorola'dır (Henderson ve Evans, 2000: 260). 1970'lerde Japonların Amerikan pazarında yükselmeye başlamasıyla, Motorola o dönemde pazar kaybından en çok etkilenen firmalardan biri olmuştur. Aynı işgücünü, teknolojiyi ve tasarımları kullanmalarına rağmen daha düşük maliyet ile yüksek kalitede ürünler üretebilen yeni rakiplerin ortaya çıkması, Motorola'yı kendi yönetim yapısını sorgulamaya ve kalite konusunu ciddi bir şekilde ele almaya zorlamıştır.

1981 yılında Motorola'nın üst düzey yöneticisi olan Bob Galvin, çalışanlarına 5 yıl içinde kalite maliyetlerini yarıya düşürme, yani süreçlerde 10 kat iyileşme sağlama gibi oldukça zorlayıcı bir kalite hedefi getirerek Altı Sigma yaklaşımının ilk girişimlerini başlatmıştır (Goffnett, 2004: 3; Tannock, Balogun ve Hawisa, 2007: 562). Bu hedefi gerçekleştirmek için tüm firma çapında mevcut yöntemlerden farklı bir yaklaşımın benimsenmesi gerektiği ortaya çıkmış ve ürün kalitesi ile birlikte üretim süreçlerinin kalitesine de önem verilmeye başlanmıştır. 1984'e kadar gösterilen maliyet azaltma çabaları, süreçlerin sürekli iyileştirilebilmesi için gelişmiş analitik yöntemlere ve ürün tasarımına olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Bundan sonra firmanın odak noktası, tasarım kalitesi ve daha ileri düzey kalite tekniklerinin kullanılması olmuştur.

Motorola mühendislerinden Bill Smith ve Mikel Harry, Altı Sigma yaklaşımını bir hata ölçüm metriği (sayısal ölçüt), kalite iyileştirmeye yönelik faaliyetler ve süreçteki hata sayısını milyonda 3.4 seviyesine düşürmeye yönelik bir metodoloji olarak tanımlamışlardır (Raisinghani ve diğerleri, 2005: 492). Bu şekilde firmanın verimliliği, 'Sigma Seviyesi' metriği ile izlenmeye başlamıştır. Smith ve Harry, Sigma Seviyesini iyileştirmek amacıyla firmaya kazanç sağlayabilecek projeleri tanımlamışlar ve bu projeleri hedeflerine ulaştırmak için Ölçme-Analiz-İyileştirme-Kontrol aşamalarından oluşan bir problem çözme modeli

geliştirmişlerdir. 1995 yılında bu modele, projelerin daha iyi anlaşılması açısından önemi fark edilen Tanımlama aşaması eklenmiştir (SPAC, 2003: 18-19). Bu yeni yaklaşım ile Altı Sigma doğmuş ve Motorola kalite konusunda elde ettiği başarılar sonucunda dünya çapında bir kalite ve iş ikonu haline gelmiştir.

Altı Sigma araçlarının içeriğini geliştiren ve Altı Sigma yaklaşımını uygulayacak kişilerin niteliklerini ortaya koyan Motorola, bu ilk girişimleri ile 1988'de Malcolm Baldrige ödülünü kazanmıştır. Motorola'nın bu saygın ödülü kazanmasıyla, başarılarının sırrı herkes tarafından duyulmuş ve Altı Sigma devrimi bu şekilde başlamıştır (Pyzdek, 2003: 4). Altı Sigma yaklaşımının doğuşundan bir süre sonra Motorola'nın maliyetlerindeki azalma ve karlılığındaki artış nedeniyle pazar payının arttığını gören General Electric'in Başkanı Jack Welch, 1995 yılında Altı Sigma yaklaşımını bir strateji olarak uygulama kararı almıştır. Bu karar bir anlamda Altı Sigma yaklaşımının uluslararası düzeyde yayılımını hızlandıran bir unsur olmuştur.

İlk Altı Sigma uygulamaları üretim süreçlerinde gerçekleştirilmiştir. Altı Sigma 1990'ların ikinci yarısından itibaren hizmet süreçlerinde de kullanılmaya başlanmış ve sağlık, pazarlama, finans, yazılım, idari hizmetler gibi alanlarda da iyileştirmeler sağlamıştır. Altı Sigma, GE ve Motorola'nın yanı sıra Allied-Signal, Texas Instruments, LG, Ford, Volvo gibi uluslararası kuruluşlar ile birlikte Türkiye'de başta Arçelik, Borusan ve Eczacıbaşı olmak üzere birçok üretim ve hizmet sektöründe faaliyet gösteren kuruluş tarafından benimsenmiştir (SPAC, 2003: 22). Günümüzde hala birçok firma müşteri memnuniyetinin ve verimliliğin artırılmasında yeni seviyelere ulaşmak ve finansal kazançlar elde etmek için Altı Sigma yaklaşımını hayata geçirmeyi ve köklü kültürel değişimler yapmayı hedeflemektedir.

3.1.2 Altı Sigma Süreci ve Özellikleri

Altı Sigma sürecine genellikle iki farklı yönden bakılmaktadır. Altı Sigma, istatistiksel bakış açısı ile bir metrik; işletmecilik bakış açısı ile bir düşünce biçimi ve strateji olarak tanımlanmaktadır.

3.1.2.1 Bir Metrik Olarak Altı Sigma

Altı Sigma yaklaşımının ilk mantıksal ve en çok bilinen tanımı, bunun istatistiksel bir terim yani bir metrik olmasıdır (Goffnett, 2004: 3). Sigma (σ), Yunan alfabesinin 18. harfidir. İstatistik biliminde ise σ , bir popülasyonun standart sapmasını temsil eden bir simgedir ve ortalama etrafındaki değişkenliği gösteren bir ölçüt olarak kullanılır. Değişkenliklerin, hataların, yanlışların ve kusurların azaltılması Altı Sigma yaklaşımının öncelikli amaçlarından biri olduğundan, bu yöntemde süreçler çok önemlidir ve “6 σ ” süreçlerdeki değişkenliğin azaltılmasında istatistiksel bir hedef ve süreç yeterliliğini temsil eden bir ölçüt olarak tanımlanmaktadır.

Teknik açıdan sigma ölçütü, bir süreçte hataların ortaya çıkma sıklığını yansıtır. Bir başka deyişle, Altı Sigma, süreçlerdeki hatalardan ziyade bir sürecin içerisinde hatalarla sonuçlanabilecek fırsatların sayısına odaklanmaktadır. Altı Sigma yaklaşımının rakamsal hedefi ise, herhangi bir ürün, hizmet veya süreçte her milyon fırsatta 3.4’ ten daha az hata (veya kusur, başarısızlık, yanlışlık) yapmak, bir başka deyişle, yapılan işte % 99.99966 oranında başarı oranına sahip olmaktır. Sözü edilen hata, bir parçanın hatalı olmasından, yanlış kesilmiş bir müşteri faturasına kadar herşey olabilmektedir. Milyon fırsattaki hata sayısı,

$$1000000 \times (\text{toplam hata sayısı} / \text{toplam fırsat sayısı})$$

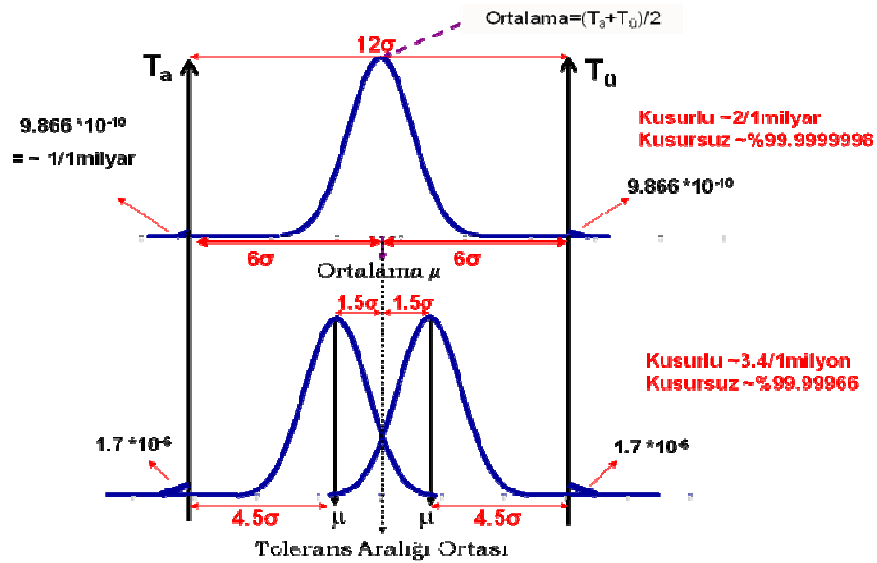
şeklinde hesaplanmaktadır.

Altı Sigma yaklaşımına göre, bir firmanın performansı iş süreçlerinin sigma seviyesi ile ölçülür ve bir sürecin sigma değeri, o sürecin kalite düzeyini tanımlar. Bir sürecin K sigma kalite düzeyine sahip olması, ölçülen ürün karakteristiğinin yarı toleransının, sürecin standart sapmasının K katına eşit olması anlamına gelmektedir (Henderson ve Evans, 2000: 261):

$$K^* (\text{sürecin standart sapması}) = (\text{spesifikasyon bandının yarı toleransı})$$

Bu tanıma göre, μ : sürecin ortalama değeri ve T : hedef değer olmak üzere, $\mu = T$ olduğunda, süreç tam merkezdedir. Burada bahsedilen T hedef değeri, genelde müşterinin belirttiği üst spesifikasyon limiti (T_u) ile alt spesifikasyon limiti (T_a) arasındaki orta noktadır. Eğer $\mu \neq T$ ise, süreç merkezin dışına kaymış, yani süreç ortalamasından uzaklaşmıştır. Bir süreçteki merkezden kaymalar, standart sapmalarla veya sigma ile ölçülür. Öyleyse, bir sürecin ürettiği hata sayısı, sürecin sigma değeri (kalite düzeyi) ile sürecin merkezden sapma değerinin bir fonksiyonudur. Örneğin, süreç ortalaması tam merkezde ve kalite düzeyi 6σ olan bir süreçte, milyon fırsatta 0.002, yani milyarda 2 hata bulunmaktadır. Süreç ortalaması merkezden 1.5σ kadar kayan ve kalite düzeyi 6σ olan bir süreçte ise milyonda en fazla 3.4 hataya rastlanır (Şekil 15).

Şekil 15: Süreç Merkezinden Kayma Miktarı ile Hata Sayısı Arasındaki İlişki



Şekil 15'ten görüldüğü gibi, bir sürecin kalite düzeyinin gerçek değeri, süreç tam merkezde iken, yani merkezden kayma değeri 0 sigma iken meydana gelen hata sayısıdır. Ancak, yoğun ampirik verilerle çalıştıktan sonra, Motorola'nın mühendisleri süreçlerin çoğunun zamanla istenen süreç ortalamasından 1.5σ kadar kaydığını tespit etmişlerdir. Uzun-dönemli durum "sürecin sigma seviyesi", kısa-dönemli durum ise "istatistiksel sigma seviyesi" olarak adlandırılmıştır (Akpolat, 2004: 12). Bu yüzden, Motorola'nın 6σ kavramı, 1.5σ kadar kaymanın gerçekleşebileceğini varsayar ve hata oranını milyonda en fazla 3.4 hata olarak gösterir. Bu kavram, Motorola tarafından tanıtılmış ve popüler olmuştur ve halen 6σ standardı olarak bilinmektedir (Henderson ve Evans, 2000: 262). Buna göre, bir firma kalite kontrol açısından 3σ düzeyinde çalışıyorsa, bu %93.3 başarı oranı ya da milyon fırsatta 66803 hata elde etmek olarak yorumlanmaktadır.

Ortalama seviyedeki süreçler, sayısı milyon fırsat başına 6210'dan 66803'e kadar değişen problemler, bir başka deyişle istenmeyen kalite düzeyinde ürün veya hizmet üretmesine rağmen, genellikle firmalar 3σ veya 4σ performansına denk düşen bu oranı normal kabul ederler (Pyzdek, 2003: 3). Halbuki 3σ düzeyinin altında çalışan firmalar genellikle hayatta kalamazlar. 3σ düzeyinde, kalite maliyeti yaklaşık olarak satış gelirlerinin %25 ile % 40 arasındaki bir oranına karşılık gelir. Her bir sigmalık değişim, net gelirden %10 düzeyinde iyileşme sağlamaktadır ve bu doğrudan finansal kazançları artırmaktadır (Harry ve Schroeder, 2000: 15). Tablo 8, daha yüksek sigma düzeylerine ulaşmanın faydalarını göstermektedir.

Tablo 8'de gösterildiği gibi, Altı Sigma literatüründe, bir firma başardığı sigma kalite düzeyine göre "dünya sınıfı", "endüstri ortalaması" ya da "rekabetçi olmayan" bir firma olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflar arasında geçiş yapmak ise pek kolay değildir. Örneğin, 3σ düzeyinde çalışan bir firma için 6σ performansına erişmek oldukça zorlayıcı bir hedefdir. Bir süreç için istenen sigma düzeyinin tanımlanması, müşteri ve pazar baskısı, kaynakların bulunabilirliği ve diğer stratejik kararlar gibi çeşitli faktörlere dayalıdır (Akpolat, 2004: 11). Bu nedenle süreç iyileştirmelerinin bilimsel bir yaklaşımı ve istatistiksel veri analiz araçlarını kullanarak sistematik şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Altı Sigma

uygulamalarını benimseyen firmalar, bu yaklaşımı yönetim şekillerine de taşımakta ve bu şekilde geleneksel yönetim yaklaşımlarındaki politik etkileri azaltarak verilere dayalı bir yönetim anlayışı sergilemektedir (Pyzdek, 2003: 7). Bu yaklaşımda, yapılan her iş sayısal bir metriğe dayandırılmaktadır. Fakat bu her şeyin ölçülmesi, her yapılan işe bir metrik atanması demek değildir. Önemli olan başarı için kritik olan metriklerin ölçülmesidir.

Tablo 8: Sigma Düzeyi ve Kalite Maliyetleri

Sigma Düzeyi	Milyon fırsattaki hata sayısı*	Başarı Oranı	Kalite Maliyetleri (Satışlara göre oranı)
2	308357 <i>(Rekabetçi olmayan firmalar)</i>	% 69	Uygulanamaz
3	66803	% 93.3	% 25 - 40
4	6210 <i>(Endüstri ortalaması)</i>	% 99.3	% 15 - 25
5	233	% 99.98	% 5 - 15
6	3.4 <i>(Dünya sınıfı)</i>	% 99.9997	< % 1

* Dağılımın +/- 1.5 σ kaydığı varsayılmıştır.

Kaynak: Harry ve Schroeder, 2000, s. 17.

Altı Sigma uygulamalarında kullanılan kalite metriklerinden bazıları şunlardır (Breyfogle III, Cupello ve Meadows, 2001: 71-78):

- *Milyon Fırsattaki Hata Sayısı*,
- Süreç ortalamasının belirli spesifikasyon limitlerine olan uzaklığı temel alan *Süreç Yeterlilik Endeksleri* (Cp – Cpk),
- Yeniden işleme, ıskarta, çözümler, önleme ve değerlendirme gibi nedenlerden kaynaklanan *Kalitesizlik Maliyeti* (Pande, Neuman ve Cavanagh, 2000: 89),
- Süreç ortalamasının spesifikasyon limitlerine olan uzaklığını standart sapma cinsinden ifade eden *Sigma Düzeyi*.

3.1.2.2 Bir Strateji Olarak Altı Sigma

Altı Sigma yaklaşımının istatistiksel bakış açısı temel felsefesini yansıtmaktadır. Ancak, Altı Sigma müşteriler, paydaşlar, çalışanlar ve tedarikçiler dahil olmak üzere herkesin fayda sağlayabileceği proje tabanlı bir işletme stratejisidir. Chua (2001)'nin ifade ettiği gibi, Altı Sigma esasen israfı azaltan, kalite düzeyini yükselten ve kuruluşların finansal performanslarını artıran müşteri odaklı bir metodolojidir (Chakrabarty ve Tan, 2007: 195). Bir firmanın yatırımlarının getirisini maksimize etmek için, istatistiksel araçları, modern yönetim tekniklerini, değişim yönetimi araçlarını, proje yönetimi becerilerini, ekip çalışması becerilerini ve güçlü bir problem çözme modelini kullanarak süreçlerdeki hatalar ortadan kaldırılır.

Bir firmada Altı Sigma programı yalnızca üst yönetimin etki alanındadır. Yönetim kurumsal stratejiler doğrultusunda iyileştirilecek alanları tanımlar ve bu alanlarda projeler başlatır. Altı Sigma yaklaşımının bir maliyet tasarrufu girişiminden daha öte bir stratejik girişim olabilmesi ve kurum kültürü haline gelmesi için, iyileştirmelerin gerçekleştirilebileceği bir altyapının yönetim tarafından oluşturulması gerekmektedir (Eckes, 2001: 2). Bu, yönetimin katılımı ve örgütsel taahhüdün verilmesi, örgütsel tanımların yapılması, eğitimlerin tasarlanması ve projelerin sistematik olarak yönetilmesi gibi ihtiyaçları ortaya çıkarmaktadır.

3.1.2.2.1 Üst yönetimin desteği ve katılımı

6 σ ve geleneksel 3 σ performans düzeyleri arasındaki farkın büyüklüğü bilindiğinde, 6 σ performansını başarma kararı işlerin yapılma biçiminde radikal bir değişim gerektirmektedir (Pyzdek, 2003: 61). Altı Sigma girişiminin başarılı olması için, Altı Sigma uygulamalarının firmanın performansı ile ilgili her konunun bir parçası haline gelmesi (Henderson ve Evans, 2000: 269), örgütsel altyapının çok iyi eğitilmiş bireylerden oluşturulması ve Altı Sigma projelerinin uygulanması sürecinde tüm firmadan kaynak, zaman, para ve girişimler konusunda taahhüt alınması gerekir (Kwak ve Anbari, 2006: 712). Üst yönetim, süreç boyunca, bu girişimleri teşvik

eden, sahiplenen, sürükleyen ve kaynak sağlayan çok önemli bir role sahiptir. Harcanan zaman ve kaynak çok fazla olduğundan, firmanın üst düzey hedefleri ile Altı Sigma projeleri ve faaliyetleri arasında sıkı bir bağlantının kurulması önemlidir (Pyzdek, 2003: 61).

Altı Sigma uygulamaları genellikle üst yönetimden aşağı kademelere doğru gerçekleşen bir olgudur. Üst yönetim bu bağlamda firma düzeyindeki amaçları ve hedefleri belirler ve performans beklentilerinin zaman çizelgesini oluşturur, bir anlamda Altı Sigma girişimine nasıl odaklanılacağını gösteren yol haritasını çizer (Harry ve Schroeder, 2000: 172). Uygulamalar boyunca üst yönetimin aktif liderlik sergilemesi, firmanın güçlü bir biçimde yeniden yapılanmasını ve çalışanların davranışlarındaki kültürel değişimi büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, üst yönetim desteğinin sağlanması ilk sıralarda belirtilen kritik başarı faktörlerinden biridir (Henderson ve Evans, 2000: 269; Coronado ve Antony, 2002: 93; Kwak ve Anbari, 2006: 712; Chakrabarty ve Tan, 2007: 200; Fryer, Antony ve Douglas, 2007: 503; Nonthaleerak ve Hendry, 2008: 283). Altı Sigma girişimi, üst yönetimin kendi liderlik sorumluluğunu kabullendiği anda başlayabilir (Pyzdek, 2003: 35).

3.1.2.2.2 Örgütsel altyapı

Her firmanın Altı Sigma uygulamalarına ilişkin altyapısı, firmanın kültürüne ve stratejik iş hedeflerine bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterir. Ancak her başarı öyküsünde ortak olan faktörler bulunmaktadır (Breyfogle III, Cupello ve Meadows, 2001: 115). Üst yönetimin desteğine ek olarak, yeni düşüncelere açık bir kültürü teşvik etmek ve bu kültüre uygun roller ve sorumluluklar atamak Altı Sigma yaklaşımını uygulamak için gereken altyapı gerekliliklerindedir (Leavitt, 2002: 1).

Altı Sigma kültürünü yaratmak zaman alıcı bir süreçtir. Bu süreçte ilk olarak çalışanlara Altı Sigma yaklaşımının prensiplerini tanıtmak ve sorunları dile getirme ve bunları ortaya çıkarma yollarını göstermek gerekmektedir. Çünkü çalışanlar Altı Sigma prensiplerini anlamazlarsa, uygulamalara destek vermeyebilirler. Bundan dolayı, iletişim becerileri ve ekip çalışması gibi bazı örgütsel özellikleri yerleştirerek,

operasyonların müşteri memnuniyeti, hatalar, çevrim süresi ve iş gereksinimleri gibi terimler cinsinden tartışıldığı bir kültürün oluşturulması önemlidir (Coronado ve Antony, 2002: 94; Leavitt, 2002: 1; Henderson ve Evans, 2000: 266). Böyle bir ortamın oluşması durumunda sahiplenme hissi ve ekip halinde çalışmanın değeri artacak ve firma bütünsel bir bakış açısı kazanacaktır (Coronado ve Antony, 2002: 95).

Altı Sigma yaklaşımının bir kurum kültürü haline dönüşmesi ve başarının sürekliliği için, Altı Sigma uygulamalarında doğrudan yer alacak kritik rollerin ve sorumlulukların tanımlanması gerekmektedir. Firma yönetimi, genelde Altı Sigma için üst düzey bir yönetici (Şampiyon) atamakta ve bu kişiden firmanın birimlerinde kendisine bağlı olarak çalışan Altı Sigma organizasyonu üyeleri ile beraber Altı Sigma uygulamalarını gerçekleştirmesi beklenmektedir.

Altı Sigma yaklaşımını uygulayan firmalarda çalışanlar, yoğun bir eğitim programına tabi tutulmaktadır. Bu çalışanlara ileri düzeyde istatistik eğitimi verilmekte ve Altı Sigma projelerinin tanınması ve yürütülmesi için ilgili ekipler bilgilendirilmektedir. Eğitime tabi tutulan çalışanlar Altı Sigma çalışmaları çerçevesinde çeşitli uzmanlık seviyelerine göre ayrılarak bir kuşak sistemi oluşturulmaktadır: Şampiyon ve Sponsorlar, Uzman Kara Kuşaklar, Kara Kuşaklar, Yeşil Kuşaklar bu sistemin en önemli rolleridir. Bazen Sarı Kuşak ve Kahverengi Kuşak gibi ek roller de tanımlanmaktadır. Bunlar birbirleriyle yardımlaşarak, firmanın tüm fonksiyonları arasında değişen birçok projeye imza atmaktadırlar (Henderson ve Evans, 2000: 270). Tablo 9, kuşak sisteminde kişilerin rollerini ve sorumluluklarını göstermektedir.

Tablo 9: Altı Sigma Kuşak Sistemindeki Roller ve Sorumluluklar

Unvan	Roller	Sorumluluklar
Altı Sigma Şampiyonu	Altı Sigma altyapısını ve kaynaklarını yöneten stratejik liderler	<ul style="list-style-type: none"> – Proje faaliyetleri ile firma amaçları ve hedefleri arasında bağlantı kurmak – Altı Sigma projelerini seçmek – Projelere Kara Kuşakları atamak – Proje takımlarına sürekli rehberlik yapmak ve destek vermek – İhtiyaç duyulduğunda engelleri kaldırmak – Projelerin ilerlemesini izlemek (proje gözden geçirmeleri) – Projelerin tamamlanmasından sonra en iyi uygulamaları firma çalışanları ile paylaşmak – Proje kazançlarını geçerli kılmak ve proje üyelerini ödüllendirmek
Proje Sponsoru	Projeleri tanımlayan uzman yöneticiler	<ul style="list-style-type: none"> – Sponsorluğu yapılan projenin başarısı için mutlak sorumluluk taşımak – Projelere aktif olarak katılmak – Proje için yeterli kaynakları sağlamasını güvence altına almak – İlerlemeyi kişisel olarak takip etmek – Engellerin ve tartışmaların üstesinden gelmek – Edinilen faydaları değerlendirmek ve onaylamak
Uzman Kara Kuşak	Altı Sigma metodolojisini kullanma konusunda son derece becerikli olan ve Altı Sigma eğitiminden, yayılımından ve sonuçlarından sorumlu eğitimli kalite liderleri	<ul style="list-style-type: none"> – Süreç iyileştirmenin farklı yönlerinde, Kara Kuşak seviyesinin ötesinde uzmanlık bilgisi sağlamak (örn., ileri istatistiksel analiz, proje yönetimi, iletişim, program yönetimi, eğitmenlik, proje liderliği gibi). – Firma çapında Altı Sigma yaklaşımını uygulamak için önemli fırsatları tanımlamak – Temel Kara Kuşak eğitimi vermek – Yeşil Kuşak eğitimi vermek – Kara Kuşaklara koçluk yapmak – Kara Kuşak ve Yeşil Kuşakları sertifikalandırmak için sertifikasyon kuruluna katılmak
Kara Kuşak	Altı Sigma konusunda tam eğitimli ve donanımlı teknik uzmanlar	<ul style="list-style-type: none"> – Altı Sigma yaklaşımının kullanıldığı süreç iyileştirme projelerine öncülük etmek – Firmaya somut katkılar sağlayacak etkisi yüksek projeleri başarıyla tamamlamak – Kara Kuşak Bilgi Seti konusunda uzman olmak – Altı Sigma yaklaşımını uygulayarak somut sonuç alma konusunda gerekli yeterliliği göstermek – Süreç iyileştirme girişimlerini yönetmek – Fonksiyonel alanlar için danışmanlık yapmak – Yeşil Kuşaklara koçluk ve eğitmenlik yapmak – Sertifikasyon için Yeşil Kuşak adaylarını önermek

Tablo 9: Altı Sigma Kuşak Sistemindeki Roller ve Sorumluluklar (devam)

Unvan	Roller	Sorumluluklar
Yeşil Kuşak	Öğretme ve liderlik yeteneği olan iyi eğitilmiş kalite liderleri (Altı Sigma proje ekiplerine katılmanın dışında, rutin görevlerini de sürdürür)	<ul style="list-style-type: none"> – Yeşil Kuşak Bilgi Seti konusunda uzman olmak – Altı Sigma yaklaşımını uygulayarak somut sonuç alma konusunda gerekli yeterliliği göstermek – Altı Sigma projelerini yönetmek – Altı Sigma proje ekiplerine katılmak – Yerel iyileştirme projelerinde ekiplere liderlik etmek (Yerel Altı Sigma Şampiyonu). – Projelerde formal veri analiz yöntemlerini uygulamak için diğer iyileştirme ekipleriyle birlikte çalışmak – Yerel ekiplere öğretmenlik yapmak ve Altı Sigma bilgisini paylaşmak – Yeşil Kuşak belgesini korumak için yılda en az bir Yeşil Kuşak projesi yürütmek
Altı Sigma İyileştirme Ekibi Üyesi	Kendi sorumluluk alanlarında yürütülen spesifik projeleri destekleyen çalışanlar	<ul style="list-style-type: none"> – Ekip görevlerine aktif olarak katılmak – Diğer ekip üyeleriyle iyi iletişim içinde olmak – Temel iyileştirme araçlarında yeterlilik sahibi olmak – Ekip tarafından belirlenen görevlendirmeleri kabul etmek ve uygulamak

Kaynak: Pyzdek (2003, ss. 39 – 43); Henderson ve Evans (2000, s. 270); Coronado ve Antony (2002, s. 96.) eserlerinden derlenmiştir.

3.1.2.2.3 Eğitim

Altı Sigma projelerini gerçekleştirmek ve etkili sonuçlar alabilmek için çalışanların pek çok bilgi, yetenek ve beceriye sahip olması da çok önemlidir. Bu bilgi, yetenek ve becerilerin tanımlanması ve bunların çalışanlara sağlanması için gelişmiş planlara ihtiyaç vardır. Etkin eğitim stratejilerinin oluşturulması ve eğitimin doğru çalışanlara verilmesi, Altı Sigma yaklaşımının “ne” olduğunun ve “nasıl” uygulanacağını anlaması ve bunun için yapılan yatırımdan iyi bir geri dönüş sağlanabilmesi açısından önemli etkiye sahiptir (Leavitt, 2002: 2).

Kuşak sistemi üst yönetimden (yani Şampiyonlardan) başlayarak tüm firmaya uygulanmakta ve örgütsel hiyerarşi boyunca alt kademelere doğru yayılmaktadır. Bu sistemdeki her rolün eğitim gereksinimleri farklıdır ve aynı zamanda kuşak

sistemindeki müfredat firmadan firmaya değişmektedir (Coronado ve Antony, 2002: 95).

İdeal durumda üst düzey yöneticiler ve Şampiyonlar, süresi bir ile dört gün arasında değişen giriş niteliğinde bir eğitim almaktadırlar. Bu eğitimde, Altı Sigma yaklaşımının temel özellikleri ve araçları, altyapının ve yönetimin bu süreçteki rolü, uygulayıcıların seçimi, proje yönetimi konuları ve uygulama planı tanımlanmaktadır.

Yeşil Kuşak eğitimi, süre ve içerik olarak firmadan firmaya farklılık göstermektedir. Genelde bir ayda iki kez üçer saatlik oturumlar halinde verilen bu eğitim programı, Yeşil Kuşak projelerinden yalnızca finansal tasarruflar elde etmek amacıyla değil aynı zamanda eğitimde öğrenilenlerin gerçek hayata uygulanabileceği şekilde planlanmıştır. Temel kalite ve süreç iyileştirme araçları, ekip çalışması, proje yönetimi ve temel istatistik konuları bu eğitimin içeriğini oluşturmaktadır.

Kara Kuşaklar, Yeşil Kuşak eğitim setine ek olarak, istatistiksel tekniklerin pratik uygulamalarını ve Altı Sigma metodolojilerini daha detaylı biçimde öğrenmektedirler. Bu eğitim genellikle dört aylık bir dönem içerisinde toplam dört haftaya yayılmaktadır. Eğitimin içeriğinde ileri istatistiksel yöntemler ve ileri kalite ve tasarım iyileştirme teknikleri yer almaktadır.

Uzman Kara Kuşaklar, Kara Kuşakların aldıkları eğitime ek olarak, diğer çalışanları Altı Sigma metodolojisi hakkında eğitime, etkili ekipler yetiştirme ve etkili bir ustalık ilişkisi sergileme konularında eğitim almaktadır.

Yukarıda bahsedilen kişilerin bir kuşak sistemi içinde özel eğitim almaları Altı Sigma uygulamalarının yalnızca onların işi olduğu anlamına gelmemelidir. Elbette ki bu kişiler firma çapında Altı Sigma felsefesini yayacak olan değişim ajanlarıdır. Ancak süreçlerini herkesten daha çok bilen operatörler de temel düzeyde Altı Sigma uygulamalarına yatkın olmalıdır. Çünkü operatörler ürünlerde ve hizmetlerde kalitenin oluşmasına en çok katkıda bulunan kişilerdir (Coronado ve Antony, 2002: 95).

3.1.2.2.4 Proje yönetimi

Altı Sigma yaklaşımının başarısı, projelerin müşteri memnuniyetini ve paydaşların değerini artıracak şekilde seçilmesine, değerlendirilmesine ve uygulanmasına bağlıdır. Proje liderlerinin bu süreci izlemek için bazı temel proje yönetimi becerilerine sahip olması gerekir (Stamatis, 2003: 71). Proje yöneticileri, Şampiyonlar, Kara Kuşaklar ve Yeşil Kuşaklar, uygulamanın faydalarını en üst düzeye çıkarmak için, kaynakları yeterli miktar ve kalitede gereken zamanlarda sağlamalı ve etkin biçimde kullanabilmelidir. Bu proje yöneticilerinin çalıştıkları ekip üyeleri ile sağlıklı iletişim kurabilmeleri de en az teknik becerilere sahip olmak kadar önemlidir. Projelerin pek çoğu çalışma ajandasını oluşturma ve temel prensipleri ortaya koyma, toplantıdaki rolleri ve sorumlulukları belirleme ve toplantı yöneticisinin davranışları gibi temel proje yönetimi becerilerini sergileyememekten dolayı başarısızlığa uğramaktadır (Eckes, 2000: 98). Bu nedenle iletişim, toplantı yönetme, sunum yapma gibi teknik olmayan becerilerin geliştirilmesi için de gerekli altyapı ve eğitim sağlanmalıdır.

3.2 Altı Sigma Projeleri

Altı Sigma yaklaşımının gücü temelinde yatan “süreçlerle düşünme” kavramından gelmektedir. Firmalar süreçlerden oluşur ve bu süreçlerin çıktıları iç ve dış müşterilere iletilmektedir. Bu nedenle süreçler devamlı olarak gözden geçirilmeli ve müşteri memnuniyetini sağlamak için gereken iyileştirmeler yapılmalıdır. Altı Sigma projeleri, bu düşünce şeklini hayata geçirmek için Altı Sigma ekiplerinin kullandığı bir araçtır (Akpolat, 2004: 43).

Altı Sigma metodolojisi genellikle Şampiyonlar, Uzman Kara Kuşaklar veya diğer yöneticiler tarafından sistematik olarak seçilen ana süreçler üzerindeki özel iyileştirmelere odaklanmaktadır (Leavitt, 2002: 3). Ürün için hata oranını azaltmak, belirli bir sürecin ürettiği çıktı oranını (kapasiteyi) artırmak, ham maddenin daha etkin kullanımını sağlamak, maliyet azaltmak, teslimatın zamanında yapılmasını sağlamak, bir süreci, tasarımı veya kaliteyi iyileştirmek gibi iyileştirmeler, üst yönetimin onay verdiği projelerde ele alınmaktadır. Kara Kuşaklar veya Yeşil

Kuşaklar, proje ekipleri ile birlikte iyileştirmeye konu olan problemleri ortadan kaldırmak veya bunların etkilerini minimize etmek amacıyla harekete geçmektedir (Stamatis, 2003: 19). Önemli sayılan pek çok faktör arasında, “doğru projeler” ve “doğru kişiler”, başarılı bir Altı Sigma uygulamasının en temel iki bileşeni olarak görülmektedir (Zinkgraf, 1998: 173).

İdeal bir Altı Sigma projesi, doğrudan stratejik hedefler ve operasyonel planlarla bağlantılı, firma çapında öneminin farkına varılan, makul bir zaman periyodunda (genellikle 3 ve 6 ay arasında) tamamlanabilecek bir kapsamı olan ve yönetim tarafından desteklenen ve onaylanan bir projedir (Leavitt, 2002: 4). Seçilen Altı Sigma projelerinin, yatırımın geri dönüş oranı, süreç performansı ve müşteri memnuniyetine ilişkin sıçrama niteliğinde sonuçlar getirmesi beklenmektedir. Bu nedenle projeler, çok dikkatli araştırma, analiz, uygulama ve izleme süreçlerinden geçmektedir.

3.2.1 Altı Sigma Projelerinin Özellikleri

Altı Sigma yönteminde amaç, müşteri ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik performans ölçütlerinin sigma düzeyini artırmaktır. Bu ölçütler genellikle bir ürünün, bir sürecin ya da bir hizmetin kritik kalite karakteristiği (KKK) olarak tanımlanmaktadır. KKK'lar iyileştirme ya da tasarım girişimleri ile müşteri ihtiyaçları arasındaki bağlantıyı kurmaktadır (Chakrabarty ve Tan, 2007: 201). Bir başka deyişle, KKK'lar müşterilerin bir ürün ya da hizmetten beklentileridir ve Altı Sigma terminolojisinde KKK, genellikle iyileştirme alanı (iyileştirilecek sürecin kritik sonuçları veya spesifikasyon limitleri) olarak adlandırılmaktadır (Pande, Neuman ve Cavanagh, 2000: 28). Bunlar bir çeşit bağımlı değişken (Y) olarak da düşünülebilir. Y'ler kendiliğinden değil, geri plandaki bazı girdilerin (X) değişkenlikleri sonucu değişmektedir. Bu nedenle, Altı Sigma projelerinde önemli olan, Y sonucunu (KKK'yı) etkileyen önemli girdilerin bulunmasıdır. Teslimat süresi, hizmet süresi, maliyet, ürün kalitesi gibi sonuçlar bazı KKK örneklerindedir.

KKK'lar bazen doğrudan projelere dönüştürülebilmektedir. Ancak, pek çok durumda, işletme seviyesinde belirlenen KKK'lar (veya potansiyel projeler), geniş kapsamlı ya da çok belirsiz olmakta ve yönetilmeleri zorlaşmaktadır. Bu nedenle KKK'lar operasyonel süreçler seviyesine indirgenerek tanımlanmaktadır (Akpolat, 2004: 47).

Altı Sigma uygulamalarında KKK'lar proje bazında ele alınarak, beş aşamadan oluşan sistematik bir problem çözme metodolojisi ile iyileştirilmektedir (Goh ve Xie, 2004: 236). Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol aşamalarından oluşan ve TÖAİK⁵ metodolojisi olarak bilinen bu sistematik problem çözme modeli, müşteriler için önemli olanı öğrenmeye, hedefe odaklanmaya, değişkenliği en aza indirmeye ve sorunları azaltmaya yardımcı olmaktadır (Stamatis, 2003: 15). TÖAİK metodolojisinin aşamaları ve bu aşamalarda gerçekleştirilen temel faaliyetleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: Altı Sigma Projesinin Aşamaları ve İlgili Faaliyetleri

Proje Aşaması	Faaliyetler
Tanımlama Kritik Kalite Karakteristiği	<ul style="list-style-type: none"> • İyileştirme ihtiyacının belirlenmesi • Proje gereksinimlerinin tanımlanması
Ölçme Metrikler (Y)	<ul style="list-style-type: none"> • Süreç performansının ölçülmesi • Problem kaynaklarının ve iyileştirme alanlarının saptanması
Analiz Kritik Girdiler (X)	<ul style="list-style-type: none"> • Problemlerin kök nedenlerinin veya iyileştirme için kritik faktörlerin belirlenmesi
İyileştirme Optimal durum	<ul style="list-style-type: none"> • Problem çözümlerinin veya iyileştirme faaliyetlerinin belirlenmesi ve uygulanması
Kontrol Standartlaştırma	<ul style="list-style-type: none"> • Yeni süreç koşullarının kararlı hale getirilmesi • Yeni sürecin standartlaştırılması ve öğrenilen kritik bilgilerin paylaşılması

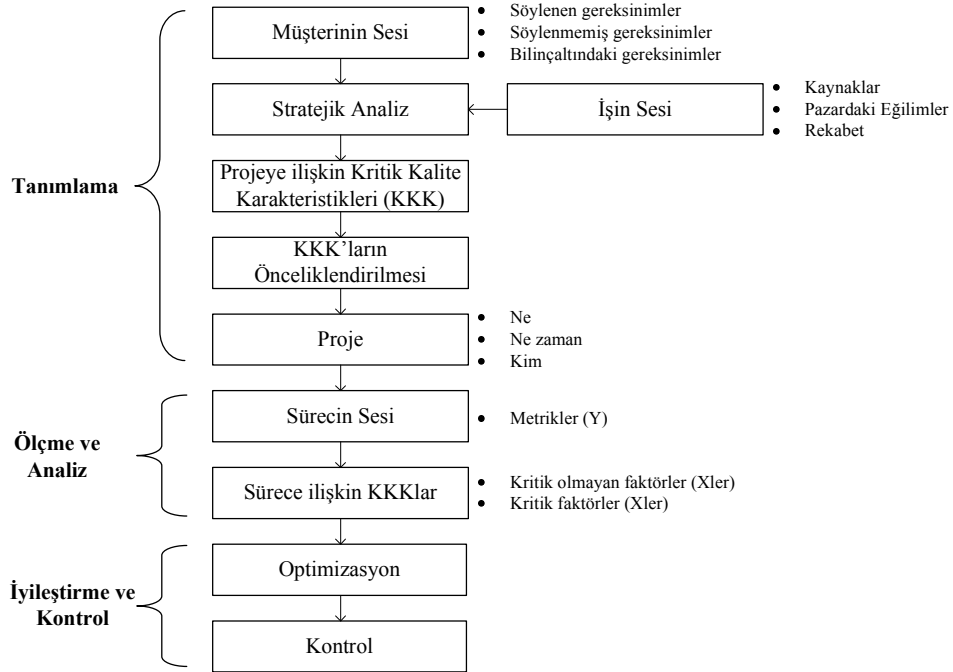
Kaynak: Akpolat (2004: s. 43).

