

107345

OPSİYON İŞLEMLERİ, DÖVİZ OPSİYONLARI VE TRL/DÖVİZ

OPSİYONLARI FİYATLAMA VE RİSK YÖNETİMİNDE

UYGULAMAYA YÖNELİK MODEL ÖNERİSİ

107345

DOKTORA TEZİ
Mustafa DOĞAN
(DRİŞ9409)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30 Haziran 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Nisan 2001

Tez Danışmanı:

Prof.Dr. Mehmet BOLAK (G.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Cudi Tuncer GÜRSOY (İ.T.Ü)

Prof.Dr. Atilla GÖNENLİ

Doç.Dr. Suat TEKER (İ.T.Ü)

Doç.Dr. Burç ÜLENGİN (İ.T.Ü)

İ.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Nisan 2001

İ.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın ortaya çıkmasındaki değerli katkılarından dolayı, başta sevgili eşim Sevgi Alakent, tez danışmanım Prof. Dr. Mehmet Bolak, değerli hocalarım Prof. Dr. Cudi Tuncer Gürsoy ve Prof. Dr. Atilla Gönenli olmak üzere, İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü'nün tüm değerli akademisyenlerine ve çalışma arkadaşım Murat Erden'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Nisan 2001

Mustafa DOĞAN



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ VE ÇALIŞMA KONUSU: OPSİYON İŞLEMLERİ	1
1.1. Opsiyon İşlemleri ve Terminolojinin Tanımlanması	2
1.2. Opsiyon Borsaları	5
1.3. Opsiyon İşlemlerinin Vade Sonu Getirileri	6
1.4. Opsiyon Fiyatlarının Alt ve Üst Limitleri	7
2. OPSİYON FİYATLAMA MODELLERİ	15
2.1. Eşit Olasılık Dağılımı ve Risk Nötritesi Durumunda Fiyatlama	15
2.1.1. Finansal Varlık Fiyatının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi	21
2.1.2. Finansal Varlık Vade Sonu Fiyat Aralığının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi	24
2.2. Tek Zamanlı Binomial Model	28
2.2.1. Tek Zamanlı Binomial Modelde Call Opsiyonunun Fiyatlandırılması ve Arbitraj Örneği	34
2.2.1.1. Call Opsiyonunun Düşük Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj	37
2.2.1.2. Call Opsiyonunun Yüksek Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj	38
2.2.2. Tek Zamanlı Binomial Modelde Put Opsiyonunun Fiyatlandırılması ve Arbitraj Örneği	39
2.2.2.1. Put Opsiyonunun Düşük Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj	43
2.2.2.2. Put Opsiyonunun Yüksek Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj	44
2.3. Çok Zamanlı Binomial Model	46
2.4. Sentetik Olasılıklar Tekniğinin Binomial Modele Uygulanışı	54
2.5. Binomial Sentetik Olasılıklar Modeliyle, Black/Scholes Formülüne Ulaşılması ve Cox, Ross, Rubinstein Modeli	61
2.6. Black/Scholes Modeli	75
2.6.1. Stokastik ve Deterministik Ortamlarda Türev	79
2.6.2. Stokastik ve Deterministik Ortamlarda İntegral	81
2.6.3. Ito'nun Lemma Tekniği	84
2.6.4. Ito'nun Lemma Tekniğinin Forward Kontratları Uygulanışı	93
2.6.5. Black/Scholes Formülünün Oluşturulması	94
2.6.6. Black/Scholes Modelinin Forward Kontratları Uygulanışı	101

2.7. Risk Nötral Değerleme Yöntemiyle Black/Scholes Modeline Ulaşılması	102
2.7.1. Risk Nötral Modelin Forward Kontratlarına Uygulanışı	104
2.7.2. Risk Nötral Modelin Opsiyon (Avrupa Tipi Call) Kontratlarına Uygulanışı	105
2.8. Getirili Aktifler Üzerine Yazılan Opsiyonlar ve Döviz Opsiyonları: Garman Kohlhagen Modeli	118
2.9. Put-Call Paritesi	122
2.10. Opsiyon Fiyatlama Modelleri Üzerine Ampirik Testler	127
3. OPSİYON POZİSYONLARINDA RİSK YÖNETİMİ	131
3.1. Delta ve Delta Hedging Tekniği	136
3.2. Gama ve Gama Hedging Tekniği	144
3.3. Theta	152
3.4. Delta, Gama ve Theta Arasındaki İlişki	156
3.5. Vega	157
3.6. Rho	163
4. TÜRKİYE FİNANSAL PİYASALARINDA TÜREV ENSTRÜMANLAR	167
5. TRL/DÖVİZ OPSİYONLARININ FİYATLAMA VE RİSK YÖNETİMİNDE UYGULAMAYA YÖNELİK MODEL ÖNERİSİ	177
5.1. Amaç ve Plan	177
5.2. Ampirik Çalışma Girdileri, Yöntem ve Uygulama	180
5.2.1. Çalışma Girdileri	180
5.2.2. Yöntem: Delta Hedging Prosesi	182
5.2.3. Uygulama Sonuçları: Risksiz Portföy Performansları	184
5.2.3.1. Spot Volatilitelerin Baz Alındığı Durum	184
5.2.3.2. Forward Volatilitelerin ve Stokastik Değişkenlerin Baz Alındığı Durum	185
5.2.3.3. Forward Kontratların Kullanıldığı Durum	188
5.3. Ampirik Bulgular	189
5.3.1. Spot Volatilitelerin Baz Alındığı Durum	189
5.3.2. Forward Volatilitelerin ve Stokastik Değişkenlerin Baz Alındığı Durum	196
5.3.3. Forward Kontratların Kullanıldığı Durum	202
6. SONUÇLAR VE GENEL DEĞERLENDİRME	203
KAYNAKLAR	209
EKLER	213
ÖZGEÇMİŞ	259

KISALTMALAR LİSTESİ

TRL	: Türk Lirası
GMB	: Geometric Brownian Motion
SDE	: Stokastik Diferansiyel Denklem
CAPM	: Capital Asset Pricing Model
ATP	: Arbitrage Pricing Theory
SVE	: Sabit Varyans Elastisitesi
FRA	: Forward Rate Agreement
FTT	: Forward Term TRL
FX	: Foreign Exchange
ISE	: İstanbul Stock Exchange
İMKB	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
VAR	: Value At Risk
FED	: Federal Reserve
\$	: ABD Doları

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 : Opsiyon Borsaları.....	5
Tablo 1.2 : Call Opsiyonu Alt Limit İhlalinde Arbitraj.....	10
Tablo 1.3 : Put Opsiyonu Alt Limit İhlalinde Arbitraj.....	12
Tablo 2.1 : Call Opsiyonunun Düşük Fiyatlandığı Durumda Arbitraj.....	37
Tablo 2.2 : Call Opsiyonunun Yüksek Fiyatlandığı Durumda Arbitraj.....	38
Tablo 2.3 : Put Opsiyonunun Düşük Fiyatlandığı Durumda Arbitraj.....	44
Tablo 2.4 : Put Opsiyonunun Yüksek Fiyatlandığı Durumda Arbitraj.....	45
Tablo 2.5 : İki Zamanlı Binomial Model: I. Aşama.....	47
Tablo 2.6 : İki Zamanlı Binomial Model: II. Aşama.....	52
Tablo 2.7 : Sentetik Olasılıklar Modeli I. Dönem Sonu Değerleri.....	55
Tablo 2.8 : Sentetik Olasılıklar Modeli II. Dönem Sonu Değerleri.....	62
Tablo 2.9 : II. Döneme Ait Sentetik Olasılıklar.....	64
Tablo 2.10: Çok Dönemli Sentetik Olasılıklar Modelinde Oluşan.....	66
Kombinasyonlar	
Tablo 2.11: Put-Call Paritesine Ait Portföy Değerleri.....	123
Tablo 3.1 : Opsiyon Değerini etkileyen Faktörler.....	134
Tablo 3.2 : Türev Enstrümanların Değişkenlere Bağlı Risk Analizi.....	164
Tablo 3.3 : Türev Parametrelerine İlişkin Risklerin Portföy Değerine Etkisi.....	165
Tablo 4.1 : Bankaların Forward İşlemler (TRL/Döviz) Hacim ve Marjları...	168
Tablo 4.2 : Sentetik FTT.....	170
Tablo 4.3 : TRL/Döviz Opsiyon Piyasası.....	171
Tablo 5.1 : Hesaplanan Volatiliteler , Opsiyon Fiyatları ve Risksiz Portföy ..	185
Performansları I	
Tablo 5.2 : Hesaplanan Volatiliteler , Opsiyon Fiyatları ve Risksiz Portföy ..	186
Performansları II	
Tablo 5.3 : Üç Aşama Halinde Gerçekleştirilen Risksiz Portföy.....	187
Performansları.	
Tablo 5.4 : Delta Ayarlaması Spot ve Forward İşlemlerle Yapılmış Risksiz ...	189
Portföy PerformanslarıI	

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Opsiyon İşlemlerinin Getirileri.....	7
Şekil 1.2 : Call Primi Bileşenleri.....	9
Şekil 2.1 : Pascal Üçgeninde n=6 İken Oluşan Histogram	74
Şekil 2.2 : Normal Dağılım ve Lognormal Dağılım.....	76
Şekil 2.3 : Put-Call Paritesi	124
Şekil 2.4 : Sentetik (+) Forward ve Sentetik (-) Forward.....	126
Şekil 3.1 : Opsiyon İşlemlerinin Toplam Zarar Potansiyeli.....	132
Şekil 3.2 : Sentetik (+) Call.....	132
Şekil 3.3 : Sentetik (+) Put.....	133
Şekil 3.4 : Opsiyon İşlemlerinde Kredi Riski	134
Şekil 3.5 : Opsiyon Primi Bileşenleri.....	135
Şekil 3.6 : Delta Hesaplaması.....	137
Şekil 3.7 : Sentetik (+) Call.....	139
Şekil 3.8 : Opsiyon Deltası Spot Fiyat İlişkisi.....	141
Şekil 3.9 : Call Deltası ile Vadeye Kalan Süre İlişkisi	142
Şekil 3.10: Delta Hedging Hatası.....	145
Şekil 3.11:Gamma Spot Fiyat İlişkisi.....	146
Şekil 3.12: Gamma ile Vadeye Kaşan Süre İlişkisi.....	146
Şekil 3.13: Gamma ile Deltanötr Portföy Değeri İlişkisi.....	149
Şekil 3.14: Call İçin Theta Spot Fiyat İlişkisi	153
Şekil 3.15: Call İçin Theta ile Vadeye Kalan Süre İlişkisi	154
Şekil 3.16: Opsiyonların Vade Sonu Getiri Grafiği.....	154
Şekil 3.17: Opsiyonların Vade Öncesi Getiri Grafiği	155
Şekil 3.18: Zaman Çöküşü	155
Şekil 3.19: Volatilite.....	157
Şekil 3.20: Volatilitenin Zaman Değeri Üzerine Etkisi	159
Şekil 3.21: Call İçin Vega Spot Fiyat İlişkisi	160
Şekil 4.1 : Sentetik Vadeli TRL Borçlanma (FTT)	170
Şekil 4.2 : Opsiyonla Kur Riski Kapatılmış Hazine Bonosu Yatırımı	172
Şekil 4.3 : 3 Aylık Volatilite.....	173
Şekil 4.4 : TRL/Döviz Kuru Volatilitesi Gecelik Faiz Oranları İlişkisi	173
Şekil 5.1 : Geçmiş ve Gerçekleşen Volatilitayı Baz Alan Opsiyonlara.....	195
İlişkin Delta ve Gamma Değerleri	
Şekil 5.2 : Hedge Deltaları – Değişken: Kur.....	199
Şekil 5.3 : Hedge Deltaları – Değişken: Kur ve Faiz.....	200
Şekil 5.4 : Hedge Deltaları – Değişken: Kur, Faiz ve Volatilite.....	201

SEMBOL LİSTESİ

A_s	: Portföydeki Finansal Varlık Adeti
A_c	: Portföydeki Call Opsiyon Adeti
C	: Call Opsiyonu Değeri
C_p	: Call Opsiyonu Piyasa Fiyatı
C_d	: Call Opsiyonunun, Finansal Varlık Spot Fiyatının Aşağı Hareketi Durumundaki Değeri
C_{dd}	: Call Opsiyonunun, Finansal Varlık Spot Fiyatının Aşağı, Aşağı Hareketi Durumundaki Değeri
C_y	: Call Opsiyonunun, Finansal Varlık Spot Fiyatının Yukarı Hareketi Durumundaki Değeri
C_{yy}	: Call Opsiyonunun, Finansal Varlık Spot Fiyatının Yukarı, Yukarı Hareketi Durumundaki Değeri
$d\Pi$	: Portföy Değerindeki Marjinal Değişim
dS	: Spot Fiyattaki Marjinal Değişim
dt	: Zamanda Marjinal Değişim
dC	: Türev ya da Call Değerindeki Marjinal Değişim
$E(V_c)$	: Call Opsiyonu Beklenen Değeri
$E(V_p)$	: Put Opsiyonu Beklenen Değeri
f	: Fonksiyon
F	: Forward Fiyat
K	: Opsiyon Kullanım Fiyatı
$MAX[]$	: Parantez İçindeki Maksimum Değer
$N[x,y]$	: x Beklenen Değeri ve y Standart Sapmaya Sahip Normal Dağılım
P_p	: Put Opsiyonu Piyasa Fiyatı
p	: Risk Nötral Ortamda S_y 'ye Ait Olasılık
P	: Put Değeri
q	: S_y 'ye ait Sentetik Olasılık
R	: Risksiz Faiz Oranı
S	: Spot Fiyat
S_y	: Spot Fiyatın Yüksek Değeri
S_d	: Spot Fiyatın Düşük Değeri
S_{yy}	: Spot Fiyatın İki Dönemli Binomial Modelde Yukarı Yukarı Hareket
S_{dd}	: Spot Fiyatın İki Dönemli Binomial Modelde Aşağı, Aşağı Hareketi
S_{yd}	: Spot Fiyatın İki Dönemli Binomial Modelde Yukarı, Aşağı Hareketi
S_{dy}	: Spot Fiyatın İki Dönemli Binomial Modelde Aşağı, Yukarı Hareketi
$V_c[]$	: Call Opsiyonu Değer Aralığı

$V_s[]$	: Spot Fiyat Değer Aralığı
Π	: Portföy Değeri
Π_d	: Portföyün Düşük Değeri
Π_s	: Portföyün Spot Değeri
Π_y	: Portföyün Yüksek Değeri
σ	: Standart Sapma
μ	: Anlık Beklenen Getiri
θ	: Theta
ϑ	: Vega
Δ	: Delta
Γ	: Rho
Δf	: Fonksiyon Değerindeki Değişim



OPSİYON İŞLEMLERİ, DÖVİZ OPSİYONLARI VE TRL/DÖVİZ OPSİYONLARI FİYATLAMA VE RİSK YÖNETİMİNDE UYGULAMAYA YÖNELİK MODEL ÖNERİSİ

ÖZET

Bu çalışmada finansal türev piyasalarında işlem gören opsiyon ürünleri ve döviz opsiyonları hem teorik yönüyle hem de Türkiye'deki türev piyasalarını içine alan pratik uygulamalarıyla ele alınmıştır. Teorinin detaylandırıldığı ve Türkiye'deki finansal türev uygulamaların incelendiği bölümlerde, türev piyasaların diğer köşe taşı oluşturulan vadeli işlemlere de yer verilmiştir. Vadeli işlemler, özellikle daha basit yapılarıyla, opsiyon işlemleri için oluşturulan teorik modellerin test edilmesi amacıyla da çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmanın amacı, oluşturulan bu teorik temele dayanarak opsiyon fiyatlandırma modellerinin incelenmesi ve fiyatlandırma ile risk yönetimi (hedging) konusunda TRL/döviz opsiyonları üzerinde geliştirilen hipotez ve uygulamaya yönelik önerilerin ampirik bir çalışmayla test edilmesidir.

Opsiyon işlemlerinin finansal ve emtia piyasalarındaki kullanımı hernekadar geçen yüzyılın başlarına kadar geriye gitse de işlemlerin derinlik kazanması ve finansal risklerin yönetiminde etkin bir araç olarak kullanılmaya başlanması 1970'li yıllara kadar gerçekleşmemiştir. 1970'lerin özellikle ikinci yarısından sonra hem işlem hacimlerinde hem de opsiyona konu enstrümanların çeşitliliğindeki artışta, opsiyon işlemlerinin fiyatlandırılmalarında teorik alanda gözlenen olumlu gelişmeler ve işleme konu kredi risklerinin en aza indirilmesine olanak sağlayan opsiyon borsalarının ve standart ürünlerin sayısının artması etkili olmuştur. Opsiyon işlemleri, etkin bir risk yönetim aracı olmasının yanında kendi doğası gereği sağladığı yüksek kaldıraç sayesinde etkin bir spekülasyon aracı olarak da kullanılmaktadır. Bu özelliği, zaman zaman volatilitiyi artırıcı ve finansal krizleri derinleştirici etki yaptığı yönünde eleştirilere de konu olmuştur. Ancak volatilité alım satımıyla özdeş tutulan opsiyon işlemlerinin, piyasaları tamamlayan yönüyle, daha etkin bir yapının oluşmasına katkı sağladığı bir gerçek olarak kabul görmektedir.

Opsiyon ürünleri, finansal risklerin yönetimine kazandırdıkları sigorta konseptine paralel olarak, satın alan ve satan taraflar için farklı getiri/risk profiline sahip bulunmaktadırlar. Potansiyel zarar, opsiyon satın alan taraf için elde edilen hak karşılığında ödenen primle sınırlı kalırken, opsiyonu satan taraf içinse, karşı tarafın taşımak istemediği risk üstlenilerek mutlak bir taahhüt altına girildiği için, teorik olarak çok yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Kredi riskleri açısından bakıldığında zaman, bir önceki tanım gereği, satan taraf opsiyon primini işlemin başında aldığından bir kredi riski taşımazken, opsiyonu satın alan taraf, satan tarafın potansiyel zararı kadar bir kredi riskine maruz kalabilmektedir.

Araştırmacılar opsiyon fiyatlamasında bir model geliştirebilmek için yıllar boyunca, yatırımcıların gerçek hayattaki riskten kaçınma yapısı ve vade sonu opsiyon fiyatının olasılık dağılımı üzerine kurulu problemleri çözmeye çalışmışlardır. Ancak opsiyonlara ilişkin söz konusu olasılık dağılımının pozitif yöndeki eğik şekli, Sermaye Piyasası Fiyatlama Modeli gibi modellerin, bu ürünleri fiyatlamaya uygun olmaması sonucunu doğurmaktadır. Diğer bir ifadeyle opsiyon fiyatı yatırımcıların risk tercihlerinden bağımsız olarak şekillenmektedir. Yatırımcıların risk tercihleri opsiyon fiyatlamasına ancak dolaylı olarak opsiyona konu finansal ya da reel varlığın fiyatı içinde girmektedir.

İlk olarak 1973 yılında Fisher Black ve Myron Scholes'un bu ürünlerin fiyatlandırılmasında risksiz portföy oluşturulmasına yönelik bakış açıları yeni bir çığır açmıştır. Bu model hisse senetleri ve opsiyonlardan oluşacak risksiz bir portföy kombinasyonunun (her ikisi de Wiener prosesindeki aynı rassal değişkene sahip oldukları için), risksiz faiz getirisini sağlaması gerektiği (arbitraj teorisi gereği) varsayımından yola çıkarak opsiyon değerlerini fiyatlamaya çalışmıştır. Opsiyona konu enstrümanlara ilişkin bir sonraki dönem fiyat dağılımlarını, yatırımcıların risk tercihlerinden bağımsız şekilde basite indirgenmiş modellere dayandıran, Eşit Olasılık Dağılımı Modeli ve Binomial Model'in her ikisi de, yukarıda Black/Scholes Modeli'nde oluşturulan arbitraj metodolojisini temel almaktadır. Tüm bu modellerin ana dayanak noktası, finansal varlıkların fiyatlarının arbitraja olanak vermeyecek şekilde sürekli değişmesi gerektiği ve bu riskli varlıkların getirilerinin lognormal bir dağılım izlediği varsayımlarıydı. Yine aynı varsayımlara dayanarak, binomial modeldeki parametrelere standart volatilité tanımından ulaşmayı başaran Cox, Ross, Rubinstein modeli, Black/Scholes modeliyle aynı sonuca ulaşmaktadır. Risk nötral yöntem kullanılarak fiyatlamının gerçekleştirildiği modelde de, hem Binomial hem de Black/Scholes modeliyle elde edilen sonuç formülü tekrar teyit edilmektedir. Tüm bu modellerde, finansal varlıkların logaritmik getirilerinin normal bir dağılıma sahip olduğu varsayımının yanı sıra, opsiyona konu varlığın volatilitésinin ve risksiz faiz oranlarının, opsiyon vadesi süresince değişmemesi, diğer ortak varsayımları oluşturmaktadır.

Yukarıda belirtilen opsiyon fiyatlama modelleri üzerine birçok ampirik test gerçekleştirilmiştir. Bu testler, modellerin dayanağını teşkil eden arbitraj teorisi gereği, hem piyasa etkinliğinin, hem de fiyatlama modellerinin geçerliliğinin ortak testleri olmuşlardır. Bunların bir kısmı model fiyatlarıyla piyasa fiyatları arasındaki farklılıkları incelerken, bir kısmı teorik fiyat sınırı ihlallerini, diğer bir kısmı da riski sıfırlanmış türev portföylerin performansını çalışma konusu olarak ele almıştır. Tüm bu çalışmaların sonucunda opsiyon fiyatlama modellerinin doğruluğu ve piyasa etkinliği ekonomik anlamda yeterli bulunurken, bazı parametrelere ilişkin istatistiksel anlamda önemli sapmalar da saptanmıştır.

Makro açıdan bakıldığında zaman, diğer tüm türevsel ürünler gibi opsiyon işlemleri yoktan bir değer yaratmamakta ya da var olan bir değer kaybı ya da azalması gibi bir sonuç doğurmamaktadır. Sadece diğer türevsel ürünler gibi riskin transferine olanak sağlamaktadırlar. Böylece risk, gerek fiyat, gerek likidite, gerekse kredi riski olsun, bunları taşımak istemeyen ekonomik birimlerden, bu tür riskleri belli bir prim karşılığında taşımak isteyen ekonomik birimlere transfer edilmiş olmaktadır. Riski taşımak istemeyenler bu primi ödeyerek bir sigorta satın alırlarken, aldıkları prim karşılığında riski üstlenenler de, bu riski yönetme çalışması içine girmektedirler. Ekonomik birimler için, daha önce söz edilen kredi riski ve her finansal enstrümana

konu likidite risklerinin yönetilmesi daha basit kriterlerle belli ölçüde sağlanabilirken, türev enstrümanlara ve özellikle opsiyonlara ait fiyat risklerinin yönetimi tam bir uzmanlık ve sürekli izleme gerektirmektedir. Ayrıca, son çeyrek yüzyılda global finansal piyasalarda yaşanan krizler, türev enstrümanların fiyatlandırılmasına temel dayanak teşkil eden, finansal varlık fiyatlarının lognormal dağılımı ve sürekli likiditeye dayalı temel varsayımlar kadar, sistematik olmayan riskin dağıtılmasını konu alan finans teorilerinin yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu tecrübeler, özellikle türev enstrümanlarda fiyata iskonto edilemeyen ve yetersiz model varsayımlarından kaynaklanan artık risklerin, her zaman mevcut olacağı sonucunu doğurmuştur..

Opsiyon ürünlerinin kompleks yapısı ve fiyata etki eden faktörlerin –opsiyona konu enstrümanın fiyatı, vadeye kalan zaman, faiz oranları, volatilité- çokluğu ve zaman dışında diğerlerinin stokastik yapısı, tüm bu faktörlere ilişkin belli risk tanımlamaları ve gelişmiş risk yönetim tekniklerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu tanımlamalar içinde delta, opsiyon fiyatının opsiyona konu enstrüman fiyatındaki değişime olan hassasiyetini ölçerken, gama, aynı değişimin delta değeri üzerindeki etkisini ölçmektedir. Benzer şekilde theta, opsiyon fiyatının geçen zamana karşı, vega volatilitéye karşı ve rho da faize karşı olan hassasiyetini ifade etmektedir. Özellikle delta hedging ve gama hedging olarak adlandırılan delta ve gama risklerinin yönetimi, türev portföylerin fiyat riskinin yönetiminde büyük önem kazanmışlardır. Bu teknikler kullanılarak delta ve gama riskleri ortadan kaldırılmış portföyler, deltanötr ve gamanötr olarak tanımlanmaktadır.

