

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RADYO FREKANSLI TANIMLAMA (RFID)
YATIRIMININ REEL OPSİYONLAR YÖNTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Ertuğ GÜNEY**

Anabilim Dalı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

Programı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RADYO FREKANSLI TANIMLAMA (RFID)
YATIRIMININ REEL OPSİYONLAR YÖNTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Ertuğ GÜNEY
(507031014)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 2 Mayıs 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 9 Haziran 2008**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tijen ERTAY
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Mehmet BOLAK (Galatasaray Üniv.)
Doç. Dr. Oktay TAŞ**

HAZİRAN 2008

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın fikir aşamasından sonuna kadar tüm aşamalarında çok değerli katkılarıyla beni yönlendiren, her türlü desteği ve emeği esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Tijen Ertay'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca reel opsiyonlar konusunda yardımcı olan İ.Ü. İşletme Fakültesi'nden Araştırma Görevlisi Dr. Mehmet Horasanlı ve Selçuk Altan Özoğul'a, RFID konusunda yardımcı olan Nexus A.Ş.'den Müşteri Yöneticisi Levent Öztaş ve Siemens A.Ş.'den Ürün ve Proje Yöneticisi Cengiz Öger'e, uygulama aşamasında yardımlarını esirgemeyen eski çalışma arkadaşım Ramazan Yanıç'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca büyük fedakârlıklar ve sabır gösteren, her zaman yardım ilgi ve desteklerini bulduğum aileme, Suzan Işık'a, İTÜ İşletme Fakültesinin çok değerli hocalarına, araştırma görevlilerine ve tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2008

Ertuğ GÜNEY

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
1.GİRİŞ	1
2. YATIRIM PROJELERİNİ DEĞERLEME YÖNTEMLERİ	5
2.1. Geleneksel Yatırım Projeleri Değerleme Yaklaşımları	6
2.1.1. Geri Ödeme Süresi ve Karlılık Oranı Yöntemleri	6
2.1.2. İskontolanmış Nakit Akışı (İNA) Yöntemleri	7
2.1.2.1. Net Bugünkü Değer (NBD) Yöntemi	7
2.1.2.2. İç Verim Oranı (İVO) Yöntemi	9
2.1.2.3. İskontolanmış Nakit Akışı Yöntemlerinin Avantajları	10
2.1.2.4. İskontolanmış Nakit Akışı Yöntemlerinin Dezavantajları	10
2.2. Opsiyonlar Teorisi	14
2.2.1. Finansal Opsiyonlar	15
2.2.1.1. Alım Opsiyonu (Call Option)	18
2.2.1.2. Satım Opsiyonu (Put Option)	19
2.2.2. Reel Opsiyonlar	21
2.2.2.1. Belirsizlik	23
2.2.2.2. Reel Opsiyon Tipleri	25
2.2.2.3. Reel Opsiyonların Uygulama Alanları	27
2.2.2.4. Reel Opsiyonlar ve Net Bugünkü Değer Yöntemlerinin Karşılaştırılması	31
2.2.2.5. Yönetimsel Esneklik, Asimetri ve Genişletilmiş (Stratejik) NBD	33
2.2.2.6. Reel Opsiyonlar ile Finansal Opsiyonların Karşılaştırılması	35
2.2.3. Modelleme Yaklaşımları	37
2.2.3.1. Ağaç Yaklaşımı	38
2.2.3.2. Kapalı Form Denklemler	39
2.2.3.3. Stokastik Diferansiyel Denklemler	40
2.2.3.4. Simülasyon	40
2.2.4. Opsiyon Değerleme	41
2.2.4.1. Binom Ağaçlar Modeli	42
2.2.4.2. Black – Scholes Modeli	46
2.2.4.3. Risk-Nötral Değerleme	49
2.2.4.4. Black – Scholes Modeli ile Binom Ağaçlar Modelinin Karşılaştırılması	50

3. RADYO FREKANSLI TANIMLAMA SİSTEMLERİ	56
3.1. RFID Nedir?	56
3.2. RFID'nin Tarihçesi	58
3.3. RFID Sistem Elemanları	62
3.3.1. Etiketler (Tags) (Transponders)	62
3.3.1.1. Pasif ve Aktif Etiketler	62
3.3.1.2. RFID Sistemi Frekansları	65
3.3.1.3. Şekillerine Göre RFID Etiketleri	67
3.3.1.4. Veri Programlama Opsiyonlarına göre Etiketler	70
3.3.2. Okuyucular	71
3.3.3. Orta Katman Yazılımı (Middleware)	73
3.3.4. Kurumsal Kaynak Planlama (ERP)	74
3.4. RFID Standartları	74
3.4.1. ISO Standartları	75
3.4.2. Elektronik Ürün Kodu (EPC) ve EPCglobal Standartları	77
3.4.2.1. Elektronik Ürün Kodu (EPC)	77
3.4.2.2. EPCglobal Standartları	78
3.5. RFID Uygulamaları	82
3.5.1. Kısa Mesafeli RFID Uygulamaları	82
3.5.1.1. Güvenlik ve Giriş Kontrol Uygulamaları	82
3.5.1.2. Tehlikeli Atık Görüntüleme Uygulamaları	83
3.5.1.3. Ödeme Sistemleri Uygulamaları	83
3.5.1.4. Felaket Kurbanlarının Tanımlanması Uygulamaları	84
3.5.1.5. Sağlık Alanındaki Uygulamalar	85
3.5.1.6. Çiftlik Hayvanlarının Takip Edilmesi Uygulamaları	86
3.5.1.7. Pasaport Güvenliği Uygulamaları	86
3.5.2. Uzun Mesafeli RFID Uygulamaları	87
3.5.2.1. Otoyol Uygulamaları	87
3.5.2.2. Kütüphane Uygulamaları	88
3.5.2.3. Üretimdeki Uygulamaları	88
3.5.2.4. Havaalanlarındaki Uygulamaları	89
3.5.2.5. Gıda Ürünleri Takibindeki Uygulamalar	90
3.5.2.6. Depo Uygulamaları	91
3.5.2.7. Giyim Eşyası Üzerindeki Uygulamaları	94
3.5.2.8. Geleceğin Mağazası (Future Store)	95
3.6. Radyo Frekanslı Tanımlama Sistemlerinin Avantajları	97
3.7. Radyo Frekanslı Tanımlama Sistemlerinin Taşıdığı Riskler	98
4. REAL OPTIONS SUPER LATTICE SOLVER (SLS) YAZILIMI	101
4.1. Single Super Lattice Solver (SSLS) Modülü	102
5. REEL OPSİYONLAR YÖNTEMİ İLE BİR TEKSTİL FİRMASI İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR RADYO FREKANSLI TANIMLAMA (RFID) SİSTEMİ PROJESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	110
5.1. Barkoda Dayalı Mevcut Ürün Takip Sistemi	111
5.2. Geliştirilen RFID Projesi	115
5.2.1. Geliştirilen RFID Projesinin Faydaları	121
5.2.2. Geliştirilen RFID Projesinin Yatırımının Maliyet Unsurları	122
5.2.3. Proje 1 Yatırımının Değerlendirilmesi	124

5.2.3.1. RFID Sisteminin 2 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Black-Scholes Modeli ile Hesaplanması	128
5.2.3.2. RFID Sisteminin 2 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Binom Ağaçlar Modeli ile Hesaplanması	128
5.2.3.3. Black-Scholes Modeli ve Binom Ağaçlar Modeli İle Elde Edilen RFID Sisteminin 2 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonu Değerlerinin Karşılaştırılması	129
5.2.3.4. Proje 1 Yatırımının Genişletilmiş Net Bugünkü Değere (GNBD) Göre Değerlendirilmesi	130
5.2.3.5. Yatırım Maliyetinin RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi	131
5.2.3.6. Opsiyon Ömrünün RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi	133
5.2.3.7. Belirsizliğin (Volatilitenin) RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi	134
5.2.3.8. Risksiz Faiz Oranının RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi	136
5.2.4. Proje 2 Yatırımının Değerlendirilmesi	138
5.2.4.1. RFID Sisteminin 4 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Black-Scholes Modeli ile Hesaplanması	142
5.2.4.2. RFID Sisteminin 4 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Binom Ağaçlar Modeli ile Hesaplanması	142
5.2.4.3. Black-Scholes Modeli ve Binom Ağaçlar Modeli İle Elde Edilen RFID Sisteminin 4 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonu Değerlerinin Karşılaştırılması	143
5.2.4.4. Proje 2 Yatırımının Genişletilmiş Net Bugünkü Değere (GNBD) Göre Değerlendirilmesi	144
5.2.4.5. Yatırım Maliyetinin RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi	145
5.2.4.6. Opsiyon Ömrünün RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi	146
5.2.4.7. Belirsizliğin (Volatilitenin) RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi	148
5.2.4.8. Risksiz Faiz Oranının RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi	150
6. SONUÇLAR	152
KAYNAKLAR	158
EK A. BROWNİYAN HAREKET VE WIENER PROSESİ	163
EK B. ITO SAVI	166
EK C. RFID SİSTEMİNİN 2 NOLU FABRİKAYA KURULMASI GENİŞLEME OPSİYONUNUN DEĞERİNİN BİNOM AĞAÇLAR MODELİ İLE HESAPLANMASINDA KULLANILAN REAL OPTIONS SLS YAZILIMININ SONUÇ EKLANLARI	167

EK D. RFID SİSTEMİNİN 2 NOLU FABRİKAYA KURULMASI GENİŞLEME OPSİYONUNUN DEĞERİNİN BİNOM AĞAÇLAR MODELİ İLE HESAPLANMASINDA KULLANILAN REAL OPTIONS SLS YAZILIMI İLE ULAŞILAN HESAP DENETLEME ÇALIŞMA SAYFASI	171
--	------------

EK E. RFID SİSTEMİNİN 4 NOLU FABRİKAYA KURULMASI GENİŞLEME OPSİYONUNUN DEĞERİNİN BİNOM AĞAÇLAR MODELİ İLE HESAPLANMASINDA KULLANILAN REAL OPTIONS SLS YAZILIMININ SONUÇ EKРАНLARI	179
--	------------

EK F. RFID SİSTEMİNİN 4 NOLU FABRİKAYA KURULMASI GENİŞLEME OPSİYONUNUN DEĞERİNİN BİNOM AĞAÇLAR MODELİ İLE HESAPLANMASINDA KULLANILAN REAL OPTIONS SLS YAZILIMI İLE ULAŞILAN HESAP DENETLEME ÇALIŞMA SAYFASI	183
--	------------

ÖZGEÇMİŞ	191
-----------------	------------

KISALTMALAR

NBD	: Net Bugünkü Değer
İVO	: İç Verim Oranı
İNA	: İskontolanmış Nakit Akışı
BD	: Bugünkü Değer
AOSM	: Ağırlıklandırılmış Ortalama Sermaye Maliyeti
SVFM	: Sermaye Varlık Fiyatlama Modeli
ÇVFM	: Çok Faktörlü Varlık Fiyatlama Modeli
AFT	: Arbitraj Fiyatlama Teorisi
GSBM	: Gordon Sabit Büyüme Modeli
GM	: General Motors
RFID	: Radio Frequency Identification
Auto-ID	: Automatic Identification
Radar	: Radio Detection and Ranging
IFF	: Identify : Friend or Foe
EAS	: Electronic Article Surveillance
UHF	: Ultra-High Frequency
EPC	: Electronic Product Code
RTLS	: Real-Time Locating Systems
ROM	: Read Only Memory
WORM	: Write Once/Read Many
R/W	: Read/Write
SAN	: Storage Area Networks
SKU	: Stock Keeping Unit
ISO	: International Organization For Standardization
TDS	: Tag Data Standard
GTIN	: Global Trade Item Number
SSCC	: Serial Shipping Container Code
GLN	: Global Location Number
GRAI	: Global Returnable Asset Identifier
GIAI	: Global Individual Asset Identifier
GID	: General Identifier
TDT	: Tag Data Translation
ITF	: Interrogator-Talks-First
LLRP	: Low Level Reader Protocol
RP	: Reader Protocol
RM	: Reader Management
ALE	: Application Level Events
EPCIS	: Electronic Product Code Information Services
ONS	: Object Naming Service
SGTIN	: Serialized Global Trade Item Number
IETF	: Internet Engineering Task Force
PKIX	: Public Key Infrastructure
OGS	: Otomatic Geçiş Sistemi

UWB	: Ultra Wide Band
WTO	: World Trade Organization
SLS	: Super Lattice Solver
SSLS	: Single Super Lattice Solver
MSLS	: Multiple Super Lattice Solver
MNLS	: Multinomial Lattice Solver
GNBD	: Genişletilmiş Net Bugünkü Değer

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	İNA Yöntemlerinin Dezavantajları: Varsayımlar Ve Gerçekler..... 11
Tablo 2.2	Reel Opsiyon Tiplerinin Kullanıldığı Alanlar..... 27
Tablo 2.3	Sektörel Bazda Reel Opsiyonlar Yöntemini Kullanan Bazı Firmalar 30
Tablo 2.4	Reel Opsiyonlar Ve Finansal Opsiyonlar Arasındaki Farklılıklar..... 36
Tablo 2.5	Black-Scholes Ve Binom Ağaçlar Modellerinin Özellikleri Ve Varsayımları..... 51
Tablo 2.6	Black-Scholes Ve Binom Ağaçlar Modelleri İle Elde Edilen Sonuçlar..... 55
Tablo 3.1	EPCglobal RFID Etiket Sınıfları..... 82
Tablo 3.2	İşlenmiş Gıda Üreticileri Tarafından Kullanılan RFID Sisteminin SWOT Analizi..... 91
Tablo 5.1	ABC Firmasının Bir Fabrikasına Geliştirilen RFID Sisteminin Kurulması İçin Gerekli Maliyetler..... 123
Tablo 5.2	Proje 1 Yatırımının Nakit Akış Tablosu..... 125
Tablo 5.3	RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Bulunması İçin Gerekli Parametre Değerleri. 127
Tablo 5.4	RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Farklı Adım Sayılarına Göre Binom Ağaçlar Modeli Sonuçları..... 129
Tablo 5.5	Black-Scholes Ve Binom Ağaçlar Modelleri İle Elde Edilen Opsiyon Değerleri ve Binom Ağaçlar Modeli ile Elde Edilen Sonuçların Sapma Değerleri..... 129
Tablo 5.6	Duyarlılık Analizleri Yapılacak Parametre Değerleri..... 131
Tablo 5.7	Yatırım Maliyetinin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi..... 132
Tablo 5.8	Opsiyon Ömrünün Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi..... 134
Tablo 5.9	Volatilitenin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi..... 135
Tablo 5.10	Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi..... 137
Tablo 5.11	Proje 2 Yatırımının Nakit Akış Tablosu..... 139
Tablo 5.12	RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Bulunması İçin Gerekli Parametre Değerleri. 141
Tablo 5.13	RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Farklı Adım Sayılarına Göre Binom Ağaçlar Modeli Sonuçları..... 143
Tablo 5.14	Black-Scholes Ve Binom Ağaçlar Modelleri İle Elde Edilen Opsiyon Değerleri ve Binom Ağaçlar Modeli ile Elde Edilen Sonuçların Sapma Değerleri..... 143
Tablo 5.15	Duyarlılık Analizleri Yapılacak Parametre Değerleri..... 145
Tablo 5.16	Yatırım Maliyetinin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi..... 146
Tablo 5.17	Opsiyon Ömrünün Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi..... 147
Tablo 5.18	Volatilitenin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi..... 149
Tablo 5.19	Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi..... 151

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	: İskontolanmış Nakit Akış Yöntemlerinin Uygulanmasına Yönelik Bir Örnek.....	12
Şekil 2.2	: Alım Opsiyonunda Alıcı Ve Satıcının Kar Ve Zarar Durumları...	19
Şekil 2.3	: Satım Opsiyonunda Alıcı Ve Satıcının Kar Ve Zarar Durumları..	20
Şekil 2.4	: NBD Yönteminin Ve Reel Opsiyon Yönteminin Kullanışlı Olduğu Alanlar.....	32
Şekil 2.5	: Yönetimsel Esnekliğin Projenin NBD Olasılık Dağılımına Olan Etkisi.....	34
Şekil 2.6	: Opsiyon Değerlemede Kullanılan Modelleme Yaklaşımları.....	38
Şekil 2.7	: Bir Adımlı Binom Ağaçlar Modelinde Hisse Senedi Fiyatı Ve Opsiyon Değeri.....	43
Şekil 2.8	: İki Adımlı Binom Ağaçlar Modelinde Hisse Senedi Fiyatı Ve Opsiyon Değeri.....	45
Şekil 2.9	: Dayanak Varlık Değerinin Binom Ağacı.....	53
Şekil 2.10	: Değerleme Binom Ağacı.....	54
Şekil 3.1	: Etiket, Okuyucu Ve Kurumsal Sistemden Oluşan RFID Sistemi.....	58
Şekil 3.2	: Pasif Etiket.....	62
Şekil 3.3	: Aktif Etiket.....	64
Şekil 3.4	: RFID Etiketleri Şekilleri.....	68
Şekil 3.5	: Disk Şekilli Etiket.....	68
Şekil 3.6	: Anahtarlık Şeklindeki Etiket.....	69
Şekil 3.7	: Kama Şekilli Etiket.....	69
Şekil 3.8	: Cam Tüp Şeklindeki Etiket.....	69
Şekil 3.9	: RFID Kimlik Kartı.....	70
Şekil 3.10	: Yapışkanlı RFID Etiket.....	70
Şekil 3.11	: Silindirik Etiket.....	70
Şekil 3.12	: Okuyucu.....	71
Şekil 3.13	: Elektronik Ürün Kodu Yapısı.....	78
Şekil 3.14	: Elektronik Ürün Kodu Ve Barkot Numarası İlişkilendirilmesi....	78
Şekil 3.15	: Speedpass Kullanarak Akaryakıt Ücretini Ödeme.....	84
Şekil 3.16	: E-Zpass Etiket.....	87
Şekil 3.17	: Otomatik Geçiş Sistemi Etiketleri.....	88
Şekil 3.18	: UWB Etiket Ve Okuyucuları Vasıtası İle Araçların Yerlerinin Belirlenmesi.....	93
Şekil 3.19	: Üzerinde RFID Etiketlerin Takıldığı Ürünlerin Bulunduğu Akıllı Raf.....	96
Şekil 3.20	: Üzerinde RFID Okuyucusu Bulunan Kişisel Ödeme Kasası.....	97
Şekil 4.1	: SLS Yazılımının Ana Ekranı.....	102
Şekil 4.2	: “Single Asset Super Lattice Solver” Ekranı.....	103

Şekil 4.3	: Örnek 2.2'nin Girdi Değerlerinin Yazılmasıyla Oluşan "Single Asset Super Lattice Solver" Ekran.....	104
Şekil 4.4	: Real Options SLS Yazılımına Göre Avrupa Tipi Alım Opsiyonunun Sonuç Ekranı.....	105
Şekil 4.5	: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli ile Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	106
Şekil 4.6	: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli ile Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	108
Şekil 4.7	: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli ile Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	109
Şekil 5.1	: ABC Firmasının Fabrikalarının Yerleşim Planı ve Barkoda Dayalı Mevcut Ürün Takip Sistemi.....	112
Şekil 5.2	: ABC Firmasının Fabrikalarının Yerleşim Planı ve Geliştirilen RFID Projesi ile Ürün Takip Sistemi.....	116
Şekil 5.3	: Uygulamada Kullanılacak RFID Etiketleri.....	117
Şekil 5.4	: Uygulamada Kullanılacak Okuyucu.....	118
Şekil 5.5	: Uygulamada Kullanılacak Anten.....	118
Şekil 5.6	: Uygulamada Kullanılacak Yazıcı.....	118
Şekil 5.7	: Yatırım Maliyetinin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi.....	132
Şekil 5.8	: Opsiyon Ömrünün Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi...	134
Şekil 5.9	: Volatilitenin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi.....	136
Şekil 5.10	: Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi.....	137
Şekil 5.11	: Yatırım Maliyetinin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi.....	146
Şekil 5.12	: Opsiyon Ömrünün Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi...	148
Şekil 5.13	: Volatilitenin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi.....	149
Şekil 5.14	: Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi.....	151
Şekil C.1	: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.	167
Şekil C.2	: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	167
Şekil C.3	: 50 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	168
Şekil C.4	: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	168
Şekil C.5	: 500 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	169
Şekil C.6	: 1000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	169
Şekil C.7	: 5000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	170
Şekil C.8	: 10000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	170
Şekil D.1	: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	171
Şekil D.2	: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	172

Şekil D.3	: 50 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	173
Şekil D.4	: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	174
Şekil D.5	: 500 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	175
Şekil D.6	: 1000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	176
Şekil D.7	: 5000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	177
Şekil D.8	: 10000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	178
Şekil E.1	: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.	179
Şekil E.2	: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	179
Şekil E.3	: 50 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	180
Şekil E.4	: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	180
Şekil E.5	: 500 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	181
Şekil E.6	: 1000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	181
Şekil E.7	: 5000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	182
Şekil E.8	: 10000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı.....	182
Şekil F.1	: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	183
Şekil F.2	: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	184
Şekil F.3	: 50 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	185
Şekil F.4	: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	186
Şekil F.5	: 500 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	187
Şekil F.6	: 1000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	188
Şekil F.7	: 5000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	189
Şekil F.8	: 10000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası.....	190

SEMBOL LİSTESİ

a, b	: Wiener prosesindeki sabitler
C	: Avrupa tipi alım opsiyonu
d	: Varlığın değerinin (Hisse senedi fiyatı gibi) alt değerini elde etmek için kullanılan katsayı
f	: Opsiyon değeri
f_d	: Opsiyon değerinin aldığı alt değer
f_u	: Opsiyon değerinin aldığı üst değer
g	: Nakit akışlarının uzun dönemli büyüme oranı
I_t	: Yatırım için t yılında gereken nakit çıkışı
k_{ce}	: Adi hisse senedinin maliyeti
k_d	: Borcun maliyeti
k_{ps}	: İmtiyazlı hisse senedinin maliyeti
n	: Adım sayısı
N	: Yatırım tesis dönemi ve ekonomik ömrü toplamı
N(d)	: Kümülatif normal dağılım fonksiyonu
p	: Yukarıya doğru hareketin olasılığı
P	: Avrupa tipi satım opsiyonu
r	: Tespit edilmiş iskonto değeri
r_f	: Risksiz faiz oranı
R_t	: Yatırımın t yılında sağladığı nakit girişi
S	: Varlığın değeri, dayanak varlığın bugünkü değeri, hisse senedinin fiyatı
S_{0d}	: Varlığın değerinin (Hisse senedi fiyatı gibi) aldığı alt değer
S_{0u}	: Varlığın değerinin (Hisse senedi fiyatı gibi) aldığı üst değer
t	: Yıl
T	: Opsiyonun Ömrü
Δt	: Zaman dilimi
u	: Varlığın değerinin (Hisse senedi fiyatı gibi) üst değerini elde etmek için kullanılan katsayı
w_{ce}	: Adi hisse senedinin ağırlığı
w_d	: Borcun ağırlığı
w_{ps}	: İmtiyazlı hisse senedinin ağırlığı
X	: Kullanım fiyatı, uygulama maliyetinin bugünkü değeri
x_t	: Wiener prosesindeki değişkenin bugünkü değeri
z	: Wiener prosesindeki değişken
ε, ε_t	: Wiener prosesinde normal dağılımdan elde edilen rassal değişken
μ	: Hisse senedinden beklenen getiri
Π	: Portföyün değeri
δ	: Kar payı
σ	: Volatilité, belirsizlik

RADYO FREKANSLI TANIMLAMA (RFID) YATIRIMININ REEL OPSİYONLAR YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Net bugünkü değer (NBD) ve iç verim oranı (İVO) gibi iskontolanmış nakit akış (İNA) serilerine güvenen geleneksel değerlendirme yöntemleri, gelecekteki belirsizliklere karşılık verme yönetim esnekliğinin değerini ihmal etmektedirler. Reel opsiyonlar yöntemi, NBD ve İVO gibi değerlendirme yöntemlerinin yetersizliklerine bir çözüm olarak geliştirilmiştir. Opsiyonlar genellikle belirlenmiş zaman diliminde ve belirlenmiş fiyattan, taraflardan birinin dayanak varlığı satın alma veya satma hakkına sahip olduğu ancak bu kararında hiçbir yükümlülük taşımadığı iki taraflı bir anlaşma olarak tanımlanır. Reel opsiyonlar, isminden de anlaşılacağı gibi opsiyon teorisini finansal varlıklardan farklı olarak fiziksel ve reel varlıkları değerlemek için kullanır.

NBD gibi geleneksel değerlendirme yöntemleri RFID yatırımlarındaki esnekliğin değerini ihmal etmektedirler. Tipik bir RFID yatırım projesi dikkate değer başlangıç harcaması gerektirmektedir ve genellikle bu harcama kısmen veya tamamen geri döndürülemez yapıdadır. Buna ilaveten RFID yatırımları çoğunlukla yüksek ekonomik ve teknik belirsizliğe sahiptir. Tüm bu karakteristikler reel opsiyonlar yöntemini RFID yatırım projelerinin değerlendirilmesi için en uygun yöntem yapmaktadır.

Bu çalışmada barkoda dayalı mevcut ürün takip sisteminde sorunlar yaşayan bir tekstil firması için geliştirilen RFID sistemi yatırımı reel opsiyonlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. İlk olarak, firmanın barkoda dayalı mevcut ürün takip sistemi ve bu sistemin sorunları incelenmiştir. İkinci olarak, geliştirilen RFID sistemi ve bu sistemin olası faydaları incelenmiştir. Üçüncü olarak, RFID sistemi yatırımı klasik NBD yöntemi ve reel opsiyonlar yöntemi ile değerlendirilmiştir. Buna ilaveten yöntemler birbirleri ile karşılaştırılmışlardır. Reel opsiyonlar yöntemi ile yatırımın değerlendirilmesinde Black-Scholes modeli ve binom ağaçlar modeli karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Ayrıca RFID sisteminin hangi ürünlerde uygulanacağı irdelenmiştir. Bundan başka reel opsiyon değerini etkileyen model parametreleri için duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, RFID sistemlerinin katma değeri yüksek ürünlerde uygulanması gerekliliğine ve yatırım kararı üzerinde en etkili parametrenin yatırım maliyeti olduğuna ulaşılmıştır.

EVALUATING THE RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID) INVESTMENT WITH REAL OPTIONS METHOD

SUMMARY

The traditional valuation methods relying on a discounted cash flow series, such as net present value (NPV) and internal rate of return (IRR), ignores the value of managerial flexibility to react to future uncertainties. Real options method was developed, as a response to the inadequacy of evaluation methods such as NPV and IRR. Options are generally defined as a contract between two parties in which one part has the right but not the obligation to do something, usually to buy or sell some underlying asset for a specified exercise price within or at a specified time. Real options, as its name implies, use options theory to evaluate physical or real assets, as opposed to financial assets.

The traditional valuation methods such as NPV neglect the value of flexibility in RFID investment. A typical RFID investment project requires significant initial outlay and is generally irreversible or partially irreversible. In addition, RFID investments usually have huge economic and technical uncertainties. All these characteristic make real options method an appropriate method in evaluating RFID investment projects.

In this study, real options method is used to analyze the RFID system investment is developed for a textile firm which has trouble with existing product monitoring system based on barcode. First of all, firm's existing product monitoring system based on barcode and its problems are examined. Secondly, the developed RFID system and its probable benefits are examined. Thirdly, the RFID system investment is evaluated with classical NPV method and real options method. In addition the methods are compared with each other. Black-Scholes model and Binomial model are used comparatively in investment valuation with real options method. Besides RFID system apply for which products are examined. Furthermore, sensitivity analysis is realized for model parameters which affect real option value.

As a result, we reached that the RFID systems are applied on high value added products as a requirement and the most influential parameter on investment decision is investment cost.

1.GİRİŞ

Her gün yeni teknolojik gelişmelerin ortaya çıktığı, uluslar arası sınırların kalktığı, hızla büyüyen ve bunların sonucunda da rekabet ortamının yoğun olduğu günümüzün ekonomi dünyasında şirketlerin büyümeleri ve yeni yatırım projelerine karar vermeleri büyük önem taşımaktadır. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde mevcut kıt kaynakların sürdürülebilir büyümenin sağlanması için katma değer yaratacak yatırımlara yönlendirilmesi gereğinden dolayı yatırımların doğru değerlendirilmesi ve doğru yatırım kararının verilmesi çok büyük önem taşımaktadır. Ayrıca yatırım değerlendirme şirketler açısından incelenirse yatırım kararları, şirketlerin çok büyük kazançlar elde etmelerinin yanında çok büyük zarara uğramalarına ve hatta batmalarına neden olabilmektedir. Bu nedenle şirketler yatırım kararlarını alırken, yatırım projelerini değerlendirme aşamasına çok büyük önem vermeye başlamışlardır. Bu bağlamda çok sayıda yatırım değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin eksik olduğu noktalarda gerek akademisyenler gerekse de yöneticiler piyasadaki beklenmedik gelişmelere ayak uydurabilecek şekilde firmalara esneklik sağlayacak yeni yöntemlerin arayışına girmişlerdir.

Net bugünkü değer (NBD) ve iç verim oranı (İVO) gibi iskontolanmış nakit akış (İNA) serilerine dayanan geleneksel değerlendirme yöntemlerinde, yönetimin pasif olduğu varsayılır ve yatırımın kabul edilmesi veya reddedilmesi kararı başlangıçta verilir. Böylece bu yöntemler daha fazla bilginin elde edilmesiyle ve proje hakkındaki belirsizliğin çözülmesiyle projenin revize edilmesi yönetim esnekliğini ihmal ederler. Geleneksel yaklaşımın bu doğası, yönetimin değerli yatırım fırsatlarını kaçırmasına neden olabilmektedir. Bununla beraber belirsizlik içeren yatırım projeleri yönetime projenin ertelenmesi, genişletilmesi ve projeden vazgeçilmesi seçenekleri gibi stratejik seçenekleri sunabilmektedir.

Opsiyon teorisi, NBD ve İVO gibi değerlendirme yöntemlerinin yetersizliklerine bir çözüm olarak geliştirilmiştir. Opsiyonlar genellikle belirlenmiş zaman dilimlerinde ve belirlenmiş fiyattan, taraflardan birinin bir dayanak varlığı satın alma veya satma hakkına sahip olduğu ancak bu kararında hiçbir yükümlülük taşımadığı iki taraflı bir anlaşma olarak tanımlanır. Opsiyonlar öncelikle finansal varlıklarda kullanım alanı

bulmuşlardır. Daha sonra reel varlıkların değerlendirilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Reel opsiyonlar, isminden de anlaşılacağı gibi opsiyon teorisini finansal varlıklardan farklı olarak fiziksel ve reel varlıkları değerlemek için kullanır. Reel opsiyonları stratejik karar verme aracı olarak ilk defa maden şirketleri ile petrol ve gaz şirketleri kullanmışlardır. Daha sonra reel opsiyonların kullanımı kamu hizmet kuruluşlarına, biyoteknoloji, ilaç, telekomünikasyon, ileri teknoloji şirketlerine ve diğer sektörlerdeki şirketlere genişlemiştir. Geleneksel yatırım değerlendirme yöntemleri belirsizlik nedeniyle ortaya çıkan yatırımların içerisinde barındırdıkları opsiyonların değerini dikkate almamaktadırlar. Bu nedenle yatırımların değerlerini olduğundan düşük göstermektedirler. Oysaki geleneksel yöntemlerle bugün için ekonomik gözükmeyen bir reel varlık yatırımı, gelecekte uygun şartların oluşmasıyla karlı bir yatırım haline dönüşebilir. Reel opsiyon yöntemi yöneticilere sahip oldukları esnekliğe ve piyasadaki belirsizliklere bağlı olarak herhangi bir yatırımı, yatırımın ömrü boyunca oluşacak erteleme, genişleme, daraltma, vazgeçme gibi olası senaryoları değerlendirme imkanı sunmaktadırlar.

Radyo frekanslı tanımlama (RFID), bir nesnenin veya insanın kimliğini (tekil seri numarası şeklinde) kablosuz olarak, radyo dalgalarını kullanarak ileten sistemi tanımlamak için kullanılan bir terimdir. RFID, otomatik tanımlama teknolojilerinin geniş kategorisi altında sınıflandırılmaktadır. RFID sistemi etiket, okuyucu ve kurumsal sistem olmak üzere 3 temel unsuru içermektedir. Etiket iliştiirildiği ürünün kendine has tanımlama bilgisini içermektedir; okuyucu, etiket içinde depolanmış bilgiyi okumak için radyo dalgaları yaymakta ve almaktadır. Kurumsal sistem ise bütün toplanan verileri işlemektedir. RFID teknolojisi hızla yaygınlaşan, gelecekte perakende, üretim, güvenlik, sağlık gibi birçok alanda kullanılması öngörülen ve günümüzde en çok ilgi uyandıran teknolojilerden birisidir.

RFID yatırımı firmalar için stratejik bir yatırımdır. Geleneksel yatırım değerlendirme yöntemleri, yatırımların kısa dönemli nakit akışlarına odaklanmaktadırlar ve RFID yatırımları gibi faydaları uzun dönemde anlaşılan yatırımların gelirlerini gerçek değerinden daha az göstermektedirler. Özellikle geleneksel yöntemler RFID yatırımlarının potansiyelini ve esneklik değerini ihmal ettikleri için projelerin değerini düşük göstermektedirler. Bu nedenle yönetim esnekliğine sahip RFID yatırımları gibi stratejik yatırımlarda yalnızca geleneksel yöntemlerin kullanılması yetersiz kalmaktadır. RFID yatırımları başlangıçta büyük yatırım maliyetlerine

sahiptir ve genellikle bu maliyetler kısmen veya tamamen geri döndürülemez yapıdadır. Bununla beraber RFID yatırımları büyük ekonomik ve teknik belirsizliğe sahiptir. Bunlara ek olarak RFID yatırımları RFID teknolojisinin öğrenilmesiyle kullanıcılarına potansiyel değişik kullanım alanları ve olanaklar sunmaktadır. Tüm bu özellikler belirsizliği ve esnekliğin değerini dikkate alan reel opsiyonlar yöntemini RFID yatırımlarını değerlemek için en uygun yöntem olarak öne çıkarmaktadır.

Yapılan bu çalışmanın giriş bölümünde NBD ve İVO gibi geleneksel yatırım değerlendirme yöntemlerinin eksikliklerine, reel opsiyonlar yöntemine ve RFID konusuna kısaca değinilmiş ve ayrıca RFID yatırımlarının değerlemesinin niçin reel opsiyonlar yöntemi ile yapılması gerektiği anlatılmıştır.

İkinci bölümde yatırım, yatırım projesi ve yatırım değerlendirme kavramlarının tanımları verilmiş, geri ödeme süresi, karlılık oranı, net bugünkü değer ve iç verim oranı gibi geleneksel yatırım değerlendirme yöntemleri hakkında bilgiler verilmiş, bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları irdelenmiştir. Sonra opsiyonlar teorisine değinilerek finansal opsiyonlar ve çeşitleri anlatılmıştır. Daha sonra reel opsiyonlar konusuna geçilmiş, belirsizlik kavramı açıklanmış, reel opsiyon tipleri belirtilmiş, reel opsiyonların kullanım alanları incelenmiş, reel opsiyonlar ile NBD yöntemi karşılaştırılarak genişletilmiş net bugünkü değer (GNBD) kavramına değinilmiş ve reel opsiyonlar ile finansal opsiyonlar karşılaştırılmıştır. Son olarak reel opsiyonlar yöntemi ile değerlemede kullanılan modelleme yaklaşımlarına değinilmiş ve reel opsiyonlar yöntemi ile reel varlıkların değerlemesinde yaygın olarak kullanılan binom ağaçlar modeli ve Black-Scholes modeli detaylı şekilde anlatılarak bu iki model birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Üçüncü bölümde Radyo frekanslı tanımlama (RFID) kavramının tanımı verilmiş, RFID'nin tarihçesi ve RFID sisteminin elemanları anlatılmıştır. Sonra RFID'nin ISO standartları anlatılmış, Elektronik Ürün Kodu'na (EPC) değinilmiş ve EPCglobal standartları anlatılmıştır. Daha sonra RFID'nin uygulama alanları kısa mesafeli ve uzun mesafeli RFID uygulamaları şeklinde sınıflandırılarak anlatılmıştır. Son olarak RFID sistemlerinin avantajları ve dezavantajları irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde uygulamada binom ağaçlar modeli ile çözümün bulunmasında kullanılacak olan Real Options Super Lattice Solver (SLS) 3.0 versiyonu yazılımı ve bu yazılımın modülleri tanıtılmış ve özellikle uygulamada kullanılacak olan Single Super Lattice Solver (SSLS) Modülü detaylı şekilde incelenmiştir.

Beşinci bölümde mevcut ürün takip sisteminde sorunlar yaşayan ABC Tekstil firması için geliştirilen bir radyo frekanslı tanımlama (RFID) sistemi yatırımı reel opsiyonlar yöntemi ile analiz edilmiştir. Bölümde öncelikle firmanın barkoda dayalı mevcut ürün takip sistemi ve bu sistemin sorunları incelenmiştir. Sonra bu sorunlara çözüm getirecek RFID ile ürün takip sistemi anlatılmış ve bu sistemin sağlayacağı faydalar irdelenmiştir. Daha sonra ABC firmasının RFID sistemini fabrikalarına kurma yatırım projeleri sundukları genişleme opsiyonları ile beraber değerlendirilmiştir. Yatırım projeleri öncelikle klasik NBD yöntemine göre değerlendirilmiş ve daha sonra reel opsiyon yöntemine göre değerlendirilerek iki yöntem karşılaştırılmıştır. Projelerin sunduğu genişleme opsiyonlarının değeri hem Black-Scholes hemde değişik adım sayısına sahip binom ağaçlar modeli ile karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Binom ağaçlar modeli ile çözümün bulunmasında Real Options Super Lattice Solver (SLS) 3.0 versiyonu yazılımının Single Super Lattice Solver (SSLS) Modülü kullanılmıştır. Son olarak opsiyon değerini etkileyen parametrelerin farklı değerlerine göre duyarlılık analizleri yapılmıştır. Bu analizler Microsoft Excel yazılımı vasıtasıyla çeşitli tablo ve grafiklerle görselleştirilmiş ve böylece hem opsiyon değeri hem de yatırım kararının opsiyon değerini etkileyen parametrelere göre değişimi ve duyarlılığı irdelenmiştir.

2. YATIRIM PROJELERİNİ DEĞERLEME YÖNTEMLERİ

Yatırım, gelecekte bir kazanç sağlamak veya bir kazanç kaybını önlemek amacıyla bugünden harcama yapmak veya bir maliyete katlanmak olarak tanımlanabilmektedir. Bu harcamalar ister finansal varlıklara isterse reel varlıklara yapılmış olsun işletme açısından yatırım olarak sayılmaktadır. Örnek olarak yeni tesislerin inşa edilmesi, hisse senetlerinin alınıp satılması veya verimi arttırmak üzere yeni makinelerin alınması sayılabilir. Bunların yanında zarar eden bir tesisin kapatılması da bir tür yatırım olarak düşünülebilir. Bu durumda elde edilen kazanç ise ileride oluşacak olan ve zarara uğramamıza neden olacak kayıpların önlenmesi olacaktır. [1]

Yatırım projesi bir plan çerçevesinde belirli bir zaman diliminde belirli kaynaklarla gerçekleştirilebilecek mal ve hizmet üretimine ilişkin faaliyetlerin tümüdür. [2] Diğer bir deyişle reel varlıklara yapılan yatırımlardır. Yatırım projeleri genellikle yeni bir makine veya bir tesis gibi fiziksel bir varlığın diğer bir deyişle reel bir varlığın satın alınmasıyla ilgili yatırım tipine verilen isimdir. Bununla beraber yatırım projeleri, pazarlama kampanyaları gibi daha soyut varlıklara yapılan yatırımları da kapsayabilir. Bu tip yatırım projeleri de firmanın genel performansını daha yukarı bir seviyeye getirerek hissedarları memnun edecek stratejik yatırım projeleri olarak değerlendirilebilir. [1]

Yatırım kararları uzun vadede işletmenin gelişiminin yönünü belirleyen kararlardır. Objektif kriterlere dayanılarak verilmiş bir yatırım kararı işletmenin rekabet gücünü arttırır, pazar koşullarındaki değişime uyumunu sağlar ve işletmenin piyasa değerinin artmasını temin eder. [2]

İşletmeler komple yeni yatırımların yanı sıra yenileme, genişleme, tamamlama, modernizasyon, darboğaz giderme ve kalite iyileştirme gibi amaçlarla da üretime ilişkin yatırım yaparlar. Bir yatırım projesinin uygulamaya elverişli olup olmadığını, eksik, zayıf ve hatalı unsurlarının bulunup bulunmadığını, ekonomik ve teknik ömrü içerisinde kendisini ödeyip ödeyemeyeceğini veya karlılık derecesini ölçmek için yapılan çalışmaya proje değerlemesi denir. [2]

Yatırım projelerinin değerlendirilebilmesi ve birbirleriyle mukayese edilebilmeleri için en temel anlamda aşağıdaki beş unsurun bilinmesi gerekmektedir. [1]

1. Yatırım harcamalarının tutarı,
2. Yatırımın işletmeye sağlayacağı faydalar ve bunların zaman içinde dağılımı,
3. Yatırımın ekonomik ömrü,
4. Yatırımın ekonomik ömrü sonundaki hurda değeri,
5. Yatırımdan beklenen verim oranı,

Firmaların mali kaynakları ne kadar güçlü ve geniş olursa olsun düşünülen bütün yatırım projelerini aynı anda finanse etmelerine ve gerçekleştirmelerine imkân bulunmamaktadır. Firmalar sınırlı kaynaklarla faaliyetlerini yürütmek zorundadır. Bu nedenle firmalar sınırlı kaynakların kullanımı bakımından birbiri ile rekabet eden yatırım teklifleri arasından bir seçim yapmak, bunları önem derecesine göre sıralamak ve bazı yatırımlardan vazgeçmek zorundadırlar. Firmalar kaynakları amaca uygun en iyi sonuçlar verebilecek yatırımlara tahsis edebilmek için projeler değerlendirip karara varmak durumundadırlar. [1-2]

Bölümün devamında Geri Ödeme Süresi, Karlılık Oranı, Net Bugünkü Değer (NBD) ve İç Verim Oranı (İVO) gibi yöntemleri içeren Geleneksel Yatırım Projeleri Değerleme Yaklaşımları ile belirsizliğin ve yönetim esnekliğinin bulunduğu durumlarda kullanılan Reel Opsiyonlar yöntemini içeren Opsiyonlar Teorisi incelenecektir.

2.1. Geleneksel Yatırım Projeleri Değerleme Yaklaşımları

2.1.1. Geri Ödeme Süresi ve Karlılık Oranı Yöntemleri

Geri ödeme süresi ve karlılık oranı gibi paranın zaman değerini göz önüne almayan yöntemler 1990'lı yıllara kadar Fortune 1000 üyesi firmalar tarafından yatırım projelerini değerlemede tercih edilmişlerdir. [1] Geri ödeme süresi, yatırımın sağladığı kar veya kazançların yatırım maliyetine eşit oluncaya kadar geçen zaman süresidir. [3,s.246] Başka bir deyişle bir yatırımın karlı olabilmesi için gerekli minimum süreyi belirtir. Bu minimum süre sonunda yatırım kara geçecektir. [4,s.110] Geri ödeme süresi, yatırım maliyetinin yıllık harcamalar çıkarıldıktan sonra kalan net yıllık kazanca oranlanması sonucu bulunur. Uygulanması basit anlaşılması

kolay olan bu yöntem yatırılan sermayeyi en kısa zamanda geri ödeyen projelerin seçimine olanak sağladığı için risk ve belirsizliğin büyük ölçüde azaltılmasını sağlar. Ancak geri ödeme süresi yöntemi, geri ödeme süresinden sonraki yatırım gelirlerini hesaba katmaması ve kısa sürede kendini ödeyen projelere öncelik vermesinden dolayı stratejik öneme sahip uzun süreli projeleri reddetme sakıncalarını da bünyesinde taşımaktadır. [2]

Bir diğer paranın zaman değerini göz önüne almayan yöntem olan karlılık oranında hesaplanması gereken iki unsur bulunmaktadır. Birinci unsur yatırımın yıllık net kar miktarıdır. İkinci unsur ise toplam başlangıç yatırımı miktarıdır. Yatırımın yıllık net kar miktarının başlangıç yatırım miktarına oranlanması ile karlılık oranı bulunmaktadır. Bir yatırımın karlılık oranının yüksek olması gerçekleştirilmesini olanaklı kılar. [5] Ancak bu yöntem faydalı ömürleri farklı olup sağlanacak karları istikrar göstermeyen projeler arasında bir eleme yapmak için kullanılabilecek bir yöntem değildir. [2]

2.1.2. İskontolanmış Nakit Akışı (İNA) Yöntemleri

İskontolanmış Nakit Akışı yöntemleri, her zaman için yatırım projelerinin ekonomik değerlerinin hesaplanması için kullanılan en yaygın yöntemler olmuştur. İskontolanmış Nakit Akışı yöntemleri yatırımların ömrü boyunca gerçekleşen nakit giriş ve çıkışlarının ortak bir tarihteki değerlerinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler olarak tanımlanmaktadır. En çok kullanılan İNA yöntemlerinden ikisi NBD ve İVO'dur. [1]

2.1.2.1. Net Bugünkü Değer (NBD) Yöntemi

NBD yöntemi paranın zaman değerini göz önüne alan günümüzde en fazla kullanılan yatırım projelerini değerlendirme yöntemidir. [2] Bir girişimci bir yatırıma karar verebilmek için yatırım miktarı ile toplam kazanç arasında bir fark arayacaktır. Bugün yapılmış bir yatırıma karşılık, kazançlar, yıldan yıla elde edileceklerinden belli bir iskonto değerine uyularak yıllık kazançların bugünkü değerlerinin elde edilmesi ve bundan sonra yatırım miktarı ile toplam kazanç arasında karşılaştırma yapılması gerekecektir. Bugünkü Değer (BD) “gelecekte elde edilecek bir paranın bugünkü değeri” olarak ifade edilmektedir. NBD yöntemine göre bir yatırımın net bugünkü değeri, yatırımın ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı nakit girişinin önceden belirlenmiş bir iskonto oranı ile bugüne çekilmiş değerleri toplamı ile

yatırımın gerektirdiği nakit çıkışlarının bu belirli iskonto oranı ile bugüne çekilmiş değerleri toplamının arasındaki farktır. Bu ifade Denklem 2.1 ve Denklem 2.2'deki gibi formüle edilebilir. [4,s.66]

$$NBD = \sum BD(\text{Nakit Girişleri}) - \sum BD(\text{Nakit Çıkışları}) \quad (2.1)$$

$$NBD = \sum_{t=0}^N \frac{R_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^N \frac{I_t}{(1+r)^t} \quad (2.2)$$

Denklem 2.1'de BD(Nakit Girişleri) ve BD(Nakit Çıkışları) yatırım projesinin sırasıyla gelirlerinin ve maliyetlerinin bugünkü değerleridir. Denklem 2.2'de R_t yatırımın t yılında sağladığı nakit girişini, I_t yatırım için t yılında gereken nakit çıkışını, N yatırımın tesis dönemi ve ekonomik ömrü toplamını, t yılı ve r tespit edilen iskonto oranını göstermektedir.

NBD yöntemine göre bir yatırım projesinin kabul edilmesi için net bugünkü değerinin pozitif olması gereklidir. Aksi takdirde proje kabul edilmeyecektir. Eğer birden fazla yatırım projesinin değerlemesi söz konusu ise en büyük pozitif değeri veren yatırım projesi kabul edilir. [1,2,4,s.67,5] Eğer bir yatırım projesinin net bugünkü değeri sıfırsa, bu durum projenin sağladığı kazancın projenin gerektirdiği maliyete eşit olduğu anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle yatırım projesi ne kar ne de zarar etmiş olacak ancak masrafını karşılamış olacaktır. [5]

NBD yönteminin uygulanmasında kullanılacak iskonto oranının tespiti büyük önem taşımaktadır. İskonto oranı, teorik olarak piyasadaki denk yatırım projeleri alternatiflerinin sağlayacağı getiri oranına denk olmalıdır. Pratik olarak, getiri oranı, vergi sonrası Ağırlıklandırılmış Ortalama Sermaye Maliyeti (AOSM) veya fonların fırsat maliyeti dikkate alınarak belirlenebilmektedir. [1] İskonto oranının düşük veya yüksek saptanması yatırım projesinin seçim kararını etkilemektedir. Ayrıca tespit edilen iskonto oranının yatırım projesinin faydalı ömrü boyunca yatırımdan sağlanacak gelirlerde değişikliğe uğratılmadan kullanılması NBD yönteminin önemli sakıncalarından biridir. [2] Buna göre NBD yöntemi ile yöneticiler yatırım projesinin değerlendirildiği tarihteki yatırım projesi ile ilgili tüm verileri sabit ve gelecekte değişmeyeceğini kabul ederek yatırım projesinin yapılıp yapılmayacağına karar vermek zorunda kalırlar. Hâlbuki yatırım projesi ile ilgili tüm veriler dinamikler ve zamanla değişkenlik göstermektedirler. Dolayısıyla başta iskonto oranı olmak üzere

yatırım projesinin tüm verilerinin zamanla değişimi göz önüne alınarak ayarlanması gerekmektedir. Bu ayarlamaların yapılabilmesi için kesin bir yöntem yoktur. Ancak doğru bilgilerin elde edilmesi için analistler aynı pazarda işlem gören ve benzer riskleri taşıyan firmalardan veriler toplayarak doğru tahminleri oluşturabilirler. Monte Carlo benzetim teknikleri bu durumlar için en çok tercih edilen yöntemlerdir. Analist karşılaştırılabilir firmalardan elde ettiği aralıklardaki uygun benzetim girdilerini tanımlayabilir ve uygun değişkenlerin aralıklarını tespit edebilmek için iskontolanmış nakit akışları yöntemini simule edebilir. [6,s.63]

2.1.2.2. İç Verim Oranı (İVO) Yöntemi

İVO yöntemi bir diğer paranın zaman değerini göz önüne alan ve yaygın olarak kullanılan yatırım projelerini değerlendirme yöntemidir. İVO, bir yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfır yapan iskonto oranıdır. Bir başka deyişle İVO, bir yatırımın kazancının bugünkü değerini, giderinin bugünkü değerine eşitleyen iskonto oranıdır. Bu ifade Denklem 2.3'teki gibi formüle edilebilir. [4,s.91]

$$\sum_{t=0}^N \frac{R_t}{(1 + İVO)^t} = \sum_{t=0}^N \frac{I_t}{(1 + İVO)^t} \quad (2.3)$$

Denklem 2.3'te İVO iç verim oranını, R_t yatırımın t yılında sağladığı nakit girişini, I_t yatırım için t yılında gereken nakit çıkışını, N yatırımın tesis dönemi ve ekonomik ömrü toplamını ve t yılı göstermektedir.

İVO yönteminde, İVO değeri sermaye maliyetinden büyük olan projeler kabul edilir; daha düşük olanlar ise reddedilir. Eğer değerlendirilen birden çok yatırım projesi varsa en yüksek İVO değerine sahip olan proje kabul edilir.

İVO yönteminin NBD yönteminden farkı, yatırım projesini değerlemek için herhangi bir iskonto oranını belirleme ihtiyacının olmamasıdır. NBD yöntemi iskonto oranının bir fonksiyonudur ve yatırım projesini NBD yöntemi ile değerlemek için mutlaka iskonto oranının bilinmesi gereklidir. Gelecekteki iskonto oranlarının çok belirsiz olduğu yatırımlarda ve alternatif yatırımların ekonomik yapılabilirliklerinin karşılaştırılmasında İVO yöntemi avantajlı bir yöntem olarak görünmektedir. [4,s.92]

İVO yönteminin zayıf noktası, uygulamada karşılaşılan güçlüklerdir. Bu yöntemde, karar verici birçok hesaplama ile uğraşmak zorunda kalmaktadır. Bunun yanı sıra eğer proje düzenli bir nakit akışı göstermiyorsa, yani projenin nakit akışları dönemsel

olarak pozitif ve negatif yönlü değişkenlik gösteriyorsa, bu durumda birden fazla İVO hesaplanacağından yine uygulamayla ilgili birtakım aksaklıklarla karşılaşılacaktır.[7]

2.1.2.3. İskontolanmış Nakit Akışı Yöntemlerinin Avantajları

NBD ve İVO gibi iskontolanmış nakit akışı yöntemlerinin aşağıdaki gibi avantajları mevcuttur [6,s.58]:

- Tüm yatırım projeleri için açık, tutarlı karar ölçütleridirler,
- Yatırımcıların risk tercihlerine bakmadan aynı sonucu verirler,
- Kantitatif, yeterince kesin ve ekonomik olarak rasyoneldirler,
- Amortisman, envanter değeri, vs. gibi muhasebe değerlerinden etkilenmezler,
- Paranın zaman değerine dayanırlar,
- Nispeten basittirler, yaygın olarak öğretilmiş ve kabul görmüşlerdir,
- Yönetime “Eğer kazançlar maliyetlerden daha büyükse, gerçekleştir” şeklinde çok basit açıklanabilirler.

2.1.2.4. İskontolanmış Nakit Akışı Yöntemlerinin Dezavantajları

NBD ve İVO gibi İNA yöntemlerinin dezavantajları da mevcuttur. Tablo 2.1’de İNA yöntemlerini kullanan analistlerin öncelikle göz önünde bulundurması gerektiği İNA yöntemlerinin varsayımları ve gerçekteki durum belirtilmiştir.

İNA serileri bir varlığın bazı asıl niteliklerine veya yatırım fırsatlarına sahip değildirler. Yatırım projelerini değerlendirme aşamalarında göz önünde bulundurulması gerekli en önemli durumlardan biri kararlar verilirken riskin ve belirsizliğin mevcut olduğudur. Ayrıca riskin ve belirsizliğin olduğu durumlarda yöneticiler, belirsizlikler zamanla bilinir hale geldiğinde kararları gerçekleştirme veya değiştirme stratejik esnekliğine sahiptirler. Böyle risk ve belirsizliğin bulunduğu stokastik bir ortamda, İNA yöntemleri gibi determinist yöntemler projelerin değerlerini olduğundan düşük gösterme ihtimaline sahiptirler. Determinist İNA yöntemleri başlangıçta tüm gelecekteki sonuçları sabit kabul etmektedir. Bu halde İNA yöntemleri hiçbir şeyin değişmeyeceği, her şeyin önceden bilindiği durumlarda proje değerlemesinde

özellikle kullanılabilir. Bu durumda yönetim esnekliğinin de hiçbir değeri bulunmamaktadır. Ancak gerçekte her şey yüksek derecede değişken ve dalgalıdır ve eğer yöneticiler, durumlar değiştiğinde uygun değişimleri gerçekleştirecek esnekliğe sahiplerse, esnekliğinde gerçekten bir değeri vardır. Ancak bu değer İNA yöntemleri ile olduğundan düşük hesaplanmaktadır. [6,s.58]

Tablo 2.1: İNA Yöntemlerinin Dezavantajları: Varsayımlar Ve Gerçekler [6,s.59]

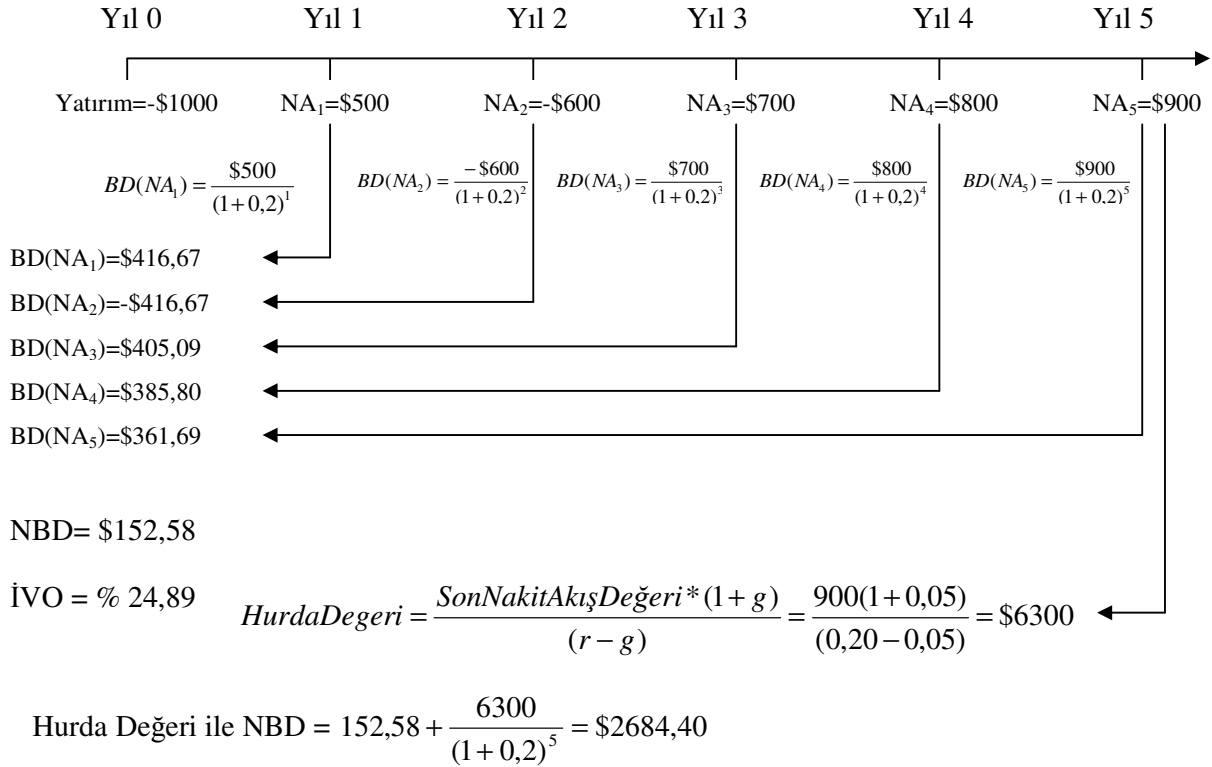
İNA Varsayımları	Gerçekler
Kararlar şimdi verilir ve nakit akışları gelecek için sabit kabul edilir.	Gelecekteki getirilerde belirsizlik ve değişkenlik olabilir. Bütün kararlar bugünden verilemez, bazıları belirsizliğin ortadan kalkacağı tarihe ertelenebilir.
Bir kere başlatıldıktan sonra bütün projeler pasif olarak yönetilir.	Projeler genelde içinde kontrol noktaları, karar opsiyonları, bütçe sıkıntılarının bulunduğu projenin yaşam çevrimi boyunca aktif olarak yönetilir.
Gelecekteki nakit akışları yüksek oranda tahmin edilebilir ve deterministiktir.	Genelde stokastik ve riskli doğası nedeniyle gelecekteki nakit akışlarını tahmin etmek zor olabilir.
Projede kullanılan iskonto oranı sermayenin fırsat maliyetidir ve çeşitlendirilemeyen riskle orantılıdır.	Riskin farklı özelliklerde birçok kaynağı vardır ve bazıları projelerle veya zamanla çeşitlendirilebilir.
Bütün riskler tamamıyla sabit iskonto oranı ile ifade edilir.	Firma ve proje riski projenin ömrü boyunca değişebilir.
Bilinmeyen, kavranmayan veya ölçülemeyen faktörlerin değeri ihmal edilir.	Kavranamayan varlıklar veya kalitatif stratejik pozisyonlar çok önemli faydalar getirebilir.

Örnek 2.1

Şekil 2.1’de iskontolanmış nakit akış yöntemlerinin uygulandığı basit bir örnek gösterilmiştir. Buna göre 0. yılda \$1000 maliyetle kurulacak bir proje mevcuttur. Bu projenin tahmin edilmiş nakit akışları (NA) izleyen 5 yılda sırasıyla; \$500, -\$600, \$700, \$800 ve \$900 olmaktadır. Şekil 2.1’de görüleceği üzere zaman çizgisinde bütün nakit akışları ve nakit akışlarının iskontolanmış bugünkü değerleri gösterilmiştir. Projenin iskonto oranının (r) %20 olduğuna karar verilmiştir. Bu veriler ışığında projenin NBD’i \$152,58 ve İVO’su %24,89 olarak bulunmuştur. Bundan başka projenin sonsuz ekonomik ömre sahip olduğu varsayılmış ve nakit akışlarının uzun dönemli büyüme oranının (g) % 5 olduğuna karar verilmiştir. Gordon Sabit Büyüme Modeli (GSBM) kullanılarak 5. yılda projenin nakit

akışlarının hurda değerinin, bu bölümün devamında belirtilen Denklem 2.5'teki formül çerçevesinde ve Şekil 2.1'de gösterildiği şekilde \$6300 olduğu hesaplanmıştır. Bu değer iskonto oranı ile 5 yıl için iskontolanarak hurda değeri de katılmış NBD \$2684,40 bulunmuştur.

$$r = 0,2 \quad g = 0,05$$



Şekil 2.1: İskontolanmış Nakit Akış Yöntemlerinin Uygulanmasına Yönelik Bir Örnek

Örnek 2.1'de görüleceği üzere İNA yöntemlerinde bütün veriler daha proje değerlendirilme aşamasındayken tahmin edilerek daha sonra değişmeyeceği varsayılmaktadır. Ancak gerçekte her şey yukarıda da belirtildiği üzere değişkendir ve belirsizdir. Zaman geçtikçe bu belirsizlikler ortadan kalkar ve daha doğru karar verilebilir. Örnek olarak Örnek 2.1'de çok kısa bir süre sonra eğer 2. yıldaki nakit akışının değerinin -\$600 değilde pazarın beklenenden iyi bir seyir izlemesi sonucu \$600 olacağı belirlenirse NBD \$152,58'dan \$985,92'a ve hurda değeri katılmış NBD ise \$2684,40'dan \$3517,75'a çıkacaktır. Bu durumda projenin çok daha fazla gelir

getireceği bulunmuş olur. Bu şekilde ortaya çıkan esneklik 2.2.2. Reel Opsiyonlar bölümünde daha detaylı olarak incelenecektir.