Tanımlama aşamasında, iyileştirme alanı (süreç) ve kalitesizlik maliyetini gösteren parametreler belirlenmekte ve projenin tamamlanma süresi, ekip üyeleri ve

⁵ Altı Sigma terminolojisinde bu model, İngilizce karşılığı olan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) kısaltması ile kullanılmaktadır.

gerekli kaynaklar gibi proje gereksinimleri tanımlanmaktadır. Müşterinin sesi ve işin sesi, stratejik analizde aktif ve önemli bir role sahiptir. Bu iki faktör özellikle projelerin seçiminde ve önceliklendirilmesinde dikkate alınmaktadır. Ölçme ve analiz aşamalarında, süreç performansının mevcut durumunu ölçmek için veriler toplanmakta ve bu veriler, istenen çıktıyı elde etmek için sürece uygulanacak $Y=f(X)$ ilişkisi şeklindeki değişiklikleri belirlemek üzere analiz edilmektedir. Daha sonra bu değişiklikler iyileştirme aşamasında uygulanmaktadır. Kontrol aşamasında ise, süreç değişikliklerinin kararlı hale gelmesini ve sürecin eski haline dönmemesini sağlayacak faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Bu aşama elde edilen kazançların sürdürülebilirliğini sağlamak ve sonuçları kurumsallaştırmak açısından önemlidir. Bu faaliyetlerin akışı ve birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 16’da gösterilmiştir.

Şekil 16: Tipik bir Altı Sigma Projesinin Akış Diyagramı



Kaynak: Akpolat (2004: s. 44).

Bir firmada yürütülen her Altı Sigma projesi, TÖAİK sürecini izlemekte ve maliyet azaltma veya kar artırma gibi finansal hedeflerle ölçülmektedir. Proje

fikirleri süreç değerlendirmeleri, müşteri ve çalışan anketleri ve önerileri, kıyaslama çalışmaları ve mevcut projelerin devamı niteliğindeki genişletme girişimleri gibi herhangi bir kaynaktan gelebilmektedir. Bu fikirler tamamen yeniden işleme, ıskarta gibi temel israf kaynaklarına, müşteri veya çevre ile ilişkili önemli problemlere, tükenen pazarlarda kapasite sınırlamaları gibi fırsatlara odaklanmaktadır. Bu fırsatları tanımlamak için bütçe kalemleri ve kalite maliyetine ilişkin çalışmalardan faydalanılmaktadır (Conway, 1992: 126).

Firmanın bir sorununu çözen, sayısallaştırılabilen, ölçülebilen ve makul bir zaman içerisinde tamamlanabilen bir proje iyi bir proje olarak görülmektedir (Stamatis, 2003: 20). Dolayısıyla bir iyileştirme girişimine karar vermeden önce, pek çok açıdan kapsamlı analizlerin yapılması gerekmektedir. Düşünülmesi gereken kısımlar, müşterinin sesi, süreçlerin mevcut durumu, kaynakların bulunabilirliği ve firma açısından faydalarıdır. Bir iyileştirme ihtiyacının belirlenmesi, yani doğru Altı Sigma projesinin seçimi, tanımlama aşamasındaki kritik faaliyetlerden biridir ve her zaman proje seçimi ile ilişkili potansiyel bir risk bulunmaktadır (Akpolat, 2004: 45). Bu risklerden ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak söz edilecektir.

Literatürde proje seçimi ile ilgili pek çok kriter öne sürülmektedir. Bu kriterleri altı genel başlıkta toplamak mümkündür. Bunlar, müşteriye etkisi, finansal etkisi, üst yönetimin taahhüdü, ölçülebilirliği ve yapılabilirliği, öğrenmeye ve büyümeye katkısı ve kurumsal stratejilerle ve temel yetkinliklerle bağlantısıdır. Tablo 11’de Altı Sigma projelerinin seçimi için kullanılacak kriterleri tanımlayan bazı çalışmalar özetlenmiştir. Sözü edilen seçim kriterleri altında bu çalışmaların vurguladıkları temel başlıklar bu tabloda işaretlenmiştir. Tablo 11’den de görüldüğü gibi, seçim için tek bir kriter bulunmamaktadır, ancak her Altı Sigma projesinde aranan kriter projenin firmaya finansal kazançlar cinsinden getireceği faydalardır. Aslında finansal kazançlar, projelerin kurumsal stratejilerle ve temel yetkinliklerle bağlantılı olmasının sonucu olarak ortaya çıkmakta ve önemli bir gösterge haline gelmektedir. Bu nedenle doğru projeyi seçmek için, projenin finansal faydaları gerçeği yansıtacak şekilde değerlendirilmelidir.

Tablo 11: Altı Sigma Projelerinin Seçim Kriterleri

Altı Sigma projelerinin seçiminde kullanılan kriterler	Harry ve Schroeder (2000)	Pande, Neuman ve Cavanagh (2000)	Snee (2001)	Goldstein (2001)	Breyfogle III, Cupello ve Meadows (2001)	Leavitt (2002)	Pyzdek (2000, 2003)	Coronado ve Antony (2002, 2004)	Kwak ve Anbari (2006)	Chakrabarty ve Tan (2007)
Müşteriye etkisi	☺	☺			☺		☺	☺		☺
Finansal etkisi	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Üst yönetimin taahhüdü		☺				☺		☺	☺	☺
Ölçülebilirliği ve yapılabilirliği	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺		☺	
Öğrenmeye ve büyümeye katkısı		☺						☺	☺	☺
Kurumsal stratejilerle ve temel yetkinliklerle bağlantısı	☺	☺	☺		☺	☺	☺	☺		

Kaynak: Banuelas ve diğerleri (2006: s. 520)'dan yeniden derlenerek ve genişletilerek alınmıştır.

Proje seçimini genellikle üst düzey yöneticiler ve Şampiyonlar yapmaktadır. Ancak son karar üst yönetimden gelmektedir (Banuelas ve diğerleri, 2006: 516).

3.2.2 Altı Sigma Projelerinin Türleri

Projelerin büyüklüğüne ve kapsamına bağlı olarak üç tür Altı Sigma projesi bulunmaktadır (Akpolat, 2004: 64): Kara Kuşak (KK) projesi, Yeşil Kuşak (YK) projesi ve Kaizen projesi. Altı Sigma projeleri genellikle proje süresi ve/veya önemine göre KK ve YK projeleri olarak ayrılmaktadır. Kaizen projeleri ise, çok yoğun veri toplama ve analiz gerektirmeden yapılabilen projelerdir. Bu proje türlerinin temel özellikleri Tablo 12'de verilmiştir. Tipinden bağımsız olarak, tüm Altı Sigma projelerinin mutlaka bir Sponsoru veya Şampiyonu olması gerekmektedir.

Tablo 12: Kapsamına göre Proje Türleri

	KK projesi	YK projesi	Kaizen projesi
Takım büyüklüğü	5 – 8 takım üyesi	3 – 5 takım üyesi	3 kişiden az
Projenin tamamlanma süresi	3 – 5 ay	1 – 2 ay	1 aydan az
Kapsam	Yoğun veri toplamayı ve analizini gerektiren fonksiyonlar arası ve/veya kompleks süreçlerin analizi ve iyileştirilmesi	Genellikle kendi departmanında veya biriminde, küçük ve daha basit süreçlerin analizi ve iyileştirilmesi	Süreç iyileştirme için derin analizler gerektirmeyen fikirler ve öneriler

Kaynak: Akpolat (2004: s. 67):

TÖAİK, hata önleme amacı ile süreç iyileştirme projeleri için kullanılan bir metodolojidir (Goh ve Xie, 2004: 236). Bazı durumlarda, örneğin yeni bir ürün veya hizmet tasarlarken ve/veya pazara sürerken, TÖAİK modelinin bir diğer türü olan Tasarım için Altı Sigma (TİAS⁶) modeli kullanılmaktadır. TİAS modeli, Altı Sigma kavramlarını, Tanımlama, Ölçme, Analiz, Tasarım ve Doğrulama aşamalarını kullanarak, özellikle tasarım süreçlerine uygulamaktadır (Akpolat, 2004: 44). TİAS modeli, problemleri gerçekleşmeden önce önlemeye çalışan proaktif bir yaklaşım sunmaktadır. Bu iki model birlikte Altı Sigma metodolojisini oluşturmaktadır. Şu anda TÖAİK yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır. TİAS ise literatürde ve uygulamada yeni ele alınmaya başlanan bir yaklaşımdır (Stamatis, 2003: 16). Bazı uygulamalarda Altı Sigma projeleri, TÖAİK projesi ya da TİAS projesi şeklinde de ifade edilmektedir.

Altı Sigma projeleri problemin türüne ve faydaların gerçekleştiği tasarruf türüne göre ele alınmaktadır (Tablo 13). Altı Sigma projeleri, somut ya da soyut tasarruflar sağlarlar. Somut tasarruflar, yapılan harcamalardaki gerçek azalmaya; soyut tasarruflar ise, projeden elde edilmesi beklenen projeksiyonu yapılmış harcama miktarlarındaki azalmaya karşılık gelmektedir (Pyzdek, 2003: 211).

Somut tasarruflar, harcamaların yıllık bazda finansal analizi yapılarak ve harcama ve bütçe değişkenliğini azaltmanın yolları aranarak bulunmaktadır. Gelir

⁶ Altı Sigma terminolojisinde bu model, İngilizce karşılığı olan DFSS (Design for Six Sigma) kısaltması ile kullanılmaktadır.

artışı şeklinde yansıyan tasarruflar, satılan ürün miktarını doğrudan etkileyen projelerden elde edilebilmektedir. Somut tasarruf kategorileri, maliyet azaltma ve gelir artırma şeklindedir.

Soyut tasarrufları sayısallaştırmak ve görmek ise daha zordur. Bu tür tasarruflar stoklara bağlı nakitlerin azaltılması ve sermayenin harcanma miktarının azaltılması ile elde edilebilmektedir. Soyut tasarruflar gelecekteki sermaye bütçeleme ve kurumsal nakit akışı gereksinimlerini etkilemektedir. Soyut tasarruf kategorileri, nakit akışlarının iyileştirilmesi, maliyet artışını önleme ve sermaye kullanımından kaçınma şeklindedir (Snee ve Rodebaugh, 2002: 78).

Tablo 13: Somut ve Soyut Tasarruflar

Tasarruf Türü	Tasarruf Kategorisi	Tanım
Maliyet Azaltma	Somut	Önceki yılın harcamalarını temel alarak harcamaların azaltılması
Gelir Artırma	Somut	Çok fazla sermaye kaynağı kullanılmadan herhangi bir süreçte üretim kapasitesinin artırılması ve bu şekilde daha yüksek talep düzeylerinin karşılanması
Nakit Akışlarını İyileştirme	Soyut	Stoklara, geç tarihli alacaklara ve erken tarihli ödemelere bağlanan nakit akışlarının miktarının azaltılması
Maliyet Artışını Önleme	Soyut	Gelecekteki harcamaların ertelenmesi veya ortadan kaldırılması
Sermaye Kullanımından Kaçınma	Soyut	Gelecekte sermaye kullanımının ertelenmesi veya ortadan kaldırılması

Kaynak: Snee ve Rodebaugh (2002: s.79)

Somut ve soyut tasarruflarla çeşitli Altı Sigma proje alanları arasında bağlantı kurmak önemlidir. Bu bağlantı her zaman net şekilde kurulamamaktadır, çünkü bazı proje alanları birden çok kategoriye girebilmekte ve somut/soyut tasarruf ayrımı belli olmamaktadır. Genel olarak Altı Sigma projeleri, satışları artırmak için kapasitenin artırılması, kalitenin iyileştirilmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması, maliyetlerin azaltılması ve nakit akışlarının artırılması alanlarında gerçekleştirilmektedir. Tablo 14'te gösterildiği gibi, her proje alanında çeşitli türde projeler yer alabilmektedir.

Kapasite artırma alanında kapasite oranı projeleri; kalite iyileştirme ve müşteri memnuniyeti alanlarında kalite ve zamanında teslimat projeleri yer alır. Projelerin pek çoğu maliyet azaltma alanından gelir ve bu projeler ham madde, iyi ürün oranı, doğal kaynakların ve enerjinin sarfiyatı ve bakıma yöneliktir. Nakit akışlarını artırma alanı ise nakit/stok düzeyleri ve Ar&Ge/laboratuvar verimliliği gibi projeleri içerir.

Proje tasarrufları, gerçek rakamlarla ifade edilen Kritik Performans Göstergeleri (KPG) ile ölçülmektedir. Anlaşılması kolay ve başarıyı doğrudan gösteren bir ölçüt olduğu için, bu sonuçlar genellikle finansal terimlerle tanımlanmaktadır. Finansal faydalar dışında, diğer KPG'ler müşteri memnuniyeti ve verimlilik cinsinden terimlerle ifade edilmektedir (Chakrabarty ve Tan, 2007: 203).

Bir firma Altı Sigma uygulamalarında olgunlaştıkça, KK ve YK projelerinin kapsamı zamanla değişmektedir. İlk KK projeleri daha çok kapasite oranına odaklanan ve tamamlandıkça ek satışlar sağlayarak gelirleri büyük oranda artıran projeler iken, yıllar geçtikçe bu projeler daha çok büyük maliyetlere yol açan sorunlara yönelmektedir. Daha sonra ise doğal kaynak ve enerji sarfiyatı, ham madde ve stok alanlarına yönelik projeler gerçekleştirilmektedir. Ancak bu projeler, kapasite oranı ve maliyetlere yönelik projeler kadar yüksek önceliğe sahip olmamaktadır. Altı Sigma uygulamalarından sürekli ve tutarlı biçimde tasarruf elde etmek için, daha ileri Altı Sigma proje seçim yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir (Snee ve Rodebaugh, 2002: 80).

Tablo 14: Proje Alanlarına İlişkin Tasarruf Örnekleri

Proje Alanı	Proje Türü	Tanım	Tasarruf Türü
Satışları artırmaya yönelik kapasitenin artırılması	Üretim Kapasitesi	Üretim kapasitesini temel düzeyin üstüne çıkarmak	Gelir Artırma
		Gelecekteki talepleri aynı ekipmanı kullanarak karşılamak	Sermaye Kullanımından Kaçınma
Kalitenin iyileştirilmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılması	Kalite	Cp ve Cpk gibi süreç yeterlilik endekslerinin düzeylerini artırmak	Maliyet Azaltma veya sayısallaştırmamayan tasarruflar
	Zamanında teslimat	Siparişe yönelik memnuniyeti artırmak	Sayısallaştırmamayan tasarruflar
Maliyetlerin azaltılması	Hammadde	Daha ucuz hammaddeleri kullanmak veya ham maddeleri daha iyi kullanmak	Maliyet Azaltma
	Hatasız ürün oranı	Nihai hatasız ürün oranını artırmak	Maliyet Azaltma
	Doğal kaynakların ve enerjinin sarfiyatı	Sarf kaynakların maliyetini azaltmak	Maliyet Azaltma
	Bakım	Özellikle yedek parçaların daha az kullanımı sayesinde bakım maliyetlerini azaltmak	Maliyet Azaltma
Nakit akışlarının artırılması	Nakit/stok düzeyi	Stok düzeyini azaltmak veya alacaklarla ilgili süreci iyileştirmek	Nakit Akışlarını İyileştirme
	Ar&Ge / laboratuvar verimliliği	Çevrim süresi ve laboratuvar verimliliği ile ilgili konular	Maliyet Azaltma

Kaynak: Snee ve Rodebaugh (2002: s. 80)

3.2.3 Altı Sigma Projelerinde Kullanılan Değerleme Teknikleri

Projelerin ilk aşamasında proje maliyetleri, zaman çizelgeleri ve performansları ile ilgili belirsizlikler söz konusu olduğundan, potansiyel projeler havuzundan “doğru” projeyi seçmek başlı başına bir iştir (Jung ve Lim, 2007: 55). Maliyeti azaltmak ve verimliliği artırmak amacıyla, pek çok firma Altı Sigma programını ajandasında ilk sıraya koymakta ve her yıl binlerce Altı Sigma projesini uygulamaktadır. Bu projeler genellikle büyük sermaye yatırımları gerektirdiğinden, özellikle de küçük kar marjına sahip ürünleri olan firmalar için, yapılan yatırımın

elde edilen faydalarla karşılaştırılması ve analizlerin dikkatli bir şekilde yapılması önemlidir (Kumar ve diğerleri, 2008: 456).

Altı Sigma projelerini değerlendirmek ve adaylardan optimum bir portföy oluşturmak için çeşitli proje değerlendirme ve önceliklendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Ekonomik analiz (NBD, iç karlılık oranı), sayısal puanlama modelleri ile beyin fırtınası ve Delphi gibi nitel karar verme teknikleri bu amaçla kullanılan başlıca yöntemlerdir (Jung ve Lim, 2007: 58).

Ekonomik analiz (ya da fayda-maliyet analizi), standart altı ürün ya da hizmet üreten süreçleri iyileştirmenin fayda ve maliyetini ölçmek için yapılan finansal analizleri kapsamaktadır. Sayısal puanlama modelleri ise, projeleri yönetimin oluşturduğu çeşitli kriterler bazında puan atama yoluyla subjektif olarak değerlemektedir. Bu model uygulanırken, projenin durumu incelenmekte ve başarısına ilişkin olasılıklar tahmin edilmektedir. Analitik Hiyerarşi Süreci, Pareto Öncelik Endeksi gibi yöntemler bu alana girmektedir. Delphi yöntemi ise, grup halinde karar verme tekniğidir. Gruptaki teknik liderlerden, bağımsız ve gizli olarak başarı olasılığına ilişkin bir tahmin yapmaları istenmektedir. Sonuçlar, uzlaşmaya varıncaya kadar grup olarak tartışılmaktadır.

Altı Sigma yaklaşımında ilk amaç hataları azaltmak ve nihai amaç net gelirleri artırmak olduğundan, bu süreçte genellikle elde edilen finansal tasarruflar üst düzey yöneticilerin dikkatini çekmektedir (Raisinghani ve diğerleri, 2005: 504). Net maliyet tasarrufları, milyon fırsattaki hata sayısı, kalitesizlik maliyeti, çevrim süresi, müşteri memnuniyeti, stok düzeyleri, süreç yeterlilik endeksleri, hatasız ürün oranı, ıskarta oranı gibi pek çok gösterge, proje başarısını değerlendirmek ve izlemek için temel metrikler olarak kullanılmaktadır.

Üretim ve hizmet firmaları, Altı Sigma projelerini değerlendirmek için ana metrik olarak daha çok “net maliyet tasarrufu” kriterini benimsemektedirler (Banuelas ve diğerleri, 2006: 524). Çünkü Altı Sigma uygulamalarında günümüzdeki eğilim, tüm metrikleri (milyon fırsattaki hata sayısı gibi) iş dünyasında kurumsal

performansın asıl ölçütlerinden biri olan maliyet terimlerine dönüştürmek yönündedir. Zaten önerilen bir projenin onaylanması için, Altı Sigma projesinin lideri, yapılacak yatırıma karşılık iyileştirme sayesinde elde edilecek maliyet tasarruflarını sunarak, yani yatırımın geri dönüşünü belirterek, yetkili onay komitesini ikna etmek zorundadır (Ravichandran, 2007: 443). Bu nedenle ekonomik analiz, diğer değerlendirme ve önceliklendirme yöntemlerine kıyasla, bir Altı Sigma projesini değerlemede en çok kullanılan yöntem olarak ortaya çıkmaktadır (Banuelas ve diğerleri, 2006: 523).

Uygulamada ekonomik analiz başlığı altında NBD ve iç verim oranı gibi kavramlara dayalı geleneksel sermaye bütçeleme teknikleri yer almaktadır. Parr (2006)'ın da belirttiği gibi, bu teknikler farklı Altı Sigma projeleri arasından kuruluşa en çok fayda sağlayan projeleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Ancak pek çok Altı Sigma uygulayıcısı hala projelerin finansal analizlerini tam ve dikkatli biçimde gerçekleştirememekte ve bundan dolayı bu tür analizlerin finansman biriminden destek alınarak gerçekleştirilmesi önerilmektedir (Ravichandran, 2007: 443).

Altı Sigma projesine başlamadan önce proje fikrinden elde edilecek potansiyel tasarrufların sayısallaştırılması ve proje süresince ortaya çıkan finansal etkilerin izlenmesi gerekmektedir (Leavitt, 2002: 4). Tasarrufların sayısallaştırılmasında ve analizinde genellikle karşılaşılan temel problem, maliyetin faydaya göre daha kolay tahmin edilmesidir. Maliyet, firmanın sahip olduğu kaynaklar üzerindeki taleplerdir ve genellikle, bütçede oldukça kesin ifadelerle ölçülebilmektedir. Buna karşılık, faydalar, gelecekteki olaylara ilişkin ileriye dönük tahminlerdir. Bunlar ise fayda-maliyet karşılaştırması yapabilmek için genellikle parasal terimler yerine farklı birimler cinsinden ifade edilirler. Bu problem, özellikle kalite iyileştirme projelerinin söz konusu olduğu yerlerde daha fazla hissedilmektedir (Pyzdek, 2003: 190).

Bir diğer problem ise, projenin değerini doğru yansıtan bir değerlendirme tekniğinin kullanılmamasıdır. Altı Sigma projelerinin finansal analizlerinde de genellikle İNA temelli değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır. İNA temelli bir değerlendirme yönteminde, tüm gelecek nakit akışlarından projeksiyonu yapılmış

iyileştirmelerin ve bunların hayata geçirilmesinin maliyetleri çıkarılarak eldeki Altı Sigma projesinin değeri tahmin edilmektedir. Halbuki Mader (2004: 66)'in de ifade ettiği gibi, belirli bir projenin bu yöntemlerle elde edilen tahmini değeri, iyileştirme ve uygulama ile ilgili belirsizlikleri ve riskleri yansıtmamaktadır. Örneğin, bir proje tanımlanan zaman çizelgesi içinde tamamlanmayabilir veya proje konusu olan ürünün tasarımının ya da önerilen bir iyileştirmenin gerçekleştirilmesi zor olabilir. Aynı zamanda bahsedilen yöntemler, belirsizlikler karşısında bir Altı Sigma projesini yürüten proje liderinin sahip olabileceği yönetsel esneklikleri de dikkate almamaktadır.

Bu çalışmanın 1.4 ve 1.5 bölümlerinde İNA temelli sermaye bütçeleme tekniklerinin temel özellikleri ve proje değerlendirme açısından getirdikleri problemler (doğru iskonto oranının belirlenmesi, finansal olmayan verilerin göz ardı edilmesi, iskonto oranının projenin ömrü boyunca sabit kaldığının varsayılması, projenin gerçek karlılığını göstermemesi gibi) ayrıntılı biçimde açıklanmıştı. Bu yöntemler Altı Sigma projelerinin değerlemesinde de hem teknik hem de bir analiz aracı olarak kullanılması açısından yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, bahsedilen yetersizliği giderecek ve projelerin değerini daha doğru biçimde yansıtacak yeni bir değerlendirme modeli tanıtılmaktadır. Reel opsiyonlara dayalı olarak kavramsal çerçevesi oluşturulan bu değerlendirme modeli bir sonraki bölümde detaylı olarak ele alınmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ALTI SİGMA PROJELERİNDE REEL OPSİYONLAR

Projeler, büyüklük, süre, hedefler, belirsizlik, karmaşıklık, hız ve diğer boyutlara göre farklı olabilmektedir. Bir projenin ne kadar farklı veya “kendine özgü” olduğu önemli değildir, her proje belirli bir miktarda belirsizlik içerir ve risksiz proje yoktur (Tüysüz ve Kahraman, 2006: 560).

Bazı çalışmalar bir projedeki riskleri yönetebilme yeteneğinin projenin başarısı üzerinde doğrudan etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Elkington ve Smallman: 2002; Raz, Shenhar ve Dvir, 2002). Herhangi bir projenin başarısı, zamanında tamamlama, belirli bütçe limitleri içinde kalma ve istenen performansı elde etme gibi parametrelerle ölçülmektedir (Dey, 2001: 634). Bu parametreleri gerçekleştirmenin önündeki temel engeller ise, proje ortamındaki değişikliklerdir. Proje çıktısındaki belirsizlikler arttıkça, başarı parametrelerinde de buna bağlı olarak sapmalar meydana gelmektedir. Bu nedenle firmalar ve proje ekipleri, istenen başarı düzeyine ulaşmak için proje risklerine karşı hazırlıklı olmalıdırlar.

Altı Sigma projeleri, özellikle Kara Kuşaklar tarafından yürütülen projeler, çoğu zaman karmaşık, yüksek risk içeren ve büyük ölçekli projelerdir. Bu projeler firmanın pek çok biriminden kaynak tüketmekte ve projenin yaşam çevrimi boyunca projenin tanımlanması, proje planının oluşturulması, çeşitli çıkar gruplarının (proje sahibi, proje çalışanları, müşteriler, diğer paydaşlar) varlığı, kaynakların bulunabilirliği, projenin hedefine ulaşması ve sonuçlarının uygulanabilirliği, ekonomik çevre, yasal düzenlemeler gibi çeşitli belirsizliklere maruz kalmaktadır. Bu belirsiz faktörlerin sonucu olarak ortaya çıkan maliyet ve zaman aşımaları ile projenin yetersiz kalitesi firma yönetimini hayal kırıklığına uğratmaktadır. Her başarısız proje firmaya finansal kayıplar ve memnuniyetsiz çalışanlar olarak yansımaktadır. Eckes (2001: 63), Altı Sigma projelerinin yaklaşık %20’sinin iptal edildiğini belirtmektedir.

Bu başarısızlıkların ve hayal kırıklarının nedeni, çoğu zaman doğru Altı Sigma projelerinin seçilmemiş olmasıdır. Altı Sigma proje seçim süreçlerinde en çok dikkate alınan ölçüt projenin sağlayacağı finansal faydalardır, ancak kullanılan mevcut değerlendirme yöntemleri, projeye özgü belirsizlikleri ve riskleri doğru yansıtmamaktadır. Dolayısıyla projenin gerçek karlılığı gösterilememekte ve değer yaratabilecek bazı projeler seçim aşamasında elenebilmektedir. Halbuki belirsizlikler her zaman olumsuz sonuçlar getirmez, aksine doğru yönetildiğinde kazanç sağlayan fırsatlara dönüşebilirler. Belirsizlikten değer yaratmanın yolu ise sahip olunan opsiyonların yani yönetsel esnekliklerin farkında olmak ve bunları da hesaba katmaktır. Bu nedenle Altı Sigma projelerinin değerlemesine geleneksel fayda-maliyet analizlerinin uygulanması yeterli değildir.

Bu çalışmada, mevcut değerlendirme yaklaşımlarının yetersizliklerine çözüm olarak, Altı Sigma projelerine ilişkin yatırım kararlarını analiz etmek için reel opsiyonlar yaklaşımını temel alan ve bu yaklaşımın uygulanmasını teşvik eden kavramsal bir değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Bu model, Altı Sigma projelerinden elde edilen maliyet tasarruflarında değişkenliğe yol açan belirsizlik kaynaklarını tanımlamakta ve bunların proje değeri üzerinde etkisini tam olarak analiz etmenin yolunu göstermektedir.

Bu bölümde öncelikle Altı Sigma projelerinin özellikleri ile bir alım opsiyonunun parametreleri arasındaki eşleşme gösterilmiş ve bu parametreleri tahmin etme yöntemleri anlatılmıştır. Daha sonra geliştirilen kavramsal Reel Opsiyon Değerleme Modeli tanıtılmış ve modelin uygulama aşamaları ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

4.1 Altı Sigma Projelerinin Bir Alım Opsiyonu Olarak Modellenmesi

Altı Sigma projelerinde problemlerin temel nedenlerini ortadan kaldırmak, operasyonel verimliliği artırmak ve çalışanları eğitmek için yapılan harcamalar, genellikle harcamaların yapıldığı zaman periyodundan daha sonra firmaya fayda getirmektedir. En büyük getiri, sürekli ek bilgilerin yaratılması yoluyla sahip olunan

bilgi havuzunun ve teknolojinin gelişmesidir. Bu nedenle, Bisgaard ve Freiesleben (2004: 60)'in de belirttiği gibi, Altı Sigma projelerine yapılan harcamalar maliyet olarak değil, bir teknoloji yatırımı olarak düşünülmelidir. Böyle bir yatırımda, projenin tamamlanması ile elde edilen varlığın değeri ve projeyi tamamlamanın beklenen maliyeti durum değişkenleri olarak alınabilir. Bu iki değişken arasındaki fark, projeye yatırım yapmanın değerini vermektedir.

Reel opsiyonlar yaklaşımını kullanarak, bir firmanın belirsizlik altında bir Altı Sigma projesine yatırım yapmasının ekonomik açıdan değerlendirilmesi problemi şu şekilde tanımlanabilir:

- (i) Altı Sigma projesine yatırım yapmaktan doğan maliyet tasarrufları,
- (ii) Altı Sigma projesini gerçekleştirmek için yapılan yatırım maliyeti,
- (iii) Altı Sigma projesine yatırım yapma opsiyonunun kullanılabilmesi için zaman periyodu,
- (iv) Altı Sigma projesine yatırım yapmaktan doğan maliyet tasarruflarının belirsizliği,
- (v) risksiz faiz oranı,
- (vi) firmanın Altı Sigma projesine yatırım yapamamasının veya projenin başarısız olmasının maliyeti

bilgileri verildiğinde amaç, maliyet tasarruflarındaki belirsizliği dikkate alarak, yatırım yapma opsiyonunun değerini maksimize etmektir. Bu çalışma kapsamında, firmanın nakit akışlarını artırmak için yeni bir Altı Sigma projesine yapacağı yatırım, hisse senedi üzerine yazılan bir alım opsiyonuna benzetilmektedir. Çünkü bir firma Altı Sigma projelerine yatırım yaparak süreçlerini iyileştirme ve böylelikle gelirlerini artırma hakkına sahiptir, ancak bunun hiçbir zorunluluğu bulunmamaktadır.

Reel opsiyonlar teorisi, ekonomik olarak elverişli olduğunda, üst yönetimin Altı Sigma projelerine yatırım yapma opsiyonunu kullanma seçeneğine sahip olduğunu varsaymaktadır. Burada opsiyonun ne zaman kullanılması gerektiğini bilmek önemlidir. Reel opsiyonlar kavramı altında, bir Altı Sigma projesinin belirli bir aşamasına yatırım yapma, projeyi erteleme, projeyi durdurma gibi kararlar birer opsiyon olarak görülebilir. Bir Altı Sigma Projesine yapılan yatırımın özellikleri ile

bir hisse senedinin üzerine yazılan alım opsiyonunun değerini belirleyen parametreler arasındaki eşleşme Tablo 15’te gösterilmiştir.

Tablo 15: Altı Sigma Projeleri ile Opsiyon Parametrelerinin Eşleştirilmesi

Finansal Opsiyonlar	Değişken	Altı Sigma Projesine İlişkin Reel Opsiyonlar
Opsiyon değeri	C	Altı Sigma projesine yatırım yapmanın değeri
Hisse fiyatı	S	Altı Sigma projesine yapılan yatırımdan doğan maliyet tasarruflarının bugünkü değeri
Kullanım fiyatı	X	Altı Sigma projesine yatırım yapma maliyetinin bugünkü değeri
Vadesi	T	Projeye yatırım yapma opsiyonunun kullanılabileceği (geçerli olduğu) zaman periyodu
Hisse senedinin getirilerinin volatilitesi	σ	Belirli bir dönem boyunca Altı Sigma projesine yapılan yatırımdan doğan beklenen maliyet tasarruflarına ilişkin belirsizlik veya dalgalanma
Risksiz faiz oranı	r_f	Risksiz faiz oranı, çalışmanın göz önüne aldığı zaman periyodu ile aynı vadeye sahip bir risksiz varlığın getirisi
Kar payı	δ	Yatırım yapamamaktan veya başarısız olmaktan dolayı, kaçırılan pazar payının veya nakit akışlarının yüzdesi

Tablo 15’te belirtilen parametreler kullanılarak bir Altı Sigma projesinin gerçek değeri hesaplanabilir. Yapılan analizin doğruluğu, girdi olarak kullanılan bu parametrelerin doğru tahmin edilmesine bağlıdır. Reel opsiyonlar analizi, eldeki yatırım fırsatına yeterince benzeyen bir finansal opsiyon bulunabildiği takdirde, bu yatırım fırsatının değerini tahmin etmek için opsiyonun değerinin kullanılabileceğini varsaymaktadır. Ancak Altı Sigma projeleri genellikle karmaşık ve kendine özgü olduğundan, finansal piyasada bu projelere yatırım yapma fırsatı ile benzer özellikler gösterecek bir opsiyon bulmak zordur. Dolayısıyla bazı girdi parametrelerine ilişkin verilerin elde edilmesi ve bu parametrelerin sayısallaştırılması da belirli zorluklar içermektedir. Bu çalışmada Altı Sigma projeleri bağlamında bu parametrelerin nasıl belirlenebileceği ve reel opsiyonlar analizinin nasıl gerçekleştirilebileceği üzerinde durulmaktadır.

Bahsedilen parametrelerden, X , T , S , δ ve r_f , aday Altı Sigma projelerinin seçim aşamasında kullanılan proje planlama bilgilerinden, firmanın ürünlerine olan talebe ve satış fiyatına ilişkin pazar tahminlerinden ve yayınlanan

ekonomik verilerden elde edilebilmektedir. Tahmin etmek için ek çaba gerektiren tek parametre, Altı Sigma projesine yatırım yapmaktan doğan maliyet tasarruflarının volatilesidir. σ , çeşitli faktörlerden kaynaklanan belirsizliklerin projenin değeri üzerindeki etkisini göstermektedir. Reel opsiyon uygulamalarında bu parametreyi modellemek için geçmiş veriler, simülasyon veya tecrübeye dayalı tahminler kullanılmaktadır. Ancak Altı Sigma projeleri genellikle yeni bir problemi çözmek için gerçekleştirildiğinden, çoğu zaman bu projelerin getirilerine benzeyen geçmiş veriler bulunmamaktadır. Bu durumda tecrübeler dayalı tahminler ya da simülasyon yöntemleri kullanılabilir. Bu çalışmada σ parametresini tahminlemek için gereken verilerin Monte Carlo simülasyonu ile türetilmesi önerilmektedir. Simülasyon modelinin kurulmasına ilişkin bilgilere ilerleyen alt bölümlerde yer verilecektir.

4.1.1 Maliyet Tasarrufları

Altı Sigma projelerine yatırım yapmaktan doğan maliyet tasarruflarının ya da nakit akışlarının bugünkü değeri, dayanak varlığın değerini (S) temsil etmektedir. Bu çalışmada, maliyet tasarruflarının bugünkü değeri, Altı Sigma projesinin planlanması sırasında tahmin edilen nakit akışlarından elde edilmektedir.

Yeniden işleme maliyetleri, verimsizlik, memnun edilemeyen ve kaybedilen müşteriler ve bunlara benzer olguları inceleyerek ve bunların ne kadar azaltılabileceğini tahmin ederek bir Altı Sigma projesinden elde edilebilecek potansiyel tasarruflar hesaplanabilir. Örneğin, milyon fırsattaki hata sayısı cinsinden metrikler tanımlandığında, her bir hatanın ortalama maliyeti (iş gücü, malzeme ve diğer etkenleri göz önüne alarak) ve bundan yola çıkarak, hatanın belirli bir oranda azaltılmasıyla elde edilecek toplam kazanç belirlenebilir. Elbette ki tasarrufların hangi düzeye kadar ulaşabileceği, proje tamamlanmadan ve iyileştirme çözümlerini uygulamaya geçirmeden kesin olarak bilinemez, ancak bu şekilde genel değerlendirmelere ve tahminlere ulaşılabilir. Ölçümler ne kadar hassas olursa tahminler o kadar gerçeğe yaklaşacaktır.

4.1.2 Yatırım maliyeti

Tahmin edilen potansiyel kazançları gerçeğe dönüştürmek için, Altı Sigma projelerine yatırım yapma opsiyonunu kullanmak gerekir. Bu çalışmada kullanım fiyatı (X), Altı Sigma projesine yatırım yapma maliyetinin bugünkü değeri olarak tanımlanmaktadır. Bir Altı Sigma bütçesinde yatırım maliyetini oluşturan en önemli kalemler şunlardır (Pande, Neuman ve Cavanagh, 2000: 91):

- Doğrudan giderler: Projede çalışan Kara Kuşakların ve Yeşil Kuşakların harcadıkları zamanın parasal karşılığı.
- Dolaylı giderler: Üst düzey yöneticilerin, ekip üyelerinin, süreç sahiplerinin ve ilgili diğer kişilerin, ölçme, veri toplama ve iyileştirme faaliyetlerine ayırdıkları zamanın parasal karşılığı.
- Eğitim ve danışmanlık: Çalışanlara Altı Sigma metodolojisini ve tekniklerini öğretme ve çabaların başarılı sonuçlanması için tavsiyeler veren danışmanlara ödenen ücretler.
- İyileştirmeleri uygulama maliyetleri: Yeni çözüm ya da süreç tasarımlarının uygulamaya geçirilmesi için gereken harcamalar.
- Diğer maliyetler: Ulaşım ve konaklama, eğitim tesisleri, ekipler için gereken ofis ve toplantı mekanları ile ilgili harcamalar.

Bu kalemler bazında Altı Sigma projesinin her aşaması için maliyetler tahmin edilerek toplam yatırım maliyeti belirlenebilir.

4.1.3 Vade

Vade (T), bir Altı Sigma projesine yatırım yapma opsiyonunun canlı kaldığı süreyi göstermektedir. Projeye yatırım yapmanın finansal olarak çekiciliğini sürdüreceği zaman periyodu olarak da ifade edilebilir. Altı Sigma projeleri için öngörülen tamamlanma süreleri ve bu projelerden beklenen kazançların ne zaman ortaya çıkacağı ve projenin etkisinin ne kadar süreceği, büyük ölçüde üzerinde çalışılan konuya bağlı olmaktadır. Değerlemesi yapılan projenin özelliklerine ve

firmanın stratejik hedefleri açısından taşıdığı önem düzeyine göre vade tahmini yapılabilir.

4.1.4 Volatilite

Dayanak varlığın volatilitesi (σ), reel opsiyonlar analizinde tahmin edilmesi en zor parametrelerden biridir. Piyasa verileri ticari bir malın fiyatının volatilitesini tahmin etmede kullanılabilirken, Altı Sigma projeleri gibi süreç iyileştirmeye yapılan yatırımların getirilerinin volatilitesini tahmin etmek için böyle bir veri mevcut değildir. Ancak, “geçmişe dönük veriler” ya da “yöneticilerin sübjektif tahminleri” girdi olarak kullanılarak volatiliteye ilişkin bir tahmin elde edilebilir.