Türkiye finansal piyasalarında türev enstrümanlar 1990'lı yılların başından itibaren artan sıklıkta kullanılmaya başlanmış ve 2000'li yıllara gelindiğinde belli başlı türev enstrümanlar finansal kurumların günlük operasyonlarının bir parçası haline gelmişlerdir. Henüz İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda (İMKB) işlem gören bir türev enstrüman bulunmamasına rağmen, tezgah üstü olarak tanımlanan türev ürünlerin Türkiye finansal piyasalarında, artan bir derinlik kazanmaya başladıkları gözlenmektedir. Özellikle döviz/döviz ve TRL/döviz swap ve forward işlemleri hacim olarak hızlı bir artış gösterirken, faiz opsiyonu ve TRL/döviz opsiyonu işlemleri düşük likidite ve karmaşık yapıları gibi olumsuz faktörlerin yanı sıra, muhasebe ve hukuki düzenlemelerdeki yetersizliklerden dolayı paralel bir gelişme gösterememiş bulunmaktadır.

Bu çalışmanın son bölümünde de, TRL/döviz opsiyonlarındaki, spot kur ve kısa vadeli faiz oranları arasındaki yüksek korelasyondan kaynaklanan artık risklerin varlığı ve fiyatlama ve risk yönetimine iskonto edilebilmesine yönelik öneriler, 1994 finansal krizini içine alan dönemde, ampirik bir teste tabi tutulmaktadır. Black/Scholes modelini ve delta hedging prosesini baz alan çalışmada test edilen hipotezler, aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

- Black/Scholes modelinde opsiyon vadesi süresince sabit (nonstokastik) olarak kabul edilen faiz değişkeninin, gerçek hayattaki stokastik yapısı ve özellikle TRL benzeri zayıf para birimlerinde görülen faiz ve kur volatilitesi arasındaki yüksek korelasyon nedeniyle opsiyon primlerinin düşük değerelebileceği ve risksiz portföy getirilerinin olumsuz etkilenebileceği

- Delta hedging hatasının TRL benzeri zayıf ve dönemsel değerlenmelere maruz kalabilen (bu sebeple para birimi üzerinde dönemsel atakların ve devalüasyon kaynaklı fiyat sıçramalarının oluşma ihtimali fazla olan) para birimleri üzerinde yazılan başabaş opsiyonlarda yüksek negatif gama etkisiyle risksiz portföy getirisi üzerindeki negatif etkisinin yüksek olacağı
- TRL/Döviz kuru benzeri finansal varlıklar üzerine yazılan opsiyonların fiyatlandırılmalarında spot volatilité yerine faiz oranlarındaki değişkenliği de iskonto eden vadeli kur volatilitelerinin kullanılmasının opsiyon satıcıları için kur ve faiz arasındaki yüksek korelasyon riskini göreceli olarak azaltacağı
- Değişkenlerin stokastik yapısına paralel olarak, delta hedging prosesinde hem faiz hem de volatilité beklentilerindeki değişimin yansıtıldığı uygulamaların, risksiz portföy getirilerini daha olumlu etkileyeceği
- Ve son olarak da delta hedging yönteminin direk forward işlemler üzerinde gerçekleştirilmesinin, gecelik faizlerdeki artan volatilitenin, risksiz portföyün fonlama maliyetleri üzerindeki olumsuz etkisini sınırlaması ve performansını artırması açısından daha olumlu bir yöntem olacağı.

Yukarıdaki hipotez ve öneriler, gerçekleştirilen ampirik çalışmanın sonuçları analiz edilerek değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- TRL benzeri zayıf para birimleri üzerine yazılan döviz opsiyonları, volatilité öngörüsünün kesinliğine ek olarak, kur ve faiz arasındaki yüksek korelasyondan kaynaklanan, değişken kısa vadeli faiz oranları ve spot fiyatlarda yaşanabilen sıçramalar (devalüasyon) gibi Black/Scholes modelinde fiyata yansıtılamayan, önemli artık risklere maruz kalabilmektedirler. Bu açıdan fiyatlamaya konu volatilité girdisi üzerinde yapılacak ayarlamalar, sözü geçen risklerin opsiyon primine yansıtılabilmesi açısından önem kazanmaktadır.
- TRL/döviz opsiyonlarının fiyatlandırılmasında, spot kur yerine vadeli kur volatilitelerinin referans olarak kullanılması, yukarıda söz edilen yetersiz model varsayımlarından kaynaklanan artık risklerin, fiyata belli ölçüde de olsa yansıtılmasına olanak tanımaktadır.
- Değişkenlerin stokastik yapısının da dikkate alındığı delta hedging sürecinde, değişen kurla birlikte, değişen faiz oranları ve değişen volatilité beklentilerinin de yansıtıldığı uygulama, deltanötr portföy performansları açısından daha olumlu sonuçlar vermiştir.
- Satılan opsiyonların risk yönetiminde, delta hedging sürecinin forward kontratlar kullanılarak gerçekleştirilmesi, delta pozisyonları üzerindeki vade (duration) riskinin en aza indirilmesine olanak sağlayarak, deltanötr portföy performanslarını çok olumlu etkilemiştir.

OPTION TRANSACTIONS, CURRENCY OPTIONS AND A PRACTICAL MODEL FOR PRICING AND RISK MANAGEMENT OF TRY/FX OPTIONS

SUMMARY

In this study, options trading in financial derivative markets have been thoroughly analyzed both in theory and in practice in Turkish financial markets. Forward contracts as the other building block of financial derivatives, have also been included in the analyses to test the validity of the derivative pricing models developed for option products. The purpose of this paper is, based upon the theoretical framework set, to evaluate the option pricing models and to test the hypotheses developed to improve the pricing and risk management techniques used in practice for TRY/FX options.

While trading of option products can be traced back as early as the beginning of last century, increase in the depth of the market and effective use of financial options in risk management could not be achieved until late 1970s. By the second half of 1970s, transaction volumes and the variety of options written on different underlying products started to flourish. Developments over the theoretical pricing models along with increasing number of exchanges (eliminating the credit risks) and standard products were major underlying factors. While being promoted as an effective risk management tool, options with intrinsic high leverage potential they provide, serve as an effective speculation tool as well. For that reason, options have from time to time been subject to criticisms for being source of increasing volatility and deepening financial crises. However, having been associated with trading of volatility, trading of financial options serves to complete the markets, and certainly increases the efficiency in the financial markets.

Financial options can also be treated within the context of portfolio insurance and parallel to this definition they possess different risk/ return structures for buyers and sellers. While the potential loss for buyers is limited to the premium paid up front against the right purchased, the potential loss for sellers can theoretically go to infinity. Given this, the credit risk for buyers will be extensive parallel to high potential loss of sellers, while the credit risk for sellers will be nil as they collect the premium up front.

Researchers have for many years struggled to develop option pricing models trying to resolve the complexities arising out of the risk averse nature of investors and the probability distributions of ending option values. The fact that the probability distribution of ending option values will be skewed toward large positive values makes it unfeasible to use CAPM (Capital Asset Pricing Model) like models in the

pricing of options. Another way to put it is that the option prices are set independent of the risk preferences of the investors. Risk preferences of investors can only be considered as an indirect input that is already included in the model via the spot price of the underlying security.

In 1973, Fischer Black and Myron Scholes opened a new era with their original approach to pricing of these instruments based upon the construction of riskless portfolios. This methodology was pricing options by constructing riskless portfolios consisting of underlying security and options itself (as both are exposed to same random term in the Weiner process) and assuming that it should earn the risk free rate (as determined in the arbitrage theory). Uniform Probability Distribution Model and Binomial Model have both been developed over this arbitrage methodology initiated by Black and Scholes Model. With simplified assumptions regarding the end of period probability distribution of the underlying security prices, both pricing models price the options regardless of the risk preferences of the investors. Basic assumptions common to all these models are that the prices of these instruments should always change in line with arbitrage theory and that the spot prices of all the underlying securities have a lognormal distribution. Again the Cox, Ross, Rubinstein model which achieves to derive the parameters used in binomial model from standard volatility definitions, is based upon the same assumptions and reaches the same conclusion as in Black/Scholes Model. Risk neutral model also confirms the final formula derived in both Binomial and Black/Scholes Models. In addition to the assumption that the logarithmic returns of the underlying securities display a normal distribution, two other assumptions common to all these models are that, the volatility and risk free rates do not change throughout the life of the option.

Many empirical tests have been performed in the past over the option pricing models mentioned above. Given the underlying arbitrage theory upon which all these models are based, all the empirical tests over option pricing models should be considered as joint tests of market efficiency and validity of the models. While some of these tests aimed to determine whether model prices were biased relative to the market prices, some of them analyzed the violations of theoretical boundary conditions of option prices and others studied the performances of the riskless hedge portfolios. It has been concluded that both measures of market efficiency and validity of the option pricing models were satisfactory in an economic sense while there has been some statistically meaningful biases regarding some of the parameters.

When considered on a macro basis, option transactions like other derivative instruments, do not create or destroy wealth. Like other derivative instruments, they just enable transference of risk such as credit risk, liquidity risk or market risk, from those who do not want to carry them, to those who are willing to take them. Those who do not want to be exposed to these risks, hedge themselves by buying an insurance and paying a premium against that. On the other hand those who takeover these risks against the premium they collect, try to manage them. While management of risks related to credit and liquidity can to a certain extent be achieved through setting some objective criterias, management of market price risks of derivatives and in particular that of options requires a more specialized expertise and dynamic monitoring. Global financial crises experienced in the last quarter of the last century, required a re-assessment of basic assumptions underlying pricing of derivative instruments, such as lognormal distribution of asset prices and continous markets as well as financial theories regarding diversification of unsystematic risks. These

experiences have showed that derivative instruments in particular, are exposed to residual risks arising from insufficient model assumptions, that are not discounted into the prices.

The complex structure of option products and variety of stochastic parameters –such as the spot price of the underlying security, time to maturity (which is the only deterministic variable among others), interest rates, volatility- affecting the option prices require different risk definitions and sophisticated management techniques. Among these definitions, delta measures the sensitivity of option price against a change in the spot price of the underlying security. Gamma measures the sensitivity of delta values against the same variable. Likewise, theta, vega and rho measure the sensitivity of option prices to a change in time to maturity, volatility and risk free rates respectively. Management of delta and gamma risks has in particular (called delta hedging and gamma hedging) gained further importance in the price risk management of derivative portfolios. Such portfolios immunized against so called risks are defined as delta neutral and gamma neutral portfolios.

Financial derivatives have started to be utilized more and more in Turkish financial markets since the beginning of 1990s and some major instruments have become part of daily operations of financial institutions by the end of decade. Even though there is currently no exchange trading derivative instrument (in İstanbul Stock Exchange-ISE), it has been observed that the depth of the domestic over-the-counter market has been growing day by day. Currency swaps, currency forwards (both in cross currencies and against TRL), forward money market transactions and currency options (again both in cross currencies and against TRL) are major derivative instruments to be mentioned among others. The volume of currency forwards in particular followed a fast growth while that of interest rate and currency options could not follow the same trend due to reasons such as low liquidity, complex structures, lack of legal, and regulatory framework.

In the last part of this study, the residual risks arising from high correlation between spot FX and short term interest rates in Turkish Lira, and the approaches to discount them into the pricing and risk management processes are analyzed through an empirical research performed over a period covering 1994 financial crisis. Hypotheses tested in the empirical study based upon Black and Scholes Model and delta hedging process can be summarized as follows:

- High correlation between spot exchange rate volatility and risk free rates is common to all soft currencies. This relationship, given the stochastic nature of interest rates in real life as opposed to being held as constant in the Black/Scholes Model, may cause undervaluation of option premiums and may adversely affect the performances of delta neutral portfolios.
- Weak currencies like TRL can be exposed to periodical overvaluations that can lead to attacks on the currency followed by inevitable devaluations. Aggravated by high magnitude of negative gamma, the negative effect of delta hedging error on the performances of delta neutral portfolios will be substantial.
- For TRL/FX option writers, forward exchange rate volatility will serve as a better reference (rather than the spot exchange rate volatility) for the

pricing of TRL/FX options and will relatively lower the risk associated with high correlation between spot exchange rate volatility and short term interest rates.

- Parallel to stochastic nature of variables, reflecting the changes both in interest rates and in expected volatility, into the delta hedging process, will improve the performances of delta neutral portfolios.
- Execution of delta hedging process by using forward contracts (rather than spot transactions) will again improve the performances of riskless (delta neutral) portfolios by lowering the substantial funding costs caused by high volatility over short term interest rates.

All the hypotheses above were tested through analyzing the results of the empirical research performed. Following is the summary of the results:

- FX options written on soft currencies such as TRL, are exposed to substantial residual risks such as volatile short term interest rates (mainly due to the high correlation between spot exchange rate volatility and interest rates) and spot price jumps caused by one shut devaluations. However financial options in developed markets follow a risk/return profile that is very highly correlated with performances on projection of future volatility. Therefore, adjustments over the volatility input used in the pricing of such options gain further importance to enable to reflect these risks on the option premiums.
- Forward rate volatility serves as a better reference to allow reflecting aforementioned residual risks arising from insufficient model assumptions, into the option prices.
- Performances of delta neutral portfolios are improved when delta hedging process takes into consideration the stochastic nature of the underlying variables and is applied by reflecting the changes in interest rates and in expectations of future volatility in addition to that in spot exchange rates.
- Performances of delta neutral portfolios are very positively affected when duration risks over delta positions are minimized by using forward contracts rather than the spot transactions in the delta hedging process.

1. GİRİŞ VE ÇALIŞMA KONUSU:

OPSIYON İŞLEMLERİ

Bu bölümde, temel finansal türev enstrümanlardan olan opsiyonların, hem teorik hem de pratik anlamda genel bir çerçevesinin çizilmesi amaçlanmıştır. Buna bağlı olarak, temel tanımlar ve kullanılan terminolojiyle birlikte, dünya borsalarındaki örneklerine yer verilirken, ikinci bölümdeki fiyatlama modellerine temel oluşturacak vade sonu getirileri, teorik fiyat limitleri ve bu limitlerin ihlali durumunda uygulanacak arbitraj işlemleri örnekleriyle ele alınmaktadır.

Opsiyon işlemleri, 1970 sonrasında hızla gelişen türev ürün piyasalarının ve risk yönetim araçlarının hemen hemen odak noktası haline gelmişlerdir. Bu kompleks ürünlerin fiyatlandırılmalarında ciddi gelişmeler ve kolaylıklar sağlayan yeni modellerin akademik çevrelerden piyasaların merkezlerine taşınması ve finansal hesap makinelerinin içine girecek derecede pratik kullanıma sokulması, finansal piyasalardaki kullanım alanını ve işlem hacmini çok hızlı bir şekilde arttırmıştır [1:19].

Opsiyon işlemleri, türev ürün olarak mali piyasaları tamamlayan [2:1-8,1:10], toplam verimliliği arttıran [3] ve finansal risk yönetimine bir anlamda sigorta konsepti kazandıran [4:273-96,5:690,6:121] özelliklerinin yanı sıra, yüksek kaldıraç sağlayan yapısı ve dolayısıyla spekülatif amaçlı kullanımındaki etkinliği [2:2] nedeniyle, volatiliteyi arttırdığı [7] ve finansal krizleri derinleştirdiği yönünde birçok eleştirilere de hedef olmuştur. Gerçekten de, bir opsiyon satın alma işleminin özünde, yüksek oranlı borçlanmayla bir finansal ya da reel varlığı satın alma işleminden bir farkı bulunmamaktadır. Yüksek kaldıraç özelliği, aktif fiyatlarındaki değişkenliğin, finansal getiri üzerindeki etkisinin çarpılarak artması sonucunu doğurmuştur. Böylece, finansal enstrümanların fiyatlarındaki volatilité (değişkenlik) opsiyon işlemlerinin fiyatlandırılmasında en temel girdi haline gelmiş ve opsiyon alım satımı bir anlamda volatilité alım satımı ile özdeş tutulmaya başlanmıştır. Bu da ileriye

dönük volatilité tahminlerinin ve bu amaçla yapılan hesaplamaların önemini daha da arttırmıştır [8,9:59].

Volatilité hesaplamalarına baz teşkil eden unsur, spot piyasa fiyatlarındaki değişkenlik olmakla beraber, 5. bölümde öngörülen hipotez ve uygulamaya yönelik önerilerin test edildiği ampirik çalışmanın amaçlarından biri, faiz oranları ve spot fiyat değişkenliği arasındaki korelasyonun [2] da, ileriye dönük volatilité hesaplamalarında dikkate alınması gereken bir unsur olduğunun belirlenmesini hedef almaktadır. Black/Scholes opsiyon fiyatlama modelinde, fiyata iskonto edilemeyen artık riskleri, uygulanan volatiliteler ve bunun sonucunda oluşan opsiyon fiyatları ve risksiz portföy performansları bazında irdeleyen bu ampirik çalışmada, 1994 finansal krizini içine alan dokuz aylık bir dönem, çalışma periyodu olarak seçilmiştir. Özellikle bu dönemin çalışma konusu olarak seçilmesinin nedeni, opsiyon fiyatlama modellerine temel oluşturan, ve finansal varlık fiyatlarının bir sürekli zaman fonksiyonuna ve lognormal bir dağılıma sahip olduğu varsayımlarından ve önceki paragrafta belirtilen, türeve konu enstrüman fiyatı ve faizler arasındaki yüksek korelasyondan kaynaklanan artık risklerin (fiyatlamaya iskonto edilemeyen riskler) net olarak gözlenebildiği bir dönem olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmanın plan ve detaylarına geçilmeden önce, opsiyon işlemleri yer yer anlatımı tamamlayan diğer türev enstrümanları (özellikle forward işlemler) da kapsayacak şekilde, hem teorik yönüyle hem de Türkiye finansal piyasalarındaki tüm diğer türevsel uygulamaları içine alacak şekilde ele alınmaktadır.

1.1. Opsiyon İşlemlerinin ve Terminolojinin Tanımlanması

Opsiyon işlemi bir alıcı ve bir satıcı arasında yapılan ve bu sayede alıcının bir finansal ya da reel varlığı önceden belirlenen bir fiyat üzerinden, yine önceden belirlenen bir zaman dilimi içinde ya da sonunda, karşı taraftan satın alma ya da karşı tarafa satma hakkını elde etmesinden ibaret bir kontrat olarak tanımlanmaktadır.

Opsiyonu satan tarafa, diğer bir ifadeyle opsiyonu yazan taraf da denilmektedir. Opsiyon işlemine konu olan finansal ya da reel varlığı satın alma hakkını veren opsiyonlara, satın alma opsiyonu (*Call*), satma hakkı veren opsiyonlara da satma

opsiyonu (*Put*) adı verilmektedir. Sözü geçen opsiyon türleri bundan sonraki bölümlerde call ve put olarak anılacaktır.

Amerika tipi opsiyonlar, bu hakkın belirlenen zaman dilimi içindeki herhangi bir işlem günü kullanılmasına olanak sağlarken, Avrupa tipi opsiyonlarda bu hakkın kullanımı, sadece vade sonu işlem günü için geçerli bulunmaktadır. Sadece bu tanımlamayla bile, Amerika tipi opsiyonların en az, aynı özellikteki Avrupa tipi opsiyonlar kadar ya da daha fazla değerli olması gerektiği sonucuna varılabilmektedir. Avrupa ve Amerika tipi opsiyonların dışında, egzotik olarak adlandırılan ve kullanım fiyatı ve kullanım vadesi açısından farklı özellikler taşıyan opsiyon ürünleri de, özellikle tezgah üstü (*over-the-counter*) piyasalarda sıkça kullanılmaktadır [10]. Bu ürünlerin fiyatlama teknikleri ise “sade vanilya” olarak adlandırılan daha basit yapılı Avrupa ve Amerika tipi opsiyonların fiyatlama modellerinin bir uzantısından ibaret kalmaktadır.

Opsiyona konu olan reel ya da finansal varlığı satın alma ya da satma hakkı veren fiyat, kullanım ya da işlem (*strike*) fiyatı, dönem de opsiyon vadesi olarak tanımlanmaktadır. Opsiyonu satın alan tarafın, opsiyonu satan (yazan) tarafa ödediği prime de, opsiyon primi ya da opsiyon fiyatı adı verilmektedir.

Opsiyon işlemlerinin fiyatlandırılmasına baz teşkil eden modeller üzerinde, daha sonraki bölümlerde detaylı olarak durulacaktır. Fakat bu aşamada, sadece mantıksal olarak opsiyon kontratının hiçbir zaman negatif bir değer taşıyamayacağı söylenebilir. Bunun nedeni ise şöyle açıklanabilir; opsiyon işlemi satın alan tarafa bir hak sağlarken herhangi bir yükümlülük doğurmamaktadır. Dolayısıyla, opsiyon sahibi (satın alan taraf) vade sonunda en kötü ihtimalle opsiyon kontratını yırtarak, sadece vade başında ödediği primi kaybetmekle kalmaktadır.

Bu açıklamaya göre, opsiyonu satın alan tarafın zararı sadece vade başında ödediği opsiyon primi ile sınırlı kalmaktadır. Fakat Opsiyonu yazan taraf ise ciddi bir risk taşımaktadır. Call opsiyonu yazanlar için potansiyel vade sonu zararı, teorik olarak limitsiz bir grafik çizerken, put opsiyonu yazanlar için bu teorik potansiyel zarar, finansal ya da reel varlığın opsiyona konu işlem (kullanım) fiyatı ile sınırlı bulunmaktadır. İşte bu riski üstlenmenin karşılığında, opsiyonu satın alan taraf (riski transfer eden taraf), opsiyonu yazan tarafa (yani riskin transfer edildiği tarafa) bir

prim ödemektedir. Söz konusu risk ve getirilerin grafiksel gösterimine 1.3 no'lu bölümde yer verilmektedir.

Yukarıdaki değerlendirmeye göre, opsiyonların vade sonu değerleri matematiksel gösterimde aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\text{Call} : \text{MAX}(0, S-K) \quad (1.1)$$

$$\text{Put} : \text{MAX}(0, K-S) \quad (1.2)$$

$\text{MAX}(X,Y)$: X ve Y değerlerinden büyük olanı ifade eder

S : Opsiyona konu finansal ya da reel varlığın spot değeri

K : Opsiyon işlem fiyatı

Opsiyonlar ayrıca işleme koyma fiyatının, spot fiyatların altında, üstünde ya da eşit olma durumuna göre farklı adlar almaktadırlar. Call opsiyonları için bu sıralama *karda (in-the-money)*, *zararda (out-of-the-money)* ve *başabaş (at-the-money)* olarak tanımlanırken, put opsiyonları için ilk iki sıra zararda ve karda olarak yer değiştirmektedir [11:9].

	<u>$S > K$</u>	<u>$S < K$</u>	<u>$S = K$</u>
CALL	Karda	Zararda	Başabaş
PUT	Zararda	Karda	Başabaş

Ayrıca önerilen model ve hipotezlerin test edildiği 5 no'lu bölümdeki ampirik çalışmada da kullanıldığı gibi tüm opsiyon türleri için forward değerinde başabaş olarak ifade edilen ve,

$$K = [S.(1+R)] = F$$

K : Opsiyon işlem fiyatı

S : Spot fiyat

R : Risksiz faiz oranı

F : Forward fiyatı

eşitliğinin geçerli olduğu durumları tanımlayan terminoloji de, pratik uygulamalarda sıkça kullanılmaktadır.

1.2.Opsiyon Borsaları

Tarihte resmi anlamda kullanılan ilk opsiyon kavramına, bundan 3,800 yıl önce, kuraklık durumunda çiftçilere borç faizlerini ödememe hakkı veren Hammurabi Kanunları'nda rastlanmaktadır [12:24]. Opsiyon işlemlerinin gerçek anlamda bir risk yönetim aracı olarak kullanılmaya başlanması ise, ancak bu yüzyılın başlarına kadar geriye gitmektedir. Geçen yüzyılın başlarında, kendilerine Put ve Call Komisyoncuları ve Dealerları Birliği diyen bir grup şirket birleşerek ilk opsiyon piyasasını kurmuşlardır [1:18]. Ancak doğaldır ki, bu piyasa yeterli derinlikten ve işlemin karşı tarafına ait kredi riskini ortadan kaldıracak bir kurum güvencesinden yoksun bulunmaktaydı. Bu anlamda ilk opsiyon borsası Şikago Ticaret Odası (*Chicago Board of Trade*) tarafından 1973 yılında, *Chicago Board Options Exchange* (CBOE) adıyla kurulmuştur. İlk put opsiyonları ise 1977 yılında işlem görmeye başlamıştır [1:19].