İNA yöntemlerinin kullanıldığı çoğu durumda en duyarlı değişken genellikle iskonto oranıdır. Ayrıca iskonto oranı en zor belirlenen değişkendir. Bu durum iskonto oranını potansiyel suistimale ve öznelliğe açık kılmaktadır. İskonto oranının seçilmesi her zaman süregelen bir tartışma konusu olmuştur ve halen kesin doğru bir cevabı yoktur. Kullanılan iskonto oranı genellikle Denklem 2.4'te formülü gösterilen AOSM'den, Sermaye Varlık Fiyatlama Modelinden (SVFM), Çok faktörlü Varlık Fiyatlama Modelinden (ÇVFM), Arbitraj Fiyatlama Teorisinden (AFT) hesaplanmaktadır. İskonto oranını hesaplamak için kullanılan modellerdeki girdi değerleri zamanla değişen risk faktörlerinden (borsa değeri, enflasyon riski, ülke riski, hissedar riski ve diğer riskler) çok fazla etkilenmektedir. Bu nedenle uygulamada iskonto oranının zamana bağlı olarak genellikle sabit kabul edilmesi sorun yaratmaktadır. Dolayısı ile iskonto oranı, risk faktörlerindeki değişimler göz önüne alınarak sürekli ayarlanması gerekmektedir. Ancak bu çok dikkat edilmesi gereken zahmetli bir iştir. [1,2,6,s.62]

$$AOSM = w_d k_d (1 - vergioran) + w_{ce} k_{ce} + w_{ps} k_{ps} \quad (2.4)$$

Denklem 2.4'te AOSM ağırlıklı ortalama sermaye maliyetini, k_{ce} adi hisse senedinin maliyetini, k_d borcun maliyetini, k_{ps} imtiyazlı hisse senedinin maliyetini, w_{ce} adi hisse senedinin ağırlığını, w_d borcun ağırlığını ve w_{ps} imtiyazlı hisse senedinin ağırlığını göstermektedir.

İNA yöntemlerinin diğer en önemli problemlerinden birkaçı, uygun ve doğru nakit akışlarının tahmin edilmesinin zorluğu, nakit akışlarının sürekli temelde mi yoksa kesikli temelde mi iskonto edileceği ve nakit akışlarının yılsonu değerlerinin mi yoksa yıl ortası değerlerinin mi alınacağıdır. Nakit akışlarının gelecekteki değerlerini tahmin etmek çoğu zaman zordur ve ekonometrik regresyon modeli tekniklerini, zaman serisi analizini, yönetici sezgilerinin ve deneyimlerinin kullanılması gerekmektedir. [6,s.63,8]

Son olarak yatırım projesini değerlendirirken İNA yöntemini kullanan bir analistin yatırım projesinin hurda değerini dikkate alması gerekmektedir. Yatırım projesinin hurda değerinin hesaplanmasında en fazla kullanılan yöntem Gordon Sabit Büyüme

Modelidir (GSBM). GSBM, nakit akışları serisinin bitiminden sonraki nakit akışı büyümesini sonsuza kadar sabit kabul etmektedir. GSBM, Denklem 2.5'teki gibi tahmini periyodun sonundaki nakit akışının uzun dönemli büyüme oranıyla çarpılması sonucu elde edilen değerin iskonto oranından uzun dönemli büyüme oranının çıkarılması sonucu elde edilen değere bölünmesi sonucu bulunmaktadır. Denklem 2.5'te görüldüğü üzere uzun dönemli büyüme oranının iskonto oranını aşması durumunda hurda değeri aslında büyümesi gerekirken hurda değeri denkleminin paydası ve dolayısı ile hurda değeri negatif olmaktadır. Bu büyüme oranı sabit kabul edilmektedir ve hurda değeri bu büyüme oranı kabulüne çok fazla duyarlıdır. Büyüme oranının hesaplanması çok tartışmalıdır. Çünkü büyüme oranındaki küçük değişimler hurda değerinde önemli dalgalanmalara neden olmaktadır. Bu durumda İNA yöntemlerinin sonucunu çok fazla etkilenmektedir.

$$HurdaDeğeri = \frac{SonNakitAkışDeğeri * (1 + g)}{(r - g)} \quad (2.5)$$

Denklem 2.5'te g nakit akışlarının uzun dönemli büyüme oranını, r tespit edilmiş iskonto değerini göstermektedir.

İyi bilinen, genelde kabul edilen ve uygulanan İNA yöntemleri yukarıdaki gibi önemli analitik sınırlamalara ve problemlere sahiptir. Bu problemler çok önemlidirler, zaman içinde birleşebilir ve yanlış yönlendirilebilen sonuçlar yaratabilmektedirler.

2.2. Opsiyonlar Teorisi

Opsiyonların ilk kullanımının, eski Yunan ve Roma devrine kadar uzandığı görülmektedir. Filozof Thales astronomi bilgisini kullanarak bir sonraki ilkbaharda zeytinden iyi ürün alınacağını tahmin etmiş ve hasat mevsiminden önce kış aylarında zeytin presleri için, pres sahipleri ile anlaşma yapmıştır. Thales tahmini doğru çıkınca zeytin presleri için yaptığı opsiyon anlaşmalarını devreye sokmuş ve anlaşma sayesinde presleri diğer çiftçilere kiralayarak kar etmiştir.

Stokastik hesaplama temeline dayanan modern opsiyon fiyatlandırma teknikleri, finansın tüm uygulama alanlarının matematiksel olarak en karmaşık hesaplamaları arasındadır. Bu modern tekniklerin geçmişi Charles Castelli'nin 1877 yılında yazmış olduğu "Hisse Senetlerinde Opsiyonlar Teorisi" kitabına kadar dayanmaktadır.

Castelli'nin kitabı opsiyonların riski azaltma, spekülasyon yönlerini tanıtırken teorik taban oluşturma yönünden eksik kalmıştır. 100 yıl boyunca opsiyonlar teorisi konusunda çeşitli çalışmalar yayınlanmıştır. Ancak modern opsiyonlar teorisi, 1973 yılında Fischer Black, Myron Scholes tarafından yayınlanan “Opsiyonların Fiyatlandırılması ve Ortak Borçlar” adındaki çalışma ve Robert Merton tarafından 1973 yılında yayınlanan “Rasyonel Opsiyon Fiyatlama Teorisi” adındaki çalışma ile finans literatürüne kazandırılmıştır. Opsiyonlar değerlerini diğer varlıklar üzerinden kazandıkları için finans literatüründe türev enstrümanlar sınıfına girmektedir. [1,9] Finansal türevler, faiz taşıyan menkul değerlere, döviz, hisse senedine, borsa endeksine ve benzer endekslere dayalı ürünlerdir. Bu ürünlerin başlıcaları futures, opsiyon ve swap teknikleridir. Türev ürünlerden biri olan futures, yapılan sözleşmenin taraflarına belirlenen ileri bir tarihte, üzerinde anlaşılan fiyattan, standartlaştırılmış miktar ve kalitedeki bir malı veya kıymeti alma veya satma yükümlülüğü getiren bir araçtır. Swap ise döviz kurları ve faiz oranları riskine karşı geliştirilen, fon kullanıcılarına farklı piyasalardaki uygun fonlara erişebilme, bu fonların uygun kullanımını sağlama, riski azaltma ve sabit faizli bir fonu değişken faizli bir fona değiştirme imkânı veren finansal bir tekniktir.

2.2.1. Finansal Opsiyonlar

Opsiyon, satın alan tarafa herhangi bir ürünün fiyatını bugünden sabitlemek koşulu ile bu ürünü ileride bir tarihte veya bu tarihten önce satın alma ya da satma hakkını veren bir anlaşmadır. [10,s.172] Opsiyonu satın alan taraf, aldığı bu hak karşılığında satıcıya prim adı verilen tutarı ödemek zorundadır. Dolayısıyla opsiyon sözleşmesi, alıcı taraf açısından bir hak sağlamakta, buna karşılık satıcı tarafı, bu hakkı satan taraf olarak yükümlülük altına sokmaktadır. Elde edilen bu hakkı kullanıp kullanmamak opsiyon alıcısının istemine bağlı olduğu halde, satıcının seçme şansı yoktur.

Finansal opsiyonlarda aşağıdaki gibi alıcı ve satıcı olmak üzere 2 taraf vardır:

- **Alıcı (Uzun Taraf, Satın Alan, Long, Buyer, Holder):** Alım opsiyonlarında primi ödeyen ve dolayısıyla dayanak varlığı alma hakkını elde eden, satım opsiyonlarında ise, ödediği prim karşısında dayanak varlığı satma hakkını elde eden taraftır.

- **Satıcı (Kısa Taraf, Yazıcı, Keşideci, Short, Seller, Writer):** Alım opsiyonlarında opsiyon primini alan ve dayanak varlığı satma yükümlülüğü altında olan, satım opsiyonlarında ise, dayanak varlığı alma yükümlülüğü altında bulunan taraftır.

Opsiyonları diğer türev ürünlerden ayıran en önemli fark, tanınan hakkın kullanılıp kullanılmamasıdır. Opsiyon işleme sokulmadığı takdirde zarar, ödenen primle sınırlı kalmaktadır. Bir finansal opsiyon sözleşmesinde aşağıdaki bilgiler bulunmaktadır:

- **Opsiyonun Tipi:** Opsiyonun ne zaman kullanılabileceğini belirten aşağıdaki gibi 2 çeşit opsiyon tipi vardır [11,s.702]:
 - **Avrupa Opsiyonları:** Opsiyonun yalnızca vadesinde kullanılabildiğini gösterir.
 - **Amerikan Opsiyonları:** Opsiyonun vadeden önce herhangi bir tarihte alıcı tarafından kullanılabildiğini gösterir.
- **Sözleşme Tipi:**
 - **Alım (Call Option) Opsiyonu:** Alıcısına opsiyonun dayandığı varlığı belirli bir fiyattan alma hakkı veren opsiyondur. [11,s.705]
 - **Satım (Put Option) Opsiyonu:** Alıcısına opsiyonun dayandığı varlığı belirli bir fiyattan satma hakkı veren opsiyondur.[11,s.703]
- **Opsiyona konu mal veya kıymet:** Opsiyonun değerini kazandığı veya başka bir deyişle opsiyonun dayandığı varlığı belirtmektedir.
 - **Hisse senedi opsiyonları:** Borsada işlem gören opsiyonların ilk örneklerinden olan hisse senedi opsiyonları alıcısına belirli bir hisse senedinin belirli adedini (lot büyüklüğü) ödenen prim karşılığında belirli fiyattan satın alma ya da satma hakkı vermektedir. [12,s.112]
 - **Borsa endeks opsiyonları:** Endeks opsiyonları borsadaki genel fiyat hareketlerinden yararlanmayı amaçlayan bir opsiyon türüdür. Bu opsiyonlar alıcısına belirli bir borsa endeksini belirli bir fiyattan alma ya da satma olanağı vermektedir. [12,s.124]
 - **Para-döviz opsiyonları:** Para veya döviz opsiyonları sabit miktardaki bir parayı belirli miktar diğer bir para karşılığında önceden

belirlenmiş bir fiyattan gelecekte belli bir tarihte veya bu tarihten önce satın alma veya satma hakkı olarak tanımlanmaktadır. [12,s.128]

- **Faiz opsiyonları:** Faiz opsiyonları faiz taşıyan menkul değerlere dayalı opsiyonlardır. [12,s.137]
- **Futures opsiyonları:** Futures opsiyonları kullanılmaları halinde dayandıkları futures kontratların teslimini gerektiren opsiyonlardır. Futures opsiyonları ilk defa 1982 yılında finansal enstrüman olarak kullanılmaya başlanmıştır. Burada, opsiyon sözleşmesine konu olan varlık futures sözleşmesidir. Futures opsiyonu sahibine belirli bir süre içinde belirli bir futures sözleşmesini, belirli bir fiyattan alma veya satma hakkı tanıyan fakat yükümlülük vermeyen finansal araçtır.
- **Kullanım Fiyatı (Exercise Price, Strike Price):** Opsiyon sözleşmesinde önceden belirlenen ve opsiyon işleme konulduğunda söz konusu varlık için ödenecek alım ya da satım fiyatıdır. [12,s.95] Alım opsiyonu alan kişi opsiyonu kullanmak istediğinde menkul kıymetleri teslim alabilmesi için sözleşmede belirtilen kullanım fiyatı kadar bir bedel ödemek durumundadır. Aynı şekilde elindeki satım opsiyonunu kullanmak isteyen yatırımcı, menkul kıymetlerini satıcıya satacağı menkul kıymetleri sözleşmede yer alan fiyattan (kullanım fiyatından) satmaktadır.
- **Vade Sonu:** Opsiyonun uygulanabileceği son gündür. Bu hisse senedi opsiyonlarında vade ayının üçüncü cumasını izleyen cumartesi günüdür.
- **Prim:** Satıcının opsiyonu yazmak için talep ettiği fiyattır ve genelde işlem anında tahsil edilmektedir; opsiyon kullanılmadığı bir durumda ise alıcıya iade edilmemektedir. [12,s.97] Prim;
 - Opsiyonun vadesine olan uzaklığına,
 - Opsiyona konu olan mal veya finansal ürünün piyasa fiyatının opsiyonun kullanım fiyatı ile arasındaki farka,
 - Fiyat dalgalanmalarının büyüklüğüne,
 - Risksiz faiz oranına,
 - Sermaye kazancı dışındaki getirilere göre değişiklik göstermektedir.

2.2.1.1. Alım Opsiyonu (Call Option)

Alım opsiyonu, opsiyonu alan tarafa belirli bir vadede veya belirli bir vadeye kadar, önceden belirlenen fiyat, miktar ve nitelikte ekonomik veya finansal göstergesi, sermaye piyasası aracını, malı, kıymetli madeni ve dövizli alma hakkı veren, ancak almayı zorunlu tutmayan, satan tarafı ise alıcının talebi halinde satmaya yükümlü kılan sözleşmeyi ifade eder.

Bir yatırımcı gelecekte, ilgilendiği menkul kıymetin fiyatının yükseleceğini düşünüyorsa, bugünden ilgili menkul kıymetin fiyatını sabitlemek için alım opsiyonu satın alır. Vade geldiğinde alıcı taraf spot piyasadaki menkul kıymetin fiyatı ile opsiyon sözleşmesindeki fiyatı karşılaştırarak opsiyonu kullanıp kullanmayacağına karar verir. Eğer sözleşmede anlaşmaya varılan fiyat piyasadaki fiyattan düşükse opsiyonu kullanmak karlı olacağından alıcı satıcıdan yükümlülüğünü yerine getirmesini ister. Aksi durumda, yani spot piyasadaki fiyat sözleşmedeki fiyattan daha düşükse opsiyonu elinde tutan yatırımcı opsiyonu kullanmak yerine menkul kıymeti piyasadan almayı tercih edecektir. Alım opsiyonunun satıcısının beklentisi, alıcının aksine fiyatların düşeceği veya tahsil ettiği primden fazla artmayacağı yönündedir. Satıcının beklentisi gerçekleştiği takdirde alıcı avantajlı olmadığı için opsiyonu kullanmayacak ve satıcı aldığı prim kadar kar edecektir. Şekil 2.2’de alım opsiyonunda alıcının ve satıcının kar ve zarar durumları gösterilmiştir.

Şekil 2.2’de;

a: Kullanım fiyatı

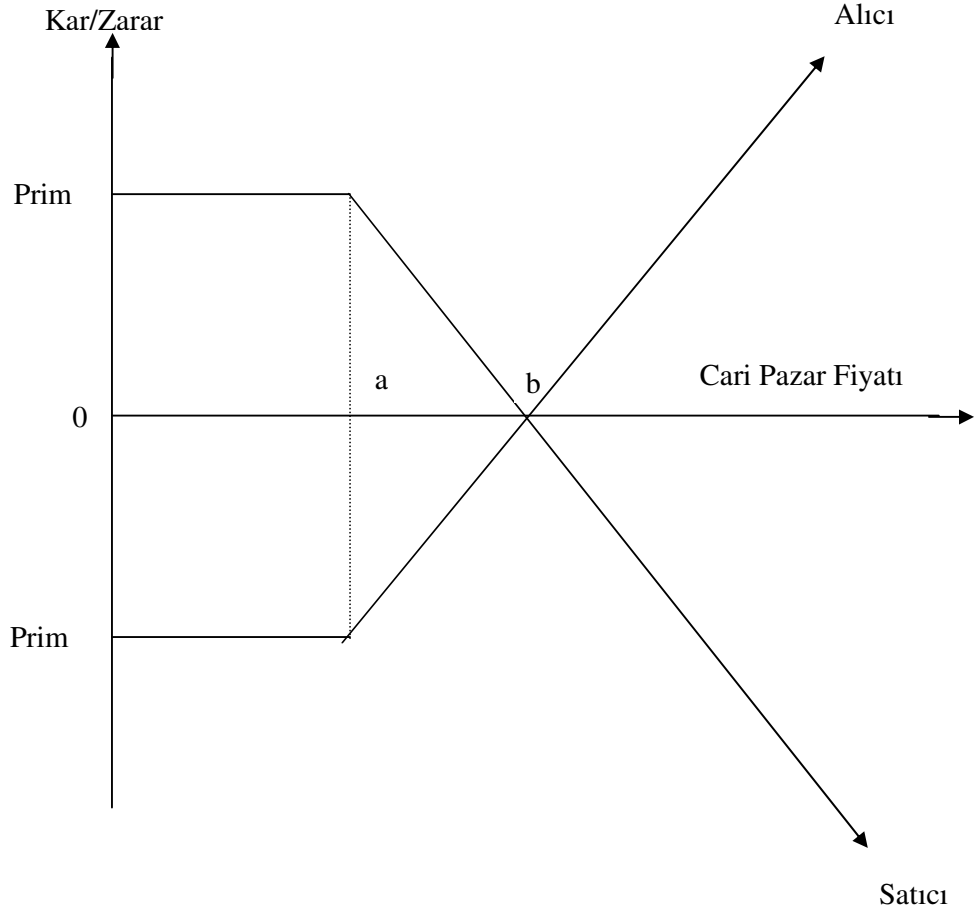
b: Kullanım fiyatı + Prim

Cari Pazar Fiyatının 0 ve a noktaları arasında olması durumunda alıcı zararda olduğu için opsiyonu uygulamayacaktır. Bu durumda alıcının zararı ve satıcının karı prim kadar olacaktır. Ayrıca prim alıcının maksimum zararı ve satıcının maksimum karıdır.

Cari Pazar Fiyatının a ve b noktaları arasında olması durumunda özellikle alıcının zararı azalacağından alıcı opsiyonu uygulayacaktır. Bu durumda alıcının zararı ve satıcının karı $[\text{Prim} - (\text{Cari Pazar Fiyatı} - a)]$ kadar olacaktır.

Cari Pazar Fiyatının b’den büyük olması durumunda alıcı b noktasından sonra kar etmeye başlayacağından alıcı opsiyonu uygulayacaktır. Bu durumda alıcının karı ve

satıcının zararı (Cari Pazar Fiyatı – b) kadar olacaktır. Burada Cari Pazar Fiyatının artışının bir sınırı olmadığı için alıcının karı ve satıcının zararı sınırsızdır.



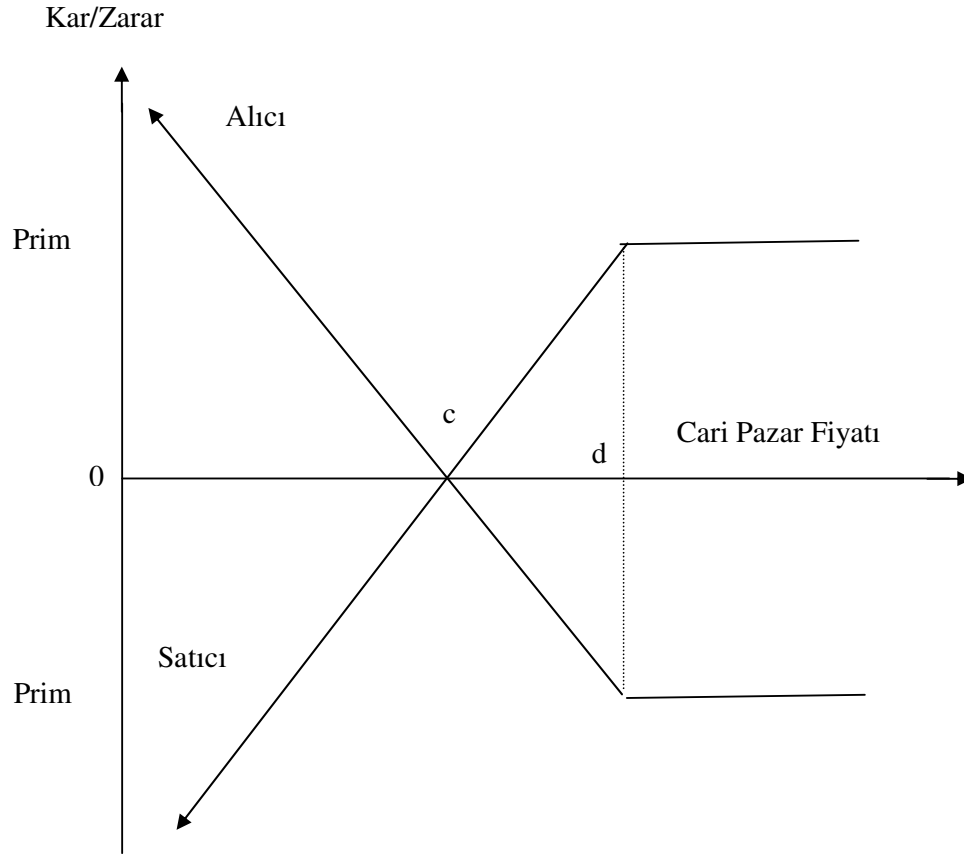
Şekil 2.2: Alım Opsiyonunda Alıcı Ve Satıcının Kar Ve Zarar Durumları

2.2.1.2. Satım Opsiyonu (Put Option)

Satım opsiyonu, opsiyonu alan tarafa belirli bir vadede veya belirli bir vadeye kadar, önceden belirlenen fiyat, miktar ve nitelikte ekonomik veya finansal göstergeyi, sermaye piyasası aracını, malı, kıymetli madeni ve döviz satma hakkı veren (ancak satmaya zorunlu tutmayan), satan tarafı ise opsiyon alıcısının talebi halinde almaya yükümlü kılan sözleşmeyi ifade eder.

Opsiyonu alan tarafın ileride fiyatların düşeceği yönünde bir beklentisi vardır. Alıcının beklentisi doğru çıktığı takdirde elindeki menkul kıymetleri piyasaya göre daha yüksek fiyattan opsiyon satıcısına satma hakkı doğacaktır. Elinde menkul kıymet yoksa piyasadan daha ucuz fiyattan menkul kıymeti satın alıp opsiyon satıcısına satarak kar etmesi de mümkündür. Ancak fiyatlar alıcının beklediği yönde gelişmezse, yani fiyatlar yükselirse opsiyonu kullanmak alıcı için karlı olmayacaktır.

Piyasada daha yüksek fiyata menkul kıymetlerini satabilecekken daha düşük fiyata opsiyon satıcısına satmak istemeyecek, dolayısıyla opsiyondan doğan hakkını kullanmayacaktır. Bu durumda ödediği prim kadar bir zararı söz konusu olacaktır. Diğer taraftan opsiyon satıcısının beklentisi alıcının tam tersi yönündedir. Gelecekte fiyatların yükseleceğini beklediğinden opsiyonun kullanılmayacağını veya fiyatın aldığı prim kadar yükselmeyeceğini tahmin etmekte ve aldığı prim kadar kar etmeyi hedeflemektedir. Fiyatlar satıcının beklentilerinin aksine bir gelişim gösterirse opsiyonu alan taraf opsiyonu kullanmak isteyecek ve satıcı için zarar oluşacaktır. Dolayısıyla, satım opsiyonu almış olan taraf söz konusu varlığı satabileceği minimum bir fiyatı garantilemiş olmaktadır. Şekil 2.3’de satım opsiyonunda alıcının ve satıcının kar ve zarar durumları gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Satım Opsiyonunda Alıcı Ve Satıcının Kar Ve Zarar Durumları

Şekil 2.3’de;

c: Kullanım fiyatı – Prim

d: Kullanım fiyatı

Cari Pazar Fiyatının 0 ve c noktaları arasında olması durumunda alıcı kar ettiğinden opsiyonu uygulayacaktır. Böylece alıcının karı ve satıcının zararı (c – Cari Pazar Fiyatı) kadar olacaktır. Burada Cari Pazar Fiyatı 0’a kadar düşebileceğinden alıcının maksimum karı ve satıcının maksimum zararı c kadar olacaktır.

Cari Pazar Fiyatının c ve d noktaları arasında olması durumunda özellikle alıcının zararı azalacağından alıcı opsiyonu uygulayacaktır. Bu durumda alıcının zararı ve satıcının karı [Prim – (d – Cari Pazar Fiyatı)] kadar olacaktır.

Cari Pazar Fiyatının d’den büyük olması durumunda alıcı zararda olduğundan opsiyon uygulanmayacaktır. Bu durumda alıcının zararı ve satıcının karı prim kadar olacaktır. Ayrıca prim alıcının maksimum zararı ve satıcının maksimum karıdır.

2.2.2. Reel Opsiyonlar

Opsiyon bilgi açığa çıkınca seçim serbestliğini temsil etmektedir. Opsiyon, seçim eylemidir, seçimin gücüdür veya alternatiflerin serbestliğidir. Opsiyon kelimesi ortaçağ Fransızcasından gelmektedir ve Latince anlamı seçmek, istemek ve arzu etmek olan “optio, optare” kelimelerinden gelmektedir. Opsiyon bir haktır fakat bir yükümlülük değildir. Finansal pazarlarda opsiyon, opsiyonu elinde tutan bir opsiyon sahibine ait varlığın değerini arttıran veya azaltan yeni bir bilginin açığa çıkması sonucu oluşan bir tercih özgürlüğüdür. Bir finansal alım opsiyonu sahibine bir dayanak varlığı gelecekte bugünden sabitlenmiş bir fiyattan satın alma hakkı vermektedir ancak satın alma yükümlülüğü getirmemektedir. Bir satım opsiyonu ise sahibine bir dayanak varlığı gelecekte bugünden sabitlenmiş bir fiyattan satma hakkı vermektedir ancak satma yükümlülüğü getirmemektedir. [13,s.1]

Reel (real) sözcüğü, ortaçağ Latincesinde anlamı nesnelerle ilgili olan “realis” kelimesinden gelmektedir. Reel aldatıcı nesnelerle zıt anlamda sabit, kalıcı, yerinden oynamaz nesneleri ifade etmektedir. Reel opsiyonlar fiziksel, gerçek varlıklarla ilgili opsiyonlardır. Bir firmada stratejik yatırım ve bütçe kararları, kazanma, uygulama, terk etme veya sona erme reel opsiyonları kararlarıdır. Yönetimsel kararlar, gerçek varlıklarda alım ve satım opsiyonları oluşturarak yönetime bu varlıklardan stratejik

amaçları başarmak ve sonuç olarak firmanın değerini maksimize etmek için bir hak verirler ancak yükümlülük getirmezler. [13,s.1]

1977 yılında Stewart Myers, Journal of Financial Economics'te etkili bir makale yayınlamıştır. Bu makalede Stewart Myers firma değerinin hem firmanın sahip olduğu mevcut varlıklardan hemde gelecekte potansiyel makul fiyatlarla gerçek varlıkları satın alma fırsatlarından meydana geldiğini işaret etmiştir. Myers, sonraki varlık kategorisine “reel opsiyonlar” adını vermiş ve bunun finansal alım opsiyonlarına benzerliğini vurgulamıştır. Böylece reel opsiyonlar terimini ilk defa ortaya koymuştur. Stewart Myers finansal yatırım fırsatlarının değerlendirilmesinde klasik İNA yaklaşımının belirsiz ve riskli yatırım projelerindeki opsiyonların değerini ihmal ettiğini ileri sürmüştür. 10 yıl sonra Myers reel opsiyonu yalnızca kurumsal menkul kıymetlerin değerlemesinde değil fakat kurumsal bütçe ve yatırım kararlarında uygulayarak opsiyon analizinde sonraki seviyeye geçmiştir. [13,s.15,14-16]

Reel opsiyonlar, finansal varlıklardan farklı olarak gerçek fiziksel varlıkları değerlendirmek için opsiyon teorisini uygulayan finansal teoriyi, ekonomik analizi, yönetim bilimini, karar bilimini, istatistiği ve ekonometrik modellemeyi kullanan sistematik bir yaklaşım ve entegre bir çözümdür. Geleneksel iskontolanmış nakit akış yaklaşımları, sabit sonuçlu bir tek karar yolu olduğunu varsaymaktadırlar ve bütün kararları zaman içinde değiştirilme ve geliştirilme yeteneğinden yoksun bir şekilde başlangıçtan almaktadırlar. Reel opsiyon yaklaşımı ise yönetim esnekliği ile ilişkili yüksek belirsizliğin sonucu olarak birçok karar yolu belirlemektedir. Böylece gelecekle ilgili bir belirsizlik varsa bu durumda yönetim, strateji düzeltme esnekliğine sahip olmuş oluyor. Bu durumda yeni bilgiler geldikçe ve belirsizlikler çözüldükçe yönetim en iyi stratejiyi uygulamayı seçebilmektedir. Buna göre geleneksel iskontolanmış nakit akış yaklaşımları başlangıçta statik karar verirken, reel opsiyon yaklaşımı zaman içinde dinamik olarak karar verilmesini sağlamaktadır. [6,s.82] Örnek olarak başlangıçtaki veriler ile geleneksel iskontolanmış nakit akış yöntemleri kullanıldığında kabul edilmemesi gereken bir projenin bir süre beklenerek verilerin iyi yönde değişmesi sonucu projenin kabul edilebileceği gösterilebilir.

Reel opsiyonların birçok örneği mevcuttur. Firmalar yeni pazarlarda yeni yatırımlar yaparak reel alım opsiyonları satın almış olurlar. Araştırma geliştirme faaliyetlerine ve diğer işletmelerin hisse senetlerine yapılan yatırımları reel alım opsiyonlarının

sıkça rastlanan örnekleridir. Küçülme (veya tamamen çıkma) esnekliği satım opsiyonlarının esas özelliğidir. Reel satım opsiyonlarının örnekleri arasında geçici işçi kullanılması, fabrika ve donanım kiralanması ve ortak girişim sözleşmelerinden çıkış şartları sayılabilir. Üretim, ürün veya dağıtım kanalları şeklini değiştirme opsiyonları hem satım (bir şekli terk etme) hem de alım (başka bir şekli adapte etme) opsiyonlarını içermektedir. [15]

Reel opsiyon özellikle aşağıdaki durumlarda uygulanabilmektedir [17]:

- İş süreci bir opsiyonu içeriyorsa,
- Yatırımlar geri dönülmez yapıdaysa,
- Kayıpların olabileceği olasılığı ve yatırımın değeri hakkında yüksek derecede belirsizlik varsa

Reel opsiyon perspektifi belirsizlik koşulları altında meydana gelen esnekliğin değer yaratmadaki potansiyeline dikkat çekmektedir. Bu durum standart NBD analizi üzerinde önemli bir gelişimdir. Reel opsiyon teorisi ayrıca opsiyonun uygulama kararları için zamanlama (örnek olarak bir yatırıma başlama ve bir yatırımdan çekilme zamanı) kararını haber verebilmektedir. Ancak yöneticilerin reel opsiyon analizini kullanacak gerekli deneyimden ve organizasyonların ise gerekli sistemden yoksun olmaları reel opsiyonun önündeki engellerden biridir. [15]

2.2.2.1. Belirsizlik

Reel opsiyonların başlıca unsuru belirsizliktir. Belirsizlik yöneticilerin değiştiremediği dış dünyanın tesadüflüğüdür. Firmaların belirsizliğe maruz kaldığı etkenler çok fazladır. Bunlar maliyetin yapısı, talep, rekabet vs.dir. Firmanın kötü ekonomik sonuçlara maruz kalması ise (nakit akış kayıpları gibi) risktir. Yani riski belirsizliğin kötü tarafı olarak tanımlayabiliriz. Reel opsiyonun başlıca görevlerinden biri belirsizliği analiz etmektir. [18]

Belirsizlik, örnek olarak tahmin edilen fiyatlara göre petrolün gelecekteki fiyatının beklenenden yukarı veya aşağı olmasıdır. Bu nedenle belirsizliğin “iyi” ve “kötü” olmak üzere iki yönü vardır. Rasyonel yöneticiler pasif değildirler. Yönetim firmanın servetini arttırmak için pazar koşullarına cevap vermek üzere yatırımları ve işletme kararlarını revize etmektedir. Yöneticiler “iyi zamanlarda” (pazarın yükselme eğilimi göstermesi) avantaj sağlamak ve “kötü zamanlarda” (pazarın düşüş eğilimi

göstermesi) kayıpları azaltacak şekilde hareket ederler. Bu nedenle ekonomik belirsizliğin olduğu durumlarda aktif yönetim yatırım fırsatlarına değer katarlar. Ancak bu değer iskontolanmış nakit akış yöntemlerinin geleneksel kullanımı ile elde edilmemektedir. [19]

Örnek olarak bekleme kabiliyeti yöneticilere yeni bir petrol sahasına yatırım veya eski bir petrol sahasını terk etme gibi geri dönülemez bir kararı vermeden önce petrol fiyatlarının seyrini görmeye izin verir. Eğer petrol fiyatları önemli derecede yüksek seviyede artarsa (belirsizliğin iyi yönü), yönetici yeni bir petrol sahasına yatırım yapacak (en iyi koşullarda veya kaybın olasılığının az olması ile) veya eski petrol sahasında üretime devam edecektir. Bununla beraber, Eğer petrol fiyatları düşerse (belirsizliğin kötü yönü), yönetici yeni bir petrol sahasına yatırım yapmayacak ve eski petrol sahasını kapatabilecektir(önemli derecede düşük fiyat ile). [19]

Eğer araştırma ve geliştirme yatırımlarında olduğu gibi belirsizlik teknik ise, yine belirsizlik bu fırsata bir değer katmaktadır ve yatırım, bilgilerin açığa çıkması sonucu adım adım yapılmaktadır. Bu nedenle rasyonel bir yönetici eğer bilgiler istenmeyen yönde ise projeyi durduracak (veya yatırımı azaltacak) ancak bilgiler istenen yönde ise yatırıma devam edecektir(veya hızlandıracaktır). [19]

Yatırım kararını farklı şekilde etkileyen aşağıda belirtildiği gibi 2 çeşit belirsizlik vardır [19]:

- Ekonomik belirsizlik ekonominin ve sektörün genel hareketleriyle ilişkili olan belirsizliktir. Petrol endüstrisinde petrol fiyatları ekonomik belirsizliğin örnek değişkenidir. Bu belirsizlik karar süreci için dış kaynaklıdır. Yani petrol sahası geliştirme kararı verilse de verilmese de petrol fiyatları ekonomik belirsizliği değişmeyecektir. Ekonomik belirsizliğin varlığı yatırımı daha iyi koşullar oluşana kadar ertelemeyi teşvik etmektedir.
- Teknik belirsizlik ekonominin veya sektörün genel hareketleri ile ilişkili değildir. Yatırımın kendisi ile ilişkilidir. Bu belirsizlik karar süreci için iç kaynaklıdır. Teknik belirsizliğin örnek değişkeni olarak petrol sahasındaki petrol miktarı verilebilir. Bu durumda yatırımı bekletmek değişkenin değerinde bir farklılık oluşturmaz. Yalnızca adım adım yatırım stratejisinin bu çeşit belirsizliği azaltması olasıdır. Petrol endüstrisinden bir örnek vermek gerekirse teknik belirsizliğin değişkeni olan petrol sahasındaki petrol miktarını belirlemek için

bazı kuyular açmak, pilot üretim veya sismik araştırmalar yapmak gereklidir. Bu şekilde adım adım yatırım yapmak belirsizliği azaltmak ve beklenen değeri revize etmek için değerli bilgiler sunmaktadır. Teknik belirsizlik ekonomik belirsizliğin tersine yatırıma başlamayı ancak yatırımı aşamalı olarak sürdürmeyi teşvik eder. Teknik belirsizliğin bulunduğu bir durumda negatif NBD'e sahip bir projede yatırımı başlatmak ekonomik olarak en uygun durumdur. Her yeni bilgi yatırım kararını revize etmek için çok önemlidir. Eğer yeni bilgilerle belirsizliğin iyi yönü ortaya çıkarsa yatırıma devam edilir ve hatta hızlandırılır, eğer yatırımın kötü yönü ortaya çıkarsa yatırım durdurulur.

2.2.2.2. Reel Opsiyon Tipleri

Reel opsiyonlar içerdikleri esneklik tipine göre 6 ana kategoride incelenebilirler. Bunlar erteleme opsiyonu, büyüme opsiyonu, kademeli yatırım opsiyonu, işletme ölçeğini değiştirme opsiyonu, değiştirme opsiyonu ve vazgeçme opsiyonudur. Gerçek hayattaki projeler genellikle çeşitli opsiyonların kombinasyonunu içerirler. Bu opsiyonların toplam değeri birbirleri ile etkileşim içinde oldukları için her birinin ayrı değerlerinin toplamından farklı olmaktadır. [1]

Reel opsiyon tiplerini alım ve satım finansal opsiyonları gibi görmek mümkündür. Genişleme ve erteleme opsiyonlarını alım opsiyonları gibi vazgeçme ve daraltma opsiyonlarını ise satım opsiyonları gibi görmek mümkündür. Değiştirme opsiyonları ise alım ve satım opsiyonlarının bir kombinasyonu olarak görülmektedir. [22] Tablo 2.2'te kullanıldığı alanlar gösterilen reel opsiyon tipleri aşağıda açıklanmıştır ;

1. Erteleme Opsiyonu (Option to Defer) : Erteleme opsiyonu yatırımın zamanı ile ilgilenmektedir. Geleneksel İNA yöntemleri genellikle yöneticilerin hemen yatırımı yapmalarını öngörmektedirler. Bir başka deyişle “Bekle ve Gör” stratejisinin değerinin farkına varmamaktadırlar. [18] Bütün projeler yeni bilginin gelmesi beklentisi ile ertelenebilirler. Erteleme opsiyonunun değeri ekonomik belirsizlikteki değişkenlik tarafından oluşturulmaktadır. [20] Tüketici ürünleri şirketinin pazara girişle ilgili yeni bilgilerin gelmesine kadar kapasite artırımı yatırımı ertelemesi örnek olarak verilebilir. [21]

2. Büyüme Opsiyonu (Option to Grow) : Büyüme opsiyonu önceden düşünülmeyen gelecekteki yatırımların, daha önceden yapılan yatırımlar tarafından mümkün kılınmasını ifade etmektedir. Yani başka bir deyişle erken yatırımların daha

sonraki çok karlı izleyen yatırımlara imkân vermesi opsiyonlarıdır. Bu erken yatırımlar ileriki büyümeler için bir platform sağladıkları için platform yatırımları olarak adlandırılmaktadır. İlk aşama yatırımlarının karlılığının hesaplanması sırasında büyüme opsiyonlarının değerinin eklenmesi önemlidir. Eğer büyüme fırsatlarının değeri öngörülmezse yalnızca kısa vadeli yatırım kararlarının çıkması olasıdır. [20] Örnek olarak telekomünikasyon firmalarının bugün müşterilerin memnuniyetini kazanmak ve gelecekteki fırsatlardan avantaj sağlamak için fiber optik kablo ağları geliştirmeleri gösterilebilir. [21]

3. Kademeli Yatırım Opsiyonu (Option to Stage) : Yatırımın masraflar serisi olarak kademelendirilmesi, pazardan olumsuz bilgiler geldiği takdirde yatırımdan vazgeçme opsiyonunu yaratır. Her kademe kendisini takip eden kademelerin değeri üzerindeki bir opsiyon olarak görülebilir ve bileşik opsiyon (compound option) olarak değerlendirilir. [1] Örnek olarak pazara yeni bir ilaç getirmek için AR&GE ve ticarileştirme süreçlerine kademeli olarak yatırım yapılması verilebilir.

4. İşletme Ölçeğini Değiştirme Opsiyonu (Option to Alter Operating Scale): Bu opsiyon çeşidi aşağıdaki gibi 3 alt opsiyona ayrılmaktadır:

- **Genişleme Opsiyonu (Option to Expand) :** Gelecekte firma açısından olumlu pazar koşullarının oluşacağı bilgisinin ortaya çıkmasıyla firma işletme ölçeğini genişletebilir veya kaynak kullanımını hızlandırabilir. [1,17,21] Örnek olarak bir ürünün talebi tahminlerin üzerinde ise üretici üretim kapasitesini genişletebilir.
- **Daraltma Opsiyonu (Option to Contract) :** Genişleme opsiyonunun tersine gelecekte firma açısından olumsuz pazar koşullarının oluşacağı bilgisinin ortaya çıkmasıyla firma işletme ölçeğini daraltabilir veya kaynak kullanımını azaltabilir. [1,17,21] Örnek olarak bir ürünün talebinin tahminlerin altında ise üretici üretim kapasitesini daraltabilir.
- **Geçici Olarak Kapatma ve Yeniden Başlatma Opsiyonu (Option to Shut Down and Restart) :** Pazar koşullarının çok kötü olduğu bir kriz ortamında firma işletmeyi geçici olarak kapatabilir ve koşulların iyileşmesi sonucu işletmeyi yeniden açabilir.[1,17]

5. Değiştirme Opsiyonu (Option to Switch) : Bu opsiyon genellikle girdi ve çıktıların fiyat değişimlerine karşılık olarak kullanılır ve firmanın seçebileceği

alternatiflere sahip olduğunu belirtir. [18,21] Yönetim fiyata veya talebe bağlı olarak tesisin ürün yelpazesini değiştirebilir (Ürün esnekliği) ve alternatif olarak aynı ürün farklı tipteki girdiler tarafından üretilir (Girdi esnekliği). [1,17]

6. Vazgeçme Opsiyonu (Option to Abandon) : Pazar koşullarının şiddetli şekilde kötüye gitmesi sonucu mevcut işletme veya proje terk edilerek ekipmanların ve diğer varlıkların hurda değeri elde edilebilir. [1,17] Başka bir deyişle işletmeden veya projeden elde edilecek sonuçların işletmenin veya bir projenin devam etmesini garanti etmiyorsa işletme veya proje terk edilebilir. [20]

Tablo 2.2: Reel Opsiyon Tiplerinin Kullanıldığı Alanlar [23,s.2-3]

Opsiyon Tipi	Kullanıldığı Alanlar
Erteleme Opsiyonu	Doğal kaynakların çıkarılmasına dayanan sektörler, gayrimenkul geliştirme, çiftçilik, kağıt üretimi
Büyüme Opsiyonu	İleri teknoloji, AR-GE ve çok ürün jenerasyonu ve uygulamasının bulunduğu bilgisayar ve ilaç sektörü gibi tüm altyapı tabanlı veya stratejik sektörlerde, çok uluslu operasyonlarda, stratejik kazanımlarda
Kademeli Yatırım Opsiyonu	Özellikle ilaç sektörü olmak üzere AR-GE'ye dayanan tüm sektörler, büyük ölçekli inşaat veya enerji santrali gibi uzun soluklu ve yüksek sermaye yoğun projelerde, sıfırdan başlayan bir girişimlerde
İşletme Ölçeğini Değiştirme Opsiyonu	Maden işletmeleri gibi doğal kaynak sektörlerinde, dönemsel üretim yapan sektörlerde, moda-giysi sektörlerinde, tüketici ürünleri sektöründe, ticari gayrimenkul sektöründe
Değiştirme Opsiyonu	Çıktı Değişimlerinde; Tüketici elektroniği gibi düşük miktarlarda satılan yada talep oranı değişken olan her türlü ürünün bulunduğu sektörlerde, oyuncak, özel kağıt, makine parçaları ve otomotiv sektörlerinde Girdi Değişimlerinde; Tüm hammadde bağımlı sektörlerde, elektrik gücü, kimyasallar, ekin değişimleri ve dışarıdan yararlanma
Vazgeçme Opsiyonu	Hava taşımacılığı ve raylı taşımacılık gibi sermaye yoğun sektörlerde, finansal hizmetlerde, belirsizliğin bulunduğu bir pazara yeni bir ürün arzı gerçekleştirildiğinde

2.2.2.3. Reel Opsiyonların Uygulama Alanları

Reel opsiyonları stratejik karar verme aracı olarak ilk defa maden şirketleri ile petrol ve gaz şirketleri kullanmışlardır. Daha sonra reel opsiyonların kullanımı kamu hizmet kuruluşlarına, biyoteknoloji, ilaç, telekomünikasyon, ileri teknoloji

şirketlerine ve diğer sektörler genişlemiştir. Aşağıda reel opsiyonların farklı sektörlerde nasıl kullanıldığına ve kullanılabileceğine dair bazı örnekler verilmiştir:

- **Otomotiv Endüstrisi:** Otomotiv imalatında General Motors (GM) firması yeni otomobil serileri üretirken değiştirme opsiyonu oluşturarak reel opsiyonu uygulamıştır. Bu esasında verilen zaman periyodu içinde ucuz kaynağı kullanma opsiyonudur. GM elinde fazladan hammadde tutmakta ve gerçekte projenin gerektirdiğinin üzerinde fazladan sözleşmeye bağlanmış yükümlülükler ile aynı hammaddeler için daha fazla küresel tedarikçilere sahip olmaktadır. Fazladan sözleşme maliyetleri belli hammaddelerin dünyanın belli bir bölgesinde çok pahalalanması ile birlikte tedarikçileri değiştirmeden doğan önemli derecede tasarruf ile karşılanmaktadır. Başka bir deyişle GM bazı tedarikçilerde pahalanan hammaddeleri daha önceden anlaşma yaptığı tedarikçilerden tedarik ediyor ve baştan yaptığı anlaşma maliyeti tedarikçiyi değiştirme ile hammadde alırken sağladığı tasarruf ile karşılanmış oluyor. Bu durumda başlangıçta yapılan anlaşma maliyeti değiştirme opsiyonunun primi olmaktadır. Burada değiştirme opsiyonu GM için hammadde fiyatlarındaki değişim riskine karşı korunma aracı olmaktadır.[6,s.26,24]
- **Bilgisayar Endüstrisi:** Bilgisayar endüstrisinde, HP-Compaq firması aylar öncesinden dış ülkelerde yazıcı satışları için tahminde bulunmaktaydı. Daha sonra düzenlenen, monte edilen yüksek derecede belirli yazıcılar bu ülkelere nakledilmekteydi. Bununla beraber talep hızlı şekilde değişmekte ve tahminler nadiren doğru olmaktadır. Bunun sonucunda önceden ayarlanan yazıcılar genellikle yüksek stok tutma maliyetlerine ve teknolojik olarak modası geçme maliyetlerine maruz kalmaktadır. Bu durumda HP-Compaq bu dış ülkelerde montaj tesisleri yaparak erteleme opsiyonu oluşturabilir. Böylece parçalar nakledilerek aylar öncesinden değil muhtemelen haftalar öncesinden talebin bilinmesi ile talebe bağlı olarak yazıcılar monte edilebilir. Parçalar dünyanın herhangi bir yerine nakledilebilir ve müşterilerin istediği şekilde monte edilebilir. Fazla parçalarda farklı ülkeler arasında değiştirilebilir. Bu opsiyona ödenen prim montaj tesisleri kurmaktır ve potansiyel kazancı yanlış tahminler yaparak birçok ürünün beklemesini ve hatta teknolojik olarak modasının geçmesi sonucu satılamamasını önlemektir. [6,s.26]

- **Uçak Endüstrisi:** Uçak Endüstrisinde Boeing firması milyarlarca dolar ve yıllar harcayarak doğru uçak modelini üretmek için karar vermektedir. Eğer Boeing firması yanlış modeli üretirse Boeing firmasının rakipleri çok çabuk rekabet avantajı sağlayacaktır. Karar verme sürecinin içerisinde birçok teknik, mühendislik, pazar ve finansal belirsizlik nedeni ile Boeing birçok uçak tasarımını paralel geliştirmesini aynı anda yaparak genişletme, daraltma ve vazgeçme opsiyonlarını içerisinde barındıran seçme opsiyonunu oluşturabilir. Bunu yaparken Boeing birçok tasarımın geliştirilmesinin maliyetleri arttırdığını ve yakın bir gelecekte çoğu tasarımdan vazgeçilerek yalnızca birini seçeceğini bilmektedir. Ortaya çıkan fazladan maliyet opsiyonun primi olmaktadır. Bununla beraber Boeing belirsizliklerin ve risklerin zamanla ortaya çıkması sonucu hangi modellerin terk edileceğine hangilerine devam edileceğine karar verebilecektir. Sonuç olarak bir tane model seçilince diğer tüm modeller elenecektir. Bu yolla firma başlangıçta yanlış karar vermesi riskinden korunacak ve birçok paralel geliştirme girişimleri sonucu kazandığı bilgilerden faydalanacaktır. [6,s.27]
- **Petrol ve Gaz Endüstrisi:** Petrol ve Gaz endüstrisinde, firmalar milyonlarca dolar ödeyerek rafinerilerini yeniden düzenleyerek ve yeni teknoloji ekleyerek son ürün olarak gaz yağı, mazot ve diğer petrokimyalar arasından çıktı karışımını değiştirme opsiyonu oluştururlar. Bu opsiyon rafinerilere son ürünlerini, yüksek pazar fiyatına, talebi karşılamaya ve pazardaki fiyat değişimlerine bağlı olarak en karlı ürün doğrultusunda değiştirmelerine izin verir.[6,s.27,25]
- **Telekomünikasyon Endüstrisi:** Telekomünikasyon endüstrisinde geçmişte Sprint ve AT&T gibi firmalar diğer firmalara nazaran daha fazla fiber optik kablo ve diğer telekomünikasyon altyapısı kurmuşlardır. Bu firmalar bunu güvenli ve kapsamlı ağ sağlamak, bu alana girişe yüksek bariyerler koymak ve pazara ilk girme avantajını sağlayarak gelecekte büyüme opsiyonu oluşturmak için yapmışlardır. Bunun için firmalar gelecek yakın zamanda kullanılmayacak altyapı için milyarlarca dolar harcamışlardır. Bu durumu reel opsiyonlar kullanmadan haklı çıkarmak olanaksızdır. [6,s.27,26]
- **Kamu Hizmeti Yapan Kuruluşlar:** Kamu hizmeti yapan kuruluşlar mesela bir elektrik kuruluşu verimli olmayan enerji santrallerini yalnızca elektrik fiyatları yüksek olduğunda kullanıp, fiyatlar düşük olduğunda ise kapatarak geçici olarak kapatma ve yeniden başlatma opsiyonunu oluşturmuş olmaktadır.[6,s.27,27]

Gayrimenkul Sektörü: Gayrimenkul sektöründe, bir araziye daha karlı olduğu sonraki bir tarihe kadar geliştirmeden bırakmak bir erteleme opsiyonunu oluşturmaktadır. [6,s.28]

Tablo 2.3:Sektörel Bazda Reel Opsiyonlar Yöntemini Kullanan Bazı Firmalar [1,30]

Sektör	Firmalar
Petrol	Shell International, British Petroleum, ARCO, Statoil, Amoco, Esso, Marathon, PanCanadian, British Gas, Chevron, Andarko, PetroCanada
Bilişim	Hewlett Packard, Intel, Toshiba, Digital
İlaç / Biyoteknoloji	Hoffman-La Roche, Genentech, Amgen, Merck, Genzyme, Recap
Madencilik	RTZ Co., Newmont Mining Co.
Telekomünikasyon	Equipment Co., Cray Research, Rockwell, US West, Sprint, UltraTech
Otomotiv	General Motors, Ford ve birçok Japon Otomotiv firması
Elektronik	Kodak, Philips, Cadence Design Systems
Enerji	Anadarko, Chevron, Cinergy, ConEdison, Conoco, Constellation Energy Group, Dynegy, El Paso, Enron, Lakeland Electric, New England Power Co., New England Electric, Ontario Power Generation, Texaco, Wisconsin Public Service Corporation, Xcel Energy
Havacılık	Airbus, Boeing, British Airways, Canadian Pacific
Finansal Servisler	Credit Suisse First Boston, Morgan Stanley
Gayrimenkul	Beazer Homes
Tüketici Ürünleri	Dupont, LLBean, Procter & Gamble

- **İlaç Araştırma Geliştirme Girişimi:** İlaç AR-GE girişimlerinde, reel opsiyon iskontolanmış nakit akış yöntemleri ile karsız görülen fakat gelecekte genişleme opsiyonu taşıyan büyük yatırımları değerlendirmek için kullanılmaktadır. Yönetim milyar dolarla ifade edilen yüksek başlangıç yatırımı isteyen ve gelecek birkaç yılda yüksek derecede belirsizlik taşıyan birkaç milyar dolar geliri olacağı tahmin edilen yatırımı geleneksel İNA yöntemlerine göre yapılabilir olmadığı için sonlandıracaktır. Ancak sektör göstermektedir ki AR-GE her şirkette yapılmaktadır. Bu nedenle yönetimin AR-GE'nin kendine özgü stratejik değerini görmelidir. Reel opsiyon yöntemi milyar dolarlık başlangıç yatırımı çok aşamalı yatırım yapısına dönüştürerek değerlendirebilecektir. Her aşamada

yönetim daha sonraki aşamalara geçmek için erteleme opsiyonuna, genişleme opsiyonuna ve vazgeçme opsiyonuna sahip olabilecektir.[6,s.28]

- **İleri Teknoloji ve E-Business:** E-business stratejilerinde, reel opsiyonlar farklı e-ticaret girişimlerine öncelik vermek için ve belirsiz bir geleceğe sahip bu büyük başlangıç yatırımlarını değerlendirmek için kullanılabilir. Reel opsiyonlar e-ticarete adım adım yatırım aşamaları, vazgeçme opsiyonu, gelecekte büyüme opsiyonları ve erteleme opsiyonları oluşturmak için kullanılabilirler.[6,s.28,28,29]

Tablo 2.3'te sektörel bazda reel opsiyonlar yöntemini kullanan bazı firmalar gösterilmiştir.

2.2.2.4. Reel Opsiyonlar ve Net Bugünkü Değer Yöntemlerinin Karşılaştırılması

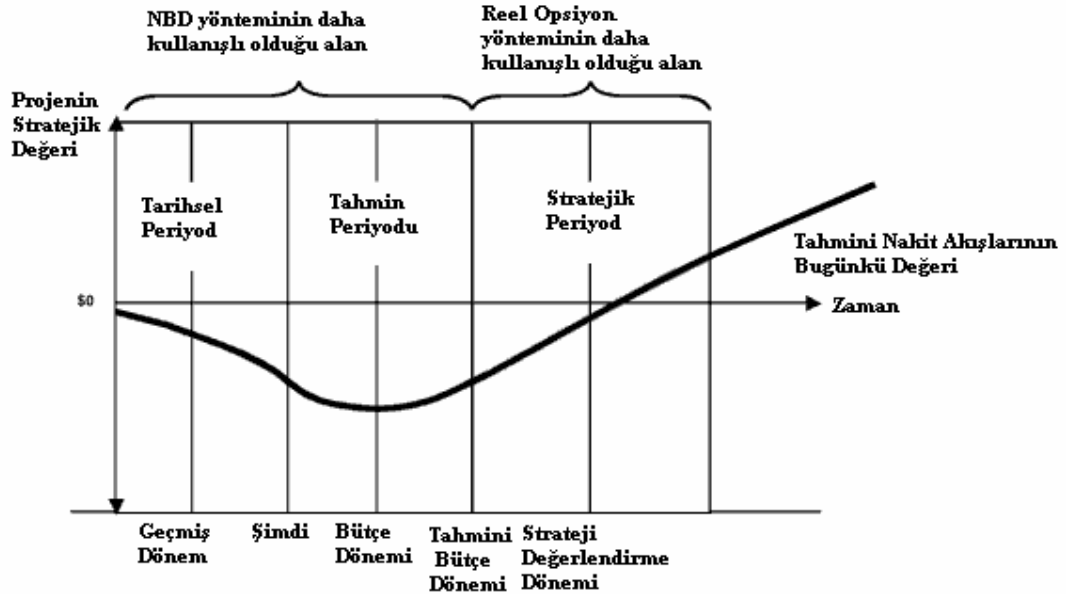
Net bugünkü değer yöntemi, nakit akışlarının kesin olduğunu varsaymaktadır ve ulaşan yeni bilgilerin orijinal yatırım planını değiştirebileceğini ihmal etmektedir. Ayrıca NBD yöntemi yatırımların doğal olarak yönetimin pazarda veya bir kanundaki değişiklik sonucu veya bir teknolojik gelişmeye adaptasyon sonucu oluşan bir değişikliğe cevap verebileceği birçok “devam et” veya “devam etme” karar noktasından oluşan ardışık adımlardan oluştuğunu ihmal etmektedir. Bu yöntem yönetimin projenin ömrü boyunca projeyi hızlandırması, genişletmesi, daraltması ve hatta terk etmesi ile çevreye uyum sağlamasını ihmal etmektedir. NBD zaman içinde beklenen nakit akışlarına dayanmaktadır, yönetim tüm belirlenen riskleri yansıtmayı için gelecekteki beklenen nakit akışlarını yüksek bir iskonto oranı ile iskontolayabilmektedir, ancak NBD gelecekteki yönetsel hareketler ile bu riskleri azaltılabileceğini ihmal etmektedir. [13,s.6,31]

Reel opsiyonlarda ise farklı olarak yönetim eğer ürün iyi ise yükselme potansiyelinin tüm avantajını elde etmek için üretimi ve dağıtımını genişletme opsiyonuna sahip olduğunu fark etmektedir. Bu duruma zıt olarak eğer pazar rekabetin ortaya çıkması ile aşağı doğru bir eğilim gösterirse yönetim varlığı satıp hurda değerini elde ederek bu duruma karşı koyabilecektir. Hem maliyetler hem de gelirler esneklik ve bilginin ulaşması ile ortaya çıkarlar. Opsiyon değerlendirme, yönetim esnekliği vasıtasıyla değer yaratmayı ve riski azaltmayı sağlamaktadır. Bu nedenle yatırım değerlendirme reel opsiyonlar ile daha gerçekçidir. [13,s.6]

Yöneticiler bazen projenin NBD’i negatif olsa bile projenin “stratejik değer”inden dolayı projeyi kabul ederler. “Stratejik değer” marka adı ve büyüme fırsatları gibi ölçülemeyen soyut faydalardır. Ancak bu faydalar NBD yöntemi tarafından elde edilememektedir. [18]

Karar vermeyi etkileyen diğer bir faktör rakiplerin hareketleridir. Bazı yatırım planları yöneticiler tarafından rekabet baskısı sonucu kabul edilmektedir. Bu rekabet baskısı rakiplerden geri kalmama isteği sonucu ortaya çıkabileceği gibi mevcut teknoloji ve kapasite eksikliğini gidermek maksadıyla da ortaya çıkabilmektedir. NBD’in bu rekabet baskısını ölçmesi zordur. [18]

NBD yöntemi gelecekteki riskli nakit akışlarının bugünkü değerini hesaplamak için bir risk duyarlı iskonto oranına ihtiyaç duymaktadır. Uygun iskonto oranının ne şekilde belirlenmesi gerektiği, daha önce işlenen iskantolanmış nakit akışı yöntemlerinin dezavantajları bölümünde belirtildiği üzere halen tartışma konusudur. Öte yandan, reel opsiyonlar yöntemi yatırım değerlendirme aşamasında risk uyarlı iskonto oranına ihtiyaç duymamaktadır. Reel opsiyon yöntemi risksiz faiz oranını kullanmaktadır. [32]



Şekil 2.4: NBD Yönteminin Ve Reel Opsiyon Yönteminin Kullanışlı Olduğu Alanlar[6,s.64]

Geleneksel NBD yönteminin ve reel opsiyon yönteminin zaman çizelgesine göre uygulandığı alanlar Şekil 2.4’te gösterilmiştir. NBD yöntemi her şeyin daha fazla

belirli olduğu kısa zaman dilimlerinde kullanmak daha uygundur. NBD yöntemi açık iş yapısına sahip, karmaşık olmayan projelerde ve güvenilir tahminlere izin veren durgun çevrelerde verilen kararlar için kullanılmalıdır. Stratejik fırsatların olduğu ve belirsiz daha uzun zaman dilimlerinde ise reel opsiyonlar yöntemini kullanmak daha uygundur. Uzun zaman dilimlerinde verileri doğru olarak tahmin etmek zorlaşmaktadır. Bu nedenle yönetim, stratejik opsiyonları başarılı şekilde başlatmak ve uygulamak vasıtasıyla değer yaratabilmektedir. Dolayısıyla reel opsiyonlar yöntemi varolan projeleri erteleme, genişletme veya projeden vazgeçme stratejilerinin aktif olarak yönetilmesi anlamında faydalıdır.[6,s.64,32]

NBD yönteminde sonuç basitçe Denklem 2.6'da görüldüğü üzere projenin getirilerinden maliyetlerinin çıkartılması ile bulunmaktadır. Bununla beraber opsiyon teorisinde bir alım opsiyonunu ele alırsak opsiyon değeri Denklem 2.7'de görüldüğü gibi az bir değişiklik eklenmiş şekilde getirilerden maliyetlerin çıkartılması sonucu bulunmaktadır. Buradaki farklılık getirilerin ve maliyetlerin arkasındaki $N(d)$ çarpanlarıdır. Bu çarpanlar getirilerin ve maliyetlerin kendi meydana gelme olasılıklarıdır. Reel opsiyon teorisinde opsiyon değeri basitçe her değişken için riskin veya meydana gelme olasılıklarının dikkate alınmasıyla getirilerden maliyetlerin çıkarılması sonucu bulunmaktadır. Bu nedenle eğer hiçbir belirsizlik yoksa yani değişkenlik sıfır veya meydana gelme olasılığı %100 ise bu durum tahmin değerlerinin gerçekleşeceğini garanti eder ve bu özel durumda her iki $N(d) = \%100$ olacağı için reel opsiyon değeri net bugünkü değere dönüşmektedir.[6,s.167-168]

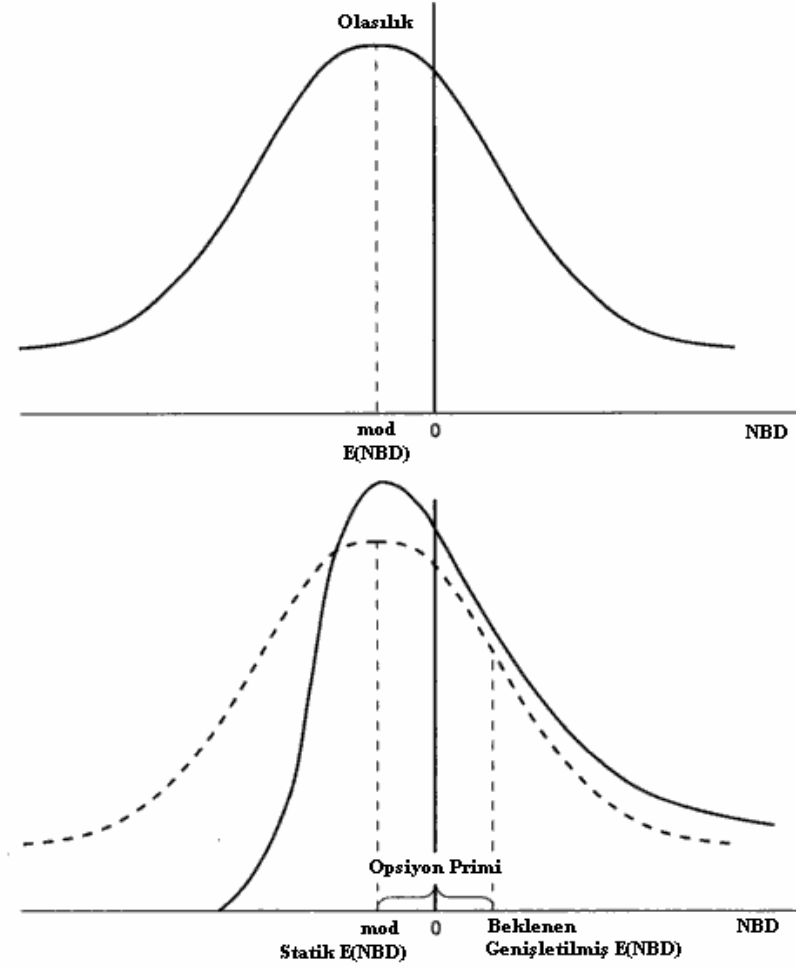
$$NBD = \text{Getiriler} - \text{Maliyetler} \quad (2.6)$$

$$\text{Opsiyon} = \text{Getiriler} \times N(d_1) - \text{Maliyetler} \times N(d_2) \quad (2.7)$$

2.2.2.5. Yönetimsel Esneklik, Asimetri ve Genişletilmiş (Stratejik) NBD

Belirsizliğin ve rekabetçi etkileşimlerin yaşandığı gerçek dünyada, nakit akışlarının değeri yönetimin beklentilerine göre muhtemelen değişecektir. Yeni bilgiler elde edildikçe ve gelecekteki nakit akışlarıyla ilgili belirsizlikler zamanla çözüldükçe, yönetim çeşitli projelerden vazgeçmenin ve işletme stratejilerini yeniden gözden geçirmenin değişik seviyelerde esneklik sağlayacağını fark edebilir. Örneğin, yönetim bir projenin kullanım ömrü boyunca çeşitli safhalarda projeyi erteleyebilir,

genişletebilir, daraltabilir, projeden vazgeçebilir veya çeşitli şekillerde projeyi değiştirebilir. [23,s.122]



Şekil 2.5: Yönetimsel Esnekliğin Projenin NBD Olasılık Dağılımına Olan Etkisi [23,S.123]

Yönetimin gelecekteki çevreye bağlı olarak yatırımla ilgili kararlarını uyarlama esnekliği, yatırım fırsatının ölçülen gerçek değerini, potansiyel yükselme eğilimini geliştirip pasif yönetim altında yönetimin ilk beklentileri ile ilişkili kayıpların azalma eğilimini de sınırlayarak genişletmesi NBD'in olasılık dağılımında asimetri yada çarpıklık ortaya koymaktadır.(Şekil 2.5'e bakınız). Bu gibi yönetimsel esnekliklerin yokluğunda, NBD'in olasılık dağılımı oldukça simetrik bir yapı gösterecektir ki bu durumda statik (veya pasif) NBD'in beklenen değeri (veya simetrik dağılımın ortalaması) dağılımın modu veya olası beklenen değeri ile tam anlamıyla çakışacaktır (Şekil 2.5'ün üst kısmına bakınız). Yönetimsel esnekliklerin (projeyi erteleme veya projeden erken vazgeçme gibi) önemli olduğu durumlarda, yönetim başlangıçtaki

beklentilerine göre farklı olan gelecekteki olaylara daha iyi uyum sağlamaktadır (veya gelecek olaylara karşı daha iyi korunma sağlamaktadır). Bu durumda ortaya çıkan gerçek dağılım sağa doğru çarpıklık göstermektedir (Şekil 2.5’ün alt kısmına bakınız). Böyle bir asimetrik dağılımın gerçek beklenen değeri (Genişletilmiş (veya Stratejik) beklenen NBD olarak tanımlanmaktadır-“genişletilmiş” sözcüğü yönetsel esnekliği ve stratejik adaptasyonu içermektedir) kendi modunu (statik veya pasif beklenen NBD’in simetrik dağılımının modu ile aynıdır) yönetsel esnekliklerin değerini yansıtan opsiyon primi kadar aşacaktır.