Bir Altı Sigma projesini etkileyen tek bir belirsizlik kaynağı yoktur. Projenin dayanak varlığı olan maliyet tasarrufları, aynı anda pek çok belirsizlik faktöründen etkilenmektedir. Bu belirsizliklerin maliyet tasarruflarını ne ölçüde etkilediğini anlamak için, her birinin etkisi Monte Carlo simülasyonu ile projenin maliyet tasarruflarına yansıtılmakta ve elde edilen deneysel veriler üzerinden tek bir volatilité değeri hesaplanmaktadır. Tüm belirsizlikler projenin değerini temsil eden tek bir belirsizlik kaynağı üzerinde birleştirildiğinde, buna “birleştirilmiş yaklaşım” denilmektedir (Copeland ve Antikarov, 2001: 244). Karar verme amaçları açısından belirsizlik kaynaklarının ayrı tutulması gereken durumlarda ise, tüm belirsizlikleri projenin getirilerinin dağılımı üzerinde birleştirmek yerine, her belirsizlik kaynağı için ayrı bir volatilité tahmini elde edilmektedir. Buna “ayrıştırılmış yaklaşım” denilmektedir (Copeland ve Antikarov, 2001: 270).

Proje getirilerinin volatilitesini tahmin etmek için birleştirilmiş yaklaşım kullanılacaksa, her bir belirsizlik kaynağına ilişkin volatilité tahmini yapılmakta ve bunlar Monte Carlo simülasyonuna girdi olarak aktarılmaktadır. Ayrıştırılmış yaklaşımda her bir belirsiz değişken bireysel olarak ele alınmakta ve projenin getirileri üzerindeki etkileri ve birbirleriyle etkileşimleri ayrı modellenmektedir.

Hangi yaklaşım kullanılırsa kullanılsın, öncelikle her bir belirsizlik kaynağının stokastik özelliklerinin ortaya çıkarılması gerekmektedir.

4.1.4.1 Sübjektif Tahminlerle Volatilitenin Hesaplanması

Geçmiş verilerin bulunmadığı durumda, yönetimin sübjektif tahminlerine başvurarak volatiliteye ilişkin bir değer elde etmek mümkündür. Copeland ve Antikarov (2001: 260), bu tür sübjektif tahminlerden yola çıkarak, belirsizlik kaynaklarının zamana bağlı olarak düzgünce çözüldüğü ve bunların stokastik davranışının GBH ile temsil edilebileceği varsayımı altında, bir projenin değerinin büyüme oranını ve volatilitisini elde etmek için aşağıdaki yordamı tanımlamışlardır:

- i. Projenin beklenen ömrü boyunca gelecekteki her bir zaman noktası (örneğin, her yıl) için belirsiz değişkenin beklenen değeri ve bu değişkenin %95 güvenle her yıl alabileceği en yüksek ve en düşük değerler yöneticiler ya da uzmanlar tarafından tahmin edilir
- ii. Belirsiz değişkenin belirli bir zaman (t) noktasından Δt birim uzaklıktaki zaman noktasına geçtiğinde sahip olduğu değer ($S_{t+\Delta t}$), başlangıç noktasındaki değeri (S_t) ile Δt aralığı için r oranında bir sürekli büyüme faktörünün çarpımından elde edilir:

$$S_{t+\Delta t} = S_t e^{r\Delta t}$$

Bu eşitlikten hesaplanan büyüme oranı (r), beklenen sabit büyüme oranı ve sabit standart sapması (σ) olan ve normal dağılım gösteren rassal bir değişkendir.

- iii. $T=n\Delta t$ olmak üzere, V değerinin gözlenebilecek yüksek ve düşük seviyelerine ilişkin sübjektif tahminler yardımıyla belirsiz değişkenin büyüme oranının volatilitesi aşağıdaki eşitliklerden herhangi biri ile hesaplanabilir:

$$\hat{\sigma} = \frac{\ln\left(\frac{V_t^{üst\ limit}}{V_0}\right) - \sum_{i=1}^n r_i}{2\sqrt{T}} \text{ ya da } \hat{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i - \ln\left(\frac{V_t^{alt\ limit}}{V_0}\right)}{2\sqrt{T}}$$

4.1.4.2 Geçmiş Verilerle Volatilitenin Hesaplanması

Geleceğin geçmişle aynı olacağı varsayımı geçerli ise, projenin getirileri üzerinde etkisi olan belirsiz değişkenlerin parametreleri geçmiş verilerden faydalanılarak elde edilebilir. Literatürde çeşitli tahminleme yöntemleri tanımlanmıştır. Aşağıda bu yöntemlerinden bazılarına yer verilmiştir.

i. Değişkenlik Katsayısı

Cobb ve Charnes (2004: 128), bir firmanın ürünlerine yönelik pazar talebine bağlı olarak ortaya çıkan getirilerin standart sapmasını yüzde cinsinden ifade ederek volatilitiyi tahmin etmiştir. Standart sapma değerini, ortalamaya bölerek, yani değişkenlik katsayısını hesaplayarak elde ettiği yüzdesel standart sapma değerini volatilité olarak hesaba katmaktadır:

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\bar{x}}$$

Burada s , nakit akışlarının standart sapmasını; \bar{x} , nakit akışlarının ortalamasını göstermektedir.

ii. Logaritmik Nakit Akışları Yöntemi

Mun (2002: 197), volatilité hesabı için “logaritmik nakit akışları” yaklaşımını sunmuştur. Logaritmik nakit akışları yaklaşımı, gelecek nakit akışlarının tahminlerini ve bunlara karşılık gelen getirilerin logaritmasını kullanarak volatilitiyi belirlemektedir. 0 ile n dönem arasındaki nakit akışları bilindiğinde, bu nakit akışları görelî getiriler cinsinden tanımlanır ve bu görelî getirilerin doğâl logaritması alınarak oluşturulan bireysel değerlerin (X_i) standart sapması hesaplanır. n , bireysel değerlerin sayısı; \bar{x} , bu değerlerin ortalaması ve NA, nakit akışları olmak üzere volatilité değeri aşağıdaki şekilde elde edilmektedir.

$$\text{Nakit akışlarının görelî getirileri: } X_i = \ln\left(\frac{NA_i}{NA_{i-1}}\right), \quad 1 \leq i \leq n$$

$$\text{Volatilite: } \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

iii. Logaritmik Bugünkü Değer Yaklaşımı

Logaritmik bugünkü değer yaklaşımında ise, gelecekteki tüm nakit akış tahminleri, biri birinci dönemdeki bugünkü değerler ve diğeri bugünkü zamanda yani sıfır anında bugünkü değerler olmak üzere iki ayrı noktada toplanmaktadır. Nakit akışlarının hepsi ayrı ayrı hem sıfır anına hem de birinci döneme indirgenir. Daha sonra logaritmik oran şu şekilde hesaplanır:

$$X = \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n BDNA_i}{\sum_{i=0}^n BDNA_i} \right)$$

$BDNA_i$, farklı dönemlere karşılık gelen gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değerini göstermektedir. Bu X değerlerinin dağılımı, Monte Carlo analizi ile türetilen deneysel veriler kullanılarak elde edilmektedir. Volatilite X 'in olasılık dağılımının standart sapması ile hesaplanmaktadır.

Kullanılan metot önemsenmeksizin, reel opsiyonlar analizinde volatilite tahmini yıllık birim cinsinden ifade edilmelidir (Mun, 2002: 202).

4.1.5 Risksiz Faiz Oranı

Risksiz faiz oranı (r_f), bir yatırımın tamamen risksiz olan getirisidir ve herhangi bir yatırımın beklenen getiri oranı, risksiz reel getiri, enflasyon faktörü ve risk priminin bir fonksiyonudur (Hirt, Block ve Basu, 2006: 205). Bu oran, bir firmanın parasını finansal piyasaya yatırmaması durumunda kazanabileceği getiriye karşılık gelmektedir. Bir devlet tahvilinin beklenen getirisi risksiz oran olarak alınabilir (Damodaran, 2006: 8).

4.1.6 Kar Payı

Kar payı (δ), bir opsiyonun kullanılmasındaki başarısızlıktan dolayı gerçekleşen gelir kayıplarıdır. Altı Sigma projeleri bağlamında, kar payı projeye yatırım yapamamaktan, yatırımı geciktirmekten veya projenin başarısız olmasından dolayı kaybedilen pazar payına karşılık gelir. Damadoran (2006:7), kar payını gecikme maliyeti olarak tanımlamaktadır.

Opsiyon değerlendirme modellerinde genellikle kar paylarının önceden bilindiği ve opsiyonun ömrü boyunca düzenli ve eşit ödemeler şeklinde gerçekleştiği varsayılmaktadır (Miller ve Park, 2002: 126; Brach, 2003: 134). Kar payı oranını sabit bir değer olarak modellemek, süreçleri iyileştirmek, iyi ürün oranını artırmak ve müşterilerin memnuniyetini artırmak gibi nedenlerle yapılan Altı Sigma projeleri için makul bir varsayımdır. Örneğin bir Altı Sigma projesine yatırım yapmayı geciktirmenin bir maliyeti vardır. Firma müşteri taleplerine etkin şekilde cevap veremediğinde firma potansiyel kazançlarını kaybedeceğinden, bu gecikme pazar payında belirli bir oranda azalmaya neden olur. Buna göre, değerlemesi yapılan Altı Sigma projesi için kar payı oranı, elde edilen maliyet tasarruflarının belirli bir yüzdesi olarak belirlenmeli ve beklenen tasarruflar bu orana göre düzeltilmelidir. Değerleme formüllerini uygularken basitçe risksiz faiz oranından sabit kar payı oranı çıkarılarak bahsedilen düzeltme gerçekleştirilmektedir.

Altı Sigma projeleri için kar payı oranını ve ödeme zamanını belirlemek, özel ya da pazara yönelik belirsizlikler nedeniyle zor olabilir. Bu çalışmada bir Altı Sigma projesini değerlemek için gereken kar payı oranı, Schnieder ve diğerleri (2008: 91) tarafından Ar&Ge projelerini değerlemek için önerilen kar payı oranı hesaplama yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Buna göre, projeye özgü risklere göre düzeltilmiş kar payı oranı (δ),

$$\delta = \frac{\mu - r_f}{\sigma}$$

formülü ile elde edilir. Bu formülde μ : projeden beklenen getiri oranı, r_f : risksiz oran, σ : projenin getiri oranının volatilitesidir. μ , firmanın projeden beklediği asgari karlılık oranı olan AOSM değeri ile temsil edilebilir.

Eğer beklenen maliyet tasarrufları opsiyonun ömrü boyunca eşit dağılmıyorsa, kar payı her dönemde dayanak varlığın değerine bağlı olarak değişiklik gösterecektir (Brach, 2003: 136). Bu durumda her dönem için ayrı bir oran söz konusu olacaktır. Bu oran ilgili dönemde beklenen maliyet tasarrufunu bu dönemden itibaren gelecekte elde edilecek tüm maliyet tasarruflarının bugünkü değerine oranlanması ile elde edilebilir. Ancak her dönemde farklı bir kar payı oranını kullanmak, değerlendirme sürecinin işlemler açısından karmaşıklaşmasına yol açmaktadır.

4.2 Altı Sigma Projeleri için Reel Opsiyon Değerleme Modeli

Reel opsiyonları değerlemek için geliştirilen teorik yaklaşımlar, temel olarak gerçek yatırım projelerinin yer aldığı piyasanın durumuna yönelik varsayımlara göre farklılaşmaktadır. Bu yaklaşımlar, dört farklı grup olarak değerlendirilebilir (Schneider ve diğerleri, 2008: 87):

- i. Geleneksel yaklaşım
- ii. Güncellenmiş geleneksel yaklaşım
- iii. Entegre yaklaşım
- iv. MAD yaklaşımı

Geleneksel yaklaşım: Reel yatırım projelerinin analizine standart finansal opsiyon fiyatlamasının doğrudan uygulanmasına karşılık gelmektedir. Temel varsayım, piyasaların “tam (complete) piyasa” olduğudur, yani değerlendirilen projenin nakit akışlarını tamamen taklit eden bir “eş varlık” bulunabilmektedir.

Güncellenmiş geleneksel yaklaşım: Burada, geleneksel yaklaşım özel risklerin de değerlendirilebileceği şekilde Dixit ve Pindyck (1994) tarafından genişletilmiştir.

Bu yaklaşım ile belirsizlikler, pazara özgü ya da özel belirsizlikler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Buradaki problem, önerilen iki yöntemin yalnızca iki farklı piyasa durumundan birini kullanarak projeyi değerlemesidir. Proje ya tamamen finansal piyasalarda taklit edilebilmekte ya da tamamen sübjektif olarak modellenmektedir.

Entegre yaklaşım: İlk kez Smith ve Nau (1995) tarafından önerilen entegre yaklaşım, her iki belirsizlik çeşidini barındıran projeleri değerleyebilmektedir. Burada, bir projenin olası doğa durumları genel ve özel olarak iki bileşene ayrılmıştır. Belirsizliğin genel kısmının finansal piyasalarda tekrarlanabileceği; proje değerinin özel bileşenlerinin ise, bunlara eşdeğer olan bedeller ile yer değiştirerek fiyatlanabileceği varsayılmaktadır.

MAD (Piyasa Varlık Yadsıması - Marketed Asset Disclaimer) yaklaşımı: Piyasada işlem gören ve gerçek yatırım projesi ile her doğa durumunda aynı nakit akışını sergileyen eş varlıklar bulunmadığı sürece, piyasanın “tamamlanmamış piyasa” olduğu varsayılmaktadır. Böyle bir piyasada genel risklerden korunma sağlanabilirken, özel risklerden korunma söz konusu değildir. Copeland ve Antikarov (2001) tarafından ortaya atılan MAD yaklaşımı, reel varlığın piyasa değerinin en iyi sapmasız tahmincisinin, esneklikleri hesaba katmadan yine reel varlığın kendi nakit akışlarının bugünkü değeri olacağını varsaymaktadır. Bu yaklaşıma göre, reel opsiyonlara konu olan dayanak varlığı finansal piyasalarda aramak yerine, reel varlığın geleneksel NBD’si, dayanak alınan riskli varlık (eş varlık) olarak kullanılabilir. MAD yaklaşımı iki temel varsayıma dayandırılmaktadır (Copeland ve Antikarov, 2001: 94):

1. Samuelson (1965)’un “doğru tahmin edilen fiyatlar rassal olarak hareket ederler” görüşü, gelecek nakit akışlarının tahminleri doğru yapıldığında, dayanak varlığın bugünkü değeri üzerindeki beklenen getiriden sapmaların rassal olduğunu ifade etmektedir. Sonuç olarak tüm piyasa belirsizlikleri, tek bir değerde (yani bugünkü değerde) birleştirilebilmektedir.

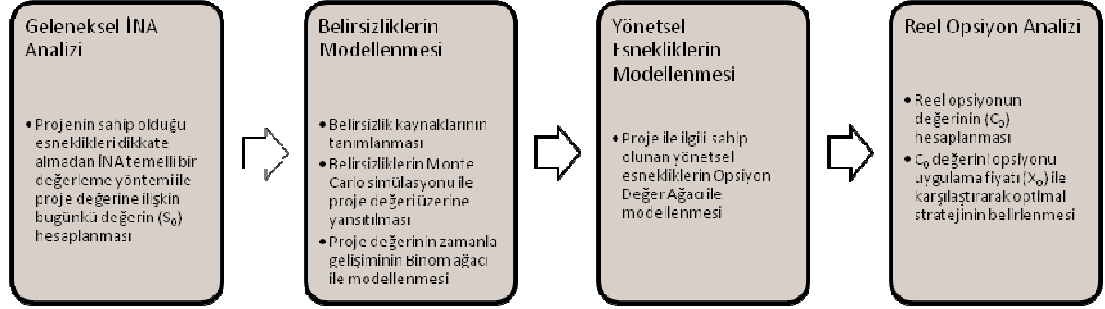
2. Bugünkü değerin zamanla gelişimi, GBH ile modellenenebilir. Bir başka deyişle, bugünkü değer, zamanın tüm noktalarında lognormal olarak dağılmaktadır.

MAD yaklaşımının bu varsayımları sayesinde, reel varlık değeri, reel opsiyonları değerlerken eş varlık olarak kullanılabilmekte ve lognormal dağılım varsayımı ile binom ağağları oluşturulabilmektedir.

Bu alışmada, Altı Sigma projelerini değerlemek için oluşturulan Reel Opsiyon Değerleme Modelinde, MAD yaklaşımı benimsenmiştir. Çünkü piyasada Altı Sigma projelerinden beklenen maliyet tasarruflarını taklit eden bir varlığın bulunması hemen hemen imkansızdır. Aynı zamanda MAD yaklaşımı ile değerlendirilen proje için herhangi bir piyasa türüne ilişkin sınıflandırma yapma ihtiyacı ortadan kalktığından, uygulamacılar açısından değerleme süreci daha basit hale dönüşmektedir.

Teorik varsayımlarını MAD yaklaşımdan alan kavramsal değerleme modeli, Altı Sigma projelerinde birden fazla belirsizlik kaynağı söz konusu olduğu için simülasyon ve sayısal değerleme yaklaşımlarını içeren karma bir yapıya sahiptir. Modelde, Altı Sigma projelerindeki belirsizlik kaynakları Monte Carlo simülasyonu ile maliyet tasarruflarına yansıtılarak projenin değerine ilişkin volatiliteler elde edilmekte ve projenin içerdiği reel opsiyonların değeri sayısal bir yöntem olan binom yöntemi ile hesaplanmaktadır. Değerleme için binom yönteminin tercih edilmesinin nedeni, yoğun matematiksel işlemlere dayalı olan Black-Scholes modeline göre pratik açıdan daha avantajlı olması ve modelin sektörel kullanıcılar arasında yaygın olarak bilinen standart Microsoft Excel programının kullanılarak oluşturulabilmesidir. Copeland ve Antikarov (2001: 219) ve Schneider ve diğerleri (2008: 88) tarafından önerilen modelleme yaklaşımları referans alınarak oluşturulan değerleme modeli Şekil 17’de gösterilmiştir.

Şekil 17: Altı Sigma Projeleri için Reel Opsiyon Değerleme Modeli



Altı Sigma projelerindeki belirsizlik kaynaklarını tanımlamak ve reel opsiyonları değerlemek için önerilen bu modelleme sürecinde dört ana aşama bulunmaktadır. Birinci aşama, herhangi bir esnekliği dikkate almadan geleneksel İNA yöntemleri ile Altı Sigma projesinin bugünkü değerini belirlemektir. Bu aşamanın sonunda proje değerine ilişkin bir başlangıç değeri (S_0) elde edilmektedir.

İkinci aşama, projenin içerdiği kritik belirsizlikleri açıkça tanımlamak, modellemek ve zamana bağlı olarak bu belirsizliklerin nasıl geliştiğini anlamaktır. Proje değerinin zamana bağlı olarak gelişimi bir binom ağacı ile gösterilmektedir. Bu binom ağacının oluşturulmasında Monte Carlo simülasyonu ile elde edilen temsili bir volatilité değeri kullanılmaktadır.

Üçüncü aşama, yönetimin sahip olduğu yönetsel esnekliğin bulunduğu yerleri tanımlayan bir karar modeli oluşturmak ve tanımlanan kararlar ile binom ağacını birleştirerek opsiyon değer ağacını elde etmektir. Bu aşamada Altı Sigma projesi için söz konusu olan opsiyonların kullanılabileceği karar kuralları tanımlanmaktadır.

Dördüncü aşama ise, opsiyon değer ağacı üzerinde değerlendirme yöntemini uygulayarak projenin gerçek değerini hesaplamaktır. Bu değer, yönetsel esneklikleri içerdiğinden Genişletilmiş NBD olarak adlandırılmaktadır. Genişletilmiş NBD, MAD varsayımından dolayı eşlenik portföy yaklaşımı kullanılarak veya binom modellerinde kullanımı daha basit olan risk-nötr değerlendirme ile elde edilebilir. İki

yöntem aynı değeri verdiği için herhangi biri ile değerlendirme işlemi yapılabilir. Hesaplanan bu değer, reel opsiyonu satın almanın çekiciliğini belirlemek amacıyla, opsiyonun kullanım fiyatı (X_0) ile karşılaştırılmakta ve buna göre optimal strateji belirlenmektedir. Genişletilmiş NBD ile opsiyonun kullanım fiyatı (X_0) arasındaki fark reel opsiyonun değerini (C_0) vermektedir.

Bu aşamalar aşağıda ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

4.2.1 Birinci Aşama: Geleneksel İNA Analizi

Geliştirilen kavramsal değerlendirme modelinin temelinde MAD varsayımı bulunduğundan, bu tezde Altı Sigma projesinden beklenen maliyet tasarruflarının geleneksel İNA yöntemleri ile hesaplanan bugünkü değeri dayanak varlık olarak kullanılmaktadır.

Uygulamada Altı Sigma aday projeleri yönetime önerilirken, proje sponsorunun liderliğinde genellikle projenin değerlendirilmesinde esas alınacak taslak bir proje planı hazırlanmakta ve bu plan projenin Tanımlama aşamasında netleştirilmektedir. Proje planında projenin amacına, kapsamına, hedeflerine, ekip üyelerine, çalışma takvimine ve finansal getirilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır. Değerleme sürecinin birinci aşaması olan geleneksel İNA analizi için gereken finansal verilere bu proje planından ulaşılabilmektedir. Projenin öngörülen maliyet tasarrufları, proje maliyetleri ve gelecekteki nakit akışlarını indirmek için kullanılan AOSM değeri ile, her dönem için projenin net maliyet tasarruflarının bugünkü değeri (BD_i) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$BD_i = \sum_{t=1}^T \frac{BD_t}{(1 + AOSM)^{t-i}}$$

Formülde $i=0$ için hesaplanan değer, 0 anında Altı Sigma projesinin, proje ile ilgili yönetsel esneklikler nedeniyle ortaya çıkabilecek herhangi bir reel opsiyonun etkisini içermeyen net bugünkü değerini (NBD_0) vermektedir. NBD_0 değeri,

değerleme sürecinin ikinci aşamasının bir girdisidir ve proje değerine ilişkin başlangıç değerini (S_0) temsil etmektedir.

4.2.2 İkinci Aşama: Belirsizliklerin Modellenmesi

Değerleme modelindeki ikinci aşama, dayanak varlığın değerini etkileyen belirsizliklerin tanımlanması ve modellenmesidir. Bir Altı Sigma projesinin risklerini azaltmak ve olası kazanç fırsatlarını ortaya çıkaracak yönetsel esneklikleri tanımlamak için, öncelikle projeden beklenen maliyet tasarruflarının ne gibi belirsizlik kaynaklarından etkilendiği anlaşılmalıdır. Bu, belirsizliğin ihmal edildiği ya da en kötü senaryo ile ilişkilendirildiği tipik uygulamaların tersi bir yaklaşımdır. Çünkü burada belirsizliklerin olumsuz taraflarından çok değer yaratma potansiyelleri göz önüne alınmaktadır.

Altı Sigma projeleri seçim aşamasında genellikle beklenen koşullar altında değerlendirilmektedir. Bu yüzden projeyi etkileyen bazı belirsizlikler kolayca ihmal edilebilmektedir. Örneğin, bir projede taahhüt edilen iyileştirme hedeflerine ulaşılabileceği ya da finansal hesaplamalarda dikkate alınan parametrelerin ortalama değerlerde kalacağı varsayılmaktadır. Halbuki bir Altı Sigma projesinin performansı, proje başladıktan sonra çeşitli belirsiz değişkenlerin ortaya çıkışına bağlı olarak değişmektedir. Belirsizlik, teknik anlamda parametrik dağılımların stokastik değişkenliğine karşılık gelmektedir. Bu çalışmada belirsizlik ile stokastik değişkenlik aynı anlamda kullanılmaktadır.

Değerleme modelinin ikinci aşamasında üç temel adım bulunmaktadır: Nedensel Belirsizlik Kaynaklarının Tanımlanması, Belirsizliklerin Monte Carlo Simülasyonu ile Modellenmesi ve Proje Değerinin Binom Ağacı ile Modellenmesi. Aşağıda bu temel adımlara ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

4.2.2.1 Nedensel Belirsizlik Kaynaklarının Tanımlanması

Her belirsizlik kaynağı projenin getirileri üzerinde bir etkiye sahiptir. Bu tezde bir Altı Sigma projesinin performansını etkileyen belirsizlikler iki grupta ele alınmaktadır: pazara özgü belirsizlikler ve özel belirsizlikler. Bu sınıflandırma belirsizlik kaynaklarını farklılaştırmak amacıyla yapılmaktadır. Böylece yönetsel faaliyetlerle etkileri azaltılabilenler ayrıştırılabilmektedir. Pazar belirsizliklerinden kaynaklanan risklerden kaçınılamaz ancak yöneticiler firmaya ve projeye özgü risklere karşı çeşitlendirme yaparak (örneğin, farklı projelerden portföy oluşturarak) önlem alabilirler.

4.2.2.1.1 Pazara özgü belirsizlikler

Projeye doğrudan ilişkisi olmayan ve dış sebeplerden kaynaklanan belirsizlikler bu gruba girmektedir. Pazara özgü belirsizlikler genellikle maliyetleri ve gelirleri etkileyerek bir projenin finansal çekiciliğini doğrudan etkilemektedir. Firmanın ürettiği ürünün/hizmetin pazar fiyatı, enerji ve diğer girdilerin fiyatlarındaki değişimlerden kaynaklanan çalışma maliyetleri, yenilik getiren bir ürünün/hizmetin pazarda kabulüne (örneğin, pazar payı, satışların düzeyi) ilişkin belirsizlikler pazar belirsizliklerine örnek olarak gösterilebilir. Bunlar pazarla ilişkili olan ve yönetsel faaliyetlerle çeşitlendirilemeyen (sistemik) riskleri meydana getiren belirsizliklerdir. Bu belirsizlikler genellikle rakiplerin hareketleri, demografik değişimler, ikame ürünler, genel ekonomik durum gibi kontrol edilemeyen faktörlere bağlıdır ve bu nedenle bu tür belirsizlikler öngörülemeyen rassal bir bileşene sahiptir.

Pazara özgü belirsizlikler, gelecekte belirsizliğin kabul edilebilir düzeye indiği bir zamana kadar yatırımları erteleme baskısı yaratmaktadır (Huchzermeier ve Loch, 2001: 87). Yatırımı geciktirerek, proje yöneticileri belirsizlikle ilişkili yüksek risklerden kaçınabilir ve daha sonraki bir zamanda yatırım yapma opsiyonunu ellerinde tutabilirler.

4.2.2.1.2 Özel belirsizlikler

Özel belirsizlikler, ekonomi ile ilişkili olmayan, firmaya ve projeye özgü nedenlerden kaynaklanan ve yönetsel faaliyetlerle azaltılabilen belirsizliklerdir. Bunlar daha çok iç maliyetlerle ve başarılı olma olasılıklarıyla ilgilidir. Örneğin, proje ne kadar sürede tamamlanacaktır? Firma projeyi başarıyla tamamlamak için gereken kaynaklara sahip midir? Projede yer alan firma çalışanları yeterince donanımlı mıdır? Bu tür belirsizlikler olumsuz yönüyle ortaya çıktığında, projenin düzgün ilerlemesi ek harcamalar ve çabalar gerektirebilir. Aksi takdirde projeden beklenen performans tam olarak elde edilemeyebilir.

Özel belirsizlikler genellikle “eğer” cümleleri ile ifade edilirler. “Eğer sponsor varsayıldığı şekilde projeyi desteklerse” ya da “eğer teknik problemler olmazsa” gibi projeye özgü belirsizlikler bazen beklenen değer analizi ile yakalanamayan faydalı sonuçlar da getirebilir.

Altı Sigma literatüründe yer alan çalışmaların yaklaşık %20’si Altı Sigma uygulamalarını başarılı ya da başarısız kılan faktörleri incelemektedir (Nonthaleerak ve Hendry, 2006: 122). Bu faktörler projelere özgü belirsizlikleri tanımlayan ve bir anlamda “eğer” ile başlayan cümleleri oluşturan faktörlerdir. Coronado ve Antony (2002), kitaplardan ve makalelerden derleyerek tanımlayıcı nitelikte yaptığı araştırmasında bu faktörleri kritik başarı faktörleri başlığı altında 12 maddede listelemiştir (Tablo 16). Bu çalışmadan sonra aynı konuya ilişkin daha fazla makale yayınlanmış ve bu yayınlarda Altı Sigma uygulamalarına ilişkin daha çok pozitif özelliklere yönelik bulgular ortaya konulmuştur (Nonthaleerak ve Hendry, 2006: 124).

Yakın dönemde Wrzos (2008) tarafından yazılan makalede, Altı Sigma projelerinin gerçekleştirilmesine ilişkin problemlerin nedenleri tanımlanmış ve bunlar dokuz başlık altında toplanmıştır. Bunlar, süreç sahibinin proje ile geliştirilen fikirleri benimsememesi, şampiyon desteğinin alınamaması, çözümlerin uygulanmasını sağlamak için gereken diğer alanlar/birimler ile işbirliğinin

yapılamaması, projeye geri dönmek için açıkça tanımlı geçişin olmaması veya süreç sahibinin olmaması, proje kapsamına giren birimin sorumluluk almaması, süreç sahibinin önceliği projeye vermemesi, teknoloji projelerinin düşük önceliklendirilmesi, değişime direnç gösterilmesi, ortak dil engelleridir.

Tablo 16: Altı Sigma Yaklaşımının Kritik Başarı Faktörleri

Kritik Başarı Faktörleri
1. Yönetimin katılımı ve taahhüdü
2. Kültürel değişim
3. İletişim
4. Örgütsel altyapı
5. Eğitim
6. Proje yönetimi becerileri
7. Altı Sigma uygulamalarını işletme stratejisi ile ilişkilendirme
8. Altı Sigma uygulamalarını müşterilerle ilişkilendirme
9. Altı Sigma ile insan kaynakları bağlantısını kurma
10. Altı Sigma ile tedarikçileri ilişkilendirme
11. Altı Sigma metodolojisinin, araçlarının ve tekniklerinin anlaşılması
12. Projelerin önceliklendirilmesi ve seçimi

Ancak, yukarıda sözü edilen çalışmalarda özenli bir araştırma yaklaşımı kullanılmadığından Altı Sigma literatürüne ilişkin genelleyici bir ampirik kanıt bulunamamakta ve Altı Sigma uygulamalarının güçlü ve zayıf yönleri gibi konular hakkında net sonuçlar çıkarılamamaktadır.

Nonhaleerak ve Hendry (2008: 280), Altı Sigma uygulamalarına ilişkin metodolojide zenginleştirilmesi/güçlendirilmesi gereken zayıf alanları tespit etmek, üretim ve hizmet firmaları arasındaki uygulama farklılıklarını araştırmak ve kritik başarı faktörlerini tanımlamak için yaptıkları ampirik çalışmalarında, ilk kez literatürde tanımlanan kritik başarı faktörlerinin doğrulamasını yapan bir temel ortaya koymaya çalışmışlardır.

Nonhaleerak ve Hendry (2008: 288), bir firmanın finansal kazançlarındaki iyileşmenin, Altı Sigma uygulamalarının sonuçlarından başka pazardaki değişiklikler ve varlıkların etkili yönetimi gibi diğer faktörler nedeniyle de ortaya çıkabileceği

görüŖünü temel alarak, firmaları Altı Sigma uygulamalarından kaynaklanan başarı ve ilerleme düzeylerine göre gruplandırmışlardır. Yazarlar, firmaların başarı ve ilerleme düzeylerini belirlemek için de bazı göstergeler tanımlamışlardır. Buna göre, firmanın ilerleme düzeyi, Altı Sigma tecrübesinin süresi, yürütölen Altı Sigma projelerinin devamlılığı ve Altı Sigma çalışanın eğitim düzeyi gibi göstergelere göre; firmanın başarı düzeyi ise finansal göstergelere ve paydaşların Altı Sigma uygulamalarına yönelik oluşın algılarına göre değerlendirilmektedir. Nonthaleerak ve Hendry (2008: 296), firmaları başarı ve ilerleme düzeylerine göre ayırdıktan sonra, bu firmalarda Altı Sigma projelerine yönelik ortaya çıkan beş uygulama problemi tanımlamışlardır:

- i. Kara Kuşakların tam zamanlı veya yarı zamanlı çalışma biçimi
- ii. Kuşakların Proje Şampiyonuna raporlama şekli
- iii. Uzman bir teknik destek ekibinin var olması
- iv. Altı Sigma eğitim programlarının etkinliği
- v. Yönetimin katılım düzeyi

Nonthaleerak ve Hendry (2008), yukarıda listelenen beş uygulama probleminden ilk üçünü literatürde tanımlanan kritik başarı faktörlerine eklemiş ve daha önce tanımlanmış kritik başarı faktörlerinden olan 4. ve 5. maddede yer alan konuların da doğrulamasını yapmıştır. Bu beş uygulama problemi, yönetimin kontrolü altında olan faktörlerdir. Bu problemlerin bir firma içinde ortaya çıkma biçimi ve boyutu, bu çalışmada bir Altı Sigma projesinin başarı göstergesi olan zaman, maliyet ve kaliteyi doğrudan etkileyen en önemli risk faktörleri olarak ele alınmaktadır. Bu risk faktörlerinin projenin başarısı üzerindeki etkisini anlamak, yönetsel esnekliğin hangi durumlarda değer yarattığını görmek açısından önem taşımaktadır.

i. *Kara Kuşakların tam zamanlı veya yarı zamanlı çalışma biçimi*

Altı Sigma felsefesini yaymanın ve yerleştirmenin öncüsü olarak kabul edilen Kara Kuşaklar, firma içinde bir çeşit katalizörlük görevi görmektedirler. Bu nedenle en önemli projeler genellikle Kara Kuşaklar tarafından yürütülmekte ve Altı Sigma projelerinde tam-zamanlı çalışmaları önerilmektedir (Harry ve Schroeder, 2000: 194). Ancak Nonthaleerak ve Hendry (2008: 297), Kara Kuşakların bazı durumlarda yarı-zamanlı çalışmalarının daha uygun olduğunu belirlemiş ve en uygun çalışma biçiminin firma büyüklüğüne ve dolayısıyla kaynakların bulunabilirliğine bağlı olarak seçilebileceğini ifade etmiştir. Kara Kuşakların tam-zamanlı ve yarı-zamanlı çalışma biçimlerinin avantajları ve dezavantajları Tablo 17’de verilmiştir. Bu tablodan her bir çalışma biçiminin proje başarısı üzerinde ne tür etkilere yol açabileceği anlaşılmaktadır. Örneğin, bir Kara Kuşağın yarı-zamanlı çalışması durumunda projelerin tamamlanma süresi uzayabilmektedir. Bu durumda, reel opsiyonlarla değerlendirme yaparken, bu faktörün projelerin tamamlanma süresine ne kadar etkide bulunduğu analiz edilerek stokastik özellikleri ortaya çıkarılabilir.

Tablo 17: Kara Kuşakların Çalışma Biçimlerinin Avantajları ve Dezavantajları

KK çalışma biçimi	Avantajları	Dezavantajları
Tam zamanlı	<ul style="list-style-type: none">✓ Yüksek motivasyonludur.✓ Altı Sigma projesine tam odaklandığı için hızlı ilerleme sağlar.✓ Fonksiyonlararası, büyük ölçekli ve karmaşık projelerle baş edebilir.	<ul style="list-style-type: none">✗ Genellikle iyileştirilen alanda otorite sahibi değildir.✗ KK statüsü yanlış yönetilirse diğer çalışanlarla işbirliği sağlayamayabilir.✗ Yüksek maliyetlidir.
Yarı zamanlı	<ul style="list-style-type: none">✓ Proje günlük işe entegre edilir✓ Eğer proje kendi sorumluluk alanlarında gerçekleşiyorsa, kuşaklar otoriteye sahiptir✓ Alanda çalışırken işbirliği sağlar.✓ Düşük maliyetlidir.	<ul style="list-style-type: none">✗ İş yükü ağırdır.✗ Daha az motivasyon ve Altı Sigma projesini yapmaktan daha az memnuniyet duyulur.✗ Projeler gecikebilir.✗ Zaman kısıtlarından dolayı projenin kapsamı sınırlıdır.

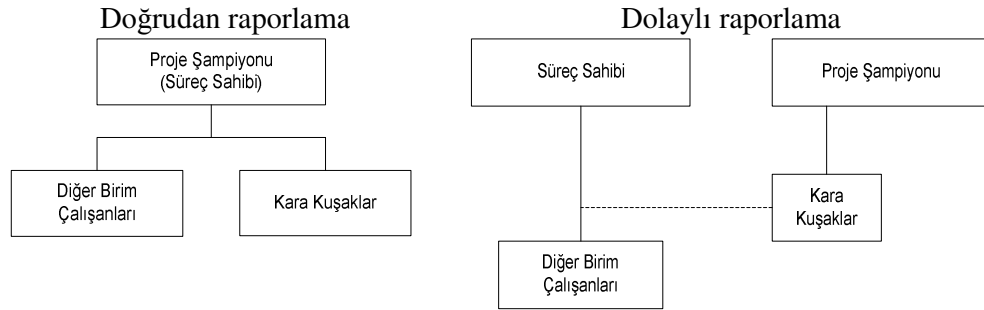
Kaynak: Nonthaleerak ve Hendry (2008: s. 297)

ii. *Kara Kuşakların Proje Şampiyonuna raporlama şekli*

Proje Şampiyonu, proje seçim aşamasında prensipleri ortaya koyan ve proje ilerlerken Kara Kuşaklara destek veren yönetici ya da süreç sahibi kişidir. Projelerin uygulanması ve yayılımı ile ilgili pek çok konu için çözüm üretir ve Kara Kuşakların faaliyetlerinin başarılı olması için gereken kaynakların hazır hale gelmesini sağlar (Harry ve Schroeder, 2000: 173). Proje Şampiyonu, bu görevleri nedeniyle projenin başarısı üzerinde önemli bir role sahiptir ve bu pozisyona genellikle tam yetkiye sahip olan üst düzey bir yönetici atanmaktadır. Bazı durumlarda çeşitli birimlerin yöneticilerinden oluşan bir komite projelerde şampiyonluk görevini yürütmektedir. Ancak komite üyelerinin her zaman hazır bulunamayışından dolayı bu yaklaşım projelerin ilerleyişini geciktirebilmektedir (Nonthaleerak ve Hendry, 2008: 298).

Altı Sigma projelerinin liderliğini yapan Kara Kuşaklar ile projede Şampiyon rolünü üstlenecek pozisyon arasındaki raporlama yapısı, uygulamada genellikle doğrudan raporlama ve dolaylı raporlama olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleşebilmektedir (Şekil 18).

Şekil 18: Kara Kuşaklar ile Proje Şampiyonu Arasındaki Raporlama Yapısı



Kaynak: Nonthaleerak ve Hendry (2008: s. 298)

Doğrudan raporlama yapısında, Proje Şampiyonu iyileştirme için hedeflenen alanda yönetici veya süreç sahibi olan kişidir. Kuşakların Proje Şampiyonuna doğrudan hesap verme sorumluluğu bulunmaktadır. Bu tür bir sorumluluk yapısının

tanımlanması durumunda, Proje Şampiyonu projenin başından sürece dahil olmakta ve projenin her aşamasında iletişimi sürdürebilmektedir. Böylelikle projelerde ortaya çıkan herhangi bir fikrin Proje Şampiyonu tarafından benimsenmesi kolaylaşmakta ve gereken kaynaklar konusunda tam destek sağlanabilmektedir.