Daha sonra ABD (Amerika Birleşik Devletleri) ve Avrupa'nın belli başlı hisse senedi borsaları kendi listelerinde işlem gören hisse senetleri üzerinde opsiyon borsalarını kurmaya başlamışlardır. Daha sonraları ise, hisse senedi bazındaki işlemlere, endeks opsiyonları, tahvil ve faiz opsiyonları ve döviz opsiyonları da eklenmiştir. Tablo 1.1, belli başlı opsiyon borsaları ve bu borsalarda işlem gören opsiyon ürünlerini özetlemektedir [13:336-7].

Tablo 1.1-Opsiyon Borsaları

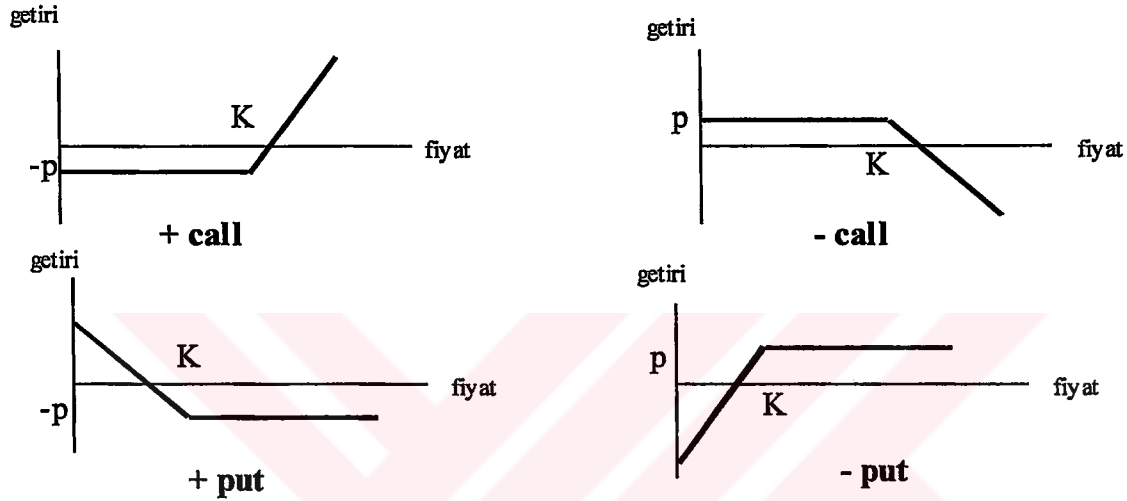
Opsiyon Türü	Borsa Adı
Hisse Senetleri Hisse Senedi Endeksleri Hisse Senedi Endeksi Futures Faiz Futures Döviz ve Döviz Futures Döviz (Gerçek değişim)	<i>CBOE, AMEX, PHLX, PSE, NYSE</i> <i>CBOE, AMEX, PHLX, PSE, NYSE</i> <i>CME, NYFE</i> <i>CBOT, IMM, CME, LIFFE, SIMEX</i> <i>IMM, PHLX, LIFFE, SIMEX</i> <i>PHLX</i>
<i>AMEX : American Stock Exchange</i> <i>CBOE : Chicago Board Options Exchange</i> <i>CME : Chicago Mercantile Exchange</i> <i>IMM : International Monetary Market</i> <i>LIFFE : London International Futures Exchange</i> <i>NYFE : New York Futures Exchange</i> <i>PHLX : Philadelphia Exchange</i> <i>PSE : Pacific Stock Exchange</i> <i>SIMEX : Singapore Exchange</i>	

Son yıllarda opsiyon borsaları dışında işlem gören ve tezgah üstü olarak tanımlanan (*over-the-counter*) opsiyon işlemlerinin hacimlerinde ciddi bir artış gözlemlenmektedir. Bunun başlıca nedenlerini, opsiyon borsalarındaki standart ürünlerin, şirket, yatırımcı ve diğer ekonomik birimlerin, gittikçe artan çeşitlilikteki kendilerine özgü spesifik risklerini karşılamadaki yetersizliği kadar, gelişmekte olan piyasalardaki risklerin henüz bu borsalar tarafından işlem kapsamı içine alınamamış olması da oluşturmaktadır. Gelişmekte olan piyasalara özgü risklerin, bu borsalardaki türev enstrümanlar içinde yeterli ölçüde yer alamayışının başlıca nedeni ise, sözü geçen piyasaların yeterli likiditeyi sağlayacak derinliğe ulaşamamış olmalarından kaynaklanmaktadır.

1.3. Opsiyon İşlemlerinin Vade Sonu Getirileri

Opsiyon işlemleri finansal risklerin yönetimine kazandırdıkları sigorta kavramına [4:273-96] paralel olarak, satın alan ve satan taraflar için farklı bir getiri/risk profili

çizmektedirler. Şekil 1.1'deki grafiklerde de net olarak görüldüğü gibi, opsiyon satın alma işlemlerinin (+ olarak ifade edilenler) potansiyel riski ödenen opsiyon primleriyle sınırlı kalırken, opsiyon satış işlemlerindeki (- olarak ifade edilenler) potansiyel riskler çok yüksek değerler alabilmektedirler. Bu potansiyel riskler call opsiyonları için teorik olarak sınırsız bir grafik çizerken put opsiyonları için yine teorik olarak opsiyona konu finansal varlığın değerinin limitte sıfıra inmesi durumunda, işlem fiyatıyla sınırlı kalmaktadırlar. Grafiklerde, K önceden belirtildiği gibi işlem fiyatını gösterirken, p ise opsiyon primini ifade etmektedir.



Şekil 1.1: Opsiyon İşlemlerinin Getirileri

1.4. Opsiyon Fiyatlarının Alt ve Üst Limitleri

Opsiyon fiyatları, belli değerlerin altına inildiği veya üstüne çıkıldığı zaman arbitraj işlemlerine olanak tanıyacak alt ve üst limitlere sahip bulunmaktadır [5:671]. Bu limitlerin dışına çıkıldığı zaman uygulanan söz konusu arbitrajlar, fiyatları tekrar limitler dahiline çekmektedirler. Teorik fiyat sınırlarının ihlaline ilişkin yapılan ampirik çalışmaların bir kısmı 2.10 no'lu bölümde anlatılmaktadır. Bu fiyat limitlerinin bir kısmı herhangi bir hesaplama gerektirmeksizin mantıksal olarak açıklanabilse de, bir kısmı için matematiksel ispatların fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Aşağıda sırasıyla call ve put opsiyonlarına ilişkin alt ve üst fiyat sınırları belirlenmektedir.

Call opsiyonu için fiyatın teorik üst limiti aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$C \leq S \quad (1.3)$$

Belirlenen bu teorik üst limit hem Amerika hem de Avrupa tipi opsiyonlar için geçerli bulunmaktadır. Herhangi bir ispat gerektirmeksizin şöyle açıklanabilmektedir; hiç kimse bir finansal varlığı satın alma opsiyonu için, o finansal varlığın fiyatından daha yüksek bir değer ödemek istemeyecektir. Aksi takdirde opsiyon satılırken finansal varlık da spot piyasadan satın alınarak sürekli bir arbitraj imkanı yaratılmış olmaktadır.

Put opsiyonları için teorik üst fiyat limiti, Avrupa ve Amerika tipi opsiyonlar için aşağıdaki gibi farklı değerler almaktadır.

Amerika tipi opsiyonlar için:

$$P \leq K \quad (1.4)$$

Avrupa tipi opsiyonlar için:

$$P \leq \left[\frac{K}{(1+R)} \right] \quad (1.5)$$

Buradaki tek fark, Amerika tipi opsiyonların, sadece vade sonunda işlem hakkı veren Avrupa tipi opsiyonlardan farklı olarak, istenildiği zaman işleme konulma özelliğinden kaynaklanmaktadır. İşlem fiyatının (K) üstünde işlem gören bir Amerika tipi put opsiyonu fazla değerli olduğu için hemen satılması gerekmektedir. Çünkü satan taraf, $S > K$ olduğu durumlarda aldığı primin hepsini korurken, $S < K$ olduğu durumlarda da en fazla K kadar ($S = 0$ olduğu zaman) kaybedeceği için hiçbir zaman negatif nakit akışı doğurmayan fakat bazı zamanlarda pozitif nakit akışı sağlayan bir arbitraj gerçekleştirmiş olmaktadır.

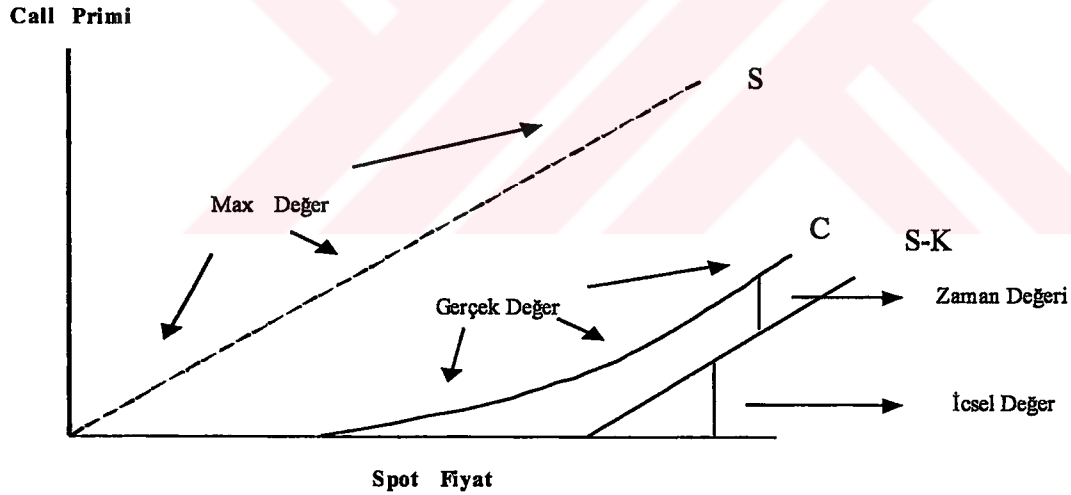
Avrupa tipi opsiyonun analizinde ise, opsiyonu yazan taraf için vade sonunda kaybedilecek en yüksek miktar işlem fiyatı (K) olduğundan (vadede $S = 0$ olduğu durumda), işlem fiyatının bugüne iskonto edilmiş değerinden, $[K/(1+R)]$, yüksek her opsiyon fiyatı bir öncekine benzer bir arbitraj imkanı oluşturmaktadır. Dolayısıyla,

opsiyon fiyatının her zaman, $[K/(1+R)]$ değerinden küçük olması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Call opsiyonunun teorik alt fiyat limiti, hem Amerika, hem de Avrupa tipi opsiyonlar için aynı değeri vermektedir:

$$C \geq [S - \frac{K}{(1+R)}] \quad (1.6)$$

Opsiyon fiyatının “içsel değer” ve “zaman değeri” olmak üzere iki bileşenden oluştuğu varsayılmaktadır. $(S-K)$ değeri Amerika tipi opsiyonlar için, ve $\{S-[K/(1+R)]\}$ değeri de Avrupa tipi opsiyonlar için “içsel değer” (*Intrinsic Value*) olarak tanımlanmaktadır. Opsiyon fiyatının bu değer üzerindeki kısmına ise “zaman değeri” (*Time Value*) adı verilmektedir. Zaman değeri, finansal varlık fiyatının gelecekte daha da yukarı ya da daha da aşağı giderek, opsiyon değerini yükseltme olasılığının iskonto edilmiş hali olarak kabul edilmektedir. Bunun grafiksel gösterimi ise 1.2 no’lu şekildeki gibi oluşmaktadır.



Şekil 1.2: Call Priminin Bileşenleri

Avrupa tipi bir call opsiyonu için, fiyatın (C), yukarıda belirtilen alt limit değerinden, $[S-K/(1+R)]$ daha düşük olduğu bir durum ele alınacak olursa:

$$C < [S - \frac{K}{(1+R)}] \quad \text{ise,}$$

Opsiyon fiyatı (C), alt limit değerinin altında olduğu için, arbitraj işlemine, bu düşük değerlenen opsiyon satın alınarak başlanmalıdır. Sonrasında portföye, açığa satılan (açığa satışın mümkün olduğu varsayılmaktadır) bir türeve konu enstrüman ve elde oluşan miktarın da risksiz faiz oranından yatırıma dönüştürüldüğü bir bono eklendiği varsayılmaktadır. (Bknz. Tablo 1.2)

Tablo 1.2- Call Opsiyonu Alt Limit İhlalinde Arbitraj

	Portföy Bugün	Vade Sonu $S \leq K$	Vade Sonu $S > K$
+ Opsiyon	$-C$	0	$S-K$
- Hisse Senedi	$+S$	$-S$	$-S$
+ Bono	$(-S+C)$	$[(S-C).(1+R)] = A$	$[(S-C).(1+R)] = A$
Nakit Akışı	0	$A-S$	$A-K$

Tablo 1.2’de görüldüğü gibi, portföy bugün için bir nakit çıkışı gerektirmezken, vade sonu değerlerine bakıldığı zaman:

Vade sonunda $S > K$ iken:

$$C < [S - \frac{K}{(1+R)}]$$

$$[(S-C).(1+R)] > K$$

$$A > K$$

$$A - K > 0$$

Vade sonunda $S \leq K$ iken:

$A > K$ (yukarıda ispatlanmıştı) ve,

$$K > S \text{ ise,}$$

$$A - S > 0$$

Sonucuna ulaşılmaktadır ki, bu da sıfır yatırımla pozitif nakit akışının sağlandığı bir arbitraj karı anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, opsiyon fiyatının belirtilen sınırın altında olması durumunda yukarıda açıklanan arbitraj işlemleri, fiyatı alt sınırın üstüne, yani olması gereken bandın içine taşıyacaktır. Bu durum Avrupa tipi opsiyon için ispatlanmışken aynı limitin Amerika tipi opsiyonlar için de geçerli olacağı bir ispat gerektirmeksizin söylenebilir, çünkü daha önce de belirtildiği gibi, her türlü Amerika tipi opsiyon, en az, aynı özellikteki Avrupa tipi opsiyon kadar ya da daha fazla değerli olmalıdır. Nedeni ise, yine daha önce belirtildiği gibi, Amerika tipi opsiyonlar bugün dahil, vadeye kadar her zaman satın alma ya da satma hakkı verirken, Avrupa tipi opsiyonlar bu hakkın kullanımını sadece vade sonunda tanımaktadırlar. Dolayısıyla, birincisinin her zaman en az ikincisi kadar değerli olması gerekmektedir.

Put opsiyonuna ait teorik alt fiyat limiti ise, üst limit değeri gibi, Avrupa ve Amerika tipi opsiyonlar için farklı değerler almaktadır.

Bu değer Amerika tipi opsiyonlar için,

$$P \geq K - S, \quad (1.7)$$

Avrupa tipi opsiyonlar içinse,

$$P \geq \left\{ \left[\frac{K}{(1+R)} \right] - S \right\} \quad (1.8)$$

şeklinde oluşmaktadır.

Yine daha önce yapılan bir tanımlamanın üstünden put opsiyonu için geçilecek olursa; Put opsiyonunun içsel değeri Amerika tipi opsiyonlarda, $(K-S)$ değerine eşitken, Avrupa tipi opsiyonlar için $\left[\frac{K}{(1+R)} - S \right]$ değerine eşit bulunmaktadır.

Opsiyon fiyatları bu değerlerden yüksekse, primli kısım opsiyonun zaman değerini oluşturmaktadır ki, bu da, daha önce belirtildiği gibi, gelecekte opsiyonun içsel değerindeki büyüme potansiyelinin fiyata yansıtılmasından kaynaklanmaktadır.

Yukarıda belirlenen teorik alt fiyat sınırları, Amerika tipi opsiyonlar için şöyle açıklanabilmektedir. Eğer $P < (K - S)$ ise opsiyon ve finansal varlık satın alınırken, aynı zamanda put opsiyonu kullanılarak (Amerika tipi olduğu için), yani işlem değerinden (K) , satılarak, anında arbitraj karı elde edilebilmektedir. Çünkü,

$$P < K - S \text{ ise,}$$

$$K - S - P > 0$$

eşitsizliği söz konusu arbitrajı net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Avrupa tipi put opsiyonunun alt limiti ise daha düşük bir seviyede oluşmaktadır ki, bunun da nedeni, sadece vade sonunda kullanılabilmesinden kaynaklanmaktadır.

Yine $P < [\frac{K}{(1+R)} - S]$, durumunda uygulanacak strateji aynı olacaktır. Put opsiyonu

ve finansal varlık satın alınırken, yatırım risksiz faiz oranından finanse edilerek, bugün sıfır nakit çıkışıyla vade sonunda pozitif bir nakit akışı elde edilmiş bulunmaktadır ki, bu da arbitraj karı olarak tanımlanmaktadır. (Bknz. Tablo 1.3)

Tablo 1.3- Put Opsiyonu Alt Limit İhlalinde Arbitraj

	Portföy Bugün	Vade Sonu $K \leq S$	Vade Sonu $K > S$
+Put	$-P$	0	$K - S$
+ Hisse Senedi	$-S$	S	S
- Bono	$S + P$	$-(S + P) \cdot (1 + R) = -A$	$-(S + P)(1 + R) = -A$
Nakit Akışı	0	$S - A$	$K - A$

Tablo 1.3'deki vade sonu nakit akışları irdelenecek olursa:

Vade sonunda $K > S$ iken:

$$P < \left[\frac{K}{(1+R)} - S \right] \quad \text{ise,}$$

$$[(P+S).(1+R)] < K,$$

Dolayısıyla,

$$A < K \quad \text{ve}$$

$$K-A > 0$$

Vade sonunda $K \leq S$ iken:

$$K < S \quad \text{ve,}$$

$$A < K \quad (\text{yukarıda elde edilmişti}) \text{ ise,}$$

$$S-A > 0$$

elde edilmektedir.

Yine bugün net bir nakit çıkışı olmaksızın vade sonunda pozitif nakit akışı sağlayan bir arbitraj imkanı yaratılmış bulunmaktadır ki, bu işlemin sürekli yapılması sonucunda opsiyon fiyatı olması gereken bandın içine çekilmiş olacaktır.

Böylece call ve put opsiyonlarına ilişkin alt ve üst fiyat sınırları belirlenmiş bulunmaktadır. Teorik fiyat sınırı ihlallerinde uygulanan arbitraj işlemleri, opsiyon ürünlerinin fiyatlandırılmasında bir çığır açan Black/Scholes modelinin temelini oluşturması açısından önem kazanmaktadır. İkinci bölümde yer alan fiyatlama modellerinin tümünde, opsiyon ürünlerinin arbitraja dayalı ve dolayısıyla

yatırımcıların risk tercihlerinden bağımsız olarak fiyatlandırılma yöntemi ana dayanak noktasını oluşturmaktadır. Bu fiyatlama modelleri bundan sonraki bölümde ayrıntılı analizleriyle ele alınmaktadır.



2. OPSİYON FİYATLAMA MODELLERİ

Opsiyon fiyatlama modellerinin dayandıkları temel varsayımlar, bu varsayımlardan hareketle oluşturulan değerlendirme yöntemleri ve kullanılan matematik teknikleri, finansal piyasalarda ağırlığı gittikçe artan ve gelecekte Türkiye'deki finansal piyasalarda da daha derin uygulama alanı bulacağı kuşkusuz olan bu ürünlerin doğru fiyatlandırılmaları ve sonrasında oluşan fiyat risklerinin etkin yönetimi açısından büyük önem kazanmaktadır. Bu bölümde opsiyon fiyatlama modelleri, öncelikle basite indirgenmiş yapılar içinde ve değerlemeyi etkileyen temel parametrelerin analizini ve yanlış fiyatlandırma durumundaki arbitraj örneklerini de kapsayacak şekilde ele alınmaktadır. Daha sonra, bu basit yapılardan gerçek hayata uyarlanan gelişmiş modellere geçiş irdelenmekte ve daha basit (lineer) yapılarıyla forward kontratlara da (diğer bir türev enstrüman olarak), sağlama amacıyla, fiyatlama modellerinin analizinde yer verilmektedir. Bölümün sonunda ise, analizi yapılan fiyatlama modelleri üzerinde şimdiye kadar gerçekleştirilen ampirik testlerin bir kısmına ait sonuçlar aktarılmaktadır.

2.1. Eşit Olasılık Dağılımı ve Risk Nötralitesi Durumunda Fiyatlama

Eşit olasılık dağılımı varsayımı basite indirgenmiş bir model içinde, fiyatlamamanın ve fiyatı etkileyen parametrelerin fiyat üzerindeki etkisinin analizini kolaylaştırmaya olanak sağlamaktadır. Eşit olasılık dağılımı varsayımında, finansal (ya da reel) varlığın (örneğin hisse senedi), bir sonraki vade sonunda oluşacak fiyat aralığındaki tüm fiyat noktalarının eşit olarak gerçekleşme olasılığının bulunduğu varsayılmaktadır. Böyle bir durumda, hisse senedinin bugünkü fiyatının (yatırımcının risk-nötr olduğu varsayılırsa), bir sonraki vadede beklenen fiyatın risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle elde edilen değere eşit olması gerekmektedir. Bir sonraki vade sonunda beklenen değerin ise, eşit olasılık dağılımı olduğu varsayıldığı için, beklenen fiyat aralığının orta noktasına eşit olması gerekmektedir.

Bugünkü opsiyon fiyatına da yine aynı yöntemle, bir sonraki vade sonunda beklenen opsiyon değerinin risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle ulaşılabacaktır. Böyle bir durumda, opsiyonun bir sonraki dönem için beklenen fiyatı, opsiyonun vade sonu fiyat bandındaki değerlerin, bu değerlere ilişkin gerçekleşme olasılıklarıyla çarpılmasıyla bulunacak değere eşit olmalıdır. Bu değer de risksiz faiz oranından iskonto edilmiş hali opsiyonun bugünkü fiyatını verecektir. Tüm bu ifadenin formüle edilmiş şekli aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$C = \frac{E(V_c)}{(1+R)}$$

$$C = \frac{\{P_{(S>K)} \cdot E(V_{C,S>K})\} + \{(1 - P_{(S>K)}) \cdot E(V_{C,S<K})\}}{(1+R)} \quad (2.1)$$

C : Call opsiyonunun bugünkü fiyatı

R : Opsiyon vadesi için geçerli risksiz faiz oranı

$E(V_C)$: Call opsiyonunun beklenen vade sonu değeri

$P_{(S>K)}$: Vade sonunda spot fiyatın (S), işlem fiyatından (K), yüksek gerçekleşme olasılığı

$E(V_{C,S>K})$: Vade sonunda spot fiyatın (S), işlem fiyatının (K), üstünde gerçekleşmesi durumunda, opsiyon fiyatının beklenen değeri

$E(V_{C,S<K})$: Vade sonunda spot fiyatın (S), işlem fiyatının (K), altında gerçekleşmesi durumunda, opsiyon fiyatının beklenen değeri

Hisse senedi fiyat bandı içindeki her değer için gerçekleşme olasılığı eşit varsayıldığından, vade sonunda spot fiyatın (S), işlem fiyatının (K) üstünde gerçekleşme olasılığı vade sonu ($S > K$) değer aralığının, toplam (S) değer aralığına bölünmesiyle bulunabilmektedir.

$$P_{(S>K)} = \frac{(S_y - K)}{V_{S[]}} = \frac{(S_y - K)}{(S_y - S_d)} \quad (2.2)$$

$P_{(S>K)}$: Vade sonunda spot fiyatın (S), işlem fiyatından (K), yüksek gerçekleşme olasılığı

K : Opsiyon işlem fiyatı

$V_{S[]}$: Vade sonunda spot fiyatın (S) değer aralığı

S_y : Vade Sonunda spot fiyatın (S), en yüksek değeri

S_d : Vade sonunda spot fiyatın (S), en düşük değeri

Yukarıdaki formüller, put opsiyonunun fiyatlandırılması durumunda ise aşağıdaki şekilde oluşmaktadır:

$$P = \frac{E(V_P)}{(1 + R)}$$

$$P = \frac{\{P_{(S<K)} \cdot E(V_{P,S<K})\} + \{(1 - P_{(S<K)}) \cdot E(V_{P,S>K})\}}{(1 + R)} \quad (2.3)$$

P : Put opsiyonunun bugünkü fiyatı

R : Opsiyon vadesi için geçerli risksiz faiz oranı

$E(V_P)$: Put opsiyonunun beklenen vade sonu değeri

$P_{(S<K)}$: Vade sonunda spot fiyatın (S), işlem fiyatından (K), düşük gerçekleşme olasılığı

$E(V_{P,S<K})$: Vade sonunda spot fiyatın (S), işlem fiyatının (K), altında gerçekleşmesi durumunda, opsiyon fiyatının beklenen değeri

$E(V_{P,S>K})$: Vade sonunda spot fiyatın (S), işlem fiyatının (K), üstünde gerçekleşmesi durumunda, opsiyon fiyatının beklenen değeri

$$P_{(S<K)} = \frac{(K - S_d)}{V_{S[]}} = \frac{(K - S_d)}{(S_y - S_d)} \quad (2.4)$$

$P_{(S<K)}$: Vade sonunda spot fiyatın (S), işlem fiyatından (K), düşük gerçekleşme olasılığı

K : Opsiyon işlem fiyatı

$V_{S[]}$: Vade sonunda spot fiyatın (S) değer aralığı

S_y : Vade Sonunda spot fiyatın (S), en yüksek değeri

S_d : Vade sonunda spot fiyatın (S), en düşük değeri

Formülasyonun oluşturulmasından sonra, opsiyonların fiyatlandırılma işlemi ve opsiyon fiyatını etkileyen vade sonu değer aralığı (diğer anlamıyla volatilité) ve spot fiyat gibi temel parametrelerin analizi, örnekler yardımıyla aktarılacaktır.