Yönetmel esneklik sonucu oluşan asimetrik (sağa doğru çarpıklık gösteren) NBD olasılık dağılımında meydana gelen genişletilmiş (veya stratejik) NBD ölçütü, doğrudan ölçülen beklenen nakit akışlarının geleneksel “statik” veya “pasif” NBD’i ve rekabet, sinerji ve projeler arası bağımlılık ve aktif yönetim altındaki işletme ve stratejik opsiyonların değeri ile elde edilen opsiyon primi gibi unsurları yansıtmaktadır. Bu durumda genişletilmiş (veya stratejik) NBD Denklem 2.8’deki gibi olmaktadır. [23,s.122-124]

Genişletilmiş (Stratejik) Net Bugünkü Değer

= Beklenen nakit akışının klasik (statik, pasif veya direkt) NBD

+ Opsiyon Primi (Rekabet, sinerji ve projeler arası bağımlılığın etkileşimlerinin ve aktif yönetimin oluşturduğu işletme ve stratejik opsiyonlarının değeri) **(2.8)**

Opsiyon tabanlı yatırım değerlendirme yönteminin kullanımındaki temel motivasyon, bu yöntemin opsiyon primini veya esneklik unsurunu kavramsallaştırma ve nicelleştirme potansiyelidir. Bu durum geleneksel statik (pasif) NBD’in gereksiz olduğu anlamından çok geleneksel NBD’in opsiyon tabanlı genişletilmiş NBD yapısı için kritik ve gerekli bir girdi olduğu anlamı çıkarılmalıdır.[23,s.124]

2.2.2.6. Reel Opsiyonlar ile Finansal Opsiyonların Karşılaştırılması

Reel opsiyonlar reel ve fiziksel varlıkları analiz etmek için finansal opsiyonlar teorisini kullanmaktadır. Bu nedenle finansal ve reel opsiyonlar arasında çok fazla benzerlik bulunmaktadır. Bununla beraber, Tablo 2.4’te gösterildiği üzere birçok önemli farklılıkları da bulunmaktadır. Örnek olarak finansal opsiyonlar kısa vadeye sahip olup birkaç ay içinde genellikle süreleri dolmaktadır. Reel opsiyonlar ise uzun vadeye sahip olup genellikle birkaç yılda süreleri dolmaktadır. Finansal opsiyonlarda

dayanak varlık hisse senedi fiyatı iken reel opsiyonlarda birçok iş değişkenleridir. Bu değişkenler nakit akışlarını, pazar talebini, mal fiyatlarını, vs. kapsayabilmektedir. Finansal opsiyonlarda, iç ticaret kurallarından dolayı, opsiyon sahibi en azından teoride kendi çıkarı için hisse senedi fiyatlarını manipüle edememektedir. Buna karşın reel opsiyonlarda stratejik opsiyonlar yönetim tarafından oluşturulduğu için yönetimin kararları projenin reel opsiyon değerini arttırabilmektedir. Finansal opsiyonlar (opsiyon başına on veya yüz dolarlarla ölçülen) reel opsiyonlara (stratejik opsiyon başına bin, milyon ve hatta milyar dolarlarla ölçülen) göre daha düşük değerlere sahiptirler. [6,s.99-100]

Tablo 2.4: Reel Opsiyonlar Ve Finansal Opsiyonlar Arasındaki Farklılıklar [6,s.100]

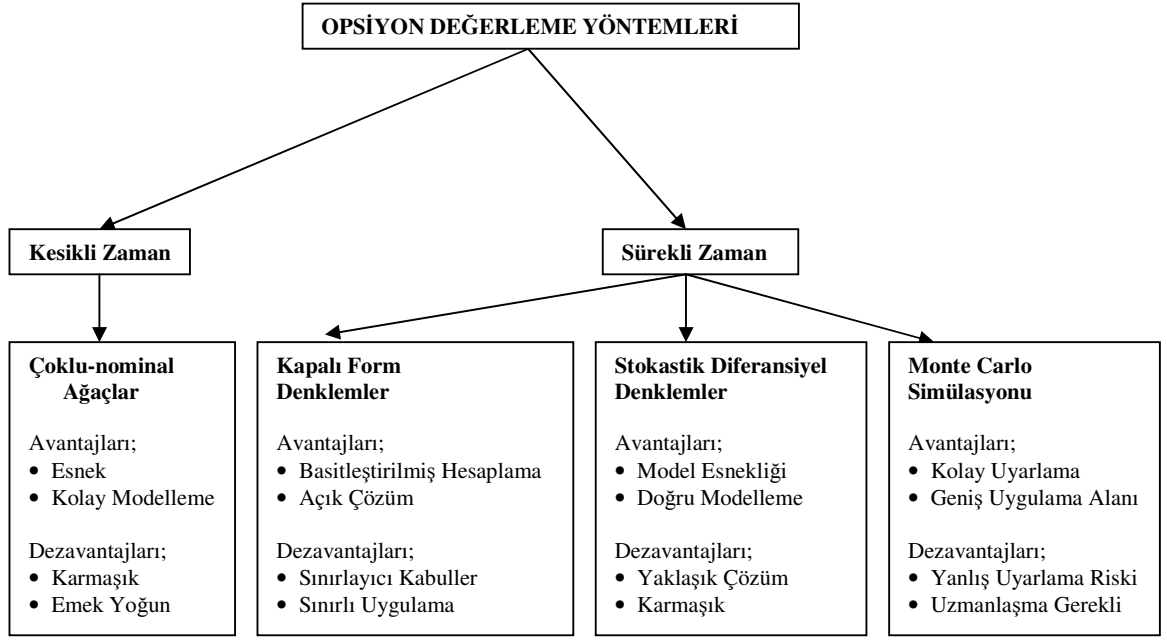
Finansal Opsiyonlar	Reel Opsiyonlar
Genellikle aylarla ifade edilen kısa vadeye sahiptirler.	Genellikle yıllarla ifade edilen uzun vadeye sahiptirler.
Dayanak değişkenin değeri hisse senedi fiyatı veya bir finansal varlığın fiyatı ile ifade edilmektedir.	Dayanak değişken rekabet, talep, yönetimin etkisiyle oluşan nakit akışlarıdır.
Opsiyon değeri hisse senedi fiyatlarının manipüle edilmesi ile kontrol edilemez.	Yönetim kararları ve esnekliği vasıtasıyla stratejik opsiyon değeri arttırılabilir.
Değerler genellikle küçüktür.	Büyük milyon ve milyar dolarlık kararlar.
Rekabet veya pazar etkisinin opsiyon değeri veya fiyatlama ile ilgisi yoktur.	Rekabet ve pazar stratejik opsiyonun değerini oluşturur.
30 yıldan uzun zamandır pazardadır ve ticareti yapılmaktadır.	10 yıldan bu yana işletme finansındaki son gelişmeler varlığını sürdürmektedir.
Genellikle kapalı form kısmi diferansiyel denklemler ve simülasyon tekniklerinin kullanılması ile çözülmektedir.	Genellikle kapalı form denklemler ve binom ağaçlar modeli kullanılarak çözülmektedir.
Karşılaştırılma ve fiyat bilgileri ile pazarlanabilir ve ticareti yapılabilir menkul kıymetlerdir.	Pazar karşılaştırılabilirliklerinin olmaması ile doğası gereği sahibine aittir ve ticareti yapılmaz.
Finansal opsiyonlar pazarda işlem gören menkul kıymetlerdir ve belirli varlık fiyatlarına sahiptirler.	Reel opsiyonlar pazarda işlem görmeyen varlıklara dayanmaktadır ve finansal vekilleri çok seyrek olarak mevcuttur.

Finansal opsiyonların ticareti 30-40 yıldan beri yapılmakta iken reel opsiyonlar sadece son gelişmeler ile özellikle endüstride kullanılmaktadır. Her iki tip opsiyonlar kapalı form çözümler, binom ağaçlar modeli ve simülasyon gibi benzer teknikler kullanılarak çözülmektedir. Fakat reel opsiyonların endüstrideki kullanımında binom ağaçlar modelinin kolaylıkla açıklanabilmesi ve metodolojisinin kolay anlaşılmasından dolayı binom ağaçlar modeli kabul görmüştür. Son olarak finansal opsiyonların pazarda işlem gören menkul kıymetler olmaları ve belirli varlık fiyatlarına sahip olmaları nedeniyle yapısı daha kolaydır ve daha nesneldir. Reel opsiyonlar pazarda işlem görmeyen varlıklara dayanmaktadır ve finansal vekilleri çok seyrek olarak mevcuttur. Bu nedenle yönetim varsayımları reel opsiyonların değerlemesinde kilit rol oynarken finansal opsiyonların değerlemesinde daha az önemlidir. Bir projede yönetim gelecekte kendisine opsiyonlar sağlayacak stratejiler yaratabilir. Bu opsiyonların değeri nasıl kurulduklarına bağlı olarak değişebilmektedir. [6,s.100]

Bazı özel durumlarda reel opsiyonlar finansal opsiyonlara benzemektedir. Örnek olarak bir alım opsiyonu alıcısının pozisyonu bir genişleme opsiyonuna benzemektedir. Çünkü bir genişleme opsiyonunu oluşturmak veya kurmak opsiyonun primine veya satın alma fiyatına benzer şekilde maliyete neden olmaktadır. Eğer zamanla dayanak varlık değeri olarak artış göstermezse bir genişleme opsiyonu sahibinin katlanacağı maksimum kayıp bu opsiyonu kurma maliyeti olacaktır. Eğer dayanak varlığın değeri maliyetinin (kullanım fiyatı) üzerinde önemli derecede artış gösterirse genişleme opsiyonunun değerinde de artış olacaktır. Bu durumda opsiyonun getirisi sınırsız iken kaybı opsiyon için ödenen prim kadar olacaktır. [6,s.101]

2.2.3. Modelleme Yaklaşımları

Reel opsiyonları değerlemek için kesikli ve sürekli zaman olmak üzere iki ayrı modelleme yaklaşımı kullanılmaktadır. Çoklu-nominal ağaçlar (multinomial lattice) kesikli zaman yaklaşımını oluştururken kapalı form denklemler, stokastik diferansiyel denklemler ve Monte Carlo simülasyonu sürekli zaman yaklaşımlarını oluşturmaktadır. Bu yaklaşımların tümü finansal opsiyon değerlendirme prosedürleri referans alınarak geliştirilmiştir. [32] Şekil 2.6.'da her modelleme yaklaşımının avantajları ve dezavantajları karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.6: Opsiyon Değerlemede Kullanılan Modelleme Yaklaşımları [1]

2.2.3.1. Ağaç Yaklaşımı

Ağaç yaklaşımı, dallardan oluşan bir ağacın bazı şekillerini oluşturmak için dayanak varlığın bir kesikli, çoklu-nominal, çarpımsal stokastik süreci (discrete, multinominal, multiplicative stochastic process) izlediğini varsaymaktadır. Opsiyon değeri, ağacın son düğümlerinden başlayarak tekrarlamalı olarak ilk düğüme kadar çözülmektedir. Ağaç yaklaşımının kullanımının avantajı sezgisel bir değerlendirme prosedürü ve esnek bir değerlendirme süreci olmasıdır. Karar verici opsiyon değerini ağaç boyunca gözleyebilir ve ağaç yapısı erteleme, büyüme, daraltma, amerikan tipi ve bileşik opsiyonların değerlemesini desteklemektedir. [32]

Finans literatüründe reel opsiyonlar için birçok kullanışlı ağaç yaklaşımı mevcuttur. Ancak en çok kullanılan ağaç yöntemi 1979 yılında John C. Cox, Stephen A. Ross ve Mark Rubinstein'in geliştirdiği binom ağaçlar modelidir. [33] Binom ağaçlar modelinde çözüm risk-nötral olasılıkların kullanımı ile bulunmaktadır. Binom ağaçlar modeli dayanak varlığın değerinin her zaman diliminde yukarı ve aşağı faktörleri ölçüsünde yukarı ve aşağı doğru hareket ettiğini varsaymaktadır. Risk-nötral bir dünyada, risk-nötral olasılık, beklenen getiriyi risksiz faiz oranına eşitleyen ağacın yukarı ve aşağı düğüm değerlerinin olasılığını ifade etmektedir. Opsiyonun değeri risk-nötral olasılık ile ağırlıklandırılmış ağacın yukarı ve aşağı

düğümlemlerdeki nakit akışlarının, risksiz faiz oranı ile iskontolanması yoluyla ağacın sonundan başına doğru ilerleyerek hesaplanmaktadır. [1, 6,s.143]

Binom ağaçlar modelinin uygulanması, sunulması ve açıklanması kolaydır. Ayrıca binom ağaçlar modeli reel opsiyon tiplerinin çeşitli problemlerinin çözülmesi için kolaylıkla uyarlanabilmesi bakımından yüksek derecede esnekler. Binom ağaçlar modelinin kurulması için basit matematiğin bilinmesi yeterli olmaktadır. Ancak bunların yanında binom ağaçlar modelinde çözüme yaklaşmak önemli derecede hesaplama gücü gerektirmektedir ve kesin çözüme yaklaşmak için düğümler arasındaki zamanın sıfıra yaklaşması gerekmektedir. [6,s.139-142]

2.2.3.2. Kapalı Form Denklemler

Reel opsiyon literatüründe birçok kapalı form opsiyon değerlendirme denklemleri geliştirilmiştir. Belirli varsayımlar seti altında, bütün bu denklemler sürekli zaman durumunda opsiyon değerine ulaşmaktadırlar. Kapalı form denklemlerinin kullanılmasının en önemli avantajı opsiyon değerlerini hesaplamadaki kolaylıktır. Bununla beraber modellerin sınır varsayımlarının dikkatli bir şekilde belirlenmesi, anlaşılması ve doğru şekilde uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle doğru varsayımların yapıldığı modeller için bu denklemler değerli araçlardır. Varsayımları tam olarak karşılamayan uygulamalar içinde bu denklemler değerlere ulaşmak için kullanılabilirler. [32]

İlk kapalı form denklemini Avrupa tipi alım ve satım opsiyonlarının fiyatlamasını yapmak üzere 1973 yılında Fischer Black ve Myron Scholes geliştirmişlerdir. [34] Bunu takiben Robert Merton, Black-Scholes modelini sürekli temettü ödemelerini dikkate alacak şekilde geliştirmiştir. [35] Günümüzde kullanılan opsiyonları fiyatlama yöntemlerinin çoğu Black-Scholes denkleminin ve yaklaşımının bir altkümesidir. [1,32]

Kapalı form denklemlerini bazı temel programlama bilgisi yardımıyla uygulamak kesin, hızlı ve kolaydır. Ancak yüksek derecede teknik stokastik hesap matematiği içerdikleri için açıklanması zordur. Kapalı form denklemlerinin doğası gereği belirli problemlere uygulandığından sınırlı modelleme esnekliğine sahiptir. [6,s.139]

2.2.3.3. Stokastik Diferansiyel Denklemler

Yukarıda belirtilen kapalı form denklemleri elde edebilmek için sınır koşulları ile bir dizi stokastik diferansiyel denklemlerin çözülmesi gerekmektedir. Bununla beraber çoğu zaman stokastik diferansiyel denklemlerin çözümleri mevcut değildir ve kısmi diferansiyel denklemlerin sonlu fark metotları veya Monte Carlo simülasyonunu kullanarak sayısal olarak çözülmesi gerekmektedir. Reel opsiyonlar yönünden, opsiyonu değerlemek için bir stokastik diferansiyel denklemler seti türetmek ve sonra sonuca ulaşmak için sayısal proseduru uygulamak halen uygulanabilir. Stokastik diferansiyel denklemler yaklaşımı en karmaşık yaklaşımdır ve stokastik hesaplama konusunda bilgili olmak gerekmektedir.[32]

2.2.3.4. Simülasyon

Monte Carlo simülasyonu hem finansal hem de reel opsiyonları değerlemek için çok değerli bir araçtır. Stokastik diferansiyel denklemlerin karmaşık doğası ve ağaç yaklaşımının emek yoğun bir yaklaşım olması nedeniyle simülasyon yöntemi opsiyon değerine ulaşmak için alternatif bir yaklaşım sunmaktadır. [32] Simülasyon yöntemleri, genellikle Monte Carlo Simülasyonunu kullanarak dayanak varlığın izlediği stokastik süreci, risksiz bir dünyada izleyebileceği çok farklı güzergâhları belirlemek amacıyla rassal sayıları kullanarak ifade eder. Her bir güzergâh için opsiyonun getirisi hesaplanarak risksiz faiz oranı ile iskonto edilmektedir. İskontolanmış getirilerin aritmetik ortalaması opsiyonun tahmini değeri olmaktadır. [1] Opsiyon değerlemede kullanılan Monte Carlo simülasyonunun aşağıdaki gibi yetersizlikleri vardır:

- En önyargısız olasılıklara dayalı girdilere sahip en detaylı modeller bile gerçek hayatta yaşanan durumları modellemekte yetersiz kalmaktadır. [1]
- Monte Carlo simülasyonu iyi tanımlanmış bir karar stratejisi oluşturmaz. Başka bir deyişle simülasyon yönetimin sahip olduğu stratejik alternatifleri göz önüne almamaktadır. Mesela simülasyon gerçek nakit akışlarının tahmini seviyelerinin altında veya üzerinde olabileceği aralık ve olasılıklarla ilgilenirken yönetimin bu koşullar oluştuğu takdirde ne yapacağı konusunda ilgilenmemektedir. [6,s.149]
- Monte Carlo simülasyonu kendisini besleyen girdi parametrelerinin dağılımlarını dikkate alarak çözüm sunan bir analiz yöntemidir. Belirsizliğin çözülmesiyle ve

yöntimsel esneklikle kritik parametrelerin dağılımları değişebilir. Monte Carlo simülasyonu bu tür değişiklikleri yakalayamamaktadır. [1]

2.2.4. Opsiyon Değerleme

Opsiyon değerlemede kullanılan opsiyon değerini etkileyen aşağıdaki gibi 6 parametre mevcuttur:

- **Varlığın değeri (S)** : Reel opsiyonlarda dayanak varlığın bugünkü değeridir. Finansal opsiyonlarda ise opsiyonun yazıldığı hisse senedinin fiyatıdır.
- **Kullanım Fiyatı (X)** : Reel opsiyonlarda opsiyonun uygulama maliyetinin bugünkü değeridir. Finansal opsiyonlarda ise opsiyonu uygulamanın maliyetidir.
- **Opsiyonun Ömrü (T)** : Reel opsiyonlarda opsiyonun kullanım süresi bitimine kalan zamandır. Finansal opsiyonlarda ise kullanma tarihine kalan süredir.
- **Volatilite (σ)** : Reel opsiyonlarda nakit akışı getirilerinin oransal olarak değişkenliğidir. Finansal opsiyonlarda hisse senedi getirilerinin yıllık bazda değişimidir yada hisse senedi getirilerindeki yıllık bazda standart sapmalarıdır.
- **Risksiz Faiz Oranı (r_f)** : Reel ve Finansal opsiyonlarda risksiz faiz oranını göstermektedir.
- **Kar Payı (δ)** : Reel opsiyonlarda opsiyonun canlı kaldığı süre boyunca karşılaşılan değer kaybıdır. Bunun iki sebebi olabilir. Birincisi opsiyonu canlı tutmak için düzenli ödemelerin yapılması gerekebilmektedir. İkinci olarak opsiyonun geç uygulanması sonucu rakiplere kaptırılan pazar payının değeri olarak düşünülebilir. Finansal opsiyonlarda ise hissedarlara yapılan düzenli ödemelerdir.

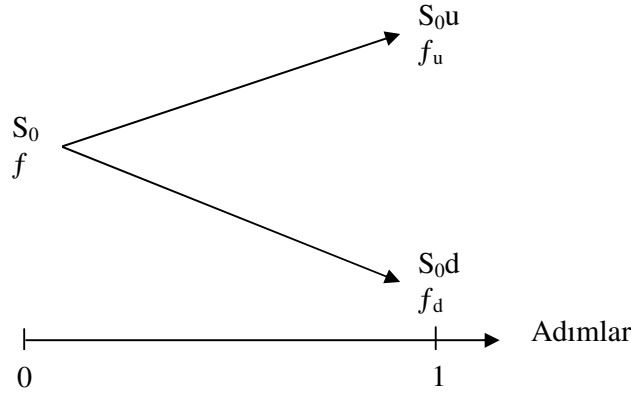
Varlığın değerindeki, volatilitedeki ve opsiyonun ömründeki artışlar opsiyon değerini arttırırken kullanım fiyatı ve kar paylarındaki artış opsiyon değerini azaltmaktadır. Risksiz faiz oranının opsiyon değeri üzerindeki etkisiyle ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Finansal opsiyon teorisine göre risksiz faiz oranındaki artış opsiyon değerini arttırmaktadır. Ancak bazı araştırmacılar bunun tam tersini önermektedir. Aşağıda, ömrü boyunca kar payı ödemesinde bulunmayan bir alım opsiyonu için binom ağaçlar modeli ve Black-scholes modelinin matematiksel çıkarımları verilmiştir. [1]

2.2.4.1. Binom Ağaçlar Modeli

Cox, Ross ve Rubinstein tarafından geliştirilen binom ağaçlar opsiyon değerlendirme modeli opsiyonları değerlemek için basit sayısal bir yöntemdir. [33] Bu modelde vadeden önce opsiyonun kullanılması optimal olabilmektedir ve bu model Amerikan tipi opsiyonlarda kullanılabilmektedir. Bu model yatırımcıların riske karşı davranışlarından bağımsız bir modeldir başka bir deyişle yatırımcıları risk-nötral kabul etmektedir. Bu modelin varsayımlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [36];

- Hisse senedi fiyatları kesikli zamanda çarpımsal binom sürecini (multiplicative binomial process) izlemektedir.
- İskonto oranı sabittir.
- Herhangi bir vergi ve alım satım işlemleri için bir komisyon yoktur ve açığa satış (short selling) sınırlamaları mevcut değildir.

Binom ağaçlar modeli, belirli bir zaman diliminde fiyatlarda iki yönde değişim olabileceği esasına dayanmaktadır. Bir binom ağaçlar modelini tanımlamak için ilk olarak zaman dilimi(Δt) belirlenir. Bu zaman dilimi basitçe adımlar veya düğümler arasındaki zaman ölçüsü olarak tanımlanabilir. Eğer bir opsiyon bir yıllık bir vadeye veya opsiyon ömrüne sahip ise ve binom ağaçlar modeli 10 adıma sahip olarak kurulacaksa her bir zaman dilimi 0,1 yıl olacaktır. Modele göre eğer bir dönemin başındaki hisse senedi fiyatı biliniyorsa, Δt zaman dilimi sonra hisse senedi fiyatı ancak olası iki değerden birini alabilir. Olası bu iki değer bir önceki adımdaki fiyatın belli katsayılarla çarpımı olarak tanımlanır ve üst değeri elde etmek için u , alt değeri elde etmek için ise d ile çarpılır. Burada u ve d , $u > 1$ ve $d < 1$ şartını sağlayan iki pozitif sayıdır. Dolayısıyla, eğer bir dönemin başındaki fiyat S_0 ise, bir sonraki dönemdeki fiyat ya S_0u ya da S_0d olabilir. Hisse senedi fiyatında yukarı doğru bir hareket olduğunda artış oranı $u-1$; aşağıya doğru bir hareket olduğunda azalış oranı $1-d$ olur. Bugünkü fiyatı S_0 olan bir hisse senedi ve bugünkü fiyatı f olan bir hisse senedine dayalı bir opsiyon ele alındığında, hisse senedi fiyatı S_0u 'ya çıktığında opsiyon değerinin f_u ; S_0d 'ye düştüğünde ise opsiyon değerinin f_d olduğu kabul edilir. Şekil 2.7'de bu durum gösterilmiştir. Aşağıda bir adımlı binom ağaçlar modeli kullanılarak opsiyon değerinin bulunması genelleştirilmiştir. [1,6,s.143–146,37,s.196,38]



Şekil 2.7: Bir Adımlı Binom Ağaçlar Modelinde Hisse Senedi Fiyatı Ve Opsiyon Değeri [37,s.196]

Δ adet hisse senedini alma hakkını elimizde tuttuğumuz ve bir alım opsiyonunun alıcısı durumunda olduğumuz bir portföy yönettiğimizi varsayalım. Portföyü risksiz yapan Δ değerini hesaplayalım. Eğer hisse senedinin fiyatında yukarı doğru bir hareket var ise, portföyün opsiyonun ömrü sonundaki değeri

$$S_0u\Delta - f_u$$

şeklinde olacaktır. Eğer hisse senedinin fiyatında aşağı doğru bir hareket var ise opsiyonun ömrü sonundaki değeri

$$S_0d\Delta - f_d$$

şeklinde olacaktır. Bu iki değer aşağıdaki şartlar sağlandığında eşittir;

$$S_0u\Delta - f_u = S_0d\Delta - f_d$$

veya

$$\Delta = \frac{(f_u - f_d)}{(S_0u - S_0d)} \quad (2.9)$$

Bu durumda portföy risksizdir ve arbitraj fırsatlarının varolmamasından dolayı portföy risksiz faiz oranı kadar bir getiri sunmalıdır. Arbitraj iki veya daha fazla piyasada aynı anda işlem yapılması ile kar elde edilmesi anlamına gelmektedir. Ancak bu şekilde kar elde edilmesi yani bu arbitraj fırsatı çok uzun soluklu olamaz. Bu fırsatı gören yatırımcılar arbitraj fırsatından çok çabuk yararlanmak

isteyeceklerdir ve bu durum arbitraj fırsatını ortadan kaldıracaktır. Denklem 2.9’da gösterilen Δ , opsiyon değerindeki değişikliğin, hisse senedinin fiyatındaki değişikliğe olan oranıdır. [1,37,s.197,38]

Eğer risksiz faiz oranını r_f ile gösterirsek portföyün bugünkü değeri aşağıdaki gibidir.

$$(S_0 u \Delta - f_u) e^{-r_f T}$$

Portföyü kurma maliyeti aşağıdaki gibidir;

$$S_0 \Delta - f$$

bunu takiben

$$S_0 \Delta - f = (S_0 u \Delta - f_u) e^{-r_f T}$$

veya

$$f = S_0 \Delta - (S_0 u \Delta - f_u) e^{-r_f T}$$

Denklem 2.9’daki Δ değeri yerine konulduğunda, Denklem 2.10 elde edilir.

$$f = e^{-r_f T} [p f_u + (1 - p) f_d] \quad (2.10)$$

Bu denklemdeki p ve $1-p$ sırasıyla risk-nötral bir dünyada hisse senedi fiyatının yukarı doğru ve aşağı doğru hareket olasılıklarını temsil etmektedir.

$$p = \frac{e^{r_f T} - d}{u - d} \quad (2.11)$$

Denklem 2.10 ve denklem 2.11 bir adımlı binom ağaçlar modelini kullanarak bir opsiyonun fiyatlandırılmasını sağlamaktadır. [37,s.197,38]

Denklem 2.11’deki u ve d değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

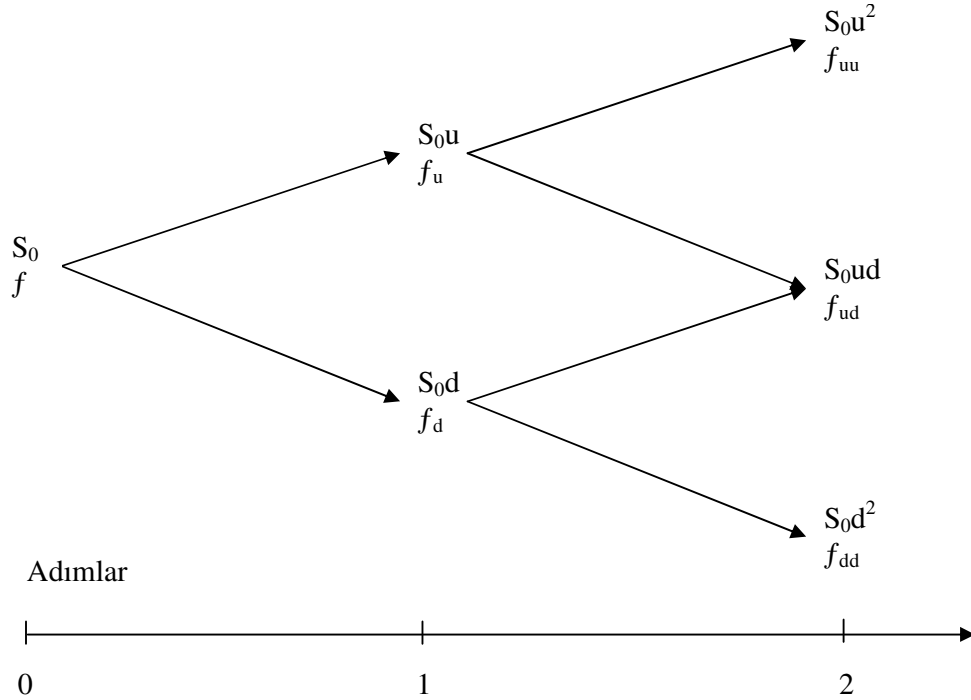
$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} \quad (2.12)$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}} \quad (2.13)$$

ve

$$u = \frac{1}{d} \quad (2.14)$$

Şekil 2.8’de gösterilen durumun göz önüne alınması ile iki adımlı binom ağaçlar modeli kullanılarak opsiyon değerinin bulunması aşağıda genelleştirilmiştir. Başlangıçta hisse senedi fiyatı S_0 ’dır. Her adımda hisse senedi fiyatı ya başlangıçtaki değerinin u katsayısı ile çarpılması ile yukarıya doğru hareket etmektedir ya da başlangıçtaki değerinin d katsayısı ile çarpılması ile aşağıya doğru hareket etmektedir. Adımlardaki opsiyon değerlerini göstermek için kullanılan semboller Şekil 2.8’deki ağaçta gösterilmiştir. Örnek olarak iki yukarıya doğru hareketten sonra opsiyonun değeri f_{uu} sembolü ile gösterilmiştir. Risksiz faiz oranının r_f ve zaman diliminin (veya adımlar arası süre) Δt yıl olduğu varsayılmıştır. [37,s.201-202]



Şekil 2.8: İki Adımlı Binom Ağaçlar Modelinde Hisse Senedi Fiyatı Ve Opsiyon Değeri [37,s.201]

Denklem 2.10’un yeniden uygulanması ile

$$f_u = e^{-r_f \Delta t} [pf_{uu} + (1-p)f_{ud}] \quad (2.15)$$

$$f_d = e^{-r_f \Delta t} [pf_{ud} + (1-p)f_{dd}] \quad (2.16)$$

$$f = e^{-r_f \Delta t} [pf_u + (1-p)f_d] \quad (2.17)$$

elde edilir ve Denklem 2.15'teki f_u 'nun ve Denklem 2.16'daki f_d 'nin Denklem 2.17'de yerine konulması ile

$$f = e^{-2r_f \Delta t} [p^2 f_{uu} + 2p(1-p)f_{ud} + (1-p)^2 f_{dd}] \quad (2.18)$$

elde edilir.

2.2.4.2. Black – Scholes Modeli

Opsiyon değerlemede çok fazla kullanılan diğer bir model Black ve Scholes modelidir. Bu modelin varsayımlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [36];

- Kısa dönemli iskonto oranı bilinmektedir ve sabittir.
- Hisse senedi fiyatları Geometrik Brownian hareketi izlemektedir.
- Hisse senedi kar payı ödemesinde bulunmamaktadır.
- Hisse senedi veya opsiyon alım satım işlemleri için bir komisyon yoktur.
- Opsiyon tipi Avrupa tipidir yani opsiyon yalnızca vadesinde kullanılır.
- Yatırımcılar kısa dönemli faiz oranı ile nakit ödünç alıp verebilirler.
- Açığa satış (short selling) için herhangi bir sınırlama yoktur.

Black-Scholes modeli hisse senedi fiyatının Denklem 2.19'da belirtilen Geometrik Brownian hareketi izlediğini varsaymaktadır. (Ek A'ya bakınız.) [37,s.237]

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (2.19)$$

Alım opsiyonunun değerini gösteren $f(S,t)$ 'nin, hisse senedi fiyatı; S , ve zamanın; t , bir fonksiyonu olduğunu varsayalım. Ito savından (Ek B'ye bakınız);

$$df = \left(\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S dz \quad (2.20)$$

Wiener prosesi; dz , f ve S için aynıdır. Bir hisse senedi ve o hisse senedini baz alan bir opsiyondan oluşan bir portföy seçilerek Wiener prosesi ifadeden kaldırılabilir. Bu şartı sağlayan uygun portföy bir adet alım opsiyonu satmak ve $\partial f / \partial S$ adet hisse

senedi alınması suretiyle oluşturulan portföydür. Portföyün değeri Π , Denklem 2.21’de belirtildiği gibidir. [1,37,s.237]

$$\Pi = -f + \frac{\partial f}{\partial S} S \quad (2.21)$$

Oluşturulan portföy sadece çok kısa bir zaman dilimi için risksizdir. S ve t değiştikçe, $\partial f / \partial S$ ‘de değişmektedir. Portföyün risksiz kalabilmesi için portföyü oluşturan değişkenlerin oranları değiştirilmelidir.

Denklem 2.19 ve Denklem 2.20’nin kesikli formu aşağıdaki gibidir;

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \Delta z$$

ve

$$\Delta f = \left(\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S \Delta z$$

Δt ’lik bir zaman diliminde, $\Delta \Pi$ ifadesinde oluşacak değişim aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \Delta \Pi &= -\Delta f + \frac{\partial f}{\partial S} \Delta S \\ &= -\left(\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t - \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S \Delta z + \frac{\partial f}{\partial S} \mu S \Delta t + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S \Delta z \\ &= \left(-\frac{\partial f}{\partial t} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t \end{aligned} \quad (2.22)$$

Görüldüğü üzere ifade Δz ’den bağımsızdır, ayrıca arbitraj fırsatlarının varolmadığı varsayımı portföyün Δt süresi boyunca risksiz olmasını sağlar. Buradan aşağıdaki ifade elde edilir.[1,37,s.238]

$$\Delta \Pi = r_f \Pi \Delta t \quad (2.23)$$

r_f , risksiz faiz oranını ifade etmektedir. Denklem 2.23’teki ifadeye Denklem 2.21’deki ve Denklem 2.22’deki ifadeler yerleştirilirse;

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t = r_f \left(f - \frac{\partial f}{\partial S} S \right) \Delta t$$

Böylece;

$$\frac{\partial f}{\partial t} + r_f S \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = r_f f \quad (2.24)$$

Denklem 2.24, Black-Scholes diferansiyel denklemidir. Bu diferansiyel denklemin çözümü sınır koşullarına bağlıdır. Avrupa tipi alım opsiyonlarında bu sınır koşulu aşağıdaki gibidir.[1,37,s.238]

$$t = T \text{ iken, } f = \max [S-X, 0]$$

Black-Scholes diferansiyel denkleminin, kar payı ödemesi olmayan Avrupa tipi alım opsiyonu için çözüm, sınır koşulları da kullanılarak, aşağıdaki gibi elde edilir. [1,37,s.241,38-40]

$$C = S_0 N(d_1) - X e^{-r_f T} N(d_2) \quad (2.25)$$

Burada

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r_f + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r_f - \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

$N(x)$, ortalaması 0 standart sapması 1 olan normal dağılıma uyan bir değişken için kümülatif olasılık yoğunluk fonksiyonudur. Avrupa tipi bir satım opsiyonu için ise sınır koşulları aşağıdaki gibidir [1,37,s.238];

$$t = T \text{ iken, } f = \max [X-S, 0]$$

Black-Scholes diferansiyel denkleminin, kar payı ödemesi olmayan Avrupa tipi satım opsiyonu için çözümü aşağıdaki gibidir.

$$P = X e^{-r_f T} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (2.26)$$

2.2.4.3. Risk-Nötral Değerleme

Denklem 2.24'teki Black-Scholes diferansiyel denkleminde görüldüğü üzere bu denklemde yatırımcıların risk tercihlerinden etkilenen bir değişken bulunmamaktadır. Denklemde görülen değişkenler bugünkü hisse senedi fiyatı, zaman, hisse senedi fiyatı volatilitesi, ve risksiz faiz oranıdır. Bunların tümü risk tercihlerinden bağımsızdır. Bu durum opsiyonların değerlendirilmesinde çok önemli bir unsur olan risk-nötral değerleme yaklaşımını ortaya çıkarmıştır. Arbitraj fırsatlarının varolmadığı ortamda risk-nötral değerleme yapılmaktadır. Risk-nötral değerlemede birbirinden oldukça farklılık gösteren yatırımcıların risk tercihlerinin dikkate alınması gerekmemektedir. [37,s.239]

Yatırımcıların risk-nötral olduğu bir dünyada, bütün menkul kıymetlerin beklenen getirisi risksiz faiz oranı kadar olacaktır(r_f). Bu durumda risk-nötral bir dünyadaki herhangi bir nakit akışın bugünkü değeri beklenen değerinin risksiz faiz oranı ile iskontolanması ile bulunacaktır. Risk-nötral bir dünya varsayımı opsiyonların ve diğer türevlerin analizini kolaylaştırmaktadır. [37,s.239]

Risk-nötral varsayımının Black-Scholes diferansiyel denkleminde çözümler elde edilebilmesi için sadece bir yapay araç olduğunun anlaşılması önemlidir. Ancak elde edilen sonuçlar yalnızca yatırımcıların risk-nötral olduğu dünyada değil tüm dünya için geçerlidir. Risk-nötral dünyadan gerçek dünyaya geçerse iki durum meydana gelmektedir. Bunlar hisse senedi fiyatlarındaki beklenen büyüme oranının değişmesi ve uygulanan iskonto oranının değişmesidir. Ancak bu iki etki birbirlerini her zaman tam olarak dengelemektedir. [37,s.239-240]

Risk-nötral değerlemeyi daha ayrıntılı bir şekilde açıklamak için Şekil 2.7'deki gibi bir adımlı binom ağaçlar modeline bakalım. Yukarı doğru hareketin olasılığı p varsayıldığında T zamanında beklenen hisse senedi fiyatı $E(S_T)$ aşağıdaki gibi elde edilir;

$$E(S_T) = pS_0u + (1 - p)S_0d$$

veya

$$E(S_T) = pS_0(u - d) + S_0d$$

Yukarıdaki denklemde Denklem 2.11’de verilen p yerine konulduğunda aşağıdaki denklem elde edilmektedir;

$$E(S_T) = Se^{r_f T} \quad (2.27)$$

Denklem 2.27 göstermektedir ki hisse senedi fiyatındaki beklenen büyüme risksiz faiz oranı kadar olmaktadır. Yukarı doğru hareketin olasılığının p olarak seçilmesi, hisse senedinden beklenen getirinin risksiz faiz oranına eşit olduğu anlamına gelmektedir. Denklem 2.27 yukarı doğru hareketin olasılığını p olarak tespit etmemiz ile risk-nötral bir dünya varsaydığımızı göstermektedir. Aşağıda yeniden verilen Denklem 2.10, opsiyon değerinin, kendi beklenen getirisinin risksiz faiz oranı ile iskonto edilerek hesaplandığını göstermektedir. [37,s.198]

$$f = e^{-r_f T} [pf_u + (1 - p)f_d]$$

Bu sonuç, opsiyon fiyatlamada risk-nötral değerlendirme olarak bilinen önemli bir genel prensibin örneğidir.

2.2.4.4. Black – Scholes Modeli ile Binom Ağaçlar Modelinin Karşılaştırılması

Black-Scholes modeli kapalı form denklemler kategorisine girmektedir ve kapalı form denklemlerin avantaj ve dezavantajlarına sahiptir. Buna göre Black-Scholes modeli kolayca ve hızlı şekilde çözülebilen ve ayrıca kesin sonuç veren bir analitik yöntemdir. Ancak yüksek derecede teknik stokastik hesap matematiği içerdiğinden açıklanması zordur. [6,s.139]

Black-Scholes modeli sürekli zaman stokastik süreci için bir analitik çözüm sunarken binom ağaçlar modeli kesikli zaman stokastik süreci için bir çözüm sunmaktadır. Black-Scholes modeli kısmi diferansiyel denklem gerektirirken binom ağaçlar modeli temel matematik bilgisi gerektirmektedir. [13,s.24]

Black-Scholes modeli gelecekteki getirilerin lognormal dağılıma uyduğunu varsaymaktadır. Ayrıca Black-Scholes modeli en temel şekilde Avrupa tipi opsiyonları başka bir deyişle sadece vadesinde kullanılabilecek opsiyonları değerlemek için kullanılmaktadır. [13,s.25]

Binom ağaçlar modeli ise gelecekteki getirilerin binom dağılıma uyduğunu varsaymaktadır. Ayrıca binom ağaçlar modeli Amerika tipi opsiyonları başka bir

deyişle ömrü boyunca herhangi bir zamanda kullanılabilen opsiyonları değerlemek için kullanılabilmektedir. [1]

Tablo 2.5'te Black-Scholes ve binom ağaçlar modellerinin özellikleri ve kabulleri gösterilmiştir.

Tablo 2.5: Black-Scholes Ve Binom Ağaçlar Modellerinin Özellikleri Ve Varsayımları [1]

Black-Scholes Modeli	Binom Ağaçlar Modeli
Opsiyonun vadesi boyunca kar payı ödemesinde bulunmayacağı varsayılır.	Opsiyon vadesi içerisinde kar payı ödemesinde bulunabilir.
Opsiyon sadece vadesinde kullanılabilir.	Opsiyon, ömrü boyunca herhangi bir zamanda kullanılabilir.
Nakit akışının bağımlı olduğu varlık piyasalarda işlem görmektedir ve arbitraj fırsatları yoktur.(Risk-nötral değerlendirme)	Nakit akışının bağımlı olduğu varlık piyasalarda işlem görmektedir ve arbitraj fırsatları yoktur.(Risk-nötral değerlendirme)
Getiriler lognormal dağılıma uymaktadır.	Getiriler binom dağılıma uymaktadır.
Getirilerin volatilitesi sabittir.	Getirilerin volatilitesi sabittir.
Faiz oranları belirli ve sabittir.	Faiz oranları belirli ve sabittir.
Kullanım fiyatı deterministiktir.	Kullanım fiyatı deterministiktir.
Opsiyonların alım ve satım işlemleri için bir komisyon talep edilmemektedir.	Opsiyonların alım ve satım işlemleri için bir komisyon talep edilmemektedir.
Açığa satış (short selling) yapılmasına müsaade eder.	Açığa satış (short selling) yapılmasına müsaade eder.

Binom ağaçlar modeli kullanılarak hesaplanan opsiyon değeri belli koşullar altında Black-Scholes modeli kullanılarak hesaplanan opsiyon değerine yakınsamaktadır. Opsiyonun ömrü, T , yeterince uzun bir zamanı ifade ediyorsa (1 yıl ve üzerinde olan süreler gibi), karar vericinin kontrolündeki keyfi bir değer olan ve opsiyon ömrünü daha küçük periyotlara bölen adım sayısı; n , yeterince büyük belirlendiği durumlarda başka bir deyişle adım sayısı sonsuza yaklaştığında veya zaman dilimi (Δt) sıfıra yaklaştığında ($\Delta t = T/n$, $n = 1000$ gibi) binom ağaçlar modeli ile elde edilen sonuç Black-Scholes modeli ile elde edilen sonuca yaklaşmaktadır. [1,6,s.158]

Örnek 2.2

Örnekte Avrupa tipi finansal alım opsiyonu ele alınmaktadır. Örneğe göre varlık değeri(S) \$100, kullanım fiyatı(X) \$100, kullanım tarihine kalan süre yani opsiyon

ömrü 1 yıl, risksiz faiz oranı(r_f) % 5, volatilité(σ) % 25'tir ve opsiyonun kar payı ödemesinin olmadığı varsayılmıştır. [6,s.155-158]

- **Örneğin Black-Scholes Modeli ile Çözülmesi;**

$$C = SN \left[\frac{\ln(S/X) + (r_f + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} \right] - Xe^{-r_f T} N \left[\frac{\ln(S/X) + (r_f - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} \right]$$

$$C = 100N \left[\frac{\ln(100/100) + (0,05 + 0,25^2/2)1}{0,25\sqrt{1}} \right] - 100e^{-0,05(1)} N \left[\frac{\ln(100/100) + (0,05 - 0,25^2/2)1}{0,25\sqrt{1}} \right]$$

$$C = 100N[0,325] - 95,13N[0,075] = 100(0,6274) - 95,13(0,5298) = 12,3360$$

Black-Scholes modelini kullanarak hesaplanan alım opsiyonu değeri yukarıdaki hesaplamalardan da görüleceği üzere \$12,3360 bulunmuştur.

- **Örneğin Binom Ağaç Modeli ile Çözülmesi;**

Binom ağaç modeli ile bir opsiyonun değeri bulunurken ilk olarak opsiyon ömrünün bölüneceği adım sayısına karar verilir ve her adımda varlık değerinin çarpılacağı üst (u) ve alt (d) değer ile risk-nötral olasılık değeri hesaplanır. Örneğimizde adım sayısı (n) 5 olarak kabul edilmiştir. Böylece zaman dilimi (Δt) opsiyon ömrü olan 1 yılın adım sayısı olan 5'e bölünmesi ile 0,2 yıl bulunmuştur. Buna göre aşağıdaki gibi üst ve alt değer ile risk-nötral olasılık değeri hesaplanır;

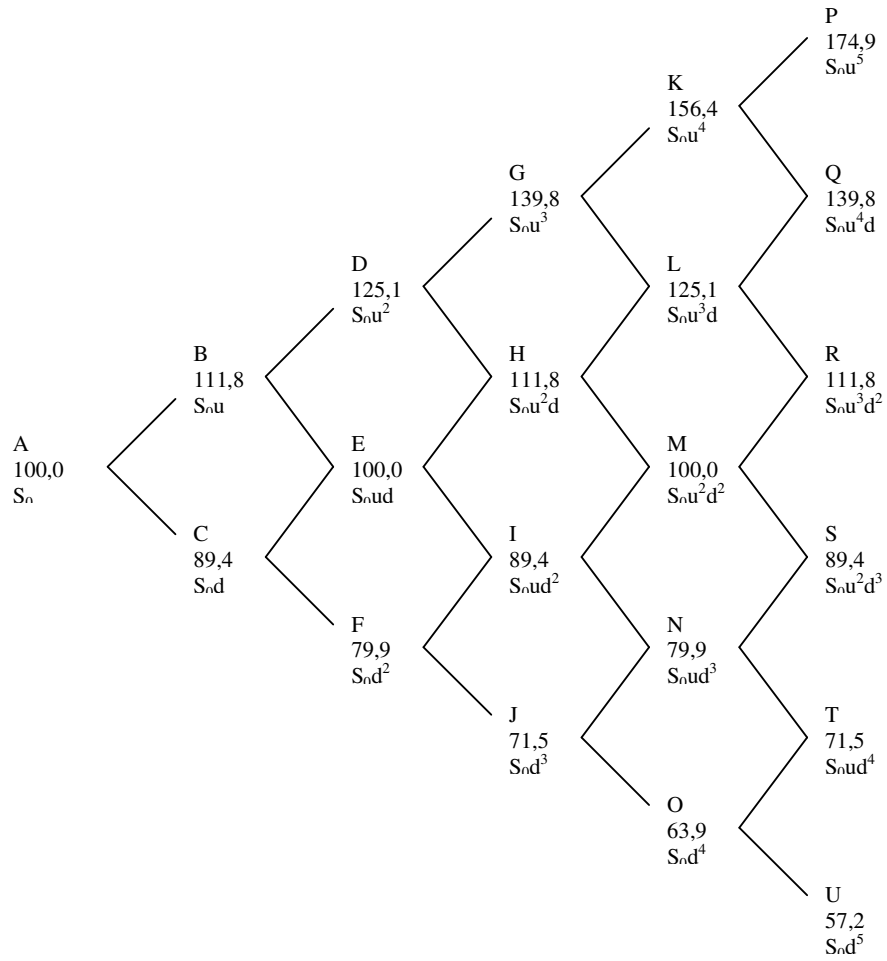
$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{0,25\sqrt{0,2}} = 1,1183$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{-0,25\sqrt{0,2}} = 0,8942$$

$$p = \frac{e^{r_f \Delta t} - d}{u - d} = \frac{e^{0,05(0,2)} - 0,8942}{1,1183 - 0,8942} = 0,5169$$

Şekil 2.9'da binom ağaçlar modelinin ilk ağacı olan dayanak varlık değerinin binom ağacı gösterilmiştir. Reel opsiyonlarda bu ağaç dayanak varlığın gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değerinin evrimine dayanarak oluşturulmaktadır. Bununla beraber finansal opsiyonlarda bu başlangıç hisse senedi fiyatıdır ve örneğimizde bu da \$100'dır. Bu \$100 değeri zamanla mevcut belirsizlik ve volatilité nedeniyle değişik değerler almaktadır. Örnek olarak \$100 değeri birinci zaman periyodunun üst dalında $S_0 \times u = \$100 \times 1,118 = \$111,8$ ve alt dalında $S_0 \times d = \$100 \times 0,894 = \$89,4$

olmaktadır. Bu üst değer ve alt değer etkisi son adıma kadar devam ederek mevcut %25 yıllık volatilité ile hisse senedi fiyatları 5 adım sonunda \$57,2 ve \$174,9 arasında değişmektedir. Eğer volatilité 0 olsaydı, ağaç yapısı bir düz çizgiye dönüşecekti ve her adımda hisse senedinin değeri \$100 dolar olacaktı. Belirsizliğin olması ile hisse senedi değeri \$57,2 ve \$174,9 arasında değişmektedir. Şekil 2.9'daki değerlerin yoldan bağımsız olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Örnek olarak H düğümündeki değeri ele alırsak $S_0 u^2 d$ çarpımını ABEH, ABDH veya ACEH yolları izlenerek elde edilebilmektedir.



Şekil 2.9: Dayanak Varlık Değerinin Binom Ağacı

Şekil 2.10'da binom ağaçlar modelinin ikinci ağacı olan değerleme ağacı gösterilmiştir. Değerleme ağacı iki adımda hesaplanmaktadır. Hesaplama son düğümlerden başlar ve sonra ortadaki düğümlere geçilir. Bu sürece geriye doğru atama (backward induction) denilmektedir. Örnek olarak daire içine alınmış son

Opsiyonu uygulamak veya sona ermesine izin vermek
arasından maksimum olan seçilir.
Opsiyonun uygulanmadan değersiz olarak sona ermesine
izin vermek = \$0
Opsiyonu uygulamak = $S_0u^5 - X = \$174,9 - \$100 = \$74,9$



Değerleme ağacının hesaplanmasındaki ikinci adım ağacın ortasındaki başka bir deyişle son düğümler hariç tüm düğümlerin hesaplanması adımıdır. Şekil 2.10'da gösterilen daire içine alınmış ortadaki düğüm risk-nötral olasılık analizi ile hesaplanmaktadır. Daha önce hesaplanan 0,5169 değerindeki risk-nötral olasılık kullanarak geriye doğru atama (backward induction) analizi aşağıdaki gibi uygulanır;

$$[(p) \times \text{sonraki adımdaki üst değer} + (1-p) \times \text{sonraki adımdaki alt değer}] \times e^{-r_f(\Delta t)}$$

$$[(0,5169)41,8 + (1 - 0,5169)16,2]e^{-0,05(0,2)} = 29,2$$

Yukarıda gösterilen geriye doğru atama hesaplamaları ile sondan başlayarak başa doğru tüm hesaplamalar yapılarak sıfır zamanında opsiyon değeri \$12,79 bulunur. Böylece 5 adımlı binom ağaçlar modeli kullanılarak opsiyon değeri \$12,79 bulunur.

Tablo 2.6'da Black-Scholes modeli ve değişik adım sayıları kullanılarak bulunmuş binom ağaçlar modelinin sonuçları bulunmaktadır. Dikkat edilirse önceden de belirtildiği gibi binom ağaçlar modelinde adım sayısı arttırıldıkça daha doğru sonuçlar bulunmaktadır. Sonuç olarak adım sayısı sonsuza yaklaştıkça başka bir deyişle adımlar arasındaki zaman sıfıra yaklaştıkça kesikli zaman binom ağaçlar modeli ile elde edilen sonuç sürekli zaman kapalı form denklemi olan Black-Scholes modeli ile elde edilen sonuca yaklaşmaktadır. Tablo 2.6'danda görüleceği üzere adım sayısı 50000'e yaklaşıncı sonuçta doğru sonuca yaklaşmaktadır. Bununla beraber çoğu durumda adım sayısı 1000'e ulaştığında doğruluk seviyesi yeterli olmaktadır.

Tablo 2.6: Black-Scholes Ve Binom Ağaçlar Modelleri İle Elde Edilen Sonuçlar

Black-Sholes Modeli	= \$12,3360
Binom Ağaçlar Modeli :	
n = 5 adım	= \$12,7946
n = 10 adım	= \$12,0932
n = 20 adım	= \$12,2132
n = 50 adım	= \$12,2867
n = 100 adım	= \$12,3113
n = 1000 adım	= \$12,3335
n = 10000 adım	= \$12,3358
n = 50000 adım	= \$12,3360

3. RADYO FREKANSLI TANIMLAMA SİSTEMLERİ

3.1. RFID Nedir?

Radyo frekanslı tanımlama (RFID) radyo dalgaları kullanarak bir nesnenin veya insanın kimliğini (kendine has seri numarası formunda) kablosuz olarak ileten bir sistemi tanımlayan bir terimdir. RFID Otomatik Tanımlama (Auto-ID) Teknolojilerinin geniş kategorisi altındaki bir gruptur. Otomatik tanımlama teknolojileri barkotları, optik karakter tanıma sistemlerini ve retina tarama gibi biometrik teknolojileri içermektedir. Otomatik tanımlama teknolojileri veriyi manüel olarak girme ihtiyacı nedeniyle ortaya çıkan iş gücü ve zaman miktarını azaltmak ve veri doğruluğunu geliştirmek için kullanılır. Barkot gibi bazı otomatik tanımlama teknolojileri veriyi elde etmek için genellikle etiketi manüel taramak için bir insana ihtiyaç duyarlar. RFID’de ise okuyucuların etiketteki verileri elde etmesi ve bilgisayar sistemine iletmesi bir insana ihtiyaç duymadan tasarlanmıştır.[41]

RFID şu anda gerçek dünya farkında olma teknolojilerinin en önemli ve ticari umut veren türüdür. En temel biçimde RFID bireysel ürünleri birbirinden ayırarak saptamayı ve ayrıca yerlerini ve hareketlerini takip etmeyi sağlar. RFID’nin ileri biçimlerinde, yalnızca ürünün kimliğinden ve yerinden başka ürünün fiziksel durumlarının bazı yönlerine de karar verme olası kılınmıştır. Örnek olarak bir gemi konteynırının iç sıcaklığı ve otobandaki kamyon motorunun devir hızı verilebilir. Takip edilen nesne depoya ulaşmış bir tüketici ürünlerinin tamamlanmış paleti, hastanelerde kullanılan pahalı medikal donanım, nakliye alanı içinde ve dışında hareket eden kamyonlar, kişisel ürünler, deterjan şişesi veya traş bıçağı paketi olabilir.[42,s.63]

Barkotlar tedarik zincirinin her aşaması boyunca ürünlerin bilgisayar tabanlı takibini gerçekleştirmek için uzun süredir yardımcı olmaktadır ve bu teknolojinin bir gece içinde ortadan kalkması zordur. Çoğu uygulamada aşırı derecedeki ucuz fiyatı nedeni ile kullanılmaktadır. Ancak RFID bazı önemli avantajlar sunmaktadır: Barkot etiketi üzerindeki kodlanmış verinin elde edilmesi için etiketin kendisinin optik okuyucunun

belirli uzaklığında ve direk görüş alanında olması gerekmektedir. Bu durum barkodun kendisinin mürekkepli şeklinin odaklanmış lazer ışığı ışınları ile taranması sonucu okunması nedeniyle zorunludur. [42,s.64]

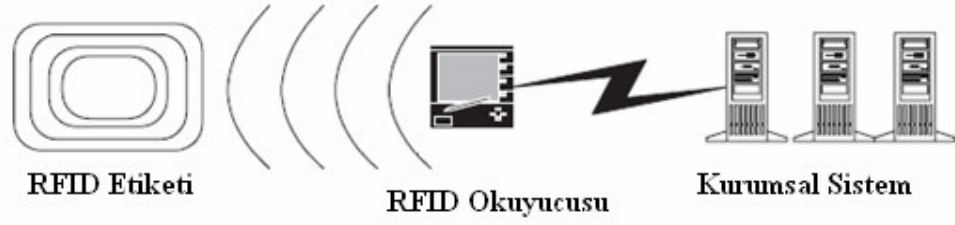
Buna karşılık RFID etiketlerinde etiketteki verinin elde edilmesi için yalnızca okuyucuya radyo dalgalarının ulaşması gerekir. Radyo dalgaları barkodun tarama lazerine göre daha büyük uzaklıklarda etkilidir. Bu uzaklıklar en azından 30-60cm'den bazı durumlarda 9-10m'ye ve hatta daha fazlasına kadar büyümektedir. Radyo dalgaları kâğıt, karton, plastik, suni köpük, ağaç gibi tüketici ve endüstriyel ürünlerin paketlenmesinde veya üretilmesinde kullanılan genel maddelerin çoğunun içinden engellenmeden geçmektedir. Bu nedenle fabrika içinde veya araç yükleme durumlarında nesnenin pozisyonunun düzeltilmesi için çok daha az çaba harcayarak nesnelerdeki RFID etiketler okunabilir. [42,s.64]

Radyo Frekanslı tanımlama Sistemi (RFID), çevresinde anten sarılı olan bir mikroçip ve bir okuyucudan oluşan otomatik tanımlama sistemidir. Veri ve enerji transferi, mikroçip ve okuyucu arasında herhangi bir temas olmadan sağlanmaktadır. Okuyucunun yaydığı elektromanyetik dalgalar etiketteki antenle buluşmakta ve mikroçipteki devreleri harekete geçirmektedir. Mikroçip, dalgaları modüle ederek okuyucuya yeni dalgayı sayısal veri halinde geri göndermektedir. [43]

RFID iyi yapılandırılmış takip sisteminden veri toplamada, insan, hayvan ve ürün takibinde yeni bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. RFID uygulamaları gelecek 10 yıl içinde %32,2 (2003–2010) birleşik yıllık gelir büyüme oranı ile süratle büyüyecek şekilde proje edilmiştir. RFID'nin bu büyük uygulama potansiyellerini desteklemek için çok fazla araştırma gerçekleştirilmiştir. Kablosuz sensor teknolojisinin önemli bir unsuru olarak RFID ürünleri için gelirin gelecek 6 yılda da sürekli büyüyeceği tahmin edilmektedir.[44]

Radyo frekanslı tanımlama (RFID) entegre devreli mikroçip ve anteni içeren bir küçük etikettir ve bilgiyi gönderme, işleme ve depolamak için RFID okuyucusundan iletilen radyo dalgalarına cevap verme yeteneğine sahiptir. RFID sistemi Şekil 3.1'de gösterildiği üzere etiket, okuyucu ve kurumsal sistem olmak üzere 3 temel unsuru içermektedir. Etiket iliştilendiği ürünün tek (kendine has) tanımlama bilgisini içermektedir; okuyucu etiket içinde depolanmış bilgiyi okumak için radyo dalgaları yayar ve alır. Kurumsal sistem ise bütün toplanan verileri işler. Bu donanım bir

kişisel bilgisayar kadar basit olabildiği gibi kurumsal yönetim bilgi sistemleri kadar karmaşık olabilir.[45]



Şekil 3.1: Etiket, Okuyucu Ve Kurumsal Sistemden Oluşan RFID Sistemi [46]

3.2. RFID'nin Tarihçesi

RFID'nin kökleri erken askeri tanımlama sistemlerine dayanmaktadır ve 1940'ların başında başlamış bir dizi teknolojik yenilik ile temellenmiştir. Proceedings of the IRE'nin 1948 Ekim ayındaki sayısında yayınlanan Harry Stokeman'ın "Communication by Means of Reflected Power" adlı makalesi RFID'nin potansiyeli için ilk öngörü kabul edilmektedir. Bu makalede yazar yansıyan radyo sinyallerini, nesneden yansıyan sinyallere dayanarak uzaktaki bir nesnenin tanımlanması için bir yol olarak kullanılabileceğini tartışmaktadır. Bu makaleyi 1950'lerin başında D.B. Harris'in "Radio Transmission Systems with Modulatable Passive Responder" ve F.L. Vernon'un "Application of the Microwave Homodyne" adlı makaleleri izlemiştir. Bu iki makalede de iletilen radyo sinyallerinden tanımlanabilir, ölçülebilir ve fark edilebilir dönüş sinyalleri elde edilebileceği üzerinde durulmaktadır. Bu teknik, radar kullanımının olgunlaşması nedeniyle o zamanın iyi bilinen bir olgusu idi. [46,47,s.42]

Radar RFID'nin teknolojik habercisidir ve radar başlangıcını radyonun dalga temelli doğasını saptayan ve üzerinde çalışan Alman araştırmacı Heinrich Hertz'e borçludur. Hertz, Guglielmo Marconi ve diğer erken dönem radyo araştırmacıları bu teknolojinin gelişmesinde önemli rol oynamışlardır. [47,s.42]

Radar yankı kavramı üzerine dayanmaktadır. Radar baz istasyonu genellikle dönen anteni vasıtasıyla elektromanyetik enerjinin kısa yoğun ışınlarını yayar. Bu ışın gönderen aygıt daha sonra yayıcı durumundan alıcı durumuna geçer ve geri dönüş yankılarını dinler. Geri dönüş sinyallerine dayanarak radar nesnenin yeri kadar hızını ve yönünü tam olarak belirleyebilir. [47,s.46]

İkinci dünya savaşı sırasında Almanlar eğer pilotlar uçaklarını üsse geri döneceklermiş gibi döndürürlerse bunun geri yansıyan sinyalleri değiştirdiğini keşfettiler. Bu basit metot ile yerdeki radar görevlileri gelen uçakların yabancı uçaklar değil Alman uçakları olduğunu anlıyorlardı. Bu aslında ilk pasif RFID sistemidir. İskoç fizikçi Robert Alexander Watson-Watt'ın yönettiği gizli bir proje ile İngilizler ilk aktif dost ve düşman tanıma sistemini (Identify: Friend or Foe-IFF) geliştirmişlerdir. Böylece bütün İngiliz uçaklarına iletici konulmuştur. Bu iletici yerdeki radar istasyonlarından sinyaller aldığıında, uçağın dost olduğunun saptanması için geri sinyal yaymaya başlamaktadır. RFID bu aynı temel kavram ile çalışmaktadır. Etikete bir sinyal gönderildiğinde pasif sistemde etiket çalışmaya başlamakta ve geri sinyal yansıtmaktadır, aktif sistemde ise etiket sinyal yaymaktadır. [48]

1950'ler bilimsel makalelerin yayınlandığı ve öncü araştırmalar ile RFID teknolojisinin teorik araştırmalarının yapıldığı yıllar olmuştur. 1960'larda ise çeşitli araştırmacılar ve mucitler prototip sistemler geliştirmişlerdir. Sensormatic ve Checkpoint gibi bazı ticari sistemler çalınmayı engellemek için kullanılan "Elektronik Eşya İzleme (Electronic Article surveillance-EAS)" aygıtlarını ortaya çıkarmışlardır. [46]

EAS sistemleri, 1 bitlik bir sistem olup bir eşyanın varlığının ya da yokluğunun saptanmasında kullanılmaktadır. Bu teknolojinin geniş kullanım alanı, her bir malın etiketlendiği ve büyük bir anten okuyucunun her bir çıkışa konulduğu ve çalınmalara karşı kontrolün sağlandığı perakende mağazalarında kullanımındadır. [43] Eğer hırsız ilk önce fiyatını ödmeden bir malı mağazadan dışarı çıkarmaya çalışıyorsa, fiyatını ödemediği için kasada EAS devre dışı bırakılmadığından kapıdaki okuyucu, EAS'ın devrede olduğunu fark ederek alarmin çalması vasıtasıyla görevlileri uyarmaktadır.