Dolaylı raporlama yapısının tanımlandığı projelerde ise, hesap verme veya sorumluluk yapıları daha karmaşık ve etkisiz şekilde kurulduğundan, yönetimin katılımının yetersiz olma riski artmakta ve böyle bir durum Şampiyonun proje başarısından daha az sorumluluk duymasına yol açmaktadır. Şampiyon, belirli bir alanda doğrudan sorumluluğu bulunmayan bir kişi olduğunda, Altı Sigma faaliyetlerine yeterince zaman ayıramamakta veya hakim olmadığı alanlarda Kuşaklara yeterince destek sağlamamaktadır. Bu raporlama biçimi aynı zamanda projelerin sürdürülebilirliğini sağlamak adına yürütülen kontrol aşamasındaki faaliyetlerin de etkinliğini azaltmaktadır.

Bu iki raporlama yapısının projenin başarısını gösteren parametreler üzerindeki etkileri farklıdır. Doğrudan raporlamada proje başarısı daha fazla güvence altındadır. Dolaylı raporlamada ise projenin taahhüt edilen düzeyde başarılı olması zorlaşmaktadır. Dolaylı raporlama yapısında bir projenin getirilerinin volatilitesi, doğrudan raporlama yapısına kıyasla daha büyük olacaktır. Bu nedenle raporlama yapısı bir risk faktörü olarak tanımlanabilir ve bu faktörün proje getirileri üzerinde yarattığı stokastik özellikler incelenerek etkileri proje değerine yansıtılabilir.

iii. Uzman bir teknik destek ekibinin var olması

Altı Sigma yaklaşımını uygulayan firmalarda genellikle Uzman Kara Kuşaklar (UKK), Kara Kuşak ve Yeşil Kuşak projelerine gereken teknik desteği ve koçluk hizmetini vermektedir. Bir Altı Sigma projesini yürütürken UKK'lardan alınacak koçluk hizmeti, UKK sayısının az olmasından dolayı sınırlıdır. Her ne kadar tecrübesi az olan Kuşaklara rehberlik etmek açısından UKK desteği yeterli olsa da, daha tecrübeli Kuşaklara ve daha karmaşık projelere gereken teknik desteğin alınması için bir ekibin oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Böyle bir teknik desteğin var

olması ve bu destek ekibinden faydalanılabilmesi, projelerin uzunluğunu belirleyen önemli bir faktördür.

iv. Altı Sigma eğitim programlarının etkinliği

Altı Sigma felsefesini yaymak ve bu metodolojinin can damarını oluşturan Altı Sigma projelerini gerçekleştirebilmek için eğitimin ne derece önemli olduğundan daha önce 3.1.2.2.3 bölümünde söz edilmişti. Kuşakların projelerinde bağımsız olarak çalışabilmeleri için, onlara verilen eğitimin yeterli düzeyde ve etkin olması gerekmektedir. Eğitim beklentileri karşılamadığında ve eğitim materyalleri çalışanların kendi ortam ve iş koşullarına adapte edilemediğinde, Kuşakların kendi kendine öğrenme motivasyonları azalmakta ve bir UKK ya da dış kaynaklı desteklere olan ihtiyaçları artmaktadır (Nonthaleerak ve Hendry, 2008: 299). Eğer firmada bir UKK yoksa ya da teknik destek imkanları sınırlı ise, bu projenin tamamlanma süresini etkileyen önemli bir sorun olmaktadır.

v. Yönetimin katılım düzeyi

Literatürde Altı Sigma projeleri açısından yönetimin katılımı ve desteği en önemli kritik başarı faktörü olarak görülmektedir. Ancak uygulamada yönetimin Altı Sigma projelerine katılım şekli ve sıklığı farklı olabilmektedir. Genellikle hedefler finansal terimlerle ifade edildiğinde yönetimin bu süreci anlaması ve buna katılımı daha kolay sağlanmaktadır, çünkü finansal hedeflerin başarılması çoğu zaman yönetimin bireysel performansı ile ilişkilendirilmektedir. Bazı firmalarda ise, proje tamamlama oranı, sertifikalanan kuşak sayısı gibi finansal olmayan hedefler kullanıldığında da yönetimin katılım düzeyi artmaktadır. Bu nedenle bir projenin başarısı açısından, firma yönetiminin ne tür hedeflerle ilgilendiğini anlamak ve buna göre proje hedefleri belirleyerek yönetimin katılımını sağlamak önemlidir. Projeye yönetimin katılımı ve desteği ne kadar fazla olursa, bu projenin başarıyla tamamlanma olasılığı o kadar yüksek olmaktadır.

Bu çalışmada, yukarıda sözü edilen beş uygulama problemi, reel opsiyonlarla değerlendirme yaparken bir Altı Sigma projesi için dikkate alınabilecek özel risk

faktörleri olarak görülmektedir. Bu faktörlerin önemi ve risk olarak algılanmaları firmadan firmaya farklılık gösterebilir veya bunların dışında başka özel riskler söz konusu olabilir. Önemli olan bu faktörlerin proje değeri üzerindeki stokastik etkilerinin anlaşılması ve bu değerın hesaplanması sürecine dahil edilmesidir.

4.2.2.2 Belirsizliklerin Monte Carlo Simülasyonu ile Modellenmesi

Bir Altı Sigma projesinin değerinin zamanla nasıl değiştiğini anlamak için bu projeden elde edilen maliyet tasarruflarının volatilitésinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle Altı Sigma projesi için bir önceki adımda tanımlanan belirsizlik kaynaklarının maliyet tasarrufları üzerindeki etkileri ortaya çıkarılmalıdır.

Bu çalışmada, “projenin hedefine ulaşma derecesi” ve “projenin tamamlanma süresi” bir Altı Sigma projesinde maliyet tasarruflarının değişkenliğine yol açan temel değişkenler olarak ele alınmaktadır. Bu temel değişkenlerin bireysel olarak sahip olduğu stokastik özellikler ve bunlara karşılık gelen istatistiksel dağılım, değerlendirilen Altı Sigma projesinin içerdiği özel belirsizlik kaynaklarının durumuna göre belirlenmektedir. Altı Sigma projeleri 4.2.2.1 bölümünde verilen pazara özgü ve özel nedenlerden dolayı belirsizliğe maruz kalmaktadır. Örneğin, projenin konusu olan ürünün pazardaki satış miktarları ya da projeyi yürüten bir Kara Kuşağın çalışma biçimi, projenin hedefine ulaşma derecesini ve projenin tamamlanma süresini doğrudan etkileyerek projenin sağlayacağı maliyet tasarruflarında farklılaşmaya yol açabilmektedir.

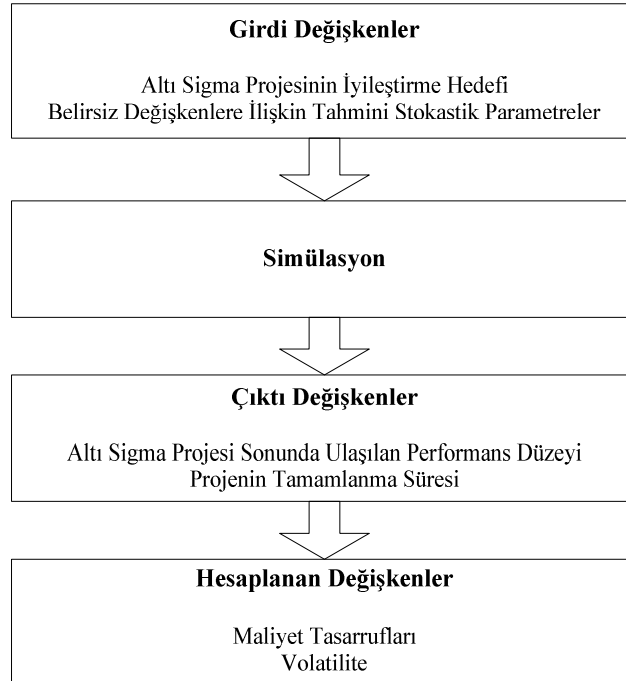
Şekil 19’da, projenin volatilitésini elde etmek için geliştirilen kesikli olay simülasyon modelinin genel olarak girdileri ve çıktıları gösterilmektedir. Projenin temel değişkenlerinin sahip olduğu stokastik süreçlerin her birinin simülasyonu ile projenin maliyet tasarrufları da stokastik hale gelmektedir. Böylece Monte Carlo simülasyonunun her bir iterasyonu gelecekteki maliyet tasarruflarının yeni bir setini üretmektedir. Türetilen bu veri setleri kullanılarak, 4.1.4.2 (iii) bölümünde açıklanan yöntemlerden “logaritmik bugünkü değer” yaklaşımı ile projenin temsili bir volatilité (σ) değeri hesaplanmaktadır. Bunun için, türetilmiş her veri setinde maliyet

tasarrufları projenin birinci dönemine AOSM oranı ile indirgenerek bugünkü değeri (\hat{S}_1) elde edilmekte ve bu değer geleneksel İNA analizi ile elde edilen S_0 değerine (NBD_0) oranlanmaktadır. \hat{S}_1/S_0 oranının doğal logaritması alınarak yeni bir X^* rassal değişkeni elde edilmektedir. X^* ,

$$X^* = \ln\left(\frac{\hat{S}_1}{S_0}\right)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Türetilen veri setlerinden hesaplanan tüm X^* değerleri bu rassal değişkeninin bir örneklemini oluşturmaktadır. Bu örneklem üzerinden hesaplanan standart sapma değeri, projenin volatilitésinin bir tahminini vermektedir.

Şekil 19: Monte Carlo Simülasyonunun Genel Akış Şeması



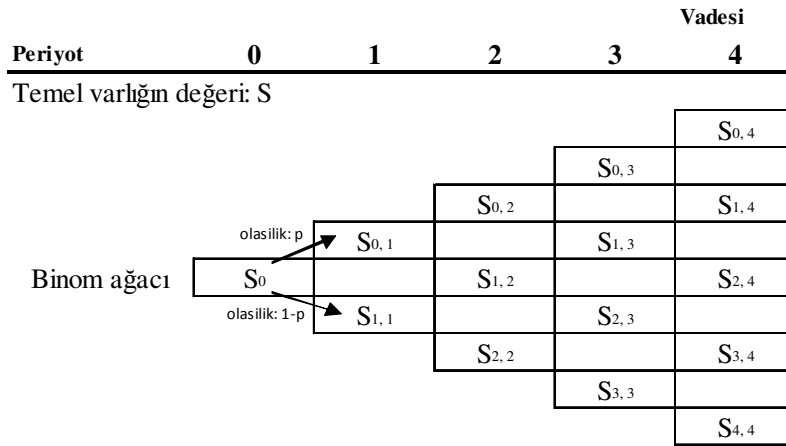
Volatilité değerini hesaplamak için “logaritmik bugünkü değer” yaklaşımının benimsenmesinin nedeni, geliştirilen Reel Opsiyon Değerleme Modelinin temelinde yatan MAD varsayımdır. MAD varsayımı sayesinde esneklik dikkate alınmadan hesaplanan Altı Sigma projesinden beklenen maliyet tasarruflarının bugünkü değeri

(S_0), bu modelde dayanak varlığın piyasa değeri kullanılmaktadır. “Logaritmik bugünkü değer” yaklaşımında volatilitiyi hesaplamak için temel alınan X^* rassal değişkeni de S_0 değerine bağlı olduğundan, bu yaklaşım geliştirilen kavramsal model için en uygun hesaplama yöntemi olarak belirlenmiştir.

4.2.2.3 Proje Değerinin Binom Ağacı ile Modellenmesi

Maliyet tasarruflarının belirsizliği nedeniyle, proje değerinin oluşumu S_0 değerinden başlayan belirsiz büyüme oranları ile tanımlanmaktadır. Binom ağacındaki her dönem için, volatilité değerine bağlı olan artış ($u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}}$) ve azalış ($d = \frac{1}{u}$) faktörleri yardımıyla projenin değeri hesaplanabilmektedir. u ve d faktörleri kullanılarak, 2.3.2 bölümünde verildiği gibi, maliyet tasarruflarının zamanla değişimini gösteren binom ağacı oluşturulmaktadır. Şekil 20’de dört dönemli jenerik bir binom ağacı gösterilmektedir.

Şekil 20: Binom Ağacı



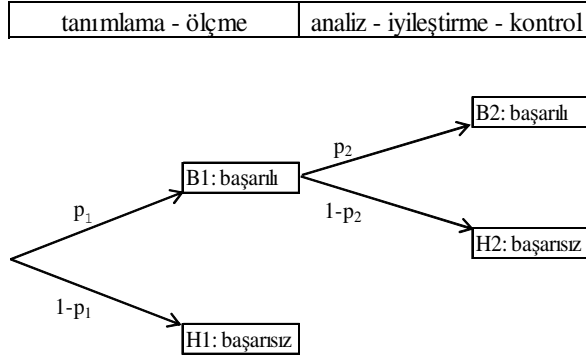
Tüm belirsizlik kaynakları proje değeri üzerinde zamana bağlı olarak sürekli bir etkiye sahip ise, yukarıdaki binom ağacı ile doğrudan değerlemenin üçüncü

aşamasına geçilebilir. Ancak proje değeri üzerinde düzgün etkiye sahip olmayan, bir başka deyişle zamanın sadece belirli noktalarında proje değeri üzerinde etkiye sahip belirsizlik kaynakları varsa, bu etkilerin binom ağacı ile birleştirildiği yeni bir ağaç oluşturulmalıdır. Bu ağaç “bütünleşik binom ağacı” olarak adlandırılmıştır.

Zamanın sadece belirli noktalarında ortaya çıkan belirsizliklere örnek olarak, bir Altı Sigma projesinde her aşama boyunca projenin başarısına ilişkin (örneğin, başarılı ya da başarısız şeklinde) farklı sonuçlar, projenin aşamalarının sonunda bir sonraki aşamaya geçip geçememeye ilişkin bir Altı Sigma İzleme Komitesinin onay kararı gibi belirsizlikler gösterilebilir. Değerlenen proje bu tür belirsizliklere sahip ise, bunlar bir özel risk ağacı ile modellenenebilir.

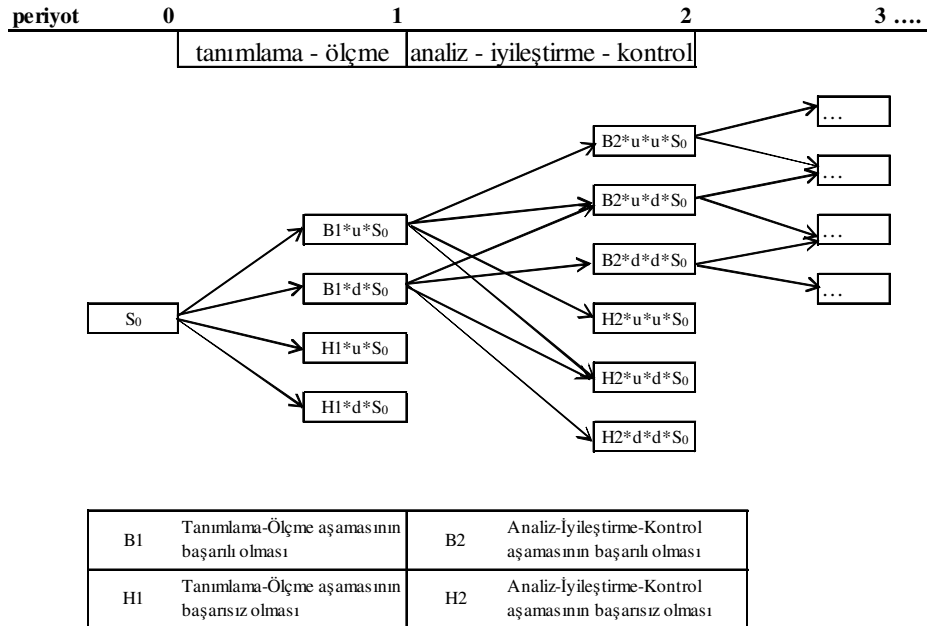
Örnek olarak, bir Altı Sigma projesinin aşamaları boyunca yönetimin projelerin performansını izlediği iki aşama olsun. İlki Tanımlama-Ölçme aşamalarının sonunda, ikincisi ise Analiz-İyileştirme-Kontrol aşamalarının sonunda olmak üzere, bu noktalarda projenin devam edip etmemesine yönelik onay verilsin. Bu durumda proje bu iki noktada iki özel risk çıktısı olan bir belirsizliğe maruz kalmaktadır. İlk performans izleme döneminde proje p_1 olasılığı ile “başarılı” ya da $(1-p_1)$ olasılığı “başarısız” olabilir (Şekil 21). Proje başarılı olursa yönetim devam etme yönünde karar verecektir, diğer durumda proje durdurulacaktır. Diğer performans izleme döneminde de aynı durum söz konusudur. Bu özel risk çıktılarına sahip belirsizliklere bağlı olarak projenin değeri değişeceğinden bu etkilerin binom ağacına yansıtılması gerekmektedir.

Şekil 21: Özel Risk Ağacı Örneği



Özel risk ağacı ile binom ağacının birleştirildiği bir bütünleşik binom ağacı örneği de Şekil 22'de gösterilmiştir. Bütünleşik ağaçtaki karar noktaları, hem özel risk ağacının hem de binom ağacının birbiriyle çakıştığı dönemlerin sonunda yer almaktadır. Bu yeni ağaç projenin gerçek değerinin oluşumunu temsil etmekte ve Altı Sigma projesinin sahip olduğu reel opsiyonları değerlemek için kullanılabilir.

Şekil 22: Bütünleşik Binom Ağacı



4.2.3 Üçüncü Aşama: Yönetsel Esnekliklerin Modellenmesi

Altı Sigma projeleri bağlamında yönetsel esneklik, proje liderinin proje ortamında değişen koşullar karşısında proje ile ilgili kararlarını ve ilk operasyonel stratejisini değiştirebilmesidir. Değişen koşullara uyum sağlama ve belirsizlikleri ve riskleri azaltmaya yönelik her girişim, projenin değerini, bir başka deyişle projeden beklenen maliyet tasarruflarını doğrudan etkilemektedir.

Altı Sigma proje liderleri, aslında proje süresince reel opsiyonlar olarak yapılandırılabilir esnekliğin çeşitli biçimlerini kullanmaktadırlar. Örneğin, proje liderleri yürütülen stratejik bir Altı Sigma projesinin beklenen tamamlanma tarihini aşması durumunda, ek yatırım yaparak projenin hızlandırılması; projenin maliyetlerinin beklenenden yüksek düzeylerde gerçekleşmesi durumunda projenin kapsamını daraltarak maliyetleri azaltması, projenin bazı aşamalarda başarısız olması durumunda da projeye devam etmeme kararının alınması gibi opsiyonları kullanırlar. Bu durumların hepsinde proje liderinin esnekliği, proje performansını ve değerini etkiler.

Bu çalışmanın 1.8 bölümünde reel opsiyon türleri üzerinde durulmuştur. Bunlara ek olarak bir Altı Sigma projesinde “iyileştirme” opsiyonu” da dikkate alınabilir. Huchzermeier ve Loch (2001: 86), Ar-Ge projelerinde geliştirilen ürünün performansını arttırmak için yapılan düzeltici faaliyetlerin opsiyon değerine ilişkin ek bir kaynak olduğunu göstermişler ve “iyileştirme” opsiyonunu bir reel opsiyon türü olarak tanıtmışlardır. İyileştirme opsiyonu, reel opsiyonlar terminolojisi çerçevesinde değiştirme opsiyonuna karşılık gelmektedir. Çünkü değerlendirme esnasında projeye mevcut haliyle devam etme ile projeyi iyileştirme yoluna gitme arasında bir karar verilmektedir. Sözü edilen bu opsiyonların uygunluğu ve esnekliklerin gerçek değeri, değerlendirilen Altı Sigma projesinin sahip olduğu belirsizliklerin yapısına ve bu opsiyonları kullanmanın maliyetine bağlıdır.

Bu aşamada, proje liderinin sahip olduğu reel opsiyonların bulunduğu karar noktalarını tanımlayan bir karar ağacı (opsiyon değer ağacı) oluşturulmaktadır.

Opsiyon değer ağacı, üçüncü aşamada elde edilen binom ağacı ya da bütünleşik binom ağacı ile aynı yapıya sahiptir. Opsiyon değer ağacının karar noktalarında, proje değeri ve ilgili karar noktasında uygulanabilecek reel opsiyonların değeri arasındaki farklar yer almaktadır. Bu karar noktalarındaki optimum değer ise alternatiflerden en çok fayda sağlayan stratejinin değeri ile temsil edilmektedir. Tüm reel opsiyon türleri için bunların uygulanabileceği karar kuralları 1.8 bölümünde Tablo 5'te verilmiştir.

4.2.4 Dördüncü Aşama: Reel Opsiyonlar Analizi

Bu aşamada opsiyon değerleme yaklaşımları ile projenin gerçek değeri (genişletilmiş NBD) elde edilmekte ve bu değerden birinci aşamada hesaplanan geleneksel NBD (S_0) çıkartılarak reel opsiyonun değeri (C_0) hesaplanmaktadır.

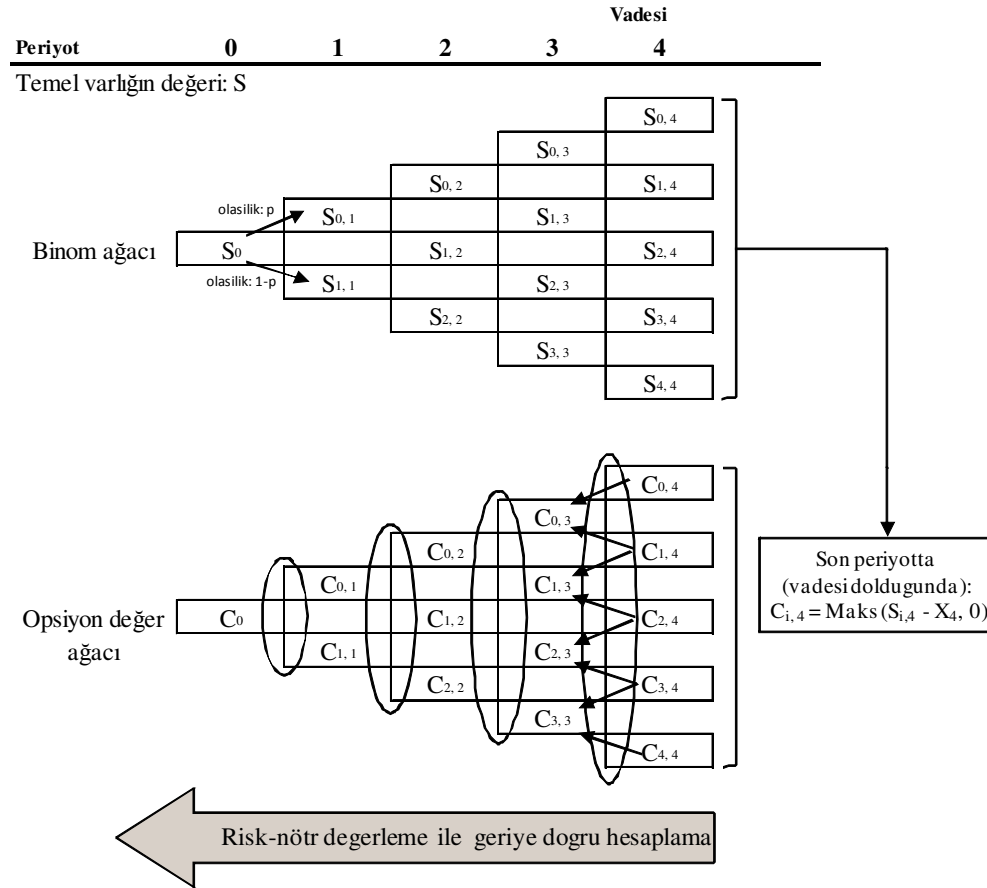
Projenin genişletilmiş NBD'si, eşlenik portföy yaklaşımı kullanılarak veya risk-nötr değerleme ile elde edilebilmektedir. Ancak risk-nötr değerleme, riske göre düzeltilmiş (gerçek) iskonto oranına ilişkin bir varsayım yapmayı gerektirmemesi ve basitçe risksiz faiz oranının kullanılabilmesi nedeniyle binom modellerinin çözümlerinde daha çok tercih edilmektedir.

Şekil 23'te dört dönemli bir binom ağacı üzerinde risk-nötr yaklaşımı ile değerlemenin örnek bir uygulaması gösterilmiştir. Risk-nötr değerleme eşitliği binom ağacında en son dönemden başa doğru uygulanarak genişletilmiş NBD'ye, yani opsiyonun kararının alınacağı bugünkü değere ulaşılmaktadır. En sonuncu karar noktasında problem, sadece alternatif kararlar arasındaki statik bir optimizasyon problemidir. Örneğin, $Maks(S_{i,4} - X_4; 0)$ gibi. Bu sonuçlar aşağıdaki risk-nötr değerleme eşitliğinde kullanılarak, sondan bir önceki karar noktası için çözüm değeri hesaplanmaktadır.

$$C = \frac{pC_u + (1-p)C_d}{1+r_f}$$

Bu eşitlikte, p : artış hareketinin risk-nötr olasılığı, r_f : risksiz oran, C_u ve C_d : bir aşama önceki C opsiyon değerini bulmak için, indirgenecek olan artış ve azalış hareketi sonucunda oluşan iki tamamlayıcı opsiyon değerleridir.

Şekil 23: Binom Ağaçları ile Değerleme Süreci



Aslında uygulanan çözüm yöntemi, bir dinamik programlama modelidir ve tüm kararlar dizisini yalnızca iki bileşene ayırmaktadır: 1. İlk karar, 2. İlk karardan kaynaklanan pozisyonla başlayarak, tüm ardışık kararların sonuçlarını temsil eden bir değerlendirme fonksiyonu. Bu iki değer arasında yapılan karşılaştırma sonucunda büyük değere sahip olan karar seçilmektedir ve bu süreç ağacın başlangıcına erişene kadar devam etmektedir. Ağacın başlangıç noktası için hesaplanan değer, genişletilmiş

NBD'dir. Bu değer, projenin barındırdığı yönetsel esnekliklerin de değerini içermektedir. Opsiyon değeri (C_0), genişletilmiş NBD ile geleneksel NBD arasındaki farktır. Genişletilmiş NBD ve C_0 değerlerine bağlı olarak projenin yaşam çevrimi boyunca uygulanabilecek optimal stratejiler belirlenmektedir.

şekil 23, binom ağacı ile değerleme sürecini göstermektedir. Değerleme için referans alınan ağaç bütünleşik binom ağacı ise, süreçte küçük bir farklılık oluşmaktadır. Örneğin, değerleme yapılan dönemde özel bir risk söz konusu ise, her senaryo ilişkili özel risk çıktısının olasılığı ile çarpılıp, tüm ağırlıklandırılmış özel risk ıktıları birbiriyle toplanmaktadır. Bu toplam değer üzerinde risk-nötr eşitliği uygulanarak dönem başına indirgenmektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

REEL OPSİYONLAR İLE BİR ALTI SİGMA İYİLEŞTİRME PROJESİNİN ANALİZİ

Bu bölümde Reel Opsiyon Değerleme Modeli kullanılarak bir üretim işletmesinde süreç iyileştirme amacıyla önerilen bir Altı Sigma projesine yatırım yapmanın değeri analiz edilmektedir. Burada öncelikle değerlemeye konu olan Altı Sigma projesinin yürütüldüğü ABC Elektrik firması hakkında tanıtıcı bilgiler verilecek ve bu projenin temel özelliklerinden söz edilecektir. Daha sonra bu örnek projenin özellikleri alım opsiyonunun parametreleri ile eşleştirilecek ve kavramsal Reel Opsiyon Değerleme Modelinin dört aşamasının uygulaması gerçekleştirilecektir. Son olarak analizde kullanılan model parametrelerinin projenin reel opsiyon değeri üzerindeki etkisini incelemek için duyarlılık analizlerine yer verilecektir.

5.1 Firma Profili: ABC Elektrik

ABC Elektrik, enerji, endüstri, bilişim altyapısı, bina ve konut pazarlarında sunduğu çözümlerle müşterilerine verimli, güvenilir ve etkin bir enerji yönetimi sağlayan dünya çapında uzman bir firmadır. Sürekli büyüme trendi ile 1987 yılından beri Türkiye’de de faaliyet gösteren ABC Elektrik, İzmir’in Çiğli ve Kemalpaşa ilçelerindeki iki fabrikasında harekete duyarlı elektrik-elektronik bağlantı malzemeleri, endüstriyel fiş, priz ve aydınlatma ürünleri üretmektedir. Firma, yaygın satış ağı, 1000’i aşkın personeli ile elektrik dağıtımı, otomasyonu ve kontrolü alanlarında kişilere ve kurumlara hizmet vermektedir. Üç temel uluslararası markaya sahip olan ABC Elektrik, Avrupa (gelirlerin %44ü), Kuzey Amerika (%27), Asya-Pasifik (%19) ve diğer ülkeler (%10) olmak üzere neredeyse dünyanın her yerinde faaliyetini sürdürmektedir.

ABC Elektrik 2000 yılında kalite yönetim sistemini ISO 9001 standardına göre belgelendirmiş ve o zamandan bugüne bu sistemin devamlılığını belgesini yenileyerek sağlamıştır. 2001 yılında firmanın çevre yönetim sistemi faaliyetleri ISO 14001 standardına göre belgelendirilmiştir. Firma aynı yıllarda Altı Sigma ve Yalın Üretim uygulamaları ile süreç iyileştirme çalışmalarına başlamıştır. 2003 yılında ilk Altı Sigma projelerini başlatmış ve 2006 yılında Altı Sigma Organizasyonu'nu kurmuştur. Daha önce birbirinden bağımsız olarak uygulanan Altı Sigma ve Yalın Üretim metodolojileri, 2007 yılından itibaren Yalın Altı Sigma adı altında bütünleşik bir yapıya dönüştürülmüş ve firma içi eğitimlerin içeriği yeniden düzenlenmiştir. Firmada ilk Uzman Kara Kuşak unvanı 2008 yılında verilmiştir.

ABC Elektrik, 2009 yılında iş sağlığı ve güvenliği faaliyetlerini OHSAS 18001'e yönelik olarak belgelendirme süreci için çalışmalarını başlatmıştır. 2010 yılında ise, dışarıdan aldığı danışmanlık desteğini sonlandırarak çalışanların tüm eğitim ihtiyaçlarını firmanın kurduğu Yalın Altı Sigma Organizasyonu bünyesinde vermeyi planlamaktadır. Firmanın geçtiği aşamalar temel aldığı anda, yıllar geçtikçe sürekli iyileştirme ve kalite bilincinin güçlenerek arttığı görülmektedir.

ABC Elektrik firmasının Altı Sigma uygulamaları konusundaki profili, 4.2.2.1.2 bölümünde sözü edilen ve Nonthaleerak ve Hendry (2008: 288)'nin firmaların başarı ve ilerleme düzeylerini belirlemek için kullandıkları göstergeler kapsamında yapılan değerlendirilmiştir. Buna göre, ABC Elektrik Türkiye'deki Altı Sigma uygulamaları açısından 6 yıllık bir tecrübeye sahiptir. 2003 yılından itibaren her yıl yeni Altı Sigma projeleri başlatmakta ve hatta son zamanlarda tedarikçilerini Yalın Altı Sigma eğitimlerine dahil ederek onların da bu sürecin bir parçası haline gelmelerini sağlamaktadır. Tedarikçilerde başlatılan ilk projelerin 2009 yılı sonu itibariyle tamamlanması beklenmektedir.

ABC Elektrik bünyesinde, mühendislik eğitimi ya da en az 4 yıllık bir üniversite eğitimi alan çalışanlar ve bazı süreçlerle ilgisi olan teknikerler Altı Sigma eğitimlerine katılmaktadır. 2003 yılından bu yana eğitim alan Altı Sigma proje liderlerinin %32'si Endüstri Mühendisi, %31'i Makina Mühendisi, %12'si Elektrik-

Elektronik Mühendisi ve %5'i Teknikerdir. Geriye kalan %20'lik kısmı ise, mühendislik dışındaki diğer bölümlerde üniversite eğitimi almış kişiler oluşturmaktadır.

2003-2009 yılları arasında ABC Elektrik, Altı Sigma metodolojisini temel alan 139 proje başlatmış ve bu projelerden 108'i (% 78) başarıyla tamamlanmış, 15'i (% 11) çeşitli nedenlerden dolayı durdurulmuş veya iptal edilmiştir. 16 proje (% 12) halen devam etmektedir. Firmanın bu projeleri gerçekleştirmekten dolayı elde ettiği kazanç 5,5 milyon Avro'dur.

ABC Elektrik, yukarıda verilen bilgiler ve göstergelere bağlı olarak, gerçekleştirilen Altı Sigma uygulamaları konusunda “Düşük-Orta-Yüksek” ölçeğinde değerlendirildiğinde; ilerleme düzeyi “Yüksek”; başarı düzeyi “Orta” derecede olan bir firmadır.

5.2 S1 Verimlilik Artırma Projesi

ABC Elektrik firması tarafından yürütülen “S1 hattının verimliliğinin artırılması” konulu Altı Sigma projesi⁷, bu çalışmada bir yatırım projesi olarak ele alınmıştır. S1 projesine yatırım yapma konusu ve bu projenin sahip olabileceği esneklikler bu çalışmada geliştirilen kavramsal Reel Opsiyon Değerleme Modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Modelleme süreci sonunda S1 projesi için elde edilen reel opsiyon değeri, geleneksel İNA analizinde olduğu gibi, yapılan varsayımlara ve girdi parametrelerine bağlıdır. Çalışmadaki model parametreleri geçmiş veriler kullanılarak belirlenmiştir. Varsayımlar ise, sektör tarafından genel kabul görmüş normlara, yöneticiler ve teknik çalışanlarla yapılan görüşmelere dayalı olarak yapıldığından oldukça gerçekçi oldukları düşünülebilir.

ABC Elektrik, S1 projesi ile toplam ekipman verimliliği ve kullanılan kapasite oranı göstergeleri cinsinden kapasite artırma fırsatları yaratmaya çalışmaktadır. S1 projesi spesifik olarak S1 hattının üretime başlaması için gereken

⁷ Bundan sonra “S1 projesi” olarak ifade edilecektir.

ön hazırlıkların süresi, iskarta oranı, bekleme zamanları ve montaj sırasındaki duruşlar gibi göstergelerin değerlerini azaltarak üretim verimliliğini artırmaya yönelik iyileştirmeleri keşfetmeye odaklanmaktadır. Bu projenin sonucunda müşteri taleplerine daha hızlı cevap veren ve S1 hattında değer yaratmayan faaliyetlere harcanan zamanı ve çabaları azaltan çözümlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Projeyi gerçekleştirmek üzere oluşturulan ekipte, proje lideri olarak bir Kara Kuşak ve 4 ekip üyesi yer almaktadır.

TÖAİK metodolojisi kullanılarak yürütülen S1 projesinin kritik kalite karakteristiği (KKK), S1 hattındaki kullanılan kapasite oranıdır. Kapasite oranında iyileştirme yapılarak, mevcut üretim kapasitesi ile karşılanamayan sipariş miktarları için ödenen fazla mesai ücretlerinin azalması beklenmektedir. ABC Elektrik ödenen fazla mesai ücretini kalitesizlik maliyeti olarak görmektedir. Bu nedenle, S1 projesinin kritik performans göstergesi elde edilecek maliyet tasarrufları olarak tanımlanmıştır. Firma bu proje ile kaçırılan siparişlerin maliyeti, enerji, yönetim giderleri gibi başka tasarruflar da sağlamaktadır. Bu çalışmada sadece işgücü maliyeti açısından elde edilecek tasarruflar dikkate alınmıştır. Bu nedenle analizlerde ortaya çıkan değerler potansiyel tasarrufların alt limitidir.

S1 hattının mevcut çalışma koşullarına ilişkin veriler Tablo 18’de özetlenmiştir. S1 projesinin sayısal hedefi, mevcut durumda saatte 1000 adet ürün üreten S1 hattının kapasitesini saatte 1400 adet düzeyine çıkarmaktır. S1 hattında üretilen ürünün birim maliyeti 1.28 TL’dir. Bu hatta 6 işçi çalışmaktadır ve günlük normal çalışma süresi vardiya başına 8 saattir. Bu çalışmada hattın ayda 24 gün çalıştırıldığı varsayılmaktadır. Fazla mesaiye kalan işçiler için ödenen ücret kişi başına 15 TL/saattir.

Tablo 18: S1 Hattının Çalışma Koşullarına İlişkin Veriler

Mevcut üretim kapasitesi	1000 adet/saat
Birim maliyet	1.28 TL/adet
Vardiya başına çalışma süresi	8 saat/gün – 24 gün/ay
S1 hattında çalışan işçi sayısı	6
İşçi maliyeti (fazla mesai ücreti)	15 TL/saat/kişi

5.3 Bir Alım Opsiyonu Olarak S1 projesi

ABC Elektrik, ekonomik olarak elverişli olduğunda S1 projesine yatırım yaparak mevcut gelirlerini artırma hakkına sahiptir, ancak bunun herhangi bir zorunluluğu da bulunmamaktadır. Reel opsiyonlar teorisinin kazandırdığı bu esnek görüş doğrultusunda, ABC Elektrik firmasının S1 hattının üretim kapasitesini artırma fırsatları yaratmak için S1 projesine yapacağı yatırım, hisse senedi üzerine yazılan bir alım opsiyonuna benzetilmektedir. Bu çalışmada S1 projesinin reel opsiyon değeri (C_0) aşağıdaki parametreler yardımıyla belirlenmektedir:

- i. S1 projesinden beklenen maliyet tasarrufları (S),
- ii. S1 projesini gerçekleştirmek için gereken yatırım maliyeti (X),
- iii. S1 projesine yatırım yapma opsiyonunun kullanılabilceği zaman periyodu (T),
- iv. S1 projesinden beklenen maliyet tasarruflarının belirsizliği (σ),
- v. Risksiz faiz oranı (r)
- vi. ABC Elektrik firmasının S1 projesini geciktirmesinin veya S1 projesinin başarısız olmasının maliyeti (δ)

S1 projesine yatırım yapmanın değeri, projenin tamamlanması ile elde edilecek maliyet tasarruflarının değeri ile projeyi gerçekleştirmek için gereken yatırım maliyeti arasındaki farktır.

5.3.1 S1 Projesinden Beklenen Maliyet Tasarrufları

S1 projesinden beklenen maliyet tasarrufları (S), belirli bir sipariş miktarı için S1 hattının mevcut üretim kapasitesi ile ortaya çıkan üretim maliyeti ve hedeflenen yeni üretim kapasitesi ile ulaşılan üretim maliyeti arasındaki fark ile hesaplanmıştır. Bunun aritmetik ifadesi,

$$S = M_{mevcut} - M_{yeni}$$

şeklinde verilebilir. Burada M_{mevcut} : mevcut durumdaki parametrelerle hesaplanan üretim maliyeti, M_{yeni} : S1 projesi sonunda ulaşılan yeni parametrelerle hesaplanan üretim maliyetidir.

Bu çalışmada üretim maliyeti (M), sipariş miktarına göre değişen bir bileşik fonksiyon ile hesaplanmaktadır. Eğer sipariş miktarı üretim kapasitesine eşit ya da üretim kapasitesinden küçük ise, üretim maliyeti sipariş miktarı ile birim maliyetin çarpımına eşittir. Eğer sipariş miktarı üretim kapasitesinden büyük ise, üretim maliyeti iki bileşenin toplamından oluşmaktadır. Birinci bileşen üretim kapasitesine eşit olan sipariş miktarının üretim maliyeti; ikinci bileşen ise üretim kapasitesini aşan sipariş miktarının üretim maliyetidir. İkinci bileşen kalitesizlik maliyetine karşılık gelmektedir.