Öncelikle parametrelerine ilişkin değerlerin aşağıda verildiği call opsiyonu, vade sonu fiyat aralığının eşit olasılık dağılımına sahip olduğu varsayımına dayanılarak yukarıda oluşturulan formüller kullanılarak fiyatlandırılacak olursa:

$V_{S[]}$: [1,000 - 5,000] TL

S_d : 1,000 TL

S_y : 5,000 TL

K : 3,000 TL

R : %10

Vade : 1 Dönem

Bu durumda, opsiyonun bir sonraki dönem değeri aralığı ($V_{C[]}$) aşağıdaki gibi oluşacaktır:

$$V_{C[]} = [\text{MAX}(0, S_d - K) - \text{MAX}(0, S_y - K)]$$

$$V_{C[]} = [\text{MAX}(0, -2,000) - \text{MAX}(0, 2,000)]$$

$$V_{C[]} = [0 - 2,000]$$

Bu aralık, kendi içinde eşit olasılık dağılımına sahip olduğu için, hisse senedinin vade sonunda 3,000 TL değerinin üstünde olması halinde, opsiyonun beklenen değeri $E(V_{C, S > K})$, aralığın orta noktasına karşılık gelmektedir:

$$E(V_{C, S > K}) = (0 + 2,000) / 2 = 1,000 \text{ TL}$$

Opsiyonun bu beklenen değerinin gerçekleşme olasılığı [$p_{(S > K)}$]:

$$p_{(S > K)} = \frac{(S_y - K)}{V_{S[]}} = \frac{(S_y - K)}{(S_y - S_d)} = \frac{(5,000 - 3,000)}{(5,000 - 1,000)} = 0.5$$

Dolayısıyla opsiyonun vade sonu beklenen değeri:

$$E(V_C) = \{p_{(S > K)} \cdot E(V_{C, S > K})\} + \{(1 - p_{(S > K)}) \cdot E(V_{C, S < K})\}$$

$$E(V_C) = [(0.5) \cdot (1,000)] + [(0.5) \cdot (0)] = 500 \text{ TL}$$

Opsiyonun bugünkü değeri ise yukarıda bulunan vade sonu beklenen değerinin risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle bulunacaktır:

$$C = \frac{E(V_e)}{(1 + R)} = \frac{500}{[1 + (0.1)]} = 455 \text{ TL}$$

Aynı örneğe ilişkin değerler put opsiyonunun fiyatlandırılması için kullanılacak olursa:

$$V_{S[]} : [1,000 - 5,000] \text{ TL}$$

$$S_d : 1,000 \text{ TL}$$

$$S_y : 5,000 \text{ TL}$$

$$K : 3,000 \text{ TL}$$

$$R : \%10$$

$$\text{Vade} : 1 \text{ Dönem}$$

Bu durumda, opsiyonun bir sonraki dönem değer aralığı ($V_{P[]}$):

$$V_{P[]} = [\text{MAX}(0, K - S_d) - \text{MAX}(0, K - S_y)]$$

$$V_{P[]} = [\text{MAX}(0, -2,000) - \text{MAX}(0, 2,000)]$$

$$V_{P[]} = [0 - 2,000]$$

Bu aralık kendi içinde eşit olasılık dağılımına sahip bulunduğu için, hisse senedinin vade sonunda 3,000 TL değerinin altında kalması halinde, opsiyonun beklenen değeri $E(V_{P, S < K})$, yine aralığın orta noktasında oluşmaktadır:

$$E(V_{P, S < K}) = (0 + 2,000) / 2 = 1,000 \text{ TL}$$

Opsiyonun bu beklenen değerinin gerçekleşme olasılığı [$p_{(S < K)}$]:

$$p_{(S < K)} = \frac{(K - S_d)}{V_{S[]}} = \frac{(K - S_d)}{(S_y - S_d)} = \frac{(3,000 - 1,000)}{(5,000 - 1,000)} = 0.5$$

Bu değer, opsiyonun vade sonu beklenen değerine $[E(V_p)]$ ulaşmak için kullanılacaktır:

$$E(V_p) = \{p_{(S < K)} \cdot E(V_p, S < K)\} + \{(1 - p_{(S < K)}) \cdot E(V_p, S > K)\}$$

$$E(V_p) = [(0.5) \cdot (1,000)] + [(0.5) \cdot (0)] = 500 \text{ TL}$$

Opsiyonun bugünkü değerine ise, yine yukarıda bulunan vade sonu beklenen değerinin risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle ulaşılabacaktır:

$$P = \frac{E(V_p)}{(1 + R)} = \frac{500}{[1 + (0.1)]} = 455 \text{ TL}$$

Call ve put opsiyon değerlerinin, opsiyonların işlem fiyatı olan (K) 'nın örnekte kullanılan değerinde (3,000 TL) birbirine eşit çıkması, daha sonra “Put-Call Paritesi” konusunun ayrıntılı olarak anlatılacağı (2.9) no’lu bölümde görüleceği gibi önemli bir sonuca işaret etmektedir

2.1.1. Finansal Varlık Fiyatının Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

Finansal varlık (hisse senedi) fiyatının, opsiyon değerini nasıl etkilediğine ilişkin analiz için yukarıdaki örnekler üzerinde çalışılacaktır. Fakat daha öncesinde, artan hisse senedi fiyatının, belli bir fiyattan satın alma hakkı veren call opsiyonlarının değerini pozitif etkilerken, belli bir fiyattan satma hakkı veren put opsiyonlarının değerini negatif etkilemesi gerektiği sonucuna mantık yürüterek varmak mümkün olmaktadır. Aynı çerçevede, düşen hisse senedi fiyatı için de ilişki tam ters yönde işlemektedir.

Bir önceki bölümde, call opsiyonunun fiyatlandırıldığı ilk örnekte vade sonu fiyat aralığının 1,000 TL yukarı hareket ettiği düşünülecek olursa (hisse senedinin ait olduğu şirketin büyük bir ihale kazandığı ve bunun ileriye dönük satışlar üzerindeki olumlu etkisinin fiyatlara yansıdığı varsayılın), parametrelerin yeni hali aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$V_{s[]} : [2,000 - 6,000] \text{ TL}$$

$$S_d : 2,000 \text{ TL}$$

$$S_y : 6,000 \text{ TL}$$

$$K : 3,000 \text{ TL}$$

$$R : \%10$$

$$\text{Vade} : 1 \text{ Dönem}$$

Yeni verilere göre opsiyonun vade sonu değer aralığı ise aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

$$V_{c[]} = [\text{MAX}(0, S_d - K) - \text{MAX}(0, S_y - K)]$$

$$V_{c[]} = [\text{MAX}(0, -1,000) - \text{MAX}(0, 3,000)]$$

$$V_{c[]} = [0 - 3,000]$$

Yine bu aralığın kendi içinde eşit olasılık dağılımına sahip olduğu bilindiği için, hisse senedinin vade sonunda 3,000 değerinin üstünde olması halinde, opsiyonun beklenen değeri $[E(V_{C, S > K})]$, beklendiği gibi artarak 1,500 TL değerine ulaşmış bulunmaktadır:

$$E(V_{C, S > K}) = (0 + 3,000) / 2 = 1,500 \text{ TL}$$

Opsiyonun bu beklenen değerinin gerçekleşme olasılığı $[p_{(S > K)}]$ ise beklendiği gibi, $E(V_{C, S > K})$ değerindeki artışın etkisiyle, yükseliş göstererek önceki 0.5 değerinden 0.75 değerine ulaşmaktadır:

$$p_{(S > K)} = \frac{(S_y - K)}{V_{s[]}} = \frac{(S_y - K)}{(S_y - S_d)} = \frac{(6,000 - 3,000)}{(6,000 - 2,000)} = 0.75$$

Bu durumda opsiyonun vade sonu beklenen değeri $E(V_C)$, $E(V_{C,S>K})$ ve $p_{(S>K)}$ 'nin her ikisindeki artışın etkisiyle yükselerek, önceki değeri 500 TL'den, 1,125 TL'ye çıkmaktadır:

$$E(V_C) = \{p_{(S>K)} \cdot E(V_{C,S>K})\} + \{(1 - p_{(S>K)}) \cdot E(V_{C,S<K})\}$$

$$E(V_C) = [(0.75) \cdot (1,500)] + [(0.25) \cdot (0)] = 1,125 \text{ TL}$$

Opsiyonun bugünkü değerine, yine yukarıda bulunan vade sonu beklenen değerinin risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle ulaşılabacaktır.

$$C = \frac{E(V_C)}{(1+R)} = \frac{1,125}{[1+(0.1)]} = 1,023 \text{ TL}$$

Sonuç olarak artan fiyat beklentisi (ve dolayısıyla artan spot fiyatlar), hem vade sonu hisse senedi fiyatının opsiyon işlem fiyatının üzerine çıkma olasılığını arttırarak, (önceki $[p_{(S>K)}] = 0.5$, artan fiyat sonrasında ise $[p_{(S>K)}] = 0.75$) hem de bu durumda opsiyonun beklenen değerinin artmasını sağlayarak (önceki $E(V_C) = 1,000$ TL, artan fiyat beklentisiyle $E(V_C) = 1,500$ TL), opsiyon fiyatı üzerinde çift taraflı ve birbiriyle uyumlu pozitif bir etki oluşturmuştur. Bunun sonucu olarak da call opsiyonu değeri 455 TL'den 1,023 TL'ye yükselmiştir.

Yine aynı örnek put opsiyonu üzerinde tekrarlanacak olursa:

Aynı şekilde, yukarıda bahsedilen etkiyle hisse senedi vade sonu fiyat aralığının yukarı yönde hareket ettiği düşünölsün.

Bu durumda, put opsiyonunun bir sonraki dönem değeri aralığı ($V_{P[]}$) ve buna bağılı olarak $[E(V_{P,S<K})]$ ve $[p_{(S<K)}]$ değeri aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

$$V_{P[]} = [\text{MAX}(0, K - S_d) - \text{MAX}(0, K - S_y)]$$

$$V_{P[]} = [\text{MAX}(0, 1,000) - \text{MAX}(0, -3,000)]$$

$$V_{P[]} = [0 - 1,000]$$

$$E(V_{P,S < K}) = (0 + 1,000) / 2 = 500 \text{ TL}$$

$$p_{(S < K)} = \frac{(K - S_d)}{V_{S[]}} = \frac{(K - S_d)}{(S_y - S_d)} = \frac{(3,000 - 2,000)}{(6,000 - 2,000)} = 0.25$$

Bu sonuçlar daha önce elde edilen put opsiyonunun bugünkü fiyatına ilişkin formüle yerleştirilecek olursa:

$$P = \frac{E(V_P)}{(1 + R)}$$

$$P = \frac{\{p_{(S < K)} \cdot E(V_{P,S < K})\} + \{(1 - p_{(S < K)}) \cdot E(V_{P,S > K})\}}{(1 + R)}$$

$$P = \frac{\{(0.25) \cdot (500)\} + \{(1 - 0.25) \cdot (0)\}}{[1 + (0.1)]}$$

$$P = \frac{125}{1.1} = 114 \text{ TL}$$

Bu örneklerden elde edilen sonuçlar da başlangıçta yürütülen mantık zincirini doğrulamaktadır. Artan hisse senedi fiyatı call opsiyonunun değerini 455 TL'den 1,023 TL'ye çıkarırken put opsiyonunun değerini 455 TL'den 114 TL'ye düşürmüş bulunmaktadır.

2.1.2. Finansal Varlık Vade Sonu Fiyat Arahğının (Volatilité), Opsiyon Değeri Üzerindeki Etkisi

Bu analizde de, beklenen gelecek değerin değışmediğı fakat, fiyat yelpazesinin genişlediğı ve bu gelişmenin opsiyon fiyatını nasıl etkilediğı incelenecektir. Fiyat

aralığındaki genişleme, gerçek hayatta volatilitede yaşanacak bir sıçramaya karşılık gelmektedir. Yine aynı örnek üzerindeki çalışmaya geçilmeden önce, sadece mantık yürüterek şu söylenebilir: Opsiyon kontratı satın alan taraf için bir yükümlülük değil de bir hak doğurduğu için, geleceğe dönük fiyat aralığının her iki yönde aynı oranda genişlemesi, pozitif olasılıktaki getiriyi arttırırken negatif olasılıktaki getiriyi değiştirmemektedir. Opsiyon fiyatının hiçbir zaman negatif bir değer alamayacağı daha önce belirtilmişti. Dolayısıyla, vade sonu fiyat aralığının genişlemesi, opsiyon fiyatını ancak pozitif yönde etkilemektedir.

Karşılaştırmalı bir analiz yapılabilmesi için, bir önceki bölümde yer alan örnek üzerinde çalışılacaktır. Değişkenler içinde, sadece hisse senedi fiyat aralığının değiştiği ve [2,000-6,000] bandından, [1,000-7,000] bandına genişlediği düşünölsün.

$$V_{s[]} : [1,000 - 7,000] \text{ TL}$$

$$S_d : 1,000 \text{ TL}$$

$$S_y : 7,000 \text{ TL}$$

$$K : 3,000 \text{ TL}$$

$$R : \%10$$

$$\text{Vade} : 1 \text{ Dönem}$$

Yeni durumda, hisse senedinin gelecekte beklenen değeri değişmemekte ve her iki durum için de 4,000 TL olarak kalmaktadır. Dolayısıyla, gelecekteki beklenen değerin iskonto edilmiş hali olan bugünkü değeri (S) de değişmemektedir.

$$S = \frac{E(V_c)}{(1 + R)} = \frac{4,000}{1.1} = 3,636 \text{ TL}$$

Opsiyona ait vade sonu değeri aralığı ise aşağıdaki şekilde oluşmaktadır:

$$V_{c[]} = [\text{MAX}(0, S_d - K) - \text{MAX}(0, S_y - K)]$$

$$V_{c[1]} = [\text{MAX}(0, -2,000) - \text{MAX}(0, 4,000)]$$

$$V_{c[1]} = [0 - 4,000]$$

Bu aralık kendi içinde eşit olasılık dağılımına sahip bulunduğu için, hisse senedinin vade sonunda 3,000 TL değerinin üstünde olması halinde, opsiyonun vade sonu beklenen değeri $[E(V_{C,S>K})]$, bu vade sonu beklenen değerin gerçekleşme olasılığı $[P_{(S>K)}]$ ve opsiyonun vade sonu beklenen değeri $[E(V_C)]$ aşağıdaki gibi gerçekleşmektedir:

$$E(V_{C,S>K}) = (0 + 4,000) / 2 = 2,000 \text{ TL}$$

$$P_{(S>K)} = \frac{(S_y - K)}{V_{s[1]}} = \frac{(S_y - K)}{(S_y - S_d)} = \frac{(7,000 - 3,000)}{(7,000 - 1,000)} = 0.66$$

$$E(V_C) = \{[P_{(S>K)} \cdot E(V_{C,S>K})] + [(1 - P_{(S>K)}) \cdot E(V_{C,S<K})]\}$$

$$E(V_C) = [(0.66) \cdot (2,000)] + [(1 - 0.66) \cdot (0)] = 1,333 \text{ TL}$$

Opsiyonun bugünkü değerine ulaşmak için, vade sonu beklenen değerin yine risksiz faiz oranından iskonto edilmesi gerekmektedir.

$$C = \frac{E(V_c)}{(1 + R)} = \frac{1,333}{[1 + (0.1)]} = 1,212 \text{ TL}$$

Bu sonuca göre, genişleyen vade sonu fiyat aralığı (yani değişkenlik ya da volatilitedeki artış) hisse senedinin bugünkü değerini etkilemezken (her iki durum için bu değerin 3,636 TL'de olduğu yukarıda gösterilmişti), call opsiyonunun değerini ise önceki seviyesi olan 1,023 TL'den, 1,212 TL'ye çıkarmış bulunmaktadır.

Aynı çalışma put opsiyonu için yapılacak olursa:

Opsiyonun bir sonraki dönem değer aralığı aşağıdaki gibi oluşacaktır.

$$V_{P[]} = [\text{MAX}(0, K - S_d) - \text{MAX}(0, K - S_y)]$$

$$V_{P[]} = [\text{MAX}(0, 2,000) - \text{MAX}(0, -4,000)]$$

$$V_{P[]} = [0 - 2,000]$$

Buna bağılı olarak $[E(V_{P,S < K})]$, $[p_{(S < K)}]$ ve $E(V_P)$ değerleri tekrar oluşturulursa:

$$E(V_{P,S < K}) = (0 + 2,000) / 2 = 1,000 \text{ TL}$$

$$p_{(S < K)} = \frac{(K - S_d)}{V_{S[]}} = \frac{(K - S_d)}{(S_y - S_d)} = \frac{(3,000 - 1,000)}{(7,000 - 1,000)} = 0.33$$

$$E(V_P) = \{[p_{(S < K)} \cdot E(V_{P,S < K})] + [(1 - p_{(S < K)}) \cdot E(V_{P,S > K})]\}$$

$$E(V_P) = [(0.33) \cdot (1,000)] + [(1 - 0.33) \cdot (0)] = 333 \text{ TL}$$

Opsiyonun bugünkü fiyatı yine, $[E(V_P)]$ değerinin risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle bulunacaktır:

$$P = \frac{E(V_P)}{(1 + R)} = \frac{333}{[1 + (0.1)]} = 303 \text{ TL}$$

Başangıçta kurulan mantık zincirini doğrulayacak şekilde, hisse senedinin vade sonu fiyat aralığındaki genişleme (diğer bir ifadeyle volatilité, değışkenlik ya da varyans değeriindeki artış) hisse senedinin bugünkü fiyatını değıştirmezen, her iki opsiyon değeriini de olumlu etkilemiş ve call opsiyonu fiyatını 1,023 TL'den, 1,212 TL'ye, put opsiyonu fiyatını da 114 TL'den 303 TL'ye yükseltmiştir.

Böylece hisse senedi fiyatı ve volatilitenin call ve put opsiyon değeriileri üzerindeki etkileri basite indirgenmiş bir model üzerinde incelenmiş bulunmaktadır. Bu

bulgular, daha sonraki bölümlerde de görüleceği gibi, gerçeğe daha yakın ve daha gelişmiş fiyatlama modelleri tarafından da doğrulanmaktadır.

Yapılan analize son bir ekleme, opsiyon fiyatlarındaki değişimler üzerine olacaktır. Örneklerde de gösterildiği gibi, opsiyon fiyatlarındaki yüzdesel değişimler, hisse senedi fiyatlarındaki yüzdesel değişimlerden çok daha yüksek olmaktadır. Bu durum daha önce de belirtildiği gibi, opsiyon fiyatlarının, hisse senedi ya da diğer finansal varlık fiyatlarından daha değişken (volatil) olduğu tespitini doğrulamaktadır. Opsiyon fiyatındaki değişimin hem yüzdesi, hem de türeve konu finansal varlık ve opsiyon fiyatlarındaki mutlak değişim farkı, opsiyon zararda konumdan (*out-of-money*), karda konuma (*in-the-money*) hareket ettikçe azalmaktadır. Bu durum hem finansal varlık fiyatındaki hem de volatilitedeki değişimlerin opsiyon fiyatı üzerindeki etkisi için geçerli bulunmaktadır.

2.2. Tek Zamanlı Binomial Model

Binomial modelde bir önceki eşit olasılıklı dağılım aralığı modelinden farklı olarak, finansal varlığın vade sonu değeri için sadece iki seçenek geçerli bulunmaktadır. Yine önceki modelden farklı olarak, seçeneklerle ilişkilendirilecek herhangi bir olasılık dağılımından söz edilmemektedir. Bu yapıya binomial olasılık dağılımı adı verilmektedir [1:14]. Model öngörüsünde bilinen sadece, vade sonu değerininin, iki seçenekten birine eşit olacağı varsayımına dayanmaktadır. Ancak önceki model gibi, binominal model de zaman aralıklı (*discrete time*) bir model olarak tanımlanmaktadır.

Yıllar boyunca araştırmacılar opsiyon fiyatlamasında bir model geliştirebilmek için, yatırımcıların gerçek hayattaki riskten kaçan yapısı ve vade sonu opsiyon fiyatının olasılık dağılımı üzerine kurulu problemleri çözmeye çalışmışlardır. Ancak opsiyonlara ait vade sonu olasılık dağılımının pozitif yöndeki eğik şekli, Sermaye Piyasası Fiyatlama Modeli (finansal literatürde bilinen adıyla CAPM) gibi modellerin, bu ürünleri fiyatlamaya uygun olmaması sonucunu doğurmaktadır [14:466]. Diğer bir ifadeyle, opsiyon fiyatı yatırımcıların risk tercihlerinden bağımsız olarak şekillenmektedir. Yatırımcıların risk tercihleri opsiyon fiyatlamasına ancak dolaylı olarak, opsiyona konu finansal ya da reel varlığın fiyatı içinde girmektedir.

İlk olarak 1973 yılında Fischer Black ve Myron Scholes'un bu ürünlerin fiyatlandırılmasında risksiz portföy oluşturulmasına yönelik bakış açıları yeni bir çağır açmıştır. Bu model hisse senetleri ve opsiyonlardan oluşacak risksiz bir portföy kombinasyonunun, risksiz faiz getirisini sağlaması gerektiği varsayımından yola çıkarak opsiyon değerlerini fiyatlamaya çalışmıştır [14:466].

Bu bakış açısı, aşağıdaki tek zamanlı binomial modelde de uygulanmaktadır. Modelin tek zamanlı olması gerçek hayata uygulanabilirliği açısından bir sorun yaratmamaktadır, çünkü bu model çalıştığı takdirde, zaman aralığı süresi kısaltılırken, periyod sayısı artırılarak gerçek hayattaki çok geniş fiyat aralığına yaklaşmak mümkün olmaktadır. Bu ikinci model ise Çok Zamanlı Binomial Model olarak tanımlanmaktadır ve bundan sonraki bölümde incelenecektir.

Rakamsal örneğe geçilmeden önce, oluşturulacak risksiz portföyün kombinasyonu ne şekilde olmalıdır diye düşünülecek olursa:

Eşit olasılık dağılımı modelinde görüldüğü ve daha önce sadece mantık yürüterek aynı sonuca varıldığı gibi, finansal varlık ya da hisse senedi fiyatı ile call (put) değeri arasında pozitif (negatif) bir ilişki bulunmaktadır. Yani hisse senedinin değeri artarken call (put) opsiyonunun değeri de artmaktadır (düşmektedir). Dolayısıyla riski sıfırlanmış (kendi içinde hedge edilmiş) bir portföy oluşturulabilmesi için, hisse senedi ve opsiyondan (call ya da put) oluşacak risksiz portföyde, hisse senedi satın alınmışsa, call (put) opsiyonunun satılması (satın alınması), ya da hisse senedi satılmışsa call (put) opsiyonunun satın alınması (satılması) gerekmektedir.