Tüm EAS teknolojileri antenler, etiketler ve çözücüler olarak adlandırılan üç temel öğeden oluşmaktadır. Antenler tarafından yayılan sinyali bozarak alarmı devreye sokan etiketlerin, sert plastik veya kâğıt etiketler olmak üzere iki değişik çeşidi bulunmaktadır. Etiketler, plastik etiketlemede çivi veya tel ile kâğıt etiketlemede ise yapıştırılarak ürünler üzerine tutturulurlar. [43]

Mario W. Cardullo 23 Ocak 1973'te yeniden yazılabilir hafızası ile bir aktif RFID etiketi için ilk Amerikan patentini aldığını duyurmuştur. Aynı yıl, Kaliforniyalı

girişimci Charles Walton anahtarsız bir kapının kilidini açmak için kullandığı pasif bir etiket için patent almıştır. Etiket ile güçlendirilmiş bir kart, kapının yanındaki bir okuyucu ile sinyal iletişiminde bulunur. Okuyucu RFID etiketi içinde depolanan geçerli kimlik numarasını fark edince, okuyucu kapıyı açar. [48]

1970’li yıllar boyunca Los Alamos bilimsel laboratuvarı modern RFID sistemleri geliştirmede rehberlik eden araştırmalar için merkez nokta olmuştur. [47,s.48] 1970’li yıllarda Amerikan Enerji bakanlığı Los Alamos Ulusal Laboratuvarından nükleer maddelerin takibi için bir sistem geliştirilmesini istemiştir. Bu duruma bir grup bilim adamı kamyonlara etiket takılması ve güvenli tesislerin kapılarına da okuyucular yerleştirilmesini içeren bir plan ile çare bulmuşlardır. Kapılardaki antenler kamyonlardaki etiketleri harekete geçirmekte ve bu etiketler kimlikleri ve sürücü kimliği gibi potansiyel diğerk veriler ile cevap vermektedirler. [48] Bu sistem 1980’lerin ortalarında otomatik ücret ödeme sistemlerinin (automated toll payment system) geliştirilmesi ile ticari hale geçirilmiştir. Bu sistemler dünyanın her yerinde yollarda, köprülerde, tünellerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. [46,47,s.48,48]

Los Alamos Ulusal Laboratuvarı ayrıca Amerikan Tarım Bakanlığının isteğı üzerine ineklerin takibi için bir pasif RFID etiketi geliştirmiştir. Los Alamos bu duruma UHF radyo dalgalarını kullanan bir pasif RFID sistemi ile çare bulmuştur. Bu aygıt okuyucudan enerji çeker ve basitçe modüle edilmiş sinyali okuyucuya geri yansıtır. Daha sonra şirketler alçak frekanslı (125 kHz) sistemler geliştirmişlerdir. Cam kapsüller içindeki etiket ineklerin derilerinin altına enjekte edilir. Bu sistem halen dünya çapında kullanılmaktadır.

Firmalar alçak frekanslı sistemleri ticari hale getirdikten sonra daha büyük okuma mesafesi ve daha hızlı veri transferi oranlarına sahip yüksek frekanslı (13,56 MHz) sistemlere geçmişlerdir. Şirketler Avrupa’da özellikle bu sistemleri yeniden kullanılabilen konteynırların ve diğerk malların takibinde kullanmışlardır.[48]

1990’lı yılların başında IBM şirketinin mühendisleri Ultra yüksek frekanslı (UHF) RFID sistemleri geliştirmişler ve patentini almışlardır. UHF sistemleri iyi koşullarda 6 m’den daha fazla gibi uzun okuma mesafeleri ve hızlı veri transferi sunmaktadır. UHF sisteminin patenti 1990’lı yılların ortalarında IBM firmasında barkot sistemi sağlayıcısı olan Intermec firmasına geçmiştir. Intermec RFID sistemi depo takibinden tarıma kadar sayısız farklı uygulamada kullanılmıştır. Fakat sistem o

dönemde açık ve uluslar arası standartların olmaması ve düşük hacimdeki satışlar nedeniyle pahalıdır.[48]

1999 senesinde Uniform Code Council ve EAN International ile Gillette ve Procter & Gamble firmaları Massashusetts teknoloji enstitüsünde Auto-ID Center'ın kurulmasını desteklemişlerdir. Auto-ID Center 1999 ve 2003 yılları arasında 100'den fazla büyük şirketin desteğini kazanmıştır. Bu merkez tedarik zinciri boyunca takip edilecek tüm ürünlerin üzerine düşük maliyetli RFID etiketlerin konulması olasılığını araştırmış ve yüksek miktarda üretildiğinde fiyatı çok düşük olacak (amaç 5 senttir) RFID etiketleri üretmeyi kapsayan araştırmalar yapmıştır. Auto-ID Center'ın katkısı ucuz etiket üretmeyi denemenin ilerisine gitmiştir. Bu merkez Elektronik Ürün Kodunu (Electronic Product Code-EPC) geliştirmiştir. EPC her üretilen ürünün üzerine konulabilecek tek seri numarayı olası kılan bir sayısal şemadır. Auto-ID Center etiketlerin ve okuyucuların haberleşeceği bir yol (hava arayüzü protokolu) geliştirmiştir ve güvenli internet veritabanlarında bilgiyi depolamak için bir network altyapısı tasarlamıştır. Buna göre etiket numaralarıyla ilişkili tamamen sınırsız miktardaki veriler online olarak depolanabilecek ve verileri görmeye yetkili herhangi biri mevcut verileri istediğinde görebilecektir.[41,47,s.38,48]

2003 yılının Ekim ayında Auto-ID Center'ın yönetsel fonksiyonları bitmiş ve araştırma fonksiyonları Auto-ID laboratuvarına geçmiştir. Auto-ID Center yerine EAN International ve Uniform Code Council ortaklığı olan EPCglobal kurulmuştur. EPCglobal hızlı, otomatik ve doğru ürün tanımlama için EPC teknolojileri ve networklarının global standartlar olarak kullanılmasını desteklemek amacıyla kurulmuş kar amacı gütmeyen endüstri temelli bir organizasyondur. EPCglobal networku EPC teknolojileri geliştirmek için Auto-ID Laboratuvarlarıyla yakın çalışmayı devam ettirmektedir. [47,s.38]

RFID teknolojisi günümüzde perakende sektöründen, ilaç sektörüne, araç lastiğinden savunma sanayine kadar çoğu sektörde kullanılmaya başlamıştır. RFID Teknolojisini oluşturan aygıtların fiyatı düştükçe ve teknolojinin yararları öğrenildikçe teknoloji gelecekte daha fazla kullanılmaya başlanacaktır.

3.3. RFID Sistem Elemanları

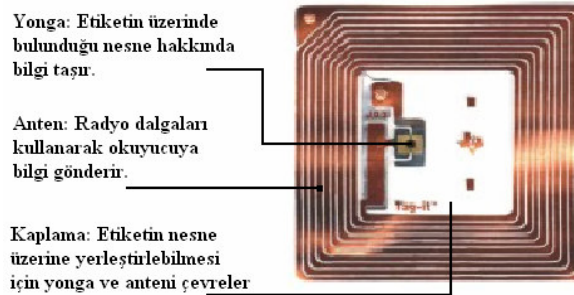
3.3.1. Etiketler (Tags) (Transponders)

Transponders sözcüğü TRANSmitter / resPONDER sözcüklerinden türetilmiştir ve parçanın işlevini ifade etmektedir. [43] RFID etiketleri tanımlama bilgisini içeren bir mikroçip ve bu veriyi kablosuz olarak okuyucuya ileten bir antenden oluşmaktadır. En temelde mikroçipte bulunan ürünü kendine has olarak tanımlayan tanımlama verisi günümüzde kullanılan barkotlarınkine benzemektedir. Buna karşın en önemli farklılık RFID etiketinin barkoda göre daha yüksek veri kapasitesine sahip olmasıdır. Böylece ürünün üreticisi, lot numarası, ağırlığı, sahibi, ulaşacağı yer, ürünün bozulacağı sıcaklık aralığı gibi verileri etiket içerebilmektedir. [49]

Etiketler uygulamasına özel olmak üzere çeşitli biçimlerde olmaktadır. Etiketler pasif veya aktif olmasına göre, şekline göre, frekanslarına göre çeşitli kategorilere ayrılabilir.

3.3.1.1. Pasif ve Aktif Etiketler

RFID Etiketleri pasif veya aktif olabilirler. Pasif RFID etiketler kendilerine ait enerji kaynağına sahip değildirler. Onun yerine okuyucunun meydana getirdiği elektriksel alandan kendi işlem enerjilerini sağlarlar ve bu nedenle okuyucuya çok yakın mesafede olmadıkları sürece çalışmazlar. Pasif etiketler başarılı bir uygulama için çok fazla etiket gereken ve kütüphane giriş kontrol uygulamalarında olduğu gibi etiketlerin okuyucuya yakın yerleştirilebileceği durumlarda genellikle kullanılırlar. Şekil 3.2’de görüldüğü üzere pasif etiket kolaylıkla bir kitabın kapağının içine veya küçük bir tüketim ürününe kolaylıkla takılabilir. Pasif etiketlerin içinde enerji kaynağı bulunmadığı için küçük ve hafiftirler.[47,s.57-58]



Şekil 3.2: Pasif Etiket [50]

Pasif RFID etiketler aktif etiketlere göre daha ucuzdurlar ve bakım istemezler. Bu nedenle büyük market zincirleri ve üreticiler pasif etiketleri tedarik zincirlerinde kullanmak istemektedirler. Fakat pasif etiketlerin okuma mesafeleri aktif etiketlere göre daha düşüktür. [51] Pasif etiketlerin sınırsız ömürleri vardır. Aktif etiketlere göre kötü yanları ise sınırlı veri depolama kapasiteleri, kısa okuma mesafeleri ve yüksek enerjili okuyucular istemeleridir. Pasif etiketlerin performansları elektromanyetik gürültülü çevrelerde düşmektedir. Ayrıca mikroçip devresini çalıştırmak için kendi enerji kaynağını kullanan, fakat iletişim için okuyucudan aldığı enerjiyi kullanan yarı pasif etiketlerde mevcuttur. [46]

Pasif etiketler antene, hafızaya, radyo frekans modülüne ve lojik/mikro işlem birimine sahiptir. Pasif etiketler okuyucudan etikete gönderilen radyo dalgalarından enerjilerini elde ederler. Anten doğru frekanstaki radyo dalgalarını alınca etiket, enerjiyi kendini uyandırmak ve okuyucuya bilgiyi göndermek suretiyle cevap vermede kullanır. Pasif RFID etiketler tanımlama numarasını depolayan küçük miktarda hafızaya sahiptirler. Radyo frekansı modülü anten vasıtasıyla gönderilen sinyali anlar ve anteni kullanarak okuyucuya geri bilgi gönderir. Etiketdeki lojik/mikro işlemci birimi okuyucuya hangi bilginin geri gönderileceği ve çarpışmanın nasıl önleneceği konusundaki direktiflere cevap verir. [42,s.72]

Aktif etiketler ise bir örneği Şekil 3.3'te görüldüğü üzere kendi içinde enerji kaynağına sahiptir ve okuyucuya sinyali kendileri yaydıkları için bazı durumlarda 100 metrenin üzerinde olacak şekilde büyük okuma mesafelerine sahiptirler. [47,s.58,51] Bununla beraber pasif etiketlere göre önemli derecede büyüktürler ve böyle olmaları farklı tip uygulamalarda kullanılmasını sağlar. Aktif etiketler otomatik ücret ödeme uygulamaları (ülkemizdeki otomatik geçiş sistemindeki-OGS gibi) ya da depodaki ürün yüklü paletler gibi nesnelerin takibi için kullanılırlar. Pasif veya aktif etiketin kullanılması seçimi tamamen uygulamaya bağlıdır. Aktif etiketler az sayıda etiketin gerektiği (ürün seviyesinden çok palet veya büyük konteynır seviyesindeki gibi) ve etiket okuyucu arası mesafenin çok olması gereken uygulamalarda seçilir. [47,s.58]



Şekil 3.3: Aktif Etiket [52]

Radyo sinyaline cevap veren (transponders) etiket ve yol, mevki gösteren işaretçi (beacons) etiket olmak üzere 2 çeşit aktif etiket mevcuttur. Radyo sinyaline cevap veren aktif etiketler okuyucudan sinyal aldıklarında çalışmaya başlarlar. Mesela radyo sinyaline cevap veren aktif etiket bulunan bir araç gişeye yaklaştığında gişedeki okuyucu arabanın ön camında bulunan etiketin çalışmaya başlaması için bir sinyal gönderir ve sonra etiket kendisinin kendine has kimliğini okuyucuya yayar. Etiket yalnızca okuyucunun okuma mesafesinde kendi sinyalini yaydığı için pil ömrünü korur. [51]

Yol ve mevki gösteren işaretçi aktif etiketler ise çoğunlukla takip ihtiyacı duyulan nesnenin doğru yerinin belirlenmesinde kullanılan tam zamanlı yer tayin sistemlerinde (Real-Time Locating Systems-RTLS) kullanılır. RTLS’de işaretçi etiket önceden belirlenen zaman aralıklarında (bu nesnenin yerinin belirlenmesinin belli bir sürede ne kadar önemli olduğuna bağlı olarak her 3 dakikada bir veya günde bir olabilir) kendisinin kendine has kimliğini içeren sinyali yayar. İşaretçi etiketin sinyali nesnenin takip edildiği alanın çevresinde yerleştirilmiş en azından 3 okuyucu anteni tarafından alınır. [51]

Aktif etiketler ekstra okuma mesafeleri ve yetenekleri nedeniyle pasif etiketlere göre daha pahalıdır. Aktif etiketlerin maliyetleri hafıza miktarına, istenen pil ömrüne, üzerinde sıcaklık veya diğer sensorların olmasına, istenen sağlamlık düzeyine göre değişmektedir. [49,51]

Aktif etiketler antene, hafızaya, radyo frekans modülü, lojik/mikro işlemci birimi, enerji birimi ve bazen sensorlar içerirler. Aktif RFID etiketler kendi enerji kaynaklarına sahiptirler. Aktif etiketlerdeki antenler çok değişik frekanslarda uzun mesafelerden radyo frekanslarını alır ve bu mesafelere bilgiyi gönderebilirler. Aktif

etiketler, etiketlenmiş ürünün geçmişi hakkında etikete iletilen veriler veya sensorların verilerini kaydedecek kadar önemli miktarda hafızaya sahiptirler. Aktif etiketlerin radyo frekans modülü birçok frekansta radyo frekansı alabilir ve iletebilirler. Aktif etiketlerin lojik/mikro işlem birimlerinin yetenekleri sensorlar tarafından toplanan bilgilerin filtre edilmesine, ileri çarpışma yönetimi mekanizmasına, karışık komutlar setine izin verir. İşlem enerjisinin bu seviyesi etiketin akıllı bir aygıt gibi hareket etmesine ve yalnızca anlamlı durumların raporlanmasına izin verir. Sensorlar aktif etiketlere, etiketlenmiş ürünle ve onun çevresiyle ilişkili basınç, sıcaklık ve titreşim gibi nicelikler hakkında bilgi toplamalarına izin verirler. [42,s.72]

Yeterli kendi işlem enerjisi ile RFID etiketler yalnızca iç verilerin depolanması ve raporlanması değil, ayrıca fiziksel sensorlardan gelen taze bilgilerin toplanmasını ve iletilmesini de sağlarlar. Elektronik etiketler içine yerleştirilebilen çeşitli sensorlar sıcaklık, nem, hava basıncı, ani şok, hızlanma ve hatta ışık yoğunluğu ve PH değerleri gibi parametreleri ölçerler. Bununla beraber bu durum maliyet konusu nedeniyle uygulanabilirlikten çok teoride kalmıştır. Sensorlu elektronik etiketler sensorların çok fazla enerji tüketmeleri nedeniyle çok fazla kullanılmamaktadır. Etiketdeki sensorlar ve sensorlarla ilişkili elektronikler pasif etiketlere sağlanan enerjiden 10 ile 1000 kat arasında daha fazla enerji tüketmektedirler. Bu nedenle sensorlar kendine ait enerji kaynağı olan aktif sistemlerde en çok kullanılırlar. [42,s.82]

3.3.1.2. RFID Sistemi Frekansları

Ülkelerde frekans tahsisi genellikle hükümetlerce kanunlar ve yönetmelikler aracılığı ile yönetilmektedir. ISO ve benzeri organizasyonların standardizasyonları uyumlu hale getirme çalışmalarına rağmen uluslararası olarak RFID uygulamaları için frekans tahsisinde farklılıklar vardır.[43,46]

RFID etiketleri ve okuyucuları her biri özel uygulama karakteristiklerine göre düşünülmüş birkaç farklı frekans aralıklarında işlem görürler. Alçak frekanslı sistemler (30-300KHz arası) genellikle çiftlik hayvanlarının tanımlanması gibi kısa mesafeli uygulamalarda ve pasif etiketler tarafından kullanılmaktadır. Alçak frekanslı aygıtlar özellikle 124 KHz, 125 KHz ve 134 KHz'lerde işlem görmektedir. Alçak frekanslı sistemler minimum işlem enerjilerine ihtiyaç duymaktadırlar,

ucuzdurlar, iletim kapasiteleri kısa-orta mesafeye (alçak frekanslı pasif etiketler için 30cm. civarında) sahiptir, makul veri iletim hızını desteklemektedirler. Ayrıca çevreye duyarlı değildirler, materyallerden ve sulu ortamlardan iyi geçebilmektedirler fakat elektromanyetik gürültüye duyarlıdır. Alçak frekanslı etiketler giriş kontrol, hayvan tanımlama, envanter kontrol ve araç bloke etme gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. [42,s.80-81,43,46,47,s.61-63,51]

Yüksek frekanslı sistemler (3-30 MHz arası) bagaj takip ve küçük ürün etiketleme gibi akıllı kart ve akıllı etiket uygulamalarında genellikle kullanılmaktadır. Yüksek frekanslı sistemler özellikle 13,56 MHz'te işlem görmektedirler. Yüksek frekanslı sistemler alçak frekanslı sistemlere göre daha yüksek enerji istemektedirler ve daha pahalıdır. Ayrıca alçak frekanslılara göre daha büyük okuma mesafesi (Yüksek frekanslı pasif etiketler için 1 m civarında) ve daha yüksek veri iletim hızına sahiptirler fakat çevreye karşı duyarlıdır. Materyallerin içinden iyi geçememektedirler fakat alçak frekanslı sistemlere göre elektronik gürültülere daha dayanıklıdır. Yüksek frekanslı etiketler giriş kontrol, akıllı kartlar, kütüphane kontrol gibi uygulamalarda kullanılırlar. [42,s.80-81,43,46,47,s.61-64,51]

Ultra yüksek frekanslı (UHF) sistemler (300 MHz-3 GHz arası) öncelikle otoyol ücret ödeme sistemlerinde kullanılmıştır. ABD'de UHF sistemler genellikle 900 MHz yada 2,45 GHz'de işlem görürken, benzer sistemler Avrupa'da 5,8 GHz'de işlem görmektedirler. UHF sistemler diğer frekans sistemlerine göre daha fazla enerji istemektedirler ve daha pahalıdır. Ayrıca diğer frekans sistemlerine göre daha büyük okuma mesafesi ve daha yüksek veri iletim hızına sahiptirler. UHF pasif etiketlerde okuma mesafesi 3-5 metre civarındadır. Konteynır takibi ve demiryolu uygulamaları gibi daha büyük okuma mesafesi isteyen uygulamalarda okuma mesafesini 100 metreye kadar çıkaran aktif etiketler kullanılır. UHF bandındaki radyo dalgaları su tarafından emilirler ve yüksek frekans sisteminde olduğu gibi materyallerin içinden iyi geçememektedirler. UHF etiketler demiryolu araç görüntüleme, palet ve konteynır takibi, araç takip gibi uygulamalarda kullanılır. [43,46,47,s.61-64,51]

Şirketlerin alçak frekanslı ve yüksek frekanslı sistemler yerine UHF sistemlerini kullanmak istemelerinin en büyük nedeni okuma mesafesidir. Şirketler depolarında RFID'nin faydalı olabilmesi için etiketlerin en azından 3 metreden okunabilmesi gerekmektedir. Çünkü 3 metreden daha az mesafeden çıkış kapısından geçen bir

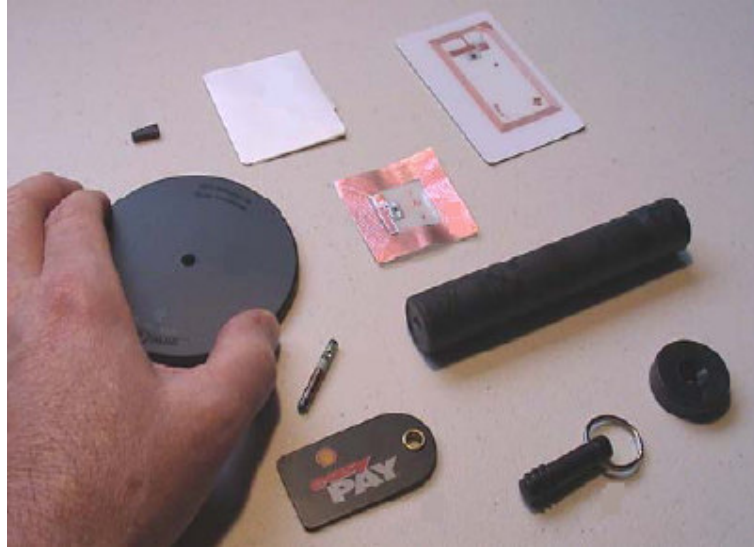
palet üzerindeki bir etiketi okuma imkânı yoktur. Okuma mesafesi birçok faktör ile belirlenir, fakat en önemli faktör pasif etiketlerin okuyucuya veri iletirken kullandığı metottur. [51]

Alçak ve yüksek frekanslı etiketler endüktif kuplaj-çiftler (inductive coupling) metodunu kullanırlar. Bu metotta okuyucu antenindeki bir bobin ile etiket antenindeki bir bobin bir elektromanyetik alan oluşturur. Etiket bu alandan güç emer ve bu gücü etiketteki devreyi çalıştırmak için kullanır ve sonra antendeki elektrik yükünü değiştirir. Okuyucunun anteni manyetik alandaki değişimi fark eder ve bu değişimi bilgisayarların anlayabileceği birler ve sıfırlara dönüştürür. Etiket ve okuyucu antenlerindeki bobinlerin manyetik alan oluşturma zorunluluğundan dolayı, etiket okuyucu antenine oldukça yakın olmalıdır, bu durum da bu sistemlerin okuma mesafesini düşürmektedir.[47,s.74,51]

Pasif UHF etiketleri ise yayılma kuplaj-çiftler (propagation coupling) metodunu kullanırlar. Okuyucu anteni elektromanyetik enerji (radyo dalgaları) yaymaktadır. Bu metotta elektromanyetik alan oluşmaz. Onun yerine, etiketler okuyucu anteninden enerji toplarlar ve mikroçip etiketin antenindeki yükü değiştirmek için bu enerjiyi kullanır ve sonra değiştirilmiş sinyali geri yansıtır. UHF etiketleri birler ve sıfırlar ile 3 farklı yolla iletişim kurabilmektedirler. Etiketler geri gelen dalgaların genliklerini arttırabilmekte (genlik değiştirme anahtarı), faz dışındaki dalgaları değiştirilebilmekte (faz değiştirme anahtar) ya da frekansı değiştirebilmektedirler (frekans değiştirme anahtarı). Okuyucular sinyali alırlar ve değiştirilmiş dalgaları bir ve sıfıra dönüştürürler. Bu bilgi daha sonra ikili veriden bir seri numarasına veya etikette depolanan veriye dönüştürülmek üzere bilgisayara geçmektedir. [47,s.75,51]

3.3.1.3. Şekillerine Göre RFID Etiketleri

RFID etiketleri Şekil 3.4'te görüldüğü üzere birçok farklı uygulamalar için çeşitli şekil ve boyutta olmaktadır. Firmalar farklı fiziksel ürünlerin tanımlanma ihtiyaçlarını en iyi sağlayacak etiketin şeklini ve boyutunu çok dikkatlice seçmelidirler ya da birçok şekli kullanma yolunu seçebilirler. [49]



Şekil 3.4: RFID Etiketleri Şekilleri [52]

En fazla kullanılan etiket şekli disk türüdür. Şekil 3.5’te bir örneği görülen disk şeklinli etiketlerin çapları 2,5 cm’den 10 cm’e kadar değişmektedir. Bu tip etiketlerde etiketin bir palet veya diğer ulaşım konteynırlarına takılabilmesi için diskin ortasında bir monte etme deliğı mevcuttur. Ayrıca ürün tanımlama amaçlı olarak giysilere dikilmek veya giysilerin etiketlerine takılmak amacıyla tasarlanmış gömlek düğmesi kadar küçük disk şeklinli etiketlerde mevcuttur. [47,s.64]



Şekil 3.5: Disk Şekilli Etiket [53]

İkinci olarak en fazla kullanılan etiketler kalıplanmış stiren (molded styrene) veya epoksi reçinelerdir(epoxy resin). Bu etiketler küçük ve dayanıklı tasarlanmışlardır ve sıklıkla anahtarlık şeklinde paketlenmektedirler. Şekil 3.6'da ilk olarak 1997 yılında Mobil Oil şirketi tarafından tanıtılan ve genellikle elektronik ücret ödeme için kullanılan anahtarlık şeklindeki (Speedpass olarak adlandırılan) RFID etiket görülmektedir. [47,s.64-65]



Şekil 3.6: Anahtarlık Şeklindeki Etiket [54]

Şekil 3.7’de görünen kama şeklindeki (Wedge-shaped) etiketler özellikle fabrika çevrelerinde tedarik zinciri yönetimi uygulamalarını desteklemek için kullanılır. [47,s.66] Kama şekilli etiket izlenen ürünlere birçok şekilde iliştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Kama şekli iletim alanındaki sinyal gücünün düşük olduğu veya bir metal tarafından engellendiği çevrelerde etiketin uyumunu garanti eder. [52]



Şekil 3.7: Kama Şekilli Etiket [55]

RFID etiketlerinin en değişik şekillerinden biride Şekil 3.8’de görünen cam tüp şeklindedir. Bu etiketler çok küçüktürler, aşağı yukarı çapları 3-4mm. civarında ve uzunlukları 2cm.’den daha küçüktürler. Bu etiketler özellikle izlenecek çiftlik hayvanlarının deri altına enjekte edilmek üzere tasarlanmışlardır.[47,s.67]

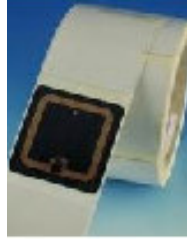


Şekil 3.8: Cam Tüp Şeklindeki Etiket [55]

Hayvanlar için geliştirilmiş diğer etiketler ise tasma şeklindeki etiketler, küpe şeklindeki etiketler ve inek yuttuktan sonra devamlı midesinde kalan seramik etiketlerdir. Farklı amaçlar için kullanılan diğer etiketler ise Şekil 3.9’da gösterilen ve güvenli bina girişleri için kullanılan kimlik kartları şeklindeki etiketler, Şekil 3.10’da gösterilen yapışkanlı etiketlerdir.[47,s.68]



Şekil 3.9: RFID Kimlik Kartı [56]



Şekil 3.10: Yapışkanlı RFID Etiket [57]

Bir diğer etiket ise Şekil 3.11’de görünen silindirik etiketlerdir. Bu etiketler otomobil boyama hatlarındaki gibi yüksek sıcaklık ve yakıcı, çürütücü ortamlar için tasarlanmıştır. Örnek olarak bu etiketler otomobil gövdelerine iliştilir ve otomobil gövdesi geçerken etiket uygulanacak rengi ve şase silini hattaki okuyucuya iletir ve boyama robotu doğru renk ile boyamayı gerçekleştirir. [52]



Şekil 3.11: Silindirik Etiket [58]

3.3.1.4. Veri Programlama Opsiyonlarına göre Etiketler

Bir etiket taşıdığı verinin niteliğine göre belleği salt okunabilir (Read Only Memory-ROM), bir kez yazılabilir çok kez okunabilir (Write Once/Read Many-WORM), ve okunup yazılabilir (Read/Write-R/W) bellekler olabilir. [43]

Salt okunabilir etiketler etiket üreticisi veya dağıtıcısı tarafından etiket üzerine önceden yazılmış sabit seri izleme numarası gibi verileri içerir. Bu etiketler tedarik zinciri boyunca hareket ederken hiçbir ek veri içeremedikleri için en ucuz

etiketlerdir.[49] Ürünün hareketi ve aktivitesi izlenirken verilere gerekli güncelleme etiketin içine değil uygulama yazılımına yapılmak zorundadır.

Bir kez yazılabilir çok kez okunabilir etiketler kullanıcısına üretim veya dağıtım aşamasında etikete bir kerelik veri yazma olanağı verir. Bu veri tanımlama verisinin yanında lot numarası gibi verileri de içerebilmektedir. [49]

Yazılabilir okunabilir etiketler gerektiği zaman etikete yeni veri yazılmasını sağlar. Bu yeni veri ürünün sahibine ulaşma saati ve günü, sabit bir aygıtın tamir geçmişinin güncellenmesi olabilir. Bu tür etiketler, 3 etiket türü arasından en pahalı olan etiket türüdür ve bu nedenle pahalı olmayan ürünlerin takibi için pratik değildir. [49] Bazı yazılabilir okunabilir etiketlerde hafıza birimi parçalara bölünmüştür, her parça bağımsız olarak güncellenebilmektedir. Örnek olarak böyle etiketleri kullanan tedarik zinciri içindeki firmalar diğer firmaların yazdıkları verileri okuyabilirken bunlarda değişiklik yapamazlar. Bu firmalar önceden kendilerine ayrılmış kısımlara veri yazabilirler. [42,s.71]

3.3.2. Okuyucular

Başarılı bir RFID sistemi kurulumu için etiketler kadar önemli olan okuyucular pasif etiketleri etkinleştirmek için enerji verirler ve etiketlerden talep edilen veriyi elde ederler. Bazı durumlarda okuyucular etiketin hafızasındaki bilgileri işleyebilmektedirler. Şekil 3.12’de örneği görünen okuyucuların iki sorumluluğu vardır. Birincisi ve öncelikli olanı okuyucunun, kendi kontrol alanındaki etiketleri harekete geçirmesi ve etiketlerin üzerlerindeki bilgiyi elde etmesidir. İkincisi ise etiketlerin bulunduğu alan ile tedarik zinciri içindeki harekete geçmiş etiketlerin oluşturduğu büyük miktardaki veriyi toplayan, analiz eden, dağıtan sistem arasında bir arayüz oluşturmaktır. [47,s.114]



Şekil 3.12: Okuyucu [52]

Etiketler gibi okuyucu sistemlerin ve teknolojilerin de çok farklı çeşitleri vardır. Elle taşınabilen okuyucular, elle taşınabilen barkot tarayıcılarına benzer şekilde portatif

veri toplama aygıtlarına bağı olabileceğı gibi uygulama yazılımına bilgi toplayan sabit terminal veya kişisel bilgisayarlar da bağı olabilir. Elle taşınabilen okuyuculardan başka portatif veri toplama aygıtının içinde bulunan RFID okuyucular vardır. İçerisinde RFID okuyucu olan bu portatif veri toplama aygıtları genellikle depolarda ve fabrika içinde kullanılmaktadır. Bunlardan başka sabit RFID okuyucular ise ürün, okuyucunun yanından veya yakınından geçerken ürünlerdeki etiketi otomatik olarak okuyacak şekilde yerleştirilirler. Sabit RFID okuyucular konveyör ekipmanlarına, mağazaların arka depolarının giriş kapılarına, yüklenen ve firmaya gelen ürünlerin üzerindeki etiketleri otomatik olarak okumak üzere depo kapılarına ve malzeme taşıma ekipmanlarına takılırlar. [49]

İşlevselliklerine göre de çeşitli okuyucular bulunmaktadır. Sessiz okuyucular (dumb readers) kısıtlı veri işleme, hesaplama gücüne sahiptirler. Bu okuyucular genellikle kendi üzerinde hesaplama gücüne sahip olan, verileri filtre edebilen, bilgileri depolayabilen ve komutları yerine getirebilen akıllı okuyuculara göre daha ucuz olmaktadır. Çevik okuyucular çeşitli protokolleri kullanan etiketler ile iletişim kurabilen okuyuculardır. Çoklu frekanslı okuyucular farklı frekansları kullanan etiketler ile iletişim kurabilen okuyuculardır. Ayrıca çevik ve çoklu frekanslı okuyucular verileri filtre etmek ve uygulamaları işletmek için kendi üzerlerinde hesaplama gücüne sahiptirler. [59]

Okuyucular iç veya dış antenlere sahip olabilirler. Dış antenli okuyucular, antenler ile okuyucuyu bağlayan bir veya daha fazla girişe (ports) sahip olabilirler. En yeni okuyucular 8'den fazla anten girişlerine sahip olabilmektedirler. Ayrıca okuyucular dış aygıtlar ile bağlantı kurabilmek için iç ve dış girişlere sahip olabilirler. İç giriş okuyucunun üzerindeki ve herhangi bir şey okuyucunun radyo dalgalarını kesince harekete geçen elektronik sensörü okuyucuya bağlayabilmektedir. Dış giriş ise okuyucu tarafından kontrol edilen bir program lojik kontrolcüsünü, konveyör ayırıcısını veya diğer aygıtları okuyucuya bağlamaktadır. Eski okuyucular seri girişleri kullanırken en yeni okuyucular Ethernet, Wi-Fi yada USB girişleri kullanılmaktadırlar. [59]

Eğer bir firma salt okunabilir etiketler kullanmıyorsa, etiketin tipine bağı olmak üzere bir kere veya çok kez etikete veri yazma yeteneğı önemli duruma gelmektedir. Okuyucular genellikle kendileri etikete veri yazma konusunda hizmet etmektedirler. Ancak çoğı firma hem okunabilir veri içeriğı ve barkot yazabilen, hem de aynı

zamanda RFID etiketine seri numarası gibi veriler yazabilen yeni nesil yazıcılar/kodlayıcılar kullanılmaktadırlar. Bu yazıcılar barkot etiketindeki seri numarası ile RFID etiketindeki seri numarasının uyumlu olmasını sağlamaktadır. [49]

3.3.3. Orta Katman Yazılımı (Middleware)

Orta katman yazılımı terimi RFID okuyucuları ile kurumsal uygulamalar arasında bulunan özel yazılımı tanımlamaktadır. Orta katman yazılımı her RFID sistemi için kritik bir unsurdur. Çünkü orta katman yazılımı okuyuculardan gerekli ham veriyi alır ve onları filtre ederek arka plandaki sistemlere kullanışlı verilerin geçmesini sağlar. Örnek olarak bir okuyucu aynı etiketi saniyede 100 kere okuyabilir ancak orta katman yazılımı bu durumu filtre eder ve kurumsal yazılıma bu etiketin bir okuma bilgisini iletir. Orta katman yazılımı doğru bilginin doğru zamanda doğru uygulama için elde edilmesinde anahtar bir rol oynar. [59]

RFID orta katman yazılımının birçok fonksiyonu yerine getirmektedir. Bunlar [49]:

- Okuyucu arayüzü: Orta katman yazılımı çeşitli okuyucu üreticilerinin okuyucularından kurumsal yazılım için veri elde eder.
- Veri filtreleme: Bazen etiketler yanlış okunurlar. Orta katman yazılımı etiket verilerinin toplanmasını, temizlenmesini ve filtre edilmesini sağlayarak düzeltilmiş veri ile kurumsal yazılımları besler.
- Okuyucu koordinasyonu: Orta katman yazılımı birçok okuyucuyu görüntüleyerek RFID etiketin bir okuyucunun okuma alanından diğerine geçerken hareketini izleyebilmektedir. Bu yönsel hareket izleme gerçekleştirilebilmekte ve kurumsal yazılıma envanter hareketi olarak geçebilmektedir.
- Sistem görüntüleme: Orta katman yazılımı etiketin okunmasının gerçek zamanlı görüntüsünün sağlanması için etiket-okuyucu ağının performansını görüntüleyebilmektedir. Böylece uygulama düzeni ve optimizasyonu için etiket okuma durumunun analizi ve geçmişi elde edilebilmektedir.

3.3.4. Kurumsal Kaynak Planlama (ERP)

Müşteriler hakkındaki bilgileri toplama, analiz etme ve cevap verme ihtiyacı günümüzde çok önemlidir. Çünkü bilgi yönetimi doğru kullanılırsa şirketin sahip olduğu en kritik rekabet avantajı olmaktadır. Bu veri toplama, veri depolama ve böylece bu verileri analiz ederek bilgiye dayalı karar verme süreci kurumsal kaynak planlama olarak ifade edilmektedir. RFID sistemleri bu verileri mekanize olarak toplamak için oldukça yeni bir yöntem sunmaktadırlar. RFID sistemleri daha sonra tedarik zinciri boyunca müşteri hizmetini geliştirmek ve doğru bilgi yönetimini kolaylaştırmak için verileri analiz yazılımlarına geçirmektedirler. [47,s.114]

Kurumsal kaynak planlama firmanın birleşik planlaması ve firmanın kaynaklarını etkileyen iç haberleşme sistemi olarak tanımlanabilir. Kurumsal kaynak planlama sistemi planlama, iş görme süreci, muhasebe, finans, lojistik, envanter yönetimi, satış siparişlerini yerine getirme, insan kaynakları işlemleri ve takibi, bordro işlemleri ve müşteri ilişkileri yönetimi gibi işlemleri kapsar. Kurumsal kaynak planlama özellikle kurumun işletme yönüne odaklanmaktadır ve firmanın iç operasyonel aktiviteleri ile ilgilenmektedir. Açık olarak RFID sistemleri ve topladıkları bilgiler direk olarak bu süreci beslemektedir ve sahip olduğu potansiyel büyük avantajlar sunmaktadır. [47,s.115]

RFID teknolojisi doğru kurulursa RFID sistemi çok büyük miktarda değerli veriyi toplayacaktır. Bu da RFID sisteminin en büyük risklerinden biridir. Çünkü bu veriler ancak enformasyona ve daha sonra da bilgiye dönüştüğü takdirde değerli olmaktadır. Aksi halde bir değerleri olmamaktadır. Bir firmanın büyük depolama alanı networklarında (Storage Area Networks-SAN) terabayt büyüklüğünde veriye sahip olması, bu verilerin maliyetli ve kompleks olarak analiz edilmesine kadar hiçbir şey ifade etmemektedir. [47,s.119]

3.4. RFID Standartları

Standartlar ödeme sistemleri, açık tedarik zincirinde ürün ve yeniden kullanılabilir konteynırların takip edilmesi gibi uygulamalarda çok önemlidir. Son on yıl içinde farklı RFID frekansları ve uygulamaları için standartların geliştirilmesinde büyük çabalar gösterilmiştir. Etiketlerin ve okuyucuların birbiri ile iletişimini düzenleyen hava arayüzü protokolleri, verinin düzenini ve biçimini belirleyen veri içeriği,

ürünlerin standartlara uyumunun test edilmesi (uyum) ve uygulamalar hakkında önerilmiş ve mevcut RFID standartları vardır. [60]

RFID sistemi için uluslar arası standartlar geliştirmenin 3 önemli avantajı bulunmaktadır. Birincisi genel RFID standartları, farklı üreticiler tarafından üretilmiş etiket ve okuyucular arasında birlikte çalışabilirliği sağlayacak ve ülke sınırlarından geçişte kesintisiz birlikte işlem için izin verecektir. İkincisi uyumluluk ve değiştirilebilirlik sayesinde RFID elemanları ve ekipmanlarının talebi yükselecektir. Bu durumda maliyetleri düşürecektir. Son olarak uluslar arası kabul edilmiş RFID standartları dünya çapındaki RFID pazarının büyümesini kolaylaştıracaktır. [45]

Halen UHF spektrumunda RFID teknolojileri için uluslar arası standartlar geliştirmek için çalışan başlıca iki organizasyon bulunmaktadır. Bu iki organizasyon EPCglobal ve uluslar arası standartlar organizasyonu (The International Organization for Standardization-ISO)'dur. EPCglobal 2004 yılının sonunda UHF bandı için kendi EPC sınıf 1 G2 protokolunu duyurmuştur, ve ISO 2004 yılının ağustos ayında kendi 18000-6 standardını duyurmuştur. Her iki standartta halen gelişmektedir ve birbirleri ile tam uyumlu değildir. Birleştirilmiş, küresel olarak birlikte çalışabilen RFID standardı RFID uygulamalarının tüm yararlarının anlaşılması için idealdir. Eksiksiz ve birleştirilmiş RFID standardının yokluğu birçok firmanın RFID sistemine adapte olmasında tereddüt etmelerine neden olmaktadır. [45]

3.4.1. ISO Standartları

ISO otomatik tanımlama ve ürün yönetimi için RFID standartları geliştirmiştir. Bu standartlar ISO 18000 serisi olarak bilinir ve genellikle tedarik zincirindeki ürünlerin takip edilmesinde kullanılan sistemler için hava arayüzü protokolunu kapsamaktadır. Bu standartlar dünya çapındaki RFID sistemlerinde kullanılan başlıca frekansları kapsamaktadır. Ürün yönetimi için ISO'nun RFID standartları şunlardır [60-62]:

- ISO 15961: Veri protokolu: uygulama arayüzü
- ISO 15962: Veri protokolu: Veri kodlama kuralları ve mantıksal hafıza fonksiyonları
- ISO 15963: Radyo frekans etiketleri için tekil tanımlama
- ISO 18000-1: Referans mimarisi ve standartlaştırılacak parametrelerin tanımlanması

- ISO 18000-2: 135 KHz altı hava arayüzü haberleşmesi için parametreler
 - Alçak frekans için ISO standardı
- ISO 18000-3: 13,56 MHz'de hava arayüzü haberleşmesi için parametreler
 - Yüksek frekans için ISO standardı
 - Okunup yazılabilir özellikte
- ISO 18000-4: 2,45 GHz'de hava arayüzü haberleşmesi için parametreler
 - Mikrodalga frekans için ISO standardı
 - Okunup yazılabilir özellikte
- ISO 18000-5: 5,8 GHz'de hava arayüzü haberleşmesi için parametreler
- ISO 18000-6: 860 MHz-960 Mhz arası hava arayüzü haberleşmesi için parametreler
 - UHF frekansı için ISO standardı
 - Okunup yazılabilir özellikte
 - EPC standartları ile aynı pazarı amaçlıyor
- ISO 18000-7: 433 MHz'de hava arayüzü haberleşmesi için parametreler

ISO'nun ürün yönetiminin yanında diğer uygulama alanları içinde çeşitli standartları vardır. Bunlar [60-62]:

- ISO 10536: Tanımlama kartları-İletişimsiz bütünleşik devre(ler) kartları (10 cm'ye kadar)
- ISO 14443: Tanımlama kartları-İletişimsiz bütünleşik devre(ler) kartları (Proximity cards)
- ISO 15693: Tanımlama kartları-İletişimsiz bütünleşik devre(ler) kartları (Vicinity cards)
- ISO 11784: Hayvanların radyo frekans tanımlama ile tanımlanması-Kod yapısı
- ISO 11785: Hayvanların radyo frekans tanımlama ile tanımlanması-Teknik kapsam

RFID kullanarak açık tedarik zincirinde ürün takip edilmesi oldukça yenidir ve bu konuda çok az standart mevcuttur. ISO taşıma konteynırları, paletler, taşıma birimleri, koliler ve tek ürünler için standartlar önermiştir.

Tedarik zinciri için ISO'nun önerdiği RFID standartları şunlardır [60-62]:

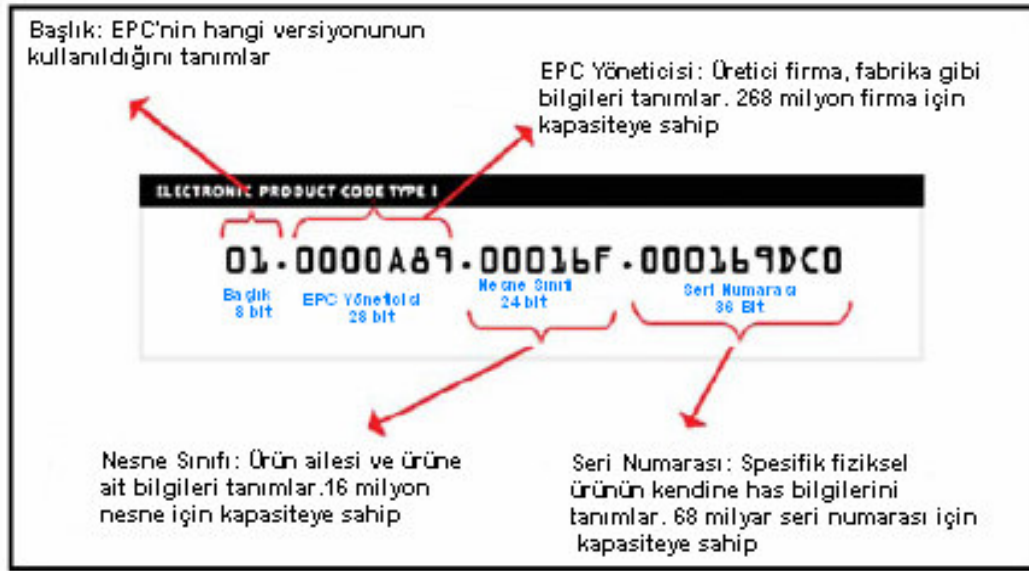
- ISO 17358: Uygulama gereksinimleri
- ISO 17363: Taşıma konteynırları
- ISO 17364: Geri dönüşümlü nakil ürünleri
- ISO 17365: Nakil birimleri
- ISO 17366: Ürün paketleme
- ISO 17367: Ürün etiketleme

3.4.2. Elektronik Ürün Kodu (EPC) ve EPCglobal Standartları

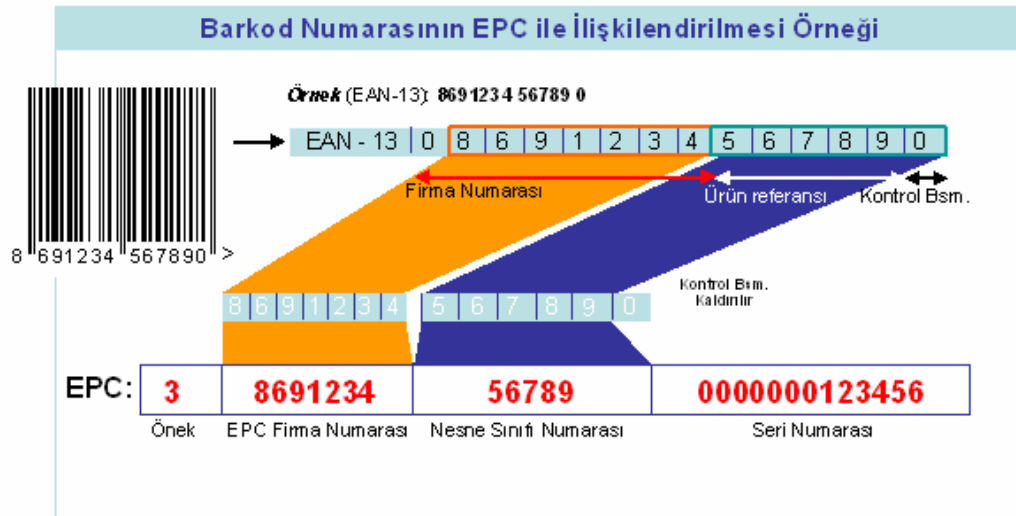
3.4.2.1. Elektronik Ürün Kodu (EPC)

Elektronik Ürün Kodu, Şekil 3.13'te gösterildiği gibi bir adet başlık bölümünden ve 3 adet veri bölümünden olmak üzere toplam 4 bölümden oluşan bir numaradır. Soldan sağa doğru birinci bölüm (başlık bölümü) EPC versiyon bölümünü tanımlar. Bu, ileride farklı uzunluk ve tiplerde yeni EPC kodları oluşturulmasına olanak sağlamak için tanımlanmıştır. İkinci bölüm EPC yöneticisini tanımlamaktadır. Bu genellikle ürünün üreticisidir. Örneğin 'The Coca-Cola Company'. Üçüncü bölüm nesne sınıfını tanımlamaktadır ve tam olarak ürün tipine karşılık gelir, genellikle stok saklama birimidir (Stock-Keeping Unit-SKU). Örneğin Diyet kola 330 ml kutuda, US versiyon. Dördüncü bölüm ise, ürünün tekil (kendine has) seri numarasını tanımlamaktadır. Tam olarak hangi 330 ml. kutu koladan söz edildiğini tanımlar. [42,s.107,43,62]

Şekil 3.13'te gösterilen Elektronik Ürün Kodu 96 bit'lidir. Bu EPC 268milyon adet şirket tanımlama kapasitesine sahiptir. Her üretici 16 milyon adet ürün sınıfı tanımlayabilir ve her ürün sınıfı için 68 milyar adet seri numarası tanımlama kapasitesi mevcuttur. Yılların getireceği daha fazla seri numarası ihtiyacını gelecekte tanıtılacak 128 ve 256 bit'lik kodlar karşılamayı garanti etmektedir. [42,s.108,43,62]



Şekil 3.13: Elektronik Ürün Kodu yapısı [46]



Şekil 3.14: Elektronik Ürün Kodu Ve Barkot Numarası İlişkilendirilmesi [63]

3.4.2.2. EPCglobal Standartları

Auto-ID Center küresel tedarik zinciri boyunca ürünleri tanımlamak ve takip etmek için elektronik ürün kodunu (EPC) ve bununla ilişkili teknolojileri geliştirmek için kurulmuştur. Auto-ID Center ayrıca kendi RFID sisteminin küresel ve açık standartlara dayanmasını istemiştir. 2003 yılında Auto-ID Center, Auto-ID laboratuvarları ve EPCglobal adında iki ayrı organizasyona bölünmüştür. Auto-ID laboratuvarları EPC teknolojileri ile ilgili birincil araştırmalarına devam etmektedir.

EPCglobal ise EPC standartlarının resmi küresel standart olması için çalışmaktadır. [60]

EPCglobal standartları aşağıdaki standartlardan oluşmaktadır[64,65]:

- EPC Etiket Verisi Standartları (Tag Data Standard-TDS, Version 1.3.1): Bu standart verinin etiket üzerine nasıl kodlanacağı ve EPC Sistemleri Ağının bilgi sistemleri katmanlarında nasıl kodlanacağı da dâhil, standart EPC etiket verisini tanımlamaktadır. Bu sürüm yayınlandığı zamanda yaygın kullanımda olan etiket çeşitleri içindir ve Gen 2 etiketleri için rehberlik sağlamamaktadır. GTIN (Küresel Ticari Ürün Numarası), SSCC (Taşıma Birimi Numarası), GLN (Küresel Lokasyon Numarası), GRAI (Küresel İade Edilebilen Varlık Tanımlayıcı), GIAI (Küresel Sabit Varlık Tanımlayıcı) ve GID (Genel Tanımlayıcı) için özel kodlama yöntemleri içermektedir.
- EPC Etiket Verisi Çevirimi Standardı (Tag Data Translation-TDT Standard, Version 1.0): Bu EPC Etiket Verisi Çevirimi Standardı EPC Etiket Verisi Standardı şartnamesinin makine-okuyabilir sürümü ile ilgilenmektedir. Makine-okuyabilir sürüm EPC biçimlerini doğrulamak için kullanılabileceği gibi farklı gösterim seviyeleri arasında tutarlı çevirim yapmak için de kullanılabilir. Bu şartname makine-okuyabilir sürümün nasıl yorumlanacağını açıklamaktadır ve makine-okuyabilir biçimlendirme dosyalarının yapısı ve öğeleri hakkında detaylar içermekte ve otomatik çevirim veya doğrulama yazılımlarında kullanımı ile ilgili rehber görevi görmektedir.
- Sınıf 1 Nesil 2 UHF Hava Arayüz Protokolü Standardı(Class 1 Generation 2 UHF Air Interface Protocol Standard, Version 1.1.0):“Nesil 2” (Gen 2) olarak bilinen bu standart 860 MHz-960 MHz frekans aralığında işlem gören pasif, ilk sorgucu(okuyucu) hareket eder (Interrogator talks first-ITF), radyo frekanslı tanımlama sistemleri için fiziksel ve mantıksal gereksinimleri tanımlamaktadır. Bu sistem okuyuculardan ve etiketlerden oluşur.
- Düşük Seviye Okuyucu Protokolü (LLRP) Standardı (Low Level Reader Protocol, Version 1.0.1): Bu standart, RFID okuyucuları ve alıcıları arasındaki arayüzü tanımlamaktadır. Bu arayüz protokolü düşük seviye olarak tanımlanmıştır çünkü RFID hava protokolu operasyon zamanlamasını ve hava protokolu komut parametrelerine erişimi kontrol etmektedir. Bu

arayüzün tasarlanması bazı RFID sistemlerinde RFID hava protokolleri hakkında detaylı bilgiye ve RFID hava protokollerini uygulayan okuyucuları kontrol etme yeteneğine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

- Okuyucu Protokolü Standardı (Reader Protocol-RP Standard, Version 1.1): Okuyucu protokolu, etiket okuma/yazma yetisi olan bir cihaz ile uygulama yazılımı arasındaki etkileşimi tanımlayan bir arayüz standardıdır.
- Okuyucu Yönetimi Standardı (Reader Management-RM, Version 1.0.1): Bu standart yönetim yazılımı tarafından EPCglobal uyumlu RFID okuyucularının işlerlik durumunun izlenmesi için kullanılan protokolu tanımlar. Bu belge EPCglobal Okuyucu Protokolü Sürüm 1.1 şartnamesini tamamlar niteliktedir.
- Uygulama Seviyesi Olayları Standardı (Application Level Events-ALE Standard, Version 1.0): Bu standart, istemcilerin (müşterilerin) filtrelenmiş, birleştirilmiş Elektronik Ürün Kodu (EPC) verisini çeşitli kaynaklardan edinebilecekleri bir arayüzü tanımlar.
- Elektronik Ürün Kodu Bilgi Servisleri Standardı (Electronic Product Code Information Services-EPCIS Standard, Version 1.0.1): Bu standart Elektronik Ürün Kodu (EPC) verilerinin toplanması ve paylaşılmasında kullanılan arayüzleri tanımlayan standarttır. EPC Bilgi Servislerinin (EPCIS) amacı Elektronik Ürün Kodu (EPC) kullanımı gerektiren çeşitli uygulamalar için EPC ile ilgili verilerin güvenli ve eşzamanlı olarak aynı organizasyon içinde veya farklı organizasyonlar arasında paylaşımını sağlamaktır. Böylelikle EPCglobal ağı üyelerinin EPC numarası taşıyan ürünlerle ilgili işlemlerde ortak bir yol izlemesi amaçlanmaktadır.
- Nesne İsimlendirme Servisi Standardı (Object Naming Service-ONS Standard, Version 1.0): Bu standart, Alan Adı Sisteminin (Domain Name System) belirli bir Elektronik Ürün Kodu (EPC) numarasının SGTIN bölümü ile ilişkili yönetimsel veri ve hizmetleri bulmak için nasıl kullanılacağını tanımlar. Hedef kitlesi Nesne İsimlendirme Servisi çözümleme sistemlerini uygulamalarında kullanacak olan geliştiricilerdir.
- EPCglobal Sertifika Profili Standardı (Certificate Profile Standard, Version 1.0): Bu standart, X.509 sertifikasının EPCglobal Ağı'ndaki öğelere tahsis ve öğeler tarafından kullanımı için bir profil tanımlamaktadır. Bu belgede

tanımlanan profiller İnternet Mühendislik İş Gücü'nün (IETF-Internet Engineering Task Force) Açık Anahtar Altyapısı (PKIX-Public Key Infrastructure) Çalışma Grubu'nda tanımlanan iki internet standardına dayanmaktadır.

- Elektronik Şecere Standardı (Pedigree Standard, Version 1.0): Bu belge, ilaç sektörü tedarik zincirindeki kullanıcılar için elektronik şecere belgelerini muhafaza ve değişimleri için gerekli yapıyı tanımlamaktadır.
- EPCglobal Mimari Çerçeve (Architecture Framework, Version 1.2): EPCglobal Mimari Çerçevesi, Elektronik Ürün Kodu (EPC) kullanımı ile tedarik zincirini iyileştirmeyi amaçlayan EPCglobal tarafından yürütülen temel hizmetleri ile birlikte, birbiriyle ilgili donanım, yazılım ve veri arayüzleri standartlarından oluşan bir derlemedir. Bu belgenin birkaç amacı bulunmaktadır.

EPCglobal, standartların yanında standartlar ile uyumlu farklı etiket sınıfları tanımlamıştır. Bu etiket sınıfları ve özellikleri Şekil 3.15'te gösterilmiştir. Sınıf 0 ve Sınıf 1 arasındaki fark veri yapısında ve işlemlerindedir. Sınıf 0 etiketler salt okunurken, Sınıf 1 etiketler bir kez yazılabilir çok kez okunabilir.[62] Sınıf 0 etiketleri, Sınıf 1 etiketlerinden farklı bir protokol kullanmaktadır. Bu nedenle son kullanıcılar Sınıf 1 ve Sınıf 0 etiketlerinin her birinin okunması için multiprotokol okuyucular almak zorundadırlar. Sınıf 1 ve Sınıf 0, birlikte çalışamamalarının yanında ISO standartları ile de uyumlu değildir. 2004 senesi içinde EPCglobal bir 2. nesil protokol geliştirmeye başlamıştır. Bundaki amaç ISO standartları ile uyumlu olabilecek, basit ve küresel bir standart yaratmaktır. Sınıf 1 Nesil 2, 2004 yılının sonunda onaylanmıştır. RFID tedarikçileri Sınıf 1 Nesil 2'nin onaylanmasından sonra Sınıf 1 Nesil 2'de de çalışabilecek ISO UHF Standartları üzerinde çalışmışlardır.

Tablo 3.1: EPCglobal RFID Etiket Sınıfları [61,62]

EPC Sınıfı	Özellikleri	Etiket tipi
Sınıf 0	Salt okunabilir	Pasif
Sınıf 1 Nesil 1	Bir kez yazılabilir Çok kez okunabilir	Pasif
Sınıf 1 Nesil 2	Bir kez yazılabilir Çok kez okunabilir. Küresel birlikte çalışabilirlik, artırılmış veri iletim hızı, kill şifresi	Pasif
Sınıf 2	Okunup yazılabilir	Pasif
Sınıf 3	Okunup yazılabilir	Yarı Aktif
Sınıf 4	Okunup yazılabilir	Aktif

3.5. RFID Uygulamaları

3.5.1. Kısa Mesafeli RFID Uygulamaları

Kısa mesafeli uygulamalar etiketin okuyucuya çok yakın olarak bulundurulması (okuma mesafesi 30cm.'den fazla olmayan) gereken uygulamalardır.