I : yıllık sipariş miktarı, K : yıllık üretim kapasitesi, b : birim maliyet ve f : ürün başına ödenen fazla mesai ücreti olmak üzere, üretim maliyeti:

$$M = \begin{cases} I * b, & I \leq K \\ I * b + (I - K) * f, & I > K \end{cases}$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada ürün başına ödenen fazla mesai ücreti (f), S1 hattının bir saat çalıştırılması için işçilere ödenen toplam ücretin saatlik üretim kapasitesine oranlanması ile elde edilmiştir. Buna göre,

$$f = \left(\frac{15 * 6}{K / 8 * 24 * 12} \right)$$

olmaktadır.

S1 projesi kapsamında düşünüldüğünde, üretim kapasitesi arttıkça fazla mesaiden kaynaklanan kalitesizlik maliyeti ve dolayısıyla toplam üretim maliyeti azalacaktır. Bu daha fazla maliyet tasarrufu elde etmek anlamına gelmektedir.

5.3.2 S1 Projesi İçin Gereken Yatırım Maliyeti

Proje ekibi, S1 projesinin altı aylık bir zaman periyodunda tamamlanabileceğini öngörmektedir. TÖAİK aşamaları bazında S1 projesinin her aşamayı tamamlaması için gereken süreler ile projenin içerdiği faaliyetler ve iyileştirmeler için gereken tüm yatırım maliyetleri (*X*) Tablo 19'daki gibi tahmin edilmiştir.

Tablo 19: S1 Projesine İlişkin Tamamlama Süreleri ve Beklenen Maliyetler

	Tanımlama	Ölçme	Analiz	İyileştirme	Kontrol
Beklenen Süreler (Ay)	1	2	1	1	1
Beklenen Maliyetler (TL)	1250	6450	4000	13000	1250

Bu çalışmada, proje ekibi tarafından öngörülen harcamaların her aşamanın başında gerçekleştiği varsayılmaktadır.

5.3.3 S1 Projesine Yatırım Yapma Opsiyonunun Vadesi

ABC Elektrik yönetimi, Altı Sigma projelerine yatırım yapma ya da erteleme kararlarını altı aylık periyotlarla gündeme almakta ve S1 projesini iki yıl içinde gerçekleştirmenin uygun olduğunu düşünmektedir. Bir başka deyişle, elverişli koşulların oluşması durumunda, iki yıl süresince herhangi bir altı aylık dönem içerisinde projenin gerçekleştirilmesi uygundur ve bu süreden sonra proje stratejik açıdan oldukça geç kalmış sayılacaktır. Bu nedenle, S1 projesine yatırım yapma opsiyonunun vadesi (*T*), iki yıldır.

5.3.4 Maliyet Tasarruflarının Volatilitesi

Volatilite (σ), S1 projesinden beklenen maliyet tasarruflarındaki belirsizliği yansıtan parametredir. Bu parametre, 5.4.2.2 bölümünde geliştirilen Monte Carlo simülasyonu ile elde edilen maliyet tasarruflarına ilişkin veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

5.3.5 Risksiz Faiz Oranı

Risksiz faiz oranı (r_f) olarak, 2009 yılı devlet iç borçlanma senetlerindeki gösterge faiz oranı (%9.02) kullanılmıştır.

5.3.6 Kar Payı

S1 projesi kullanılan kapasite oranının iyileştirilmesine yönelik bir projedir. Bu projenin tamamlanmasıyla ABC Elektrik, hem üretim maliyetlerini azaltacak hem de müşteri taleplerine daha hızlı cevap verebilen bir süreç performansına ulaşacaktır. Projenin geciktirilmesi ise firma açısından potansiyel gelirlerin kaybı anlamına gelmektedir.

S1 projesine yatırım yapılırsa, beklenen maliyet tasarruflarının projenin tamamlanmasının hemen ardından gerçekleşeceği ve bu maliyet tasarruflarının 3 yıl boyunca eşit ve düzenli ödemeler şeklinde devam edeceği düşünülmektedir. Firma başka Altı Sigma projelerinden de tasarruflar elde ettiği için, tek bir projeden kaynaklanan marjinal tasarrufların etkisinin üç yıl devam edeceğini varsaymaktadır. Bundan dolayı, bu çalışmada kar payı oranı (δ),

$$\delta = \frac{\mu - r_f}{\sigma}$$

formülü ile sabit bir değer olarak belirlenmiştir. Burada μ , S1 projesinden beklenen asgari getiri oranıdır ve AOSM oranı ile temsil edilmektedir. S1 projesinden beklenen maliyet tasarruflarını indirmek için ABC Elektrik tarafından belirlenen AOSM oranı yıllık %11.9, r_f değeri %9.02'dir. σ ise 5.4.2.2 bölümünde elde edilen değerdir.

5.4 S1 Projesi İçin Reel Opsiyon Değerleme Modeli

Burada Reel Opsiyon Değerleme Modelinin dört temel aşaması kullanılarak S1 projesine yatırım yapma opsiyonunun değeri analiz edilmektedir. Modelleme süreci boyunca 5.3 bölümünde belirlenen parametreler kullanılmaktadır.

5.4.1 Geleneksel İNA Analizi

Reel Opsiyon Değerleme Modelinin ilk aşaması, S1 projesinin değerini belirleyen parametrelerden biri olan maliyet tasarruflarının bugünkü değerinin hesaplanmasıdır. Bu parametrenin tahmini değeri, MAD varsayımından dolayı bu çalışmada S1 projesinin geleneksel İNA analiz yöntemleri ile hesaplanan net bugünkü değeridir.

S1 projesi ekibi, projenin tamamlanmasıyla elde edilecek maliyet tasarruflarını 5.3.1 bölümünde verilen formüller yardımıyla yıllık olarak hesaplamaktadır. Buna göre, S1 hattında üretilen ürün için ortalama yıllık sipariş miktarı 3065000 adet olarak tahmin edilmektedir. Bu hattın mevcut kapasitesi 1000 adet/saattir. Yıllık üretim kapasitesi ise $(1000 \text{ adet/saat} * 8 \text{ saat/gün} * 24 \text{ gün/ay} * 12 \text{ ay/yıl}) = 2304000$ adettir.

$$I = 3065000 \text{ adet/yıl}$$

$$K_{mevcut} = 2304000 \text{ adet/yıl}$$

$$b = 1.28 \text{ TL/adet}$$

$$f = \left(\frac{15 * 6}{K / 8 * 24 * 12} \right) = \left(\frac{15 * 6}{2304000 / 8 * 24 * 12} \right) = 0.09 \text{ TL/adet}$$

bilgileri verildiğinde, $I > K$ olduğundan, mevcut üretim maliyeti,

$$M_{mevcut} = I * b + (I - K) * f$$

$$M_{mevcut} = 3065000 * 1.28 + (3065000 - 2304000) * 0.09 = 3991690 \text{ TL olur.}$$

S1 projesinin tamamlanması ile hattın üretim kapasitesinin 1400 adet/saat düzeyine çıkması beklenmektedir. Bu durumda yıllık üretim kapasitesi (1400 adet/saat * 8 saat/gün * 24 gün/ay * 12 ay/yıl) = 3225600 adet olacaktır.

$$I = 3065000 \text{ adet/yıl}$$

$$K_{\text{yeni}} = 3225600 \text{ adet/yıl}$$

$$b = 1.28 \text{ TL/adet}$$

bilgileri verildiğinde, $I \leq K$ olduğundan, yeni üretim maliyeti,

$$M_{\text{yeni}} = I * b$$

$$M_{\text{yeni}} = 3065000 * 1.28 = 3923200 \text{ TL olur.}$$

Buna göre, S1 projesinden beklenen maliyet tasarrufları,

$$S = M_{\text{mevcut}} - M_{\text{yeni}}$$

$$S = 3991690 - 3923200 = 68490 \text{ TL /yıl olarak tahmin edilmiştir.}$$

Bu aşamada S1 projesi için tahmin edilen maliyet tasarrufları ve 5.3.2 bölümünde Tablo 19'da verilen yatırım maliyetleri dikkate alınarak geleneksel NBD hesaplanmış ve S1 projesinin değeri belirlenmiştir (Tablo 20).

Tablo 20: S1 Projesinin Net Bugünkü Değeri

Aylar	Tanımlama		Ölçme		Analiz		İyileştirme		Kontrol		1. yıl	2. yıl	3. yıl
	0	1	2	3	4	5	6*	7	8	9	10	11	12
Yatırım Maliyeti													
(Ödemeler dönem başında gerçekleşir)	1.250 TL	6.450 TL	4.000 TL	13.000 TL	1.250 TL								
Beklenen Maliyet													
Tasarrufları (Yıllık)													
AOSM (% 11.9)	0.99%	1.49%	0.99%	1.19%	1.29%								
Beklenen Maliyet													
Tasarrufların NBD'si	155.530 TL												
Beklenen Yatırımların NBD'si	25.208 TL												
Projenin NBD'si	130.322 TL												

* Maliyet tasarrufları 6. aydan itibaren başlamaktadır. Proje tamamlandıktan sonra üç yıl getiri sağlamaktadır.

Tablo 20’de beklenen maliyet tasarrufları ve TÖAİK aşamalarının maliyetleri, %11.9 oranı ile indirgenerek bugünkü değerleri bulunmuş ve bu iki değer arasındaki fark bulunarak projenin maliyet tasarruflarının NBD’si 130322 TL olarak hesaplanmıştır. Burada beklenen maliyet tasarruflarının bugünkü değeri ise 155530 TL olarak saptanmıştır. Bu değer, sonraki aşamalarda volatilitenin hesaplanmasında kullanılan ve binom ağacının başlangıç değerini temsil eden S_0 değeridir.

5.4.2 Belirsizliklerin Modellenmesi

S1 projesinden beklenen maliyet tasarruflarında değişkenliğe yol açan belirsizlik kaynaklarının tanımlanması ve bunların proje değeri üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi Reel Opsiyon Değerleme Modelindeki en kritik aşamadır. Burada öncelikle S1 projesinin sahip olduğu özelliklere göre proje değeri üzerindeki en önemli belirsizlik kaynakları tanımlanmış ve bu belirsizlik kaynaklarını temsil eden değişkenlerin istatistiksel dağılımları belirlenmiştir. Daha sonra Monte Carlo simülasyonu yardımıyla, belirsiz değişkenlerin etkileri S1 projesinden beklenen maliyet tasarrufları üzerine yansıtılmış ve bu tasarruflardaki değişkenliği temsil eden volatilitenin değerinin hesaplanması için gereken veriler türetilmiştir. Son olarak projenin gelecekte sahip olabileceği tüm olası sonuçlar binom ağacı ile modellenmiştir.

5.4.2.1 Nedensel Belirsizlik Kaynaklarının Tanımlanması

S1 projesinin gerçekleştirildiği ortamda, proje liderinin ve ekip üyelerinin davranışları ve birbirleri arasındaki ilişkiler, proje için kullanılan kaynaklar, proje konusu olan iyileştirme alanındaki dinamikler, ABC Elektrik yönetimi, pazar koşulları ve diğer faktörler projenin performansını etkileyecek şekilde birbirleriyle etkileşime girmektedir. S1 projesinin gerçek değeri bu pek çok faktörün etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada projenin değerini etkileyen belirsizlikler, pazara özgü belirsizlikler ve özel belirsizlikler olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır ve her bir grup altında kısıtlı sayıda belirsiz değişkenin etkisi incelenmektedir. Bu nedenle burada proje değerinin oluşumunu temsil eden modelin yapısı, S1 projesinin gerçek ortamından daha az karmaşıklık içermektedir.

5.4.2.1.1 Pazara özgü belirsizlikler

S1 projesi, S1 hattında iyileştirmeler yaparak üretim kapasitesini artırmayı ve böylelikle, kapasiteyi aşan sipariş miktarını karşılamak için yapılan harcamalardan tasarruf etmeyi amaçlamaktadır. Bu proje için gerçekleştirilen NBD analizinde, beklenen maliyet tasarrufları belirli bir sipariş miktarı temel alınarak tahmin edilmektedir. Halbuki pazardaki dinamikler her zaman aynı koşullarda işlememektedir. Pazarın değişen dinamikleri karşısında, ABC Elektrik firmasının ürünlerine ilişkin sipariş miktarı da belirsizliğe maruz kalmakta ve öngörülemeyen rassal bir bileşene sahip olmaktadır.

Sipariş miktarı, S1 projesinden beklenen maliyet tasarrufları ve dolayısıyla projenin değeri üzerinde doğrudan etkiye sahip olduğundan ve yönetsel faaliyetlerle kontrol edilemediğinden, bu çalışmada pazara özgü belirsizliği yansıtan bir değişken olarak belirlenmiştir. Sipariş miktarına ilişkin stokastik özellikleri belirlemek için 2006-2008 yılları arasındaki geçmiş veriler analiz edilmiştir (Tablo 21).

Tablo 21: ABC Elektrik Firmasının Sipariş Verileri

Yıl	Dönem	Toplam Sipariş Miktarı
2006	6. ay	1309596
2006	12. ay	1402415
2007	6. ay	1740355
2007	12. ay	2086656
2008	6. ay	1491290
2008	12. ay	1155928

2006 yılının başından 2007 yılının sonuna kadar geçen dört dönem boyunca sipariş miktarlarında artış gözlenmektedir. Ancak ABC Elektrik firmasının 2008 yılındaki sipariş miktarlarında ani bir azalma yaşanmıştır. Bunun nedeni, 2007 yılının sonuna doğru ABD konut piyasalarındaki sorunlarla başlayarak 2008 yılında tüm dünyayı etkisi altına alan küresel krizdir. Burada dört yıllık bir dönem üzerinden sınırlı sayıda veri elde edildiği için, sipariş miktarı değişkeninin istatistiksel dağılımı Üçgen dağılım ile temsil edilmektedir.

Üçgen dağılım, bir değişkenin olasılık dağılımının bilinmediği, ancak minimum, maksimum ve en olası değerlerinin tahmin edilebildiği durumlarda en çok tercih edilen istatistiksel dağılımdır (Kotz ve van Dorp, 2004: 5)

Minimum değer (a), mod (c) ve maksimum değer (b) parametrelerine bağlı olarak, üçgen dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f(x|a,b,c) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & c \leq x \leq b \\ 0 & \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

Bu çalışmada Tablo 21'deki veriler üzerinden üçgen dağılımın parametreleri $a=1155928$, $c=1740355$ (tepe değeri) ve $b=2086656$ olarak kabullenilmiş ve üçgen dağılımın olasılık fonksiyonu Monte Carlo simülasyonunda sipariş miktarına ilişkin verileri üretmek için kullanılmıştır.

5.4.2.1.2 Özel belirsizlikler

Bir Altı Sigma projesinin başarı göstergelerini etkileyebilecek özel belirsizliklerden daha önce 4.2.2.1.2. bölümünde söz edilmişti. Bu çalışmada Nonthaler ve Hendry (2008) tarafından belirlenen beş temel uygulama problemi, bir Altı Sigma projesinin değerini etkileyen özel belirsizlikler olarak dikkate

almaktadır. Ancak özel belirsizlikler bunlarla sınırlı değildir. Proje açısından risk olarak algılanan ve proje başarı göstergeleri ile ilişkisi açıklanabilen her özel belirsizlik faktörü değerlendirme modeline dahil edilebilir.

Bu çalışmada “projenin tamamlanma süresi” ve “projenin hedefine ulaşma derecesi” S1 projesinin başarı göstergeleri olarak belirlenmiştir. ABC Elektrik firmasının Yalın Altı Sigma Organizasyonundan sorumlu yöneticileri ile yapılan görüşmelerde 4.2.2.1.2. bölümünde açıklanan beş özel belirsizlik faktörünün S1 projesinin başarı göstergeleri üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Bu görüşmelerin sonucunda, Nonthaler ve Hendry (2008) tarafından belirlenen uygulama problemlerinden *Kara Kuşakların çalışma biçimi* ve *Kara Kuşakların Proje Şampiyonuna raporlama şekli*, S1 projesi açısından dikkate alınması gereken belirsizlik faktörleri olarak ortaya çıkmıştır. ABC yöneticilerinin önerisi ile, Kara Kuşakların tecrübesinin bir özel belirsizlik faktörü olarak analizlere dahil edilmesine karar verilmiştir.

S1 projesinin özel belirsizliklerini temsil eden üç değişken ve bu değişkenlerin aldığı değerler Tablo 22’de verilmiştir. Bu değişkenlere göre tanımlanırsa, S1 projesinin lideri, firmada üretim sorumlusu olarak çalışan ve iki Altı Sigma projesi tamamladığı için tecrübesi az olan bir Kara Kuşaktır ve bu projede yarı zamanlı olarak çalışmaktadır. Projenin Şampiyonu ise proje lideri ile aynı alanda çalışan bir üst düzey yöneticidir ve proje lideri Şampiyona doğrudan hesap verme sorumluluğuna sahiptir.

Özel belirsizliklerin S1 projesinin başarı göstergeleri üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla, ABC Elektrik firmasının veritabanındaki tüm Altı Sigma projeleri Tablo 22’de belirtilen değişken değerlerine göre kodlanmıştır. Daha sonra, S1 projesi ile aynı özellikleri taşıyan projeler süzülerek bir örneklem elde edilmiştir. Bu örnekte 32 projeye ait geçmiş veriler bulunmaktadır.

Tablo 22: S1 Projesine İlişkin Özel Belirsizlikler

Değişkenin Adı	Değişkenin Aldığı Değerler	Tanımlar
Kara Kuşakların çalışma biçimi	Yarı zamanlı (YZ)	Projeye çalışma süresinin %15 ile %25'i arasında zaman ayıranlar
	Tam zamanlı (TZ)	Projeye çalışma süresinin %25 ile %50'si arasında zaman ayıranlar
Kara Kuşakların Proje Şampiyonuna raporlama şekli	Doğrudan (DN)	Örgüt şemasında proje lideri ile Şampiyon birbirine doğrudan bağlı
	Dolaylı (DL)	Diğer durumlar
Kara Kuşakların tecrübesi	Az (AZ)	Tamamlanan proje sayısı: 1 - 2
	Orta (OR)	Tamamlanan proje sayısı: 3 - 4
	Çok (CK)	Tamamlanan proje sayısı: 4'ten fazla

S1 projesi, TÖAİK metodolojisi kullanılarak beş aşamada gerçekleştirilmektedir ve her aşama bir sonrakinin öncülü şeklindedir. Bu projedeki her aşamanın tamamlanma süresi, projenin sahip olduğu özel belirsizlikler nedeniyle değişkenlik göstermektedir. Bir projedeki her aşamanın tamamlanma süresine ilişkin değişkenliğini en iyi temsil eden dağılım Beta dağılımıdır (Tütek ve Gümüšoğlu, 2008: 325). Bu nedenle S1 projesinin TÖAİK aşamalarının her birinin tamamlanma süresi Beta dağılımı ile modellenmiştir.

Beta dağılımının şekli yer ve ölçek parametrelerine bağlı olarak tanımlanmaktadır. α ve β şekil parametreleri ve a ve b minimum ve maksimum değerler olmak üzere, Beta dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = \frac{(x-a)^{\alpha-1}(b-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)(b-a)^{\alpha+\beta-1}} \quad a \leq x \leq b; \quad \alpha > 0; \quad \beta > 0$$

biçimindedir. Burada Beta fonksiyonunun değeri

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx$$

ile belirlenmektedir (Gupta ve Nadarajah, 2004: 33).

Tamamlanma süresi a ve b aralığında değer alan bir değişken ise, bu değişkeni temsil eden Beta dağılımının α ve β parametreleri momentler yöntemine göre tahmin edilebilir (NIST/SEMATECH, 2006). Buna göre,

$$\bar{x}_d = \frac{\bar{x} - a}{b - a} \text{ ve } \hat{\sigma}_d = \frac{\hat{\sigma}}{(b - a)^2} \text{ olmak üzere,}$$

$$\hat{\alpha} = \bar{x}_d \left(\frac{\bar{x}_d (1 - \bar{x}_d)}{\hat{\sigma}_d} - 1 \right)$$

$$\hat{\beta} = (1 - \bar{x}_d) \left(\frac{\bar{x}_d (1 - \bar{x}_d)}{\hat{\sigma}_d} - 1 \right)$$

şeklindedir.

S1 projesinin TÖAİK aşamalarının tamamlanma süresine ilişkin Beta dağılımının parametreleri yukarıda verilen eşitlikler yardımıyla tahmin edilmiştir. Tamamlama sürelerine ilişkin özet istatistikler ve Beta dağılımının parametreleri Tablo 23'te verilmiştir. Bu parametreler, Monte Carlo simülasyonunda TÖAİK aşamalarının her biri için tamamlanma süresine ilişkin verilerin türetilmesinde kullanılmıştır.

Burada aynı zamanda S1 projesi ile aynı özelliklere sahip olan projelerin performansı incelenmiş ve veritabanından elde edilen örneklem verileri üzerinden her proje için bir başarı oranı hesaplanmıştır. Başarı oranı, projenin sonunda ulaştıkları performans değerinin hedeflenen değere bölünmesi ile elde edilmiştir. Hesaplanan başarı oranları arasında gözlenen en küçük değer %16, en büyük değer ise %230'dur. Gözlenen değerler beş aralığa bölünerek Tablo 24'teki frekans tablosu oluşturulmuştur. Bu frekans tablosu, S1 projesinin "hedefine ulaşma derecesini" temsil eden bir kesikli olasılık dağılımı olarak Monte Carlo simülasyonuna tanıtılmıştır.

Tablo 23: S1 projesinin TÖAİK aşamalarının Tamamlama Süreleri (Ay)

Özet İstatistikler	T Tanımlama	Ö Ölçme	A Analiz	İ İyileştirme	K Kontrol
Minimum (a)	0.2333	0.3333	0.2333	0.4000	0.1333
Maksimum (b)	1.6333	8.7000	15.1000	9.2000	3.7333
Ortalama (\bar{x})	0.8877	2.1865	2.1957	2.1989	1.4656
Standart sapma ($\hat{\sigma}$)	0.5368	1.9075	3.4292	1.7064	0.8389

Normalizasyon

Düzeltilmiş ortalama (\bar{x}_d)	0.4674	0.2215	0.1320	0.2044	0.3701
Düzeltilmiş standart sapma ($\hat{\sigma}_d$)	0.2739	0.0272	0.0155	0.0220	0.0647

Beta Dağılımının Parametre Tahminleri

Alfa ($\hat{\alpha}$)	0.8922	1.1801	0.8428	1.3043	0.9626
Beta ($\hat{\beta}$)	1.0168	4.1479	5.5418	5.0762	1.6386

Tablo 24: S1 Projesinin Hedefine Ulaşma Derecesi

	Başarı Oranı (%)	Excel Fonksiyonu	Frekans (%)	Kümülatif Frekans (%)
Hedefin Çok Altında	$0 < x \leq 50$	RASTGELEARADA(1;50)	12.5	12.5
Hedefin Altında	$50 < x \leq 95$	RASTGELEARADA(51;95)	20.8	33.3
Tam Hedefte	$95 < x \leq 105$	RASTGELEARADA(96;105)	29.2	62.5
Hedefin Üstünde	$105 < x \leq 150$	RASTGELEARADA(106;150)	29.2	91.7
Hedefin Çok Üstünde	$150 < x \leq 250$	RASTGELEARADA(151;250)	8.3	100.0

Monte Carlo simülasyonunun her iterasyonunda, Microsoft Excel programının RASTGELEARADA(a;b) komutu ile Tablo 24'te belirtilen aralıklardan bir değer seçilmektedir. Seçilen değer, projenin hedefine ulaşma derecesini temsil eden bir oran olduğundan, bir dönüşüm formülü yardımıyla proje hedefinin ifade edildiği birim cinsinden tanımlanmaktadır. Örneğin, ABC Elektrik firmasında iyileştirilecek üretim hattının mevcut kapasitesi 1000 adet/saat, S1 projesinin hedef değeri ise 1400 adet/saattir. Tablodan rassal olarak seçilen oran %50 ise, S1 projesinin tamamlanması ile ulaşılan yeni üretim kapasitesi $1000+(1400-$

1000)*0.50=1200 adet/saat olmakta ve ilgili iterasyonda maliyet tasarrufları bu üretim kapasitesi temel alınarak hesaplanmaktadır.

5.4.2.2 Belirsizliklerin Monte Carlo Simülasyonu ile Modellenmesi

Bu aşamada S1 projesinden beklenen maliyet tasarruflarının dağılımını türetmek ve volatilitesini tahmin etmek için bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. 5.4.2.1 bölümünde, pazara özgü bir değişken olarak tanımlanan sipariş miktarı ve özel belirsizliklerin etkilerini yansıtan proje başarı göstergeleri ile ilgili tanımlanan istatistiksel dağılımların parametreleri, geliştirilen Monte Carlo simülasyon modeline girdi olarak tanıtılmıştır. Simülasyon modelinin çıktı değişkenleri ise, projenin tamamlanma süresi ve üretim maliyetidir.

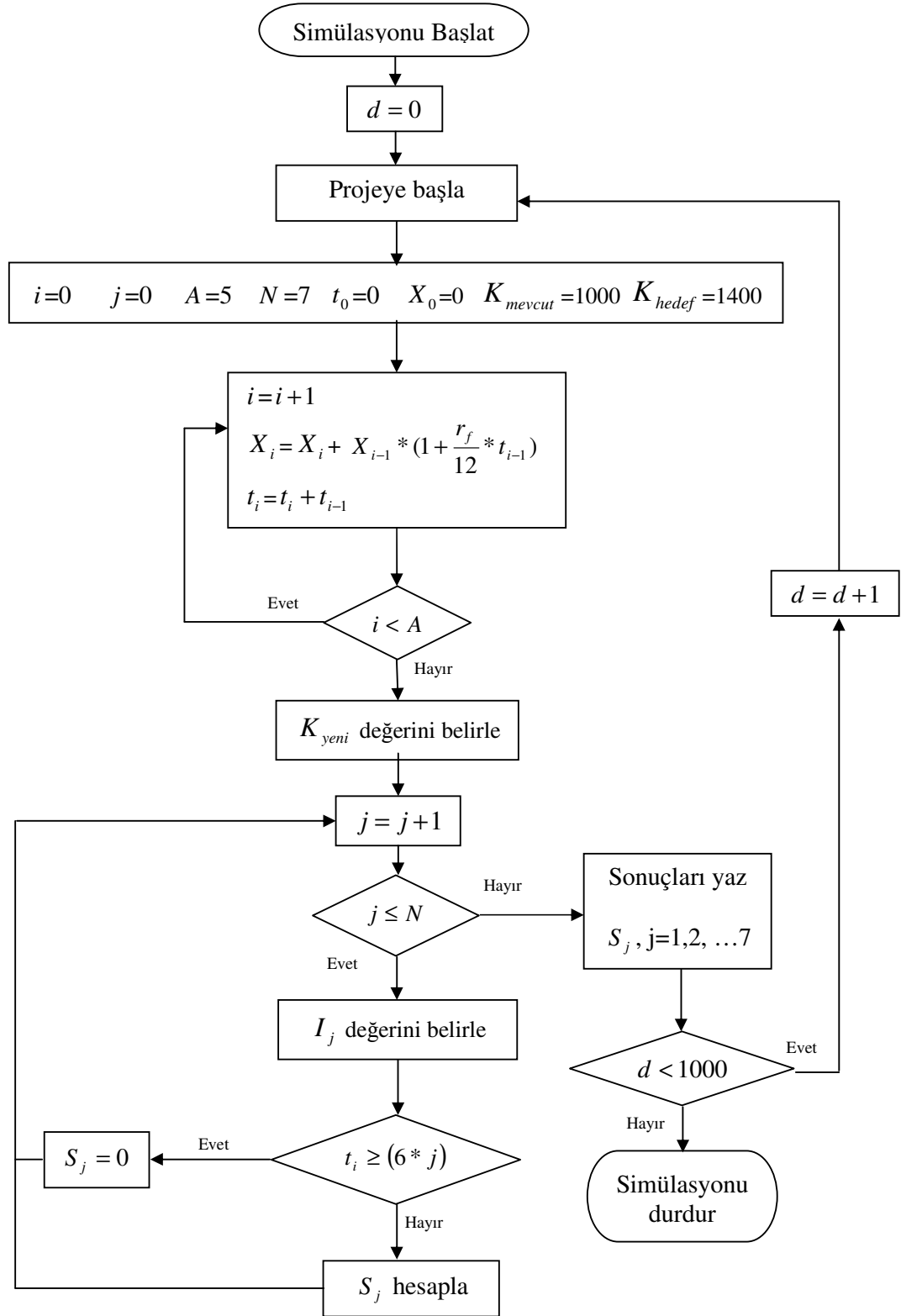
Simülasyon modelinin amacı, S1 projesi sayesinde gerçekleşen yeni üretim parametrelerine göre yeni maliyet tasarruflarının değerini hesaplamaktır. Maliyet tasarrufları, çeşitli senaryolar için rassal olarak türetilen değerler sonucunda, projenin uygulanmadığı durumda ortaya çıkan maliyet (M_{mevcut}) ve projenin uygulanması sonucunda ortaya çıkan yeni maliyet (M_{yeni}) arasındaki farkın hesaplanmasıyla elde edilmektedir.

Simülasyon modeli, Microsoft Excel programı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu modelde kullanılan parametreler Tablo 25'te verilmiştir. Modelin akış şeması ise Şekil 24'te gösterildiği gibidir. Simülasyonun 1000 kez çalıştırılması ile gelecekteki maliyet tasarruflarına ilişkin 1000 adet veri seti türetilmiştir. Her veri setinde projenin başlama tarihinden itibaren, bir dönem projenin tamamlanma süresi ve altı dönem maliyet tasarruflarının elde edildiği süre olmak üzere, yedi döneme ilişkin türetilmiş maliyet tasarrufları bulunmaktadır.

Tablo 25: Simülasyon Modelinin Parametreleri

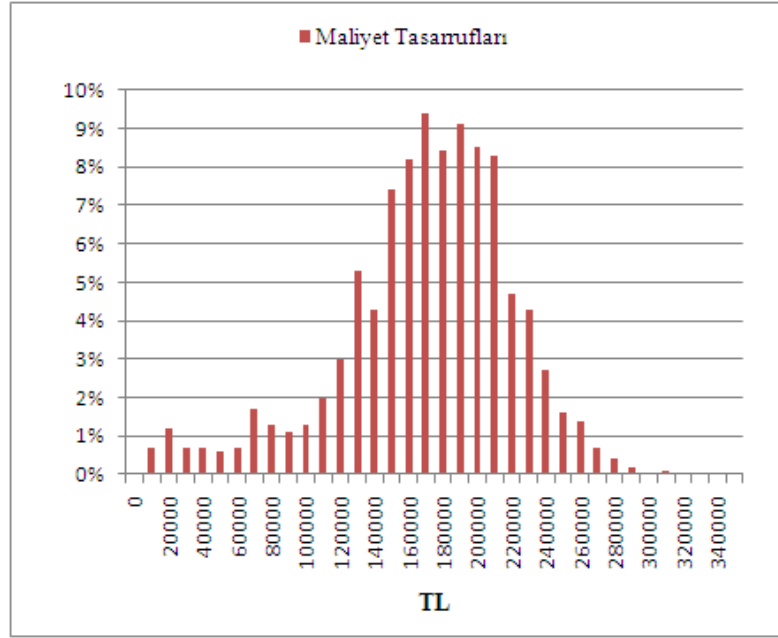
Simülasyon parametreleri	Değişken sembolü	Parametre değeri
Değerlenen dönem sayısı	N	7
Projedeki aşama sayısı	A	5
j. dönemdeki sipariş miktarı (adet)	I_j	Üçgen (1155928; 1740355; 2086656)
Ürün birim fiyatı (TL/adet)	b	1.28
Mevcut üretim kapasitesi (adet/saat)	K_{mevcut}	1000
Hedeflenen üretim kapasitesi (adet/saat)	K_{hedef}	1400
Yeni üretim kapasitesi (adet/saat)	K_{yeni}	(Tablo 24) $K_{mevcut} + (K_{hedef} - K_{mevcut}) * (Başarı Oranı)$
i. aşamada yatırım tutarı	X_i	(Tablo 19) $i=1,2,3,4,5$
i. aşamanın tamamlanma süresi	t_i	t_1 =Beta (0.8922; 1.0168) t_2 =Beta (1.1801; 4.1479) t_3 =Beta (0.8428; 5.5418) t_4 =Beta (1.3043; 5.0762) t_5 =Beta (0.9626; 1.6386)
Risksiz faiz oranı	r_f	%9.02
j. dönemde maliyet tasarrufu	S_t	$M_{mevcut} - M_{yeni}$
Deneme sayısı	d	1000

Şekil 24: Monte Carlo Simülasyonunun Genel Akış Şeması



Türetilen maliyet tasarrufları, Şekil 25'te gösterildiği gibi, lognormal dağılıma sahiptir.

Şekil 25: S1 Projesinin Maliyet Tasarrufları



S1 projesinin maliyet tasarrufları ortalama olarak 170950 TL düzeyinde gerçekleşmektedir. “Logaritmik bugünkü değer” yaklaşımıyla hesaplanan temsili volatilitte ($\hat{\sigma}$) değeri ise yıllık %79.5’dir.

5.4.2.3 Proje Değerinin Binom Ağacı ile Modellenmesi

S1 projesi yaşam döngüsü içinde TÖAİK metodolojisi kullanılarak beş aşamada yürütülen bir proje olduğundan, her aşamanın başarılı olması durumunda bir sonrakine geçilebilmektedir. Burada her aşamaya yapılan yatırım ayrı birer opsiyon olarak ele alınabileceğinden, proje değerinin oluşumunu temsil eden binom ağacındaki dönemler projenin aşamaları bazında aylık sürelerle belirlenmiştir. Volatilitte değeri (%79.5) yıllık olarak belirlendiğinden, u ve d faktörleri ilgili dönem içinde geçen süreye (δt) göre düzeltilerek hesaplanmıştır. Şekil 26’da

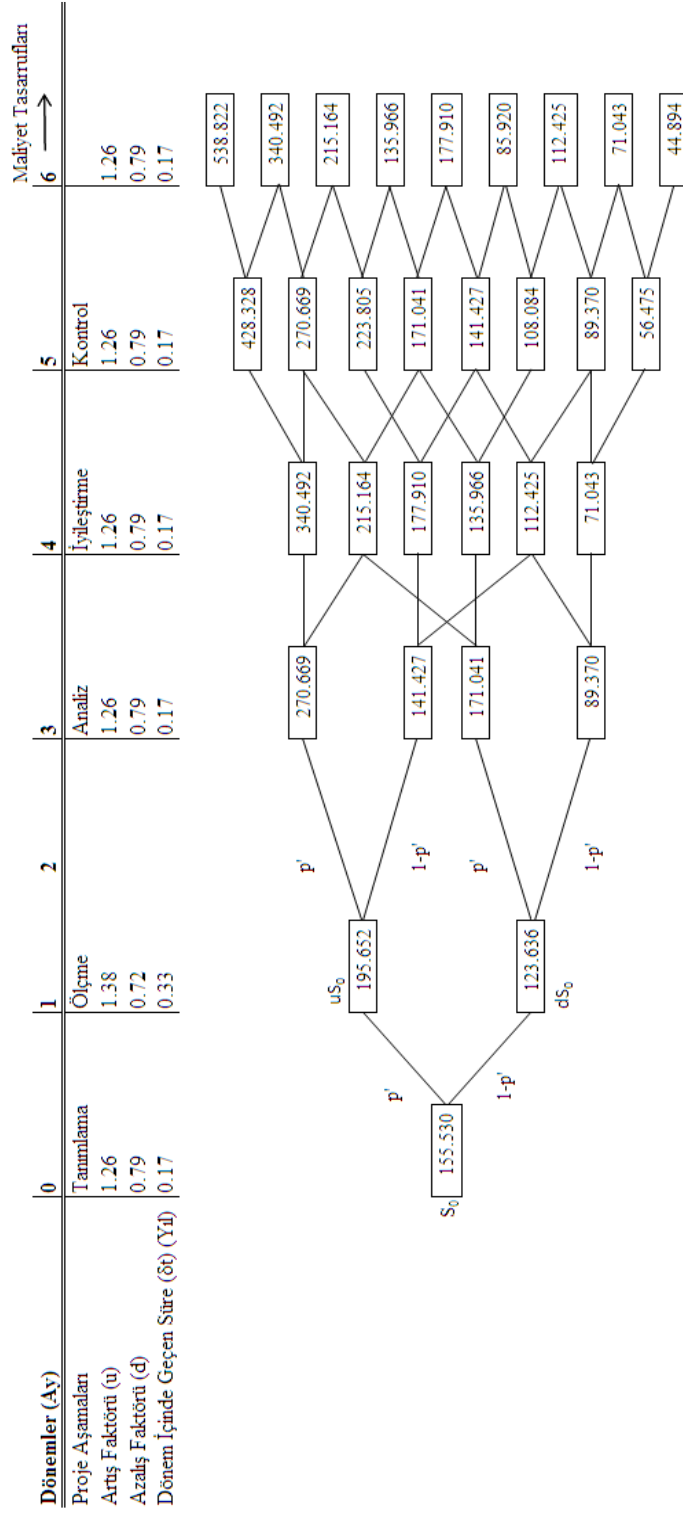
verilen binom ağacındaki her dönem için, proje değerinin volatilitesine bağlı olarak artış ($u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}}$) ve azalış ($d = \frac{1}{u}$) faktörleri hesaplanmış ve bu faktörler S_0 değeri ile çarpılarak projenin her aşamada sahip olabileceği değerler tahmin edilmiştir.

5.5 Yönetsel Esnekliklerin Modellenmesi

S1 projesinin beş aşamada tamamlanması planlandığı ve her aşamanın başında bir yatırım maliyeti söz konusu olduğu için, bu çalışmada projeye yatırım yapma kararı, beş ayrı yatırım kararı olarak ele alınmaktadır. İlk aşamaya yatırım yapma, ikinci aşamaya yatırım yapma hakkı; aynı şekilde ikinci aşamaya yatırım yapma üçüncü aşamaya yatırım yapma hakkı sağladığından, bu süreç bileşik opsiyonlar içermektedir. Pazar durumu ve proje ekibinin performansına bağlı olarak, ortam elverişli ise ilgili aşamaya yatırım yapılarak projeye devam edilmektedir. Koşullar elverişli değilse, proje terk edilmektedir. Bu çalışmada, her aşamanın sonunda projeye “devam etme” ya da projeyi “terk etme” şeklindeki kararlar S1 projesi için birer opsiyon olarak görülmektedir. Bir aşamada “terk etme” opsiyonunun kullanılması durumunda, projenin herhangi bir hurda değeri söz konusu değildir.

ABC Elektrik firmasında Tanımlama ve Ölçme aşamaları tamamlandıktan sonra, projelerin performansı proje sponsoru, UKK ve firma yöneticilerinden oluşan bir grup tarafından değerlendirilmektedir. Eğer grup projenin Tanımlama ve Ölçme aşamalarını başarılı bir şekilde gerçekleştiremediği yönünde karar verirse, projeye bu aşamaları tamamlaması için üç aylık bir ek süre daha verilmektedir. Bu durum S1 projesine gelecekte bir “iyileştirme” opsiyonu sağlamaktadır. Burada projeyi iyileştirmek adına gerçekleşen ek maliyetler ise, iyileştirme opsiyonunun kullanım fiyatı olarak ele alınmaktadır.

Şekil 26: S1 Projesinin Değerine İlişkin Binom Ağacı (TL)



ABC Elektrik firmasında iyileştirme opsiyonunu kullanan projeler, Tanımlama ve Ölçme aşamalarını tamamladıktan sonra yeniden değerlendirilmektedir. Değerlendirme sonucunda projenin yeniden başarısız olduğuna karar verilirse, proje bu aşamada durdurulmaktadır.