Hisse senedi ve opsiyon miktarlarının (analizde call opsiyonu ile oluşturulacak portföy üzerinde çalışılacaktır) belirlenmesinde ise, oluşturulacak portföyün risksiz olma özelliğinden yola çıkarak, vadedeki her hisse senedi değerinde aynı getiriyi (yani risksiz faiz oranı) ve dolayısıyla aynı değeri vermesi gerektiği kuralı uygulanacaktır. Bunun neticesinde vadedeki portföy değerleri (Π), birbirine eşitlenecek olursa:

$$\Pi_d = \Pi_y$$

Π : Bugünkü portföy değeri

Π_d : Vade sonunda hisse senedi fiyatının düşük gerçekleşmesi (S_d) durumunda oluşan portföy değeri

Π_y : Vade sonunda hisse senedi fiyatının yüksek gerçekleşmesi (S_y) durumunda oluşan portföy değeri

Satılan bir adet call opsiyonuna karşın (H) kadar hisse senedi satın alındığı varsayıldığında (call opsiyonu satıldığı zaman, hisse senedi satın alınması gerektiği yukarıda açıklanmıştı) bu eşitlik aşağıdaki gibi kurulabilmektedir.

$$\Pi_d = \Pi_y$$

$$[(H.S_d) - C_d] = [(H.S_y) - C_y]$$

C_y : Vade sonunda hisse senedi fiyatının yüksek gerçekleşmesi (S_y) durumunda oluşan call değeri

C_d : Vade sonunda hisse senedi fiyatının düşük gerçekleşmesi (S_d) durumunda oluşan call değeri

Yukarıdaki denklemde H yalnız bırakıldığı zaman aşağıdaki formül elde edilmektedir.

$$H = \frac{(C_y - C_d)}{(S_y - S_d)} \quad (2.5)$$

Call opsiyonunun bugünkü değerine ise, bulunan bu (H) değeri Π_d ya da Π_y denklemi içinde yerine konulduktan sonra bulunan değer, risksiz faiz oranından iskonto edilerek, portföyün bugünkü değerine eşitlenmesi yoluyla ulaşılabacaktır. $\Pi_d = \Pi_y$ eşitliğini sağlayan (H) değeri kullanıldığı için, formülasyon ve hesaplamada Π_d ya da Π_y değerinin kullanılması bir şey değiştirmemektedir. Bu aşamaların üzerinden sırasıyla gidilecek olursa:

$$\Pi = [(H.S) - C]$$

Π : Portföyün bugünkü değeri

H : Portföyün vade sonu değerlerini her durumda eşitleyen ve böylece portföyü risksiz hale getiren hisse senedi miktarı

S : Hisse senedinin bugünkü fiyatı

C : Call opsiyonunun bugünkü değeri (ulaşılmaya çalışılan değer)

Portföyün bugünkü değerine, vade sonundaki değerlerden herhangi birinin risksiz faiz oranından (portföyün risksiz yapısı gereği) iskonto edilmesiyle ulaşılabilmektedir

$$\Pi = \frac{\Pi_d}{(1 + R)} = \frac{\Pi_y}{(1 + R)}$$

R : Risksiz faiz oranı

Π_d ya da Π_y yerine yukarıda elde edilen karşılıkları yazılacak olursa:

$$\Pi = [(H.S) - C] = \frac{[(H.S_d) - C_d]}{(1 + R)}$$

ya da,

$$\Pi = [(H.S) - C] = \frac{[(H.S_y) - C_y]}{(1 + R)}$$

Yukarıdaki denklemlerde (C) yalnız bırakıldığı zaman aşağıdaki sonuç elde edilmektedir:

$$C = (H.S) - \frac{[(H.S_d) - C_d]}{(1 + R)}$$

ya da,

$$C = (H.S) - \frac{[(H.S_y) - C_y]}{(1 + R)} \quad (2.6)$$

Böylece call opsiyonunun bugünkü değerine ulaşılmış bulunmaktadır. Put opsiyonunun fiyatlandırılmasında da aynı yöntem uygulanacaktır. Call opsiyonundan farklı olarak, put opsiyonu değeri ve hisse senedi (türeve konu finansal varlık olarak) fiyatı arasındaki ters ilişkiden dolayı, satılan (ya da satın alınan) her put karşılığı (H) kadar da hisse senedinin satılması (satın alınması) gerekmektedir. Bu durumda, portföy içindeki put ve hisse senedi kombinasyonu aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

$$\Pi = [(H.S) + P]$$

Π : Portföyün bugünkü değeri

H : Portföyün vade sonu değerlerini her durumda eşitleyen ve böylece portföyü risksiz hale getiren hisse senedi miktarı

S : Hisse senedinin bugünkü fiyatı

P : Call opsiyonunun bugünkü değeri (ulaşılmaya çalışılan değer)

Portföyü risksiz bir yapıya kavuşturacak (H) değerinin (finansal literatürde hedge oranı olarak da adlandırılmaktadır) bulunması için, portföyün vade sonundaki muhtemel iki değerini birbirine eşitleyecek (H) oranının hesaplanması gerekmektedir.

$$\Pi_d = \Pi_y$$

$$[(H.S_d) + P_d] = [(H.S_y) + P_y]$$

P_d : Vade sonunda hisse senedi fiyatının düşük gerçekleşmesi durumunda oluşan put değeri

P_d : Vade sonunda hisse senedi fiyatının yüksek gerçekleşmesi durumunda oluşan put değeri

Yukarıdaki denklemde vade sonu portföy değerlerini eşitleyen (H) oranı ise aşağıdaki gibi oluşacaktır.

$$H = \frac{(P_d - P_y)}{(S_y - S_d)} \quad (2.7)$$

Hesaplanan (H) değeri, vade sonu portföy değerine ilişkin formülü içinde yerine konularak (Π_d ya da Π_y), vadedeki portföy değeri elde edilmektedir. Daha sonra, bulunan bu değer risksiz faiz oranından iskonto edilerek (daha önce belirtildiği gibi portföy risk taşımadığı için, vade sonu portföy değeri de risksiz faiz oranından iskonto edilmektedir), portföyün bugünkü değerine eşitlenmesiyle, put opsiyonunun bugünkü değerine ulaşılmaktadır.

$$\Pi = \frac{\Pi_d}{(1 + R)}$$

$$[(H.S) + P] = \frac{[(H.S_d) + P_d]}{(1 + R)}$$

$$P = \frac{[(H.S_d) - P_d]}{(1 + R)} - (H.S)$$

Ya da,

$$\Pi = \frac{\Pi_y}{(1 + R)}$$

$$[(H.S) + P] = \frac{[(H.S_y) + P_y]}{(1 + R)}$$

$$P = \frac{[(H.S_d) - P_d]}{(1 + R)} - (H.S) \quad (2.8)$$

Böylece tek zamanlı binomial modelde, hem call hem de put opsiyonlarının fiyatlandırılmasında kullanılacak formüller oluşturulmuş bulunmaktadır.

2.2.1. Call Opsiyonunun Fiyatlandırılması ve Arbitraj Örneği

Üzerinde çalışılacak örnekte, risksiz portföy oluşturulurken, hisse senedinin satın alınarak call opsiyonunun satıldığı varsayılmaktadır (call satın alınarak ve hisse senedi satılarak da aynı sonuca ulaşılabilir, ancak ilk alternatifin seçilmiş olmasının nedeni, opsiyon yazılması durumunda, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ve ampirik çalışmada üzerinde sıkça durulan delta riski yönetim tekniğine –*Delta Hedging*-, bir ön çalışma oluşturulmasından kaynaklanmaktadır). Değişkenlere ilişkin değerler de aşağıdaki gibi verilsin:

S : 1,000 TL

S_d : 900 TL

S_y : 1,200 TL

K : 1,100 TL

R : %10

Vade : 1 Dönem

Öncelikle bulunması gereken, bir adet call opsiyonu satıldığı durumda, kaç adet hisse senedinin (diğer bir ifadeyle (H) değeri) satın alınması gerektiğidir. Bu değerin 1'den düşük bir değer olması gerektiği daha önce yapılan değerlendirmelerden çıkartılabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, opsiyon fiyatındaki mutlak değişim, en fazla hisse senedi fiyatındaki mutlak değişim kadar oluşabilmektedir. Dolayısıyla satılan bir adet call opsiyonuna karşı, satın alınması gereken hisse senedi miktarının 1'den küçük olması gerekmektedir.

Bir önceki bölümde oluşturulan formülasyona paralel, portföyde olması gereken hisse senedi miktarı H ile tanımlanacak olursa, aşağıdaki denklemin çözümü, H 'nin değerini verecektir. Daha önce de belirtildiği gibi, denklemin oluşturulmasındaki mantık, hisse senedi fiyatının her iki muhtemel vade sonu değeri için de, oluşturulan

risksiz portföyün (risk taşımayan yapısı gereği), aynı vade sonu değeri vermesi gerektiği varsayımına dayanmaktadır.

$$\Pi_d = \Pi_y$$

$$[(H.S_d) - C_d] = [(H.S_y) - C_y]$$

$$(H.S_d) - \text{MAX}[0, (S_d - K)] = (H.S_y) - \text{MAX}[0, (S_y - K)]$$

$$(900.H) - \text{MAX}[0, (900 - 1,100)] = (1,200.H) - \text{MAX}[0, (1,200 - 1,100)]$$

$$(900.H) = (1200.H) - 100$$

$$H = \frac{100}{300} = 1/3$$

Gerçekten de H 'nin bu değeriyle, her iki muhtemel vade sonu hisse senedi fiyatındaki portföy değerleri hesaplanacak olursa;

Vade sonunda hisse senedine ait düşük fiyatın (S_d) gerçekleşmesi durumunda portföyün oluşan değeri:

$$\Pi_d = [(H.S_d) - C_d] = \{(900.H) - \text{MAX}[0, (900 - 1,100)]\} = 300 \text{ TL}$$

Vade sonunda hisse senedine ait yüksek fiyatın (S_y) gerçekleşmesi durumunda portföyün oluşan değeri:

$$\Pi_y = [(H.S_y) - C_y] = \{(1,200.H) - \text{MAX}[0, (1,200 - 1,100)]\}$$

$$\Pi_y = [1,200.(1/3) - 100] = 300 \text{ TL}$$

Her iki seçenekteki portföy değeri birbirine eşit olduğu için, gerçekten de risksiz bir portföy oluşturulmuş bulunmaktadır. Portföy risksiz olduğu için, getirisinin de risksiz faiz oranına eşit olması gerekmektedir. Bu durumda portföyün bugünkü değeri (Π), vade sonu değerinin risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle bulunabilecektir.

$$\Pi = \frac{\Pi_d}{(1+R)} = \frac{\Pi_y}{(1+R)} = \frac{300}{(1+0.1)} = 272.72 \text{ TL}$$

Portföyün bugünkü değeri, içindeki hisse senedi ve opsiyon miktarları, ve hisse senedinin yine bugünkü değeri bilindiğine göre, opsiyonun bugünkü fiyatını bulmak için bu tek bilinmeyenli denklemin çözülmesi gerekmektedir.

$$\Pi = [(H.S) - C]$$

$$272.72 = [(1/3).1,000] - C$$

$$C = 333.33 - 272.72 = 60.61 \text{ TL}$$

Formülasyonun oluşturulması aşamalarından adım adım gidilerek ulaşılan çözüme, direk önceki bölümde oluşturulan (2.5) ve (2.6) no'lu formüllerin uygulanmasıyla aşağıdaki şekilde de ulaşılabilirdi.

$$(2.5) \quad H = \frac{(C_y - C_d)}{(S_y - S_d)} = \frac{(100 - 0)}{(1,200 - 900)} = 1/3$$

$$(2.6) \quad C = (H.S) - \frac{[(H.S_y) - C_y]}{(1+R)} = [(1/3).1,000] - \frac{[(1/3).1,200] - 100}{(1+0.1)} = 60.61 \text{ TL}$$

Sonuç olarak bugünkü değeri (S), 1,000 TL ve tek dönemli binomial dağılımdaki vade sonu muhtemel değerleri (S_y) ve (S_d), 1,200 TL ve 900 TL olarak verilen hisse senedi üzerine yazılan 1,100 TL işlem (K) fiyatına sahip call opsiyonuyla oluşturulacak risksiz portföyde taşınması gereken hisse senedi miktarı (H), (1/3) olarak belirlenirken, call opsiyonunun değeri 60.61 TL olarak hesaplanmaktadır. Bu değer

dışında oluşacak opsiyon fiyatları, arbitraj fırsatları doğuracak ve aşağıda örneği verilecek şekilde gerçekleştirilecek arbitraj işlemleri fiyatı olması gereken teorik değere taşıyacaktır.

2.2.1.1. Call Opsiyonunun Düşük Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj

Opsiyonun piyasa fiyatının yukarıda bulunan değer in altında ya da üstünde olması durumunda bir arbitraj fırsatı söz konusu olmaktadır. Piyasa fiyatı (C_p), 60.61 TL değerinin altında ise (Örneğin $C_p = 50$ TL), yatırımcı bu değerinden düşük fiyatlandırılmış opsiyonu satın alırken, bunun karşılığında sentetik şekilde oluşturulacak call opsiyonunu satarak (açık şekliyle, H kadar yani 1/3 adet hisse senedi satarken, bunun karşılığında oluşan TL'yi risksiz faiz oranından yatırıma dönüştürerek yani bono satın alarak) bu arbitraj fırsatından yararlanmış olmaktadır. Böylece, bugün sıfır değerle başlayan nakit dengesi, 2.1 no'lu tabloda da görüldüğü gibi vade sonunda pozitif dönüşmektedir.

Tablo 2.1- Call Opsiyonunun Düşük Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj

(TL)	Bugünkü Nakit Dengesi $S = 1,000$	Vade Sonu Nak. Dengesi $S_d = 900$	Vade Sonu Nak. Dengesi $S_y = 1,200$
+Call	-50	0	100
-1/3 Hisse Senedi	333.33	-300	-400
+Bono	-283.33	311.66	311.66
Net	0.00	11.66	11.66

Görüldüğü gibi piyasada yanlış fiyatlandırılan opsiyon, arbitraj fırsatı yaratmış bulunmaktadır. Arbitraj işlemi sonucunda oluşan 11.66 TL arbitraj karı, piyasada düşük değerlenen call opsiyonu fiyatıyla, olması gereken teorik fiyat arasındaki farkın risksiz faiz oranından değerlendirilmesi sonucunda vade sonunda oluşan değere eşit bulunmaktadır. Çünkü düşük fiyattan piyasadan alınan call opsiyonu, bir

anlamda daha yüksek teorik fiyattan sentetik olarak satılmıştır. Kar ise, aradaki farkın vade sonundaki değerini yansıtmaktadır. Bu arbitraj işleminin sürekli tekrarlanması, opsiyonun piyasa fiyatını yukarıya taşıyacak ve bu fiyat teorik değerle eşitlendiği zaman da arbitraj fırsatı kaybolacağı için, arbitraj işlemi de duracaktır. Bu sonuç, türev enstrümanların arbitraja dayalı fiyatlandırılmasını temel alan Black/Scholes teorisinin, basit bir yapıya sahip tek zamanlı binomial model içinde doğrulandığını göstermektedir.

2.2.1.2. Call Opsiyonunun Yüksek Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj

Benzer bir şekilde, opsiyon eğer olması gereken değer üzerinde fiyatlandırılıyorsa (örneğin $C_p = 70$ TL), bu durumda da, teorik değer üzerinde fiyatlandırılan opsiyon satılırken, yerine yine sentetik olarak oluşturulacak call opsiyonu satın alınarak (açık şekliyle H kadar, yani $1/3$ adet hisse senedi satın alınarak ve risksiz faiz oranından finanse edilerek, yani bono satılarak) arbitraj karı elde edilecekti.

Tablo 2.2- Call Opsiyonunun Yüksek Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj

(TL)	Bugünkü Nakit Dengesi $S = 1,000$	Vade Sonu Nak. Dengesi $S_d = 900$	Vade Sonu Nak. Dengesi $S_y = 1,200$
-Call	70	0	-100
+1/3 Hisse Senedi	-333.33	300	400
-Bono	263.33	-289.66	-289.66
Net	0.00	10.33	10.33

Yine 2.2 no'lu tabloda görüldüğü gibi, değer üzerinde fiyatlandırılan opsiyon bir arbitraj fırsatı ve sonucunda bir arbitraj karı doğurmuş bulunmaktadır. Bugün 0 TL yatırılarak oluşturulan portföy vade sonunda 10.33 TL tutarında pozitif bir nakit akışı sağlamıştır. Oluşan bu tutar, bir önceki örnekte yer alan açıklamaya paralel olarak, piyasada değer üzerinde fiyatlandırılan call opsiyonunun fiyatıyla, sentetik olarak

teorik değerdan satın alınan aynı opsiyonun fiyatları arasında oluşan farkın, vade sonu değerdine karşılık gelmektedir.

Her iki örnekteki arbitraj işlemleri, piyasalardaki işlem maliyetlerini dikkate almamaktadır. Kullanılan diğer ortak varsayımlara göre, yatırımcı risksiz faiz oranından hem yatırımda bulunabilmekte hem de borçlanabilmekte ve aynı zamanda açığa satış yapabilmektedir.

2.2.2. Put Opsiyonunun Fiyatlandırılması ve Arbitraj Örneği

Daha önce 2.1.1 no'lu bölümde ayrıntılı olarak gösterildiği gibi hisse senedi ve put opsiyonu fiyatları zıt yönde hareket etmektedir. Dolayısıyla oluşturulacak risksiz bir portföyde her ikisi de pozitif (+) ya da negatif (-) (açığa satışın mümkün olduğu durumlarda) pozisyonda bulundurulmalıdır (finansal literatürde pozitif (+) pozisyona uzun (*long*), negatif (-) pozisyona da kısa (*short*) pozisyon adı verilmektedir). Put opsiyonunun fiyatlandırılacağı aşağıdaki örnekte, oluşturulan risksiz portföyde her ikisinin de pozitif (+) pozisyonda bulundurulacağı varsayılmaktadır. Örnekte kullanılan değişkenlere ilişkin değerler, daha sonra karşılaştırmalı bir analize olanak vermesi açısından, call opsiyonunun fiyatlandırılması örneğindeki değerlerle aynı tutulmuştur.

$$S : 1,000 \text{ TL}$$

$$S_d : 900 \text{ TL}$$

$$S_y : 1,200 \text{ TL}$$

$$K : 1,100 \text{ TL}$$

$$R : \%10$$

$$\text{Vade} : 1 \text{ Dönem}$$

Öncelikle bulunması gereken, bir adet put satın alındığı durumda, kaç adet hisse senedinin satın alınması gerektiğidir. Bu değer bilindiği gibi H oranını vermektedir. Daha önce de vurgulandığı gibi, opsiyon fiyatındaki mutlak değişim en fazla hisse senedi fiyatındaki mutlak değişim kadar olabilmektedir. Bu nedenle H değerinin

1'den küçük bir değer olması gerekmektedir. Dolayısıyla, alınan bir adet put opsiyonuna karşı, satın alınması gereken hisse senedi miktarı 1'den küçük olmalıdır.

Yine bir önceki örnekte olduğu gibi, portföyü risksiz bir yapıya taşıyacak hisse senedi miktarı H ile tanımlanacak olursa, aşağıdaki denklemin çözümü H 'nin değerini verecektir. Yine aynı şekilde, vade sonu hisse senedi fiyatı hangi muhtemel değerde oluşursa oluşsun, oluşturulan risksiz portföyün vade sonu değerinin aynı kalması gerekmektedir (risksiz tanımlı gereği).

$$\Pi_d = \Pi_y$$

$$[(H.S_d) + P_d] = [(H.S_y) + P_y]$$

$$(H.S_d) + \text{MAX}[0, (K - S_d)] = (H.S_y) + \text{MAX}[0, (K - S_y)]$$

$$(900.H) + \text{MAX}[0, (1,100 - 900)] = (1,200.H) + \text{MAX}[0, (1,100 - 1,200)]$$

$$(900.H) + 200 = (1200.H)$$

$$H = \frac{200}{300} = 2/3$$

Gerçekten de H 'nin bu değerinde her iki muhtemel vade sonu hisse senedi fiyatı için portföy değerlerine bakılacak olursa;

Vade sonunda, hisse senedine ait düşük fiyat (S_d) seçeneğinin gerçekleşmesi durumunda oluşan portföy değeri:

$$\Pi_d = [(H.S_d) + P_d] = \{(900.H) + \text{MAX}[0, (1,100 - 900)]\}$$

$$\Pi_d = [900.(2/3) + 200] = 800 \text{ TL}$$

Vade sonunda, hisse senedine ait yüksek fiyat (S_y) seçeneğinin gerçekleşmesi durumunda oluşan portföy değeri:

$$\Pi_y = [H.S_y + P_y] = \{(1,200.H) + \text{MAX}[0, (1,100 - 1,200)]\}$$

$$\Pi_y = [1,200.(2/3) + 0] = 800 \text{ TL}$$

Her iki vade sonu hisse senedi fiyatında oluşan portföy değerleri birbirine eşit olduğu için, yine risksiz bir portföy oluşturulmuş bulunmaktadır. Portföy risksiz olduğu için, getirisinin de yine risksiz faiz oranına eşit olması gerekmektedir. Dolayısıyla, portföyün bugünkü değeri Π , vade sonu değerinin risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle bulunacaktır.

$$\Pi = \frac{\Pi_d}{(1+R)} = \frac{\Pi_y}{(1+R)} = \frac{800}{(1+0.1)} = 727.27 \text{ TL}$$

Bu aşamada portföyün bugünkü değeri Π , içindeki hisse senedi ve opsiyon miktarları ve hisse senedinin yine bugünkü değeri bilindiğine göre, opsiyonun bugünkü fiyatı (P), yine aşağıdaki tek bilinmeyenli denklemin çözülmesiyle bulunabilecektir.

$$\Pi = [H.S + P]$$

$$727.27 = [(2/3).1,000] + P$$

$$P = 727.27 - 666.66 = 60.61$$

Yine formülasyonun oluşturulma aşamalarından adım adım gidilerek ulaşılan P değerine, doğrudan 2.2 no'lu bölümde oluşturulan (2.7) ve (2.8) no'lu formüller kullanılarak aşağıdaki gibi ulaşılabilirdi.

$$(2.7) \quad H = \frac{(P_d - P_y)}{(S_y - S_d)} = \frac{(200 - 0)}{(1200 - 900)} = 2/3$$

$$(2.8) P = \frac{[(H.S_y) + P_y]}{(1 + R)} - (H.S) = \frac{[(2/3).1,200] + 0}{(1 + 0.1)} - [(2/3).1000] = 60.61 \text{ TL}$$

Sonuç olarak bugünkü değeri (S), 1,000 TL ve tek dönemli binomial dağılımdaki vade sonu muhtemel değerleri (S_y) ve (S_d), 1,200 TL ve 900 TL olarak verilen hisse senedi üzerine yazılan 1,100 TL işlem (K) fiyatına sahip put opsiyonuyla oluşturulacak risksiz portföyde taşınması gereken hisse senedi miktarı (H), (2/3) olarak belirlenirken, call opsiyonunun değeri 60.61 TL olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde bu değer dışında oluşacak opsiyon fiyatları, oluşturulacak arbitraj işlemleri sayesinde olması gereken teorik değere doğru yaklaşacaktır ve işlem maliyetlerinin olmadığı bir ortamda tam olarak aynı teorik değerde fiyatlanacaktır. Oluşturulacak arbitraj işlemlerinin örnekleri, aşağıdaki uygulamalarda yer almaktadır.

Vurgulanması gereken son bir nokta, daha önce eşit olasılıklı dağılım modelinde de benzer şekilde tesbit edildiği gibi, put ile call teorik fiyatlarının, örnekteki işlem fiyatında, birbirine eşit, (her ikisi de 60.61 TL olarak hesaplanmıştır) gerçekleşmiş olmasıdır. Daha sonra “Put-Call Paritesi” konusu incelenirken, varılacak bir sonuca, yine üzerinde çalışılan örneklerle ulaşılmış bulunmaktadır. Yani opsiyon işlem fiyatının (K), hisse senedinin forward fiyatına eşit olduğu durumlarda:

$$K = F = [S.(1 + R)]$$

F: Hisse senedinin forward fiyatı (temettü getirisinin örnekteki gibi sıfır olduğu varsayılmıştır)

Call ve put değerleri birbirine eşit oluşmaktadır Gerçekten de yukarıdaki örnekte, 1,100 TL olarak verilen opsiyon işlem fiyatı, aynı zamanda hisse senedine ait forward fiyatına karşılık gelmektedir:

$$F = [S.(1 + R)] = [1,000.(1 + 0.1)] = 1,100 \text{ TL}$$

Bu nedenle call ve put fiyatları bu sonucu doğrular şekilde 60.61 TL olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç aynı zamanda, opsiyon işlem fiyatının, forward fiyata eşit olduğu durumlarda, call ve put opsiyonları kullanılarak sentetik forward oluşturulabileceği, ya da daha genel bir ifadeyle herhangi ikisi kullanılarak bir

üçüncüsünün sentetik olarak yaratılabileceği anlamına da gelmektedir. Bu sonuçlara ilişkin teorik ispat ve gösterimler 2.9 no'lu bölümde ayrıca yer almaktadır.