3.5.1.1. Güvenlik ve Giriş Kontrol Uygulamaları

Giriş kontrol, genellikle bir kart okuyucu içerisine giren kredi kartı benzeri kartların kullanıldığı sistemleri içermektedir. Kart, kart sahibi hakkında bilgi içermektedir ve güvenli alanlara kontrollü giriş için kullanılmaktadır. Örnek olarak biyolojik tehlikeli bir alanda çalışmakta olan bir kart sahibini düşünürsek, bu kişi kontrol altındaki bir alandan temizlenme prosedürlerini gerçekleştirmeden, korunmayan ofis gibi alanlara geçmeye çalışırsa RFID okuyucusu kişinin temizlenme bölümüne girmedikini tespit eder ve binanın diğer kısımlarına girmesine izin vermez. Böyle bir uygulama genellikle manyetik şerit yerine içine RFID etiketinin yerleştirildiği plastik kartların kullanımını içermektedir. Kart içindeki RFID etiketi güvenlidir, modifiye edilemez ve ayrıca kredi kartlarının manyetik şeritleri gibi silinemez ve yeniden yazılamaz. [47,s.133]

RFID, ofis binalarına girişin kontrolünde elektronik anahtar olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. İlk giriş kontrol sistemleri alçak frekanslı RFID etiketleri kullanılmakta iken sonraki yıllarda tedarikçiler daha büyük okuma mesafesi sunan 13,56 MHz'lık sistemler tanıtmışlardır. RFID'nin avantajları arasında çalışanların kapıyı açmak için anahtar aramak veya bir manyetik şeritli kartı geçirmek yerine bir rozeti veya kartı okuyucuya dokundurmadan kullanmaları, okuyucu ve kart arasında hiçbir temas olmadığı için bakımın azalması sayılabilir. [66]

Bu uygulama en çok işyerlerinde personel giriş çıkışları için kullanılmaktadır. Bu uygulama vasıtası ile personelin işyerine otomatik girmesinin yanı sıra, personelin bina içerisinde hangi bölümde olduğu, ne zaman hangi bölümde bulunduğu belirlenebilmektedir. Bu uygulama ayrıca okullarda, fuar alanlarında, kültür, sanat ve spor merkezlerinde kullanılmaktadır. Örnek olarak Almanya'daki 2006 Dünya Kupası maçlarında, maç biletlerine RFID etiketleri yerleştirilerek çalıntı ve sahte biletlerin kullanılmasının önüne geçilmesi ve seyircilerin yerlerine doğru kapıdan girmeleri sağlanmaya çalışılmıştır.

RFID özel varlıklarda da kullanılmaktadır. Son dönemdeki araçlarda aracın direksiyon kolunda RFID okuyucu mevcuttur. Aracın anahtarının çevresindeki plastik korumanın içine de bir etiket yerleştirilmiştir. Aracın çalıştırılabilmesi için okuyucu anahtardan doğru tanımlama bilgisini almalıdır. Aksi halde araç çalışmaz. Bu sistem Avrupa'da 1994 senesinde tanıtıldığından beri araba hırsızlığı %50 azalmıştır. [66]

3.5.1.2. Tehlikeli Atık Görüntüleme Uygulamaları

Zehirli atıkların depolanması, tanımlanması, taşınması ve son olarak yok edilmesi bakımından çok dikkatli kontrol edilmesi gereğinden dolayı konteynırların işaretlenmesi için geleneksel barkotların kullanılması yetersiz kalmaktadır. Barkotların yırtılması, lekelenmesi kolay olduğu için ve okuyucuya veri iletiminin yetersiz kalması nedeniyle tehlikeli atık gibi son derece kritik maddelerin takip edilmesi için uygun değildir. Bu nedenle elektronik veri iletimini sağlayan RFID sistemleri tehlikeli atık taşıyan yüklerin güvenli taşınması için gerekli bilginin iletiminde en iyi yoldur. [47,s.139]

3.5.1.3. Ödeme Sistemleri Uygulamaları

1990'ların sonunda ExxonMobil şirketi sürücülerin akaryakıt ücretlerini otomatik olarak ödemeleri için açtıkları hesabı kullanmalarını sağlayan Şekil 3.15'te gösterilen Speedpass adındaki RFID sistemini tanıtmıştır. Sürücülere anahtarlık zincirine takılan küçük anahtarlık içinde bulunan bir küçük pasif 13,56 MHz frekansta işlem gören etiket verilmiştir. Akaryakıt ücretini ödemek için sürücülerin akaryakıt pompasındaki okuyucuya, içinde etiketin bulunduğu anahtarlığı tutmaları yeterlidir. Amerika Birleşik Devletlerindeki 7 milyon sürücü bu sistemi kullanmaktadır ve böylece sıkışık saatlerde her bir akaryakıt istasyonunun hizmet verdiği araç sayısı

artmaktadır. [67] Ülkemizde benzer bir sistemi Opet firması Otobilim adındaki sistemde kullanmaktadır. [68]



Şekil 3.15: Speedpass Kullanarak Akaryakıt Ücretini Ödeme [67]

Birçok insanın her gün evinden işine, işinden de evine gitmek için toplu taşımacılığı kullanması ve toplu taşımayı kullanan insanların her gün bilet almak için sıraya girip ayakta durmak istememeleri nedeniyle trenlere, metrolara ve otobüslere geçişi sağlayacak kolay bir yol için talep artmıştır. [47,s.134] RFID otobüs, metro ve tren yolculuğu için ödemenin de kolay bir yoludur. Boston, Washington, D.C., Seul ve diğer birçok diğer şehirde RFID çok fazla insana turnikelerden daha hızlı geçmeye imkan verdiğinden, tıkanıklığı önlediğinden ve okuyucularda mekanik parçaların olmaması dolayısı ile bakım azaldığından manyetik şeritli kartların yerini RFID kartlar almıştır. [66] Benzer şekilde konserler, eğlence parkları, sağlık merkezleri, kayak merkezleri ve diğer yüksek katılımlı çevreler gibi diğer giriş uygulamaları için de RFID etiketleri uygundur. Çoğunda artık kullanıldıktan sonra atılan RFID kol bantları kullanılmaktadır. [47, s.135]

3.5.1.4. Felaket Kurbanlarının Tanımlanması Uygulamaları

Ölen kişilerin tanımlanması her zaman zor olmuştur. Son yıllardaki Tsunami felaketi, Londra Metro Patlamaları ve Katrina kasırgası gibi felaketler bir kez daha kesin, çabuk ve kolay tanımlama sistemlerinin ele alınması gerektiğini göstermiştir. İnsan dışının içine radyo frekanslı etiket yerleştirilmesi ve etiketteki bilginin okunması bu soruna çözüm olabilecektir. Çoğu durumda ölen insanın tanınması için uzmanlar zaman ve para tüketen DNA tanımlama prosedürlerini uygulamak zorunda kalmışlardır. Bu zor ve uzun tanımlama prosedürleri yerine insan vücudunun en güçlü ve en korunan yeri olan dişlere radyo frekanslı tanımlama etiketi yerleştirilmesi düşünülmüştür. Bu uygulamada pasif, 134,2 KHz alçak frekanslı,

silindirik cam tüp şeklinde bir etiket kullanılmıştır. Dişin hazırlanması ve etiketin yerleştirilmesi için bir protokol geliştirilmiştir. [69,70]

Felaketlerde ölen insanların tanımlanması ve yakınlarına karıştırılmadan gönderilmesi için bir başka uygulama daha önerilmiştir. Bu uygulamada 125 KHz'lik alçak frekanslı pasif etiketler kullanılmıştır ve etiketler kurbanın sinüs boşluklarına yerleştirilmiştir. [71]

3.5.1.5. Sağlık Alanındaki Uygulamalar

Sağlık hizmetleri RFID uygulamalarının tanıtılmasındaki en önemli alanlardan biri olmuştur. Hastaların, nakledilecek organların ve kanın tanımlanması ihtiyacındaki hataların minimize edilmesi gereği nedeniyle RFID, detaylı tanımlamalar için ideal çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Precision Dynamics Corporation (PDC) adındaki firma Georgetown üniversitesi hastanesinin kan bankası ile çalışarak, hangi RFID kol bandı çözümünün kan nakillerinin emniyetini ve güvenilirliğini arttırdığını karar vermek için bir pilot çalışma gerçekleştirmektedir. PDC bu çalışmada kullanılacak akıllı bant adında bir RFID kol bandı sistemi üretmektedir. Hastanenin bu servisi yaklaşık 2 yıldır kan nakillerinin doğruluğunu teyit etmek için PDC barkot sistemleri kullanmaktadır. Bu sistemin iyi çalışmasına rağmen, hastane RFID'nin daha etkin, verimli ve güvenli bir alternatif sunacağına inanmaktadır. PDC'nin akıllı bandı, hastanın hastanede kaldığı süre boyunca elde edilen bilgileri depolayan bir küçük dinamik veritabanı gibi hizmet etmektedir. [47,s.137]

Medikal hatalar Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 45000-90000 arası insanı öldürmektedir. Firmalar potansiyel bir durum ile karşılaştığında doktorları ve hemşireleri uyaracak yazılım sistemleri ile bütünsel RFID etiketler ve okuyucular geliştirmektedirler. Innovision Research ve Technology adındaki firma sonda ve cam şırınga bağlantıları da dâhil medikal donanımlara takılabilen küçük RFID etiketleri üzerinde çalışmaktadır. Eğer bir hemşire yanlışlıkla sondaya yanlış bir tüpü takmaya çalışırsa yazılım doğru sondanın tanımlama bilgisini bildiği için hemşireyi uyarmak için bir uyarı sesi çıkarmaktadır. Eğer doktorlar sterilize olmayan bir cerrah aletini kullanmaya çalışırlarsa veya hemşireler ilaçlara karşı alerjisi olan bir hastaya ilaçlar vermeye çalışırlarsa RFID sistemi doktorları ve hemşireleri uyarabilmektedir. [67]

Diğer potansiyel halk sağlığı yararı ise RFID kullanımı ile sahte ürünlerin (özellikle reçeteli ilaçlardaki) azaltılmasıdır. Küresel tedarik zincirindeki bütün ilaçların %8-

%10'u civarında sahte olduğu tahmin edilmektedir. ABD Gıda ve İlaç idaresi ilaç endüstrisini, yasal eczanelerde yalnızca gerçek ilaçların satılması için RFID kullanarak elektronik şecere oluşturulması için desteklemektedir. [67]

3.5.1.6. Çiftlik Hayvanlarının Takip Edilmesi Uygulamaları

ABD, Kanada, Avustralya gibi ve Avrupa'daki gelişmiş ülkelerdeki çiftçilik gittikçe artarak sistemli hale gelmektedir. Çiftlik hayvanları üretiminde, RFID etiketleme hayvan sürülerinin takip edilmesinde iyi kurulmuş bir uygulamadır. İyi kurulmuş bir uygulama olmasına rağmen bazı durumlar çiftlik hayvanı üreticilerinin RFID kullanmalarını halen kısıtlamaktadır. Öncelikle mevcut RFID etiketlerinin ve okuyucularının performansları büyük değişiklikler göstermektedir. İkinci olarak çiftlik hayvanı endüstrisi için özel tasarlanmış yazılımlar çok fazla değildir. Son olarak RFID sisteminin uygulanma maliyetleri halen küçük üreticiler için çok yüksektir. [72,s.51]

Çiftlik hayvanlarının takip edilmesinde genellikle kısa mesafede işlem gören cam tüp şeklindeki alçak frekanslı pasif etiketler kullanılmaktadır. Bu etiketler çiftlik hayvanının derisinin altına enjekte edilmektedir. Enjekte edilen etiket hayvanların kökeni, medikal geçmişi ve DNA'sı gibi bilgileri içerebilmektedir.

Çiftlik hayvanlarında RFID sisteminin kullanılma ihtiyacı deli dana salgını hastalığının ortaya çıkmasından sonra daha önemli hale gelmiştir. 2003 yılının sonunda ABD'de ortaya çıkan deli dana salgınında halk sağlığı görevlilerinin hayvanın genetik kökenini belirlemeleri birkaç hafta almıştır. Eğer ineğin doğum zamanında, gerekli bilgileri içeren RFID etiket hayvana enjekte edilmiş olsaydı, hayvanın kökenine birkaç saniye içinde ulaşılabilirdi. Açıkça deli dana hastalığı, bütün çiftlik hayvanlarına RFID etiketinin takılmasını mecbur hale getirmiştir.[47,s.67]

3.5.1.7. Pasaport Güvenliği Uygulamaları

Avrupa Birliği ve ABD'nin ülkeyi ziyaret edenlerden RFID etiket içeren yeni pasaport isteklerine uyumlu olacak şekilde kapağının içine RFID etiketi yerleştirilmiş pasaportun uygulanmasına karar vermiştir. Pasaport içindeki RFID etiketi dijital fotoğraf, parmak izi, giriş vize bilgisi ve göçmen bürosu için kritik diğer bilgileri içerebilecektir. [47,s.143]

3.5.2. Uzun Mesafeli RFID Uygulamaları

Uzun mesafeli uygulamalar verinin daha büyük mesafelere başarı ile iletilebilmesi için genellikle ultra yüksek frekanslı pasif etiketlere ve kendine ait enerjiye sahip olan aktif etiketlere dayanmaktadır.

3.5.2.1. Otoyol Uygulamaları

RFID'nin günümüzde en popüler kullanım alanı sürücülerin durmadan otoban ücretini ödeme uygulamasıdır. Bu aktif etiketli sistemler çoğu ülkede kullanılmaktadır. [66] ABD'de yaygın olarak uygulanan E-ZPass adlı sistemde, araçlarda Şekil 3.16'da görülen etiket kullanılmaktadır. Bu sistemde ön camında aktif etiket bulunan araç, okuyucunun bulunduğu gişeye yaklaştığında okuyucu etiketi harekete geçirir ve etikette, üzerine şifrelenmiş numarayı okuyucuya iletir. Okuyucu bu numarayı E-ZPass veritabanına gönderir. Veritabanından ne kadar ücret alınacağı bilgisi elde edilir ve önceden yükleme yapılmış olan hesaptan bu ücret düşülür. Veritabanı bu ücret ödeme işleminin yapıldığı ödeme noktasını ve işlemi gün ve saat bazında kaydeder. [72,s.48-49,73]



Şekil 3.16: E-ZPass Etiketi [74]

Ülkemizde aynı yöntemi kullanan Otomatik Geçiş Sistemi (OGS), Karayolları Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğunda işletilmekte olan Boğaz köprüleri ile otoyollarda kullanılmaktadır. Bir otoyolda otomatik geçiş şeridinden, RFID etikete sahip bir araç giriş yaptığı takdirde, araçta takılı bulunan RFID etikete, geçiş esnasında hangi otoyola nereden, ne zaman girildiği bilgisi otomatik olarak kaydedilmektedir. Aynı otoyolda araç bir otomatik geçiş şeridinden çıkış yaparken RFID etiket üzerindeki giriş bilgileri yine otomatik olarak okunmakta ve gişe bilgisayarları tarafından ödenecek ücret belirlenerek, banka hesabından tahsil edilmektedir. Şekil 3.17'de örnekleri görülen kendi üzerinde pil bulunan aktif RFID etiket okuma ve yazma

yeteneğine sahiptir. Gişelere yerleştirilen okuyucu antenleri ile RFID etiketleri 5,8 GHz frekansında, mikrodalga hattı ile haberleşmektedir. Bu sistemler ile sürücüler genellikle köprü ve otoyollardan indirimli geçmenin yanı sıra hiç durmadan ve trafik yoğunlundan daha az etkilenecek geçebilmektedirler. [75]



Şekil 3.17: Otomatik Geçiş Sistemi Etiketleri [75]

3.5.2.2. Kütüphane Uygulamaları

Çoğu kütüphane RFID sistemini kitapların, bant kayıtlarının, DVD'lerin ve CD'lerin ödünç verilmesi ve geri gelmesi işlemini otomatikleştirmek için kullanır. Böylece gerçek zamanlı kütüphane stokunun oluşturulması için bir mekanizma sağlanmış olmaktadır. Geçmişte kütüphane varlıkları her biri barkot okuyucusu ile okutulan barkotlar kullanılarak takip edilmekteydi. Bu işlem yüksek emek yoğun bir faaliyet içermektedir. RFID etiketlerin kullanılması ile kütüphanedeki varlıklar kütüphane dışına çıkarken veya kütüphaneye getirildiğinde otomatik olarak kontrol edilmekte ve stok süreci raflara monte edilmiş okuyucular veya el okuyucuları vasıtası ile otomatikleştirilebilmektedir. Bunun sonucu personel ihtiyacı azalmakta ve stok yönetimindeki doğruluk derecesi artmaktadır. [47,s.150] Kütüphane uygulamalarında genellikle kitapların kapaklarına yerleştirilen yapışkanlı etiketler kullanılmaktadır. Bu etiketlere kitap bilgileri, kitabın kütüphane içindeki bölümü ve rafı, kimler tarafından ne zaman ödünç alındığı ve ne zaman getirildiği gibi bilgiler yazılabilmektedir.

3.5.2.3. Üretimdeki Uygulamaları

RFID üretim tesislerinde uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. RFID genellikle parçaları takip etmek için kullanılmaktadır. RFID sistemlerinin kullanılması ile hatalar azalmakta, ürün miktarı arttırılmakta ve aynı ürünün farklı sürümlerinin üretimleri yönetilebilmektedir. [66]

Boing firması, Wichita, Kansas'taki fabrikasında parçaları gerek parçaların fabrikaya gelişini, gerekse parçaların fabrika içinde bir atölyeden diğerine giderken hareketini 915 MHz frekanslı RFID sistemleri kullanarak izlemektedir. Geçmişte parçaların özel kimyasal işlem göreceği alanlara gelen parçalarda barkot kullanılmaktaydı ve barkotlar manüel olarak okunmaktaydı ve daha sonra alandan çıkarken yine barkodun okutulması gerekmektedir. Eğer parçalar okunmaz ise firma parçanın takibini kaybetmekteydi. Ancak şu anda RFID etiketleri parçaların hareketini otomatik olarak takip etmektedir. Böylece hatalar ve parçalar üretim hattında gerektiğinde çalışanların parçaları arama gereksinimi azalmıştır. [66]

Üretimde kullanılan RFID etiketlerine üretimdeki parçaların seri numarası, üretim tarihi, parçayı oluşturan alt parçalar ve tedarikçileri ve parçanın hangi üründe ve modelde kullanılacağı gibi bilgiler kaydedilebilmektedir.

Radyo frekanslı tanımlama sisteminin sağladığı bilgilere dayanarak gerçek zamanlı kurumsal planlama, çizelgeleme ve kontrol süreçleri uygulanabilmektedir. RFID sistemi kurumsal geri besleme fonksiyonlarını uygulamak için gerekli gerçek zamanlı verilerin sağlanmasında potansiyele sahiptir. RFID'nin sağladığı gerçek zamanlı bilgiler kurumun durumuyla ilgili belirsizlikleri azaltarak daha yerinde kontrol stratejilerine izin vermektedir. RFID sisteminin sağladığı bilgiler, karar verme sistemlerini bilginin elde edilmesi, veritabanlarına iletilmesi, orada birleştirilmesi ve uygun hareketin gerçekleştirilmesi yönünden beslemelidir.[76]

3.5.2.4. Havaalanlarındaki Uygulamaları

Havaalanlarında işlem gören bagaj ve paketlerin miktarındaki artış nedeniyle, hava yolları şirketleri son birkaç yıl içinde teknolojinin bu konuda verimliliğin ve doğruluğun gelişmesi yönünden yardımcı olup olamayacağına karar verebilmek için RFID denemeleri gerçekleştirmektedirler. RFID etiketi kullanılarak yapılan ilk seferde okuma oranı % 99'un üzerinde iken, barkotla okuma oranı %90'dan daha düşüktür. RFID etiketlerinin okuma-yazma yeteneğinin eklenmesi ile etiketin içerdiği bilgiler çantanın veya paketin hareket ettiği yollar boyunca değişebilmektedir. Bu durumda RFID etiketine daha fazla değer katmaktadır. [47, s.152]

Yürütülen denemelerde şirketin mevcut bagaj etiketlerinin içine UHF RFID etiketi eklenmektedir. Bu etiket havayollarının kontrol edilecek bagajlarına takılmaktadır.

RFID okuyucularının antenleri ise bagaj konveyör sistemlerine yerleştirilmektedir. Böylece etiketler, bagajlar uçaklara yüklenen konteynırlara yüklenirken ve bu konteynırlardan boşaltılırken okunmaktadır. Bu şekilde bagajların izlenmesi gerçekleştirilmektedir.

3.5.2.5. Gıda Ürünleri Takibindeki Uygulamalar

Yerel tüketim için gerek yurtiçinde üretilen gerekse yurtdışından ithal edilen gıda maddelerinin miktarlarının çok fazla olması nedeniyle bu gıdaların üretim noktalarından (ihracat/ithalat rıhtımı, çiftlik hayvanı yetiştirme alanı, tarım alanları, soğutma tesisleri ve bunun gibi) tüketim noktalarına (bakkal dükkanı, restoran, tüketicilerin evi) kadar hareketinin izlenmesi özellikle önemlidir.[47,s.152]

1999 ile 2003 yılları arasında ABD Gıda ve İlaç İdaresi çoğu önlenebilecek olan toplam 1307 adet işlenmiş gıda ürün geri çağırması gerçekleştirildiğini bildirmiştir. Özellikle ihraç pazarlarında bir ürünü marketlerin ve bakkal dükkânlarının raflarından geri çağrılmak zorunda kalındığında önemli potansiyel sonuç müşteri güvenindeki düşüş olmaktadır. Bu durum firmalar için çok büyük risk teşkil etmektedir. RFID sistemi geri çağırımları önlemek için çok yararlı olabilecek bir sistemdir. [77]

Tedarik zinciri entegrasyonu ve izlenebilirliği için en önemli teknoloji RFID etiketleridir. Her bir ürünün üzerine konulan bu elektronik etiketler üreticiye, perakende olarak satılan ürünlerin ömrü boyunca her hareketini izleyerek denetlemesine ve doğru taşıma, stoklama, ulaştırma ve teslimi görüntülemesine izin verir. Ayrıca etiketler ürün bazında ürünlerin sıcaklıklarını görüntüleme yeteneğine sahiptirler. Bu nedenle üreticiler ürünün yanlış sıcaklığa hangi aşamada maruz kaldığını tespit edebilirler. Bazı geri çağırımlarda bir üretim hattında üretilen ürünlerin geri çağırılması gerekirken ürünleri izleme yoksunluğu nedeniyle bütün ürünlerin geri çağırılması gerekebilmiştir. Bu durumda üreticinin müşteri gözünde güvenilirliği kalmadığı gibi şirket olması gerekenden çok daha fazla maliyete katlanmak zorunda kalmıştır. RFID sistemi bu durumlarla karşılaşılmasını önleyebilecek bir sistemdir. Tablo 3.2’de işlenmiş gıda üreticileri tarafından kullanılan RFID teknolojisi yaklaşımı SWOT analizi ile yeniden gözden geçirilmektedir. SWOT analizinde RFID teknolojisinin üstünlükleri, zayıflıkları, fırsatları ve tehditleri incelenmektedir.[77]

Tablo 3.2: İşlenmiş Gıda Üreticileri Tarafından Kullanılan RFID Sisteminin SWOT Analizi [77]

RFID Sisteminin SWOT Analizi	
Üstünlükler	1. Mevcut en ileri teknoloji 2. Satılacak ürünün market kasasına kadar izlenebilmesi 3. Ürün izlenebilirliği
Zayıflıklar	1. Hataların çözümlenmesi zaman alabilir 2. Tesis içi kontrol yeteneği yeterince açık değil
Fırsatlar	1. Perakende sektörünün çehresini değiştirebilir 2. Acil durum anında direk müşteri izlenebilirliğinin uygulanma potansiyeli
Tehditler	1. Sistemin çökmesi 2. Bilgisayar korsanlığı 3. Veri kayıpları

RFID teknolojisine yatırım maliyetli olmasına rağmen mükemmel uzun vadeli bir sermaye yatırımıdır. RFID sisteminin yararları işlenmiş gıda şirketleri tarafından yurt içinde anlaşılnca daha sonra bu teknoloji ihraç pazarlarındaki satış noktalarına da adapte edilebilecektir. [77]

3.5.2.6. Depo Uygulamaları

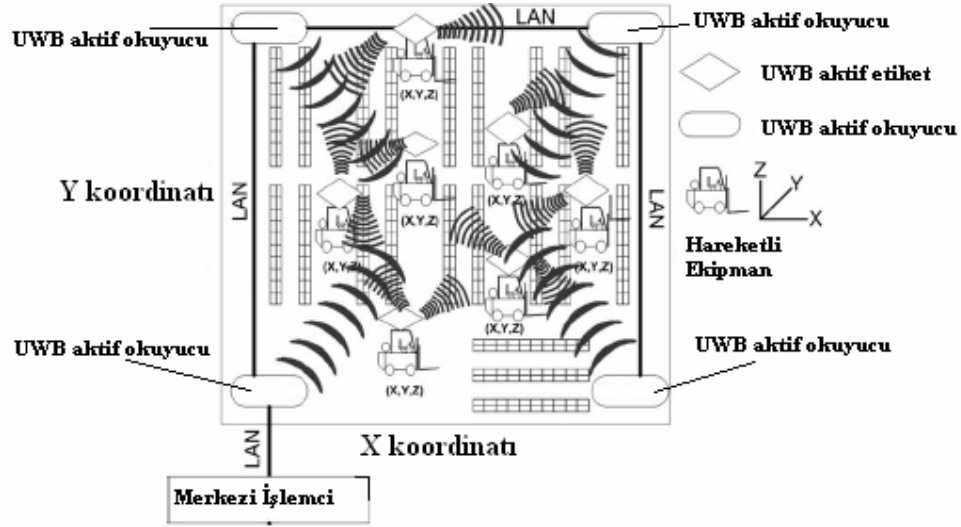
ABD’de özellikle ev mobilyaları ve döşemeleri perakende satışı üzerine çalışan Kitchens firması RFID teknolojisini, kendi dağıtım merkezinde alış ve kontrol süreçlerinde ürünleri ve malzeme taşıma ekipmanlarının hareketlerini kontrol etmek ve tanımlamak için benimsemiştir. RFID teknolojisinin yardımı ile firma direk çalışan veriminde % 35 ve dokümantasyon hatalarının azaltılmasında % 88 gelişme bildirmiştir. [78]

Gillette firması, depo kaynak yönetimi ve ürün takibi için bir pilot RFID projesi uygulamıştır. Bu projenin sonucunda stok seviyesi ve işçi sermayesinde düşüş, operasyonların doğruluğunda artış ve elde kalmama durumlarında ise gelişme kaydetmiştir. [78]

Proctor & Gamble firması İspanyadaki üretim tesisinde lojistik çıkışını geliştirmek için RFID sistemini uygulamıştır. RFID sistemini kullanarak Proctor & Gamble firması yükleme hızında % 40 oranında artış sağlarken işle ilişkili hatalarda düşüş ve kiraladığı sürücü sayısında azalma kaydetmiştir. [78]

ABD merkezli GENCO adlı dağıtım ve lojistik firması, RFID ve Ultra Geniş Bantlı (Ultra Wide Band-UWB) teknolojileri kullanarak sipariş toplama ve gönderme için gerçek zamanlı kaynak yeri takibi ve planlamayı içeren bir pilot uygulama gerçekleştirmiştir. Bu uygulamada kullanılan UWB aktif etiketler 6,2 GHz frekansta işlem görmektedirler. UWB aktif etiketler bir iç pile ve uzun okuma mesafesi sağlayan bir kısa atışlı bir ileticiye sahiptirler. Etiket her saniyede birkaç kısa atış sinyali yaymaktadır. Çeşitli UWB okuyucuları bu sinyalleri almakta ve onları merkez işlemciye göndermektedir. [78]

Gerçekleştirilen pilot uygulamada depo içindeki taşıma araçlarının (Forklift gibi) gerçek zamanlı takibi için araçlara UWB aktif etiketler takılmıştır. Ayrıca deponun stratejik en azından 4 yerine bu araçlardaki aktif UWB etiketlerini algılayacak okuyucular yerleştirilmiştir. Bu okuyucular merkez işlemci ve sunucu ile LAN ağı vasıtası ile bağlanmışlardır. Bu okuyucular sayesinde Şekil 3.17’de görüldüğü üzere araçların depo içindeki yerleri X-Y koordinatlarında belirlenmektedir. Bunun yanında paletlere ve dok kapılarının kenarlarına yapışkanlı pasif RFID etiketler takılmıştır. Bunların okunması için forkliftlere okuyucu ve dokunmatik ekran yerleştirilmiştir. Forklifler üzerine monte edilen dokunmatik ekranlar pasif RFID etiket verisi toplamak ve sürücüye kablosuz LAN ağı vasıtası ile mesaj göndermek için kullanılmaktadır. Forkliftlerdeki pasif RFID okuyucuları vasıtası ile paletlerdeki ürünlerin siparişlere uygun şekilde toplanması sağlanmaktadır. Paletlerin üzerindeki etiketleri forkliftlerdeki okuyucular okuyarak bu paletler forklift ile taşınmaktadır. Ayrıca forkliftlerdeki UWB etiketleri sayesinde forkliftler topladıkları mallara geliştirilen algoritma sayesinde en kısa yoldan en kısa zamanda ulaşmaktadırlar ve bu sayede toplanan siparişler en hızlı şekilde toplanmaktadır. Forkliftlerdeki aktif UWB etiketleri sayesinde forkliftler izlenirken forkliftin taşıdığı paletlerin ve dolayısı ile ürünlerin yerleri gerçek zamanlı olarak belirlenmektedir. Nakliye edilecek palet dok kapılarından yükleme alanına geçtiğinde forkliftteki okuyucular dok kapılarındaki etiketleri okuyarak paletin yükleme alanına geçtiğini depo yönetim sistemine bildirmektedir. Böylece ürün stokları güncellenmekte ve gerçek zamanlı olarak hem ürünler hem de araçlar takip edilmektedir. [78]



Şekil 3.18: UWB Etiket Ve Okuyucuları Vasıtası İle Araçların Yerlerinin Belirlenmesi [78]

GENCO RFID pilot uygulamasında aşağıdaki yararlar sağlanmıştır [78]:

- Forkliftlere okuyucu monte edilmesi ve tüm palet ve kolilere RFID etiket takılması sonucu, forklift operatörünün paletleri elle okuması ve doğru ürünü doğru miktarda aldığını kontrol etmesine gerek kalmamıştır.
- Yanlış paletin yüklenmesi sonucu doğru ürünün yeniden nakliyesi maliyeti azaltılmıştır.
- Müşteriden dönen yanlış nakliye edilmiş ürünün yeniden stoklanması maliyeti azaltılmıştır.
- RFID etiketlerinin paletlere ve kolilere takılması sonucu paletlerdeki ürünlerin doğruluğunu ve doğru paletin nakledildiğini kontrol eden dok kontrolcülerinin sayısı azaltılmıştır.
- Müşterilere nakledilen paletlerin doğruluğunda % 92'den % 99'a artış kaydedilmiştir.
- Palet doğruluğunun % 7 artırılması sonucu müşterilerin bu konuda aramaları azalmış ve dolayısı ile müşteri memnuniyeti artırılmıştır.
- Sistemin forklift güzergâhlarını önceden hesaplamaları sonucu siparişlerin toplanma hızları artmıştır ve toplam sipariş çevrim zamanları azalmıştır.

3.5.2.7. Giyim Eşyası Üzerindeki Uygulamaları

Giysilerin kendisinin içine dokunarak yerleştirilmiş veya giysi etiketlerine yerleştirilmiş RFID etiketler, giysi marka sahipleri için değerli bir araçtır. Üretim tesisinde giysiye eklenmiş etiket giysinin üretildiği maddeyi tanımlayabilir. Etiketin seri numarası kullanılarak giysinin gerçek olduğu sertifikalanabilir ve bu durum sahte ve karaborsa ürünlerin dağıtımının tanımlanmasını ve kontrol edilmesini sağlayabilecektir. İçerisinde Marks & Spencer’ında olduğu birçok firma giysi takibi için kapsamlı deneme RFID uygulamasına başlamıştır. Londra merkezli perakende firması olan Marks & Spencer Londra yakınlarındaki High Wycombe mağazasında başarı ile bir deneme gerçekleştirmiştir. Bu denemede RFID etiketler erkek takım elbiselerine, gömleklerine ve kravatlarına takılmıştır. Okuyucular giysi raflarının ve paketlenmiş giysilerin geçtiği ve hızlı bir şekilde okunduğu dağıtım tesislerine ve yükleme alanlarına yerleştirilmiştir. Benzer şekilde bazı okuyucular mağaza içinde giysi etiketlerinin okunması amacıyla kullanılmak üzere alışveriş arabalarına yerleştirilmiştir. Marks & Spencer çoğu RFID denemesinde ortaya çıkan gizlilik sorunundan sakınmak için içinde yalnızca giysiyle ilgili beden, sitil ve renk bilgilerinin bulunduğu etiketler kullanmıştır. [47,s.148]

Diğer bir giysilerle ilgili RFID teknolojisi hırsızlığa karşı kullanılabilen çipsiz (Chipless ID) RFID teknolojisidir. Çipsiz tanımlama etiketleri göze görünmeyecek kadar küçüktür. Çipsiz tanımlama etiketleri kendilerine has, sahtesi yapılamayan bir sinyal yaymaktadırlar. Bu durum bu teknolojiyi, özellikle doğruluğunu kanıtlama, sahteciliği önleme, gizlilik uygulamaları için uygun kılmaktadır. RFID etiketleri bir anten, bir işlemci ve ilgili bir hafıza içerirken çipsiz tanımlama etiketleri pasif bir antenden başka bir şeye sahip değildirler. Antenler nano-resonant yapı olarak adlandırılan çok küçük (5 mikron çapında, 1mm. uzunluğunda) fiberlerden üretilmektedir ve özel okuyucular tarafından algılanmaktadırlar. Bu teknoloji 24 GHz’den 60 GHz’in üzerindeki frekanslara kadar işlem görmektedir. Yeni çipsiz teknolojinin avantajlarından biri maliyettir. Üreticiler normal çipli RFID etiketlerin maliyetinin yarısından daha düşük maliyete çipsiz etiketleri üreteceklerini düşünmektedirler. Bu etiketlerin okuma mesafeleri 2-5 cm. civarındadır. [47,s.149]

İtalyan beyaz eşya üreticisi olan Merloni firması akıllı bir çamaşır makinesi üretmiştir. Makinenin içine giysiler konulunca çamaşır makinesinin içindeki RFID

okuyucusu, RFID etiket bulunan giysilerdeki etiketleri okuyabilmekte ve giysileri etiket üzerine yazılmış talimatlara göre yıkamaktadır.

3.5.2.8. Geleceğin Mağazası (Future Store)

Metro Grup ile beraber SAP, Intel, IBM, T-Systems ve ayrıca IT ve tüketici ürünleri endüstrisinden ve hizmet sektöründen 60 diğer işbirliği yapan firma, tüketici ürünleri endüstrisi için yeni teknolojik standartlar kurmak ve ticarete modernleşme sürecini hızlandırmak üzere bir araya gelerek “Geleceğin Mağazası Girişimi” (Future Store Initiative) ortak platformunu kurmuşlardır. Bu girişimin anahtar unsuru olan Almanya Rheinberg’teki “Geleceğin Mağazası” Nisan 2003’te açılmıştır. Burada ortaklar gerçek durumlar altında radyo frekanslı tanımlama gibi yeni teknolojileri test etme imkânına sahip olmuşlardır. [79]

RFID ürünlerin sırasıyla fabrikanın yükleme alanı, dağıtım merkezi, depo, perakende mağazası, mağazanın rafı, alışveriş arabası ve son olarak ödeme kasasına kadar hareketini kesin, doğru ve gerçek zamanlı izlenmesini sağlamaktadır.[42,s.60]

Geleceğin Mağazasında, RFID etiketlerin takıldığı ürünlerin bulunduğu Şekil 3.18’de görülen akıllı raflar sayesinde raflarda ürünlerin azaldığı otomatik olarak fark edilmektedir. Belli bir ürünün rafta kalan miktarı önceden belirlenen bir seviyeden aşağıya düştüğünde ürün yönetim sistemine elektronik olarak haber verilmektedir. Bu durumda çalışanlar stokunun azaldığı bildirilen rafları zamanında yeniden doldurabilmektedirler. Bunlara ek olarak akıllı raflar, çalışanlara önceden ürünlerin son kullanma tarihine yaklaştığını bildirebilmektedirler. Bu da müşterilerin her zaman, yüksek kaliteli ve taze ürünlere sahip olmalarını sağlamaktadır. RFID etiketi olan ürünler özel terminallere okutulduğunda ürünler hakkında önemli bilgiler sağlanabilmektedir. Örnek olarak paketlenmiş bir et ürünü okutulduğunda etin hangi hayvana ait olduğu, nerede üretildiği gibi bilgiler müşteriye sunulabilmektedir. [79]

Geleceğin Mağazasında, akıllı soyunma kabinlerinde bulunan okuyucular sayesinde müşterinin denediği ürün üzerindeki etiketler algılanmakta ve müşteri hangi eteği, pantolonu veya kazağı denediğini akıllı soyunma kabininde bulunan ekrandan görebilmekte ve tanıyabilmektedir. Bununla beraber müşteriler denedikleri ürünün stokta hangi renginin ve bedeninin bulunduğunu görebilmektedirler. Bunların yanında RFID okuyucusu tarafından okunan giysi hakkındaki detaylara uygun olarak

müşteriye denediği giysiye uygun olası kombinasyonlar sunulmaktadır. Örnek olarak bir takım elbise ile hangi gömleğin en iyi gideceği gösterilmektedir. [79]



Şekil 3.19: Üzerinde RFID Etiketlerin Takıldığı Ürünlerin Bulunduğu Akıllı Raf [79]

RFID Geleceğin Mağazasında ödeme işlemlerinde de yenilik getirilmiştir. Bütün ürünlerin RFID etiket taşıması ile müşteri, Şekil 3.19’da gösterilen mağazanın çıkışındaki üzerinde RFID okuyucusu bulunan Kişisel Ödeme Kasasının yanından geçtiğinde alışveriş arabasının içinde bulunan tüm ürünler otomatik olarak kaydedilmekte ve ürünlerin ücreti müşterinin kredi kartıyla ödenebilmektedir. Müşteri belli bir neden sonucu ürünü geri getirmek veya değiştirmek istediğinde RFID teknolojisi sayesinde kolay bir prosedür ile karşılaşmaktadır. Buna göre geri getirilen ürün üzerindeki RFID etiket yeniden okutulduğunda ürünlerin fiyatı ve satışın yapıldığı tarih mağazanın veri işleme sisteminde saklandığı için müşterinin fatura ile satın almayı ispatlamasına gerek kalmamıştır. Ödeme işlemi kasada yapıldıktan sonra müşterilerin isteğine göre ürün veya paket üzerindeki RFID etiketi kalıcı olarak etkisiz hale getirilebilmektedir. RFID etiketi bir kere etkisiz hale getirildikten sonra hiçbir şekilde okunamamakta ve üzerine yazılamamaktadır. Etkisizleştirilmiş etiket okuyucunun okuma mesafesine getirildiğinde cevap vermemektedir. Ayrıca müşterinin isteğine göre mağaza görevlileri satın alınan üründen RFID etiketini tamamen çıkartabilmektedirler.



Şekil 3.20: Üzerinde RFID Okuyucusu Bulunan Kişisel Ödeme Kasası [79]

3.6. Radyo Frekanslı Tanımlama Sistemlerinin Avantajları

Radyo frekanslı tanımlama teknolojisi, barkotların nesneleri, nesneler lazer tarayıcısının altından geçtiğinde tanımlamasına benzer şekilde nesnenin radyo tabanlı okuyucunun okuma mesafesinden geçtiğinde nesneleri tanımlaması üzerine tasarlanmıştır. Ancak RFID'nin barkotlara göre birçok avantajları mevcuttur. Birinci olarak, RFID etiketinin okuyucunun okuma mesafesi içinde olduğu sürece takip edilen nesnenin neresine yerleştirileceği önemli değildir. Ayrıca RFID etiketin algılanması için barkotlardaki gibi okuyucunun görüş izahına getirilmesine gerek yoktur. İkinci olarak RFID etiketleri kire, ısıya, boyaya, çözücülere, mide asiti gibi maddelere ve diğer RFID etiketlere karşı dayanıklıdır. Buda RFID etiketlere yırtılabilen, kirlenebilen veya taşıma esnasında çıkabilen kağıt barkotlara karşı avantaj sağlamaktadır. Üçüncü olarak RFID etiketler barkotlar gibi yalnızca istenildiğinde bilginin teslim edilmesi için kullanılmazlar, RFID etiketleri daha sonraki gözden geçirmeler için bilgi toplayabilmekte ve depolayabilmektedirler. Son olarak RFID etiketlerinin barkotlara karşı önemli okuma mesafesi avantajı mevcuttur. RFID etiketleri barkotlara göre çok daha uzun mesafelerden okunabilmektedirler. [47,s.131]

RFID uygulamalarında görülen diğer avantajları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [43,45-47,49,73,79]:

- Manüel işlemlerde azalma sağlamaktadır. Bunun sonucu işçi maliyetlerinde düşüş sağlanmaktadır.
- Ürünlerin tedarik zincirinde gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlamaktadır. Böylece esneklik sağlanmakta ve karar verme işlemleri daha hızlı ve yerinde yapılabilmektedir.
- Fabrikalarda, depolarda, mağazalarda stok miktarlarının azaltılmasını sağlamaktadır.
- Sahte ve karaborsa ürünlerin azaltılmasını sağlamaktadır.
- Hırsızlık ve kayıpları önlemektedir.
- Tedarik zinciri bütünleşmesini geliştirerek tedarikçiler ve müşteriler ile daha iyi ilişkiler kurulmasını sağlamakta ve ürün akışı daha verimli olarak kontrol edilmektedir.
- Özellikle mağazalarda ürün bulunabilirliğini arttırmaktadır.
- Operasyonların hızını artırarak sürelerini kısaltmaktadır.
- Üretici firmaların kapasitelerini yönetmelerine, arz darboğazından sakınmalarına ve teslimat hatalarını azaltmalarına yardımcı olmaktadır.
- Doğru ve hızlı veri toplanmasını sağlamaktadır.
- Müşteri memnuniyetini arttırmaktadır.

3.7. Radyo Frekanslı Tanımlama Sistemlerinin Taşıdığı Riskler

Radyo frekanslı tanımlama teknolojisinin uygulamalarının yaygınlaşması ile birlikte bu teknolojinin avantajlarının yanında bazı riskler ve belirsizliklerde ortaya çıkmaya başlamıştır. Radyo frekanslı tanımlama teknolojisinin taşıdığı riskler ve yaygınlaşması önündeki engeller aşağıda sıralanmıştır.

1. RFID'nin taşıdığı en büyük risklerden biri mahremiyet ve gizlilik konularıdır. RFID teknolojisi ile kişilerin özel hayatlarına girilebileceği, her an takip edilebileceği ve kişinin bulunduğu yerin tespit edilebileceği korkusu RFID'nin neden olduğu

belirsizliklerin başında gelmektedir. RFID etiketlerinin paletler ve koliler üzerinde kullanılması herhangi bir mahremiyet sorununa neden olmamaktadır. Ancak RFID etiketinin ürün seviyesinde kullanılması mahremiyet sorununa neden olmaktadır. Üzerinde RFID etiketi olan bir ürün marketten müşteri tarafından satın alındıktan sonra kendisinde okuyucu bulunan üçüncü bir şahıs ürünü satın alan kişinin hangi ürünü aldığını öğrenebilmekte ve bunun sonucunda kişinin eğilimleri ve yaşam tarzı hakkında bilgi elde edebilmektedir. Bu durumda kişinin özel hayatına müdahale olarak görülmektedir. Ayrıca elbiselerde bulunan RFID etiketler vasıtasıyla kapısında okuyucu bulunan yerlere her girdiğinde kişi izlenebilecektir. [80-82]

Özellikle internet sitelerinde ve kurulan dernekler vasıtası ile RFID teknolojisinin kişilerin özel hayatını yok edecek bir teknoloji olduğu ve kullanılmaması gerekli olduğu bilgileri kamuoyuna sunulmaktadır. RFID teknolojisini kullanan firmaların ve marketlerin ürünlerinin kullanılmaması için çabalayan ve bu ürünlerin boykot edilmesini isteyen çeşitli gruplar vardır. Bu gruplar firmaların radyo frekanslı tanımlama teknolojilerine geçmelerini engellemeye çalışmaktadırlar. Buna karşılık mahremiyet konusunun her aşamada ele alınması gerekmektedir. Bu konudaki sorumluluk çok katmanlıdır ve bu sorumluluğu hükümetlerin, firmaların, teknoloji geliştiricilerinin ve kişilerin alması gereklidir. [73,82]

Mahremiyet konusunda bazı çözümler son dönemde ele alınmaya başlanmıştır. Bu konudaki bir çözüm EPCglobal tarafından önerilmiştir. Buna göre tedarik zincirinin sonunda bir ürünün müşteriye satılması ile müşteriler kasadan geçerken market görevlisinden ürünler üzerinde bulunan etiketlerin etkisiz hale getirilmesini isteyebileceklerdir. Buna göre etiketler etkisiz kılındığı için ürünlerin ve dolayısı ile kişilerin izlenebilmesi önlenmiş olacaktır. Ancak bu durum hastanelerde doğru hastaya doğru ilacın verilmesi gibi uygulamalarda olduğu gibi satın alma sonrası RFID'den sağlanacak bazı faydaları sınırlamaktadır. [82]

2. RFID teknolojisinin bir diğer tartışma konusu ne kadar güvenilir olduğudur. Bazı araştırma kuruluşları ve araştırmacılar RFID'nin saldırıya çok açık olduğunu bildirmektedirler. En büyük markalı etiketlerin araştırıldığını ve bu etiketlerin güvenilir olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca otomobil anahtarlarında kullanılan ve akaryakıt istasyonlarında yakıt almak için kullanılan etiketlerin güvenilir olmadığına ve kötü niyetli insanların kolaylıkla otomobil ve yakıt çalabileceklerini bildirmişlerdir. Bunların yanında RFID etiketlerinin tüm sistemi etkileyebilecek bir

bilgisayar virüsünü bulaştıracak bir araç olarak kullanılabileceği bildirilmektedir. Bu durumda RFID teknolojisini kullanmak isteyen, bilgilerin güvenilirliği ve gizliliği konusunda çok hassas olan firmaları etkilemektedir.[83]

3. RFID teknolojisinin yaygınlaşması ile birlikte meydana çıkan büyük miktarda verinin nasıl depolanacağı, kullanılacağı ve varolan altyapının bu kadar büyük bilgi yükünü taşıyıp taşıyamayacağı bilgi işlem yöneticilerini endişelendirmektedir. Bu sorunu çözebilmek için verilerin filtreleme ve depolama yöntemleri ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. [73]

4. RFID kullanımının yaygınlaşması önündeki en büyük engellerden biri halen okuyucuların ve özellikle etiketlerin maliyetleridir. Ancak büyük marketlerin tedarikçilerine RFID etiketleri kullanma zorunluluğu getirmesi ile kullanılan etiketlerin miktarındaki artışla birlikte etiketlerin maliyetleri düşme eğilimindedir.

5. Ultra yüksek frekanslı radyo dalgaları su ve karbon tarafından emilmektedir ve metaller tarafından yansıtılmaktadır. Bunun sonucunda su, karbon ve metal gibi maddelerin bulunduğu ortamlarda etiket ve okuyucu arasındaki okuma işlemi olumsuz etkilenmektedir. Bunların önlenmesi için etiketlerin yerleşimi ve konumu üzerine çalışmalar yapılmaktadır. [45]

6. Farklı okuyuculardan gönderilen sinyallerin çakışması sonucu oluşan “okuyucu çarpışması (reader collision)”, çok sayıda etiketin aynı anda bir okuyucu tarafından harekete geçirilmesi ve etiketlerin sinyallerini okuyucuya eş zamanlı olarak iletmeye çalışmaları sonucu oluşan “etiket çarpışması (tag collision)” RFID teknolojisinin teknik sorunlarından. Bu sorunların çözülmesi için çarpışma önleyici prosedürler (anti-collision procedure) mevcuttur. [45,49]

7. RFID için küresel olarak kabul edilmiş bir standardın olmaması uygulamaların yaygınlaşmasını engellemektedir. Ancak son zamanlardaki standardizasyon kurumlarının birbirlerinin standartlarını onaylamaları bu yöndeki kaygıları gidermeye başlamıştır.

8. RFID teknolojisinin insan sağlığı üzerine etkileri tam olarak bilinmemektedir. Henüz olumsuz bir etkisi kanıtlanmamış olsa da radyo frekanslarının sağlık üzerine bazı tehlikeler barındırdığı bilinmektedir. [73]

4. REAL OPTİONS SUPER LATTİCE SOLVER (SLS) YAZILIMI

Bu bölümde opsiyon değerinin bulunmasında kullanılacak olan Real Options Super Lattice Solver (SLS) 3.0 versiyonu yazılımı tanıtılacaktır. [84] Bu yazılım aşağıdaki gibi modüllere sahiptir;

- **Single Super Lattice Solver (SSLS):** Bu modül binom ağaçlar kullanılarak tek dayanak varlığa sahip opsiyonların çözülmesinde kullanılmaktadır. Bu modül tek dayanak varlığa sahip çok karmaşık opsiyonların çözülmesinde de kullanılabilir.
- **Multiple Super Lattice Solver (MSLS):** Bu modül binom ağaçlar kullanılarak birçok dayanak varlığa sahip opsiyonların ve birçok aşamaya sahip ardışık bileşik opsiyonların çözülmesinde kullanılmaktadır.
- **Multinomial Lattice Solver (MNLS):** Bu modül binom ağaçlar ile çözülemeyen özel opsiyonların çözülmesinde çoklu-nominal ağaçları kullanmaktadır.
- **Lattice Maker:** Bu modül Microsoft Excel yazılımında denklemler ile ağaçlar oluşturulmasında kullanılmaktadır.
- **SLS Excel Solution:** Bu modül SSLS ve MSLS hesaplamalarının Microsoft Excel yazılımı ortamı içerisinde uygulanmasını sağlamaktadır. Ayrıca kullanıcılarına Microsoft Excel yazılımında SSLS ve MSLS fonksiyonlarına doğrudan erişim izni vermektedir.
- **SLS Functions:** SLS Functions, Microsoft Excel yoluyla doğrudan girilebilen fazladan reel opsiyonlar ve finansal opsiyonlar modelleridir. Bu model kurmayı kolaylaştırmaktadır.

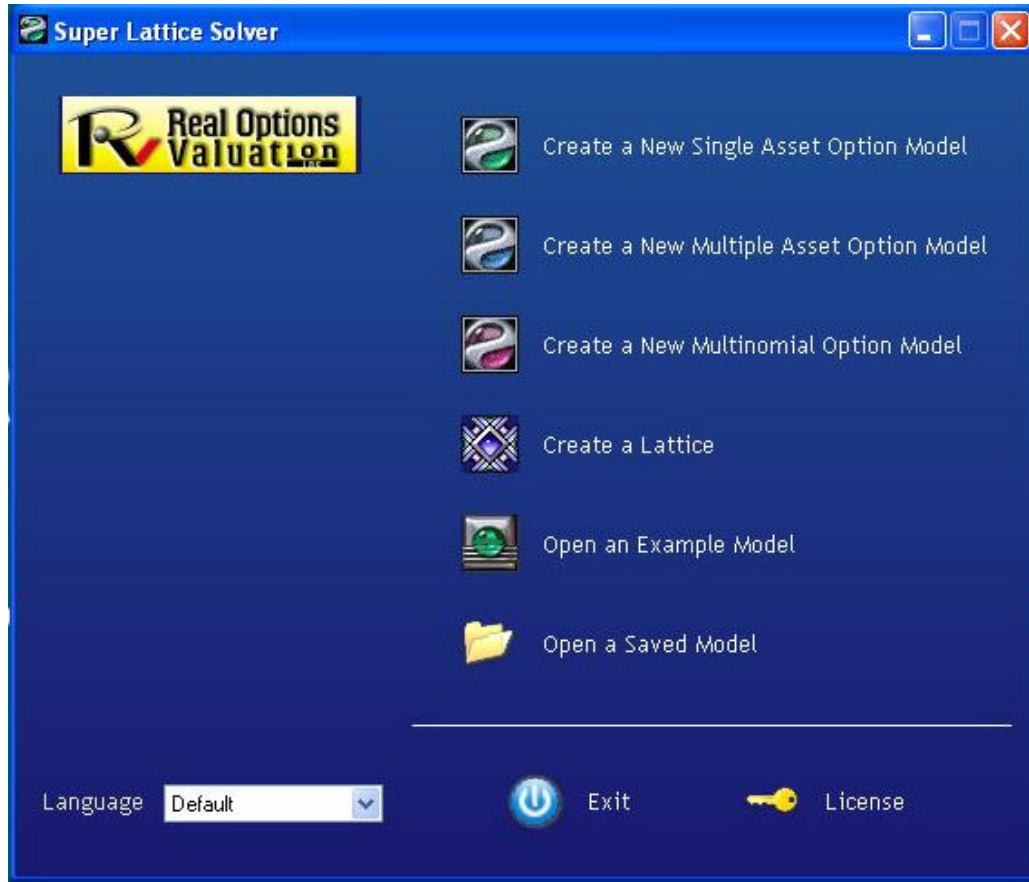
Bu modüller isteğe göre uyarlanabilir binom ve çoklu-nominal (multinomial) ağaçların çok etkili çözücüleridir. Ayrıca bu modüller birçok tipteki opsiyonların (fiziksel varlıklarla ilgilenen reel opsiyonlar ve finansal varlıklarla ilgilenen finansal opsiyonlar gibi) çözülmesinde kullanılabilirler.

Real Options Super Lattice Solver (SLS) 3.0 yazılımı danışman ve “Real Options Analysis: Tools and Techniques” [6] gibi reel opsiyonlar konusunda birçok kitabın yazarı olan Dr. Johnathan Mun tarafından oluşturulmuştur.

Çalışmanın uygulamasında tek varlığa sahip opsiyonlar ile ilgilenildiği için yazılımın Single Super Lattice Solver (SSLS) modülüne özellikle değinilmektedir.

4.1. Single Super Lattice Solver (SSLS) Modülü

Şekil 4.1’de Real Options SLS yazılımının ana ekranı gösterilmektedir. Bu ana ekrandan Single Asset (Tek Varlık) model, Multiple Asset (Birçok Varlık) model, Multinomial (Çoklu Nominal) model, Lattice Maker çalıştırılabilmekte ve örnek model veya önceden kaydedilmiş bir model açılabilir.



Şekil 4.1: SLS Yazılımının Ana Ekranı

Real Options SLS yazılımının Single Super Lattice Solver modülü kullanılarak 2. Bölümün sonunda yer alan Örnek 2.2 ‘deki Avrupa tipi alım opsiyonunun değeri bulunacaktır. Örnek 2.2’deki Avrupa tipi alım opsiyonda varlığın değeri(S) \$100,

kullanım fiyatı(X) \$100, kullanım tarihine kalan süre yani opsiyon ömrü 1 yıl, risksiz faiz oranı(r_f) %5, volatilité(σ) %25'tir ve opsiyonun kar payı ödemesinin olmadığı varsayılmıştır. Buna göre opsiyon değerini hesaplamak için ilk olarak SLS yazılımının ana ekranının en üstünde bulunan “Create a New Single Asset Option Model” düğmesine basılır. Bundan sonra karşımıza Şekil 4.2’de gösterilen “Single Asset Super Lattice Solver” ekranı gelir.

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type

☒ American ☐ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs

PV Underlying Asset (\$) Risk-Free Rate (%)

Implementation Cost (\$) Dividend Rate (%)

Maturity (Years) Volatility (%)

Lattice Steps * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

Call Put

Black-Scholes
Closed-Form American
Binomial European
Binomial American

Result

Ready.

☐ Create Audit Sheet

Şekil 4.2: “Single Asset Super Lattice Solver” Ekranı

Şekil 4.2’deki ekranda “Option Type” bölümünde opsiyon tipi seçilmektedir. Bu modülde Amerikan, Avrupa, Bermuda (Bermuda tipi opsiyon, opsiyonun vadeden önce belirli tarihlerde kullanılabileceğini gösterir) tipinde ve özel opsiyonlar çözülebilmektedir. Ekranın “Basic Inputs” bölümüne dayanak varlığın bugünkü değeri (PV Underlying Asset) veya hisse senedi fiyatı, uygulama maliyeti veya kullanım fiyatı (Implementation Cost), opsiyonun vadesi (Maturity), risksiz faiz oranı (Risk-Free Rate), kar payı oranı (Divident Rate), volatilité (Volatility) ve

binom ağaçlar modelinin hesaplanması için gereken adım sayısı (Lattice Steps) gibi opsiyon değerinin hesaplanmasında kullanılan girdi değerleri yazılır. Ekranın “Basic Inputs” bölümüne, yukarıda değerleri bir daha yazılan Örnek 2.2’deki girdi değerleri Şekil 4.3’teki gibi yazılır. Ekranın “Option Type” bölümüne Örnek 2.2’de Avrupa tipi alım opsiyonu incelendiği için “European” kutucuğu işaretlenmiştir. Ekranın “Lattice Steps” bölümüne ise örneğimizde adım sayısını 5 kabul ettiğimiz için 5 rakamı yazılmıştır.

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type

☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs

PV Underlying Asset (\$) 100 Risk-Free Rate (%) 5

Implementation Cost (\$) 100 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 1 Volatility (%) 25

Lattice Steps 5 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

Call Put

Black-Scholes
Closed-Form American
Binomial European
Binomial American

Result

Ready.

☐ Create Audit Sheet

Şekil 4.3: Örnek 2.2’nin Girdi Değerlerinin Yazılmasıyla Oluşan “Single Asset Super Lattice Solver” Ekranı

Girdi değerlerinin ekrana yazılmasından sonra “Run” düğmesine (veya klavyede ALT-R tuşlarına) basılmasıyla 5 adımlı binom ağaçlar modeline göre Avrupa tipi opsiyon değeri Şekil 4.4’teki ekranın “Result” bölümünde görüleceği üzere \$12,7946 olarak hesaplanır. Burada hesaplanan değer, Örnek 2.2’nin 2. bölümde yazılım kullanılmadan hesaplanan değeriyle aynıdır. Şekil 4.4’teki sonuç ekranının “Benchmark” bölümünde görüleceği üzere ekrana yazılan girdi değerlerine göre

opsiyon değeri yalnızca belirtilen adım sayısına sahip binom ağaçlar modeli ile değil kıyaslama amacıyla Black-Scholes modeline, kısmi diferansiyel kapalı form amerikan yaklaştırma modellerine ve 1000 adımlı binom ağaçlar modeline göre Amerikan ve Avrupa tipi alım ve satım opsiyonları değerleri hesaplanmaktadır.

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type

☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs

PV Underlying Asset (\$) 100 Risk-Free Rate (%) 5

Implementation Cost (\$) 100 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 1 Volatility (%) 25

Lattice Steps 5 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	12.34	7.46
Closed-Form American	12.34	7.85
Binomial European	12.33	7.46
Binomial American	12.33	7.97

Result

European Option: 12.7946

☐ Create Audit Sheet

Şekil 4.4: Real Options SLS Yazılımına Göre Avrupa Tipi Alım Opsiyonunun Sonuç Ekranı

Bunlara ek olarak ekrana girdi değerlerinin yazılmasının ardından, “Run” düğmesinin yanındaki “Create Audit Sheet” kutucuğu işaretlendikten sonra, “Run” düğmesine basılarak modülün çalıştırılmasıyla Şekil 4.5’te gösterilen Microsoft Excel programında hesap denetleme çalışma sayfası (Audit Worksheet) oluşturulur. Şekil 4.5’te örneğimizde 5 adımlı binom ağaçlar modelini incelediğimiz için 5 adımlı binom ağaçlar modeli ile hesap denetleme çalışma sayfası gösterilmiştir.

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$100,00
Implementation Cost (\$)	\$100,00
Maturity (Years)	1,00
Risk-free Rate (%)	5,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	25,00%
Lattice Steps	5
Option Type	European

Terminal Equation
Intermediate Equation
Intermediate Equation (Blackouts)

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,2000
Up Step Size (up)	1,1183
Down Step Size (down)	0,8942
Risk-neutral Probability	0,5169

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	12,09
Super Lattice Results	12,79

Underlying Asset Lattice

					174,90
				156,39	
			139,85		139,85
		125,06		125,06	
	111,83		111,83		111,83
100,00		100,00		100,00	
	89,42		89,42		89,42
		79,96		79,96	
			71,50		71,50
				63,94	
					57,18

Option Valuation Lattice

					74,90
				57,39	
			41,83		39,85
		29,17		26,05	
	19,61		16,23		11,83
12,79		9,79		6,05	
	5,77		3,10		0,00
		1,59		0,00	
			0,00		0,00
				0,00	
					0,00

Şekil 4.5: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli ile Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Şekil 4.2'deki ekranın “Lattice Steps” bölümüne kaç adım yazıldığından bağımsız olarak 10 adımdan daha büyük adımlar istendiğinde hesap denetleme çalışma sayfasında istenen adımdaki binom ağacın yalnızca ilk 10 adımı gösterilmektedir. Eğer “Lattice Steps” bölümüne 100 adım yazılırsa, Şekil 4.6'da gösterildiği gibi istenen 100 adımlı binom ağaçlar modelinin yalnızca ilk 10 adımı gösterilecektir. Eğer tüm adımların gözükmesi istenirse “Lattice Steps” bölümüne 10 adım girilir ve böylece Şekil 4.7'de gösterildiği gibi hesap denetleme çalışma sayfasında 10 adımın tümü gösterilir. Hesap denetleme çalışma sayfasında orta hesaplamaları (Intermediate Computations) ve sonuçlar (Results) 10 adımlı binom ağaçlar modeline göre değil “Lattice Steps” bölümüne yazılan adım sayısına göre hesaplanmaktadır. Şekil 4.6'da 100 adımlı, Şekil 4.7'de ise 10 adımlı binom ağaçlar modeli ile hesap denetleme çalışma sayfası gösterilmiştir. İki şekildeki orta hesaplamaları (Intermediate Computations) ve sonuçlar (Results) karşılaştırılırsa değerlerin birbirinden farklı olduğu ve hesaplamaların belirtilen adım sayısı göz önüne alınarak yapıldığı görülecektir.