Bunların dışında, ABC Elektrik yönetimi projeye başlamayı “erteleme” esnekliğine de sahiptir. S1 projesine yatırım yapma kararını, projenin en çok iki yıl içinde tamamlanabileceği şekilde her altı aylık dönemde gündemine taşıyabilmektedir. Bu nedenle, projenin bugünden itibaren üç dönem için erteleme opsiyonu bulunmaktadır.

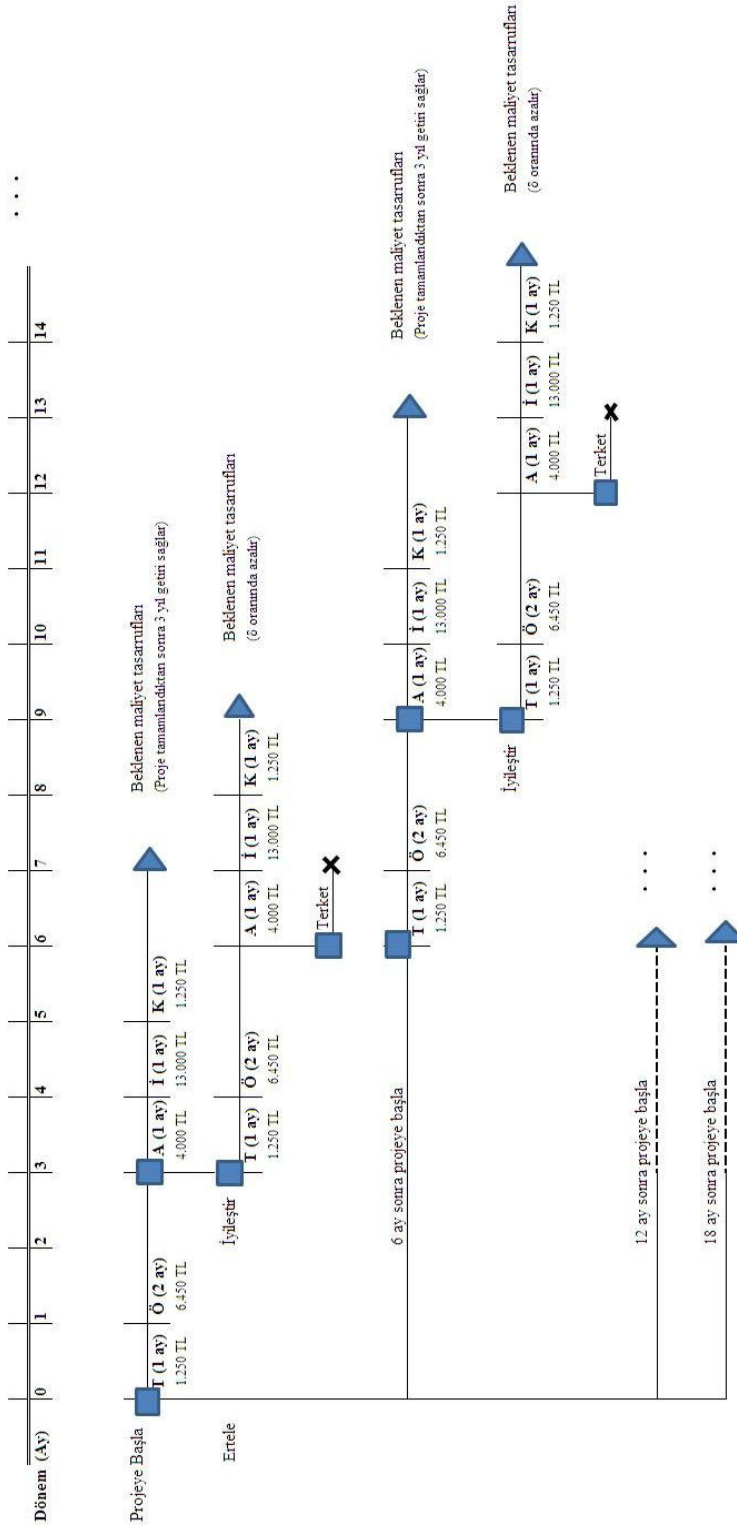
S1 projesinin sahip olduğu reel opsiyonların, bir başka deyişle yönetsel esnekliklerin bulunduğu yerleri tanımlayan bir karar modeli Şekil 27’de gösterilmiştir. Yönetimin devam eden bir projenin iki farklı yolu arasında karar verebildiği durumda, yeni bir alt değerlendirme ağacı ortaya çıkmaktadır. Şekil 27’de gösterildiği gibi projeyi erteleme veya iyileştirme opsiyonları yeni bir proje yolu yaratmaktadır. Bu durumda yeni proje yolunun oluştuğu karar noktasında, tüm alternatif yolların opsiyon değerleri birbiriyle karşılaştırılmaktadır.

5.6 Reel Opsiyon Değerinin Hesaplanması

S1 projesi erteleme ve iyileştirme opsiyonlarına sahip olduğu için, binom ağacının ilgili karar noktalarında bu opsiyonların kullanılması durumunda ortaya çıkacak yeni değeri gösteren alt ağaçlar bulunmaktadır. Bu opsiyon değer ağacı Şekil 28’de kısmi olarak gösterilmektedir. Ağacın sıfır noktasından ayrılan üç yol daha bulunmaktadır. Bu yollar projeyi 6 ay, 12 ay ve 18 ay ertelemenin değerini temsil etmektedir. Oluşan yeni yollara örnek olarak, Şekil 29’da “projeyi 6 ay ertele” durumunun değerleri gösterilmiştir. Diğer iki alt ağaç aynı yapıya sahiptir.

S1 projesinin sahip olduğu reel opsiyonların değeri, ilgili esnekliğin yaratacağı faydalar ve maliyetler dikkate alınarak, risk-nötr değerlendirme yaklaşımı ile belirlenmiştir.

Şekil 27: S1 Projesine İlişkin Yönetmelikler



S1 projesi bir kere başladıktan sonra her aşamasına yatırım yapma zamanı sabittir. Bir başka deyişle, her aşamaya yalnızca vadesi geldiğinde yatırım yapılabildiğinden, bu projenin aşamalarına yatırım yapma kararı Avrupa tipi bir opsiyon olarak görülmektedir. Bu çalışmada risk-nötr olasılıklar hesaplanırken, Avrupa tipi alım opsiyonları için geçerli olan bir düzeltme faktörü kullanılmıştır. Binom modelleri ile Avrupa tipi alım opsiyonları değerlendirirken, risk nötr olasılıklar aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Copeland ve Antikarov, 2001: 204):

$$\text{Artış faktörünün risk-nötr olasılığı: } p = \frac{(1+r_f)-d}{u-d}$$

$$\text{Düzeltilmiş değer: } p' = \left[\frac{u}{1+r_f} \right] p$$

Artış olasılığı (p') ve azalış olasılığı ($1-p'$) yukarıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmış ve bu olasılıklara bağlı olarak risk-nötr değerlendirme yöntemi uygulanmıştır. Şekil 28'de her döneme ilişkin risk-nötr olasılıkların değerleri gösterilmektedir.

Değerleme süreci, alt ağaçların son döneminden başlayıp ilk döneme doğru ilerleyerek gerçekleştirilmiştir. Alt ağaçların ilk dönemlerinin başındaki değer, bir üst ağaçta aynı döneme karşılık gelen değerlerle karşılaştırılmıştır. Örneğin, Şekil 28'de “projeye bugün başla” kararına ilişkin yol izlendiğinde Tanımlama ve Ölçme aşamasından sonra yeni bir alt ağaç oluşmuştur. Bu ağaç iyileştirme opsiyonunu temsil eden proje değerlerini göstermektedir. Buna göre ilgili karar noktasında iyileştirme opsiyonunu kullanmanın değeri 161856 TL olarak bulunmuştur.

Bir üst ağaçta aynı döneme karşılık gelen değerler, “projeye devam etme” durumunda karşılaşılabilecek olası değerleri göstermektedir. Bu değerlerin her biri projenin süreç içinde performansının değişebileceği seviyeleri göstermekte ve sırasıyla 291835 TL, 123087 TL, 165666 TL ve 82202 TL şeklinde ortaya çıkmaktadır. Mevcut proje yoluna devam etmek ile iyileştirme yapmak arasında karar vermek için, bu dört değer iyileştirme opsiyonunun değeri (161856 TL) ile

karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre büyük değeri veren strateji seçilmiş ve önceki aşamanın değeri yeni kararların değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır.

S1 projesinin sahip olduğu reel opsiyonlar dikkate alındığında, “projeye bugün başla” kararının değeri 194953 TL olarak bulunmuştur. Bu değer yönetsel esneklikleri içerdiğinden Genişletilmiş NBD olarak adlandırılmaktadır. Bu karar noktasında S1 projesine ilişkin 3 alternatif yol daha bulunmaktadır. Bunlardan “projeyi 6 ay ertele” kararına ilişkin opsiyon değer ağacı Şekil 29’da gösterilmiştir. Buna göre bu stratejinin 6. aydaki genişletilmiş NBD’si 179436 TL; sıfır anındaki değeri ise, $(179436/(1+0.0902*0.5))=171692$ TL’dir. Benzer şekilde “projeyi 12 ay erteleme” opsiyonunun değeri, 147190 TL ve “projeyi 18 ay erteleme” opsiyonunun değeri, 137866 TL olarak bulunmuştur. Bu dört alternatif arasında en büyük değeri “projeye bugün başla” opsiyonu sağladığından, S1 projesinin sıfır anındaki değeri, 194953 TL olarak hesaplanmıştır.

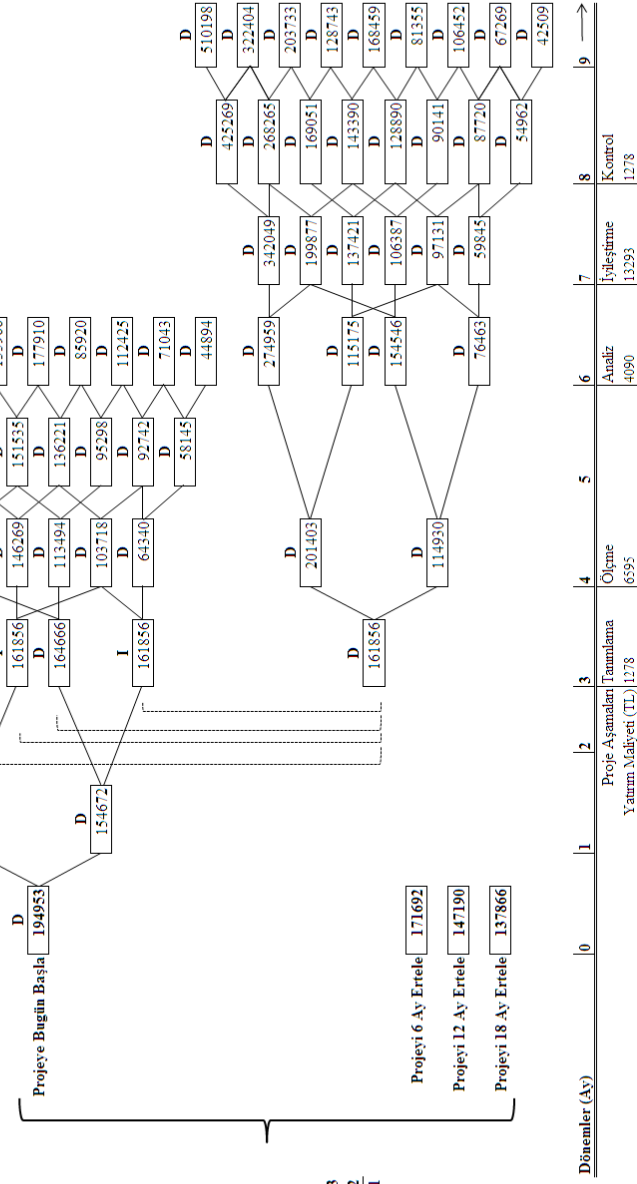
Özet olarak, S1 projesinden beklenen maliyet tasarruflarının, bir başka deyişle S1 projesinin gerçek değeri 194953 TL’dir. S1 projesi için hesaplanan geleneksel NBD 130322 TL olarak bulunmuştur. Bu iki değer arasındaki fark, S1 projesinin içerdiği yönetsel esnekliklerin, bir başka deyişle reel opsiyonların değerini yansıtmaktadır. Buna göre, S1 projesinin reel opsiyon (C_0) değeri 64631 TL’dir ve S1 projesi için optimal strateji projenin bugün başlatılmasıdır. Proje aşamaları boyunca devam etme opsiyonu, terk etme opsiyonundan daha değerli olduğu bulunmuştur. Tanımlama ve Ölçme aşamasından sonra ise, projenin değerinin düştüğü karar noktalarında iyileştirme opsiyonu devam etme opsiyonundan daha değerlidir.

Şekil 28: S1 Projesinin Opsiyon Değer Ağacı (Kısmi Gösterim)

Dönemler (Ay)	0	1	2	3	4	5	6	→
Proje Aşamaları	Tanımlama	Ölçme	Analiz	İyileştirme	Kontrol			Maliyet Tasarım
Yatırım Maliyeti (TL)	1250	6450	4000	13000	1250			
Dönem İçinde Geçen Süre (ö) (Yıl)	0.17	0.33	0.17	0.17	0.17			
Arz Faktörü (u)	1.26	1.38	1.26	1.26	1.26			
Risk-nötr Artış Olasılığı (p')	0.57	0.60	0.57	0.57	0.57			

Her dönem için
 Risksiz Faiz Oranı = $0.09 \cdot 0.17 \cdot \delta t$
 Kar Payı Oranı = $0.62 \cdot \delta t$
 Azalış Faktörü (d) = 1 u

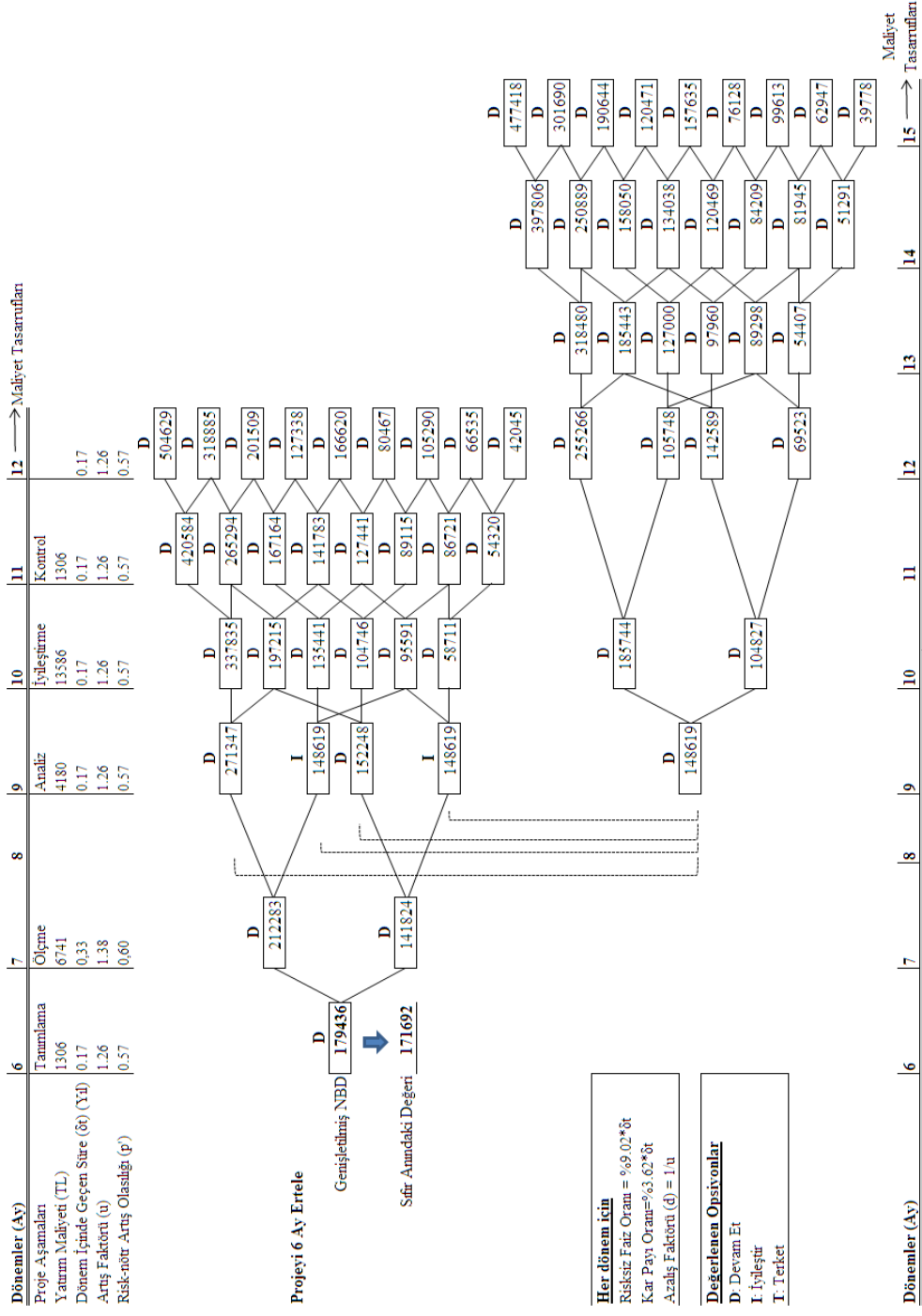
Değerlenen Opsiyonlar
 E: Ertele
 D: Devam Et
 I: İyileştir
 T: Terket



Maks(194953; 171692; 147190; 137866)

Geriye kalan NBD = 194953
 NBD (Geleneksel yöntem) = 130322
 Reel Opsiyon (C) Değeri = 64631

Şekil 29: “Projeyi 6 Ay Ertele” Opsiyonuna İlişkin Alt Değer Ağacı



5.7 Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizinin temel hedefi, bir fonksiyonu etkileyen parametrelerden birinde ortaya çıkacak değışikliğin, diğer parametreler sabit iken, bu fonksiyonun değerinde yarattığı değışimi belirlemektir. Burada S1 projesinin içerdđi yönetsel esnekliklerin (C_0) değerinin, bu değeri etkileyen parametrelerdeki değışimlere karşı nasıl etkilendiği belirlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır.

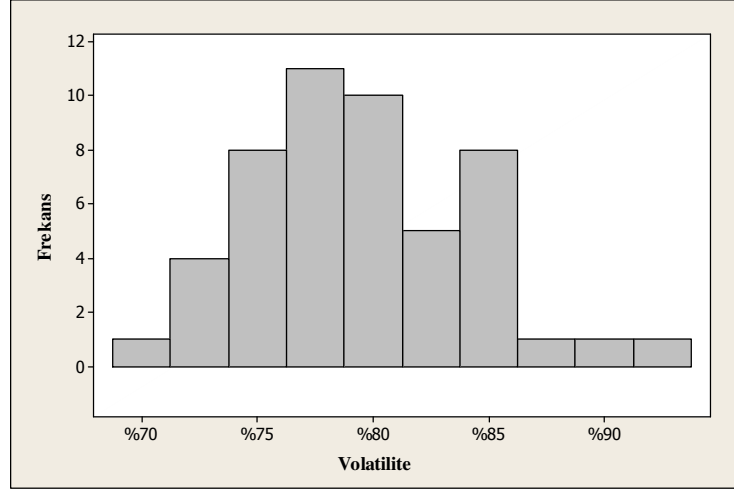
Özel olarak volatilitte (σ), kar payı oranı (δ) ve risksiz faiz oranı (r_f) parametrelerinin C_0 değeri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

5.7.1 Volatilitenin Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

Volatilitte, σ , bir reel opsiyonun değerini belirleyen kritik parametredir ve reel opsiyonlar yaklaşımını diğer yaklaşımlardan ayıran en önemli faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışmada volatilitte değeri Monte Carlo simülasyonu ile tahmin edilmiştir. Bu değerin değışebileceği aralığı belirlemek için burada simülasyon modelinin türettiği volatilitte tahminlerinin bir dağılımı oluşturulmuştur. Simülasyon modeli her çalıştırıldığında 1000 veri üretmekte ve bu veriler üzerinden bir volatilitte değeri tahmin edilmektedir. Model 50 kez tekrar çalıştırılarak volatilitte değerlerinin bir örnekleme ulaşılmıştır.

50 veri üzerinden oluşturulan histogram Şekil 30'da gösterilmektedir. Dağılımdan görüldüğü gibi, S1 projesi için gözlenebilecek volatilitte değeri yaklaşık %72 ile % 92 arasında değışmektedir. Bu nedenle duyarlılık analizinde volatilitenin bu aralıktaki değışimlerinin opsiyon değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Şekil 30: Tahmin Edilen Volatilite Değerlerinin Dağılımı (n=50)



ABC Elektrik yatırım yapma kararını, 2 yıl içinde her altı aylık dönemde gündemine taşıyabildiğinden, yöneticiler S1 projesini erteleme opsiyonuna sahiptir. Sıfır anında bu projenin “bugün başla”, “6 ay ertele”, “12 ay ertele” ve “18 ay ertele” şeklinde dört farklı yolu bulunmaktadır. Her durum için hesaplanan NBD, genişletilmiş NBD ve opsiyon değerleri Tablo 26’da verilmiş ve volatilitenin değişmesine bağlı olarak bu değerlerin sergilediği davranış Şekil 31’de gösterilmiştir. Diğer parametreler sabit tutulduğunda, volatilitenin bu opsiyonların değeri üzerinde büyük etkisi olduğu görülmektedir. σ değeri %72’den %92’ye doğru değiştiğinde, bir başka deyişle belirsizlik arttıkça, her durum için opsiyon değeri artmaktadır.

Tablo 26: Volatilitenin Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

(a) Projeye Bugün Başla

Volatilité	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
72%	130322	180716	50394
74%	130322	184345	54023
76%	130322	188094	57772
78%	130322	191965	61643
80%	130322	195965	65643
82%	130322	200097	69775
84%	130322	204529	74207
86%	130322	209351	79029
88%	130322	214336	84014
90%	130322	219491	89169
92%	130322	224820	94498

(b) Projeyi 6 Ay Ertele

Volatilité	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
72%	118391	148774	30383
74%	118391	152453	34062
76%	118391	156223	37832
78%	118391	160089	41698
80%	118391	164058	45666
82%	118391	168133	49742
84%	118391	172322	53931
86%	118391	176828	58437
88%	118391	181634	63243
90%	118391	186586	68194
92%	118391	191689	73298

(b) Projeyi 12 Ay Ertele

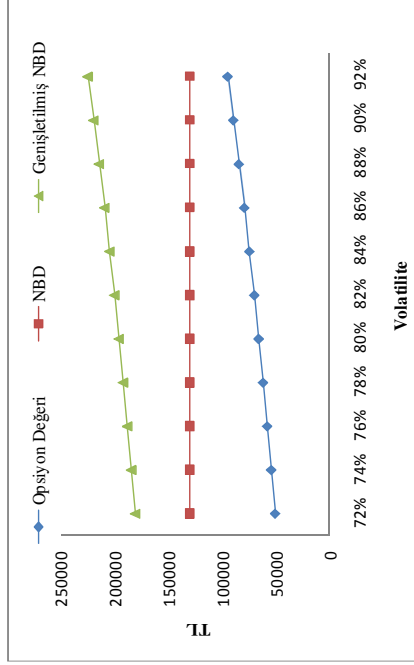
Volatilité	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
72%	107768	118477	10708
74%	107768	122158	14389
76%	107768	125908	18139
78%	107768	129733	21964
80%	107768	133639	25870
82%	107768	137631	29863
84%	107768	141717	33948
86%	107768	145900	38132
88%	107768	150188	42419
90%	107768	154585	46817
92%	107768	159098	51329

(b) Projeyi 18 Ay Ertele

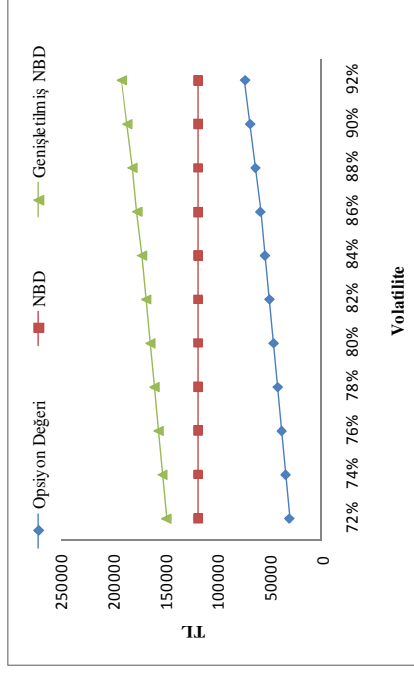
Volatilité	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
72%	98264	101623	3359
74%	98264	105340	7075
76%	98264	109142	10878
78%	98264	113022	14758
80%	98264	116986	18721
82%	98264	121040	22775
84%	98264	125189	26925
86%	98264	129441	31177
88%	98264	133801	35537
90%	98264	138276	40011
92%	98264	142870	44606

Şekil 31: Volatilitenin Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

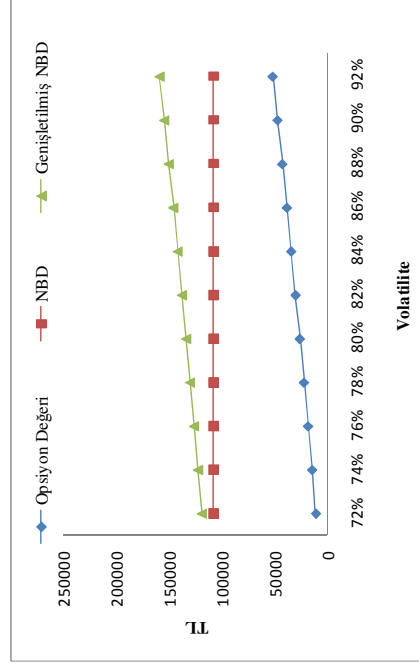
(a) Projeye Bugün Başla



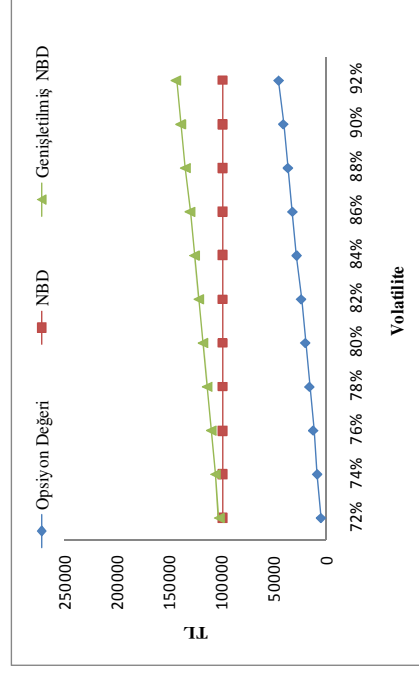
(b) Projeyi 6 Ay Ertele



(b) Projeyi 12 Ay Ertele



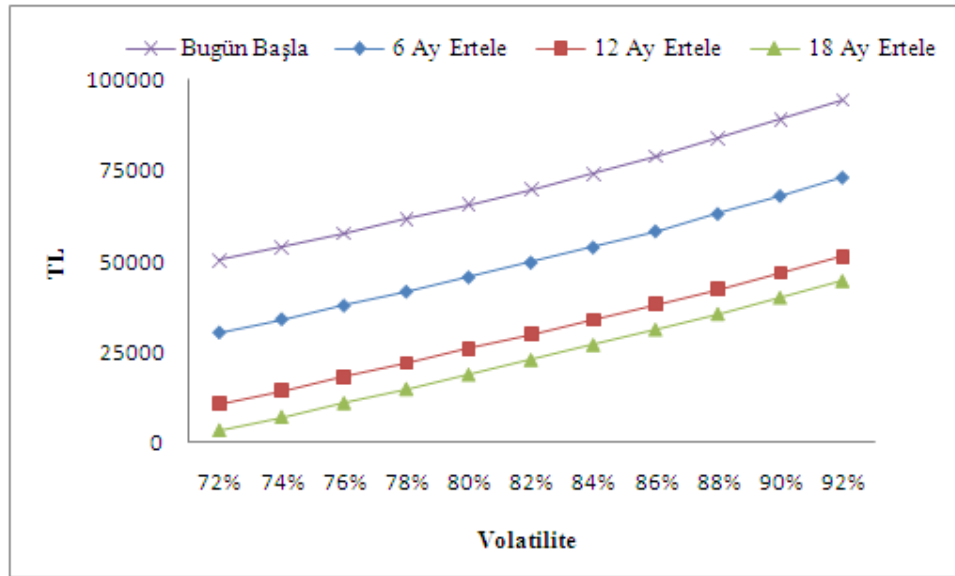
(b) Projeyi 18 Ay Ertele



Projeye yatırım yapma kararı geciktikçe genişletilmiş NBD'nin geleneksel yöntemle hesaplanan NBD değerine yaklaştığı ve opsiyon değerinin azaldığı görülmektedir. Ancak her durum için volatilité değeri arttıkça genişletilmiş NBD ile geleneksel NBD arasındaki fark açılmaktadır. Buradan, literatürdeki bulgularla tutarlı olarak, belirsizliğin yönetsel esnekliklere sahip olmanın değerini artırdığı sonucuna ulaşılabilir.

Şekil 32'de tüm durumlar için hesaplanan opsiyon değerleri aynı grafik üzerinde yeniden gösterilmiştir.

Şekil 32: Volatilitenin Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi



Bu grafikten S1 projesine bugün başlama kararının diğer erteleme opsiyonlarına göre daha değerli olduğu ve proje geciktikçe opsiyon değerinin azalacağı net olarak anlaşılmaktadır.

5.7.2 Kar Payının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

Kar payı, δ , gecikme maliyetini temsil eden bir parametre olduğundan, bu çalışmada ABC firması açısından S1 projesini gerçekleştirememekten dolayı oluşabilecek potansiyel gelirlerin kaybı olarak modellenmiştir. Bu parametrenin opsiyon değeri üzerindeki etkisi, gelir kaybının olmaması (%0) ile bu oranın risksiz faiz oranına, r_f , (%9) eşit olması durumları arasında değişen değerlerle analiz edilmiştir.

Analizde risksiz faiz oranının üst limit olarak belirlenmesinin nedeni, risk-nötr bir dünyada dayanak varlığın toplam getirisinin bu orana eşit kabul edilmesidir (Amram ve Kulatilaka, 1999: 134). Kar payı getirilerde azalmaya yol açtığından, risksiz faiz oranı ile arasındaki ilişki $\delta \leq r_f$ şeklinde ifade edilebilir.

Diğer parametreler sabit tutularak hesaplanan NBD, genişletilmiş NBD ve opsiyon değerleri Tablo 27’de verilmiş ve kar payının değişmesine bağlı olarak bu değerlerde meydana gelen değişim Şekil 33’te gösterilmiştir. Kar payı oranı arttıkça NBD, genişletilmiş NBD ve opsiyon değeri düşmektedir. Kar payı S1 projesinden beklenen maliyet tasarruflarının değerinin daha yavaş büyümesine yol açtığı için, bu sonuç kaçınılmazdır.

Şekil 33’ten de görüldüğü gibi, kar payı oranı arttıkça erteleme opsiyonunun değeri düşmektedir. Erteleme süresinin uzamasına bağlı olarak değerler de daha hızlı bir azalma eğilimi göstermektedir.

Tablo 27: Kar Payının Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

(a) Projeye Bugün Başla

Kar Payı	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
0%	130322	206455	76133
1%	130322	203040	72718
2%	130322	199659	69337
3%	130322	196464	66142
4%	130322	194039	63717
5%	130322	191629	61307
6%	130322	189233	58911
7%	130322	186852	56530
8%	130322	184486	54164
9%	130322	182135	51813

(b) Projeyi 6 Ay Ertele

Kar Payı	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
0%	123468	206455	82987
1%	122055	196118	74063
2%	120651	186168	65518
3%	119256	176929	57674
4%	117869	168574	50705
5%	116492	160509	44017
6%	115123	152726	37602
7%	113764	145217	31453
8%	112413	137974	25561
9%	111070	130989	19919

(b) Projeyi 12 Ay Ertele

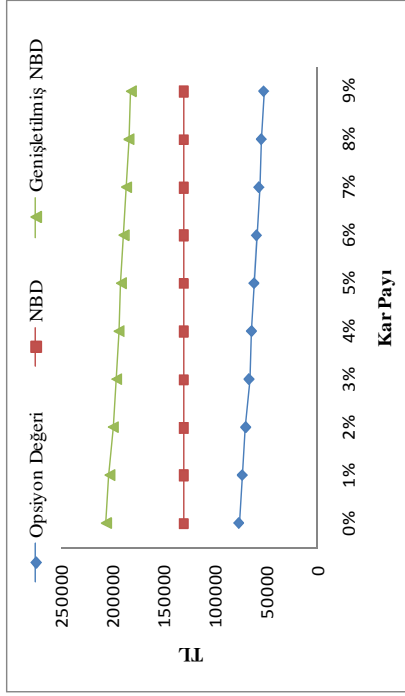
Kar Payı	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
0%	117298	203659	86361
1%	114623	187050	72427
2%	111982	172309	60327
3%	109375	159382	50007
4%	106801	147395	40594
5%	104260	136295	32034
6%	101753	126031	24278
7%	99277	116556	17279
8%	96835	107824	10989
9%	94424	100048	5623

(b) Projeyi 18 Ay Ertele

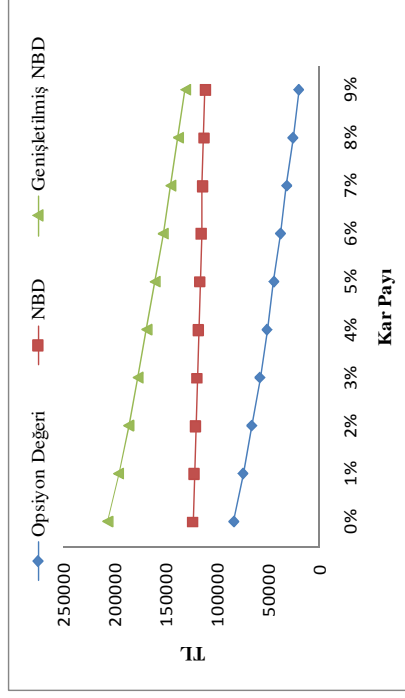
Kar Payı	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
0%	111715	202972	91257
1%	107908	183535	75627
2%	104173	165808	61635
3%	100509	149672	49162
4%	96917	135012	38095
5%	93394	121722	28328
6%	89941	109702	19761
7%	86556	98858	12302
8%	83238	89102	5863
9%	79988	80352	364

Şekil 33: Kar Payının Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

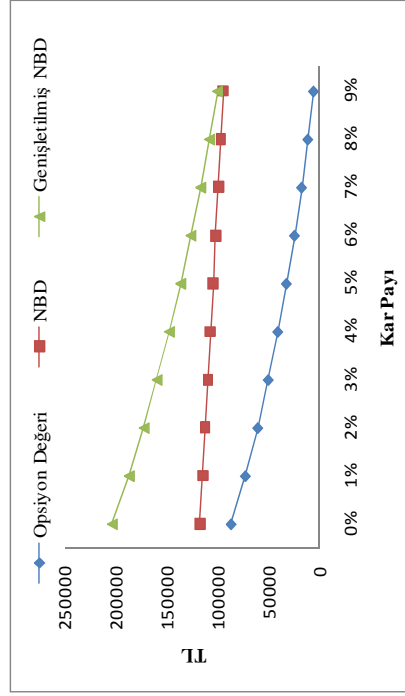
(a) Projeye Bugün Başla



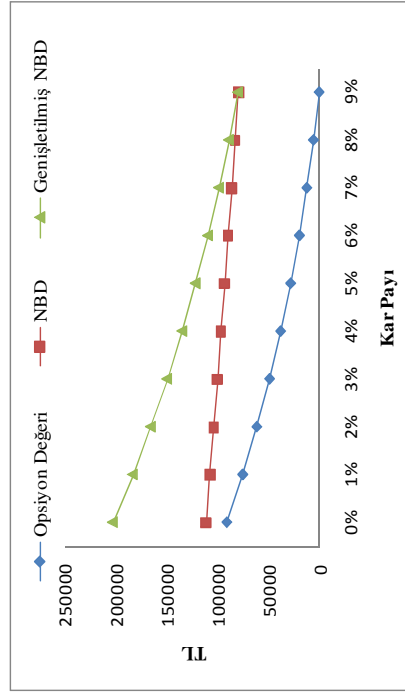
(b) Projeyi 6 Ay Ertele



(b) Projeyi 12 Ay Ertele

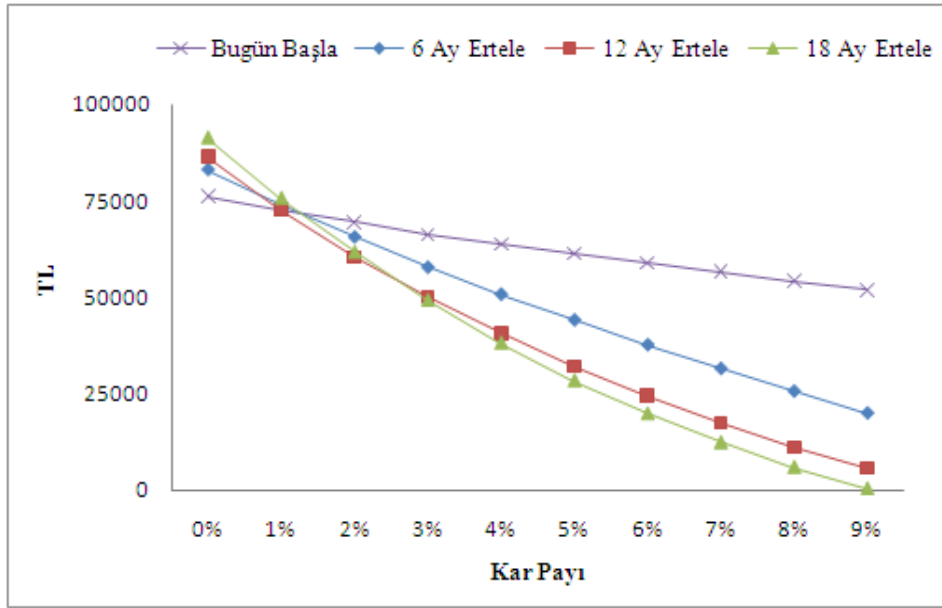


(b) Projeyi 18 Ay Ertele



Kar payının projenin sıfır anında sahip olduğu esnekliklerin değeri üzerindeki etkisi Şekil 34’te gösterilmiştir. Bu grafikten, kar payı oranı arttıkça erteleme opsiyonunun değerinin düştüğü görülmektedir. Aynı zamanda projeye bugün başlama opsiyonunun değerinde de azalma gerçekleşmektedir. Ancak bu azalış diğer opsiyonlara göre daha yavaş seyretmektedir. Bunun nedeni, Tanımlama ve Ölçme aşamasından sonra projenin değerinin düştüğü karar noktalarında iyileştirme opsiyonunun kullanılmasıdır. İyileştirme opsiyonu, projenin tamamlanma süresini üç ay daha uzattığı için belirli bir oranda değer kaybına yol açmaktadır.

Şekil 34: Kar Payının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi



Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta, kar payının mevcut olmadığı durumdur. Kar payı %0 olduğunda, projenin 18 ay ertelenmesi en değerli opsiyon olarak bulunmuştur. Herhangi bir değer kaybı söz konusu olmadığı için, bu durumda projeyi erteleyip belirsizliklerin çözülmesini beklemek daha değerli bir opsiyon haline gelmektedir.