Call opsiyonuna ilişkin piyasada oluşan yanlış fiyatlandırma örneklerinde görüldüğü gibi, put opsiyonu için de oluşan piyasa fiyatının yukarıda bulunan değerden farklı olması durumunda, arbitraj fırsatı söz konusu olmaktadır. Aşağıdaki bölümde, yanlış fiyatlandırılan put opsiyonlarıyla gerçekleştirilecek arbitraj işlemleri üzerinde çalışılmaktadır.

2.2.2.1. Put Opsiyonunun Düşük Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj

İlk olarak, put opsiyonu piyasa fiyatının (P_p), yukarıda bulunan teorik değerden düşük olması durumunda (örneğin $P_p = 50$ TL), oluşturulacak arbitraj işlemi incelenecektir.

Öncelikle herhangi bir arbitraj işlemine nasıl başlanacağını belirlenmesi açısından şu kural konulabilmektedir. Bir arbitraj fırsatından faydalanılması için, prosese öncelikle düşük değerlenen enstrümanın satın alınması, yüksek değerlenen enstrümanın ise satılması işlemiyle başlanması gerekmektedir.

Bu değerlendirmeye göre, düşük fiyatlandırılmış put opsiyonuyla oluşturulacak arbitraj işlemine, put opsiyonunun satın alınarak başlanması gerekmektedir. Ancak sadece satın alma işlemi tek başına yeterli olmamaktadır. Arbitraj karının oluşturulabilmesi için, sentetik olarak oluşturulacak put opsiyonunun da satılması (H kadar hisse senedi satın alınarak ve risksiz faiz oranından finanse edilerek) gerekmektedir.

Diğer bir bakış açısı da yukarıda oluşturulan risksiz portföyden yola çıkarak belirlenebilmektedir. Risksiz portföy oluşturulurken, bir adet put satın alındığında, H kadar hisse senedi satın alınması gerektiği belirtilmişti. Buna paralel şekilde, put satın alınarak başlatılan arbitraj işleminde, yine H kadar hisse senedi satın alınarak, gerekli finansmanın (bono satarak oluşturulacaktır) risksiz faiz oranından borçlanılarak sağlanacağı varsayıldığında, 2.3 no'lu tabloya ulaşılmaktadır.

Tablo 2.3- Put Opsiyonunun Düşük Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj

(TL)	Bugünkü Nakit Dengesi $S = 1,000$	Vade Sonu Nak. Dengesi $S_d = 900$	Vade Sonu Nak. Dengesi $S_y = 1,200$
+Put	-50	200	0
+2/3 Hisse Senedi	-666.66	600	800
-Bono	716.66	-788.33	-788.33
Net	0.00	11.67	11.67

Tablo 2.3’de görüldüğü gibi, bugün sıfır nakit çıkışıyla oluşturulan portföy, vade sonunda hisse senedinin her değerinde +11.67 TL tutarında pozitif bir nakit akışı sağlamaktadır. Bu değer aslında, oluşturulan arbitraj gereği, piyasa fiyatıyla olması gereken teorik fiyat arasındaki farkın, risksiz faiz oranından vade sonuna taşınmış şeklini ifade etmektedir. Bu ifade kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

$$\text{Arbitraj Karı} = [(P - P_p).(1 + R)] = [(60.61 - 50).(1.1)] = 11.67$$

Piyasada düşük değerlenen put satın alınarak ve teorik fiyattan sentetik olarak satılarak arbitraj karı elde edilmiş bulunmaktadır. Karın vade sonunda oluşmasının nedeni, oluşturulan arbitraj kurgusundan kaynaklanmaktadır. Eğer sentetik olarak satılan put miktarı, düşük piyasa fiyatının, teorik fiyata oranıyla sınırlı tutulsaydı, bu durumda arbitraj karı $[(P - P_p).(1 + R)]$ olarak değil, $[(P - P_p)]$ olarak ve bugün gerçekleştirilmiş olacaktı. Ancak vade sonu değeri de risksiz oluşturulduğu için, paranın zaman değeri hesaba katıldığı zaman, farklı vadelerdeki arbitraj karları eşit kabul edilecektir.

2.2.2.2. Put Opsiyonunun Yüksek Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj

Put opsiyonu piyasa fiyatının, teorik değer in üstünde gerçekleşmesi durumunda ise (örneğin $P_p = 70$ TL), yine bir arbitraj fırsatı söz konusu olmaktadır.

Put opsiyonu bu fiyatında, olması gereken teorik değerin üstünde fiyatlandırılmış olduğu için, bir önceki bölümde belirlenen kural gereği, arbitraj işlemine put opsiyonunun satılarak başlanması gerekmektedir. Sonrasında yine yukarıdaki mantık zincirinden hareketle, sentetik put opsiyonunun satın alınabilmesi için, H kadar hisse senedinin de satılarak oluşan nakit girdilerin risksiz faiz oranından değerlendirilmesi (bono satın alınarak) gerekecektir. (Bknz. Tablo 2.4)

Tablo 2.4- Put Opsiyonunun Yüksek Fiyatlandırıldığı Durumda Arbitraj

(TL)	Bugünkü nakit Dengesi $S = 1,000$	Vade Sonu Nak. Dengesi $S_d = 900$	Vade Sonu Nak. Dengesi $S_y = 1,200$
-Put	70	-200	0
-2/3 Hisse Senedi	666.66	-600	-800
+Bono	-736.33	810.33	810.33
Net	0.00	10.33	10.33

Bu durumda ise, vade sonunda 10.33 TL'lik bir arbitraj karı oluşturulmuş bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, piyasa fiyatından satılarak, teorik fiyattan sentetik olarak satın alınan put opsiyonu, bugünkü sıfır nakit dengesine karşılık vade sonunda risksiz ve pozitif bir nakit akışı sağlamış bulunmaktadır. Tablo 2.4'de oluşan arbitraj karının önceki bölümdekine benzer bir sağlaması yapılacak olursa:

$$\text{Arbitraj Karı} = [(P_p - P).(1 + R)] = [(70 - 60.61).(1.1)] = 10.33$$

Görüldüğü gibi bir enstrümana ait iki farklı fiyatın oluşması durumunda ortaya çıkan arbitraj işlemi ve oluşan kar, yukarıdaki tabloda aynı prensibe dayalı stratejiyi doğrulamaktadır.

Tek zamanlı binomial modele ilişkin fiyatlandırma ve arbitraj örneklerinin analizinden sonra, daha gelişmiş fiyatlama modellerine geçiş aşamasında “Çok

Zamanlı Binomial Model”in ayrıntılı analizi önem kazanmaktadır. Bundan sonraki bölümde bu çalışma yer almaktadır.

2.3. Çok Zamanlı Binomial Model

Tek zamanlı binomial modelin, hem tek zamanlı olmasına, hem de finansal enstrümanın muhtemel vade sonu fiyat dağılımına ilişkin sadece iki seçeneğin geçerli olmasına dayalı sınırlayıcı varsayımlara dayalı analizinden sonra, binomial modelin gerçek hayata uygulanabilir hale getirilebilmesi ve gerçek hayatta olduğu gibi çok geniş yelpazedeki muhtemel vade sonu değerlerini kapsayabilmesi için, gerekli modifikasyonlar yapılabilecektir.

Bunu gerçekleştirmek için, dönem sayısı arttırılabileceği gibi, bir dönem içindeki zaman aralıkları kısaltılarak da gerçek hayattaki çok geniş vade sonu fiyat dağılımına yaklaşılmaya çalışılabilmektedir. Bu aşamada, öncelikle dönem sayısı 1’den 2’ye yükseltilerek çalışmaya başlanacaktır.

Çok zamanlı binomial model, tek zamanlı modelin bir uzantısı olarak ele alınacağı için metodoloji açısından bir farklılık söz konusu olmamaktadır. Diğer bir ifadeyle, tek zamanlı modelde uygulanan yöntem ve elde edilen formülasyon çok zamanlı modelde de, sondan başa doğru uygulanarak bugünkü opsiyon değerlerine ulaşılabilecektir. Ancak tek zamanlı modelde, S_u (dönem sonu hisse senedi fiyatının düşük değeri) ve S_d (dönem sonu hisse senedi fiyatının yüksek değeri) olmak üzere verilen dönem sonu fiyatları, dönem sayısının arttırıldığı bu çalışmada, fiyattaki değişimi standart hale getirmek ve formülasyon aşamasında kullanılmasını kolaylaştırmak için, yüzdesel azalış (d) ya da artışlar (y) şeklinde ifade edilmektedir. Bu çalışmadaki analizde, yine tek zamanlı modelin incelendiği bölümdeki örneğe ilişkin data kullanılacak ve 2 döneme çıkarılan opsiyon vadesiyle call opsiyonu fiyatlandırılmaya çalışılacaktır.

Aynı örnekteki dönem sonu fiyat dağılımına paralel bir şekilde, S_y , [$y = (+) \%20$] ile, $\{[S.(1+y)] = [1000.(1+0.2)] = 1,200 \text{ TL}\}$, ve S_d ise [$d = (-) \%10$] ile $\{[S.(1-d)] = [1000.(1-0.1)] = 900 \text{ TL}\}$, dönem sonuna değerlendirirken, risksiz faiz oranı (R) da aynı şekilde $\%10$ ile tanımlanmış olmaktadır. Buna göre hisse

senetlerinin standart olarak, her dönemin sonunda ya %20 artış göstereceği, ya da %10 değer kaybedeceği varsayılmaktadır. Opsiyon vadesi ise yeni haliyle 2 dönemden oluşmaktadır.

Bu durumda hisse sendinin ikinci dönem sonu (aynı zamanda opsiyonun vade sonu) fiyat dağılımı ve bu fiyatlara karşılık gelen vade sonu call opsiyonunun değerleri 2.5 no'lu tablodaki gibi oluşmaktadır. İlk dönem sonunda artış gösteren hisse senedi fiyatı S_y şeklinde ifade edilirken, bu fiyatın ikinci dönem sonunda tekrar artış göstermesi S_{yy} şeklinde, düşüş göstermesi de S_{yd} şeklinde ifade edilmiştir. Benzer gösterim, fiyat düşüşüyle başlayan birinci dönem sonunda S_d ve ikinci dönem sonunda da S_{dy} ve S_{dd} şeklini almaktadır. Call opsiyon değerleri için de aynı gösterim şekli kullanılmıştır.

Tablo 2.5- İki Zamanlı Binomial Model: I. Aşama (TL)

Bugün	1. Dönem	2. Dönem
		$S_{yy} = [(1,200).(1.2)] = 1,440$ $C_{yy} = 340$
	$S_y = [(1,000).(1.2)] = 1,200$ $C_y = ?$	$S_{yd} = [(1,200).(0.9)] = 1,080$ $C_{yd} = 0$
$S = 1000$ $C_y = ?$		
	$S_d = [(1,000).(0.9)] = 900$ $C_d = ?$	$S_{dy} = [(900).(1.2)] = 1,080$ $C_{dy} = 0$
		$S_{dd} = [(900).(0.9)] = 810$ $C_{dd} = 0$

Vade sonu hisse senedi fiyat dağılımı ve karşılık gelen opsiyon değerleri belirlendikten sonra yapılması gereken, binomial fiyat ağacında “?” konulan yerlerdeki call (C_y, C_d ve C) değerlerinin, yukarıda belirtildiği gibi sondan başa doğru gidilerek hesaplanması ve opsiyonun bugünkü değerine (C) ulaşılması olacaktır. Hisse senedinin ikinci dönem sonu fiyatları (dolayısıyla karşılık gelen call değerleri) kombinasyon olarak dört değer alırken;

$$1-S_{yy} = S.[(1+y).(1+y)]$$

$$2-S_{yd} = S.[(1+y).(1+d)]$$

$$3-S_{dy} = S.[(1+d).(1+y)]$$

$$4-S_{dd} = S.[(1+d).(1+d)]$$

2. ve 3. değerlerin birbirine eşit olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Matematiksel açıklaması ise aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$[(1+y)(1+d)] = [(1+d)(1+y)]$$

Dolayısıyla vade sonu hisse senedi fiyatı dağılımı için toplam üç muhtemel değer geçerli olmaktadır. Aynı sonuç hisse senedi fiyatına bağlı vade sonu call değerleri için de geçerli bulunmaktadır.

$$S_1= 1,440 \quad C_1= 340$$

$$S_2= 1,080 \quad C_2= 0$$

$$S_3= 810 \quad C_3= 0$$

Call opsiyonu değerlerinin sondan başa doğru gidilerek hesaplanmasının nedeni ise şöyle açıklanmaktadır. İkinci dönem sonundaki hisse senedi (S) ve call (C) değerleri bilindiğine göre, bu girdiler kullanılarak birinci dönem sonundaki call değerleri tek zamanlı binomial model yardımıyla hesaplanabilmektedir. Aynı şekilde, elde edilen

birinci dönem sonu call değerleri kullanılarak da, opsiyonun bugünkü değerine ulaşılabilecektir.

Bu aşamada call opsiyonunun birinci dönem sonundaki değerleri hesaplanırken, yukarıda belirtildiği gibi tekrar bir önceki bölümde oluşturulan “Tek Zamanlı Binomial Model”’e ait metodoloji ve formülasyon kullanılacaktır.

Öncelikle birinci dönem sonunda, hisse senedi fiyatı 1,200 TL iken, call opsiyonunun değeri (binomial ağağtaki C_y değeri) hesaplanacaktır. Değişkenlere ilişkin değerler tek zamanlı model formatı içinde tekrarlanacak olursa:

$$S : 1,200 \text{ TL}$$

$$S_d : 1,080 \text{ TL}$$

$$S_y : 1,440 \text{ TL}$$

$$K : 1,100 \text{ TL}$$

$$R : \%10$$

$$\text{Vade} : 1 \text{ Dönem}$$

Tek zamanlı binomial modele ait fiyatlama uygulanarak, öncelikle H değerinin, yani oluşturulacak risksiz portföy için satılan bir adet call opsiyonu karşılığında satın alınması gereken hisse senedi miktarının bulunması gerekmektedir. Buna ilişkin denklem tekrar oluşturulacak olursa:

$$\Pi_d = \Pi_y$$

$$[(H.S_d) - C_d] = [(H.S_y) - C_y]$$

$$(H.S_d) - \text{MAX}[0, (S_d - K)] = (H.S_y) - \text{MAX}[0, (S_y - K)]$$

$$(1,080.H) - \text{MAX}[0, (1,080 - 1,100)] = (1,440.H) - \text{MAX}[0, (1,440 - 1,100)]$$

$$(1,080.H) = (1,440.H) - 340$$

$$H = \frac{340}{360} = 0.94$$

Gerçekten de H 'nin bu değerinde risksiz portföy, hisse senedinin dönem sonu muhtemel iki fiyatı için de aynı değeri vermektedir.

Vade sonunda hisse senedine ait düşük fiyatın (S_d) gerçekleşmesi durumunda, portföyün oluşan değeri:

$$\Pi_d = [(H.S_d) - C_d] = \{(1,080.H) - \text{MAX}[0, (1,080 - 1,100)]\}$$

$$\Pi_d = [1,080.(0.94) - 0] = 1,020 \text{ TL}$$

Vade sonunda hisse senedine ait yüksek fiyatın (S_y) gerçekleşmesi durumunda portföyün oluşan değeri:

$$\Pi_y = [(H.S_y) - C_y] = \{(1,440.H) - \text{MAX}[0, (1,440 - 1,100)]\}$$

$$\Pi_y = [1,440.(0.94) - 340] = 1,020 \text{ TL}$$

Dolayısıyla portföy, hisse senedinin her vade sonu fiyatında aynı değeri (1,020 TL) verdiği için gerçekten risksiz bir yapıya sahip bulunmaktadır ve risksiz faiz oranından iskonto edilerek bugünkü değerine (Π) ulaşılabilir.

$$\Pi = \frac{\Pi_d}{(1+R)} = \frac{\Pi_y}{(1+R)} = \frac{1,020}{(1+0.1)} = 927.27 \text{ TL}$$

Bu noktada, portföyün bugünkü değeri, içindeki hisse senedi ve opsiyon miktarları ile hisse senedinin bugünkü değeri bilindiğinden, opsiyon fiyatının bugünkü değerini bulmak için, yine aynı tek bilinmeyenli denklemin çözülmesi gerekmektedir.

$$\Pi = [(H.S) - C]$$

$$927.27 = [(0.94).1,200] - C$$

$$C = 333.33 - 272.72 = 206.06 \text{ TL}$$

Şimdi de yine birinci dönem sonunda hisse senedi fiyatı 900 TL iken, oluşan call değeri (C_d) hesaplanacaktır. Yine değişkenlere ilişkin değerler tek zamanlı model formatında yazılacak olursa:

S : 900 TL

S_d : 810 TL

S_y : 1,080 TL

K : 1,100 TL

R : %10

Vade : 1 Dönem

Standart hesaplama yöntemini uygulamaya geçmeden önce, sadece mantık yürüterek yukarıdaki değerlere sahip değişkenlere bağlı call değerinin 0 olması gerektiği söylenebilmektedir. Çünkü, vade sonundaki her iki muhtemel hisse senedi fiyatı için de, call opsiyonunun değeri 0 olarak gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, vade sonunda pozitif bir değer taşıma ihtimali olmayan bir kontratın bugünkü değerinin, sıfır olması gerekmektedir.

Bu aşamada, 2.5 no'lu tabloda oluşturulan binomial fiyat ağacı, hesaplanmış bulunan C_y ve C_d değerleri de eklenerek, 2.6 no'lu tablodaki gibi yeniden düzenlenebilmektedir.

Tablo 2.6- İki Zamanlı Binomial Model: II. Aşama (TL)

Bugün	1. Dönem	2. Dönem
		$S_{yy} = [(1,200).(1.2)] = 1,440$ $C_{yy} = 340$
	$S_y = [(1,000).(1.2)] = 1,200$ $C_y = 206.06$	$S_{yd} = [(1,200).(0.9)] = 1,080$ $C_{yd} = 0$
$S = 1000$ $C_y = ?$		
	$S_d = [(1,000).(0.9)] = 900$ $C_d = 0$	$S_{dy} = [(900).(1.2)] = 1,080$ $C_{dy} = 0$
		$S_{dd} = [(900).(0.9)] = 810$ $C_{dd} = 0$

Tablo 2.6'daki binomial fiyat ağacında, bilinmeyen tek call değeri, opsiyonun bugünkü değeri olarak yer almaktadır. Birinci dönem sonundaki C_y ve C_d değerleri hesaplanmış bulunduğundan, yine tek zamanlı binomial modeldeki hesaplama yöntemi uygulanarak opsiyonun bugünkü değeri hesaplanabilecektir. Bu aşamada, fiyatlamada kullanılacak veriler aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

S : 1,000 TL

S_d : 900 TL

S_y : 1,200 TL

C_y : 206.06

C_d : 0

K : 1,100 TL

R : %10

Vade : 1 Dönem

Bu kez doğrudan, tek zamanlı binomial modelde oluşturulan (2.5) ve (2.6) no'lu formüller kullanılarak call opsiyonu fiyatlandırılacak olursa:

$$(2.5) \quad H = \frac{(C_y - C_d)}{(S_y - S_d)} = \frac{(206.06 - 0)}{(1,200 - 900)} = 0.687$$

$$(2.6) \quad C = (H.S) - \frac{[(H.S_y) - C_y]}{(1 + R)}$$

$$C = [(0.687).1,000] - \frac{[(0.687).1,200] - 206.06}{(1 + 0.1)} = 124.89 \text{ TL}$$

Böylece tek zamanlı model, gerçek hayata daha yakın olan çok zamanlı modele, aynı metodoloji ve formülasyon kullanılarak taşınmış bulunmaktadır. Çok zamanlı binomial modelde put opsiyonunun fiyatlandırılması ise, call opsiyonunun fiyatlandırılmasına benzer şekilde, yukarıdaki 2.5 ve 2.6 no'lu tablolardakiyle aynı şekilde oluşturulan binomial fiyat ağacında, put opsiyonlarının sondan başa doğru, tek zamanlı modeldeki fiyatlandırma tekniği ve formülasyonu kullanılarak hesaplanmaktadır.

Call opsiyonunun fiyatlandırılmasında görüldüğü gibi dönem sayısı arttığı zaman, yani opsiyonun vadesi uzadığı zaman (diğer değişkenler sabit kalırken), opsiyonun değeri artmaktadır. Tek zamanlı modelde hesaplanan call opsiyonu değeri 60.61 TL iken, dönem sayısı ikiye çıkarıldığı zaman hesaplanan değer 124.89 TL'ye yükselmiştir. Bunun nedeni, vade uzadıkça opsiyonun pozitif değer bandının daha da genişlemesinden kaynaklanmaktadır. Opsiyonun alacağı minimum değer sıfır ile sınırlı olduğu için, bu pozitif etkiyi karşı yönde dengeleyecek, negatif bir etkiden söz edilememektedir. Dolayısıyla vadeye kalan süredeki artış, hem call hem de put opsiyonlarının fiyatlarını birkaç özel durum dışında (bu özel durumlar thetanın

incelendiği 3.3 no'lu bölümde ele alınmaktadır) pozitif etkilemektedir. Ancak opsiyon vadesine kalan süredeki her birim artışın, opsiyon fiyatı üzerindeki marjinal etkisi azalmaktadır.

2.4. Sentetik Olasılıklar Tekniğinin Binomial Modele Uygulanışı

Hatırlanacak olursa binomial modelde yukarı ve aşağı yönde hisse senedi fiyatı hareketlerine ilişkin herhangi bir olasılıktan söz edilmemişti. Bunun nedeni ise bu tür bir olasılık varsayımının zaten hisse senedi fiyatının bugünkü değerinin içinde yer alıyor olmasıydı. Daha önce opsiyonların fiyatlandırılmasında temel alınması gereken bir saptamadan söz edilmişti. O saptama da, opsiyon fiyatlarının yatırımcıların risk tercihlerinden bağımsız şekilde, arbitraja dayalı olarak şekillenmesiydi. Dolayısıyla, risk nötr bir ortamda fiyatlanan opsiyonun, diğer risk tercihlerinin (riski seven ya da riskten kaçan tercihler gibi) geçerli olduğu ortamlarda da aynı değeri vermesi gerekmektedir. Risk nötr bir ortamda ise, her türlü finansal varlığın beklenen getirisinin, risksiz faiz oranına eşit olduğu varsayılmaktadır.

Bu ön bilgi, aşağıdaki örnekle oluşturulacak sentetik olasılıklar modelinin temel dayanak noktasını özetlemektedir. Örnekteki terminoloji önceki modellerle aynı olmakla birlikte, yukarı ve aşağı yöndeki hisse senedi hareketleri, çok zamanlı binomial modeldeki yapıya benzer şekilde, yüzdesel artış ve azalışları iskonto eden faktörlerle çarpılmış birim fiyatlar şeklinde ifade edilmektedir:

$$S = 1,000 \text{ TL}$$

$$d = 0.9 [d < 1 < (1+R)]$$

$$y = 1.2 [(y > (1+R) > 1)]$$

$$K = 1,100 \text{ TL}$$

$$R = \%10$$

Modeldeki sentetik olasılık tanımı gereği, hisse senedinin bir sonraki dönem fiyatının, p olasılıkla $[1.2.(1,000)] = 1,200 \text{ TL}$ ve $(1-p)$ olasılıkla da $[(0.9).(1,000)] = 900 \text{ TL}$ olması beklenmektedir. Bu noktada belirtilmesi gereken önemli bir saptama

da, hisse senedi fiyatının, dönem sayısı ne kadar arttırılırsa arttırılsın, hiçbir zaman sıfırın altına inmeyeceğidir. Diğer taraftan, pozitif yönde alabileceği değer ise teorik olarak limitsiz bulunmaktadır.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} d^n = 0 \quad (0 < d < 1)$$

n: Dönem sayısı

Bu durumda, birinci dönem sonundaki hisse senedi ve call opsiyonu fiyatları 2.7 no'lu tablodaki gibi oluşmaktadır.