Hesap denetleme çalışma sayfasının “Assumptions” bölümünde, Şekil 4.3'te gösterilen “Single Asset Super Lattice Solver” ekranının “Basic Inputs” bölümüne yazılan girdi değerleri ile adım sayısı ve “Options Type” bölümüne yazılan opsiyon tipi gösterilmektedir. “Intermediate Computations” bölümünde ise adımlar arasındaki zamanı gösteren zaman dilimi (Δt), dayanak varlığın bugünkü değerinin her adımda çarpılacağı üst değer(u) ve alt değer(d) ile risk-nötral olasılık(p) değerleri hesaplanır. “Results” bölümünde ise 10 adımlı binom ağaçlar modeli ile hesaplanan opsiyon değerinin sonucu ile “Lattice Steps” bölümüne yazılan istenen adım sayısındaki binom ağaçlar modeline göre opsiyon değerinin sonucu hesaplanır. “Underlying Asset Lattice” bölümünde dayanak varlığın değerinin binom ağacı ve “Option Valuation Lattice” bölümünde opsiyon değerlendirme binom ağacı gösterilmiştir.

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$100,00
Implementation Cost (\$)	\$100,00
Maturity (Years)	1,00
Risk-free Rate (%)	5,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	25,00%
Lattice Steps	100
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0100
Up Step Size (up)	1,0253
Down Step Size (down)	0,9753
Risk-neutral Probability	0,5038

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	12,09
Super Lattice Results	12,31

Terminal Equation
Intermediate Equation
Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil 4.6: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli ile Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$100,00
Implementation Cost (\$)	\$100,00
Maturity (Years)	1,00
Risk-free Rate (%)	5,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	25,00%
Lattice Steps	10
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,1000
Up Step Size (up)	1,0823
Down Step Size (down)	0,9240
Risk-neutral Probability	0,5119

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	12,09
Super Lattice Results	12,09

Terminal Equation
Intermediate Equation
Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

										220,47
									203,71	
								188,22		188,22
							173,92		173,92	
						160,70		160,70		160,70
					148,48		148,48		148,48	
				137,19		137,19		137,19		137,19
			126,77		126,77		126,77		126,77	
		117,13		117,13		117,13		117,13		117,13
	108,23		108,23		108,23		108,23		108,23	
100,00		100,00		100,00		100,00		100,00		100,00
	92,40		92,40		92,40		92,40		92,40	
		85,38		85,38		85,38		85,38		85,38
			78,89		78,89		78,89		78,89	
				72,89		72,89		72,89		72,89
					67,35		67,35		67,35	
						62,23		62,23		62,23
							57,50		57,50	
								53,13		53,13
									49,09	
										45,36

Option Valuation Lattice

										120,47
									104,21	
								89,22		88,22
							75,40		74,41	
						62,68		61,69		60,70
					50,95		49,97		48,98	
				40,34		39,17		38,19		37,19
			31,06		29,63		28,25		27,26	
		23,27		21,65		19,92		18,12		17,13
	16,98		15,33		13,50		11,39		8,73	
12,09		10,55		8,86		6,90		4,44		0,00
	7,09		5,66		4,08		2,26		0,00	
		3,54		2,36		1,15		0,00		0,00
			1,35		0,59		0,00		0,00	
				0,30		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Şekil 4.7: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli ile Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

5. REEL OPSİYONLAR YÖNTEMİ İLE BİR TEKSTİL FİRMASI İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR RADYO FREKANSLI TANIMLAMA (RFID) SİSTEMİ PROJESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, mevcut ürün takip sisteminde sorunlar yaşayan ABC Tekstil firması için geliştirilen bir radyo frekanslı tanımlama (RFID) sistemi yatırımı reel opsiyonlar yöntemi ile analiz edilmiştir. Bölümde öncelikle firmanın barkoda dayalı mevcut ürün takip sistemi ve bu sistemin sorunları incelenmiştir. Daha sonra bu sorunlara çözüm getirecek ve yeni olanaklar sunacak geliştirilen RFID sistemi ve bu sistemin sağlayacağı faydalar incelenmiştir. Daha sonra geliştirilen RFID sisteminin yatırımı hem klasik NBD yöntemi hem de reel opsiyonlar yöntemi ile değerlendirilmiş ve iki yöntem karşılaştırılmıştır. Reel opsiyonlar yöntemi ile yatırım değerlendirilirken Binom ağaçlar modeli ve Black-Scholes modeli karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Son olarak reel opsiyon değerini etkileyen model parametreleri için duyarlılık analizleri yapılmıştır. Binom ağaçlar modelinin uygulanmasında Real Options Super Lattice Solver (SLS) 3.0 versiyonu yazılımı, NBD modelinin uygulanmasında ve nakit akışları, diğer ekonomik parametrelerin tablo şeklinde gösterilmesinde Microsoft Excel yazılımı kullanılmıştır.

ABC firması, yurt dışı ve iç piyasa için çorap üreten ülkemiz merkezli köklü bir tekstil firmasıdır. Kendi sektöründe öncü olan ABC firmasının ihracat için çorap üreten iki (1 ve 2 nolu fabrikalar), iç piyasa için çorap üreten iki (3 ve 4 nolu fabrikalar) olmak üzere toplam dört adet fabrikası bulunmaktadır. Firma yurt dışındaki marka olan firmalar için katma değeri yüksek ürün üreten 1 ve 2 nolu fabrikalarına daha fazla önem vermektedir. ABC firmasının ürettiği ürünleri aşağıdaki şekilde ürün grubu olarak 2 kategoride sınıflayabiliriz:

- **A Tipi Ürün Grubu:** Bu ürün grubuna 1 ve 2 nolu fabrikalarda ihracat için üretilen katma değeri yüksek olan markalı ürünler girmektedir. Bu ürün grubundaki ürünlerin hammaddeleri (iplikleri) daha kaliteli ve daha pahalıdır. Teknik olarak belirtmek gerekirse ürünlerin pamuk iplikleri penye kalitesindedir. Bu ürün grubundaki ürünlerin sakatının (bozuk mal) hammaddesinin daha pahalı olması ve

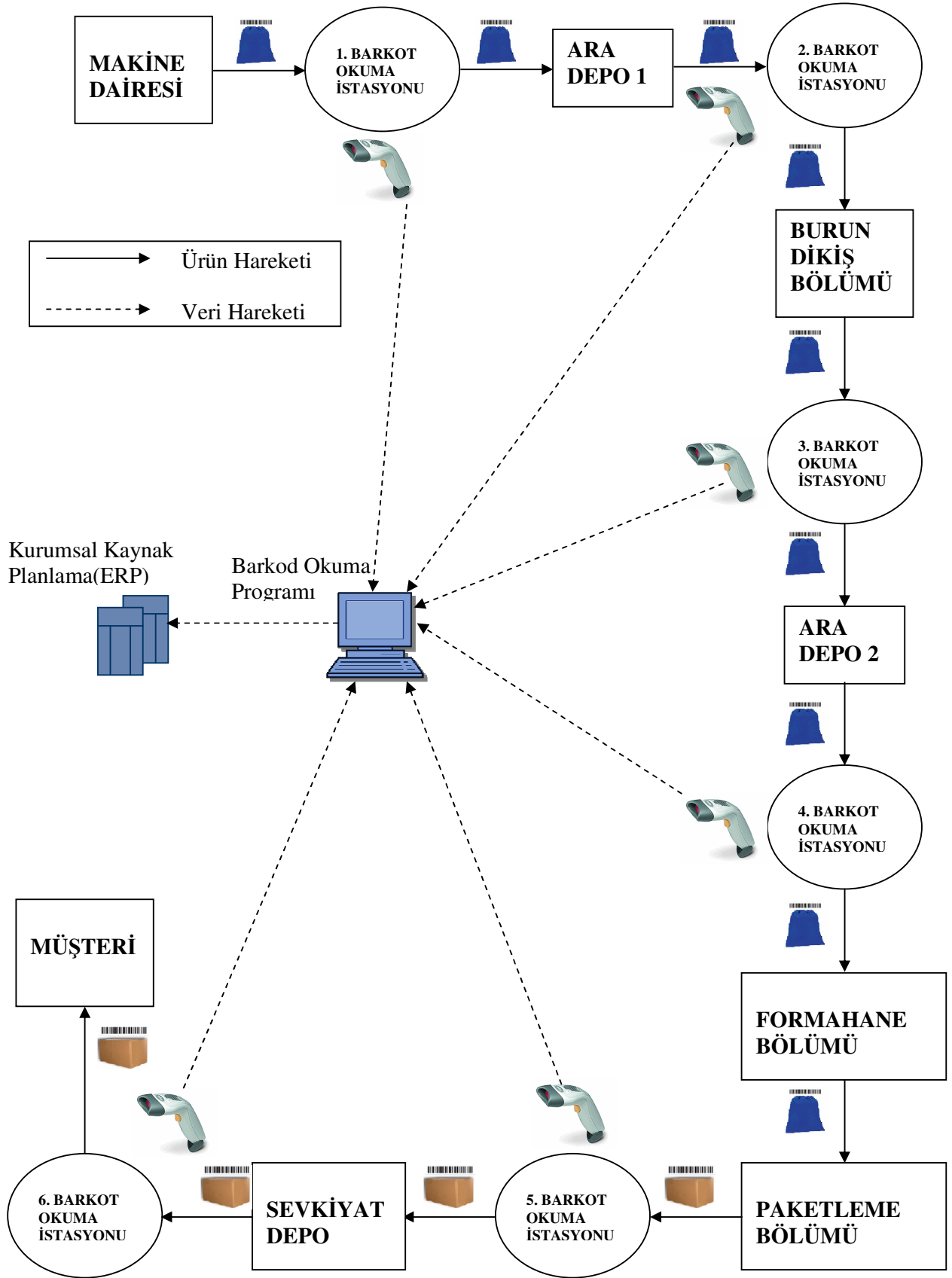
siparişin ihtiyacı kadar alınması nedeniyle daha az çıkması gerekmektedir. Bu nedenle bu ürün grubundaki ürünlerin daha dikkatli takip edilmesi gereğinden dolayı ürün takibinde daha fazla personel bulunmaktadır.

- **B Tipi Ürün Grubu:** Bu ürün grubuna 3 ve 4 nolu fabrikalarda iç piyasa için üretilen A tipi ürün grubuna göre daha az katma değeri olan ürünler girmektedir. Bu ürün grubundaki ürünlerin hammaddeleri daha ucuzdur ve bu ürünlerin ürün takibi daha az eleman tarafından yürütülmektedir.

5.1. Barkoda Dayalı Mevcut Ürün Takip Sistemi

ABC firmasının çorap fabrikalarında çoraplar, çuvalların içinde taşınmaktadırlar ve makine dairesinden paketlenme bölümüne kadar çuvallar baz alınarak takip edilmektedirler. Paketlenme bölümünde çoraplar kolilere konulmakta ve bu aşamadan sonra çoraplar koliler baz alınarak takip edilmektedirler. Bir çuval ve bir koli içindeki çorap miktarı uygulamada bir çorap makinesinin günlük ortalama üretim miktarı olan 20 dz. çift (20 dz çift=20x12=240 çift = 480 tek çorap) olarak alınacaktır. Şekil 5.1'de ABC firmasının tüm fabrikalarının yerleşim planı ve barkoda dayalı mevcut ürün takip sistemi gösterilmiştir. Aşağıda ABC firmasının tüm fabrikalarında uygulanan barkoda dayalı mevcut ürün takip sistemi detaylı olarak anlatılmıştır.

ABC firmasının tüm fabrikalarında üretim, üretim kontrol elemanlarının makine dairesindeki belli grubun belli sırasındaki makinelerine sipariş ataması ve üretilecek sipariş için barkot yazdırması ile başlamaktadır. Yazdırılan barkotta çuval numarası bulunmaktadır. Bu çuval numarası ile ERP programında ürünü üretecek makinenin grup ve sıra numarası, ürünün sipariş numarası ve artikkel numarası (artikkel numarası, siparişin renk, desen ve bedene göre çeşitlerini göstermektedir.) ilişkilidir. Şekil 5.1'de görüldüğü üzere barkot okuma istasyonlarında okunan barkotların verisi barkot okuma programı vasıtasıyla ERP için uygun formata dönüştürülür, bu veri ERP programına iletilir ve bu veri ilgili personelin daha sonra kullanması amacıyla ERP programına kaydedilir.



Şekil 5.1: ABC Firmasının Fabrikalarının Yerleşim Planı ve Barkoda Dayalı Mevcut Ürün Takip Sistemi

ABC firmasının tüm fabrikalarının makine dairelerinde 100'er adet çorap örme makinesi bulunmaktadır. Fabrikaların makine daireleri günlük 3 vardiya, 24 saat esasına göre çalışmaktadır. Makine dairelerindeki her makine günlük 20 dz. çift çorap üretmektedir. Makine dairelerinde çoraplar burnu açık şekilde otomatik olarak örülmekte ve otomatik olarak çuvalın içine düşmektedir.

Üzerindeki bölmeye barkodun konulmasıyla beraber makinelerdeki çuvallar her sabah toplanarak Ana Depo 1'e girişi yapılmak üzere 1. barkot okuma istasyonuna getirilmektedir. Burada çuvalların barkodunun okutulması sonucu ilgili siparişin ilgili artikelinin belirtilen makinede üretildiği bilgisi fabrikanın ERP programına girilmekte ve siparişin üretilecek miktarı programda güncellenmektedir. Ancak bu aşamada makine dairesinden çuvalların toplanması hızlı şekilde yapılırken, barkot okuma işlemi yavaş yapılmakta ve bu aşamada çuvallar birikmektedir. Çuvalların okunması zaman aldığı için siparişin üretilen miktarları ERP programına geç girildiğinden toplam miktardan üretilen miktar düşülememekte ve makine dairesindeki çalışanlar bir siparişin güncel üretilmesi gereken miktarını göremedikleri için zaman zaman üretimi bitmiş olan siparişin üretimine devam edebilmektedirler, bunun sonucu fazla üretim yapılabilmektedir. Ayrıca çuvalların barkotlarının geç okutulması sonucu ERP programındaki veriler güncel ve gerçek zamanlı olmadığından planlama kötü etkilenmektedir.

2. barkot okuma istasyonunda bir çuvalın barkodunun okutulması ile barkodu okutulan çuvalın ve dolayısı ile içindeki ürünün Ara Depo 1'den Burun Dikiş Bölümüne geçtiği ERP programında gösterilmektedir. Ancak bu aşamada çuvalların üzerindeki bölmede bulunan barkodun bölmenin şeffaf kısmından okutulamaması sonucu barkot bölmeden çıkartılabilmekte veya okuma işleminin hızlandırılması için birçok çuvalın barkodunun bölmelerden çıkarılıp masa üzerine konularak okutulmasından sonra çıkarılan barkotların yanlış çuvallara konulması sonucu çuvallar karışabilmektedir. Bu durumda çuvalların karıştığı ancak siparişin yüklenmesine çok az bir süre kala Formahane veya Paketleme Bölümlerinde anlaşılmaktadır. Bu durumda çalışanlar doğru çuvalı bilgisayar kayıtlarından geri giderek aramaktadırlar. Fakat doğru çuvalın bulunamaması sonucu yüklemenin yetişebilmesi için acil ek üretim yapılmakta veya eğer acil ek üretim için hammadde yoksa ya eksik yükleme yapılmakta ya da yükleme ertelenmektedir. Bu durum hem üretim planını kötü etkilemekte, hem çalışanlar üzerinde stres yaratmakta hem de

müşteri memnuniyetinin azalmasına neden olmaktadır. Bununla beraber eğer yükleme ertelenirse yüklemeye hazır olan ürünler eksik ürün miktarının üretilmesini Sevkiyat Depoda bekleyeceği için stok maliyetleri artmaktadır.

ABC firmasının tüm fabrikalarının Burun Dikiş Bölümlerinde 5 adet burun dikiş makinesi bulunmaktadır. Fabrikaların Burun Dikiş Bölümleri günlük 9 saat esasına göre çalışmaktadır. Burun Dikiş bölümünde çorapların burun kısmı dikilmekte ve burnu dikilen çoraplar yine aynı çuvala konulmaktadır. 3. barkot okuma istasyonunda içinde burnu dikilen çorapların bulunduğu bir çuvalın barkodunun okutulması ile barkodu okutulan çuvalın Burun Dikiş Bölümünden Ara Depo 2'ye geçtiği ERP programında gösterilmektedir. Bu aşamada da okutulmak üzere çuvalın bölmesinden çıkarılan barkotlar yanlış çuvala konulabilmekte ve Burun Dikiş Bölümünden çuvaları Ara Depo 2'ye taşıyan eleman çuvaları okutturmadan Ara Depo 2'ye geçirebilmektedir. Bu durumda çuval ERP programında Ara Depo 2'de gözükmemesi gerekirken Burun Dikiş Bölümünde gözükmekte ve Ara Depo 2'de kaybolabilmektedir. Bu durumda yine Formahane veya Paketleme Bölümlerinde anlaşılabilen ve eğer çuval bulunamazsa acil ek üretim veya yeterli hammadde yoksa eksik yükleme yapılmakta veya yükleme ertelenmektedir. Bu durumlar yine aynı şekilde üretim planını kötü etkilemekte çalışanlar üzerinde stres yaratmakta, müşteri memnuniyetini azaltmakta ve eğer yükleme ertelenirse yüklemeye hazır olan ürünler eksik ürün miktarını üretilmesini Sevkiyat Depoda bekleyeceği için stok maliyetleri artmaktadır.

4. barkot okuma istasyonunda bir çuvalın barkodunun okutulması ile barkodu okutulan çuvalın Ara Depo 2'den Formahane Bölümüne geçtiği ERP programında gösterilmektedir. Bu aşamada da 2. ve 3. barkot okuma istasyonlarında karşılaşılan barkodun yanlış çuvala konulması ve barkotları okutulmadan çuvalların Formahane Bölümüne geçirilmesi sonucu çuvalların kaybedilmesi söz konusu olabilmektedir ve bu durumlar 2. ve 3. barkot okuma istasyonlarında oluşan sorunların aynısına neden olabilmektedir.

ABC firmasının tüm fabrikalarının Formahane bölümlerinde 5 adet Forma makinesi bulunmaktadır. Fabrikaların Formahane Bölümleri günlük 9 saat esasına göre çalışmaktadırlar. Formahane bölümünde çuvalların içindeki çorapların forması çekilmektedir, başka bir deyişle ütüsü yapılmaktadır. Forması çekilen çoraplar yine aynı çuvalara konulmakta ve paketleme bölümüne gönderilmektedir. Formahane ve

Paketleme Bölümleri arasında çuvalların barkodunun okutulması söz konusu değildir, başka bir deyişle iki bölüm arasında barkot okuma istasyonu bulunmamaktadır. Bu durumda Formahane Bölümünden Paketleme Bölümüne gönderilen çuvalların ERP sisteminde bir kaydı tutulmamaktadır. Bu nedenle paketlemesi yapılacak çorapların çuvallarının paketleme bölümünde olmaması iki bölüm arasında çuvalların Formahane Bölümünde mi yoksa Paketleme Bölümünde mi olduğu konusunda tartışmalara neden olmaktadır. Bunun sonucunda zaman zaman iki bölüm arasında çuvallar kaybolabilmektedir. Bu durumda da çuvalların bulunamaması acil ek üretime veya eksik ve geç yüklemeye neden olabilmektedir.

ABC firmasının tüm fabrikalarının Paketleme Bölümlerinde 5'er adet paketleme masası bulunmaktadır. Fabrikaların Paketleme Bölümleri günlük 9 saat esasına göre çalışmaktadırlar. Paketleme bölümlerinde çuvallardaki çoraplar çiftlenmekte, etiket dikilmekte, stiker yapıştırılmakta ve askıya asılmaktadırlar, başka bir deyişle perakende satışa hazır hale getirilmektedirler. Perakende satışa hazır hale getirilen çoraplar kolilere konulmaktadır. Bu durumda çuvaldaki barkot, çuvaldan çıkarılan çorapların konulduğu koliye yapıştırılmaktadır ve bundan sonra ürün takibi koliler baz alınarak yapılmaktadır.

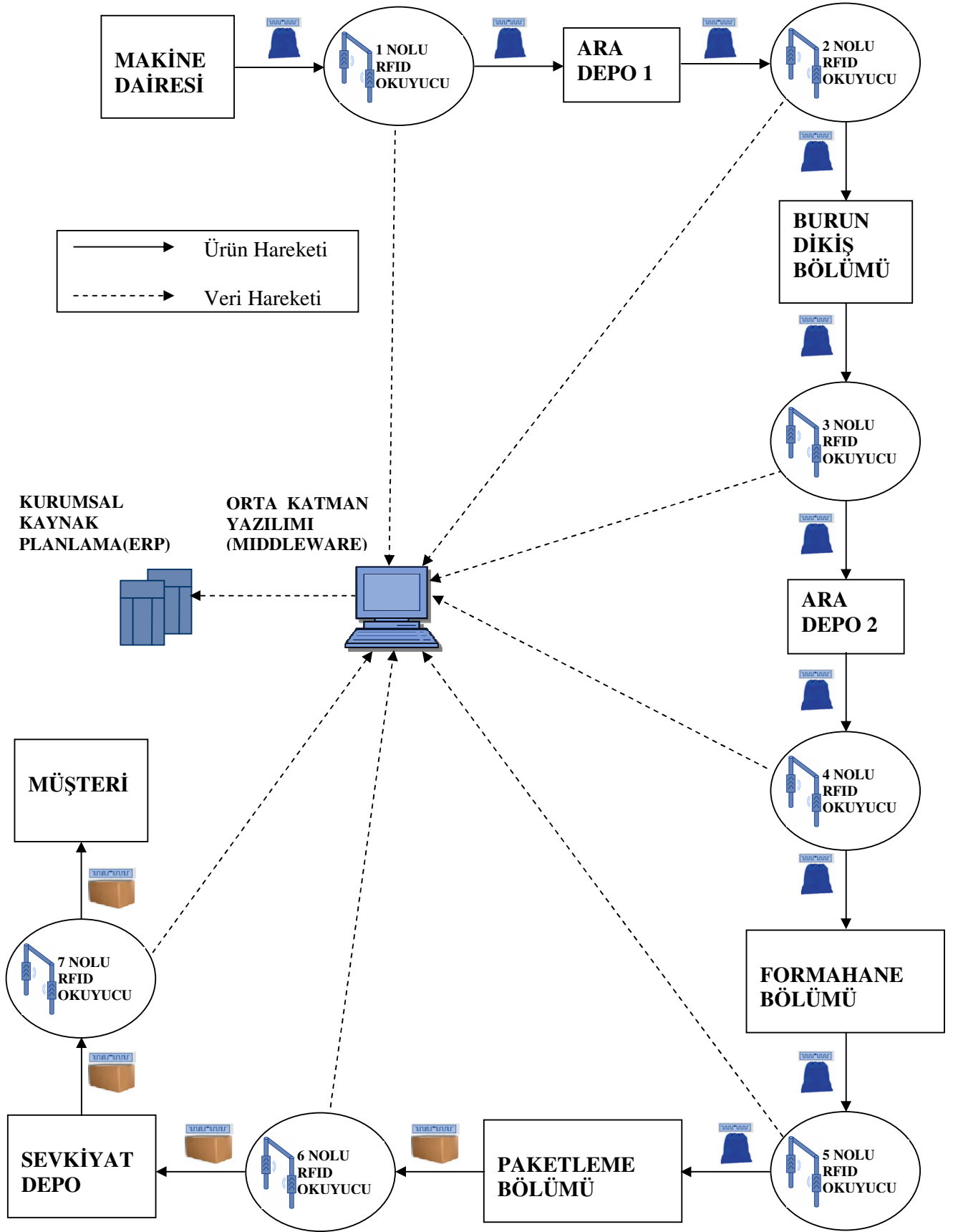
5. barkot okuma istasyonunda bir kolinin barkodunun okutulması ile barkodu okutulan kolinin Paketleme bölümünden Sevkıyat Depoya geçtiği ERP programında gösterilmektedir. Sevkıyat Depoya geçirilen koliler yüklemeye hazır olmaktadır.

6. barkot okuma istasyonunda bir kolinin barkodunun okutulması ile barkodu okutulan kolinin Sevkıyat Depodan, müşteriye teslim edilmek üzere yükleme alanına geçtiği ERP programında gösterilmektedir.

Yukarıda anlatılan mevcut sistemin sorunlarını gidermek üzere bir RFID projesi geliştirilmiştir. Geliştirilen RFID projesi mevcut sistemin sorunlarını gidermenin yanında yeni olanaklarda sunmaktadır.

5.2. Geliştirilen RFID Projesi

Şekil 5.2'de barkoda dayalı mevcut sistemin sorunlarını gidermek üzere geliştirilen RFID projesi ile fabrika yerleşim planı gösterilmiştir.



Şekil 5.2: ABC Firmasının Fabrikalarının Yerleşim Planı ve Geliştirilen RFID Projesi ile Ürün Takip Sistemi

Önceki bölümde anlatıldığı üzere barkoda dayalı mevcut ürün takip sisteminde çoğu sorun insan hatasından kaynaklanmaktadır. Geliştirilen RFID projesi ile ürün takibinde insan faktörü ortadan kaldırılacaktır.

ABC firmasının fabrikaları için geliştirilen RFID projesinde içinde çorapların bulunduğu çuvalar (ve paketlenme bölümünden sonra koliler) yalnızca fabrika içinde izleneceği için bir kapalı çevrim söz konusu olmaktadır. Şekil 5.2’de gösterilen RFID sistemi ile ürün takibinde bölümlerin giriş kapısının iki tarafına birer adet RFID okuyucu anteni yerleştirilecektir. Buna göre üzerinde RFID etiketi bulunan bir çuval bu kapılardan (iki anten arasından) geçtiğinde antenler RFID etiketini algılar ve çuvalların üzerindeki etiket verisi okunur. Etiket verisi RFID okuyucusu tarafından okunduktan sonra orta katman yazılımı vasıtasıyla ERP programı için uygun formata dönüştürülür ve ERP programına iletilir. Bu veri ilgili personelin daha sonra kullanması amacıyla ERP programına kaydedilir. Buna göre üzerindeki etiketi okunan çuvalın ilgili bölüme geçtiğinin ERP sisteminde görülmesi sağlanmış olur. Çuvalların ilgili bölümlere geçerken çuvalların üzerindeki etiketlerin bölümlerin giriş kapısındaki antenler tarafından algılanabilmesi ve okunabilmesi gerekmektedir. Böyle bir mesafeden etiketlerin algılanabilmesi ve okunabilmesi için etiketlerin UHF frekansında işlem görmesi gerekmektedir.

Uygulamada Şekil 5.3’te gösterilen UHF frekansında çalışan yazılabilir/okunabilir özellikte, EPCglobal Sınıf 1 Nesil 2 standardına uygun 96 bit hafızaya sahip yapışkanlı pasif RFID etiketi, Şekil 5.4’te gösterilen EPCglobal Sınıf 1 Nesil 2 standardına uyumlu okuyucu, Şekil 5.5’te gösterilen anten ve Şekil 5.6’da gösterilen yazıcı kullanılacaktır.



Şekil 5.3: Uygulamada Kullanılacak RFID Etiketi [85]



Şekil 5.4: Uygulamada Kullanılacak Okuyucu [86]



Şekil 5.5: Uygulamada Kullanılacak Anten [87]



Şekil 5.6: Uygulamada Kullanılacak Yazıcı [88]

Geliştirilen RFID projesine göre RFID etiketlerin içine veri, üretim kontrol elemanları tarafından yazdırılacaktır. RFID etiketlerinde çuval numarası bulunacaktır. Bu çuval numarası ile ERP programında ürünü üretecek makinenin grup ve sıra numarası, ürünün sipariş numarası ve artikel numarası ilişkili olacaktır. RFID etiketleri her sabah toplanan çorap çuvallarına iliştilirileceklerdir. Daha sonra üzerinde RFID etiketleri bulunan çuvalar Makine Dairesinden Ara Depo 1'e geçirileceklerdir. Ara Depo 1'in giriş kapısında bulunan 1 nolu RFID okuyucusunun antenleri Ara Depo 1'e geçirilen çuvalların RFID etiketlerini algılayarak ERP programında ilgili çuvalların makine dairesinden Ara Depo 1'e geçtiğinin gösterilmesini sağlayacaklardır. RFID okuyucuları, birçok etiketi aynı anda okuyabildikleri için çuvalar toplu halde Ara Depo 1'in giriş kapısından

geçirildiklerinde kapıdaki 1 nolu RFID okuyucusunun antenleri tarafından algılanarak bu çuvalların etiketleri topluca okunabilecektir. Bu durumda mevcut sisteme göre çuvallardaki barkotların tek tek ve manüel olarak okutulmasından dolayı oluşan zaman kaybı önlenmiş olacaktır. Ayrıca çuvalların RFID etiketlerinin 1 nolu RFID okuyucusu tarafından okutulması çuvalın içindeki siparişin ilgili artikelinin ilgili makinede üretildiği anlamına gelecektir. Böylece çuvallardaki RFID etiketlerinde bulunan çuval numarasıyla ilişkili olan siparişin artikelinin üretildiği bilgisi ERP programında görülecek ve siparişin üretilecek miktarı güncellenecektir. Geliştirilen RFID projesinin bu aşamadaki faydası makine dairesinde üretilen ürünlerin gecikme olmaksızın ERP programına görüntülenebilmesi ile güncel ve gerçek zamanlı bilgilerin sağlanmasıdır. Gerçek zamanlı bilgiler sonucu verilerin geç girilmesi sonucu meydana gelen fazla üretim öncelenebilecek, daha doğru ve gerçek zamanlı planlama yapılabilecektir.

Çuvallar Ara depo 1'den Burun Dikiş Bölümüne geçirildiklerinde Burun Dikiş Bölümünün giriş kapısında bulunan 2 nolu RFID okuyucusunun antenleri geçirilen çuvalların RFID etiketlerini algılayarak ERP programında ilgili çuvalların Ara Depo 1'den Burun Dikiş Bölümüne geçtiğinin gösterilmesini sağlayacaktır. Burada RFID etiketlerinin barkotlarda olduğu gibi okutulmak için çuvalların bölmesinden çıkarılması söz konusu olmayacağından çuvalların karışması ve dolayısı ile kaybolması söz konusu olmayacaktır. Böylece acil ek üretim veya eksik yükleme yapılması ve yüklemenin ertelenmesi gibi sorunlar ortadan kaldırılmış olacaktır. Bunların olmaması hem kaybolan çuvalların maliyetine katlanılmasını önleyecek hem üretim planını aksatmayacak hem de çalışan ve müşteri memnuniyetini arttıracaktır.

Çuvallar Burun Dikiş Bölümünden Ara Depo 2'ye geçirildiklerinde Ara Depo 2'nin giriş kapısında bulunan 3 nolu RFID okuyucusunun antenleri geçirilen çuvalların RFID etiketlerini algılayarak ERP programında ilgili çuvalların Burun Dikiş Bölümünden Ara Depo 2'ye geçtiğinin gösterilmesini sağlayacaktır. Burada da çuvalların karışması geliştirilen RFID sisteminin kullanılması ile söz konusu olmayacaktır. Ayrıca çuvallara iliştilen RFID etiketlerinin mevcut barkot sisteminde olduğu gibi okutulmadan burun dikiş bölümünden Ara Depo 2'ye geçirilmesi, Ara Depo 2'nin giriş kapısından geçirilen tüm çuvalların 3 nolu RFID okuyucusunun antenleri tarafından algılanacağı için söz konusu olmayacaktır. Bu

aşamada da çuvalların karışması ve kaybolması söz konusu olmayacağından acil ek üretim veya eksik yükleme yapılması ve yüklemenin ertelenmesi gibi sorunlarla karşılaşılmayacaktır. Böylece bu aşamada da yukarıda anlatılan 2 nolu RFID okuyucusunun sağladığı faydalar sağlanacaktır.

Çuvallar Ara Depo 2'den Formahane Bölümüne geçirildiklerinde Formahane Bölümünün giriş kapısında bulunan 4 nolu RFID okuyucusunun antenleri geçirilen çuvalların RFID etiketlerini algılayarak ERP programında ilgili çuvalların Ara Depo 2'den Formahaneye geçtiğinin gösterilmesini sağlayacaktır. Bu aşamada da geliştirilen RFID sisteminin kullanılması ile çuvalların karışması ve çuvalların okutulmadan geçirilmesi ve dolayısı ile çuvalların kaybolması söz konusu olmayacaktır. Böylece bu aşamada da yukarıda anlatılan 2 nolu RFID okuyucusunun sağladığı faydalar sağlanacaktır.

Çuvallar Formahane Bölümünden Paketleme Bölümüne geçirildiklerinde Paketleme Bölümünün giriş kapısında bulunan 5 nolu RFID okuyucusunun antenleri geçirilen çuvalların RFID etiketlerini algılayarak ERP programında ilgili çuvalların Formahane Bölümünden Paketleme Bölümüne geçtiğinin gösterilmesini sağlayacaktır. Geliştirilen RFID projesinde Formahane Bölümünden Paketleme Bölümüne geçirilen çuvalların takibi için Paketleme bölümünün kapısına da RFID okuyucusunun antenleri konulmuştur. Böylece Paketleme Bölümüne geçirilen çuvallar takip edilerek kaydı tutulacak ve barkoda dayalı mevcut sistemde olan çuvalların Formahane Bölümünde mi yoksa Paketleme Bölümünde mi olduğu tartışması ortadan kalkacak ve çuvalların kaybolması önlenecektir. Paketleme Bölümünde çuvalların içindeki çoraplar perakende satışa hazır hale getirildikten sonra kolilere konulduğu için burada çuvala iliştilmiş bulunan RFID etiket, çuvaldan çıkan çorapların konulduğu koliye iliştilenecektir. Böylece bu aşamadan sonra ürün takip işlemi koliler baz alınarak yapılacaktır.

Koliler Paketleme Bölümünden Sevkıyat Depoya geçirildiklerinde Sevkıyat Deponun giriş kapısında bulunan 6 nolu RFID okuyucusunun antenleri geçirilen kolilerin RFID etiketlerini algılayarak ERP programında ilgili kolilerin Paketleme Bölümünden Sevkıyat Depoya geçtiğinin gösterilmesini sağlayacaktır.

Son olarak koliler Sevkıyat Depodan müşteriye sevk edilmek üzere yükleme alanına geçirildiklerinde yükleme alanının giriş kapısında bulunan 7 nolu RFID okuyucusunun antenleri geçirilen kolilerin RFID etiketlerini algılayarak ERP

programında ilgili kolilerin Sevkiyat Depodan yükleme alanına geçtiğinin gösterilmesini sağlayacaktır.

5.2.1. Geliştirilen RFID Projesinin Faydaları

ABC firmasının fabrikalarında ürün takibi için geliştirilen RFID projesinin aşağıdaki gibi faydaları bulunmaktadır:

- RFID etiketlerin okunulması için personele ihtiyaç duyulmadığı için personel maliyetlerinde azalma olacaktır.
- Tüm süreçlerin güncel ve gerçek zamanlı olarak izlenmesi sonucu daha iyi planlama faaliyeti yürütülecektir.
- Elde edilen veriler RFID sistemi ile otomatik olarak elde edildiği için hatasız veri elde edilecektir.
- Geliştirilen RFID sistemi ile mevcut sistemde çuvalların üzerindeki barkotların çıkarılarak okunması ve okunduktan sonra başka çuvallara konulması ile çuvalların karıştırılması ve çuvalların barkotlarının okutulmadan başka bölüme geçirilmesi sonucu oluşan çuval kayıplarının ve dolayısı ile ürün kayıplarının önüne geçilecek bunların maliyetine katlanılmayacaktır.
- Mevcut sistemde meydana gelen çuval kayıpları sonucu oluşan acil ek üretim, eksik yükleme ve yüklemenin ertelenmesi gibi sorunlar geliştirilen RFID sistemi ile ortadan kaldırılacaktır. Böylece üretim planı bozulmayacak, müşteri ve çalışan memnuniyetinin artması sağlanacaktır.
- Gerçek zamanlı takip ile darboğazda olan bölümler ERP programında görülebilecek ve bunlara çözüm bulunabilecektir.
- Barkot okumanın manüel ve tek tek yapılması ile etiketler yavaş okunmaktadır. RFID etiketler ise otomatik ve toplu olarak okundukları için tüm süreçlerin hızlanması sağlanacak ve ürünün çevrim zamanı düşecektir.
- Mevcut sistemde çuval kayıplarından dolayı yüklemeye hazır olan ürünler Sevkiyat Depoda siparişin eksik miktarını beklemektedirler. Bu durumda stok maliyetlerini arttırmaktadır. Geliştirilen RFID sisteminde bu durum söz konusu olmayacağından stok maliyetlerinde düşme sağlanacaktır.

- Doğru ürün takip ile yanlış teslimat ortadan kaldırılacaktır.
- Geliştirilen RFID sistemi ile isteyen müşteri siparişinin kesin bir şekilde hangi bölümde ve hangi aşamada olduğunu internet aracılığı ile görebilecektir. Bunun sonucunda müşteri memnuniyeti artarken satış miktarı da arttırılacaktır.
- Gelecekte özellikle perakende marketlerinin RFID etiketlerinin kullanımını zorunlu tutması ile ABC firması kuracağı kapalı çevrim RFID sistemini kolaylıkla açık çevrime dönüştürebilecek ve tüm tedarik zincirinin RFID etiketleri ile takip edilmesine kolaylıkla adapte olabilecektir. Böylece rakiplerine karşı rekabet avantajı sağlayabilecektir.

5.2.2. Geliştirilen RFID Projesinin Yatırımının Maliyet Unsurları

Bir RFID projesinin maliyet unsurlarını aşağıdaki şekilde donanım, yazılım ve hizmet maliyetleri olarak sınıflandırabiliriz:

- **Donanım Maliyetleri:**
 - Etiketlerin maliyeti
 - Okuyucuların maliyeti
 - Antenlerin maliyeti
 - Yazıcıların maliyeti
 - Ağ ekipmanları maliyeti
 - Kablolama Maliyeti
- **Yazılım Maliyetleri:**
 - Orta katman yazılımı (Middleware) maliyeti
 - Diğer uygulama yazılımları maliyeti
- **Hizmet Maliyetleri:**
 - Kurulum ve sistem entegrasyon maliyeti
 - Eğitim maliyeti
 - Bakım, destek maliyeti

Yukarıdaki maliyet unsurlarına göre ABC firmasının bir fabrikasına yukarıda açıklanan (bakınız 5.2.) RFID sisteminin kurulması için gerekli maliyet, nakit

çıkışları üçer aylık periyotlarla incelenerek beş yıllık analiz dönemi içerisinde Tablo 5.1'deki gibi oluşmaktadır. Bir RFID projesinin yatırım maliyeti okuyucuların, antenlerin, yazıcıların, ağ ekipmanlarının, kablolanın, orta katman yazılımının ve diğer uygulama yazılımlarının maliyetleri ile kurulum, sistem entegrasyon ve eğitim maliyetlerinden oluşmaktadır. Bu maliyet unsurları dikkate alınarak ABC firmasının bir fabrikasına yukarıda açıklanan (bakınız 5.2.) RFID sisteminin kurulması için gerekli toplam yatırım maliyeti Tablo 5.1'de görüldüğü üzere 56.300 YTL olarak hesaplanmıştır. İşletme giderleri ise etiketlerin maliyetleri ile bakım ve destek maliyetlerinden oluşmaktadır. Buna göre Tablo 5.1'de görüldüğü üzere birinci çeyrekte (üç aylık periyot) başlayarak, her çeyrekte, beş yıl boyunca sabit olarak 5.300 YTL'lik işletme gideri olacağı hesaplanmıştır.

Tablo 5.1: ABC Firmasının Bir Fabrikasına Geliştirilen RFID Sisteminin Kurulması İçin Gerekli Maliyetler

Periyot	Yıl	Maliyetler(YTL)									
		Donanım Maliyetleri					Yazılım Maliyetleri	Hizmet Maliyetleri			Toplam Maliyet
		Etiket	Okuyucu, Anten	Yazıcı	Kablolama	Toplam Donanım Maliyeti	Toplam Yazılım Maliyeti	Kurulum ve Sistem Entegrasyon	Bakım, Destek	Toplam Hizmet Maliyeti	
0	0		28.500	5.400	300	34.200	19.500	2.600		2.600	56.300
1	0,25	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
2	0,5	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
3	0,75	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
4	1	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
5	1,25	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
6	1,5	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
7	1,75	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
8	2	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
9	2,25	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
10	2,5	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
11	2,75	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
12	3	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
13	3,25	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
14	3,5	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
15	3,75	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
16	4	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
17	4,25	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
18	4,5	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
19	4,75	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300
20	5	3.200				3.200			2.100	2.100	5.300

ABC firması önceki bölümde (bakınız 5.2.1.) belirtilen, geliştirilen RFID projesinin faydalarından yararlanmak için fabrikalarına RFID sistemini kurmak istemektedir. Ancak RFID sisteminin unsurlarını oluşturan RFID etiketlerinin ve RFID okuyucularının maliyetlerinin gelecek yıllarda da düşme eğilimi gösterecek olması

yani RFID teknolojisinin maliyetlerindeki belirsizlik, RFID teknolojisinin halen olgunluk seviyesine ulaşmaması ve RFID standartlarındaki belirsizlik nedeniyle ABC firması fabrikalarından öncelikle 1 ve 3 nolu fabrikalarına geliştirilen RFID sistemini kurmayı düşünmektedir. Bu fabrikalarına RFID sistemini kurarken ABC firması hem önceki bölümde (bakınız 5.2.1.) belirtilen, geliştirilen RFID projesinin faydalarından yararlanmayı hem RFID projesinin hayata geçmesiyle ortaya çıkacak potansiyel faydaları görmeyi hem de RFID teknolojisinde geri kalmamayı düşünmektedir. ABC firması RFID teknolojisindeki mevcut belirsizliklerin çözülmesiyle diğer fabrikalarına da RFID sistemini kurmayı düşünmektedir. ABC firmasının ihracata yönelik katma değeri yüksek olan markalı ürünleri yani daha önce adlandırıldığı şekilde A tipi ürün grubunu üreten 1 nolu fabrikasına kurmayı düşündüğü RFID sistemi projesi Proje 1 olarak adlandırılmaktadır. ABC firmasının iç piyasaya yönelik katma değeri düşük olan ürünleri yani daha önce adlandırıldığı şekilde B tipi ürün grubunu üreten 3 nolu fabrikasına kurmayı düşündüğü RFID sistemi projesi Proje 2 olarak adlandırılmaktadır. Proje 1 ve Proje 2'nin yatırımının değerlendirilmesi ve yapılabirliklerinin birbirleri ile karşılaştırılması ile bir nevi RFID sisteminin katma değeri yüksek olan A tipi ürün grubunda kullanılması ve katma değeri düşük olan B tipi ürün grubunda kullanılması karşılaştırılacaktır.

5.2.3. Proje 1 Yatırımının Değerlendirilmesi

Proje 1 yukarıda da açıklandığı üzere A tipi ürün grubunu üreten ABC firmasının 1 nolu fabrikasına RFID sisteminin kurulması projesidir. Bu projenin yatırımının nakit akışları Tablo 5.2'de gösterilmiştir. Tablo 5.2'de gösterilen nakit çıkışları ve toplam yatırım maliyeti Tablo 5.1'den elde edilmiştir. Projenin gelirleri (nakit girişleri) ise ABC firma yöneticilerinin ve firma danışmanlarının hesaplamaları ile şu şekilde oluşmaktadır. Birinci çeyrek itibarıyla 6000 YTL gelir elde edilmeye başlanacaktır. Bu gelirin, RFID sistemi ile ürün takibinin gerçekleştirilmesiyle özellikle siparişlerin yüklemelerinin aksamasının önüne geçilmesiyle ortaya çıkacak müşteri memnuniyeti sonucu satışların artmasına bağlı olarak beşinci yılın sonuna kadar çeyrek başına %5'lik oranda artacağı hesaplanmaktadır. Beş yıllık analiz dönemi boyunca sabit kalacağı varsayılan ve danışmanların projenin nakit akışlarını iskontolamak için kabul ettiği risk uyarlı faiz oranı (r) %20'dir.

Tablo 5.2’de Proje 1 yatırımının beş yıllık analiz dönemi boyunca üçer aylık periyotlarda oluşan nakit girişleri (gelir), nakit çıkışları (işletme maliyeti), nakit girişlerinden nakit çıkışlarının çıkartılması sonucu oluşan nakit akışları ve nakit akışlarının risk uyarlı faiz oranı ile bugüne çekilmesi ile hesaplanan iskontolanmış nakit akışları (İNA) gösterilmektedir. Tablo 5.2’nin alt kısmında ise toplam İNA ve yatırım maliyeti ile toplam İNA’dan yatırım maliyetinin çıkartılmasıyla elde edilen statik (klasik) net bugünkü değer (NBD) hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 5.2: Proje 1 Yatırımının Nakit Akış Tablosu

Periyot	Yıl	Gelir (YTL)	İşletme Maliyeti (YTL)	Nakit Akışı (YTL)	İskontolanmış Nakit Akışı(İNA) (YTL)																		
0	0	0	0	0	0																		
1	0,25	6.000,00	5.300,00	700,00	668,81																		
2	0,50	6.300,00	5.300,00	1.000,00	912,87																		
3	0,75	6.615,00	5.300,00	1.315,00	1.146,94																		
4	1,00	6.945,75	5.300,00	1.645,75	1.371,46																		
5	1,25	7.293,04	5.300,00	1.993,04	1.586,86																		
6	1,50	7.657,69	5.300,00	2.357,69	1.793,56																		
7	1,75	8.040,57	5.300,00	2.740,57	1.991,93																		
8	2,00	8.442,60	5.300,00	3.142,60	2.182,36																		
9	2,25	8.864,73	5.300,00	3.564,73	2.365,21																		
10	2,50	9.307,97	5.300,00	4.007,97	2.540,80																		
11	2,75	9.773,37	5.300,00	4.473,37	2.709,48																		
12	3,00	10.262,04	5.300,00	4.962,04	2.871,55																		
13	3,25	10.775,14	5.300,00	5.475,14	3.027,30																		
14	3,50	11.313,89	5.300,00	6.013,89	3.177,03																		
15	3,75	11.879,59	5.300,00	6.579,59	3.321,00																		
16	4,00	12.473,57	5.300,00	7.173,57	3.459,48																		
17	4,25	13.097,25	5.300,00	7.797,25	3.592,70																		
18	4,50	13.752,11	5.300,00	8.452,11	3.720,91																		
19	4,75	14.439,72	5.300,00	9.139,72	3.844,34																		
20	5,00	15.161,70	5.300,00	9.861,70	3.963,20																		
<table border="1"> <tr> <td>Toplam İNA</td><td colspan="5">50.247,79 YTL</td></tr> <tr> <td>Yatırım Maliyeti</td><td colspan="5">56.500,00 YTL</td></tr> <tr> <td>Statik NBD</td><td colspan="5">-6.252,21 YTL</td></tr> </table>						Toplam İNA	50.247,79 YTL					Yatırım Maliyeti	56.500,00 YTL					Statik NBD	-6.252,21 YTL				
Toplam İNA	50.247,79 YTL																						
Yatırım Maliyeti	56.500,00 YTL																						
Statik NBD	-6.252,21 YTL																						

Tablo 5.2’den de görüldüğü üzere geleneksel yatırım değerlendirme tekniği olan NBD yöntemine göre hesaplanan Proje 1 yatırımının statik NBD’si negatif çıkmaktadır. Bu durumda ABC firmasının yöneticileri 1 nolu fabrikaya RFID sistemini kurma (Proje 1) yatırımının gerçekleştirilmesini rasyonel bulmamaktadırlar. Bununla beraber özellikle RFID teknolojisinin maliyetlerinin izleyen yıllarda da düşme eğilimi

gösterecek olması ve bu düşme eğilimi ile beraber RFID sisteminin kurulmasının ABC firmasına yeni uygulamalar sunma potansiyelinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca RFID teknolojisinin gelecekte mevcut ürün takip sistemlerinin yerine geçecek olması ve ABC firmasının bu stratejik teknolojiyi rakiplerinden önce kurması ve öğrenmesi ABC firmasına rakiplerine karşı rekabet avantajı sunacaktır. RFID yatırımındaki stratejik değerden dolayı RFID yatırımının Klasik NBD yöntemi ile değerlemek yanıltıcı sonuç vermektedir. RFID yatırımındaki belirsizlikler nedeniyle RFID yatırımının belirsizlik altındaki esnekliği değerleyen Reel Opsiyonlar Yöntemi ile değerlendirilmesi gerekmektedir. ABC firması yöneticileri 1 nolu fabrikaya RFID sisteminin kurulmasının RFID teknolojisinin yararlarını görerek ve RFID teknolojisinin maliyetinin düşmesi ile beraber gelecekte 2 nolu fabrikaya RFID sistemini kurma fırsatını sunacağını yani genişleme opsiyonu sunacağını belirlemişlerdir. ABC firması yöneticileri firmanın RFID konusundaki danışmanları ile görüşerek RFID teknolojisindeki maliyet belirsizliklerinin gelecek 3 yıl içinde ortadan kalkacağını ve maliyetlerin düşeceğini belirlemişlerdir. Buna göre 2 nolu fabrikaya RFID sistemini 3. yılın sonunda kurmayı planlamaktadırlar. Böylece RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun 3. yılın sonunda yani opsiyonun vadesinde uygulamasından dolayı bir Avrupa tipi opsiyon söz konusudur. Böyle bir genişleme opsiyonu ABC firmasına belli bir uygulama karar noktasında (vadesinde) RFID sistemini 2 nolu fabrikaya belli bir yatırım maliyeti (kullanım fiyatı) ile kurma fırsatı vererek RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulmasının yararlarını elde etmeye bir hak verirken ABC firmasını bir yükümlülük altına sokmamaktadır. Bu durumda genişleme opsiyonunu, sahibine vadesinde belli bir dayanak varlığı belli bir kullanım fiyatından satın alma hakkı verip yükümlülük altına sokmayan Avrupa tipi alım opsiyonu gibi görmek mümkündür. Böyle bir genişleme opsiyonunun varlığı altında Proje 1 yatırımının statik NBD'si dikkate alınarak değil 2. bölümde (bakınız 2.2.2.5.) Denklem 2.8'de belirtilen ve aşağıda yeniden verilen statik NBD'ye opsiyon priminin (opsiyon değerinin) eklendiği Genişletilmiş Net Bugünkü Değer (GNBD) dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Buna göre Proje 1 yatırımına özel GNBD Denklem 5.1'deki gibi hesaplanır.

Genişletilmiş (Stratejik) Net Bugünkü Değer (GNBD)

= Beklenen nakit akışının klasik (statik, pasif veya direkt) NBD

+ Opsiyon Primi (Rekabet, sinerji ve projeler arası bağımlılığın etkileşimlerinin ve aktif yönetimin oluşturduğu işletme ve stratejik opsiyonlarının değeri)

GNBD = Proje 1 yatırımının nakit akışlarının statik NBD

+ RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonu değeri **(5.1)**

Tablo 5.3: RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Bulunması İçin Gerekli Parametre Değerleri

Parametreler	Değerler
Varlığın Değeri (S) (YTL)	50.247,79
Kullanım Fiyatı (X) (YTL)	56.500,00
Opsiyon Ömrü (T) (Yıl)	3,00
Volatilite (σ) (%)	30,00%
Risksiz Faiz Oranı (r_f) (%)	15,00%
Kar Payı (δ) (%)	0%

Proje 1'in başka bir deyişle RFID sistemini 1 nolu fabrikaya kurma yatırımının nakit akışlarının statik NBD'si Tablo 5.2'de -6.252,21 YTL olarak hesaplanmıştır. RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değerinin bulunması için gerekli parametre değerleri Tablo 5.3'te gösterilmiştir. 1 nolu ve 2 nolu fabrikalar aynı ürün gruplarını (A tipi ürün grubu) ürettikleri için ve yerleşim planlarının aynı olması dolayısı ile RFID sisteminin 1 nolu fabrikaya kurulması ve 2 nolu fabrikaya kurulması yatırımlarının nakit akışlarının ve yatırım maliyetlerinin bugünkü değerleri eşittir. Buna göre Tablo 5.3'te gösterilen genişleme opsiyonunun değerinin hesaplanması için gerekli olan varlığın değeri (S) parametresi opsiyona konu olan RFID sistemini 2 nolu fabrikaya kurulması yatırımının nakit akışlarının bugünkü değerinin toplamıdır ve Tablo 5.2'de gösterilen Proje 1 yatırımının toplam İNA değerine eşittir. Tablo 5.3'te gösterilen genişleme opsiyonu kullanım fiyatı (X) ise opsiyona konu olan RFID sistemini 2 nolu fabrikaya kurmak için gerekli yatırım maliyetinin bugünkü değeridir ve bu da Tablo 5.2'de gösterilen Proje 1 yatırımının toplam yatırım maliyetine eşittir. ABC firması yöneticileri genişleme opsiyonunu 3. yılın sonunda kullanmak istedikleri için yani RFID sistemini 3. yılın sonunda 2 nolu fabrikaya kurmak istedikleri için Tablo 5.3'te gösterilen opsiyon ömrü (T) 3 yıldır. Opsiyonun ömrü boyunca sabit kalacağı varsayılan Tablo 5.3'te gösterilen risksiz faiz oranı (r_f) %15 iken, firma danışmanlarının sektör hakkındaki uzman görüşleri dahilinde nakit akışlarındaki belirsizliği ifade etmekte kullanılan volatilite (σ)

parametresi Tablo 5.3'te de görüleceği üzere %30 olarak kabul edilmiştir. Reel opsiyonlarda opsiyonun canlı kaldığı süre boyunca karşılaşılan değer kaybını gösteren kar payı (δ) parametresi Tablo 5.3'te de görüleceği üzere %0 olarak kabul edilmiştir.

Yukarıda anlatılan genişleme opsiyonunu kar payı ödemeyen Avrupa tipi alım opsiyonu gibi gördüğümüz için bu genişleme opsiyonunun değerini hem Black-Scholes modeli hem de binom ağaçlar modeli ile bulabiliriz. Aşağıda genişleme opsiyonunun değeri hem Black-Scholes modeli hem de farklı adım sayılarına sahip binom ağaçlar modeli ile hesaplanarak iki model karşılaştırılmıştır.

5.2.3.1. RFID Sisteminin 2 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Black-Scholes Modeli ile Hesaplanması

Tablo 5.3'teki parametrelerin aşağıda Denklem 5.2'de gösterilen Black-Scholes Modelinde yerine konulması ile genişleme opsiyonunun değeri Black-Scholes modeline göre hesaplanmıştır;

$$C = SN \left[\frac{\ln(S / X) + (r_f + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} \right] - Xe^{-r_f T} N \left[\frac{\ln(S / X) + (r_f - \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} \right] \quad (5.2)$$

$$C = 17.648,2074 \text{ YTL}$$

Black-Scholes modelini kullanarak hesaplanan genişleme opsiyonu değeri 17.648,2074 YTL olarak bulunmuştur. Sürekli zaman çözüm yöntemlerinden kapalı formdaki çözüm yöntemi olan Black-Scholes modeli ile hesaplanan 17.648,2074 YTL analitik çözümü genişleme opsiyonu değerinin doğru sonucudur.

5.2.3.2. RFID Sisteminin 2 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Binom Ağaçlar Modeli ile Hesaplanması

Bu bölümde RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değerinin binom ağaçlar modeli ile hesaplanmasında daha önce tanıtılan (bakınız 4.) Real Options Super Lattice Solver (SLS) 3.0 versiyonu yazılımının Single Super Lattice Solver (SSL) Modülü kullanılmıştır. RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değerinin 5, 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 ve 10000 adımlı binom ağaçlar modeli ile hesaplanmasında kullanılan Real Options SLS yazılımı ile ulaşılan sonuç ekranları EK C'de, Real Options SLS yazılımının

kullanılması ile ulaşılan hesap denetleme çalışma sayfaları ise EK D’de gösterilmiştir. RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değerinin 5, 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 ve 10000 adımlı binom ağaçlar modeli ile hesaplanmasında kullanılan Real Options SLS yazılımı ile ulaşılan sonuçlar Tablo 5.4’te gösterilmiştir.

Tablo 5.4: RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Farklı Adım Sayılarına Göre Binom Ağaçlar Modeli Sonuçları

Adım Sayısı (n)	Opsiyon Değeri (YTL)
5	17.420,7401
10	17.641,4754
50	17.624,5148
100	17.630,8877
500	17.648,4614
1000	17.648,2734
5000	17.647,5948
10000	17.648,1562

5.2.3.3. Black-Scholes Modeli ve Binom Ağaçlar Modeli İle Elde Edilen RFID Sisteminin 2 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonu Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 5.5’te Black-Scholes modeli ve farklı adım sayılarına sahip binom ağaçlar modeli ile elde edilen opsiyon değerleri ve değişik adım sayılarındaki binom ağaçlar modeli ile elde edilen opsiyon değerlerinin her birinin Black-Scholes modeli ile elde edilen analitik değerden çıkartılması sonucu elde edilen sapma değerleri gösterilmiştir.

Tablo 5.5: Black-Scholes Ve Binom Ağaçlar Modelleri İle Elde Edilen Opsiyon Değerleri ve Binom Ağaçlar Modeli ile Elde Edilen Sonuçların Sapma Değerleri

Black-Scholes Modeline Göre Opsiyon Değeri (YTL)		17648,2074
Binom Ağaçlar Modeli		
Adım Sayısı(n)	Opsiyon Değeri (YTL)	Sapma Değeri
5	17.420,7401	227,4673
10	17.641,4754	6,7320
50	17.624,5148	23,6926
100	17.630,8877	17,3197
500	17.648,4614	-0,2540
1000	17.648,2734	-0,0660
5000	17.647,5948	0,6126
10000	17.648,1562	0,0512

Tablo 5.5'ten de görüleceği üzere binom ağaçlar modelinde adım sayısı arttırıldıkça sapma değeri küçülmektedir başka bir deyişle Black-Scholes modeli ile bulunan doğru sonuca daha fazla yaklaşılmaktadır. Buna göre daha öncede açıklandığı şekilde (bakınız 2.2.4.4.) adım sayısı sonsuza yaklaştığında kesikli zaman binom ağaçlar modeli ile elde edilen sonucun sürekli zaman kapalı form denklemi olan Black-Scholes modeli ile elde edilen analitik çözüme yaklaştığı bir kez daha gösterilmiştir.

5.2.3.4. Proje 1 Yatırımının Genişletilmiş Net Bugünkü Değere (GNBD) Göre Değerlendirilmesi

Denklem 5.1'de gösterilen GNBD denklemindeki RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değeri bulunurken, Black-Scholes modelinin doğru sonuç vermesi ve adım sayısının artmasıyla binom ağaçlar modelinin Black-Scholes modeli tarafından ortaya konulan analitik çözüme yaklaşması nedeniyle Black-Scholes modeli ile hesaplanan opsiyon değeri dikkate alınacaktır. Buna göre opsiyonun değeri yukarıda (bakınız 5.2.3.1.) hesaplandığı şekilde 17.648,21 YTL'dir. Bu durumda GNBD aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\text{GNBD} = \text{Proje 1 yatırımının nakit akışlarının statik NBD} \\ + \text{RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonu değeri} \quad (5.1)$$

$$\text{GNBD} = -6.252,21 \text{ YTL} + 17.648,21 = 11.396,00 \text{ YTL}$$

GNBD 11.396,00 YTL olarak hesaplanmıştır. Buna göre RFID sisteminin 1 nolu fabrikaya kurulması (Proje 1) yatırımı, -6.252,21 YTL çıkan statik NBD'ye göre rasyonel değilken yatırımın 3 yıl sonra RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunu sunması ve bu opsiyonun değerinin statik NBD'ye eklenmesi sonucu bulunan GNBD'nin pozitif çıkması sonucu RFID sisteminin 1 nolu fabrikaya kurulması yatırımının gerçekleştirilmesi rasyonel olmaktadır. Bu durum ABC firmasının geliştirilen RFID sistemini barkoda dayalı mevcut sistemin yerine 1 nolu fabrikaya kurulması yatırımını gerçekleştirmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca GNBD'nin pozitif çıkması 1 nolu fabrikada katma değeri yüksek A tipi ürün grubu üretildiği için RFID sisteminin katma değerli A tipi ürün grubundaki ürünlerin takip edilmesinde kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 5.3'te belirtilen ve RFID sisteminin 2 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değerinin bulunmasında kullanılan parametrelerin uzman görüşünün

dışında gerçekleşmesi durumunda opsiyonun değerinde ve Genişletilmiş NBD’de (GNBD) ne şekilde değişikliklere sebep olabilecekleri yapılan duyarlılık analizleri ile irdelenmiştir. Tablo 5.6’da parametrelerin alabilecekleri farklı değerler belirtilmiştir. Bu değerler, Tablo 5.3’te belirtilen opsiyon değerini etkileyen yatırım maliyeti, opsiyon ömrü, volatilité ve risksiz faiz oranı gibi parametrelerin aynı oranda azaltılması ve arttırılması ile belirlenmiştir. Tablo 5.6’daki değerler ile oluşacak opsiyon değeri ve GNBD Microsoft Excel yazılımı ile hesaplanmış ve Microsoft Excel yazılımı vasıtasıyla oluşturulan grafikler yardımıyla değerlerin opsiyon değerine ve GNBD’e etkileri yorumlanmıştır.