5.7.3 Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

Risksiz faiz oranı, S1 projesine yatırım yapmak yerine, ABC Elektrik firmasının finans piyasalarına yatırım yapması durumunda elde edilebileceği getiri oranına karşılık gelmektedir. Bu parametre, %5 ile %12 arasında değiştirilerek opsiyon değeri üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Aralığın üst limiti ABC Elektrik tarafından belirlenen AOSM oranı ile sınırlandırılmıştır.

Risksiz faiz oranının, diğer parametreler sabit tutularak, %5 ile %12 arasında değer alması durumunda, NBD, genişletilmiş NBD ve opsiyon değerlerinin sahip olacağı değerler Tablo 28'de verilmiştir. Bu değerlere bağlı olarak oluşturulan Şekil 35'ten de görüldüğü gibi, risksiz faiz oranı arttıkça projeye bugün başlanması durumunda opsiyon değeri düşmektedir. 6 ay erteleme durumunda, değişim azalış yönünde devam etmektedir, ancak değerlerdeki değişim Tablo 28 (a)'daki kadar hızlı değildir. 12 ay erteleme ve 18 ay erteleme durumlarında ise, tersi bir durum gözlenmektedir. Risksiz faiz oranının artması ile opsiyon değerleri de artmaktadır.

Çalışmanın 1.7 bölümünde Tablo 4'te parametrelerin opsiyon değeri üzerindeki etkilerine yönelik beklentilerin yönü verilmiştir. Risksiz faiz oranı, projeden beklenen maliyet tasarruflarının bugünkü değerini azaltan bir parametre olduğundan, teorik beklenti risksiz faiz oranı arttıkça alım opsiyonunun değerinin düşmesi yönündedir. Ancak literatürde bu görüşün tersini savunan bazı çalışmalar da bulunmaktadır. Damodaran (2003: 9), risksiz faiz oranının artması alım opsiyonunun değerini artıracakını belirtmektedir.

Tablo 28: Risksiz Faiz Oranının Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

(a) Projeye Bugün Başla

Risksiz Faiz Oranı	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
5%	130322	201199	70877
6%	130322	199626	69304
7%	130322	198066	67744
8%	130322	196518	66196
9%	130322	194983	64661
10%	130322	193460	63138
11%	130322	191950	61628
12%	130322	190452	60130

(b) Projeyi 6 Ay Ertele

Risksiz Faiz Oranı	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
5%	118391	173856	55464
6%	118391	173321	54929
7%	118391	172784	54392
8%	118391	172244	53853
9%	118391	171703	53312
10%	118391	171160	52769
11%	118391	170615	52223
12%	118391	170068	51676

(b) Projeyi 12 Ay Ertele

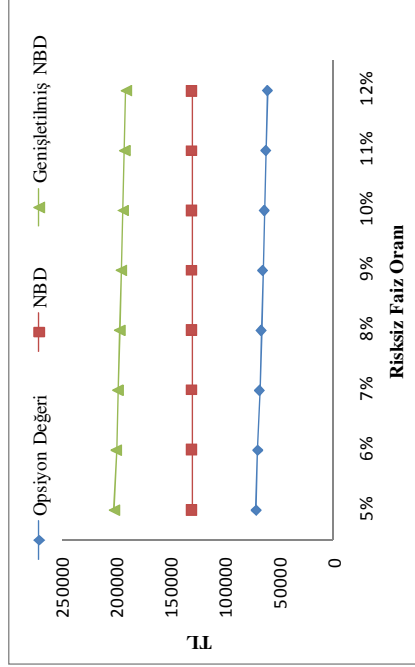
Risksiz Faiz Oranı	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
5%	107768	146491	38723
6%	107768	146686	38917
7%	107768	146867	39098
8%	107768	147034	39265
9%	107768	147187	39419
10%	107768	147327	39559
11%	107768	147454	39686
12%	107768	147568	39799

(b) Projeyi 18 Ay Ertele

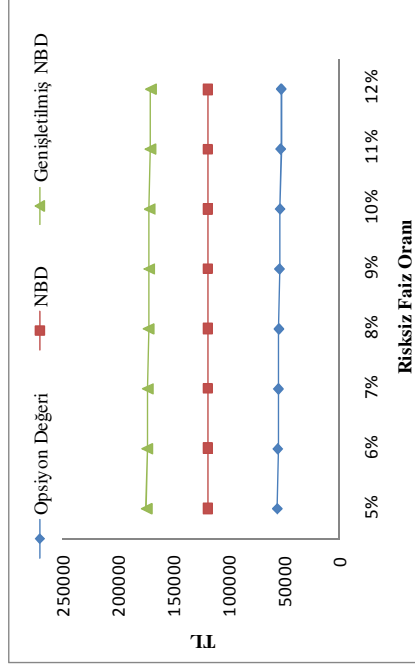
Risksiz Faiz Oranı	NBD (TL)	Genişletilmiş NBD (TL)	C ₀ Değeri (TL)
5%	98264	131022	32758
6%	98264	131318	33054
7%	98264	131595	33331
8%	98264	131902	33638
9%	98264	132379	34115
10%	98264	132836	34572
11%	98264	133274	35010
12%	98264	133692	35428

Şekil 35: Risksiz Faiz Oranının Genişletilmiş NBD ve Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

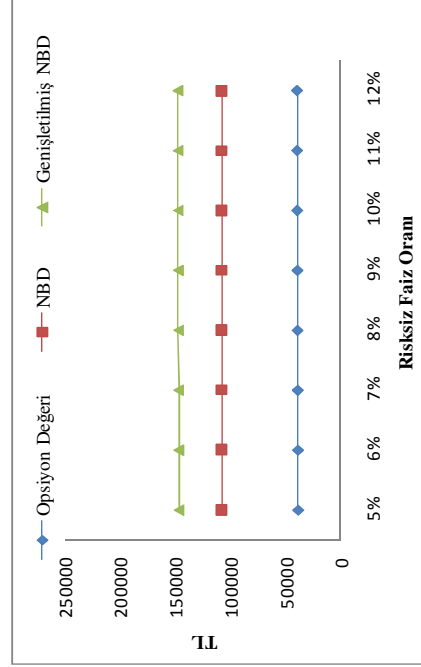
(a) Projeye Bugün Başla



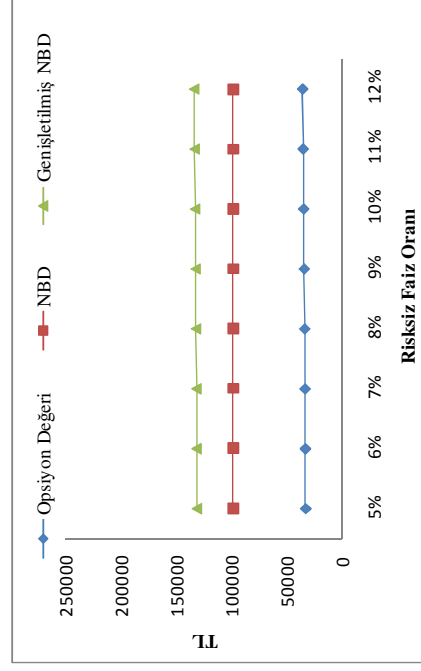
(b) Projeyi 6 Ay Ertele



(b) Projeyi 12 Ay Ertele

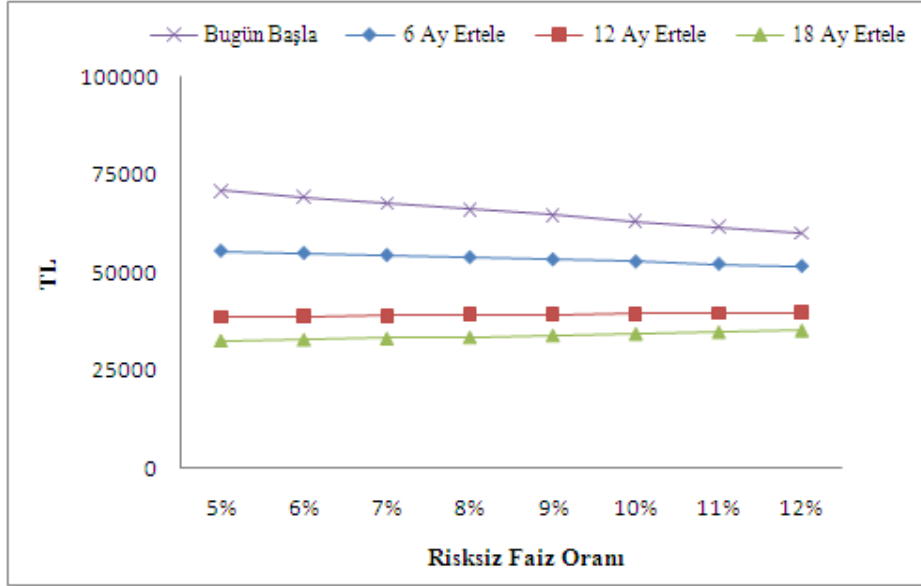


(b) Projeyi 18 Ay Ertele



Risksiz faiz oranının değişmesi karşısında, opsiyon değerlerinin davranışı Şekil 36'dan daha net izlenebilmektedir.

Şekil 36: Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi



Burada risksiz faiz oranının artması durumunda, erteleme opsiyonlarının değerinde artış gözlenmiştir. Volatilite ve kar payı parametrelerine kıyasla, risksiz faiz oranının opsiyon değerleri üzerindeki etkisi genel olarak değerlendirildiğinde, bu parametrenin diğer parametreler kadar opsiyon değerinde büyük değişimlere yol açmadığı sonucuna varılabilir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Altı Sigma, bugün dünyanın her yerinde pek çok endüstride popüler olan ve kabul gören bir kalite girişimidir. Altı Sigma, süreçlerde oluşan hataların ölçülebilir olması durumunda sistematik olarak bunlardan kurtulmanın ve sıfır hataya yaklaşmanın mümkün olduğu fikrine dayanmaktadır. Temel amaç, ürünlerin ve süreçlerin tasarımı ve üretimi boyunca değişkenliği azaltarak neredeyse hatasız iş performansına ulaşmaktır.

Projelere dayalı bir yaklaşım olan Altı Sigma, bu amaca ulaşmak için, en modern yönetim ve istatistiksel teknikleri kullanarak süreçlerdeki değişkenliğin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaya çalışmaktadır. Ürün için hata oranını azaltmak, belirli bir sürecin ürettiği çıktı oranını (kapasiteyi) artırmak, ham maddenin daha etkin kullanımını sağlamak, maliyet azaltmak, teslimatın zamanında yapılmasını sağlamak, bir süreci, tasarımı veya kaliteyi iyileştirmek gibi seçilen ana süreçler üzerindeki özel iyileştirmeler, üst yönetimin onay verdiği projelerde ele alınmaktadır. Seçilen Altı Sigma projelerinin, yatırımın geri dönüş oranı, süreç performansı ve müşteri memnuniyetine ilişkin sıçrama niteliğinde sonuçlar getirmesi beklenmektedir.

Altı Sigma projeleri, özellikle Kara Kuşaklar tarafından yürütülen projeler, genellikle karmaşık, yüksek risk içeren ve büyük ölçekli projelerdir. Bu projeler firmanın pek çok biriminden kaynak tüketmekte ve projenin yaşam çevrimi boyunca çeşitli belirsizliklere maruz kalmaktadır. Proje ortamında belirsizlikler arttıkça başarı parametrelerinde buna bağlı olarak sapmalar meydana geldiğinden, Altı Sigma projeleri çoğu zaman öngörülen maliyet, zaman ve fayda değerlerini karşılayamamaktadırlar.

Hemen hemen tüm Altı Sigma projelerinde aranan kriter, projenin firmaya finansal kazançlar cinsinden getireceği faydalardır. Finansal kazançlar, projelerin kurumsal stratejilerle ve temel yetkinliklerle bağlantılı olmasının sonucu olarak ortaya çıkmakta ve önemli bir gösterge haline gelmektedir. Bu nedenle doğru projeyi

seçmek için, projenin finansal faydalarının gerçeği yansıtacak şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Üretim ve hizmet firmaları Altı Sigma projelerini değerlendirirken ana metrik olarak genellikle “net maliyet tasarrufu” kriterini benimsemekte ve projeler arasından firmaya en fazla fayda sağlayanları tanımlamak için NBD ve iç verim oranı gibi geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerini kullanmaktadırlar. Bu yöntemler gelecekteki nakit akışlarının beklenen değerleri üzerinden hesaplama yaparak proje ortamına ilişkin belirsizlikleri ve riskleri ihmal etmektedirler. Aynı zamanda proje ortamındaki değişen koşullar karşısında proje yöneticisinin sahip olabileceği yönetsel esneklikleri dikkate almamaktadırlar. Bu nedenle bir Altı Sigma projesinin geleneksel yöntemlerle tahmin edilen değeri, gerçek karlılığını göstermemekte ve değer yaratabilecek bazı projeler daha seçim aşamasında elenebilmektedir.

Son yıllarda reel opsiyonlar teorisi, belirsizliğe ve belirsizliğin yatırım fırsatının değeri üzerindeki rolüne yönelik yeni bir yaklaşım getirmiş ve yatırım kararlarının analizinde en sık uygulanan teorilerden biri olmuştur. Bu teori, “bir proje kararını verme durumunda olan bir yöneticinin karşı karşıya kaldığı seçim, bir hisse senedi yatırımcısının karşı karşıya kaldığı seçim ile aynıdır” görüşüne dayalı olarak, finansal opsiyonlar teorisinin reel alanlara uyarlanması sonucunda ortaya çıkmıştır.

Finansal opsiyon, belirli bir süre içerisinde, belirlenmiş bir fiyattan bir mal veya menkul kıymeti (hisse senedi, tahvil gibi) alma ya da satma hakkıdır. Reel opsiyon ise, hiçbir zorunluluk bulunmaksızın, koşullar elverişli olduğunda bir yatırımı yaparak beklenen nakit akışlarının bugünkü değerine sahip olma hakkıdır. Altı Sigma projelerinin analizine uygulandığında, bu tanım, “*olası bir Altı Sigma projesine yatırım, hiç bir zorunluluk bulunmaksızın, bir firmanın yeni bir kalite iyileştirme çözümüne yatırım yapma hakkının söz konusu olduğu bir alım opsiyonudur*” şeklinde yeniden ifade edilebilir. Yatırımı yapmak, opsiyonu kullanmaktır.

Reel opsiyonlar analizi, eldeki bir yatırım fırsatına yeterince benzeyen bir finansal opsiyon bulunabildiği takdirde, opsiyon değerinin bu fırsatın değerini tahmin etmek için kullanılabileceğini varsaymaktadır. Bunun için, yatırımın özellikleri ile bir finansal opsiyonun değerini belirleyen parametreler arasında ilişki kurulabilmesi gerekmektedir. Finansal opsiyonların değerini belirleyen altı parametre vardır. Bunlar, dayanak varlığın değeri, kullanım fiyatı, dayanak varlığın getirilerinin volatilitesi, vade, risksiz faiz oranı ve kar payıdır. Finansal opsiyonlardan reel opsiyonlara geçildiğinde, bu parametreler ile bir reel varlık yatırımının özellikleri arasında benzerlikler kurulabilmekte, ancak kullanılan varsayımların ve veri kaynaklarının pek çoğu, reel opsiyonlar için ya bulunmamaktadır ya da değişiklik yapılması gerekmektedir.

Reel opsiyonlar analizi, belirsizlik altında reel yatırım fırsatlarını değerlemek için finansal opsiyon fiyatlama tekniğini kullanmaktadır. Bir reel opsiyonun değerini belirlemek için, temelinde yatan stokastik süreçleri temsil eden bir matematiksel model kurulmakta ve getiri fonksiyonları ve ilgili karar kuralları matematiksel terimlerle ifade edilmektedir. Kurulan modelin çözümünde, genellikle kısmi diferansiyel denklemler (analitik ve sayısal çözüm yöntemleri), dinamik programlama (binom ağaçları) ve simülasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Pek çok reel opsiyon uygulaması için, eğer girdiler ve uygulamanın kavramsal çerçevesi düzgün biçimde oluşturulursa, tüm yöntemler hesaplama hassasiyeti sınırları içinde yaklaşık aynı sonucu vermektedir.

En çok bilinen opsiyon değerlendirme yöntemi, 1997 yılında Ekonomi alanında Nobel ödülü alan Black-Scholes modelidir. Black-Scholes, analitik olarak çözülebilen bir kısmi diferansiyel denklem olması nedeniyle, sade ve kullanımı kolay bir modeldir. Bu modelin varsayımlarının çoğu zaman sağlanmadığı veya uygulamanın pratik olmadığı durumlarda, projelerdeki reel opsiyonları değerlemek için, binom yöntemleri, simülasyon ve sonlu fark yöntemi gibi sayısal yöntemler önerilmektedir.

Reel opsiyonlar yaklaşımında, esneklik ve opsiyonlar eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Bir yöneticinin belirsizliğin etkisini veya riski azaltmaya yönelik bulunacağı her girişim, yani her bir esneklik kaynağı, teknik anlamda, bir reel opsiyondur. Sağladıkları esneklik türüne göre reel opsiyonlar, erteleme opsiyonu, terketme opsiyonu, genişleme veya küçülme opsiyonu, değiştirme opsiyonu, büyüme opsiyonu, aşamalandırma opsiyonu ve bileşik opsiyon olarak sınıflandırılmaktadır. Her işte bu tür esneklikler bulunmaktadır ve opsiyon sahibi sağduyusuna bağlı olarak gelecekte belirli bir eylemde bulunma hakkına sahiptir. Bir işin kapsamını genişletme ya da daraltma, bir yatırım projesini terk etmeyi ya da hızlandırma gibi yönetsel esnekliklerin, belirsiz yatırım projeleri bağlamında bir değeri bulunmaktadır.

Myers'in 1977 yılında reel opsiyonlar kavramını yaratmasından itibaren, reel opsiyonlar analizi, pek çok endüstride reel varlık yatırımlarını değerlendirmek için geliştirilmeye ve uygulanmaya başlamıştır. Reel opsiyonların literatürde karşılaşılan başlıca uygulamaları, doğal kaynaklar, gayrimenkul, biyoteknoloji, Ar&Ge, bilişim teknolojileri, üretim, eğlence ve altyapı alanlarından gelmektedir. Reel opsiyonların yaklaşımının son zamanlarda mühendislik tasarımlarına ilişkin kararlara da yansımaları görülmektedir.

Reel opsiyonlar, bir yöneticinin değişen koşullara uyum sağlayabilme, dolayısıyla dayanak varlığın değerine doğrudan etkide bulunabilme yeteneğini yansıtan modellerdir. Bu yöntemin en temel avantajı, opsiyonların yatırım projelerinin pek çoğunda bulunan yönetsel esnekliği modellemeye olanak sağlamasıdır. Bu nedenle, reel opsiyonlar analizi, günümüzde bir sermaye bütçeleme ve stratejik karar verme aracı olarak önerilmektedir

Bu çalışmada, Altı Sigma projelerini değerlemek için, reel opsiyonlar yaklaşımını temel alan ve bu yaklaşımın teorik düzeydeki başarılarının tüm faydalarını içeren kavramsal bir değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Riskleri ve faydaları en önemli boyutlar olarak dikkate alan bu kavramsal model, Altı Sigma projelerinden beklenen maliyet tasarruflarında değişkenliğe yol açan belirsizlik kaynaklarını tanımlamakta ve bunların proje değeri üzerindeki etkisini tam olarak

analiz etmenin yolunu göstermektedir. Çalışmada geliştirilen kavramsal model, Reel Opsiyon Değerleme Modeli olarak adlandırılmıştır.

Reel Opsiyon Değerleme Modelinin teorik varsayımları, MAD yaklaşımı temel alınarak oluşturulmuştur. MAD yaklaşımı, reel varlığın piyasa değerinin en iyi sapsız tahmincisinin, esneklikleri hesaba katmadan yine reel varlığın kendi nakit akışlarının bugünkü değeri olacağını ve bugünkü değer zamanla gelişiminin GBH ile modellenebileceğini varsaymaktadır. Buna göre, reel opsiyonlara konu olan dayanak varlığı finansal piyasalarda aramak yerine, reel varlığın geleneksel NBD'si, dayanak alınan riskli varlık olarak kullanılabilir. Piyasada Altı Sigma projelerinden beklenen maliyet tasarruflarını taklit eden bir varlığın bulunması hemen hemen imkansız olduğundan, bu çalışmada MAD yaklaşımı benimsenmiştir.

Modelde, bir Altı Sigma projesini değerlendirme süreci dört aşama olarak tanımlanmıştır: Birinci aşama, herhangi bir esnekliği dikkate almadan Altı Sigma projesinin geleneksel NBD'sinin bulunmasıdır. Bu değer, projenin sıfır anındaki başlangıç değerini temsil etmektedir. İkinci aşama, projenin içerdiği kritik belirsizliklerin tanımlanması, Monte Carlo simülasyonu ile belirsizliklerin proje değeri üzerindeki etkisini temsil eden bir volatilité değerinin tahmin edilmesi ve proje değerinin zamana bağlı olarak gelişiminin bir binom ağacı ile modellenmesidir. Üçüncü aşama, projede uygulanabilecek reel opsiyonların tanımlanması ve bunların binom ağacı üzerinde ilgili karar noktalarına yerleştirilmesidir. Bu şekilde binom ağacı bir opsiyon değer ağacına dönüştürülmektedir. Son aşama ise, opsiyon değer ağacı üzerinde risk-nötr değerlendirme yöntemi uygulanarak projenin sıfır anındaki gerçek değerinin hesaplanmasıdır. Projenin gerçek değeri, genişletilmiş NBD ile temsil edilmektedir. Reel opsiyonun değeri ise, genişletilmiş NBD ile geleneksel NBD arasındaki farktır.

Yukarıda aşamaları özetlenen Reel Opsiyon Değerleme Modeli, aynı zamanda örnek bir Altı Sigma projesi üzerinde uygulanmış ve bu şekilde modelin yetenekleri gösterilmeye çalışılmıştır. Örnek olarak incelenen S1 projesi, Altı Sigma uygulamaları konusunda oldukça ilerleme sağlamış ve başarılar elde etmiş olan ABC

Elektrik firmasının yürüttüğü bir verimlilik artırma projesidir. Firmanın beklentisi, bu proje ile kapasite oranında iyileştirme yaparak maliyet tasarrufları elde etmektir.

Modelin birinci aşamasında S1 projesi verilerine geleneksel NBD analizi uygulanmıştır. Bu proje, ABC Elektrik firmasının mevcut kapasite ile yetiştiremediği siparişlerini karşılamak için ödediği ek maliyetleri azaltacağından değeri yüksek olan bir projedir. Analiz sonucunda S1 projesinden beklenen maliyet tasarruflarının bugünkü değeri 155530 TL; bu değerden yatırım maliyetinin çıkarılmasıyla elde edilen NBD ise 130322 TL olarak hesaplanmıştır.

İkinci aşamada S1 projesinin pazara özgü ve özel belirsizlik kaynakları tanımlanmış ve bu belirsizlik kaynaklarının etkileşimi sonucunda ortaya çıkan maliyet tasarruflarının volatilité değeri hesaplanmıştır. Bu değere bağlı olarak projenin değerinin oluşumunu gösteren binom ağacı elde edilmiştir.

S1 projesi bir kapasite artırma projesi olduğundan, beklenen maliyet tasarruflarının değeri, projeden etkilenen ürünün sipariş miktarlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle “sipariş miktarı”, bu projeyi etkileyen pazara özgü bir belirsiz değişken olarak tanımlanmış ve bu değişkenin olasılık dağılımı, üçgen dağılım ile temsil edilmiştir. Üçgen dağılımın parametreleri, firmanın geçmiş sipariş verileri kullanılarak tahmin edilmiştir.

Çalışmada, özel belirsizliklerin maliyet tasarrufları üzerindeki etkisi ise “projenin tamamlanma süresi” ve “projenin hedefine ulaşma derecesi” şeklinde tanımlanan iki değişken aracılığıyla ölçülmüştür. S1 projesi için özel belirsizlik kaynakları, Nonthaleerak ve Hendry (2008)’nin Altı Sigma projelerine yönelik tanımladıkları uygulama problemleri ve ABC Elektrik firmasının tanımladığı faktörler temel alınarak belirlenmiştir. Buna göre, S1 projesinde üç özel belirsizlik kaynağının beklenen maliyet tasarrufları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bunlar Kara Kuşakların çalışma biçimi, Kara Kuşakların Proje Şampiyonuna raporlama şekli ve Kara Kuşakların tecrübesidir. Sözü edilen özel belirsizlik kaynakları farklı durum değerlerine sahip olduğundan, bunların her kombinasyonunda “projenin tamamlanma

süresi” ve “projenin hedefine ulaşma derecesi” değişkenlerinin dağılımları farklı olmaktadır. Bu değişkenlerin stokastik özelliklerini tanımlamak için, öncelikle ABC Elektrik firmasının geçmiş projelerine yönelik bilgilerin yer aldığı veritabanından, S1 projesi ile aynı özel belirsizlikler altında gerçekleştirilmiş projeler seçilmiştir. Daha sonra bu projelerin verileri kullanılarak, belirsiz değişkenlerin olasılık dağılımları tahmin edilmiştir.

S1 projesi TÖAİK metodolojisi ile beş aşamada yürütüldüğünden, “projenin tamamlanma süresi”, aşamaların tamamlanma sürelerinin toplamından elde edilmiştir. Her aşama için ayrı bir “tamamlanma süresi” değişkeni tanımlanmış ve bu değişkenler Beta dağılımı ile temsil edilmiştir. “Projenin hedefine ulaşma derecesi” ise projenin sonunda ulaşılan performans değerinin hedeflenen değere bölünmesi ile elde edilen bir başarı oranı ile tanımlanmış; geçmiş projelerde gözlenen başarı oranlarının kesikli bir olasılık dağılımı oluşturulmuştur.

S1 projesinin performansını etkileyen belirsizlik kaynaklarına ilişkin istatistiksel dağılımları bir Monte Carlo simülasyonuna girdi olarak tanıtılmış ve simülasyon modeli 1000 kez çalıştırılarak maliyet tasarruflarına ilişkin veriler türetilmiştir. Türetilen verilere bağlı olarak maliyet tasarruflarının volatilitesi hesaplanmıştır. “Logaritmik bugünkü değer” yaklaşımı ile hesaplanan volatilité değeri, yıllık %79.5 olarak tahmin edilmiştir.

Birinci aşamada elde edilen S1 projesinden beklenen maliyet tasarruflarının bugünkü değeri ve ikinci aşamada hesaplanan volatilité değeri kullanılarak, S1 projesinin değerinin zamana bağlı olarak gelişimini gösteren binom ağacı oluşturulmuştur.

Üçüncü aşamada, S1 projesinin sahip olduğu esneklikler tanımlanmış ve bunlar binom ağacı üzerine yerleştirilerek opsiyon değer ağacı oluşturulmuştur. S1 projesinin sıfır anında “bugün başla”, “6 ay ertele”, “12 ay ertele” ve “18 ay ertele” şeklinde dört farklı opsiyonu bulunmaktadır. Ayrıca proje başladıktan sonra “devam etme”, “terk etme” ve “iyileştirme” opsiyonlarına sahiptir. Bu kararlar binom ağacı

üzerine yerleştirilerek bir opsiyon değer ağacı elde edilmiştir. Erteleme ve iyileştirme opsiyonlarının her biri ilgili karar noktasında yeni bir proje yolu yarattığından, opsiyon değer ağacının yapısı binom ağacından daha karmaşıktır.

Son aşamada ise, elde edilen opsiyon değer ağacı üzerinde alt ağaçların son döneminden başlayıp ilk döneme doğru ilerleyerek, S1 projesinin opsiyonlarının değeri risk-nötr değerlendirme yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu şekilde, S1 projesi için genişletilmiş NBD, 194953 TL olarak bulunmuş; projeye “bugün başla” ve Tanımlama-Ölçme aşamasından sonra projenin değerinin düştüğü karar noktalarında projeyi “iyileştir” opsiyonlarının kullanılması optimal strateji olarak belirlenmiştir. Genişletilmiş NBD, bu esnekliklerin değerini içerdiğinden NBD’den her zaman daha büyük bir değere sahip olmaktadır ve bu değer ile geleneksel NBD arasındaki fark, projede gömülü esnekliklerin değerini vermektedir. Buna göre, projenin yönetsel esnekliklerinin değeri 64631 TL olarak elde edilmiştir.

Ayrıca S1 projesinin değerini oluşturan parametrelerden volatilité, kar payı ve risksiz faiz oranındaki değişimlerin opsiyon değeri üzerindeki etkilerini araştırmak için duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizinin sonucunda şu bulgular elde edilmiştir:

- Volatilité değeri arttıkça S1 projesinin sıfır anında sahip olduğu opsiyonların değeri artmakta ancak projeye yatırım yapma kararı geciktikçe opsiyon değeri daha düşük seviyelerde seyretmektedir.
- Kar payı beklenen maliyet tasarruflarının değerinin daha yavaş büyümesine yol açtığı için, oran arttıkça tüm durumlar için opsiyon değeri hızla azalmaktadır. Kar payı oranının artması erteleme opsiyonunun değerini düşürmektedir. Kar payının ödenmediği durumda, projenin 18 ay ertelenmesi en yüksek opsiyon değerini vermiştir. Bu durum, projenin değeri üzerinde zaman baskısı olmadığında, ertelemenin projeye bugün başlama opsiyonundan daha karlı olduğunu göstermektedir. Bir başka deyişle, herhangi bir değer kaybı söz konusu olmadığı için, projeyi erteleyip belirsizliklerin çözülmesini beklemek daha değerli bir opsiyon haline gelmektedir.

- Risksiz faiz oranı arttıkça projeye bugün başlanması durumunda opsiyon değeri düşmektedir. Erteleme opsiyonlarında ise, risksiz faiz oranının artması opsiyon değerlerinin artmasına yol açmaktadır
- Analiz edilen parametrelerden risksiz faiz oranının opsiyon değerleri üzerindeki etkisi, volatilité ve kar payı parametrelerine kıyasla, daha azdır. Kar payı ise, opsiyon değerini en fazla değişime uğratan parametre olarak gözlenmiştir, bu nedenle kar payı oranı belirlenirken ayrıntılı analizler yapılmalıdır.
- Belirsizliğin düşük seviyelerinde yönetsel esnekliklere sahip olmanın değerinin düştüğü ve literatürdeki bulgularla tutarlı olarak, genişletilmiş NBD'nin geleneksel NBD'ye yaklaştığı saptanmıştır. Bundan dolayı belirsiz olmayan ortamlarda opsiyon değerlendirme yönteminin NBD analizine göre fazla fark yaratmayacağı ve böyle durumlarda geleneksel NBD analizinin kullanılabilceği sonucuna varılabilir.

Bu çalışma, reel opsiyonlar teorisini Altı Sigma projelerinin analizine uyarlayan ilk çalışmadır. Burada geliştirilen Reel Opsiyon Değerleme Modelinin aşamaları, tüm Altı Sigma projelerinin değerlemede kullanılabilcek jenerik bir süreç şeklinde tanımlanmıştır. Böylelikle Altı Sigma araç setine, projelerin analiz ve seçim süreçlerinde kullanılabilcek yeni bir değerlendirme aracı kazandırılmıştır. Bu yeni araç Altı Sigma yaklaşımını benimseyen ve uygulayan tüm firmalarda kullanılabilir ve geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda, reel opsiyonlar yaklaşımını temel alan Reel Opsiyon Değerleme Modeli, yöneticilere projelerini değerlemek için farklı bakış açıları kazandırabilir.

Çalışmada sunulan model, reel opsiyonlar analizinin temel bileşenlerini ve Monte Carlo simülasyonunu içeren karma bir yapıya sahip olduğu için, Altı Sigma projelerine ilişkin yatırım kararlarında belirsizliğin ve riskin etkisi tam olarak analiz edilebilmektedir. Bu model, her ne kadar mevcut sermaye bütçeleme yöntemlerinin yetersizliklerine bir çözüm olarak geliştirilse de, bu yöntemlerin bir alternatifi olarak değil, birlikte kullanılması gereken tamamlayıcı bir karar verme aracı olarak düşünölmelidir

ABC Elektrik firması, modelin Altı Sigma projelerini değerlendirme ve seçme süreçlerinde yararlı olabileceğine inanmakta ve yakın gelecekte Altı Sigma projelerini bu modeli kullanarak değerlendirmeyi ve seçmeyi planlamaktadır.

Reel Opsiyon Değerleme Modelini uygularken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar bulunmaktadır:

- Yapılan analizin doğruluğu, her değerlendirme yönteminde olduğu gibi, girdi olarak kullanılan parametrelerin doğru tahmin edilmesine bağlıdır. Opsiyon değeri özellikle volatilité parametresine duyarlı olduğu için, bu parametre tahmin edilirken Altı Sigma projelerine özel ve pazara özgü belirsizliklerin iyi tanımlanması gerekmektedir.
- Projeye ilişkin yönetsel esnekliklerden en önemli olanlarının değerlemesine odaklanılmalıdır. Modelde projeye ilişkin her kararı dikkate almak problemin büyüklüğünü ve karmaşıklık düzeyini artırabilir.
- Modellenen yönetsel esnekliklerin gerçek dünya kararları ile aynı zamanda dikkate alınması gerekir. Aksi takdirde proje değeri yanlış olacaktır.
- Aday Altı Sigma projeleri arasında bir sıralama yapılacak ise, tüm projelerin reel opsiyonlar yaklaşımı ile değerinin bulunması gerekmektedir. Çünkü reel opsiyonlarla elde edilecek değer NBD analizinden her zaman daha yüksek olacaktır.

Çalışmada, Altı Sigma projelerinin özellikleri ile bir finansal alım opsiyonunun parametrelerini birbirleriyle eşleştirmenin ve reel opsiyonlar teorisini bu projeler üzerinde kullanmanın yolu gösterilmiş ve duyarlılık analizi yapılarak parametrelerin opsiyon değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Opsiyon değerinin bu parametrelerden özellikle volatilitéye ve kar payına oldukça duyarlı olduğu saptanmıştır. İleriye yönelik olarak, Altı Sigma projelerini reel opsiyonlarla değerlendirirken, bu iki parametreyi en yüksek doğruluk derecesinde tahmin etmek için gerekli verilerin tanımlanmasına ve toplanmasına ilişkin yöntemler konusunda çalışmalar yapılabilir.

Firmalarda geliştirilen değerlendirme sürecini uygulayabilmek için analistlerin modelleme ve istatistiksel teknikleri kullanma becerilerinin bulunması gerekmektedir. Altı Sigma projelerini yürüten Kara Kuşaklar genellikle mühendislik eğitimi almış çalışanlardan seçildiği için, çalışmada önerilen değerlendirme modelinin uygulaması bu çalışanlar tarafından gerçekleştirilebilir. Ancak bu modelin dört aşamasını destekleyen bir yazılımın geliştirilmesi, modelin daha pratik ve kolay biçimde kullanılmasını sağlayabilir.

Altı Sigma projelerinin değerini etkileyen pek çok belirsizlik kaynağı bulunmaktadır. Ancak literatürde Altı Sigma projelerine ilişkin belirsizlikleri ve riskleri doğrulayan çalışmaların sayısı oldukça azdır. Altı Sigma projelerini etkileyen belirsizlik ve risk tanımları üzerine daha fazla ampirik çalışmalar yapılabilir.

Bu çalışmada, belirsiz değişkenler arasındaki korelasyonlar dikkate alınmamıştır. Yeni bir çalışmada, değişkenler arasındaki korelasyonları dikkate alan opsiyon değerlendirme yöntemleri eklenerek bu model geliştirilebilir.

Reel Opsiyon Değerleme Modelinin S1 projesi üzerindeki uygulamasında, yatırım maliyetlerinin sabit olduğu varsayılmıştır. Bir başka çalışmada yatırım maliyetleri belirsiz bir değişken olarak ele alınarak bu model geliştirilebilir. Altı Sigma projelerinin yatırım maliyetini oluşturan bileşenler üzerine ayrıntılı araştırmalar yapılabilir ve belirsizlik altında bu maliyetlerin sermaye bütçeleme yöntemleri ile nasıl belirleneceği gösterilebilir.

Çalışmada modelin uygulaması TÖAİK metodolojisi ile yürütülen örnek bir proje üzerinde gösterilmiştir. TİAS metodolojisi ile yürütülen Altı Sigma projeleri daha çok bir Ar-Ge projesi niteliği taşıdığı için, sunulan model ile bu tür projelerin analizi firmaya stratejik açıdan daha çarpıcı sonuçlar getirebilir. Bir başka çalışmada bu model, TİAS metodolojisi ile yürütülen Altı Sigma projelerine uygulanabilir.

KAYNAKLAR

Adner, R. ve Levinthal, D. A. (2004). What Is Not a Real Option: Considering Boundaries for the Application of Real Options to Business Strategy. *Academy of Management Review*, 29 (1): 74 - 85.

Akpolat, H. (2004). *Six Sigma in Transactional and Service Environments*, Burlington: Gower Publishing.

Amram, M. ve Kulatilaka, N. (1999). *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*, Boston, MA.: Harvard Business School Press.

Ashford, R. W., Dyson, R. G. ve Hodges, S. D. (1988). The Capital-Investment Appraisal of New Technology: Problems, Misconceptions and Research Directions. *The Journal of the Operational Research Society*, 39 (7) : 637-642.

Banuelas, R., Tennant, C., Tuersley, I. ve Tang, S. (2006). Selection of Six Sigma Projects in the UK. *The TQM Magazine*, 18 (5) : 514-527.

Benaroch, M. ve Kaufmann, R. J. (1999). A Case for Using Real Options Pricing Analysis to Evaluate Information Technology Project Investments. *Information Systems Research*, 10 (1): 70-86.

Bengtsson, J. (2001). Manufacturing Flexibility and Real Options: A Review. *International Journal of Production Economics*, 74: 213-224.

Bengtsson, J. ve Olhager, J. (2002). Valuation of Product-mix Flexibility Using Real Options. *International Journal of Production Economics*, 78: 13–28.

Bisgaard, S. ve Freiesleben, J. (2004). Six Sigma and the Bottom Line. *Quality Progress*, 37 (9): 57 – 62.

Bjerksund, P. ve Ekern, S. (1990). Managing Investment Opportunities under Price Uncertainty: From Last Chance to Wait and See Strategies. *Financial Management*, 19 (3): 65– 83.

Black, F. ve Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*, 81 (3): 637-654.

Boer, F. P. (2002). *The Real Options Solution: Finding Total Value in a High-Risk World*, New York: John Wiley & Sons.

Bowman, E. H. ve Moskowitz, G. T. (2001). Real Options Analysis and Strategic Decision Making. *Organization Science*, 12 (6) : 772-777.

Brach, M.A. (2003). *Real Options in Practice*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Brandao, L. E. ve Dyer, J. S. (2005). Decision Analysis and Real Options: A Discrete Time Approach to Real Option Valuation. *Annals of Operations Research*, 135: 21 – 39.

Brealey, R.A., Myers, S.C. ve Marcus, A.J. (2001), *İşletme Finansının Temelleri*, 3. Baskı, İstanbul: McGraw-Hill – Literatür Yayıncılık.

Brennan, M. J. ve Schwartz, E. S. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. *The Journal of Business*, 58 (2) : 135-157.

Breyfogle III, F.W., Cupello, J. M. ve Meadows, B. (2001). *Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*. New York: John Wiley & Sons.