Tablo 2.7- Sentetik Olasılıklar Modeli 1. Dönem Sonu Değerleri (TL)

Bugün	1. Dönem
$S = 1,000$	$S_y = (y.S) = [(1.2).(1,000)] = 1,200$ $C_y = \text{MAX}\{0, [(y.S)-K]\} = 100$
	$S_d = (d.S) = [(0.9).(1,000)] = 900$ $C_d = \text{MAX}\{0, [(y.S)-K]\} = 0$

Call opsiyonunun bugünkü değerinin bulunabilmesi için, tekrar risksiz (hedge) portföyün oluşturulması, bunun için de önceki modellerdekine benzer şekilde, H değerinin (hedge rasyosu) hesaplanması gerekmektedir. Yazılan bir call opsiyonu için yine hedge rasyosu kadar (H) hisse senedi satın alındığı varsayalım. H 'nin call opsiyonu için binomial modelden bilinen formülasyonu, yeni y ve d girdileriyle birlikte, sentetik olasılıklar modelinde aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$\Pi_y = \Pi_d$$

$$[(H.y.S) - C_y] = [(H.d.S) - C_d]$$

$$H = \frac{(C_y - C_d)}{[S.(y - d)]} \quad (2.9)$$

Bu formül yukarıda verilen örneğe uygulanıp H değeri bulunduktan sonra, oluşturulan portföyün her vade sonu hisse senedi fiyatındaki değeri karşılaştırılacak olursa:

$$H = \frac{(C_y - C_d)}{[S.(y - d)]} = \frac{(100 - 0)}{[1,000.(1.2 - 0.9)]} = 1/3$$

Öncelikle p olasılığıyla y durumunun, yani hisse senedi fiyatının %20 artması seçeneğinin gerçekleşmesi durumunda:

$$\Pi_y = [(H.y.S) - C_y] = [(1/3).(1.2).1,000] - 100 = 300 \text{ TL}$$

$(1-p)$ Olasılığıyla d durumunun yani hisse senedi fiyatının %10 düşmesi seçeneğinin gerçekleşmesi durumunda:

$$\Pi_d = [(H.d.S) - C_d] = [(1/3).(0.9).1,000] - 0 = 300 \text{ TL}$$

Görüldüğü gibi portföy, her iki vade sonu hisse senedi fiyatı seçeneğinde aynı değere ve dolayısıyla risksiz bir yapıya sahip bulunmaktadır. Call opsiyonunun bugünkü değerine ulaşılması için, öncelikle vade sonu değeri bilinen risksiz portföyün yine bugünkü değerinin (Π) hesaplanması gerekmektedir. Bunun için portföyün vade sonu değerinin, risksiz faiz oranından iskonto edilmesi gerekmektedir.

Bugünkü Değer

Risksiz Getiri

Vade Sonu Değeri

$$[(H.S) - C]$$

$$R=10\%$$

$$[(H.y.S) - C_y] = [(H.d.S) - C_d] = 300$$

Eşitlik binomial modelden de hatırlanabileceği gibi iki şekilde de yazılabilmektedir.

$$[(H.S) - C].(1+R) = [(H.y.S) - C_y]$$

Ya da,

$$[(H.S) - C].(1+R) = [(H.y.S) - C_d]$$

Yukarıdaki ilk eşitlik kullanılarak (her ikisi de kullanılabilir) gerekli sadeleştirmeler yapılacak olursa:

$$[(H.S)-C].(1+R) = [(H.y.S)-C_y]$$

$$[H.S.(1+R)]-[C.(1+R)] = [(H.y.S)-C_y]$$

$$C = \frac{[H.S.(1+R)] - (H.y.S) + C_y}{(1+R)}$$

Sadeleştirildikten sonra,

$$C = \frac{[H.S.(1+R-y)] + C_y}{(1+R)} \quad (2.10)$$

Eşitliğin bu son halinde, H 'nin yerine daha önce (2.9) formülünde elde edilen aşağıdaki şekli yazılacak olursa:

$$H = \frac{(C_y - C_d)}{[S.(y-d)]}$$

Aşağıdaki denklem elde edilmektedir.

$$C = \frac{\left[\frac{(C_y - C_d)}{[S.(y-d)]} . S.(1+R-y) \right] + C_y}{(1+R)}$$

S 'lerin sadeleştirilmesinden sonra,

$$C = \frac{\left[\frac{(C_y - C_d)}{(y-d)} . (1+R-y) \right] + C_y}{(1+R)}$$

Parantezler açılınca:

$$C = \frac{\left[\frac{C_y \cdot (1 + R - y)}{(y - d)} + \frac{C_d \cdot (y - 1 - R)}{(y - d)} + C_y \right]}{(1 + R)}$$

C_y , ortak paranteze alınırsa:

$$C = \frac{\left[C_y \cdot \left[\frac{(1 + R) - y}{(y - d)} + 1 \right] + C_d \cdot \left[\frac{y - (1 + R)}{(y - d)} \right] \right]}{(1 + R)}$$

$$C = \frac{\left[C_y \cdot \left[\frac{(1 + R) - d}{(y - d)} + 1 \right] + C_d \cdot \left[\frac{y - (1 + R)}{(y - d)} \right] \right]}{(1 + R)} \quad (2.11)$$

Bu son haliyle denklem anlamlı bir formülasyona dönüştürülmüş bulunmaktadır. Bu sonuçtan sonra, denklemin payındaki C_y 'ye ait çarpan "q" ile tanımlanırsa:

$$q = \frac{(1 + R) - d}{(y - d)} \quad (1 - q) = 1 - \frac{(1 + R) - d}{(y - d)} = \frac{y - (1 + R)}{(y - d)} \quad (2.12)$$

Görüldüğü gibi q , (2.11) no'lu denklemdeki C_y çarpanına karşılık gelirken, $(1 - q)$ ise yine aynı eşitlikteki C_d çarpanına karşılık gelmektedir. Aynı denklem içinde, bu çarpanlar yerine, q ve $(1 - q)$ tanımları kullanılacak olursa, eşitlik aşağıdaki şeklini almaktadır:

$$C = \frac{[(q \cdot C_y) + [(1 - q) \cdot C_d]]}{(1 + R)} \quad (2.13)$$

Bu sonuç bir anlamda, call opsiyonunun vade sonu değerlerinin, bu değerlere ilişkin oluşturulan sentetik olasılıklarla çarpılması sonucunda bulunan vade sonu beklenen değerinin, risksiz faiz oranından iskonto edilerek (daha önce belirtildiği gibi risk nötr bir ortamda tüm yatırımlardan risksiz faiz oranında getiri beklenmektedir) bugünkü değerine ulaşılması anlamına gelmektedir.

Yukarıda elde edilen sentetik olasılık tanımına (q) ulaşmanın bir başka yolu ise şöyle açıklanabilmektedir. Risk nötral bir ortamda beklenen getiri risksiz faiz oranına eşit olduğuna göre, herhangi bir finansal varlığın bir sonraki döneme ait “ y ” ve “ d ” parametrelerine ilişkin “ p ” ve “ $1-p$ ” olasılıklarının, yukarıda elde edilen “ q ” ve “ $1-q$ ” değerlerine eşit olması gerekmektedir. Bu durumda aşağıdaki eşitlik yazılabilmektedir.

$$(1+R) = [(p.y) + (1-p).d]$$

$$(1+R) = [(p.y) + d - p.d]$$

$$(1+R) = [p.(y-d) + d]$$

p yalnız bırakılırsa:

$$p = \frac{[(1+R) - d]}{(y-d)} \quad (2.14)$$

Bu sonuç (2.12)’de verilen tanımla özdeş bulunmaktadır. Dolayısıyla, p değeri yukarıda elde edilen q tanımıyla özdeş olduğu için, risk nötral ortamda $p=q$ sonucuna ulaşılmış bulunmaktadır.

Sonuç formülleri olan (2.14) ve (2.13) tekrar yazılarak, baştaki örneğe ait değerler yerlerine konulacak olursa:

$$(2.14) \quad p = \frac{[(1+R) - d]}{(y-d)}$$

$$p = \frac{[(1+R) - d]}{(y-d)} = \frac{[(1+0.1) - 0.9]}{(1.2 - 0.9)} = 2/3$$

$$(2.13) \quad C = \frac{[(p.C_y) + [(1-p).C_d]]}{(1+R)}$$

$$C = \frac{[(p.C_u) + [(1-p).C_d]]}{(1+R)}$$

$$C = \frac{[(2/3).100] + [1 - (2/3)].0]}{(1 + 0.1)} = 60.61 \text{ TL}$$

Opsiyonun bugünkü değeri elde edilmiş olmaktadır. Böylece binomial modelle hesaplanan call opsiyonu değerine, sentetik olasılıklar yöntemi uygulanarak da ulaşılmış bulunmaktadır. Put opsiyonunun fiyatlandırılması ise, aynı şekilde hesaplanan sentetik olasılıkların, vade sonu put değerleriyle çarpılması sonucu bulunan vade sonu beklenen put değerinin yine risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle, yani call opsiyonu fiyatlandırmasındaki aynı yöntem kullanılarak hesaplanacaktır.

Sentetik olasılıklar tekniğiyle gerçekleştirilen opsiyon fiyatlamasında vurgulanması gereken üç önemli sonuç aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir:

- p değerinin fiyatlamaya bir etkisi bulunmamaktadır. Yatırımcıların finansal varlığın fiyatının artma olasılığına dair beklentileri farklı olabilmektedir, fakat yine de opsiyon fiyatının verilen hisse senedi fiyatı ve diğer değişkenlere (y, d, K, R) bağlı değeri değişmemektedir. Çünkü piyasadaki tüm p beklentilerinin toplamı zaten hisse senedinin bugünkü fiyatı içine iskonto edilmiş bulunmaktadır.
- Yatırımcıların risk tercihleri opsiyon fiyatlama modeli içinde yer almamaktadır. Formülün doğru çalıştığından emin olunması için gerekli ve yeter tek şart, insanların daha fazla geliri, daha az gelire tercih etmelerinin ve böylece arbitraj fırsatlarının ortadan kalkmasının bilinmesine bağlı bulunmaktadır.
- Tek rassal (*stochastic*) değişken olarak hisse senedi fiyatı alınmaktadır [15:260].

Böylece sentetik olasılıklar tekniğinin binomial modele uygulanışı, temel varsayım ve sonucunda ulaşılan formülasyonun analizleriyle birlikte ele alınmış

bulunmaktadır. Bundan sonraki bölümde, bu tekniğin kullanılmasıyla binomial modelden, Black/Scholes Modeli'ne geçiş incelenmektedir.

2.5. Binomial Sentetik Olasılıklar Modeliyle Black/Scholes Formülüne Ulaşılması ve Cox, Ross, Rubinstein Modeli

Black/Scholes modeli, zamanı belli aralıklara bölerek çalışan Binomial modelden farklı olarak bir sürekli zaman modeli olarak tanımlanmaktadır. Yani binomial modelde fiyatlar sadece belirlenen zaman aralıklarının sonunda değişirken, Black/Scholes modeli fiyat değişimini sürekli devam eden bir proses olarak ele almaktadır.

Bu bölümde, binomial modelden Black Scholes modeline nasıl ulaşılacağı, sentetik olasılıklar tekniğinin yardımıyla gösterilmeye çalışılacaktır.

Daha önce de belirtildiği gibi, binomial modeli geniş bir fiyat aralığına sahip gerçek hayata taşıyabilmek için, ya periyodların sayısının artırılması ya da belirlenen zaman aralığının daha küçük periyodlara bölünmesi yeterli olmaktadır.

Çok zamanlı model, bu kez sentetik olasılıklar modeli ve bu modeldeki terimler kullanılarak, binomial modelde kullanılan aynı örnek üzerinde uygulanacak olursa:

S : 1,000 TL

y : 1.2

d : 0.9

K : 1,100 TL

R : %10

Vade : 2 Dönem

Bu durumda, dönem sonu hisse senedi ve opsiyon değerleri 2.8 no'lu tablodaki gibi oluşmaktadır.

Tablo 2.8- Sentetik Olasılıklar Modeli II. Dönem Sonu Değerleri (TL)

Bugün	1. Dönem	2. Dönem
		$S_{yy} = [(1,200).(1.2)] = 1,440$ $C_{yy} = 340$
	$S_y = [(1,000).(1.2)] = 1,200$ $C_y = ?$	$S_{yd} = [(1,200).(0.9)] = 1,080$ $C_{yd} = 0$
$S = 1000$ $C = ?$		
	$S_d = [(1,000).(0.9)] = 900$ $C_d = ?$	$S_{dy} = [(900).(1.2)] = 1,080$ $C_{dy} = 0$
		$S_{dd} = [(900).(0.9)] = 810$ $C_{dd} = 0$

Bu durumda sentetik olasılıklar modelindeki formül (2.13),

$$(2.13) \quad C = \frac{[(p.C_y) + [(1-p).C_d]]}{(1+R)}$$

kullanılarak birinci dönem sonundaki C_y ve C_d değerlerine ve sonrasında bugünkü C değerine ulaşılabacaktır.

$$C_y = \frac{[(p.C_{yy}) + [(1-p).C_{yd}]]}{(1+R)}$$

$$C_d = \frac{[(p.C_{dy}) + [(1-p).C_{dd}]]}{(1+R)}$$

Yukarıda oluşturulan C_y ve C_d 'nin karşılıkları, (2.13) no'lu formüldeki yerlerinde kullanılacak olursa:

$$C = \frac{\left\{ p \left[\frac{(p.C_{yy}) + (1-p).C_{yd}}{(1+R)} \right] + (1-p) \left[\frac{(p.C_{dy}) + (1-p).C_{dd}}{(1+R)} \right] \right\}}{(1+R)}$$

Parantezler açılınca,

$$C = \frac{\{(p^2).C_{yy}\} + \{p.(1-p).C_{yd}\} + \{(1-p).p.C_{dy}\} + \{(1-p)^2.C_{dd}\}}{(1+R)^2} \quad (2.15)$$

Eşitliği elde edilmiş bulunmaktadır. Gerçekten de, eşitliğin bu son halinin, yine vade sonu call değerlerinin, onlarla özdeşleştirilen olasılıklarla çarpılması sonucunda bulunan opsiyonun vade sonu beklenen değerinin, risksiz faiz oranından (risk nötral ortam olduğu için) iskonto edilmesinden bir farkı kalmamaktadır. En başta tanımlanan p olasılığının (bu olasılığın risk nötral ortamda q 'ya eşit olduğu önceki bölümde gösterilmişti) 2.9 no'lu tabloda yer alan şemalandırılmış hali, eşitliğin bu son şeklini doğrulamaktadır.

Tablo 2.9- II. Döneme Ait Sentetik Olasılıklar

Bugün	1. Dönem	2. Dönem
		$P^2 \rightarrow C_{yy}$
	$p \rightarrow C_y$	$[p.(1-p)] \rightarrow C_{yd}$
C		
	$(1-p) \rightarrow C_d$	$[(1-p).p] \rightarrow C_{dy}$
		$(1-p)^2 \rightarrow C_{dd}$

Tablo 2.9'da da açıkça görüldüğü gibi, (2.15) no'lu formül, vade sonu opsiyon değerleriyle, bu değerlere ilişkin gerçekleşme olasılıklarının çarpımı sonucunda bulunan opsiyona ait beklenen vade sonu değerini, risksiz faiz oranından iskonto etmektedir.

Bu sonuçtan sonra, örnekteki değerler (2.14) ve (2.15) no'lu formüllerdeki yerlerine konulacak olursa:

$$(2.14) \quad p = \frac{[(1+R) - d]}{(y - d)}$$

$$p = \frac{[(1+0.1) - 0.9]}{(1.2 - 0.9)} = 2/3$$

$$(2.15) \quad C = \frac{\{(p^2).C_{yy}\} + [p.(1-p).C_{yd}] + [(1-p).p.C_{dy}] + [(1-p)^2.C_{dd}]}{(1+R)^2}$$

$$C = \frac{\{(2/3)^2 \cdot 340\} + [(2/3) \cdot (1 - (2/3)) \cdot 0] + [(1 - (2/3)) \cdot (2/3) \cdot 0] + \{(1 - (2/3))^2 \cdot 0\}}{(1 + 0.1)^2}$$

$$C = 124.89 \text{ TL}$$

Böylece, çok zamanlı binomial modelin kullanıldığı önceki bölümde elde edilen opsiyon değerine (124.89 TL), sentetik olasılıklar tekniğiyle ulaşılmış bulunmaktadır.

Bu aşamada tekrar vurgulanmasında fayda görülen önemli bir nokta, daha önce de belirtildiği gibi ikinci dönem sonu değerlerinin açılımına bakıldığında, sadece üç muhtemel değer oluştuğunun belirlenmesidir.

$$1. C_{yy}$$

$$2. C_{yd} = C_{dy}$$

$$3. C_{dd}$$

$C_{yd} = C_{dy}$ Olduğu için daha önce elde edilen (2.15) no'lu formül,

$$C = \frac{\{(p^2) \cdot C_{yy}\} + [p \cdot (1 - p) \cdot C_{yd}] + [(1 - p) \cdot p \cdot C_{dy}] + \{(1 - p)^2 \cdot C_{dd}\}}{(1 + R)^2}$$

Aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir:

$$C = \frac{\{(p^2) \cdot C_{yy}\} + [2 \cdot p \cdot (1 - p) \cdot C_{yd}] + [(1 - p)^2 \cdot C_{dd}]}{(1 + R)^2} \quad (2.16)$$

Yukarıdaki formülün son halinde, muhtemel vade sonu opsiyon değerlerinin, tekrar etme katsayıları ile çarpıldığı gözlenmektedir. Diğer bir ifadeyle, vade sonu opsiyon değerlerine ait olasılıklar tekrar etme katsayıları ile çarpılarak bir anlamda ortak paranteze alınmaktadır.

p^2 , 1 katsayısı ile,

$[p.(1-p)]$, 2 katsayısı ile,

$(1-p)^2$, yine 1 katsayısı ile çarpılmaktadır.

Örneğin periyod sayısı üçe çıkarıldığı zaman, call opsiyon değerlerine ilişkin vade sonu konbinasyonları yine aynı y ve d terimleriyle oluşturulan gösterime paralel bir şekilde, 2.10 no'lu tablodaki gibi oluşmaktadır

Tablo 2.10- Çok Dönemli Sentetik Olasılıklar Modelinde Oluşan Kombinasyonlar

Bugün	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem
			C_{yyy}
		C_{yy}	
	C_y		$C_{yyd} = C_{ydy} = C_{dyy}$
C		$C_{yd} = C_{dy}$	
	C_d		$C_{ydd} = C_{dyd} = C_{ddy}$
		C_{dd}	
			C_{ddd}

Tablo 2.10'da yer alan binomial dağılımda, son dönemdeki ikinci muhtemel vade sonu opsiyon değerinin katsayısı üç ve gerçekleşme olasılığı da böylece:

$$[3.p.p.(1-P)]$$

olarak tanımlanacaktır. Matematikte bu katsayının tanımı kombinasyon olarak verilmektedir ve,

$$(T,n)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu gösterimde T , toplam periyod sayısını, n ise, toplam periyod sayısı içindeki, y ya da d 'nin gerçekleşme sayısını belirlemektedir ve formüle edilmiş şekli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$[T,n] = [T, (T-n)] = \frac{T!}{[(T-n)!n!]} \quad (2.17)$$

Örneğin, yine 2.10 no'lu tabloda, üç periyodlu bir dağılım ($T = 3$), ve ikinci muhtemel vade sonu opsiyon değeri ($n = 2$, çünkü ikinci seçeneğe ait vade sonu opsiyon değerinde, iki adet y yer almaktadır) için, gösterim ve sonuç aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$[T,n] = \frac{T!}{[(T-n)!n!]}$$

$$(3,2) = \frac{3!}{[(3-2)!2!]} = \frac{(3.2.1)}{(2.1)} = 3$$

Gerçekten de ikinci vade sonu opsiyon değerlerine ilişkin kombinasyonlar aşağıdaki gibi gerçekleşmektedir.

$$yyd, ydy, \text{ ve } dyy$$

Bu kombinasyonların toplamı ise 3 olarak gerçekleşmektedir.

Call opsiyonunun bu vade sonu değeri için gerçekleşme olasılığı ise, hesaplanan bu katsayıyla, her bir kombinasyona ait gerçekleşme olasılığı olan $[p^2 \cdot (1-p)]$ değerinin çarpılmasıyla bulunacaktır. Gerçekten de T periyod sayısına sahip bir binomial dağılımda, finansal varlıktaki toplam n adet artışın gerçekleşme olasılığı

(baştan beri uygulanan terminolojiye paralel olarak, herhangi bir periyod içindeki fiyat artış olasılığı p olarak kabul edilirse), $B(n | T, p)$ olarak ifade edilecek ve,

$$B(n | T, p) = [(T, n) \cdot p^n \cdot (1 - p)^{(T-n)}] \quad (2.18)$$

olarak formüle edilecektir

Böylece, T vadeli call opsiyonuna ilişkin, vade sonu binomial olasılıklar belirlenmiş bulunmaktadır. Bu durumda vade sonu call opsiyonu değerleri ise aşağıdaki gibi oluşacaktır.

$$\text{MAX}\{0, [y^n \cdot d^{(T-n)} \cdot S] - K\}$$

T vadeli call opsiyonunun vade sonu beklenen değeri $[E(V_c)]$ ise, belirlenen vade sonu değerleriyle, yukarıda (2.18) no'lu formülle belirlenen, bu değerlere ilişkin binomial gerçekleşme olasılıklarının çarpılması sonucunda bulunacaktır.

$$E(V_c) = \sum_{n=0}^T \{ [B(n | T, p)] \cdot [\text{MAX}[0, (y^n \cdot d^{(T-n)} \cdot S) - K]] \} \quad (2.19)$$

Call opsiyonunun bugünkü değerine ulaşılması için de, (2.19) no'lu formülle belirlenen, opsiyona ilişkin vade sonu beklenen değer, risknötr yapı gereği, yine risksiz faiz oranından (R) ile iskonto edilmesi gerekmektedir.

$$C = \frac{E(V_c)}{(1 + R)^T} \quad (2.20)$$

$$C = \frac{\sum_{n=0}^T \{ [B(n | T, p)] [\text{MAX}[0, [y^n \cdot d^{(T-n)} \cdot S] - K]] \}}{(1 + R)^T} \quad (2.21)$$

Bu aşamada eşlik içindeki “MAX” ifadesinin kaldırılması, ve böylece eşitliğin daha da basitleştirilmesi için bir yöntem uygulanacak olursa:

$$[\text{MAX}[0, (y^n \cdot d^{(T-n)} \cdot S) - K] \text{ İfadesinde,}]$$

$$\{0, [(y^n \cdot d^{(T-n)} \cdot S) - K]\} < 0$$

değerlerinin tümü için ifade sıfır değeri vereceğinden, call opsiyonunun fiyat formülündeki etkisi, toplam (Σ) formülü içinde sıfır olarak gerçekleşmekte ve opsiyon fiyatını etkilememektedir. Bu bir anlamda, vade sonunda zararla sonuçlanan, yani piyasa fiyatı, işlem fiyatının altında kalan değersiz opsiyonların, (opsiyon fiyatı hiçbir zaman negatif değer alamayacağı için) ve bu aralıktaki tüm opsiyon değerlerinin formülasyon dışına alınması anlamına gelmektedir.

Öyleyse n öyle bir değerden başlatılmalıdır ki (hatırlanacağı gibi n değeri, T periyod içinde, finansal varlığın fiyatındaki artış yönündeki hareketin toplam sayısını vermektedir), vade sonu opsiyon değeri hep pozitif olarak gerçekleşsin (yani karla tamamlansın, ya da diğer bir ifadeyle piyasa fiyatı, işlem fiyatının üstünde gerçekleşsin).

Bu durumda, n 'nin bu değeri a olarak ifade edilecek olursa, (2.21) no'lu formül aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenebilecektir.

$$C = \frac{\sum_{n=0}^T \{ [B(n \geq a|T, p)] [(y^n \cdot d^{(T-n)} \cdot S) - K] \}}{(1 + R)^T} \quad (2.22)$$

Formülasyon içi tekrar açılacak olursa;

$$C = \left[S \cdot \left[\frac{\sum_{n=0}^T \{ [B(n \geq a|T, p)] [y^n \cdot d^{(T-n)}] \}}{(1 + R)^T} \right] \right] - \left\{ \left[\frac{K}{(1 + R)^T} \right] \cdot \left[\sum_{n=0}^T [B(n \geq a|T, p)] \right] \right\} \quad (2.23)$$

Eşitlikteki ilk bölüm, $n \geq a$ değerleri için hisse senedi fiyatının beklenen değerini bugüne iskonto ederken, ikinci bölüm, $n \geq a$ 'nın toplam gerçekleşme olasılığını (yani vade sonunda hisse senedi fiyatının (S), opsiyon işlem fiyatından (K), yüksek gerçekleşme olasılığını), opsiyon işlem fiyatı (K) ile çarparak yine bugüne iskonto etmektedir.