Tablo 5.6: Duyarlılık Analizleri Yapılacak Parametre Değerleri

Parametreler	Değerler								
Yatırım Maliyeti (X) (YTL)	18.833,33	28.250,00	37.666,67	47.083,33	56.500,00	65.916,67	75.333,33	84.750,00	94.166,67
Opsiyon Ömrü (T) (Yıl)	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Volatilité (σ) (%)	10,00%	15,00%	20,00%	25,00%	30,00%	35,00%	40,00%	45,00%	50,00%
Risksiz Faiz Oranı (r_f) (%)	5,00%	7,50%	10,00%	12,50%	15,00%	17,50%	20,00%	22,50%	25,00%

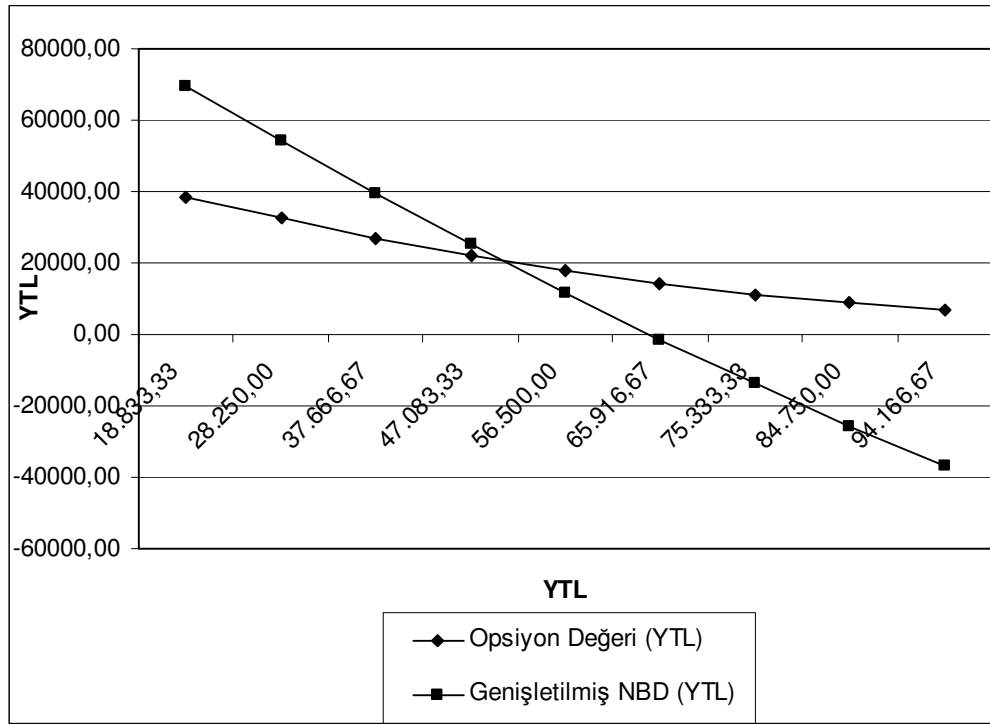
5.2.3.5. Yatırım Maliyetinin RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD’ye Olan Etkisi

Tablo 5.7’de yatırım maliyeti parametresinin değişken tutulup, Tablo 5.3’te belirtilen diğer temel kurguyu oluşturan parametrelerin sabit tutulması ile hesaplanan opsiyon değeri ve GNBD ile hesaplanan opsiyon değerinin ve GNBD’nin Tablo 5.3’teki temel kurguyu oluşturan parametre değerleriyle hesaplanan değerlerden yüzde olarak değişimi gösterilmiştir. Şekil 5.7’de ise opsiyon değerinin ve GNBD’nin yatırım maliyetindeki değişikliğe göre değişimi başka bir deyişle duyarlılığı grafiksel olarak gösterilmiştir. Tablo 5.7’den görüleceği üzere yatırım maliyetindeki %50 oranındaki azalış (56500 YTL’den 28250 YTL’ye) opsiyon değerinde %83,44 oranında (17648,21 YTL’den 32373,25 YTL’ye) artışa neden olurken GNBD’de %377,11 oranında (11396 YTL’den 54371,04 YTL’ye) artışa neden olmaktadır. Yine Tablo 5.7’de görüleceği üzere yatırım maliyetindeki %50 oranındaki artış (56500 YTL’den 84750 YTL’ye) opsiyon değerinde %49,60 oranında (17648,21 YTL’den 8895,33 YTL’ye) azalışa neden olurken GNBD’de %324,7 oranında (11396 YTL’den - 25606,87 YTL’ye) azalışa neden olmaktadır. Tablo 5.7 ve Şekil 5.7’den görüleceği üzere yatırım maliyetinin değişimi opsiyon değerini ve GNBD’yi ters oranda etkilemektedir. Ancak yatırım maliyetinin değişimi, opsiyon değerinin yanında statik NBD’yi de ters oranda etkilediği için opsiyon değeri ile statik NBD’nin toplamı olan

GNBD'yi opsiyon değerine göre çok daha fazla etkilemektedir. Bu durum Şekil 5.7'de de görülmektedir.

Tablo 5.7: Yatırım Maliyetinin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

T = 3 Yıl, $\sigma = \%30$, $r_f = \%15$, $r = \%20$					
X (YTL)	Statik NBD (YTL)	Opsiyon Değeri (YTL)	Genişletilmiş NBD (YTL)	Yüzde Opsiyon Değişimi (%)	Yüzde GNBD Değişimi (%)
18.833,33	31414,46	38250,11	69664,57	116,74%	511,31%
28.250,00	21997,79	32373,25	54371,04	83,44%	377,11%
37.666,67	12581,12	26847,85	39428,98	52,13%	245,99%
47.083,33	3164,46	21899,83	25064,29	24,09%	119,94%
56.500,00	-6252,21	17648,21	11396,00	0,00%	0,00%
65.916,67	-15668,88	14105,65	-1563,22	-20,07%	-113,72%
75.333,33	-25085,54	11216,90	-13868,65	-36,44%	-221,70%
84.750,00	-34502,21	8895,33	-25606,87	-49,60%	-324,70%
94.166,67	-43918,88	7047,21	-36871,67	-60,07%	-423,55%



Şekil 5.7: Yatırım Maliyetinin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

Yatırım maliyetinin değişimi GNBD'yi etkilediği için yatırım kararı da etkilemektedir. Yatırım maliyeti 64753,94 YTL olduğunda GNBD 0 YTL olmaktadır. Şekil 5.7'den görüleceği üzere yatırım maliyetinin bu değeri aşması durumunda GNBD negatif olmaktadır ve yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel olmamaktadır. Yine Şekil 5.7'den görüleceği üzere yatırım maliyetinin bu değerin

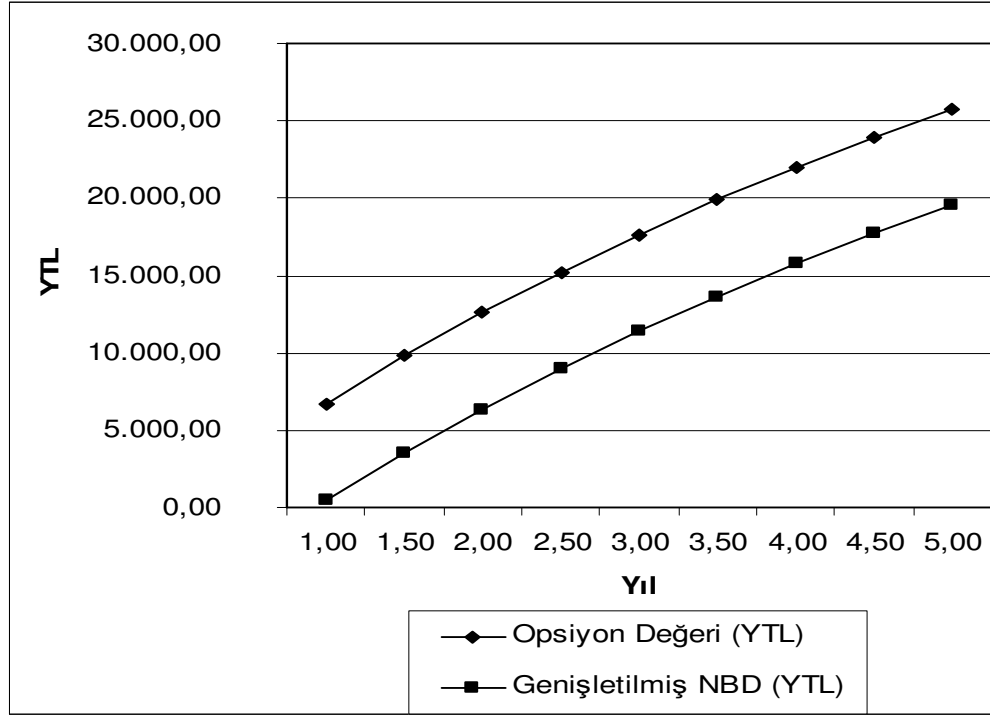
altına düşmesi durumunda GNBD pozitif olmaktadır ve yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel olmaktadır başka bir deyişle yatırımın gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

5.2.3.6. Opsiyon Ömrünün RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi

Tablo 5.8'de opsiyon ömrü parametresinin değişken tutulup, Tablo 5.3'te belirtilen diğer temel kurguyu oluşturan parametrelerin sabit tutulması ile hesaplanan opsiyon değeri ve GNBD ile hesaplanan opsiyon değerinin ve GNBD'nin Tablo 5.3'teki temel kurguyu oluşturan parametre değerleriyle hesaplanan değerlerden yüzde olarak değişimi gösterilmiştir. Şekil 5.8'de ise opsiyon değerinin ve GNBD'nin opsiyon ömründeki değişikliğe göre değişimi başka bir deyişle duyarlılığı grafiksel olarak gösterilmiştir. Tablo 5.8'den görüleceği üzere opsiyon ömründeki %50 oranındaki azalış (3 yıldan 1,5 yıla) opsiyon değerinde %44,42 oranında (17648,21 YTL'den 9808,88 YTL'ye) azalışa neden olurken GNBD'de %68,79 oranında (11396 YTL'den 3556,68 YTL'ye) azalışa neden olmaktadır. Yine Tablo 5.8'de görüleceği üzere opsiyon ömründeki %50 oranındaki artış (3 yıldan 4,5 yıla) opsiyon değerinde %35,66 oranında (17648,21 YTL'den 23940,73 YTL'ye) artışa neden olurken GNBD'de %55,22 oranında (11396 YTL'den 17688,52 YTL'ye) artışa neden olmaktadır. Bu durumda genişleme opsiyonunun ömrü arttıkça belirsizliğin kötü yanlarından korunarak iyi yanlarını kullanıp yükselme potansiyelinden daha uzun bir süre istifade etme imkanı sunacağından opsiyon değeri de artmaktadır. Tablo 5.8 ve Şekil 5.8'den görüleceği üzere opsiyon ömrünün değişimi opsiyon değerini ve GNBD'yi doğru oranda etkilemektedir. Şekil 5.8'de görüleceği üzere opsiyon ömrünün 1 ile 5 yıl arasında değişimi sonucu oluşan GNBD hep pozitif çıkmaktadır. Buna göre yatırımın gerçekleştirilmesi yine rasyonel olmaktadır. Başka bir deyişle RFID teknolojisindeki belirsizliklerin 3. yılın sonunda değil de 1. yılın sonunda veya 5. yılın sonunda ortadan kalkması ve böylece ABC firması yöneticilerinin RFID sistemini 2 nolu fabrikaya 3. yılın sonunda değil de 1.yılın sonunda veya 5. yılın sonunda kurmayı planlamaları RFID sisteminin 1 nolu fabrikaya kurulması yatırımının gerçekleştirilmesi gerektiği kararını değiştirmemektedir.

Tablo 5.8: Opsiyon Ömrünün Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

X = 56500 YTL, $\sigma = \%30$, $r_f = \%15$, $r = \%20$					
T (Yıl)	Statik NBD (YTL)	Opsiyon Değeri (YTL)	Genişletilmiş NBD (YTL)	Yüzde Opsiyon Değişimi (%)	Yüzde GNBD Değişimi (%)
1,00	-6.252,21	6.738,53	486,33	-61,82%	-95,73%
1,50	-6.252,21	9.808,88	3.556,68	-44,42%	-68,79%
2,00	-6.252,21	12.626,04	6.373,83	-28,46%	-44,07%
2,50	-6.252,21	15.230,71	8.978,50	-13,70%	-21,21%
3,00	-6.252,21	17.648,21	11.396,00	0,00%	0,00%
3,50	-6.252,21	19.896,62	13.644,42	12,74%	19,73%
4,00	-6.252,21	21.990,17	15.737,96	24,60%	38,10%
4,50	-6.252,21	23.940,73	17.688,52	35,66%	55,22%
5,00	-6.252,21	25.758,66	19.506,45	45,96%	71,17%

**Şekil 5.8:** Opsiyon Ömrünün Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

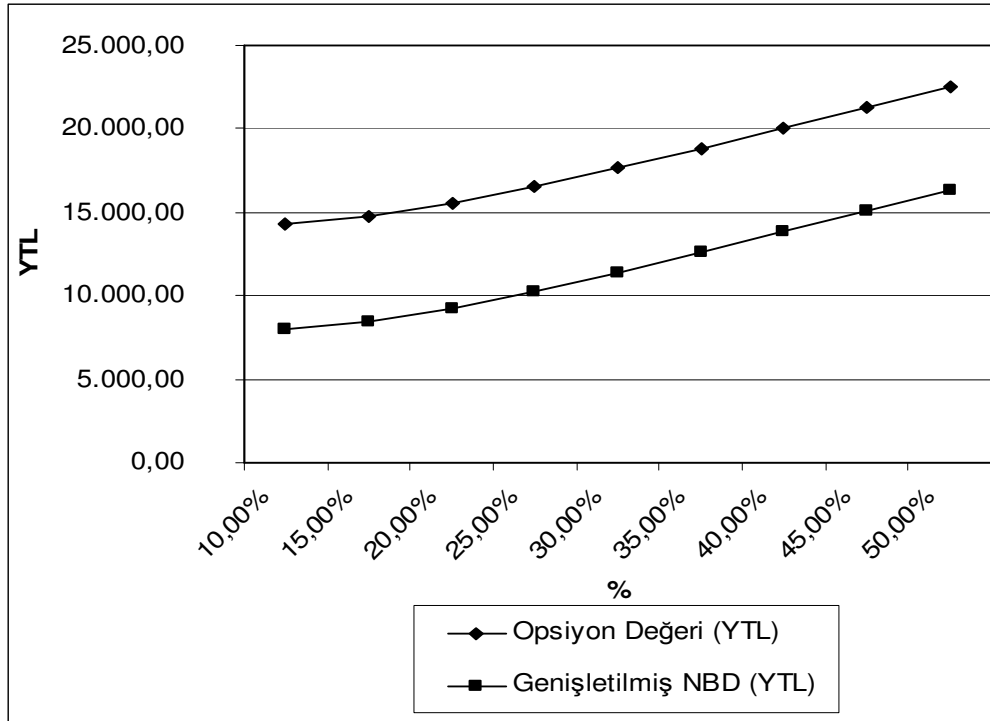
5.2.3.7. Belirsizliğin (Volatilitenin) RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi

Tablo 5.9'da belirsizliğin göstergesi olarak kullanılan volatilité parametresinin değişken tutulup, Tablo 5.3'te belirtilen diğer temel kurguyu oluşturan parametrelerin sabit tutulması ile hesaplanan opsiyon değeri ve GNBD ile hesaplanan opsiyon değerinin ve GNBD'nin Tablo 5.3'teki temel kurguyu oluşturan parametre değerleriyle hesaplanan değerlerden yüzde olarak değişimi gösterilmiştir.

Şekil 5.9'da ise opsiyon değerinin ve GNBD'nin volatilitedeki değişikliğe göre değişimi başka bir deyişle duyarlılığı grafiksel olarak gösterilmiştir. Tablo 5.9'dan görüleceği üzere volatilitedeki %50 oranındaki azalış (%30'dan %15'e) opsiyon değerinde %16,46 oranında (17648,21 YTL'den 14743,08 YTL'ye) azalışa neden olurken GNBD'de %25,49 oranında (11396 YTL'den 8490,87 YTL'ye) azalışa neden olmaktadır. Yine Tablo 5.9'da görüleceği üzere volatilitedeki %50 oranındaki artış (%30'dan %45'e) opsiyon değerinde %20,67 oranında (17648,21 YTL'den 21295,36 YTL'ye) artışa neden olurken GNBD'de %32 oranında (11396 YTL'den 15043,15 YTL'ye) artışa neden olmaktadır. Bu durumda belirsizliğin göstergesi olarak kullanılan volatilité parametresi arttırıldıkça belirsizlik ve dolayısı ile yönetim esnekliği artacağından firmanın sahip olduğu genişleme opsiyonunun değeri de yükselme göstermektedir. Buna göre Tablo 5.9 ve Şekil 5.9'dan görüleceği üzere volatilitenin değişimi opsiyon değerini ve GNBD'yi doğru oranda etkilemektedir. Şekil 5.9'da görüleceği üzere volatilitenin %10 ile %50 arasında değişimi sonucu oluşan GNBD hep pozitif çıkmaktadır. Buna göre yatırımın gerçekleştirilmesi yine rasyonel olmaktadır. Başka bir deyişle belirsizliği ifade etmekte kullanılan volatilité parametresinin %10 veya %50 aralığında değişmesi yatırımın gerçekleştirilmesi gerektiği kararını değiştirmemektedir.

Tablo 5.9: Volatilitenin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

X = 56500 YTL, T = 3 Yıl, r_f = %15, r = %20					
σ (%)	Statik NBD (YTL)	Opsiyon Değeri (YTL)	Genişletilmiş NBD (YTL)	Yüzde Opsiyon Değişimi (%)	Yüzde GNBD Değişimi (%)
10,00%	-6.252,21	14.298,70	8.046,49	-18,98%	-29,39%
15,00%	-6.252,21	14.743,08	8.490,87	-16,46%	-25,49%
20,00%	-6.252,21	15.532,58	9.280,37	-11,99%	-18,56%
25,00%	-6.252,21	16.530,76	10.278,55	-6,33%	-9,81%
30,00%	-6.252,21	17.648,21	11.396,00	0,00%	0,00%
35,00%	-6.252,21	18.833,39	12.581,19	6,72%	10,40%
40,00%	-6.252,21	20.055,59	13.803,38	13,64%	21,12%
45,00%	-6.252,21	21.295,36	15.043,15	20,67%	32,00%
50,00%	-6.252,21	22.539,63	16.287,42	27,72%	42,92%



Şekil 5.9: Volatilitenin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

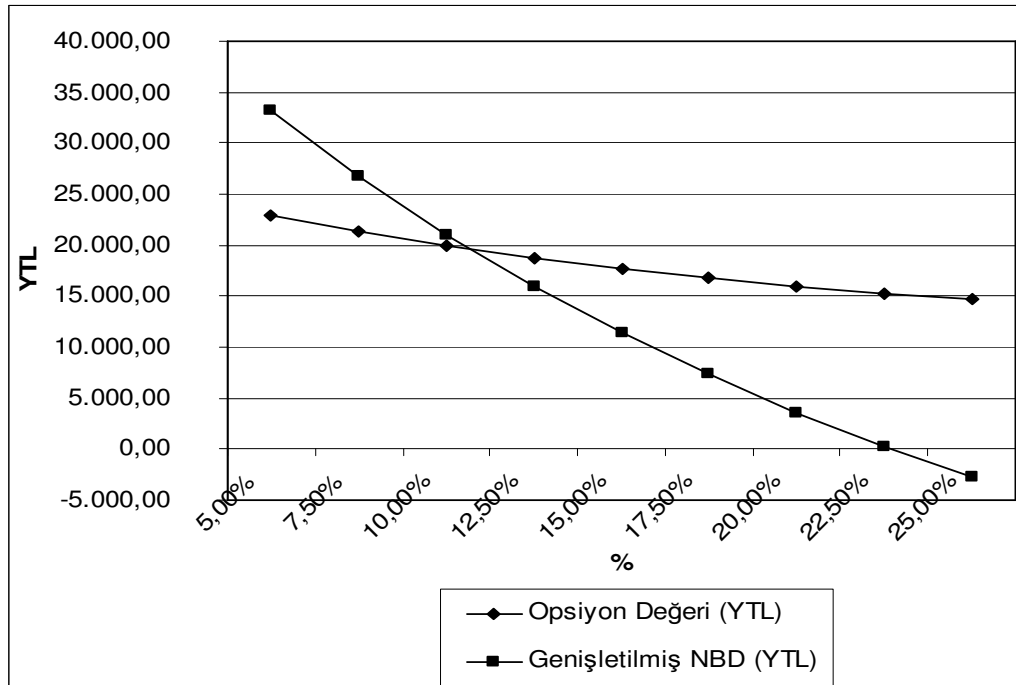
5.2.3.8. Risksiz Faiz Oranının RFID Sisteminin 2 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi

Burada yapılan duyarlılık analizinde ABC firmasının Proje 1 yatırımının nakit akışlarının iskontolanmasında kullanılan risk uyarlı faiz oranı, risksiz faiz oranının bir parametresi olarak tanımlanmış ve risk uyarlı faiz oranı ile risksiz faiz oranı arasındaki %5'lik fark sabit tutulmuştur. Tablo 5.10'da risksiz faiz oranı parametresinin değişken tutulup, Tablo 5.3'te belirtilen diğer temel kurguyu oluşturan parametrelerin sabit tutulması ile hesaplanan opsiyon değeri ve GNBD ile hesaplanan opsiyon değerinin ve GNBD'nin Tablo 5.3'teki temel kurguyu oluşturan parametre değerleriyle hesaplanan değerlerden yüzde olarak değişimi gösterilmiştir. Şekil 5.10'da ise opsiyon değerinin ve GNBD'nin risksiz faiz oranındaki değişikliğe göre değişimi başka bir deyişle duyarlılığı grafiksel olarak gösterilmiştir. Tablo 5.10'dan görüleceği üzere risksiz faiz oranındaki %50 oranındaki azalış (%15'ten %7,5'e) opsiyon değerinde %20,79 oranında (17648,21 YTL'den 21317,91 YTL'ye) artışa neden olurken GNBD'de %134,99 oranında (11396 YTL'den 26779,64 YTL'ye) artışa neden olmaktadır. Yine Tablo 5.10'da görüleceği üzere risksiz faiz oranındaki %50 oranındaki artış (%15'ten %22,5'e) opsiyon değerinde %13,56 oranında (17648,21 YTL'den 15254,73 YTL'ye) azalışa neden olurken GNBD'de

%97,47 oranında (11396 YTL'den 287,85 YTL'ye) azalışa neden olmaktadır. Tablo 5.10 ve Şekil 5.10'dan görüleceği üzere risksiz faiz oranının değişimi opsiyon değerini ve GNBD'yi ters oranda etkilemektedir. Ancak risksiz faiz oranının değişimi ve dolayısı ile risk uyarlı faiz oranının değişimi toplam İNA başka bir deyişle varlık değerini etkilediğinden bu durum hem opsiyon değerini hem de statik NBD'yi etkilediği için opsiyon değeri ile statik NBD'nin toplamı olan GNBD'yi opsiyon değerine göre çok daha fazla etkilemektedir. Bu durum Şekil 5.10'da de görülmektedir.

Tablo 5.10: Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

X = 56500 YTL, T = 3 Yıl, σ = %30						
r_f (%)	r (%)	Statik NBD (YTL)	Opsiyon Değeri (YTL)	Geniştirilmiş NBD (YTL)	Yüzde Opsiyon Değişimi (%)	Yüzde GNBD Değişimi (%)
5,00%	10,00%	10.258,28	22.954,57	33.212,84	30,07%	191,44%
7,50%	12,50%	5.461,74	21.317,91	26.779,64	20,79%	134,99%
10,00%	15,00%	1.149,64	19.911,02	21.060,66	12,82%	84,81%
12,50%	17,50%	-2.737,91	18.697,73	15.959,82	5,95%	40,05%
15,00%	20,00%	-6.252,21	17.648,21	11.396,00	0,00%	0,00%
17,50%	22,50%	-9.437,32	16.737,71	7.300,39	-5,16%	-35,94%
20,00%	25,00%	-12.331,24	15.945,63	3.614,39	-9,65%	-68,28%
22,50%	27,50%	-14.966,88	15.254,73	287,85	-13,56%	-97,47%
25,00%	30,00%	-17.372,76	14.650,49	-2.722,27	-16,99%	-123,89%



Şekil 5.10: Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

Risksiz faiz oranının değişimi GNBD'yi etkilediği için yatırım kararını da etkilemektedir. Risksiz faiz oranı %22,7 olduğunda GNBD 0 YTL olmaktadır. şekil 5.10'dan görüleceği üzere risksiz faiz oranının bu değeri aşması durumunda GNBD negatif olmaktadır ve yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel olmamaktadır. Yine şekil 5.10'dan görüleceği üzere risksiz faiz oranının bu değerin altına dūřmesi durumunda GNBD pozitif olmaktadır ve yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel olmaktadır başka bir deyişle yatırımın gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

5.2.4. Proje 2 Yatırımının Değerlendirilmesi

Proje 2 daha önce açıklandığı üzere B tipi ürün grubunu üreten ABC firmasının 3 nolu fabrikasına RFID sisteminin kurulması projesidir. Bu projenin nakit akışları Tablo 5.11'de gösterilmiştir. Tablo 5.11'de gösterilen nakit ıkışları ve toplam yatırım maliyeti Proje 1'de olduğu gibi Tablo 5.1'den elde edilmiştir. Projenin gelirleri (nakit girişleri) ise ABC firma yöneticilerinin ve firma danışmanlarının hesaplamaları ile řu şekilde oluşmaktadır. Birinci eyrek itibariyle 5000 YTL gelir elde edilmeye başlanacaktır. Bu gelirin RFID sistemi ile ürün takibinin gerçekleştirilmesiyle özellikle siparişlerin yüklemelerinin aksamasının önüne geçilmesiyle ortaya çıkacak müşteri memnuniyeti sonucu satışların artmasına bağlı olarak beşinci yılın sonuna kadar çeyrek başına %5'lik oranda artacağı hesaplanmaktadır. Tablo 5.11'den de görüleceği üzere Proje 2'nin gelirleri Proje 1'in gelirlerinden daha dūřüktür. Bunun nedenlerinden biri Proje 2'de RFID sistemi ile takip edilecek B tipi ürün grubu ürünlerinin Proje 1'de RFID sistemi ile takip edilecek A tipi ürün grubu ürünlerinden katma değerlerinin daha dūřük ve daha ucuz olmasıdır. Proje 2'de RFID sistemi ile daha ucuz olan B tipi ürün grubuna ait ürünler takip edilecek ve özellikle RFID sisteminin sağlayacağı çorap çuvallarının kaybolmasının önlenmesi ile doğacak fayda maddi olarak çuvalların içindeki ürünlerin daha ucuz olması dolayısı ile daha az olmaktadır. Ayrıca B tipi ürün grubu siparişlerinin sahibi olan yurt içindeki müşterilerin zamanında yüklemeye ve siparişlerin detaylı şekilde takip edilmesine yurtdışındaki müşterilere göre daha az önem vermeleri Proje 2'nin gelirlerinin Proje 1'in gelirlerinden daha dūřük olmasının bir başka nedenidir. Beř yıllık analiz dönemi boyunca sabit kalacağı varsayılan ve danışmanların nakit akışlarını iskontolamak için kabul ettiği risk uyarlı faiz oranı (r) %20'dir.

Tablo 5.11’de Proje 2 yatırımının beş yıllık analiz dönemi boyunca üçer aylık periyotlarda oluşan nakit girişleri (gelir), nakit çıkışları (işletme Maliyeti), nakit girişlerinden nakit çıkışlarının çıkartılması sonucu oluşan nakit akışları ve nakit akışlarının risk uyarlı faiz oranı ile bugüne çekilmesi ile hesaplanan iskontolanmış nakit akışları (İNA) gösterilmektedir. Tablo 5.11’in alt kısmında ise toplam İNA ve yatırım maliyeti ile toplam İNA’dan yatırım maliyetinin çıkartılmasıyla elde edilen statik (klasik) net bugünkü değer (NBD) hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 5.11: Proje 2 Yatırımının Nakit Akış Tablosu

Periyot	Yıl	Gelir (YTL)	İşletme Maliyeti (YTL)	Nakit Akışı (YTL)	İskontolanmış Nakit Akışı(İNA) (YTL)										
0	0	0	0	0	0										
1	0,25	5.000,00	5.300,00	-300,00	-286,63										
2	0,50	5.250,00	5.300,00	-50,00	-45,64										
3	0,75	5.512,50	5.300,00	212,50	185,34										
4	1,00	5.788,13	5.300,00	488,13	406,77										
5	1,25	6.077,53	5.300,00	777,53	619,07										
6	1,50	6.381,41	5.300,00	1.081,41	822,65										
7	1,75	6.700,48	5.300,00	1.400,48	1.017,91										
8	2,00	7.035,50	5.300,00	1.735,50	1.205,21										
9	2,25	7.387,28	5.300,00	2.087,28	1.384,91										
10	2,50	7.756,64	5.300,00	2.456,64	1.557,36										
11	2,75	8.144,47	5.300,00	2.844,47	1.722,87										
12	3,00	8.551,70	5.300,00	3.251,70	1.881,77										
13	3,25	8.979,28	5.300,00	3.679,28	2.034,34										
14	3,50	9.428,25	5.300,00	4.128,25	2.180,88										
15	3,75	9.899,66	5.300,00	4.599,66	2.321,65										
16	4,00	10.394,64	5.300,00	5.094,64	2.456,91										
17	4,25	10.914,37	5.300,00	5.614,37	2.586,91										
18	4,50	11.460,09	5.300,00	6.160,09	2.711,89										
19	4,75	12.033,10	5.300,00	6.733,10	2.832,07										
20	5,00	12.634,75	5.300,00	7.334,75	2.947,67										
<table><tr><td>Toplam İNA</td><td>30.543,90 YTL</td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td>Yatırım Maliyeti</td><td>56.500,00 YTL</td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td>Statik NBD</td><td>-25.956,10 YTL</td></tr></table>						Toplam İNA	30.543,90 YTL			Yatırım Maliyeti	56.500,00 YTL			Statik NBD	-25.956,10 YTL
Toplam İNA	30.543,90 YTL														
Yatırım Maliyeti	56.500,00 YTL														
Statik NBD	-25.956,10 YTL														

Tablo 5.11’den de görüldüğü üzere geleneksel yatırım değerlendirme tekniği olan NBD yöntemine göre hesaplanan Proje 2 yatırımının statik NBD’si negatif çıkmaktadır. Bu durumda ABC firmasının yöneticileri 3 nolu fabrikaya RFID sistemini kurma (Proje 2) yatırımının gerçekleştirilmesini rasyonel bulmamaktadırlar. Bununla beraber daha önce belirtildiği gibi özellikle RFID teknolojisinin maliyetlerinin izleyen yıllarda da

düşme eğilimi gösterecek olması ve bu düşme eğilimi ile beraber RFID sisteminin kurulmasının ABC firmasına yeni uygulamalar sunma potansiyelinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca RFID teknolojisinin gelecekte mevcut ürün takip sistemlerinin yerine geçecek olması ve ABC firmasının bu stratejik teknolojiyi rakiplerinden önce kurması ve öğrenmesi ABC firmasına rakiplerine karşı rekabet avantajı sunacaktır. RFID yatırımındaki stratejik değerden dolayı RFID yatırımının Klasik NBD yöntemi ile değerlemek yanıltıcı sonuç vermektedir. RFID yatırımındaki belirsizlikler nedeniyle RFID yatırımının belirsizlik altındaki esnekliği değerleyen Reel Opsiyonlar Yöntemi ile değerlendirilmesi gerekmektedir. ABC firması yöneticileri 3 nolu fabrikaya RFID sisteminin kurulmasının RFID teknolojisinin yararlarını görerek ve RFID teknolojisinin maliyetinin düşmesi ile beraber gelecekte 4 nolu fabrikaya RFID sistemini kurma fırsatını sunacağını yani genişleme opsiyonu sunacağını belirlemişlerdir. ABC firması yöneticileri firmanın RFID konusundaki danışmanları ile görüşerek RFID teknolojisindeki maliyet belirsizliklerinin gelecek 3 yıl içinde ortadan kalkacağını ve maliyetlerin düşeceğini belirlemişlerdir. Buna göre 4 nolu fabrikaya RFID sistemini 3. yılın sonunda kurmayı planlamaktadırlar. Böylece RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun 3. yılın sonunda yani opsiyonun vadesinde uygulanmasından dolayı bir Avrupa tipi opsiyon söz konusudur. Böyle bir genişleme opsiyonu ABC firmasına belli bir uygulama karar noktasında (vadesinde) RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya belli bir yatırım maliyeti (kullanım fiyatı) ile kurma fırsatı vererek RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulmasının yararlarını elde etmeye bir hak verirken ABC firmasını bir yükümlülük altına sokmamaktadır. Bu durumda genişleme opsiyonunu, sahibine vadesinde belli bir dayanak varlığı belli bir kullanım fiyatından satın alma hakkı verip yükümlülük altına sokmayan Avrupa tipi alım opsiyonu gibi görmek mümkündür. Böyle bir genişleme opsiyonunun varlığı altında Proje 2 yatırımının statik NBD'si dikkate alınarak değil statik NBD'ye opsiyon priminin (opsiyon değerinin) eklendiği Genişletilmiş Net Bugünkü Değer (GNBD) dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Buna göre Proje 2 yatırımına özel GNBD Denklem 5.3'teki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} \text{GNBD} &= \text{Proje 2 yatırımının nakit akışlarının statik NBD} \\ &+ \text{RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonu değeri} \end{aligned} \quad (5.3)$$

Tablo 5.12: RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Bulunması İçin Gerekli Parametre Değerleri

Parametreler	Değerler
Varlığın Değeri (S) (YTL)	30.543,90
Kullanım Fiyatı (X) (YTL)	56.500,00
Opsiyon Süresi (T) (Yıl)	3,00
Risksiz Faiz Oranı (r_f) (%)	15,00%
Volatilite (σ) (%)	30,00%
Kar Payı (δ) (%)	0%

Proje 2'nin başka bir deyişle RFID sistemini 3 nolu fabrikaya kurma yatırımının nakit akışlarının statik NBD'si Tablo 5.11'de -25.956,10 YTL olarak hesaplanmıştır. RFID sistemini 4 nolu fabrikaya genişletme opsiyonunun değerinin bulunması için gerekli parametre değerleri Tablo 5.12'de gösterilmiştir. 3 nolu ve 4 nolu fabrikalar aynı ürün gruplarını (B tipi ürün grubu) ürettikleri için ve yerleşim planlarının aynı olması dolayısı ile RFID sisteminin 3 nolu fabrikaya kurulması ve 4 nolu fabrikaya kurulması yatırımlarının nakit akışlarının ve yatırım maliyetlerinin bugünkü değerleri eşittir. Buna göre Tablo 5.12'de gösterilen genişleme opsiyonunun değerinin hesaplanması için gerekli olan varlığın değeri (S) parametresi opsiyona konu olan RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması yatırımının nakit akışlarının bugünkü değerinin toplamıdır ve Tablo 5.11'de gösterilen Proje 2 yatırımının toplam İNA değerine eşittir. Tablo 5.12'de gösterilen genişleme opsiyonu kullanım fiyatı (X) ise opsiyona konu olan RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurmak için gerekli yatırım maliyetinin bugünkü değeridir ve bu da Tablo 5.11'de gösterilen Proje 2 yatırımının toplama yatırım maliyetine eşittir. ABC firması yöneticileri genişleme opsiyonunu 3. yılın sonunda kullanmak istedikleri için yani RFID sistemini 3. yılın sonunda 4 nolu fabrikaya kurmak istedikleri için Tablo 5.12'de gösterilen opsiyon ömrü (T) 3 yıldır. Opsiyonun ömrü boyunca sabit kalacağı varsayılan Tablo 5.12'de gösterilen risksiz faiz oranı (r_f) %15 iken, firma danışmanlarının sektör hakkındaki uzman görüşleri dahilinde nakit akışlarındaki belirsizliği ifade etmekte kullanılan volatilite (σ) parametresi Tablo 5.12'de de görüleceği üzere %30 olarak kabul edilmiştir. Reel opsiyonlarda opsiyonun canlı kaldığı süre boyunca karşılaşılan değer kaybını gösteren kar payı (δ) parametresi Tablo 5.12'de de görüleceği üzere %0 olarak kabul edilmiştir.

Yukarıda anlatılan genişleme opsiyonunu kar payı ödemeyen Avrupa tipi alım opsiyonu gibi gördüğümüz için bu genişleme opsiyonunun da değerini hem Black-Scholes modeli hem de binom ağaçlar modeli ile bulabiliriz. Aşağıda genişleme

opsiyonunun değeri hem Black-Scholes modeli hem de farklı adım sayılarına sahip binom ağaçlar modeli ile hesaplanarak iki model karşılaştırılmıştır.

5.2.4.1. RFID Sisteminin 4 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Black-Scholes Modeli ile Hesaplanması

Tablo 5.12'deki parametrelerin aşağıda yeniden verilen Denklem 5.2'deki Black-Scholes Modelinde yerine konulması ile genişleme opsiyonunun değeri Black-Scholes modeline göre hesaplanmıştır.

$$C = SN \left[\frac{\ln(S / X) + (r_f + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} \right] - Xe^{-r_f T} N \left[\frac{\ln(S / X) + (r_f - \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} \right] \quad (5.2)$$

$$C = 4.414,8491 \text{ YTL}$$

Black-Scholes modelini kullanarak hesaplanan genişleme opsiyonu değeri 4.414,8491 YTL olarak bulunmuştur. Sürekli zaman çözüm yöntemlerinden kapalı formdaki çözüm yöntemi olan Black-Scholes modeli ile hesaplanan 4.414,8491 YTL analitik çözümü genişleme opsiyonu değerinin doğru sonucudur.

5.2.4.2. RFID Sisteminin 4 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Binom Ağaçlar Modeli ile Hesaplanması

RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değerinin binom ağaçlar modeli ile hesaplanmasında da daha önce tanıtılan (bakınız 4.) Real Options Super Lattice Solver (SLS) 3.0 versiyonu yazılımının Single Super Lattice Solver (SSLS) Modülü kullanılmıştır. RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değerinin 5, 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 ve 10000 adımlı binom ağaçlar modeli ile hesaplanmasında kullanılan Real Options SLS yazılımı ile ulaşılan sonuç ekranları EK E'de, Real Options SLS yazılımının kullanılması ile ulaşılan hesap denetleme çalışma sayfaları ise EK F'de gösterilmiştir. RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değerinin 5, 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 ve 10000 adımlı binom ağaçlar modeli ile hesaplanmasında kullanılan Real Options SLS yazılımı ile ulaşılan sonuçlar Tablo 5.13'te gösterilmiştir.

Tablo 5.13: RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerinin Farklı Adım Sayılarına Göre Binom Ağaçlar Modeli Sonuçları

Adım Sayısı(n)	Opsiyon Değeri (YTL)
5	3.821,4177
10	4.085,5267
50	4.359,4877
100	4.378,1129
500	4.410,1202
1000	4.412,8055
5000	4.414,2459
10000	4.414,5768

5.2.4.3. Black-Scholes Modeli ve Binom Ağaçlar Modeli İle Elde Edilen RFID Sisteminin 4 nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonu Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 5.14'te Black-Scholes modeli ve farklı adım sayılarına sahip binom ağaçlar modeli ile elde edilen opsiyon değerleri ve değişik adım sayılarındaki binom ağaçlar modeli ile elde edilen opsiyon değerlerinin her birinin Black-Scholes modeli ile elde edilen analitik değerden çıkartılması sonucu elde edilen sapma değerleri gösterilmiştir.

Tablo 5.14: Black-Scholes Ve Binom Ağaçlar Modelleri İle Elde Edilen Opsiyon Değerleri ve Binom Ağaçlar Modeli ile Elde Edilen Sonuçların Sapma Değerleri

Black-Scholes Modeline Göre Opsiyon Değeri (YTL)		4.414,8491
Binom Ağaçlar Modeli		
Adım Sayısı(n)	Opsiyon Değeri (YTL)	Sapma Değeri
5	3.821,4177	593,4314
10	4.085,5267	329,3224
50	4.359,4877	55,3614
100	4.378,1129	36,7362
500	4.410,1202	4,7289
1000	4.412,8055	2,0436
5000	4.414,2459	0,6032
10000	4.414,5768	0,2723

Tablo 5.14'ten de görüleceği üzere binom ağaçlar modelinde adım sayısı arttırıldıkça sapma değeri küçülmektedir başka bir deyişle Black-Scholes modeli ile bulunan doğru sonuca daha fazla yaklaşılmaktadır. Buna göre daha öncede açıklandığı şekilde adım sayısı sonsuza yaklaştığında kesikli zaman binom ağaçlar modeli ile elde edilen sonucun sürekli zaman kapalı form denklemi olan Black-Scholes modeli ile elde edilen analitik çözüme yaklaştığı bir kez daha gösterilmiştir.

5.2.4.4. Proje 2 Yatırımının Genişletilmiş Net Bugünkü Değere (GNBD) Göre Değerlendirilmesi

Denklem 5.3'te gösterilen GNBD denklemindeki RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değeri bulunurken, Black-Scholes modelinin doğru sonuç vermesi ve adım sayısının artmasıyla binom ağaçlar modelinin Black-Scholes modeli tarafından ortaya konulan analitik çözüme yaklaşması nedeniyle Black-Scholes modeli ile hesaplanan opsiyon değeri dikkate alınacaktır. Buna göre Opsiyonun değeri yukarıda (bakınız 5.2.4.1.) hesaplandığı şekilde 4.414,85 YTL'dir. Bu durumda GNBD aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\begin{aligned} \text{GNBD} &= \text{Proje 2 yatırımının nakit akışlarının statik NBD} \\ &+ \text{RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonu değeri} \end{aligned} \quad (5.3)$$

$$\text{GNBD} = -25.956,10 \text{ YTL} + 4.414,85 = -21.541,25 \text{ YTL}$$

GNBD -21.541,25 YTL olarak hesaplanmıştır. Buna göre RFID sisteminin 3 nolu fabrikaya kurulması (Proje 2) yatırımı, hem -25.956,10 YTL çıkan statik NBD'ye göre hem de yatırımın 3 yıl sonra RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunu sunması ve bu opsiyonun değerinin statik NBD'ye eklenmesi sonucu bulunan GNBD'nin -21.541,25 YTL çıkması, başka bir deyişle hem statik NBD'nin hem de GNBD'nin negatif çıkması sonucu RFID sisteminin 3 nolu fabrikaya kurulması yatırımının gerçekleştirilmesi rasyonel değildir. Ayrıca GNBD'nin negatif çıkması 3 nolu fabrikada katma değeri düşük B tipi ürün grubu üretildiği için RFID sisteminin B tipi ürün grubundaki ürünlerin takip edilmesinde kullanılmasının rasyonel olmadığını göstermektedir.

Tablo 5.12'de belirtilen ve RFID sisteminin 4 nolu fabrikaya kurulması genişleme opsiyonunun değerinin bulunmasında kullanılan parametrelerin uzman görüşünün dışında gerçekleşmesi durumunda opsiyonun değerinde ve Genişletilmiş NBD'de (GNBD) ne şekilde değişikliklere sebep olabilecekleri yapılan duyarlılık analizleri ile irdelenmiştir. Tablo 5.15'te parametrelerin alabilecekleri farklı değerler belirtilmiştir. Bu değerler Tablo 5.12'de belirtilen opsiyon değerini etkileyen yatırım maliyeti, opsiyon ömrü, volatilité ve risksiz faiz oranı gibi parametrelerin aynı oranda azaltılması ve arttırılması ile belirlenmiştir. Tablo 5.15'teki değerler ile oluşacak opsiyon değeri ve GNBD Microsoft Excel yazılımı ile hesaplanmış ve Microsoft

Excel yazılımı vasıtasıyla oluşturulan grafikler yardımıyla değerlerin opsiyon değerine ve GNBD'e etkileri yorumlanmıştır.

Tablo 5.15: Duyarlılık Analizleri Yapılacak Parametre Değerleri

Parametreler	Değerler								
Yatırım Maliyeti (X) (YTL)	18.833,33	28.250,00	37.666,67	47.083,33	56.500,00	65.916,67	75.333,33	84.750,00	94.166,67
Opsiyon Süresi (T) (Yıl)	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Volatilité (σ) (%)	10,00%	15,00%	20,00%	25,00%	30,00%	35,00%	40,00%	45,00%	50,00%
Risksiz Faiz Oranı (r_f) (%)	5,00%	7,50%	10,00%	12,50%	15,00%	17,50%	20,00%	22,50%	25,00%

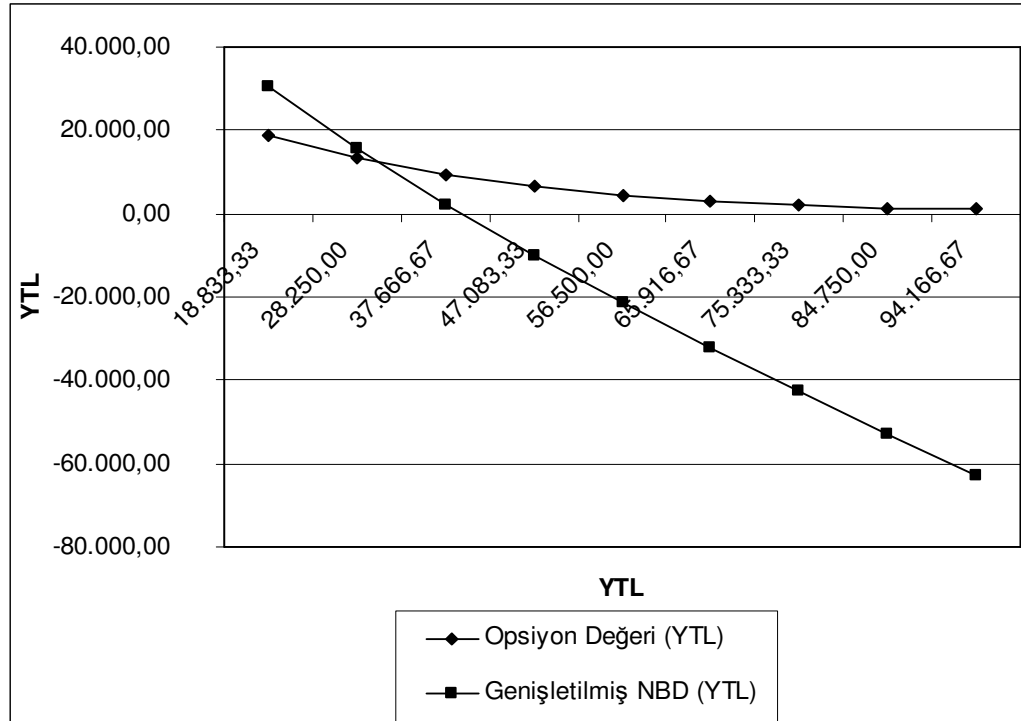
5.2.4.5. Yatırım Maliyetinin RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi

Tablo 5.16'da yatırım maliyeti parametresinin değişken tutulup, Tablo 5.12'de belirtilen temel kurguyu oluşturan parametrelerin sabit tutulması ile hesaplanan opsiyon değeri ve GNBD ile hesaplanan opsiyon değerinin ve GNBD'nin Tablo 5.12'deki temel kurguyu oluşturan parametre değerleriyle hesaplanan değerlerden yüzde olarak değişimi gösterilmiştir. Şekil 5.11'de ise opsiyon değerinin ve GNBD'nin yatırım maliyetindeki değişikliğe göre değişimi başka bir deyişle duyarlılığı grafiksel olarak gösterilmiştir. Tablo 5.16'dan görüleceği üzere yatırım maliyetindeki %50 oranındaki azalış (56500 YTL'den 28250 YTL'ye) opsiyon değerinde %205,66 oranında (4414,85 YTL'den 13494,34 YTL'ye) artışa neden olurken GNBD'de %173,29 oranında (-21541,25 YTL'den 15788,24 YTL'ye) artışa neden olmaktadır. Yine Tablo 5.16'da görüleceği üzere yatırım maliyetindeki %50 oranında artış (56500 YTL'den 84750 YTL'ye) opsiyon değerinde %67,78 oranında (4414,85 YTL'den 1422,57 YTL'ye) azalışa neden olurken GNBD'de % 145,03 oranında (-21541,25 YTL'den -52783,52 YTL'ye) azalışa neden olmaktadır. Tablo 5.16 ve Şekil 5.11'den görüleceği üzere yatırım maliyetinin değişimi opsiyon değerini ve GNBD'yi ters oranda etkilemektedir.

Yatırım maliyetinin değişimi GNBD'yi etkilediği için yatırım kararını da etkilemektedir. Yatırım maliyeti 39361,69 YTL olduğunda GNBD 0 YTL olmaktadır. Şekil 5.11'den görüleceği üzere yatırım maliyetinin bu değeri aşması durumunda GNBD negatif olmaktadır ve yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel olmamaktadır. Yine 5.11'den görüleceği üzere yatırım maliyetinin bu değerin altına düşmesi durumunda GNBD pozitif olmaktadır ve yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel olmaktadır başka bir deyişle yatırımın gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 5.16: Yatırım Maliyetinin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

T = 3 Yıl, $\sigma = \%30$, $r_f = \%15$, $r = \%20$					
X (YTL)	Statik NBD (YTL)	Opsiyon Değeri (YTL)	Genişletilmiş NBD (YTL)	Yüzde Opsiyon Değişimi (%)	Yüzde GNBD Değişimi (%)
18.833,33	11.710,57	18.674,89	30.385,46	323,00%	241,06%
28.250,00	2.293,90	13.494,34	15.788,24	205,66%	173,29%
37.666,67	-7.122,76	9.426,93	2.304,16	113,53%	110,70%
47.083,33	-16.539,43	6.472,07	-10.067,36	46,60%	53,26%
56.500,00	-25.956,10	4.414,85	-21.541,25	0,00%	0,00%
65.916,67	-35.372,76	3.012,12	-32.360,65	-31,77%	-50,23%
75.333,33	-44.789,43	2.063,49	-42.725,94	-53,26%	-98,34%
84.750,00	-54.206,10	1.422,57	-52.783,52	-67,78%	-145,03%
94.166,67	-63.622,76	988,14	-62.634,63	-77,62%	-190,77%

**Şekil 5.11:** Yatırım Maliyetinin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

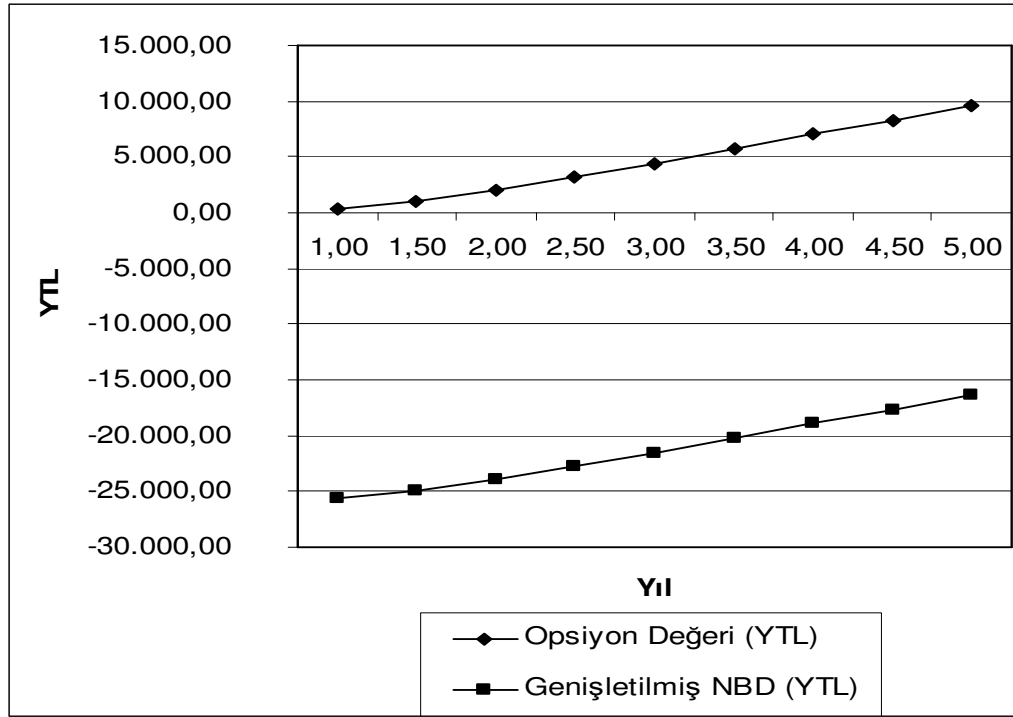
5.2.4.6. Opsiyon Ömrünün RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi

Tablo 5.17'de opsiyon ömrü parametresinin değişken tutulup, Tablo 5.12'de belirtilen diğer temel kurguyu oluşturan parametrelerin sabit tutulması ile hesaplanan opsiyon değeri ve GNBD ile hesaplanan opsiyon değerinin ve GNBD'nin Tablo 5.12'deki temel kurguyu oluşturan parametre değerleriyle hesaplanan değerlerden yüzde olarak değişimi gösterilmiştir. Şekil 5.12'de ise opsiyon değerinin ve

GNBD'nin opsiyon ömründeki değişikliğe göre değişimi başka bir deyişle duyarlılığı grafiksel olarak gösterilmiştir. Tablo 5.17'den görüleceği üzere opsiyon ömründeki % 50 oranındaki azalış (3 yıldan 1,5 yıla) opsiyon değerinde %77,39 oranında (4414,85 YTL'den 998,15 YTL'ye) azalışa neden olurken GNBD'de %15,86 oranında (-21541,25 YTL'den -24957,95 YTL'ye) azalışa neden olmaktadır. Yine Tablo 5.17'de görüleceği üzere opsiyon ömründeki %50 oranındaki artış (3 yıldan 4,5 yıla) opsiyon değerinde %88,54 oranında (4414,85 YTL'den 8323,96 YTL'ye) artışa neden olurken GNBD'de % 18,15 oranında (-21541,25 YTL'den -17632,14 YTL'ye) artışa neden olmaktadır. Bu durumda genişleme opsiyonunun ömrü arttıkça belirsizliğin kötü yanlarından korunarak iyi yanlarını kullanıp yükselme potansiyelinden daha uzun bir süre istifade etme imkanı sunacağından opsiyon değeri de artmaktadır. Tablo 5.17 ve Şekil 5.12'den görüleceği üzere opsiyon ömrünün değişimi opsiyon değerini ve GNBD'yi doğru oranda etkilemektedir. Şekil 5.12'de görüleceği üzere opsiyon ömrünün 1 ile 5 yıl arasında değişimi sonucu oluşan GNBD hep negatif çıkmaktadır. Buna göre yatırımın gerçekleştirilmesi yine rasyonel olmamaktadır. Başka bir deyişle RFID teknolojisindeki belirsizliklerin 3. yılın sonunda değil de 1. yılın sonunda veya 5. yılın sonunda ortadan kalkması ve böylece ABC firması yöneticilerinin RFID sistemini 4 nolu fabrikaya 3. yılın sonunda değil de 1. yılın sonunda veya 5. yılın sonunda kurmayı planlamaları RFID sisteminin 3 nolu fabrikaya kurulması yatırımının gerçekleştirilmesinin rasyonel olmadığı kararını değiştirmemektedir.

Tablo 5.17: Opsiyon Ömrünün Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

X = 56500 YTL, σ = %30, r_f = %15, r = %20					
T (Yıl)	Statik NBD (YTL)	Opsiyon Değeri (YTL)	Genişletilmiş NBD (YTL)	Yüzde Opsiyon Değişimi (%)	Yüzde GNBD Değişimi (%)
1,00	-25.956,10	299,41	-25.656,69	-93,22%	-19,10%
1,50	-25.956,10	998,15	-24.957,95	-77,39%	-15,86%
2,00	-25.956,10	1.989,28	-23.966,82	-54,94%	-11,26%
2,50	-25.956,10	3.154,81	-22.801,29	-28,54%	-5,85%
3,00	-25.956,10	4.414,85	-21.541,25	0,00%	0,00%
3,50	-25.956,10	5.717,29	-20.238,81	29,50%	6,05%
4,00	-25.956,10	7.027,90	-18.928,20	59,19%	12,13%
4,50	-25.956,10	8.323,96	-17.632,14	88,54%	18,15%
5,00	-25.956,10	9.590,32	-16.365,78	117,23%	24,03%



Şekil 5.12: Opsiyon Ömrünün Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

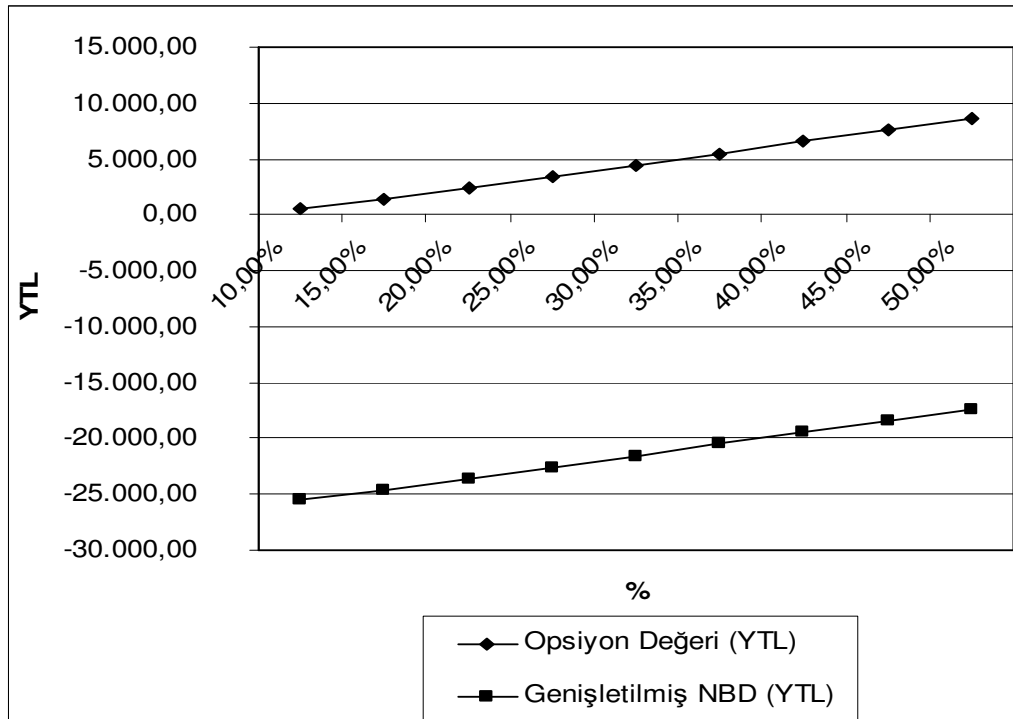
5.2.4.7. Belirsizliğin (Volatilitenin) RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi

Tablo 5.18'de belirsizliğin göstergesi olarak kullanılan volatilité parametresinin değışken tutulup, Tablo 5.12'de belirtilen diğér temel kurguyu oluştúran parametrelerin sabit tutulması ile hesaplanan opsiyon değeri ve GNBD ile hesaplanan opsiyon değeri ve GNBD'nin Tablo 5.12'deki temel kurguyu oluştúran parametre değeriyle hesaplanan değérlerden yüzde olarak değışimi gösterilmiştir. Şekil 5.13'te ise opsiyon değeri ve GNBD'nin volatilitédeki değışikliğe göre değışimi başka bir deyişle duyarlılığı grafiksel olarak gösterilmiştir. Tablo 5.18'den görüleceğı üzere volatilitédeki %50 oranında azalış (%30'dan %15'e) opsiyon değeri %69,07 oranında (4414,85 YTL'den 1365,52 YTL'ye) azalışa neden olurken GNBD'de %14,16 oranında (-21541,25 YTL'den -24590,58 YTL'ye) azalışa neden olmaktadır. Yine Tablo 5.18'de görüleceğı üzere volatilitédeki %50 oranındaki artış (%30'dan %45'e) opsiyon değeri %71,38 oranında (4414,85 YTL'den 7566,36 YTL'ye) artışa neden olurken GNBD'de %14,63 oranında (-21541,25 YTL'den -18389,74 YTL'ye) artışa neden olmaktadır. Bu durumda belirsizliğin göstergesi olarak kullanılan volatilité parametresi arttırıldıkça belirsizlik ve dolayısı ile yönetim esnekliği artacağından firmanın sahip

olduğu genişleme opsiyonunun değeri de yükselme göstermektedir. Buna göre Tablo 5.18 ve Şekil 5.13'ten görüleceği üzere volatilitenin değişimi opsiyon değerini ve GNBD'yi doğru oranda etkilemektedir. Şekil 5.13'te görüleceği üzere volatilitenin %10 ve %50 arasında değişimi sonucu oluşan GNBD hep negatif çıkmaktadır. Buna göre belirsizliği ifade etmekte kullanılan volatilité parametresinin %10-%50 aralığında değişmesi yatırımın gerçekleştirilmesinin rasyonel olmadığı kararını değiştirmemektedir.

Tablo 5.18: Volatilitenin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

X = 56500 YTL, T = 3 Yıl, rf = %15, r = %20					
σ (%)	Statik NBD (YTL)	Opsiyon Değeri (YTL)	Genişletilmiş NBD (YTL)	Yüzde Opsiyon Değişimi (%)	Yüzde GNBD Değişimi (%)
10,00%	-25.956,10	521,81	-25.434,29	-88,18%	-18,07%
15,00%	-25.956,10	1.365,52	-24.590,58	-69,07%	-14,16%
20,00%	-25.956,10	2.339,52	-23.616,58	-47,01%	-9,63%
25,00%	-25.956,10	3.366,36	-22.589,74	-23,75%	-4,87%
30,00%	-25.956,10	4.414,85	-21.541,25	0,00%	0,00%
35,00%	-25.956,10	5.469,70	-20.486,40	23,89%	4,90%
40,00%	-25.956,10	6.522,11	-19.433,99	47,73%	9,78%
45,00%	-25.956,10	7.566,36	-18.389,74	71,38%	14,63%
50,00%	-25.956,10	8.598,33	-17.357,76	94,76%	19,42%



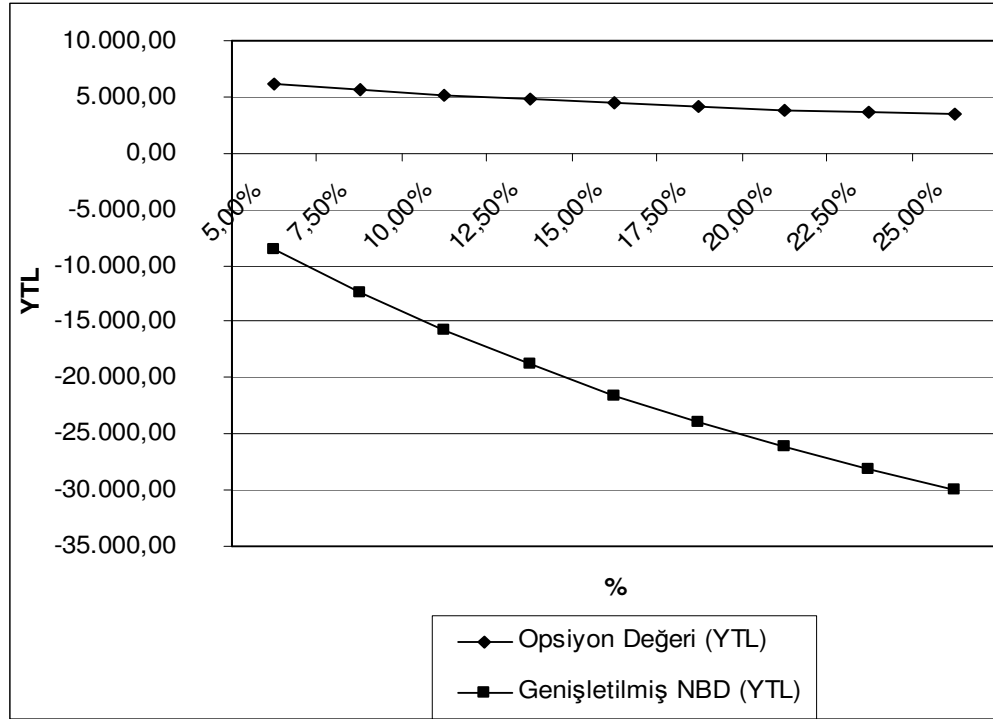
Şekil 5.13: Volatilitenin Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

5.2.4.8. Risksiz Faiz Oranının RFID Sisteminin 4 Nolu Fabrikaya Kurulması Genişleme Opsiyonunun Değerine Ve GNBD'ye Olan Etkisi

Burada yapılan duyarlılık analizinde ABC firmasının Proje 2 yatırımının nakit akışlarının iskontolanmasında kullanılan risk uyarlı faiz oranı, risksiz faiz oranının bir parametresi olarak tanımlanmış ve risk uyarlı faiz oranı ile risksiz faiz oranı arasındaki %5'lik fark sabit tutulmuştur. Tablo 5.19'da risksiz faiz oranı parametresinin değişken tutulup, Tablo 5.12'de belirtilen diğer temel kurguyu oluşturan parametrelerin sabit tutulması ile hesaplanan opsiyon değeri ve GNBD ile hesaplanan opsiyon değerinin ve GNBD'nin Tablo 5.12'deki temel kurguyu oluşturan parametre değerleriyle hesaplanan değerlerden yüzde olarak değişimi gösterilmiştir. Şekil 5.14'te ise opsiyon değerinin ve GNBD'nin risksiz faiz oranındaki değişikliğe göre değişimi başka bir deyişle duyarlılığı grafiksel olarak gösterilmiştir. Tablo 5.19'dan görüleceği üzere risksiz faiz oranındaki %50 oranındaki azalış (%15'ten %7,5'e) opsiyon değerinde %27,71 oranında (4414,85 YTL'den 5638,09 YTL'ye) artışa neden olurken GNBD'de %42,51 oranında (-21541,25 YTL'den -12383,06 YTL'ye) artışa neden olmaktadır. Yine Tablo 5.19'da görüleceği üzere risksiz faiz oranındaki %50 oranındaki artış (%15'ten %22,5'e) opsiyon değerinde %16,86 oranında (4414,85 YTL'den 3670,45 YTL'ye) azalışa neden olurken GNBD'de %30,63 oranında (-21541,25 YTL'den -28138,44 YTL'ye) azalışa neden olmaktadır. Tablo 5.19 ve Şekil 5.14'ten görüleceği üzere risksiz faiz oranının değişimi opsiyon değerini ve GNBD'yi ters oranda etkilemektedir. Ancak risksiz faiz oranının değişimi ve dolayısı ile risk uyarlı faiz oranının değişimi toplam İNA başka bir deyişle varlık değerini etkilediğinden bu durum hem opsiyon değerini hem de statik NBD'yi etkilediği için opsiyon değeri ile statik NBD'nin toplamı olan GNBD'yi opsiyon değerine göre çok daha fazla etkilemektedir. Bununla beraber Şekil 5.14'te görüleceği üzere risksiz faiz oranının %5 ile %25 arasında değişimi sonucu oluşan GNBD hep negatif çıkmaktadır. Buna göre risksiz faiz oranının %5-%25 aralığında değişmesi yatırımın gerçekleştirilmesinin rasyonel olmadığı kararını değiştirmemektedir.