Brookfield, D. (1995). Risk and Capital Budgeting: Avoiding the Pitfalls in Using NPV When Risk Arises. *Management Decision*, 33 (8): 56- 59.

Broyles, J. (2003). *Financial Management and Real Options*, England: John Wiley & Sons.

Chakrabarty, A. ve Tan, K. C. (2007). The Current State of Six Sigma Application in Services. *Managing Service Quality*, 17 (2): 194-208.

Childs, P. D. ve Triantis, A. J. (1999). Dynamic R&D Investment Policies. *Management Science*, 45 (10) : 1359-1377.

Civelek, M. A. ve Durukan, M.B. (1998). *Investments*. İzmir: Dokuz Eylül Yayınları.

Cobb, B. R. ve Charnes, J. M. (2004). Real Options Volatility Estimation with Correlated Inputs. *The Engineering Economist*, 49 (2): 119 – 137.

Conway, W.E. (1992). *The Quality Secret: The Right Way to Manage*. Nashua, NH: The Conway Quality Inc.

Copeland, T. E. ve Weiner, J. (1990). Proactive Management of Uncertainty, *The McKinsey Quarterly*, 4: 133-152.

Copeland, T. E. ve Keenan, P. T. (1998). How Much is Flexibility Worth?, *The McKinsey Quarterly*, 2 : 38-49.

Copeland, T. E. ve Antikarov, V. (2001). *Real Options - A Practitioner's Guide*, New York: Texere Publishing.

Copeland, T. E. ve Tufano, P. (2004). A Real World Way to Manage Real Options. *Harvard Business Review*, March 2004.

Coronado, R. B. ve Antony, J. (2002). Critical Success Factors for the Successful Implementation of Six Sigma Projects in Organizations. *The TQM Magazine*, 14(2): 92-99.

Cox, J., Ross, S. ve Rubinstein, M. (1979). Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*, 7(3) : 229-263.

Cui, Q., Bayraktar, M.E., Hastak, M. ve Minkarah, I. (2004). Use of Warranties on Highway Projects: A Real Option Perspective. *Journal of Management in Engineering*, 20 (3): 118 -125.

Damodaran, A. (2003). The Premise of Real Options. *The Revolution in Corporate Finance* (ss. 89-105). 4. Baskı. Derleyen Joel M. Stern ve Donald H. Chew. Oxford: Blackwell Publishing.

Damodaran, A. (2006). *The Promise and Peril of Real Options*, <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pdfiles/papers/realopt.pdf> (05 Haziran 2008).

Davisa, G. A. ve Owensb, B. (2003). Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures using Real Options Analysis. *Energy Policy*, 31: 1589–1608.

de Neufville, R. (2002). *Architecting/Designing Engineering Systems Using Real Options*. MIT, ESD Symposium, <http://esd.mit.edu/symposium/papers> (14 Mayıs 2007).

Demir, S. (2002). *Opsiyon Fiyatlama Teorisi'nde Eşdeğer Martingale Ölçümlerinin Kullanılması ve Türkiye'de Uygulanabilirliği*, Doktora Tezi, Manisa, Türkiye: Celal Bayar Üniversitesi.

Demirtaş, Ö. ve Güngör, Z. (2004). Portföy Yönetimi ve Portföy Seçimine Yönelik Bir Uygulama. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1 (4) : 103-109.

Dey, P. K. (2001). Decision Support System for Risk Management: A Case Study. *Management Decision*, 39 (8): 634 – 649.

Dias, M. A. G. (2004). Valuation of Exploration and Production Assets: An Overview of Real Options Models, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 44: 93–114.

Dixit, A. K. ve Pindyck, R. S. (1994) *Investment under Uncertainty*, Princeton, NJ: Princeton University Press.

Dogbe, G. K. (2006). *Continuous-time Stochastic Process Characterization and Valuation of Mineral Investments and Software Interface*, PhD Dissertation, Canada: University of Alberta.

Duku-Kaakyire, A. ve Nanang, D. M. (2004). Application of Real Options Theory to Forestry Investment Analysis. *Forest Policy and Economics*, 6: 539– 552.

Eckes, G. (2001). *Making Six Sigma Last: Managing the Balance Between Cultural and Technical Change*. New York: John Wiley & Sons.

Elkington, P. ve Smallman, C. (2002). Managing Project Risks: A Case Study from the Utilities Sector. *International Journal of Project Management*, 20: 49–57.

Ford, D. N. ve Bhargav, S. (2006). Project Management Quality and the Value of Flexible Strategies. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 13 (3): 275-289.

Fryer, K. J., Antony, J. ve Douglas, A. (2007). Critical Success Factors of Continuous Improvement in the Public Sector: A Literature Review and Some Key Findings. *The TQM Magazine*, 19 (5): 497-517

Gamba, A. ve Micallizzi, A. (2007). Product Development and Market Expansion: A Real Options Model. *Financial Management*, 36 (1) : 91-112.

Goetsch, D. L. ve Davis, S. (1995). *Implementing Total Quality*. USA: Prentice Hall

- Goffnett, S. P. (2004). Understanding Six Sigma®: Implications for Industry and Education. *Journal of Industrial Technology*, 20 (4): 1-10.
- Goh, T. H. ve Xie, M. (2004). Improving on the Six Sigma Paradigm. *The TQM Magazine*, 16 (4): 235-240.
- Goldstein, D. (2001). Six Sigma Program Success Factors. *Six Sigma Forum Magazine*, 1(1).
- Gupta, A. K. ve Nadarajah, S. (2004). *Handbook of Beta Distribution and Its Applications*, New York: Dekker.
- Harmantzis, F. C.ve Tanguturi, V. P. (2007). Investment Decisions in the Wireless Industry Applying Real Options. *Telecommunications Policy*, 31 : 107–123.
- Harry, M. ve Schroeder, R. (2000). *Six Sigma - Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations*. New York: Doubleday.
- Hartmann, M. ve Hassan, A. (2006). Application of Real Options Analysis for Pharmaceutical R&D Project Valuation - Empirical Results from a Survey. *Research Policy*, 35: 343–354.
- He, K. (2007). Real Options Application in Project Evaluation Practice. *Cost Engineering*, 49 (8): 16 – 19.
- Henderson, K. M. ve Evans, J. R. (2000). Successful Implementation of Six Sigma: Benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal*, 7 (4): 260-281.
- Hirt, G. A., Block, S. B. ve Basu, S. (2006). *Investment Planning for Financial Professionals*, New York: McGraw-Hill Professional.

Hlouskova, J., Kossmeier, S., Obersteiner, M. ve Schnabl, A. (2005). Real Options and the Value of Generation Capacity in the German Electricity Market. *Review of Financial Economics*, 14 : 297–310.

Howell, S., Stark, A., Newton, D., Paxson, D., Çavuş, M. ve Pereira, J. (2001). *Real Options: Evaluating Corporate Investment Opportunities in a Dynamic World*, GB: Financial Times Prentice Hall.

Huchzermeier, A. ve Loch, C. (2001). Project Management Under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R&D. *Management Science*, ABI/INFORM Global 47 (1): 85 – 101.

Hull, C. J. (2003). *Options, Futures, and Other Derivatives*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Insley, M. (2002). A Real Options Approach to the Valuation of a Forestry Investment. *Journal of Environmental Economics and Management*, 44: 471 – 492.

Işgın, T. ve Forster D. L. (2005). Using Real Options Theory to Analyze the Impacts of Urban Development on Farm Real Estate Markets. *The Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29: 409-417.

Jung, J.Y. ve Lim, S. (2007). Project Categorization, Prioritization, and Execution Based On Six Sigma Concept: A Case Study of Operational Improvement Project. *Project Management Journal*, 38 (1): 55 – 60.

Kemna, A. G. Z. (1993). Case Studies on Real Options. *Real Options and Investment Under Uncertainty: Classical Readings and Recent Contributions* (2001: ss.643-662). Derleyen Eduardo S. Schwartz ve Lenos Trigeorgis. Cambridge, Mass. : MIT Press

Kenç, T. (2003). Reel Opsiyonlar Yöntemi ile Yatırım Projeleri Değerlemesi, *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, 30: 79-83.

Kogut, B. ve Kulatilaka, N. (2001). Capabilities as Real Options, *Organization Science*, 12(6): 744-758.

Kotz, S. ve van Dorp, J. R. (2004). *Beyond Beta: Other Continuous Families of Distributions with Bounded Support and Applications*, World Scientific Publishing.

Kulatilaka, N. (1988). Valuing the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 35 (4): 250-257.

Kumar, R. L. (1996). A Note on Project Risk and Option Values of Investments in Information Technologies. *Journal of Management Information Systems*, 13 (1): 187-193.

Kumar, R.L. (2002). Managing Risks in IT Projects: An Options Perspective, *Information and Management*, 40: 63-74.

Kumar, U. D., Nowicki, D., Ramirez-Marquez, J. E., ve Verma, D. (2008). On the Optimal Selection of Process Alternatives in a Six Sigma Implementation. *International Journal of Production Economics*, 111: 456-467.

Kwak, Y. H. ve Anbari, F.T. (2006). Benefits, Obstacles, and Future of Six Sigma Approach. *Technovation*, 26: 708-715.

Lander, D. M. ve Pinches, G. E. (1998). Challenges to the Practical Implementation of Modeling and Valuing Real Options, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 38 (Special Issue): 537-567.

Laudon, K. C. ve Laudon, L. J. (2006). *Management Information Systems: Managing The Digital Firm*, 9th Edition, USA: Prentice Hall.

Leavitt, P. (2002). *Lessons Learned in Six Sigma Implementation*. http://www.providersedge.com/docs/leadership_articles/Lessons_Learned_in_6Sigma_a_Implementation.pdf, Erişim Tarihi: 07/11/2008.

Lewis, N., Enke, D. ve Spurlock, D. (2004). Valuation for the Strategic Management of Research and Development Projects: The Deferral Option, *Engineering Management Journal*, 16 (4): 36 -48.

Li, X. ve Johnson, J. D. (2002). Evaluate IT Investment Opportunities Using Real Options Theory. *Information Resources Management Journal*, 15(3): 32-47.

Lint, O. ve Pennings, E. (2001). An Option Approach to the New Product Development Process: A Case Study at Philips Electronics, *R&D Management*, 31 (2): 163-172.

Louberg, H., Villeneuve, S. ve Chesney, M. (2002). Long-term Risk Management of Nuclear Waste: A Real Options Approach. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 27: 157–180.

MacKenzie, D. (2003). An Equation and Its Worlds: Bricolage, Exemplars, Disunity and Performativity in Financial Economics, *Social Studies of Science*, 33 (6): 831-868.

Mader, D. P. (2004). Selecting Design for Six Sigma Projects. *Quality Progress*; 37 (7): 65 – 70.

Margrabe, W. (1978). The Value of an Option to Exchange One Asset for Another. *The Journal of Finance*, 33 (1) : 177-186.

Martzoukos, S. H. (2003). Real R&D Options with Endogenous and Exogenous Learning. *Real R&D Options* (ss.111-129). Derleyen Dean A. Paxson. Oxford: Butterworth-Heinemann.

McConnell, J. B. (2007). *A Life-Cycle Flexibility Framework for Designing-Evaluating and Managing Complex Real Options- Case Studies in Urban Transportation and Aircraft Systems*, Doktora Tezi, Massachusetts Institute of Technology.

- McDonald, R. ve Siegel, D. (1986). The Value of Waiting to Invest. *Quarterly Journal of Economics*, 101: 177–186.
- Merrill, H.M. ve Wood, A.J. (1991). Risk and Uncertainty in Power System Planning, *Electrical Power & Energy Systems*, 13 (2): 81-90.
- Merton, R. C. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (1) : 141-183.
- Merton, R. C. (1976). Option Pricing When Underlying Stock Returns are Discontinuous. *Journal of Financial Economics*, 3 : 125-144.
- Merton, R.C. (1998). Applications of Option Pricing Theory: Twentyfive Years Later. *American Economic Review*. 88: 323- 349.
- Miller, L. T. ve Park, C. S. (2002). Decision Making Under Uncertainty – Real Options to the Rescue?, *The Engineering Economist*, 47 (2): 105- 150.
- Miller, L., Choi, S. H. ve Park, C. S. (2004). Using an Options Approach to Evaluate Korean Information Technology Infrastructure. *The Engineering Economist*, 49: 199–219.
- Moel, A. ve Tufano, P. (2002). When are Real Options Exercised? An Empirical Study of Mine Closings. *The Review of Financial Studies*, 15 (1) : 35-64.
- Mun, J. (2002). *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Myers, S.C. (1977). Determinants of Corporate Borrowing, *Journal of Financial Economics*, 5: 147–175.
- Myers, S.C. (1987). Finance Theory and Financial Strategy, *Midland Corporate Finance Journal*, 5: 6 - 13.

Nembhard, H. B., Shi, L. ve Park, C. S. (2000). Real Option Models for Managing Manufacturing System Changes in the New Economy. *The Engineering Economist*, 45 (3): 232- 258.

Nembhard, H. B., Shi, L. ve Aktan, M. (2002). A Real Options Design for Quality Control Charts, *The Engineering Economist*, 47 (1): 28 – 59.

Nembhard, H. B., Shi, L. ve Aktan, M. (2005). A Real-options-based Analysis for Supply Chain Decisions, *IIE Transactions*, 37: 945–956.

NIST/SEMATECH (2006), Engineering Statistics Handbook,
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda366h.htm>

Nichols, N. A. (1994). Scientific Management at Merck: An Interview with CFO Judy Lewent. *Harvard Business Review*, 72 (1): 88 - 99.

Nonthaleerak, P. ve Hendry, L. C. (2006). Six Sigma: Literature Review and Key Future Research Areas. *Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage*, 2 (2): 105-161.

Nonthaleerak, P. ve Hendry, L. C. (2008). Exploring the Six Sigma Phenomenon Using Multiple Case Study Evidence. *International Journal of Operations & Production Management*, 28 (3): 279-303.

Otto, R. E. (1988). Valuation of Internal Growth Opportunities: The Case of a Biotechnology Company. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 38(Special Issue): 615 – 633.

Quigg, L. (1993). Empirical Testing of Real Option-Pricing Models. *The Journal of Finance*, 48 (2): 621-640.

Paddock, J. L., Siegel, D. R. ve Smith, J. L. (1988). Option Valuation of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. *Quarterly Journal of Economics*, 103:479- 508.

Pande, P. S., Neuman, R. P. ve Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance*, New York: McGraw-Hill.

Paxson, D. A. (2003). Selective Review of Real R&D Options Literature. *Real R&D Options* (ss. 291-324). Derleyen Dean A. Paxson. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Perlitz, M., Peske, T. ve Schrank, R. (1999). Real Options Valuation: The New Frontier in Ar&Ge Project Evaluation. *R&D Management*, 29 (3): 255 – 269.

Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook Revised and Expanded: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. New York: McGraw-Hill.

Raisinghani, M. S., Ette, H., Pierce, R., Cannon, G. ve Daripaly, P. (2005). Six Sigma: Concepts, Tools, and Applications. *Industrial Management & Data Systems*, 105 (4): 491-505.

Ravichandran, J. (2007). Cost-based Process Weights for DPMO and the Overall Performance of an Organization. *The TQM Magazine*, 19 (5): 442-453.

Raz, T., Shenhar, A.J. ve Dvir, D. (2002). Risk Management, Project Success, and Technological Uncertainty. *R&D Management*, 32: 101–109.

Rocha, K., Moreira, A. R. B., Reis, E. J. ve Carvalho, L. (2006). The Market Value of Forest Concessions in the Brazilian Amazon: A Real Option Approach. *Forest Policy and Economics*, 8: 149– 160.

Ross, S. A., Westerfield, R.W. ve Jordan, B. (2003). *Fundamentals of Corporate Finance*, 6. Edition, New York: McGraw Hill/Irwin.

Schneider, M., Tejada, M., Dondi, G., Herzog, F., Keel, S. ve Geering, H. (2008). Making Real Options Work for Practitioners: A Generic Model for Valuing R&D Projects. *R&D Management*, 38 (1): 85-106.

Schwartz, E. S. ve Trigeorgis, L. (2001). Real Options and Investment Under Uncertainty: An Overview. *Real Options and Investment Under Uncertainty: Classical Readings and Recent Contributions* (ss.1-16). Derleyen Eduardo S. Schwartz ve Lenos Trigeorgis. Cambridge, Mass. : MIT Press.

Smit, H.T.J. ve Trigeorgis, L. (2006). Strategic Planning: Valuing and Managing Portfolios of Real Options, *R&D Management*, 36(4): 403-419.

Smith, J. E. ve McCardle, K. F. (1998). Valuing Oil Properties: Integrating Option Pricing and Decision Analysis Approaches. *Operations Research*, 46 (2): 198 -217.

Smith, J. E. ve Nau, R. F. (1995). Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis. *Management Science*, 41 (5): 795-816.

Snee, R. D. ve Rodebaugh, W. F. (2002). The Project Selection Process. *Quality Progress*, September: 78-80.

SPAC (2003). *Altı Sigma Mükemmellik Modeli Nedir?* Ankara: Pelin Ofset.

Stamatis, D. H. (2003). *Six Sigma for Financial Professionals*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

Stulz, R. M. (2003). Merton Miller's Contribution to Modern Finance. *The Revolution in Corporate Finance* (ss. 590-602). 4. Baskı. Derleyen Joel M. Stern ve Donald H. Chew. Oxford: Blackwell Publishing.

- Sullivan, K., Chalasani, P., Jha, S. ve Sazawal, V. (1999). *Software Design as an Investment Activity: A Real Options Perspective*, <http://www2.umassd.edu/swPI/costmodeling/papers/sullivan.pdf> (22 Mart 2008).
- Tannock, J. D. T., Balogun, O. ve Hawisa, H. (2007). A Variation Management System Supporting Six Sigma. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 18 (5): 561-575.
- Teach, E. (1 Temmuz 2003). Will Real Options Take Root? Why companies have been slow to adopt the valuation technique, *CFO Magazine*. <http://www.cfo.com/article.cfm/3009782> (3 Temmuz 2009)
- Tibben-Lembke, R. S. ve Rogers, D. S. (2006). Real Options: Applications to Logistics and Transportation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36 (4): 252-270.
- Titman, S. (1985). Urban Land Prices under Uncertainty. *American Economic Review*, 75: 505-514.
- Tong, W. T. ve Reuer, J. J. (2007). Real Options in Strategic Management. *Real Options Theory: Advances in Strategic Management* (ss. 3-28). Cilt 24. Derleyen Jeffrey J. Reuer ve Tony W. Tong. Oxford: Elsevier JAI Press.
- Triantis, A. J. ve Hodder, J. E. (1990). Valuing Flexibility as a Complex Option, *The Journal of Finance*, 45 (2) : 549-565.
- Triantis, A. ve Borison, A. (2001). Real Options: State of the Practice. *Journal of Applied Corporate Finance*, 14 (2): 8-24.
- Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. Cambridge, MA: MIT Press.

Trigeorgis, L. (2005). Making Use of Real Options Simple: An Overview and Applications in Flexible/Modular Decision Making, *The Engineering Economist*, 50: 25–53.

Tütek, H. H. ve Gümüőöglu, Ő. (2008). *Sayısal Yöntemler: Yönetmel Yaklaşım*, İstanbul: Beta Yayınları.

Tüysüz, F. ve Kahraman, C. (2006). Project Risk Evaluation Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process: An Application to Information Technology Projects. *International Journal of Intelligent Systems*, 21: 559 – 584.

Uzunlar, E. ve Aktan, M. (2006). *Finansal Opsiyonlar, Gerçek Opsiyonlar ve Uygulamaları*. Ankara: Gazi Kitabevi.

van Vliet, W.N. (2000). *Investment Strategies and Real Option Theory*. Master's Thesis. Rotterdam: Erasmus University.

VOB (2004), *Temel Düzeyde Türev Araçlar*, Türev Araçlar Eğitim Seti, Vadeli İşlemler Borsası Yayını, İzmir.

Voit, J. (2003). *The Statistical Mechanics of Financial Markets*. Springer.

Wang, T., Neufville, R. (2005), *Real Options “in” Projects*, 9th Real Options Annual International Conference in Paris, France.

Winston, W. L. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms*. 4. Edition. CA: Thomson – Brooks/Cole.

Wrzos, K. (2008). Overcoming the Challenges to Project Realization, <http://www.isixsigma.com/library/content/c070820a.asp>, (9 Aralık 2008)

Yeo, K.T. ve Qiu, F. (2003). The Value Of Management Flexibility – A Real Option Approach to Investment Evaluation, *International Journal of Project Management*, 21: 243–250.

Zinkgraf, S. A. (1998). An Overview of Operational Excellence and Six Sigma in AlliedSignal (ss.173-175). *52th Annual Quality Congress Proceedings of the American Society for Quality*, Philadelphia.

İnternet Kaynakları

Annual International Conference on Real Options: Theory Meets Practice, www.realoptions.org (1 Aralık 2009).

Vadeli İşlemler Borsası,

<http://www.vob.org.tr/VOBPortalTur/DesktopDefault.aspx?tabid=50> (4 Temmuz 2009).

EKLER

Ek 1: Reel Opsiyonların Uygulama Alanlarına İlişkin Literatür

Doğal Kaynaklar

İlk uygulamalar, işlem gören doğal kaynak veya ticari mal fiyatlarının bulunabilmesi, yüksek volatiliteye sahip ve uzun süreli yatırımlar olması nedeniyle, doğal kaynak yatırımları alanında ortaya çıkmıştır (Trigeogis, 2005: 46).

Tourinho (1979), opsiyon fiyatlama tekniklerini kullanarak petrol rezervlerini değerleyen ve bu tekniği doğal kaynaklar alanında kullanan ilk araştırmacıdır (Dias, 2004: 99). Brennan ve Schwartz (1985), bir madenin çalışmasının durdurulması veya işin tamamen bırakılmasına (terk etme) ilişkin opsiyonları değerlemek için, doğal kaynakların fiyat hareketlerini kullanmıştır. Doğal kaynak endüstrisi dışında, gelecekteki proje gelirleri konusunda belirsizliğin önemli bir sorun olduğu başka endüstrilerde de uygulanabilecek bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Paddock, Siegel ve Smith (1988), MIT Enerji Laboratuvarı'nda opsiyon teorisini kullanarak kiralama ve geliştirme yatırımının zamanlamasının değeri hakkında araştırma yapmaya başlamışlar ve oldukça basit, birkaç parametre tahmininin yapılması gereken ve pratik açıdan avantajlı bir model geliştirmişlerdir. Modelin en kullanışlı tarafı, Black-Scholes modelindeki finansal opsiyon ile işlenmemiş bir rezervin reel opsiyon değeri arasında kurduğu basit benzerliktir. Dias (2004: 100), bu modelin petrol rezervlerine ilişkin uygulamalar için en popüler reel opsiyon modeli olduğunu ifade etmektedir.

Bjerksund ve Ekern (1990), yatırımı erteleme opsiyonunun var olması durumunda, Norveç'teki bir petrol yatağının işlenmesi üzerindeki geçici olarak durdurma ve terk etme opsiyonlarını değerlemiştir. Kemna (1993), Shell firmasına danışmanlık yaptığı zamanlardaki bazı örnek çalışmalarını aktarmış, petrol rezervlerinin işlenmesine ilişkin zamanlama opsiyonunu, bir üretim girişimine ilişkin büyüme opsiyonunu ve karsız bir üretim birimini terk etme opsiyonunu örnek olaylarla açıklamıştır.

Moel ve Tufano (2002), Brennan ve Schwartz (1985) tarafından geliştirilen model ile benzer olarak, madenlerin açılması ve kapanması üzerindeki reel opsiyonları incelemiş, bu opsiyonlara ilişkin kararların ekonomik olmayan, firmaya özgü yönetsel faktörlerle ilişkili olduğunu göstermiştir. Davisa ve Owensb (2003), geleneksel İNA modellerini ve reel opsiyonlar analizini kullanarak, Amerika'nın yenilenebilir elektrik Ar&Ge programının değerini hesaplamışlardır. Hlouskova ve diğerleri (2005), elektrik üretme tribününe yatırım problemi için, tribünün çeşitli operasyonel kısıtlarını dikkate alan bir reel opsiyon modeli oluşturmuşlardır.

Gayrimenkul

Titman (1985), boş bir arsanın değerini bulmak için bir opsiyon fiyatlama modeli kurmuş ve gelecekteki bir tarihe kadar bina inşa etmeyi erteleme rasyonel olduğu koşulları analiz etmiştir. Quigg (1993), piyasa fiyatlarından oluşan büyük bir örneklemi kullanarak, bir reel opsiyon fiyatlama modelinin ampirik tahminlerini analiz eden ilk çalışmayı yapmıştır. Arsa geliştirmeye ilişkin bekleme opsiyonunu dahil ettiği bir model için ampirik kanıtlar sunmuştur.

Işgın ve Forster (2005), Ohio çiftlik parsellerinden oluşan rassal bir örnek üzerinden gelecekteki nakit akışlarının volatilesini hesaplamış ve bu değeri kullanarak bir tarım arazisinin opsiyon değerini hesaplamıştır. Çalışmada, tarım arazisinin piyasa fiyatı ile sermayeleştirilmiş değeri arasındaki fark incelenmiş, kentsel gelişimin arazinin opsiyon değeri üzerindeki olası etkileri ele alınmıştır.

Biyoteknoloji

Ottoo (1988), obeziteyi tedavi eden bir ilacın geliştirilmesi ile ilgili mevcut reel opsiyonların gelecekteki büyüme opsiyonlarıyla aralarındaki etkileşimi modellemiştir. Modelde, bir firma temel Ar&Ge projelerini rakiplerinden önce başarıyla tamamlayarak üretken bir teknolojiye erişim sağlamak ve patent koruması ile monopol kiralama haklarına sahip olmaktadır.

Merck ilaç firması, potansiyel projelerini değerlemede, yönetime yardımcı olmak ve projeleri değerlendirmek için opsiyon analizini kullanmaktadır (Nichols, 1994: 89). 1990'ların başında, küçük bir biyoteknoloji firmasının birlikte yeni bir teknoloji gerektiren bir ürünü geliştirmek için götürdüğü Gama projesi adındaki bir iş teklifini değerlendirmek için opsiyon analizini kullanmıştır (Bowman ve Moskowitz, 2001: 773).

Araştırma ve Geliştirme (Ar&Ge)

Ar&Ge projelerinin çoğu bütçe, araştırma personelinin sayısı ve kalitesi ve araştırma stratejisinin biçimi ve yönü cinsinden zamana bağlı esneklikler içerdiğinden, Ar&Ge alanında opsiyon teorisi oldukça geniş ve çeşitli uygulamalara sahiptir (Paxson, 2003: 293). Son 10 yıldır, özellikle biyoteknoloji, bilişim teknolojileri ve doğal kaynaklar endüstrisinde uygulanan Ar&Ge opsiyon modellerinde artış gözlenmektedir.

Paxson (2003: 316), reel Ar&Ge opsiyon modellerinin genel olarak kullanılma amaçlarını; (i) uygun Ar&Ge stratejisini ve toplam bütçeyi belirlemek; (ii) zamanlama esnekliği var ise, Ar&Ge aşamalarının optimal zamanlamasını belirlemek; (iii) toplam bütçeyi birbiri ile yarışan araştırma tekliflerine dağıtmak; (iv) yatırım bütçeleme ya da dış satış, risk ortaklığı veya kurumsal finans mühendisliği amacıyla Ar&Ge sürecini değerlemek şeklinde özetlemiştir.

Childs ve Triantis (1999), dinamik Ar&Ge yatırım politikalarını incelemiş ve Ar&Ge programlarını koşullu sözleşmeler şeklinde değerlemiştir. Modelde, tecrübeyle öğrenme, programdaki farklı projeler arasında yardımlaşarak öğrenme, proje nakit akışları arasındaki etkileşim, programın periyodik gözden geçirmeleri, sermaye kısıtlamaları ve rekabet faktörleri ele alınmış ve bunların önem düzeyleri tartışılmıştır.

Lint ve Pennings (1999), her karar noktasında vazgeçilen esnekliğe dayalı olarak, yeni bir ürünü başlatma kararı dahil olmak üzere, Ar&Ge aşamalarından önce ve sonra devam et/etme kararı için ekonomik kriterler türetmiştir. Bu çalışmada, tüm

kabul edilebilir projeler arasında objektif bir kıyaslama yapmayı sağlayacak Ar&Ge öncesi ve sonrası opsiyon portföyleri elde edilmiştir. Perlitz, Peske ve Schrank (1999), reel opsiyonlar yaklaşımının temel özelliklerini tanımlamakta ve Ar&Ge proje değerlendirmesine uygulamak için var olan problemlerin altını çizmektedir. Bu çalışma, uygulama metodunun aşamalarını, Geske'nin opsiyon değerlendirme modelini kullanarak göstermektedir.

Huchzermeier ve Loch (2001), Ar&Ge alanına özgü belirsizlik türlerini tanımlanmış, finansal getirilerdeki değişkenlik ile Ar&Ge yönetiminde karşılaşılan operasyonel belirsizlik arasındaki farklılığı kapatmak için, ürün performansının zamana bağlı geçiş olasılıklarının dikkate alındığı bir Ar&Ge dinamik programlama modeli geliştirmiştir. Ayrıca, bilinen terk etme reel opsiyonuna ek olarak, proje boyunca yönetimin gerçekleştirebileceği “düzeltici faaliyet opsiyonunu” tanıtmaktadır.

Lewis, Enke ve Spurlock (2004), bilgisayar simülasyonunu kullanarak, beş değişkene bağlı olarak erteleme opsiyonunu incelemiş ve bu değişkenlere farklı koşullar altında duyarlılık analizleri uygulamıştır. Gamba ve Micallizzi (2007), asıl amacı yüksek değer taşıyan bir başka ürünü piyasaya sürme fırsatını ortaya çıkarmak olan bir öncül ürünün değerini ve optimal yatırım politikasını araştıran bir reel opsiyon modeli geliştirmiştir. Bu ürünün, ister tamamlayıcı isterse ikame ürün olsun, bir firmanın yatırım stratejisinde önemli bir role sahip olduğu düşünülmekte ve öncül ürün, ana ürüne yatırım yapma fırsatına sahip olmanın gerekli adımı olarak görülmektedir. Schneider ve diğerleri (2008), reel opsiyonlar teorisine dayalı olarak Ar&Ge projelerinin değerlendirilmesinde kullanılacak, projenin modellenmesi, veri ve girdilerin toplanması, değerlendirme ve sonuçların analizi şeklinde üç aşamadan oluşan jenerik bir değerlendirme modeli önermiştir.

Bilişim Teknolojileri

Kumar (1996), yeni bilişim teknolojilerine yatırım yapmanın opsiyon değerleri ile proje riski arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bu ilişkinin finansal opsiyon fiyatlamada bilinen sonuçlardan önemli derecede farklı olduğunu göstermiştir. Riskli

projelerin kabul edilebileceği koşulları belirlemiştir. Sullivan ve diğerleri (1999), yazılım tasarımı ve mühendisliğindeki kritik fikirlerin ve yazılımın yapısını anlamak için, fiyatlama tekniğinden ziyade opsiyon temelli düşünme şeklini örnek bir olay üzerinde göstermektedir. Benaroch ve Kaufmann (1999), Black-Scholes opsiyon fiyatlama modelini kullanarak İngiltere'nin elektronik bankacılık ağına yönelik bir bilişim teknolojisi projesine yatırım yapmanın zamanlaması üzerine çalışmışlar ve kullandıkları yaklaşımı genelleştirmek amacıyla dört farklı yatırım kurgusunu tartışmışlardır.

Kumar (2002), bilişim teknolojisi projelerindeki risklerin sistematik biçimde yönetilebilmesi için reel opsiyonlar teorisine dayalı bir yaklaşım önermiş ve riskleri yönetsel faaliyetlerle çözülecek olanlar ve korunma gerektirenler şeklinde kategorilere ayırmıştır. Önerdiği yaklaşımın, bilişim teknolojisi projelerinin yönetiminde gerçek uygulamalarda alınan yönetsel kararlar ile tutarlı olduğunu göstermiştir. Li ve Johnson (2002), bilişim teknolojisi yatırım fırsatlarını, teknoloji değiştirme maliyetleri ve rekabetin ortamına göre dört kategoriye ayırarak, kablosuz teknolojilere yatırım yapma kararını reel opsiyonlar teorisi ile irdelemiştir.

Miller, Choi ve Park (2004), Kore'nin bilişim teknolojisi altyapısına ilişkin çok aşamalı yatırım kararını örnek bir uygulama ile göstermiş ve genel olarak, İNA tekniklerinin göz ardı ettiği esneklik değerinin reel opsiyonlar yaklaşımı ile elde edilebileceği sonucuna ulaşmıştır. Harmantzis ve Tanguturi (2007), iki kablosuz teknoloji firmasının yatırım yapma sürecine reel opsiyonlar metodolojisini uygulamış ve 3G ağ kurulumlarını genişletme veya erteleme kararlarını vermek için bu metodolojiyi uygulamanın güçlü yönlerini vurgulamıştır.

Üretim

Kulatilaka (1988), yöneticilerin üretimin modları arasında değiştirme yapabilmesini ve belirsizlikle baş edebilmesini sağlayan bir esnek üretim sisteminin reel opsiyon değerini ölçmek için stokastik dinamik programlama modeli kullanmıştır. Formülasyonun en önemli kısmı, operasyonel esnekliklerin, karmaşık

finansal varlıklarda karşılaşılan iç içe geçmiş bileşik opsiyonlar serisi olarak görülmesidir.

Triantis ve Hodder (1990), firmaya zamanla çıktı karmasını değiştirmeye olanak sağlayan, esnek bir üretim sistemini değerlemede ortaya çıkabilecek karmaşık opsiyonların fiyatlanmasını incelemiştir. Dayanak varlıklar için azalan eğimli talep eğrilerini, marjinal üretim maliyetleri (kullanım fiyatı) için artma ihtimalini ve birden çok ürünü ve üretim sistemine ilişkin kapasite kısıtını kullanan bir model geliştirmiştir.

Nembhard, Shi ve Park (2000), reel opsiyonları kullanarak üretim işlemlerinin barındırdığı esnekliği modellemiştir. Çalışmada, yeni ürün tanıtımı, bir ürünün Ar&Ge aşamasından ticarileştirmeye geçişi, yeni tesis yerinin seçimi ve mevcut ürünlerin üretimine başlama veya yeniden başlama şeklindeki ürün, fabrika ve örgütsel düzeylerde gerçekleşebilecek dört önemli üretim kararının her biri için bir reel opsiyon modeli geliştirilmiştir. Bahsedilen üretim değişikliklerini sayısallaştırma ve opsiyonları değerlemek için en iyi senaryoların tanımlandığı bu model, üretim işlemleri ile kurumsal hedefler arasında bağlantı kurmayı kolaylaştırmaktadır.

Bengtsson (2001), endüstri mühendisliği ve üretim yönetimi perspektifinden üretim esneklik türlerini incelemiştir. Reel opsiyonlarla değerlendirilmeyen esneklik türlerini ve herhangi bir üretim esnekliğine karşılık gelmeyen reel opsiyonları tanımlamıştır. Bengtsson ve Olhager (2002), üretim esnekliğinin belirli bir türü olan ürün-karması esnekliğini değerlemek için reel opsiyonları kullanmıştır. Birden çok ürünü, kapasite kısıtları ve kurma maliyetleri olan gerçek bir örnek olay üzerinden bu esnekliği değerlendirmesi, bu çalışmanın temel katkısıdır.

Nembhard, Shi ve Aktan (2002), gelecekteki belirsiz pazar değişkenlerini dikkate alarak, belirli bir zaman periyodunda kaliteyi izlemek için bir istatistiksel süreç kontrol kartını kullanmanın reel opsiyon değerini bulmak için, binom ağaçları yaklaşımını ve Monte Carlo simülasyonunu kullanmıştır. Nembhard, Shi ve Aktan

(2005), kullanım kararı verildiğinde bir reel opsiyonunun hemen kullanılabilceği varsayımının üretim işlemlerinde geçerli olmadığını, bu kararların uygulanmasına kadar belirli bir zamanın geçtiğini ifade etmiş ve reel opsiyonları değerlemede zaman gecikmesinin etkilerini reel opsiyonlar metodolojisine eklemiştir.

Altyapı

Cui ve diğerleri (2004), Amerika'daki garanti sözleşmelerine ilişkin mevcut uygulamalara dayalı olarak yapılan bir araştırmaya göre karayolu inşaatında garanti sözleşmesinin avantaj ve dezavantajlarını tanımlamıştır. Mevcut uygulamalara alternatif olarak, bir garanti opsiyonunu sunmuş ve bir ihale değerlendirme modeli geliştirmiştir.

Tibben-Lembke ve Rogers (2006), lojistik kaynaklarının gelecekteki kullanımına ilişkin bir reel opsiyonlar uygulaması sunmuşlardır. Hisse senetleri opsiyonlarına benzer şekilde ulaştırma opsiyonlarının tanımlandığı bu çalışma, bu sektörde reel opsiyonlar yaklaşımının kullanıldığı ilk uygulamayı göstermiştir.

Ford ve Bhargav (2006), inşaat endüstrisinde reel opsiyonların kullanımını göstermiş ve proje yönetimi kalitesinin çeşitli düzeylerinde opsiyonu değerlendirerek, proje yönetimi ile opsiyon değeri arasındaki etkileşimi açıklamaya çalışmıştır. Gerçek bir dinamik simülasyon modeli ile, inşaat sözleşmeleri üzerinde tanımlanan bir reel opsiyona yönelik elde ettiği nedensellik ilişkilerinin gerçeklerle uyumlu olduğunu göstermiştir.

Ormancılık

Insley (2002), optimal ağaç hasılatı kararını reel opsiyonlar yaklaşımı ile modellemiş ve hasılat opsiyonunun değerini dinamik programlama yaklaşımını ve genel bir sayısal çözüm tekniğini kullanarak elde etmiştir. Duku-Kaakyire ve Nanang (2004), ormancılık endüstrisindeki yatırımların analizinde reel opsiyonlar yaklaşımını uygulamıştır. Orman yönetimi ve yatırımlarındaki belirsizliği ve bu alanda uygulanabilecek yönetsel esneklikleri, yeniden ağaçlandırmayı erteleme

opsiyonu, ağaç işleme tesisinin kapasitesini genişletme opsiyonu, kereste fiyatları belirli bir seviyenin altına düştüğünde işleme tesisini terk etme opsiyonu ve bu üç durumun birlikte ele alındığı çoklu opsiyonlar şeklinde tanımlamış ve bu opsiyonları binom modelini kullanarak değerlemiştir. Rocha ve diğerleri (2006), Amazon bölgesindeki ulusal orman rezervlerinden kereste hasatını önlemek için Brezilya hükümetinin uyguladığı imtiyaz politikasının piyasa değerini değerlemede reel opsiyonları kullanmıştır. Bu yöntemler, orman yönetiminin ve düzenleyici politikaların ekonomik faydalarını sayısallaştırmıştır.

Diğer uygulamalar

Louberg, Villeneuve ve Chesney (2002), nükleer atığın derin jeolojik imhasının optimal zamanlaması için bir reel opsiyon modeli oluşturmuş ve bu problemi, bir Amerikan tipi opsiyon için geçerli olan optimal kullanım politikasına göre çözmüşlerdir. Luehrman, 1992 yılında, bir filmin devamını yapıp yapmama kararını bir reel opsiyonlar yaklaşımı ile modellemiş ve film yapımcısının sahip olduğu opsiyonları, orijinal film ile devamını aynı anda çekmek ya da beklemek, ya da orijinal filmin başarı durumuna göre devamını çekip çekmeme kararı vermek olarak tanımlamıştır (Merton, 1998: 339).