Tablo 5.19: Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

X = 56500 YTL, T = 3 Yıl, $\sigma = \%30$						
r_f (%)	r (%)	Statik NBD (YTL)	Opsiyon Değeri (YTL)	Genişletilmiş NBD (YTL)	Yüzde Opsiyon Değişimi (%)	Yüzde GNBD Değişimi (%)
5,00%	10,0%	-14.754,52	6.207,75	-8.546,78	40,61%	60,32%
7,50%	12,5%	-18.021,15	5.638,09	-12.383,06	27,71%	42,51%
10,00%	15,0%	-20.949,76	5.159,55	-15.790,22	16,87%	26,70%
12,50%	17,5%	-23.582,69	4.756,08	-18.826,60	7,73%	12,60%
15,00%	20,0%	-25.956,10	4.414,85	-21.541,25	0,00%	0,00%
17,50%	22,5%	-28.101,04	4.125,49	-23.975,55	-6,55%	-11,30%
20,00%	25,0%	-30.044,27	3.879,63	-26.164,64	-12,12%	-21,46%
22,50%	27,5%	-31.808,89	3.670,45	-28.138,44	-16,86%	-30,63%
25,00%	30,0%	-33.414,94	3.492,36	-29.922,58	-20,90%	-38,91%



Şekil 5.14: Risksiz Faiz Oranının Opsiyon Değerine ve GNBD'ye Olan Etkisi

6. SONUÇLAR

Radyo frekanslı tanımlama (RFID) teknolojisi kablosuz veri alış verişini sağlayan günümüzün en önemli ve ticari umut veren teknolojilerinden biridir. Ortaya çıkışı ikinci dünya savaşına kadar uzanan RFID teknolojisi, özellikle son zamanlarda perakende sektöründen lojistik sektörüne, sağlık sektöründen güvenlik sektörüne kadar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu durumun en önemli sebebi, Wal-Mart, Metro Group gibi dünyaca bilinen ve geniş çapta faaliyet gösteren perakende firmalarının RFID uygulamalarına başlaması ve tedarikçilerine de bu teknolojiyi kullanmalarını zorunlu kılmalarıdır. RFID teknolojisi ile tedarik zincirinin her aşamasında ürün hakkında bilgiler ve ürünün hareketi üretici, tedarikçi, dağıtıcı ve perakendeciler tarafından gerçek zamanlı olarak paylaşılabilmektedir. Böylece RFID teknolojisinin tedarik zinciri açısından çok büyük faydaları bulunmaktadır. Bunlar tedarik zincirinin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve yönetilmesi, ürün hakkında kesin bilgilerin elde edilmesi, stok yönetiminin daha az çalışan ile sağlanması ve bunun sonucunda işçilik maliyetlerinin düşmesi, müşteri memnuniyetinin sağlanması, hata oranlarının azaltılması olarak sıralanabilir.

RFID teknolojisinin maliyetlerinde gelecek yıllarda kullanımının artmasına paralel olarak düşme beklenmektedir. RFID teknolojisi için küresel olarak kabul edilmiş bir standardın olmaması uygulamaların yaygınlaşmasını engellemektedir. Bununla beraber standardizasyon kurumları birbirlerinin standartlarını onaylayarak bu sorunu gidermeye çalışmaktadırlar. Buna göre RFID teknolojisinde pazardan kaynaklanan gelecek yıllardaki gelişmelere göre çözülebilecek ekonomik belirsizlik mevcuttur. Bundan başka RFID teknolojisinin getirdiği faydalar uygulamadan uygulamaya değişmektedir ve faydaların irdelenmesi için uygulamaların hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu durumda RFID teknolojisinde uygulamaların kendi iç dinamiklerinden kaynaklanan teknik belirsizlik söz konusudur. Ayrıca RFID yatırımları başlangıçta büyük yatırım maliyetlerine sahiptir ve genellikle bu maliyetler kısmen veya tamamen geri döndürülemez yapıdadır. RFID yatırımlarının büyük ekonomik ve teknik belirsizliğe sahip olması, maliyetlerinin geri

döndürülemez yapıda olması ve ayrıca faydaları uzun dönemde ortaya çıkan RFID yatırımlarının kısa dönemli nakit akışlarına odaklanan, yatırım kararını yatırımın başlangıcında veren, belirsizliği ve yönetim esnekliğini göz önüne almayan NBD yöntemi gibi geleneksel yöntemlerle değil belirsizliği ve yönetim esnekliğinin değerini dikkate alan reel opsiyonlar yöntemi ile değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada mevcut ürün takip sisteminde sorunlar yaşayan ABC Tekstil firması için geliştirilen bir RFID sistemi yatırımı reel opsiyonlar yöntemi ile analiz edilmiştir. Öncelikle ABC firmasının barkoda dayalı mevcut ürün takip sistemi ve bu sistemin sorunları incelenmiştir. Daha sonra bu sorunlara çözüm getirecek RFID sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen RFID sistemi ile personel maliyetlerinde azalma olacağı, daha iyi planlama faaliyetinin yürütüleceği, hatasız veri elde edileceği, çuval kayıplarından ve dolayısı ile ürün kayıplarından dolayı oluşan maliyetlerin önleneceği, çuval kayıplarının önlenmesi ile acil ek üretim, eksik yükleme ve yüklemenin ertelenmesi gibi sorunlar ortadan kaldırılarak müşteri ve çalışan memnuniyetinin arttırılacağı, süreçlerin hızlandırılarak çevrim zamanının düşürüleceği, stok maliyetlerinde düşme sağlanacağı, yanlış teslimatın ortadan kaldırılacağı gibi faydaların sağlanacağı sonucuna varılmıştır. Bundan başka geliştirilen RFID sistemi ile isteyen müşteri siparişinin kesin bir şekilde hangi bölümde ve hangi aşamada olduğunu internet aracılığı ile görebilecektir. Ayrıca gelecekte özellikle perakende marketlerinin RFID etiketlerinin kullanımını zorunlu tutması ile ABC firması kuracağı RFID sistemi ile ürünün tüm tedarik zinciri boyunca RFID etiketi ile takip edilmesine kolaylıkla adapte olabilecek ve böylece rakiplerine karşı rekabet avantajı sağlayabilecektir.

ABC firmasının ihracat için katma değeri yüksek ürünler üreten iki (1 ve 2 nolu fabrikalar), iç piyasa için katma değeri düşük ürünler üreten iki (3 ve 4 nolu fabrikalar) olmak üzere toplam 4 adet fabrikası bulunmaktadır. ABC firması RFID teknolojisinin maliyetlerindeki ve standartlarındaki belirsizlikten ve RFID teknolojisinin halen olgunluk düzeyine ulaşmamasından çekinerek, ancak bunlarla beraber geliştirilen RFID projesinin potansiyel faydalarını görmek, bu faydalardan yararlanmak ve RFID teknolojisinde geri kalmamak istemesi nedeniyle öncelikle 1 ve 3 nolu fabrikalarına geliştirilen RFID sistemini kurmayı düşünmektedir. Buna göre ABC firmasının önünde ihracata yönelik katma değeri yüksek ürün üreten 1 nolu fabrikaya geliştirilen RFID sisteminin kurulması yatırım projesi ve iç piyasaya

yönelik katma değeri düşük ürün üreten 3 nolu fabrikaya geliştirilen RFID sisteminin kurulması yatırım projesi olmak üzere 2 yatırım projesi mevcuttur. Bu çalışmada aşağıda sonuçları belirtilen bu yatırım projelerinin her biri ayrı olarak değerlendirilmiştir.

- **1 nolu Fabrikaya Geliştirilen RFID Sisteminin Kurulması Yatırım Projesi:** NBD yöntemine göre 1 nolu fabrikaya geliştirilen RFID sisteminin kurulması yatırım projesinin statik NBD'si negatif çıkmıştır. Buna göre yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel görünmemektedir. Ancak ABC firması yöneticileri 1 nolu fabrikaya RFID sisteminin kurulmasının RFID teknolojisinin yararlarını görerek ve RFID teknolojisinin maliyetlerinin düşmesi ve belirsizliklerin çözülmesi ile beraber gelecekte 2 nolu fabrikaya RFID sisteminin kurulması fırsatını başka bir deyişle genişleme opsiyonunu sunacağını belirlemiştir. Genişleme opsiyonu vadesinde kullanılacağı için ve bu genişleme opsiyonu ABC firmasına vadesinde RFID sistemini 2 nolu fabrikaya belli bir yatırım maliyeti ile kurma hakkı verip yükümlülük altına sokmadığı için genişleme opsiyonunu Avrupa tipi alım opsiyonu gibi görmek mümkündür. Bu durumda böyle bir genişleme opsiyonunun varlığı altında yatırımın statik NBD'si dikkate alınarak değil statik NBD'ye genişleme opsiyonunun değerinin eklenmesi ile bulunan Genişletilmiş NBD'ye (GNBD) göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu noktada genişleme opsiyonunun değeri hem Black-Scholes hem de değişik adım sayılarına sahip binom ağaçlar modeline göre hesaplanmıştır ve sonuçta binom ağaçlar modelinde adım sayısının arttırılması ile ulaşılan sonuçların Black-Scholes modelinde elde edilen doğru analitik sonuca yaklaştığı görülmüştür. Bu nedenle GNBD'nin hesaplanmasında kullanılacak genişleme opsiyonu değeri için Black-Scholes modeli ile hesaplanan opsiyon değeri dikkate alınmıştır. Sonuçta elde edilen GNBD'nin positif çıkması ile RFID sisteminin 1 nolu fabrikaya kurulması yatırımının gerçekleştirilmesi rasyonel olmaktadır. Buna göre geleneksel yatırım değerlendirme yöntemi olan NBD yöntemine göre gerçekleştirilmemesi gereken RFID projesinin 1 nolu fabrikaya kurulması yatırımının reel opsiyonlar yöntemi ile değerlendirilmesi ile yatırımın bünyesinde barındırdığı saklı potansiyel değerlerin nicelleştirilmesine imkân sunulmuş ve yatırımın gerçekleştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca yatırımın kabul edilmesi, 1 nolu fabrikada ihracata yönelik katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesi

nedeniyle RFID sisteminin ihracata yönelik katma değeri yüksek ürünlerin takip edilmesinde kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Çalışmada daha sonra opsiyon değerini etkileyen yatırım maliyeti, opsiyon ömrü, volatilité ve risksiz faiz oranı parametrelerinin değişimlerinin opsiyon değerinde, GNBD’de ve yatırım kararında ne şekilde değişikliklere sebep olabilecekleri yapılan duyarlılık analizleri irdelenmiştir. Yapılan duyarlılık analizleri sonucu yatırım maliyeti ve risksiz faiz oranı parametrelerinin opsiyon değerini ve GNBD’yi ters oranda etkilediği başka bir deyişle bu parametrelerin arttırılması ile opsiyon değerinin ve GNBD’nin azaldığı, parametrelerin azaltılması ile beraber ise opsiyon değerinin ve GNBD’nin arttığı görülmüştür. Opsiyon ömrü ve volatilité parametrelerinin ise opsiyon değerini ve GNBD’yi doğru oranda etkilediği başka bir deyişle bu parametrelerin arttırılması ile opsiyon değerinin ve GNBD’nin arttığı, parametrelerin azaltılması ile beraber ise opsiyon değerinin ve GNBD’nin azaldığı görülmüştür. Duyarlılık analizleri sonucu parametrelerin incelenen değerlerinde yalnızca yatırım maliyeti ve risksiz faiz oranı parametrelerinin yatırım kararını değiştirdiği diğer parametrelerin yatırım kararını değiştirmedeği görülmüştür. Yatırım maliyetinin GNBD’yi sıfır yapan değerden (64753,94 YTL’den) daha büyük değerlere sahip olması durumunda GNBD negatif olmaktadır ve böylece mevcut yatırım kararı değişmektedir ve yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel olmamaktadır. Aynı şekilde risksiz faiz oranının GNBD’yi sıfır yapan değerden (%22,7’den) daha büyük değerlere sahip olması durumunda GNBD negatif olmaktadır ve böylece yine mevcut yatırım kararı değişmektedir ve yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel olmamaktadır.

- **3 nolu Fabrikaya Geliştirilen RFID Sisteminin Kurulması Yatırım Projesi:** NBD yöntemine göre 3 nolu fabrikaya geliştirilen RFID sisteminin kurulması yatırım projesinin statik NBD’si negatif çıkmıştır. Buna göre yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel görünmemektedir. Ancak ABC firması yöneticileri 3 nolu fabrikaya RFID sisteminin kurulmasının RFID teknolojisinin yararlarını görerek ve RFID teknolojisinin maliyetlerinin düşmesi ve belirsizliklerin çözülmesi ile beraber gelecekte 4 nolu fabrikaya RFID sisteminin kurulması fırsatını başka bir deyişle genişleme opsiyonunu sunacağını belirlemişlerdir. Genişleme opsiyonu vadesinde kullanılacağı için ve bu genişleme opsiyonu ABC firmasına vadesinde RFID sistemini 4 nolu fabrikaya belli bir yatırım maliyeti ile kurma hakkı verip

yükümlülük altına sokmadığı için genişleme opsiyonunu Avrupa tipi alım opsiyonu gibi görmek mümkündür. Bu durumda da daha önceki yatırım projesinde olduğu gibi böyle bir genişleme opsiyonunun varlığı altında yatırımın statik NBD'si dikkate alınarak değil, statik NBD'ye genişleme opsiyonunun değerinin eklenmesi ile bulunan Genişletilmiş NBD'ye (GNBD) göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu noktada genişleme opsiyonunun değeri hem Black-Scholes hem de değişik adım sayılarına sahip binom ağaçlar modeline göre hesaplanmıştır ve sonuçta binom ağaçlar modelinde adım sayısının artırılması ile ulaşılan sonuçların Black-Scholes modelinde elde edilen doğru analitik sonuca yaklaştığı görülmüştür. Bu nedenle GNBD'nin hesaplanmasında kullanılacak genişleme opsiyonu değeri için Black-Scholes modeli ile hesaplanan opsiyon değeri dikkate alınmıştır. Sonuçta elde edilen GNBD'nin negatif çıkması ile RFID sisteminin 3 nolu fabrikaya kurulması yatırımının gerçekleştirilmesi rasyonel olmamaktadır. Ayrıca yatırımın kabul edilmemesi, 3 nolu fabrikada iç piyasaya yönelik katma değeri düşük ürünlerin üretilmesi nedeniyle RFID sisteminin iç piyasaya yönelik katma değeri düşük ürünlerin takip edilmesinde kullanılmaması gerektiğini göstermektedir.

Çalışmada daha sonra opsiyon değerini etkileyen yatırım maliyeti, opsiyon ömrü, volatilite ve risksiz faiz oranı parametrelerinin değişimlerinin opsiyon değerinde, GNBD'de ve yatırım kararında ne şekilde değişikliklere sebep olabilecekleri yapılan duyarlılık analizleri irdelenmiştir. Yapılan duyarlılık analizleri sonucu yatırım maliyeti ve risksiz faiz oranı parametrelerinin opsiyon değerini ve GNBD'yi ters oranda etkilediği başka bir deyişle bu parametrelerin artırılması ile opsiyon değerinin ve GNBD'nin azaldığı, parametrelerin azaltılması ile beraber ise opsiyon değerinin ve GNBD'nin arttığı görülmüştür. Opsiyon ömrü ve volatilite parametrelerinin ise opsiyon değerini ve GNBD'yi doğru oranda etkilediği başka bir deyişle bu parametrelerin artırılması ile opsiyon değerinin ve GNBD'nin arttığı, parametrelerin azaltılması ile beraber ise opsiyon değerinin ve GNBD'nin azaldığı görülmüştür. Duyarlılık analizleri sonucu parametrelerin incelenen değerlerinde yalnızca yatırım maliyeti parametresinin yatırım kararını değiştirdiği diğer parametrelerin yatırım kararını değiştirmedikleri görülmüştür. Yatırım maliyetinin GNBD'yi sıfır yapan değerden (39361,69 YTL'den) daha küçük değerlere sahip olması durumunda GNBD pozitif olmaktadır ve böylece yatırımın gerçekleştirilmesi rasyonel olmaktadır başka bir deyişle yatırımın gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak çalışmada reel opsiyonlar yöntemine göre RFID sisteminin ihracata yönelik katma değeri yüksek ürünler üreten 1 nolu fabrikaya kurulması yatırımının gerçekleştirilmesi gerektiği, ancak RFID sisteminin iç piyasaya yönelik katma değeri düşük ürünler üreten 3 nolu fabrikaya kurulması yatırımının gerçekleştirilmemesi gerektiği kararı ile RFID sisteminin şu anki maliyetleri çerçevesinde yalnızca daha fazla katma değere sahip ürünlerin takip edilmesinde kullanılması gerektiği ortaya çıkarılmıştır. Bu bakımdan çalışma, RFID sisteminin hangi ürünlerin takibinde kullanılması gerektiğinin reel opsiyonlar yöntemiyle araştırılması açısından özgünlük taşımaktadır. Ayrıca yapılan duyarlılık analizleri ile yatırımların reel opsiyonlar yöntemi ile analizinde yatırım kararını etkileyen ve değiştiren en önemli parametrenin yatırım maliyeti parametresi olduğu sonucuna varılmıştır. Yatırım maliyetinin belli bir eşik değerin altına düşmesi ile beraber RFID yatırımlarının gerçekleştirilmesinin rasyonel olduğu ortaya konulmuştur. Buna göre bir RFID yatırımında yatırım maliyetinin büyük bir kısmını oluşturan okuyucuların, antenlerin, yazıcıların, etiketlerin ve orta katman yazılımlarının başka bir deyişle RFID teknolojisinin maliyetlerinin düşmesi ile beraber yatırımların gerçekleştirilebilir olacağı ve RFID uygulamalarının yaygınlaşacağı sonucuna varılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Özoğul, S.A.**, 2006. Yatırım kararlarının değerlemesinde reel opsiyonlar: bilişim teknolojileri yatırım uygulaması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **Kula, V. ve Erkan, M.**, 2001. Yatırım proje hazırlanmasında gerçekleştirdikleri finansal etüdler açısından KOBİ ve büyük işletmelerin karşılaştırılması, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **1**, 143-158.
- [3] **Tolga, E. ve Kahraman, C.**, 1994. Mühendislik Ekonomisi, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [4] **Doğruer, İ.M.**, 1989. Mühendislik Ekonomisine Giriş, Sakarya Mühendislik Fakültesi Matbaası, Sakarya.
- [5] **Kayalı, M.M.**, 2006. Real Options as a Tool for Making Strategic Investment Decisions, *Journal of American Academy of Business*, **8**, 281-286.
- [6] **Mun, J.**, 2002. Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- [7] **Demireli, E. ve Kurt, G.**, 2006. Yatırım kararlarının değerlemesinde alternatif bir yöntem: reel opsiyon, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **8**, 118-132.
- [8] **MacMillan, I.C., Van Putten, A.B., McGrath, R.G. and Thompson, J.D.**, 2006. Using real options discipline for highly uncertain technology investments, *Research Technology Management*, **49**, 29-37.
- [9] <http://bradley.bradley.edu/~arr/bsm/pg03.html>
- [10] **Seyidoğlu, H.**, 2001. Uluslararası Finans, Güzem Yayınları, İstanbul.
- [11] **Bodie, Z., Kane, A. and Marcus, A.J.**, 2005. Investments, McGraw-Hill Irwin, Boston, Mass.
- [12] **Ersan, İ.**, 1997. Finansal Türevler, Literatür Yayınları, İstanbul.
- [13] **Brach, M.A.**, 2003. Real Options in Practice, John Wiley and Sons, Hoboken, NJ.
- [14] **Myers, S.**, 1977. Determinant of Corporate Borrowing, *Journal of Financial Economics*, **5**, 147-175.
- [15] **Miller, K.D. and Waller, H.G.**, 2003. Scenarios, Real Options and Integrated Risk Management, *Long Range Planning*, **36**, 93-107.
- [16] **Li, X., Johnson, J.D.**, 2002. Evaluate IT Investment Opportunities Using Real Options Theory, *Information Resources Management Journal*, **15**, 32-47.

- [17] **Lassila, J.**, 2001. Real Options in Telecommunications Capacity Markets, *Master's Thesis*, Helsinki University of Technology, Helsinki.
- [18] **Huang, Caren Hsun-Hsien**, 2004. Application of real option analysis in decision making for the Taiwan TFT-LCD industry, http://www.jbs.cam.ac.uk/library/collections/mba_projects/2004/huang_caren.pdf
- [19] http://www.puc-rio.br/marco.ind/tutor_1.html#Uncertainty
- [20] **Ollila, J.**, 2000. Real Options in Pharmaceutical R&D, *Master's Thesis*, Helsinki University of Technology, Helsinki.
- [21] Real Options = Real Value, http://www.atkearney.com/shared_res/pdf/ROA_Paper.pdf
- [22] **Moran, H.**, 2002. Real Options for strategy development in the introduction of technology for business and process innovation: New applications for the Automatic Identification technology in the Healthcare Industry, MBA Dissertation Project, University of Cambridge Judge Institute of Management, Cambridge.
- [23] **Trigeorgis, L.**, 1996. Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation, MIT Press, Cambridge, Mass.
- [24] **De Reyck, B., Degraeve, Z. and Vandenborre, R.**, 2006. Project options valuation with net present value and decision tree analysis, *European Journal of Operational Research*, **184**, 1, 341-355.
- [25] **Chorn, L.G. and Shokhor, S.**, 2006. Real options for risk management in petroleum development investments, *Energy Economics*, **28**, 489-505.
- [26] **d'Halluin, Y., Forsyth, P.A. and Vetzal, K.R.**, 2007. Wireless network capacity management: A real options approach, *European Journal of Operational Research*, **176**, 584-609.
- [27] **Fleten, S.E., Maribu, K.M. and Wangensteen, I.**, 2007. Optimal investment strategies in decentralized renewable power generation under uncertainty, *Energy*, **32**, 803-815.
- [28] **Maklan, S., Knox, S. and Ryals, L.**, 2005. Using Real Options to Help Build the Business Case for CRM Investment, *Long Range Planning*, **38**, 393-410.
- [29] **Dulluri, N.R. and Raghavan, N.R.S.**, 2008,. Collaboration in tool development and capacity investments in high technology manufacturing networks, *European Journal of Operational Research*, **187**, 962-977.
- [30] **Triantis, A. and Borison, A.**, 2001. Real Options: State of the Practice, *Journal of Applied Corporate Finance*, **14**, 8-24.
- [31] **Fontes, D.B.M.M.**, 2007. Fixed versus flexible production systems: a real options analysis, *European Journal of Operational Research*, **188**, 169-184.
- [32] **Miller, L.T. and Park, C.S.**, 2002. Decision Making Under Uncertainty: Real Options to the Rescue?, *The Engineering Economist*, **47**, 105-150.

- [33] **Cox, J.C., Ross, S.A. and Rubinstein, M.,** 1979. Option Pricing: A Simplified Approach, *Journal of Financial Economics*, **7**, 229-263.
- [34] **Black, F. and Scholes, M.,** 1973. The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*, **81**, 3, 637-654.
- [35] **Merton, R.C.,** 1973. Theory of Rational Option Pricing, *Bell Journal of Economics and Management Science*, **4**, 141-183.
- [36] **Bjursten, O., Kottenauer, M. and Lundell, M.,** 1999. Valuing Investments Using Real Option Theory, *Bachelor Thesis*, Stockholm University School of Business, Stockholm.
- [37] **Hull, J.C.,** 1997. Options, Futures, and Other Derivatives, Prentice Hall International, Inc., Upper Saddle River, NJ.
- [38] **Kurt, M.,** 2003. Real Option approach to Project management investment valuation, *M.S. Thesis*, Bogazici University, İstanbul.
- [39] **Patil, M.,** 2004. Investments in RFID: A Real Options Approach, http://www.patni.com/resource-center/collateral/RFID/tp_RFID_Real-options-approach.pdf
- [40] **Ustundag, A. and Tanyas, M.,** 2006. Evaluating The Radio Frequency Identification (RFID) Investment: A Real Options Approach, 4th *International Logistics and Supply Chain Congress*, Izmir, Turkey, 29 November-1 December 2006, 55-59.
- [41] What is RFID?, <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1339/1/129/>
- [42] **Heinrich, C.,** 2005. RFID and Beyond : Growing your business through real world awareness, Wiley, Indianapolis.
- [43] **Malkoç, E.,** 2006. Depo yönetim sistemlerinde kullanılan otomatik tanıma ve veri toplama teknolojileri ile rfid etiketleme, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [44] **Wang, N., Zhang, N. ve Wang, M.,** 2006. Wireless sensors in agriculture and food industry-Recent development and future perspective, *Computers and Electronics in Agriculture*, **50**, 1-14.
- [45] **Wu, N.C., Nystom, M.A. ve Yu, H.C.,** 2006. Challenges to global RFID adoption, *Technovation*, **26**, 1317-1323.
- [46] **Roberts, C.M.,** 2006. Radio frequency identification (RFID), *Computers & Security*, **25**, 18-26.
- [47] **Shepard, S.,** 2005. RFID: Radio Frequency Identification, McGraw-Hill, New York.
- [48] The History of RFID Technology, <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1338/1/129/>
- [49] The True Cost of Radio Frequency Identification (RFID), <http://www.highjumpsoftware.com/promos/download.asp?item=25>
- [50] <http://www.epcglobaltr.org/rfid.php>
- [51] The Basics of RFID Technology, <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1337/1/129/>

- [52] **Shepard, S.**, 2004. RFID : The Promise of a Strategic Technology,
<http://www.shepardcomm.com/RFID-whitepaper-wp.pdf>
- [53] <http://www.eie-korea.com/productsfdxonlytrans.htm>
- [54] <http://en.wikipedia.org/wiki/Speedpass>
- [55] http://www.h-pt.com/products/pro_rfid_1f.html
- [56] http://www.securityworldmag.com/product/product_list.asp?part_code=020100048&page=1
- [57] http://www.barcode-uk.com/rfid-products-rfid-labels-tags-c-25_54.html
- [58] http://rfidusa.com/superstore/index.php?cPath=38_26
- [59] RFID System Components and Costs,
<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1336/1/129/>
- [60] A Summary of RFID Standarts,
<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1335/1/129/>
- [61] RFID Standartları, <http://kodveus.blogspot.com/2006/04/rfid-standartlar.html>
- [62] RFID Standards,
http://www.scansource.com/europe/upload/RFID_Standards.pdf
- [63] <http://www.epcglobaltr.org/rfidSss.php>
- [64] <http://www.epcglobalinc.org/standards>
- [65] <http://www.epcglobaltr.org/standartlar.php>
- [66] RFID Business Applications,
<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1334/1/129/>
- [67] RFID Consumer Applications and Benefits,
<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1332/1/129/>
- [68] <http://www.bireyselotobil.com/nasilc/nasilc.aspx>
- [69] **Thevissen, P.W, Poelman, G., De Cooman, M., Puers, R, Willems, G.**, 2006. Implantation of an RFID-tag into human molars to reduce hard forensic identification labor. Part I: Working principle, *Forensic Science International*, **159**, 33-39.
- [70] **Thevissen, P.W, Poelman, G., De Cooman, M., Puers, R, Willems, G.**, 2006. Implantation of an RFID-tag into human molars to reduce hard forensic identification labor. Part 2: Physical properties, *Forensic Science International*, **159**, 40-46.
- [71] **Meyer, H.J., Chansue, N., Monticelli, F.**, 2006. Implantation of radio frequency identification device (RFID) microchip in disaster victim identification (DVI), *Forensic Science International*, **157**, 168-171.
- [72] **Thornton, F., Haines, B., Das, A.M., Bhargava, H., Campbell, A., Kleinschmidt, J.**, 2006. RFID Security, Syngress Publishing Inc., USA.

- [73] **Oranlı, G.**, 2007. Radyo frekansıyla tanımlama teknolojisinin uygulanması kararının bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile değerlendirilmesi: Bankacılık sektöründe bir uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [74] <http://www.nh.gov/dot/bureaus/turnpikes/ezpass/>
- [75] <http://www.kgm.gov.tr/fr5.asp?tt=0301>
- [76] **Kohn, W., Brayman, V., Littleton, J.**, 2005. Repair-control of enterprise systems using RFID Sensory data, *IIE Transactions*, **37**, 281-290.
- [77] **Kumar, S., Budin, E.M.**, 2006. Prevention and management of product recalls in the processed food industry: a case study based on an exporter's perspective, *Technovation*, **26**, 739-750.
- [78] **Chow, H.K.H., Choy, K.L., Lee, W.B., Lau, K.C.**, 2006. Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations, *Expert Systems with Applications*, **30**, 561-576.
- [79] <http://www.future-store.org/>
- [80] **Little, J., Brown, A.**, 2006. Someone to watch over you, *Computer Law & Security Report*, **22**, 169-171.
- [81] **Flint, D.**, 2006. RFID tags, security and the individual, *Computer Law & Security Report*, **22**, 165-168.
- [82] **Stayton, R.**, 2005. RFID-Ripe For Informed Debate, *Computer Fraud & Security*, **12**, 12-14.
- [83] **Knight, William**, 2006. RFID-another technology, another security mess?, *Infosecurity Today*, **3**, 35-37.
- [84] <http://www.realoptionsvaluation.com/>
- [85] http://www.toptunniste.fi/topshop/product_catalog.php?c=15
- [86] <http://www.nexus.com.tr/Default.aspx?PageContentID=109&tabid=150>
- [87] <http://www.motorola.com/business/v/index.jsp?vnextoid=ea2b3acf35e95110VgnVCM1000008406b00aRCRD>
- [88] <http://www.nexus.com.tr/Default.aspx?tabid=53&ctl=Edit&mid=398&ItemId=12064>

EK A. BROWNIYAN HAREKET VE WIENER PROSESİ

Hisse senedi fiyatları sabit volatiliteye sahip Geometrik Brownian Hareket ile açıklanmaktadır. Standart Brownian Hareket stokastik prosesin en önemli kavramlarından birisidir ve modern opsiyon teorisinin temelini oluşturmaktadır.

Değeri zamana bağlı olarak belirsiz bir şekilde değişen herhangi bir değişkenin, stokastik prosesi takip ettiği bildirilmektedir. Stokastik proses kesikli zaman veya sürekli zaman olarak iki sınıfa ayrılabilir. Kesikli zaman stokastik prosesinde, değişkenin değeri zaman içinde sadece belli noktalarda değişebilir. Sürekli zaman stokastik prosesinde ise değişkenin değeri herhangi bir zamanda değişebilir. Stokastik prosesler ayrıca sürekli değişken veya kesikli değişken olarak da sınıflandırılabilir. Sürekli değişken prosesinde, nakit akışının bağlı olduğu değişken belirli bir değer aralığı içindeki herhangi bir değeri alabilirken, kesikli değişken proseslerinde ise sadece tanımlanmış kesikli değerleri alabilir.

Wiener Prosesi, (Brownian Hareket olarak da adlandırılır) opsiyon değerlendirme işleminde kullanılan stokastik prosesinin temelini oluşturmaktadır. İlk olarak İskoç bilim adamı Robert Brown, 1827’de toz partiküllerinin rassal hareket ederken birbirleriyle çarpışmalarını izlemiştir. Bunu takiben 1905 yılında Albert Einstein Brownian hareket’in nosyonunu geliştirmiştir. İki büyük partikülün birbirlerinden, kendilerini çevreleyen küçük moleküllerin rassal çarpışlarıyla, ayrılmasını konu alan çalışması ile stokastik prosesin teorisini ortaya koyan bir zemin oluşturmuştur. Markov, Wiener ve Ito konuya katkıda bulunan diğer kişilerdir. Brownian hareket ilk olarak 1960’larda hisse senedi fiyatlarının modellenmesinde kullanılmaya başlanmıştır.

Wiener Prosesi, zamana bağlı bir şekilde sürekli ve stokastik olarak değişkenlik gösteren değişkenlerin modellenmesinde kullanılabilir. Wiener prosesi bir sürekli zaman stokastik prosesidir ve üç önemli özelliği vardır:

1. Markov prosesini takip eder.
2. Artışlar birbirinden bağımsız gerçekleşir.
3. Değişimler normal dağılıma uygundur.

Markov prosesi, bir değişkenin gelecekteki değerini en iyi şekilde tahmin etmek için ihtiyaç duyulacak tek şeyin değişkenin şimdiki değeri olduğunu belirtir. Aksi takdirde değişken kendi geçmişinden bağımsız olacaktır. Daha derinlemesine bir şekilde açıklamak gerekirse, Markov prosesini takip eden bir değişkenin (x_{t+1}) olasılık dağılımı sadece değişkenin bugünkü değerine (x_t) bağlıdır. Ve t zaman önce değişkenin değerinin ne olduğunun bilinmesi gerekmemektedir. “Bağımsız artışlar” değişkendeki değişimin olasılık dağılımının üst üste bilinmeyen (non-overlapping) zaman aralıkları içinde bağımsız olması anlamına gelmektedir. Üçüncü özellik de sonlu bir zaman aralığında değişkendeki değişikliklerin normal dağılıma uyduğunu ve varyansının zaman aralığının büyüklüğüne bağlı olarak doğrusal bir şekilde arttığını belirtmektedir.

z değişkeni için Wiener prosesi, dt zaman aralığı için dz değişkenindeki değişim olarak tanımlanabilir.

$$dz = \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad (\text{A.1})$$

Burada ε_t normal dağılıma sahip ortalaması 0 ve standart sapması 1 olan rassal bir değişkendir. ε_t rassal değişkeninin aldığı değerler arasında bir korelasyon yoktur. Diğer bir deyişle ε_t 'nin alabileceği iki rassal değerın çarpımlarının beklenen değerleri sıfıra eşittir.

$$E[\varepsilon_t \varepsilon_s] = 0 \quad t \neq s \text{ için} \quad (\text{A.2})$$

Bu şekilde, herhangi iki farklı zaman aralığı için dz 'nin değerleri birbirlerinden bağımsızdır, bu da matematiksel olarak Wiener prosesini tanımlar.

Wiener prosesi en basit şekilde Sürüklenmeli (with drift) Browniyan Hareket olarak genelleştirilebilir ve x değişkeni için dz 'ye göre aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$dx = adt + bdz \quad (\text{A.3})$$

Burada a ve b sabittir ve dz Wiener prosesidir. adt terimi, x 'in birim zamandaki beklenen sürüklenme oranını ifade etmektedir. Bu, bdz terimi olmadan, T zaman diliminde x 'in aT oranıyla artacağı anlamına gelmektedir. bdz terimi x 'in takip ettiği güzergâha değişkenlik veya noise getirmektedir.

Küçük bir zaman diliminde, Δt ; x 'in değerindeki değişiklik Δx olur.

$$\Delta x = a\Delta t + b\varepsilon\sqrt{\Delta t} \quad (\text{A.4})$$

ε standart normal dağılımdan elde edilen rassal bir sayıdır. Dolayısıyla, Δx aşağıdaki özellikleriyle normal dağılıma uymaktadır.

Ortalama $\Delta x = a\Delta t$

Standart sapma $\Delta x = b\sqrt{\Delta t}$

Varyans $\Delta x = b^2\Delta t$

Wiener prosesinde değişimin varyansı zamanla doğru orantılı olarak büyür. Standart sapma varyansın karekökü olduğu için; standart sapma zamanın kareköküyle orantılı olarak büyür.

Genelde varlık fiyatlarının Ito prosesinin bir tipi olan Geometrik Browniyan Hareketi izlediği varsayılır. Geometrik Browniyan Hareketi de, değişkenin logaritması genelleştirilmiş Wiener prosesini takip etmektedir.

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz \quad (\text{A.5})$$

veya

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (\text{A.6})$$

Denklem A.6, hisse senedi fiyat davranışını modellemek için kullanılan en yaygın modeldir. Burada hisse senedinin fiyatı; S , μ , hisse senedinden beklenen getiri ve σ , hisse senedi fiyatının volatilitesi. Bir hisse senedi fiyatının volatilitesi, sürekli bileşik getiri kullanılarak hesaplandığı takdirde, hisse senedinden bir yılda elde edilen getirinin standart sapması olarak tanımlanabilir. Volatilite ayrıca hisse senedi fiyatının bir yıl sonunda doğal logaritmasının standart sapmasıdır. İki tanımlama da birbirine denktir.

EK B. ITO SAVI

$dx =adt + b dz$ 'nin başka bir genellemesi, a ve b 'nin hem x hem de zamana bağlı olmasına izin verilmesidir. Bu, Ito prosesi olarak bilinen stokastik diferansiyel denklemin temelini oluşturur. x değişken değerinin bir Ito prosesini izlediğini varsayalım:

$$dx = a(x,t)dt + b(x,t)dz \quad (\text{B.1})$$

Burada, hem beklenen sürüklenme oranı $a(x,t)$ hem de varyans oranı $b(x,t)$ zaman içinde x 'in seviyesine bağlı olarak farklı değerler alabilir. dz ise bir Wiener prosesidir.

Eğer hisse senedinin fiyatı S bir Ito prosesini takip ediyorsa, herhangi bir stokastik diferansiyel denklem fonksiyonu $f(S,t)$ 'i elde etmek üzere Ito savı kullanılabilir.

Şimdi de stokastik prosesi genelleştirelim. Hisse senedi fiyatı S bir Ito prosesini takip etsin.

$$dS = a(S,t)dt + b(S,t)dz \quad (\text{B.2})$$

Burada a ve b , S ve t 'nin fonksiyonları olabilir. Stokastik değişken S 'in bir fonksiyonu olan $f(S,t)$ fiyatlı türev araç olsun. Bu durumda Ito savı aşağıdaki denklemin oluşumuna izin verir:

$$df = \left[\frac{\partial f}{\partial t} + a \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} b^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \right] dt + \left\{ \frac{\partial f}{\partial S} b \right\} dz \quad (\text{B.3})$$

Ito savı son derece kullanışlıdır ve en önemli özelliği hem $S(t)$ denkleminin hem de $f(S,t)$ denkleminin aynı dz belirsizliğine bağlı olduğuudur.

Bu nedenle eğer S hisse senedi fiyatıysa ve $f(S,t)$ bir hisse senedi opsiyonunun fiyatıysa, her ikisi de aynı dz belirsizliğinden etkilendiği için bünyesinde hiçbir belirsizlik barındırmayan bir portföy oluşturmak mümkündür. Dolayısıyla, bu tip bir portföyün risksiz faiz oranında bir getiri sağlaması gerekir. Bu sav, Black-Scholes yaklaşımının oluşturulmasında çok önemli bir rol oynamıştır.

Ito savı 1951 yılında K. Ito adlı bir matematikçi tarafından geliştirilmiştir.

EK C. RFID SİSTEMİNİN 2 NOLU FABRİKAYA KURULMASI GENİŞLEME OPSİYONUNUN DEĞERİNİN BİNOM AĞAÇLAR MODELİ İLE HESAPLANMASINDA KULLANILAN REAL OPTIONS SLS YAZILIMININ SONUÇ EKRANLARI

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type: ☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs:

PV Underlying Asset (\$) 50247.79 Risk-Free Rate (%) 15

Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30

Lattice Steps 5 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	17648.21	3426.41
Closed-Form American	17648.21	7723.31
Binomial European	17648.27	3426.47
Binomial American	17648.27	7745.89

Result

European Option: 17420,7401

Create Audit Sheet ☒ Run

Şekil C.1: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type: ☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs:

PV Underlying Asset (\$) 50247.79 Risk-Free Rate (%) 15

Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30

Lattice Steps 10 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	17648.21	3426.41
Closed-Form American	17648.21	7723.31
Binomial European	17648.27	3426.47
Binomial American	17648.27	7745.89

Result

European Option: 17641,4754

Create Audit Sheet ☒ Run

Şekil C.2: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type

☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs

PV Underlying Asset (\$) 50247,79 Risk-Free Rate (%) 15

Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30

Lattice Steps 50 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{OptionOpen})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: OptionOpen

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	17648,21	3426,41
Closed-Form American	17648,21	7723,31
Binomial European	17648,27	3426,47
Binomial American	17648,27	7745,89

Result

European Option: 17624,5148

☒ Create Audit Sheet

Şekil C.3: 50 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type

☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs

PV Underlying Asset (\$) 50247,79 Risk-Free Rate (%) 15

Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30

Lattice Steps 100 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{OptionOpen})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: OptionOpen

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	17648,21	3426,41
Closed-Form American	17648,21	7723,31
Binomial European	17648,27	3426,47
Binomial American	17648,27	7745,89

Result

European Option: 17630,8877

☒ Create Audit Sheet

Şekil C.4: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type
☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs
 PV Underlying Asset (\$) 50247,79 Risk-Free Rate (%) 15
 Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0
 Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30
 Lattice Steps 500 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)
 Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations
 Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$
 Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)
 Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	17648,21	3426,41
Closed-Form American	17648,21	7723,31
Binomial European	17648,27	3426,47
Binomial American	17648,27	7745,89

Result
 European Option: 17648,4614

☒ Create Audit Sheet

Şekil C.5: 500 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type
☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs
 PV Underlying Asset (\$) 50247,79 Risk-Free Rate (%) 15
 Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0
 Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30
 Lattice Steps 1000 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)
 Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations
 Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$
 Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)
 Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	17648,21	3426,41
Closed-Form American	17648,21	7723,31
Binomial European	17648,27	3426,47
Binomial American	17648,27	7745,89

Result
 European Option: 17648,2734

☒ Create Audit Sheet

Şekil C.6: 1000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type
☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs
PV Underlying Asset (\$) 50247,79 Risk-Free Rate (%) 15
Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0
Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30
Lattice Steps 5000 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)
Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)
Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations
Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)
Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$
Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)
Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	17648,21	3426,41
Closed-Form American	17648,21	7723,31
Binomial European	17648,27	3426,47
Binomial American	17648,27	7745,89

Result
European Option: 17647,5948

☒ Create Audit Sheet

Şekil C.7: 5000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type
☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs
PV Underlying Asset (\$) 50247,79 Risk-Free Rate (%) 15
Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0
Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30
Lattice Steps 10000 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)
Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)
Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations
Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)
Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$
Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)
Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	17648,21	3426,41
Closed-Form American	17648,21	7723,31
Binomial European	17648,27	3426,47
Binomial American	17648,27	7745,89

Result
European Option: 17648,1562

☒ Create Audit Sheet

Şekil C.8: 10000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

**EK D. RFID SİSTEMİNİN 2 NOLU FABRİKAYA KURULMASI
GENİŞLEME OPSİYONUNUN DEĞERİNİN BİNOM AĞAÇLAR MODELİ
İLE HESAPLANMASINDA KULLANILAN REAL OPTIONS SLS YAZILIMI
İLE ULAŞILAN HESAP DENETLEME ÇALIŞMA SAYFASI**

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$50.247,79
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	5
Option Type	European

Terminal Equation
Intermediate Equation
Intermediate Equation (Blackouts)

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,6000
Up Step Size (up)	1,2616
Down Step Size (down)	0,7926
Risk-neutral Probability	0,6430

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	17641,48
Super Lattice Results	17420,74

Underlying Asset Lattice

				160591,13
			127291,86	
		100897,34		100897,34
	79975,84		79975,84	
63392,50		63392,50		63392,50
50247,79	50247,79		50247,79	
	39828,69	39828,69		39828,69
		31570,04	31570,04	
			25023,85	25023,85
			19835,05	
				15722,17

Option Valuation Lattice

				104091,13
			75654,75	
		53704,57		44397,34
	37424,02		28338,73	
25691,84		17974,63		6892,50
17420,74	11339,28		4050,33	
	7119,82	2380,15		0,00
		1398,68	0,00	
			0,00	0,00
			0,00	
				0,00

Şekil D.1: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme  alışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$50.247,79
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	10
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,3000
Up Step Size (up)	1,1786
Down Step Size (down)	0,8485
Risk-neutral Probability	0,5984

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	17641,48
Super Lattice Results	17641,48

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil D.2: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$50.247,79
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	50
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0600
Up Step Size (up)	1,0763
Down Step Size (down)	0,9292
Risk-neutral Probability	0,5431

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	17641,48
Super Lattice Results	17624,51

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil D.3: 50 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$50.247,79
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	100
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0300
Up Step Size (up)	1,0533
Down Step Size (down)	0,9494
Risk-neutral Probability	0,5304

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	17641,48
Super Lattice Results	17630,89

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil D.4: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$50.247,79
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	500
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0060
Up Step Size (up)	1,0235
Down Step Size (down)	0,9770
Risk-neutral Probability	0,5136

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	17641,48
Super Lattice Results	17648,46

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil D.5: 500 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$50.247,79
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	1000
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0030
Up Step Size (up)	1,0166
Down Step Size (down)	0,9837
Risk-neutral Probability	0,5096

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	17641,48
Super Lattice Results	17648,27

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

									59221,42
								58256,27	
							57306,84		57306,84
						56372,89		56372,89	
					55454,15		55454,15		55454,15
				54550,39		54550,39		54550,39	
			53661,36		53661,36		53661,36		53661,36
		52786,82		52786,82		52786,82		52786,82	
	51926,53		51926,53		51926,53		51926,53		51926,53
	51080,27		51080,27		51080,27		51080,27		51080,27
50247,79		50247,79		50247,79		50247,79		50247,79	
	49428,88		49428,88		49428,88		49428,88		49428,88
		48623,32		48623,32		48623,32		48623,32	
			47830,88		47830,88		47830,88		47830,88
				47051,36		47051,36		47051,36	
					46284,55		46284,55		46284,55
						45530,23		45530,23	
							44788,21		44788,21
								44058,27	44058,27
									43340,24
									42633,90

Option Valuation Lattice

									25168,74
								24330,69	
							23512,32		23482,20
						22713,44		22683,54	
					21933,81		21904,16		21874,48
				21173,23		21143,83		21114,41	
			20431,47		20402,34		20373,18		20343,99
		19708,31		19679,46		19650,57		19621,66	
	19003,55		18974,97		18946,38		18917,75		18889,10
	18316,94		18288,66		18260,36		18232,03		18203,68
17648,27		17620,30		17592,30		17564,28		17536,23	17508,16
	16969,66		16941,98		16914,27		16886,54		16858,79
		16309,15		16281,77		16254,37		16226,94	16199,49
			15666,55		15639,48		15612,39		15585,28
				15041,65		15014,91		14988,15	14961,36
					14434,26		14407,85		14381,42
						13844,15		13818,08	13792,00
							13271,11		13245,40
								12714,93	12689,59
									12175,38
									11652,24

Şekil D.6:1000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$50.247,79
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	5000
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0006
Up Step Size (up)	1,0074
Down Step Size (down)	0,9927
Risk-neutral Probability	0,5043

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	17641,48
Super Lattice Results	17647,59

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil D.7:5000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$50.247,79
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	10000
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0003
Up Step Size (up)	1,0052
Down Step Size (down)	0,9948
Risk-neutral Probability	0,5030

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	17641,48
Super Lattice Results	17648,16

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

										52927,77
									52653,46	
								52380,57		52380,57
							52109,10		52109,10	
						51839,04		51839,04		51839,04
					51570,37		51570,37		51570,37	
				51303,10		51303,10		51303,10		51303,10
			51037,21		51037,21		51037,21		51037,21	
		50772,70		50772,70		50772,70		50772,70		50772,70
	50509,56		50509,56		50509,56		50509,56		50509,56	
50247,79		50247,79		50247,79		50247,79		50247,79		50247,79
	49987,37		49987,37		49987,37		49987,37		49987,37	
		49728,30		49728,30		49728,30		49728,30		49728,30
			49470,58		49470,58		49470,58		49470,58	
				49214,19		49214,19		49214,19		49214,19
					48959,13		48959,13		48959,13	
						48705,39		48705,39		48705,39
							48452,96		48452,96	
								48201,85		48201,85
									47952,03	
										47703,51

Option Valuation Lattice

										19855,41
									19626,43	
								19399,30		19396,43
							19174,01		19171,15	
						18950,57		18947,72		18944,86
					18728,96		18726,11		18723,27	
				18509,17		18506,34		18503,50		18500,67
			18291,20		18288,38		18285,56		18282,73	
		18075,05		18072,24		18069,42		18066,60		18063,79
	17860,70		17857,90		17855,09		17852,29		17849,48	
17648,16		17645,36		17642,56		17639,77		17636,97		17634,17
	17434,61		17431,83		17429,04		17426,25		17423,46	
		17222,87		17220,10		17217,32		17214,54		17211,76
			17012,93		17010,17		17007,40		17004,63	
				16804,78		16802,03		16799,27		16796,51
					16598,42		16595,67		16592,92	
						16393,83		16391,09		16388,35
							16191,02		16188,29	
								15989,97		15987,25
									15790,67	
										15593,13

Şekil D.8: 10000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

EK E. RFID SİSTEMİNİN 4 NOLU FABRİKAYA KURULMASI GENİŞLEME OPSİYONUNUN DEĞERİNİN BİNOM AĞAÇLAR MODELİ İLE HESAPLANMASINDA KULLANILAN REAL OPTIONS SLS YAZILIMININ SONUÇ EKRANLARI

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type
☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs
 PV Underlying Asset (\$) 30543.9 Risk-Free Rate (%) 15
 Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0
 Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30
 Lattice Steps 5 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)
 Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations
 Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$
 Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)
 Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	4414.85	9896.94
Closed-Form American	4414.85	25956.10
Binomial European	4412.81	9894.90
Binomial American	4412.81	25956.10

Result
 European Option: 3821,4177

Create Audit Sheet Run

Şekil E.1: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type
☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs
 PV Underlying Asset (\$) 30543.9 Risk-Free Rate (%) 15
 Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0
 Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30
 Lattice Steps 10 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)
 Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations
 Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$
 Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)
 Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	4414.85	9896.94
Closed-Form American	4414.85	25956.10
Binomial European	4412.81	9894.90
Binomial American	4412.81	25956.10

Result
 European Option: 4085,5267

Create Audit Sheet Run

Şekil E.2: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type
☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs
 PV Underlying Asset (\$) 30543,9 Risk-Free Rate (%) 15
 Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0
 Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30
 Lattice Steps 50 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)
 Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations
 Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$
 Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)
 Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	4414,85	9896,94
Closed-Form American	4414,85	25956,10
Binomial European	4412,81	9894,90
Binomial American	4412,81	25956,10

Result
 European Option: 4359,4877

☒ Create Audit Sheet

Şekil E.3: 50 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type
☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs
 PV Underlying Asset (\$) 30543,9 Risk-Free Rate (%) 15
 Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0
 Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30
 Lattice Steps 100 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)
 Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations
 Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)
 Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$
 Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)
 Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	4414,85	9896,94
Closed-Form American	4414,85	25956,10
Binomial European	4412,81	9894,90
Binomial American	4412,81	25956,10

Result
 European Option: 4378,1129

☒ Create Audit Sheet

Şekil E.4: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type

☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs

PV Underlying Asset (\$) 30543.9 Risk-Free Rate (%) 15

Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30

Lattice Steps 500 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{OptionOpen})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: OptionOpen

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	4414.85	9896.94
Closed-Form American	4414.85	25956.10
Binomial European	4412.81	9894.90
Binomial American	4412.81	25956.10

Result

European Option: 4410,1202

☒ Create Audit Sheet

Şekil E.5: 500 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type

☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs

PV Underlying Asset (\$) 30543.9 Risk-Free Rate (%) 15

Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30

Lattice Steps 1000 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{OptionOpen})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: OptionOpen

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark

	Call	Put
Black-Scholes	4414.85	9896.94
Closed-Form American	4414.85	25956.10
Binomial European	4412.81	9894.90
Binomial American	4412.81	25956.10

Result

European Option: 4412,8055

☒ Create Audit Sheet

Şekil E.6: 1000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type: ☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs:

PV Underlying Asset (\$) 30543,9 Risk-Free Rate (%) 15

Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30

Lattice Steps 5000 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark:

	Call	Put
Black-Scholes	4414,85	9896,94
Closed-Form American	4414,85	25956,10
Binomial European	4412,81	9894,90
Binomial American	4412,81	25956,10

Result

European Option: 4414,2459

☒ Create Audit Sheet

Run

Şekil E.7: 5000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

Single Asset Super Lattice Solver

File Help

Comment

Option Type: ☐ American ☒ European ☐ Bermudan ☐ Custom

Basic Inputs:

PV Underlying Asset (\$) 30543,9 Risk-Free Rate (%) 15

Implementation Cost (\$) 56500 Dividend Rate (%) 0

Maturity (Years) 3 Volatility (%) 30

Lattice Steps 10000 * All inputs are annualized rates

Blackout Steps and Vesting Period (For Custom & Bermudan Option)

Example: 1, 2, 10-20, 35

Terminal Node Equation (Options at Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Custom Equations

Intermediate Node Equation (Options Before Expiration)

Example: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{Option Open})$

Intermediate Node Equation (During Blackout and Vesting Period)

Example: Option Open

Custom Variables

Variable Name	Value	Starting Step
*		

Benchmark:

	Call	Put
Black-Scholes	4414,85	9896,94
Closed-Form American	4414,85	25956,10
Binomial European	4412,81	9894,90
Binomial American	4412,81	25956,10

Result

European Option: 4414,5768

☒ Create Audit Sheet

Run

Şekil E.8: 10000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeline Göre Ulaşılan Sonuç Ekranı

**EK F. RFID SİSTEMİNİN 4 NOLU FABRİKAYA KURULMASI
GENİŞLEME OPSİYONUNUN DEĞERİNİN BİNOM AĞAÇLAR MODELİ
İLE HESAPLANMASINDA KULLANILAN REAL OPTIONS SLS YAZILIMI
İLE ULAŞILAN HESAP DENETLEME ÇALIŞMA SAYFASI**

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$30.543,90
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	5
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,6000
Up Step Size (up)	1,2616
Down Step Size (down)	0,7926
Risk-neutral Probability	0,6430

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	4085,53
Super Lattice Results	3821,42

Terminal Equation
Intermediate Equation
Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

				97617,81
			77376,34	
		61332,02		61332,02
	48614,56		48614,56	
38534,12		38534,12		38534,12
30543,90	30543,90		30543,90	
	24210,49		24210,49	
		19190,34		19190,34
			15211,14	15211,14
				12057,04
				9556,96

Option Valuation Lattice

				41117,81
			25739,22	
		16051,97		4832,02
	9977,28		2839,50	
6183,02		1668,61		0,00
3821,42	980,55		0,00	
	576,21	0,00		0,00
		0,00	0,00	
			0,00	0,00
			0,00	
				0,00

Şekil F.1: 5 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$30.543,90
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	10
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,3000
Up Step Size (up)	1,1786
Down Step Size (down)	0,8485
Risk-neutral Probability	0,5984

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	4085,53
Super Lattice Results	4085,53

Terminal Equation
Intermediate Equation
Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil F.2: 10 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$30.543,90
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	50
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0600
Up Step Size (up)	1,0763
Down Step Size (down)	0,9292
Risk-neutral Probability	0,5431

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	4085,53
Super Lattice Results	4359,49

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

Underlying Asset Lattice										63689,00
									59176,66	
								54984,02		54984,02
							51088,42		51088,42	
						47468,82		47468,82		47468,82
					44105,67		44105,67		44105,67	
				40980,80		40980,80		40980,80		40980,80
			38077,33		38077,33		38077,33		38077,33	
		35379,56		35379,56		35379,56		35379,56		35379,56
	32872,94		32872,94		32872,94		32872,94		32872,94	
30543,90		30543,90		30543,90		30543,90		30543,90		30543,90
	28379,88		28379,88		28379,88		28379,88		28379,88	
		26369,17		26369,17		26369,17		26369,17		26369,17
			24500,93		24500,93		24500,93		24500,93	
				22765,04		22765,04		22765,04		22765,04
					21152,15		21152,15		21152,15	
						19653,53		19653,53		19653,53
							18261,08		18261,08	
								16967,29		16967,29
									15765,17	
										14648,21

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil F.3: 50 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$30.543,90
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	100
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0300
Up Step Size (up)	1,0533
Down Step Size (down)	0,9494
Risk-neutral Probability	0,5304

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	4085,53
Super Lattice Results	4378,11

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil F.4: 100 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$30.543,90
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	500
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0060
Up Step Size (up)	1,0235
Down Step Size ($down$)	0,9770
Risk-neutral Probability	0,5136

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	4085,53
Super Lattice Results	4410,12

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil F.5: 500 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$30.543,90
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	1000
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0030
Up Step Size (up)	1,0166
Down Step Size ($down$)	0,9837
Risk-neutral Probability	0,5096

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	4085,53
Super Lattice Results	4412,81

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

Underlying Asset Lattice										35998,66
									35411,98	35998,66
								34834,85		34834,85
							34267,13		34267,13	
						33708,67		33708,67		33708,67
					33159,31		33159,31		33159,31	
				32618,89		32618,89		32618,89		32618,89
			32087,29		32087,29		32087,29		32087,29	
		31564,35		31564,35		31564,35		31564,35		31564,35
	31049,93		31049,93		31049,93		31049,93		31049,93	
30543,90		30543,90		30543,90		30543,90		30543,90		30543,90
	30046,11		30046,11		30046,11		30046,11		30046,11	
		29556,44		29556,44		29556,44		29556,44		29556,44
			29074,75		29074,75		29074,75		29074,75	
				28600,90		28600,90		28600,90		28600,90
					28134,78		28134,78		28134,78	
						27676,26		27676,26		27676,26
							27225,21		27225,21	
								26781,51		26781,51
									26345,04	
										25915,68

Option Valuation Lattice

[illegible]

Şekil F.6:1000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$30.543,90
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	5000
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0006
Up Step Size (up)	1,0074
Down Step Size (down)	0,9927
Risk-neutral Probability	0,5043

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	4085,53
Super Lattice Results	4414,25

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

[illegible]

Option Valuation Lattice

Option Valuation Lattice										5573,96
									5448,22	
								5324,72		5321,30
							5203,44		5200,06	
						5084,34		5081,00		5077,66
					4967,40		4964,10		4960,80	
				4852,60		4849,34		4846,08		4842,83
			4739,91		4736,69		4733,48		4730,26	
		4629,30		4626,13		4622,95		4619,78		4616,61
	4520,76		4517,62		4514,49		4511,36		4508,23	
4414,25		4411,15		4408,06		4404,97		4401,88		4398,79
	4306,70		4303,65		4300,60		4297,55		4294,50	
		4201,21		4198,20		4195,19		4192,19		4189,18
			4097,77		4094,80		4091,83		4088,87	
				3996,34		3993,42		3990,49		3987,56
					3896,91		3894,02		3891,14	
						3799,43		3796,59		3793,75
							3703,90		3701,10	
								3610,28		3607,52
									3518,55	
										3428,69

Şekil F.7:5000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$30.543,90
Implementation Cost (\$)	\$56.500,00
Maturity (Years)	3,00
Risk-free Rate (%)	15,00%
Dividends (%)	0,00%
Volatility (%)	30,00%
Lattice Steps	10000
Option Type	European

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0,0003
Up Step Size (up)	1,0052
Down Step Size (down)	0,9948
Risk-neutral Probability	0,5030

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	4085,53
Super Lattice Results	4414,58

Terminal Equation

Intermediate Equation

Intermediate Equation (Blackouts)

Underlying Asset Lattice

Underlying Asset Lattice										32172,97
									32006,22	31840,35
								31840,35	31675,33	31511,16
							31675,33	31511,16	31347,85	31185,39
						31511,16	31347,85	31185,39	31023,76	30862,98
					31347,85	31185,39	31023,76	30862,98	30703,02	30543,90
				31185,39	31023,76	30862,98	30703,02	30543,90	30385,60	30228,12
			31023,76	30862,98	30703,02	30543,90	30385,60	30228,12	30071,46	29915,61
		30862,98	30703,02	30543,90	30385,60	30228,12	30071,46	29915,61	29760,57	29606,33
	30703,02	30543,90	30385,60	30228,12	30071,46	29915,61	29760,57	29606,33	29452,89	29300,24
30543,90	30385,60	30228,12	30071,46	29915,61	29760,57	29606,33	29452,89	29300,24	29148,39	28997,32

Option Valuation Lattice

Option Valuation Lattice										5215,82
									5130,89	5045,39
								5047,05	4962,65	4879,35
							4964,30	4880,98	4798,76	4717,63
						4882,62	4800,38	4719,23	4639,16	4560,15
					4802,00		4640,75	4561,73	4483,76	4406,85
				4722,44	4642,34		4485,32		4408,39	4332,50
			4643,93	4564,88	4563,30		4429,94	4350,89	4275,84	4200,79
		4566,45		4488,44	4486,88	4485,32		4408,39	4332,50	4257,65
	4490,00		4413,03	4411,49	4409,94	4408,39	4406,85	4332,50	4257,65	4182,70
										4112,47
									4045,06	3971,26
								3974,18	3902,84	3833,93
							3904,28	3835,36	3767,41	3700,42

artifacts

Şekil F.8: 10000 Adımlı Binom Ağaçlar Modeli İle Hesap Denetleme Çalışma Sayfası

ÖZGEÇMİŞ

Ertuğ Güney, 1 Mart 1981’de Kırklareli’de doğdu. 1999-2003 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimini tamamladı. 2001-2004 yılları arasında Çift Anadal Programını tamamlayarak İstanbul Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2006-2007 yılları arasında Öztaş Çorap San. Ve Tic. A.Ş.’de Üretim Planlama Sorumlusu olarak çalıştı.