(2.23) No'lu formülde, ilk terim içinde yer alan sigma (Σ) içindeki ilk bölümde,

$$\frac{[B(n \geq a|T, p)] [y^n \cdot d^{(T-n)}]}{(1+R)^T},$$

payın içindeki binomial olasılığa ait ilk terim açıldıktan sonra, aşağıdaki şekli almaktadır:

$$\frac{[(T, n) \cdot p^n \cdot (1-p)^{(T-n)}] [y^n \cdot d^{(T-n)}]}{(1+R)^T} \quad (2.24)$$

Bu aşamada yeni bir olasılık p_y olarak tanımlanacak olursa:

$$p_y = \left[\frac{y}{(1+R)} \right] \cdot p \quad (2.25)$$

$(1-p_y)$ 'yi bulmak için de (2.14) no'lu formüldeki p 'nin karşılığı,

$$p = \left[\frac{(1+R) - d}{(y-d)} \right]$$

$(1-p_y)$ eşitliğine yerleştirilecek olursa:

$$(1-p_y) = 1 - \left[\frac{y}{(1+R)} \right] \cdot p$$

$$(1-p_y) = 1 - \left\{ \left[\frac{y}{(1+R)} \right] \left[\frac{(1+R) - d}{(y-d)} \right] \right\}$$

$$(1-p_y) = \left\{ \left[\frac{[(1+R)(y-d)] - [y \cdot (1+R)] + (y \cdot d)}{(1+R) \cdot (y-d)} \right] \right\}$$

Eşitliğin yukarıdaki son hali sadeleştirildikten sonra aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

$$(1-p_y) = \left\{ \left[\frac{d}{(1+R)} \right] \left[\frac{y-(1+R)}{(y-d)} \right] \right\}$$

Eşitliğin sağındaki ikinci bölüm (2.12) no'lu formülden hatırlanacağı gibi:

$$\left[\frac{y-(1+R)}{(y-d)} \right] = (1-p)$$

olduğu için (daha önce Sentetik Olasılıklar Modeli'nin incelendiği bölümde gösterilmişti.)

$$(1-p_y) = \left\{ \left[\frac{d}{(1+R)} \right] \cdot (1-p) \right\} \quad (2.26)$$

elde edilmektedir.

Bu sonuca göre (2.24) no'lu formüldeki ifade:

$$\frac{[(T,n) \cdot p^n \cdot (1-p)^{(T-n)}] [y^n \cdot d^{(T-n)}]}{(1+R)^T}$$

Aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenecek olursa:

$$\begin{aligned} & \frac{[(T,n) \cdot p^n \cdot (1-p)^{(T-n)}] [y^n \cdot d^{(T-n)}]}{(1+R)^T} = \\ & \left\{ [(T,n)] \left[p \cdot \frac{y}{(1+R)} \right]^n \left[(1-p) \cdot \frac{d}{(1+R)} \right]^{(T-n)} \right\} \end{aligned}$$

Eşitliğin sağ tarafındaki p_y ve $(1-p_y)$ tanımlarının karşılıkları yerine,

$$p_y = \left[\frac{y}{(1+R)} \right] \cdot p$$

$$(1 - p_y) = \left\{ \left[\frac{d}{(1+R)} \right] \cdot (1-p) \right\}$$

kendileri yerleştirilecek olursa, ifade aşağıdaki daha basit bir yapıya dönüşecektir.

$$\{[(T, n)] [p_y]^n \cdot [(1 - p_y)]^{(T-n)} \quad (2.27)$$

Bu sonuçtan sonra, Call opsiyonunun binomial sentetik olasılıklar tekniğiyle oluşturulan fiyatlama modeli, (2.27) no'lu kısaltma, (2.23) no'lu formül içinde kullanıldıktan sonra, aşağıdaki şekilde özetlenebilmektedir.

$$C = \{S \cdot [B(n \geq a|T, p_y)] - \left\{ \left[\frac{K}{(1+R)^T} \right] \cdot [B(n \geq a|T, p)] \right\} \quad (2.28)$$

$$p = \left[\frac{(1+R) - d}{(y - d)} \right] \quad \text{ve} \quad p_y = \left[\frac{y}{(1+R)} \right] \cdot p \quad (2.29)$$

Bölümün başında belirtildiği gibi, binomial model bir zaman aralıklı (*discrete time*) modeldir. Bu modelin, Black/Scholes Modeli'ndeki gibi sürekli stokastik bir modele (bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır) dönüştürülebilmesi için, zaman aralıklarının mümkün olan en küçük süreye indirilmesi gerekmektedir. Bu işlem ise, modeldeki T opsiyon vadesini (yıl bazında) gösterirken, n sayısının gittikçe artırılmasıyla mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, n sonsuza giderken yıllık getiriye gösteren risksiz faiz oranı R ise Black/Scholes formülündeki şeklini almaktadır.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (1 + R/(n/T))^{(n/T)} = e^R = (1+R) \quad (2.30)$$

(Yukarıdaki dönüşüm 2.7.2 no'lu bölümde gösterilmektedir).

Saptanması gereken diğer bir nokta ise, standart sapması bilinen bir finansal ya da gerçek varlık fiyatından, y ve d değerlerinin nasıl oluşturulacağıdır ki, buna ilişkin çalışma, Cox, Ross ve Rubinstein tarafından 1979 yılında yayınlanmıştır ve sonuç formülü aşağıdaki gibi verilmektedir [15:269, 16].

$$y = e^{(\sigma\sqrt{T/n})} \quad (2.31)$$

$$d = e^{-(\sigma\sqrt{T/n})} \quad (2.32)$$

Yukarıdaki formülasyonlar, stokastik sürece ait standart sapmalardan, binomial modelde kullanılan y ve d gibi, zaman aralıklı parametrelere ulaşılabilmesi açısından büyük önem arzetmektedirler. Bu aşamadan sonra, Black/Scholes modeliyle, son haline getirilen binomial modele ait call opsiyonu fiyatlama formülleri karşılaştırılabilmektedir. Black/Scholes formülü (bundan sonraki bölümde ayrıntılı olarak analiz edilmektedir) aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$C = [S.N(d_1)] - [K.(e^{-rT}).N(d_2)] \quad (2.33)$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{S}{K}\right) + (r.T) \right]}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{\sigma\sqrt{T}}{2} \quad (2.34)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (2.35)$$

Formülasyondaki $N(d_1)$ ve $N(d_2)$ değerleri, birim normal dağılıma sahip bir değişken olan z 'ye ait toplam olasılıklar olarak tanımlanmaktadır. Birim normal dağılımda, z 'nin olasılık ağırlıklı ortalama değeri sıfıra eşitken, standart sapması 1'e eşit bulunmaktadır. Birim normal dağılıma ilişkin olasılıkların matematiksel gösterimi ise aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$N(d_1) = \int_{-\infty}^{d_1} f(z).d(z) \quad (2.36)$$

$f(z)$ normal bir dağılıma sahip bulunmaktadır ve;

$$E(z) = 0$$

$$\sigma(z) = 1$$

$$N(-\infty)=0$$

$$N(0)=0.5$$

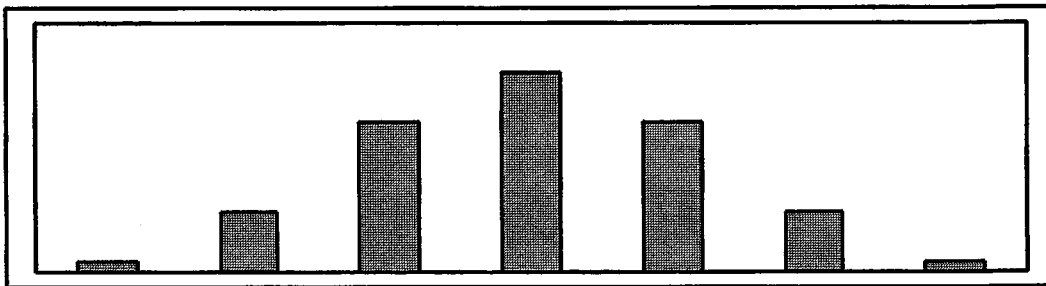
$$N(\infty)=1$$

Daha önce elde edilen binomial modele ait call opsiyonu fiyatlama formülasyonu (2.28) ise aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$(2.28) \quad C = \{S \cdot [B(n \geq aIT, p)] - \left[\frac{K}{(1+R)^T} \right] \cdot [B(n \geq aIT, p)]\}$$

İki formüldeki hisse senedi fiyatı (S) ve opsiyon işlem fiyatı (K) değerleri zaten aynı değerler olarak yer almaktadır. Zaman aralıklı modeldeki $K/(1+R)^T$ değerinin de, sürekli zaman modelinde $K \cdot e^{-RT}$ değerine dönüşeceği yukarıda gösterilmişti. Son bir aşama, olarak normal dağılım ve binomial dağılım değerlerine ait $N()$ ve $B()$ terimlerinin birbirlerine yakınlığının gösterilmesi gerekmektedir. Gerçekten de Cox, Ross ve Rubenstein (1979), binomial model içindeki periyod sayısı (n) sonsuza giderken, binomial dağılımın normal dağılıma yaklaştığını ispatlamışlardır [15:269].

Bunun belki de çok basit bir gösterimi olarak, Pascal üçgeninde (pascal üçgeni, periyod sayısına göre binomial değer kombinasyonlarına ilişkin katsayıları veren bir gösterimdir), n sonsuza giderken, binomial değerlere ait katsayıların histogram üzerinde aldığı şekle bakılabilmektedir. Şekil 2.1’de de görüldüğü gibi histogramın görünümü periyod sayısı arttıkça normal dağılıma ait çan eğrisine yaklaşmaktadır.



Şekil 2.1: Pascal Üçgeninde n=6 İken Oluşan Histogram

<u>Periyod Sayısı</u>	<u>Pascal Üçgeni</u>						
0	1						
1	1 1						
2	1 2 1						
3	1 3 3 1						
4	1 4 6 4 1						
5	1 5 10 10 5 1						
6	1 6 15 20 15 6 1						

Gerçekten de periyod sayısı (n), sonsuza giderken:

$$B(n \geq a | T, p_y) \rightarrow N_{(d1)} \text{ ve } B(n \geq a | T, p) \rightarrow N_{(d2)} \text{ ise,}$$

binomial opsiyon fiyatlama modeli de, Black/Scholes modeline, hem formülasyon, hem de sonuç olarak yaklaşmaktadır.

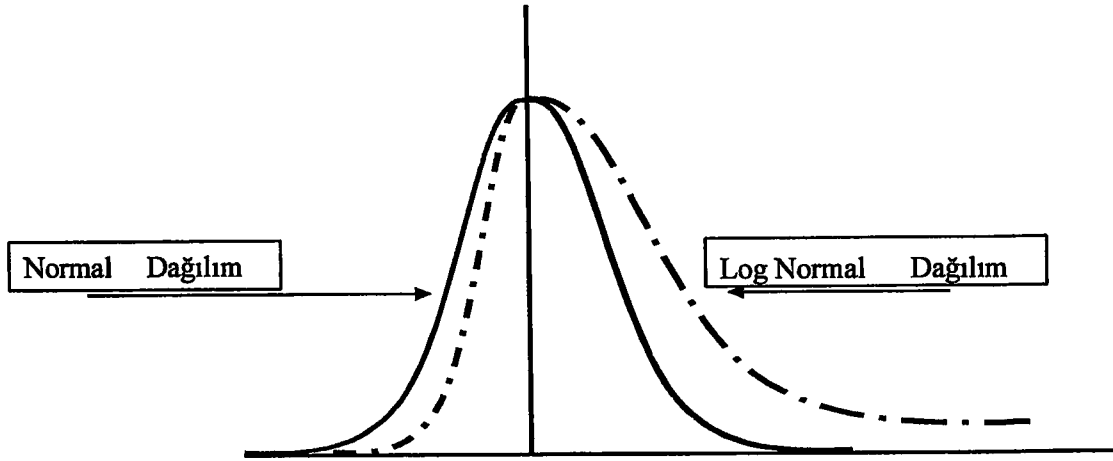
Binomial Model $\rightarrow$ Black/Scholes modeli

Binomial sentetik olasılıklar modeli kullanılarak Black/Scholes Modeli'ne ulaşılmasına ilişkin analizin tamamlanmasından sonra aşağıdaki bölümde, Black/Scholes Modeli ve modele ilişkin yukarıda verilen sonuç formülasyonunun oluşturulma aşamaları üzerinde çalışılacaktır.

2.6. Black/Scholes Modeli

Fischer Black and Myron Scholes, opsiyon fiyatlamasında bir çığır açan modellerini 1973 yılında yayınlamışlardır. Modelin ana dayanağı, finansal varlıkların fiyatlarının arbitraja olanak vermeyecek şekilde sürekli değişmesi gerektiği ve bu riskli varlıkların getirilerinin lognormal bir dağılım izlediği varsayımıydı [17:162]. Gerçekten de 2.2 no'lu şekilde gösterildiği gibi, hisse senedi (ya da finansal varlık) getirilerinin dağılımı gerçek hayatta sağa yatık bir eğri göstermekteyse de (yani beklenen değer üzerindeki yüksek getirilerin gerçekleşme olasılığının tersi duruma

göre daha yüksek gözükmeleri) logaritmik değerleri normal bir dağılım arz etmektedir [17:159].



Şekil 2.2: Normal Dağılım ve Lognormal Dağılım

Bunun yanında opsiyona konu varlığın volatilitelerinin ve risksiz faiz oranının opsiyon ömrü süresince değişmemesi modelin diğer varsayımlarıydı [17:162]. Amaç, tek ve çok zamanlı binomial modellerde de gösterildiği gibi, opsiyona konu varlığı ve opsiyonu kullanarak oluşturulacak risksiz bir portföyün, risksiz faiz oranına eşit bir getiri sağlaması gerektiği üzerine kurulu denklemin, opsiyon fiyatının vade sonu değerlerini de sağlayacak şekilde çözülmesinden ibaretti. Sürekli alım satımın yapılabileceği bir ortamda (komisyon maliyetlerinin ve miktar sınırlamasının olmadığı ideal bir ortamdan söz ediliyor) finansal (ya da gerçek) varlığın fiyatında meydana gelebilecek değişikliklere karşın finansal varlık ve opsiyon miktarları sürekli ayarlanarak portföyün risksiz karakteri korunmuş olacaktı.

Opsiyon ve finansal varlığın kendisinden oluşan söz konusu risksiz portföyün yapısı aşağıdaki gibi tanımlanacak olursa:

$$\Pi = [(S.A_s) + (C.A_c)] \quad (2.37)$$

Π : Portföy değeri

S : Finansal ya da reel varlığın fiyatı

C : Call opsiyonu fiyatı

A_s : Portföydeki finansal varlık adeti

A_c : Portföydeki call opsiyonu adeti

Çok küçük bir zaman aralığında portföy değerinde meydana gelebilecek değişiklik ise toplam diferansiyel denklemleriyle aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir.

$$d\Pi = [(A_s \cdot dS) + (A_c \cdot dC)] \quad (2.38)$$

$d\Pi$: Portföy değerinde meydana gelen marjinal değişim

dS : Finansal ya da reel varlığın fiyatındaki marjinal değişim

dC : Türev ya da call opsiyon fiyatındaki marjinal değişim

Eğer yukarıdaki toplam diferansiyel eşitliğin içindeki dC 'nin değeri biliniyor olsaydı, çözüme yaklaşmak kolay olacaktı. Opsiyon değerinin, finansal varlık fiyatı ve zamanın bir fonksiyonu olduğu düşünülecek olursa, bu fonksiyona ilişkin standart toplam diferansiyel denklem aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$dC = [(C_s \cdot dS) + (C_t \cdot dt)] \quad (2.39)$$

C_s : C fiyat fonksiyonunun, S cinsinden parçalı türevi

C_t : C fiyat fonksiyonunun, t cinsinden parçalı türevi

Yukarıdaki parçalı türevler ise:

$$C_s = \frac{dC}{dS} \quad (2.40)$$

$$C_t = \frac{dC}{dt} \quad (2.41)$$

Şeklinde tanımlanmaktadır.

Kullandıkları metod, sürekli akan bir zaman içinde, çok küçük zaman aralıklarında değişen rassal değişkenlerin, değişim analizini konu alan “Stokastik Calculus” idi. Stokastik proses içinde, “Deterministik Calculus”te kullanılan yukarıdaki toplam diferansiyel denklemi yetersiz kalmaktadır [18:73].

Stokastik süreçte, finansal varlık fiyatının zaman içinde rassal bir hareket izlediği varsayılmakta ve bu sürece de “*Geometrik Brownian Motion*” (Wiener Prosesi olarak da tanımlanmaktadır) adı verilmektedir [15:297].

Bu süreçte, finansal varlığın fiyatının belli bir zaman dilimi içinde, beklenen bir değerle (tahmin edilebilir değer - *drift term*), bu beklenen değerden sapmalar gösteren rassal bir değişkenin (tahmin edilemez değer - *diffusion term*) fonksiyonu olarak hareket ettiği varsayılmaktadır. Bu fonksiyon deterministik bir fonksiyon olmadığı için, deterministik matematik içinde, içerdiği rassal değişkene ait bir türev tanımı yer almamaktadır. Bu tür türev tanımı ancak bu tür prosesleri kapsayan, stokastik matematik içinde yapılabilmektedir. Bu tanımlamaya karşılık gelen finansal varlığın fiyat fonksiyonuna ait stokastik diferansiyel eşitlik, aşağıdaki gibi gösterilmektedir [18:128].

$$\frac{dS}{S} = [(\mu \cdot dt) + (\sigma \cdot dz)] \quad (2.42)$$

μ : Anlık beklenen getiri

σ : Anlık standart sapma

dt : Zamandaki çok küçük bir değişiklik

dz : Wiener süreci

Weiner süreci, $t=0$ zamanında ve $I(t=0)$ bilgi seti dahilinde, bir sonraki değeri tahmin edilemez olan, beklenen değeri (*mean*) 0 ve varyansı $\sigma^2 dt$ olan bir *Gaussian* (normal) dağılım olarak tanımlanmaktadır. z 'nin her yeni değeri için beklenen değer sıfır olarak belirlenmekte ve bir sonraki değerle arasındaki korelasyon da sıfıra eşit bulunmaktadır (yani korelasyon bulunmamaktadır). z 'nin $t=0$ daki değeri sıfır olup, z_t 'nin varyansı t 'ye eşit bulunmaktadır. Süreç devamlı olduğu için (diğer bir ifadeyle

zamanın sürekli bir fonksiyonu olduğu için) çok küçük zaman aralıklarında, z_t de çok küçük sıçramalar göstermektedir [18:128]. Normal dağılım x ekseninde negatif sonsuzdan, pozitif sonsuza uzandığı için, gözlemlenen zaman aralığı sıfırdan büyük kaldığı sürece, finansal varlığın fiyatında düşük olasılıkla da olsa büyük sıçramaların olma ihtimali bulunmaktadır. Bu da modelin gerçek hayata uygulanabilirliği tezini doğrulamaktadır.

Ancak yukarıda da belirtildiği gibi, deterministik matematik içinde, diferansiyel terim dz 'yi ve dolayısıyla dS 'yi tanımlayabilmek mümkün olmamaktadır. Bu terimler ancak stokastik kuram çerçevesi içinde tanımlanabilmektedir

Oluşturdukları stokastik diferansiyel eşitliğin analizinden önce, stokastik ve deterministik ortamların farklı yönlerinin ele alınmasının faydalı olacağı düşünülmüştür. Deterministik matematik içinde yer alan standart türev, integral ve Taylor serisi açılımı gibi kavramların stokastik calculus içinde ele alınış şekilleri oldukça farklı bulunmaktadır. Bunun nedeni de, söz konusu tanımlara ait değişkenlerin, sürekli akan bir zaman içinde, rassal hareket eden stokastik süreçler olmalarından kaynaklanmaktadır [18:76]. Aşağıda, stokastik ve deterministik ortamlarda türev ve integral tanımlarıyla birlikte, sıkça kullanılan, Ito'nun Lemma tekniği ve sonrasında Black/Scholes formülasyonunun oluşturulması aşamaları sırasıyla ele alınmaktadır.

2.6.1. Stokastik ve Deterministik Ortamlarda Türev

Standart matematikte yer alan parçalı türev tanımı Taylor serisi açılımındaki ikinci dereceden türevleri ihmal edilebilir kabul ederken, stokastik matematikte pozitif varyansa sahip rassal değişkenlere ait parçalı türevlerde aynı varsayımda bulunulamamaktadır (Bu değişkenlerin beklenen değerlerinin sıfıra eşit olmasına rağmen) [18:131]. Bu noktada, Taylor serisi açılımı kısaca açıklanacak olursa:

Taylor serisi, Maclaurin serisinin $x = 0$ yerine $x = a$ noktasındaki fonksiyon yaklaşması olarak tanımlanmaktadır. Maclaurin serisi ise, $Y = f(x)$ fonksiyonuna, $x = 0$ noktasında yaklaşan polinom fonksiyonunu vermektedir [19:660].

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$$

Yukarıdaki polinom fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanmakta ve $y = f(x)$ fonksiyonunun, $x = 0$ noktasında, n 'inci dereceden Taylor polinomu adı verilmektedir

$$f(x) = f(0) + f_1(0).x + f_2(0).x^2/2! + f_3(0).x^3/3! + \dots + f_n(0).x^n/n! \quad (2.43)$$

$$a_0 = f(0)$$

$$a_1 = f_1(0)$$

f_1 : 1. Türev

$$a_2 = f_2(0)/2!$$

f_2 : 2. Türev

.

.

.

.

$$a_n = f_n(0)/n!$$

f_n : n. Türev

Yukarıdaki açılım n sonsuza giderken Maclaurin serisine dönüşmektedir. Benzer polinomu $x = 0$ yerine $x = a$ noktasında tanımlamak içinse, aşağıdaki Taylor serisi açılımının kullanılması gerekmektedir [19:660].

$$f(x) = f(a) + f_1(a).(x-a) + f_2(a).(x-a)^2/2! + \dots + f_n(a).(x-a)^n/n! + \dots \quad (2.44)$$

Bu noktada belirtilmesi gereken, bir fonksiyonun Taylor serisi açılımına sahip olabilmesi için, $x = a$ noktasında her dereceden tanımlı türevinin bulunması gerektiğidir.

$f(x)$ fonksiyonunun rassal bir süreci tanımladığı varsayılırsa, ve,

$$(X - X_0) = b,$$

olarak tanımlanırsa, X_0 noktasındaki Taylor serisi açılımı aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$f(X_0+b) - f(X_0) = f_1(X_0).(b) + f_2(X_0).(b)^2/2! + D \quad (2.45)$$

D, ikinci derece üstü türevlerin toplamını içermektedir. Eğer $f(x)$ fonksiyonu rassal değil de, deterministik bir fonsiyon olsaydı;

$$\lim_{b \rightarrow 0} \frac{[f(X_0 + b) - f(X_0)]}{b} = f_1(X_0) \quad (2.46)$$

eşitliği geçerli sayılıp, ikinci derece ve üstü türevler ihmal edilebilir kabul edilecekti. Ancak fonksiyon rassal bir fonksiyon olduğu ve b^2 değerinin (yani fonksiyonun varyansının) sıfırdan büyük pozitif bir değere sahip olduğu bilindiği için, ikinci dereceden alınan bu türev değerinin ihmal edilebilir olmadığı sonucuna varılmaktadır. Ayrıca stokastik proste, $\lim_{b \rightarrow 0}$ varsayımında bulunmak da geçerliliğini kaybetmektedir. Dolayısıyla stokastik süreçte, rassal değişkene sahip fonksiyona yaklaşan Taylor serisi açılımında yukarıdaki eşitlikten farklı olarak, ikinci derece türevi içeren terimin de yer alma zorunluluğu doğmaktadır [18:131].

$$f(X_0 + b) - f(X_0) = f_1(b) + f_2(p)^2 \quad (2.47)$$

Eşitlikteki p değeri, b 'nin istatistiksel olarak olasılıklı yaklaşım değeri (beklenen değerlerin karelerinin toplamının yaklaştığı değer- *mean square convergence*) olarak tanımlanmaktadır [15:299].

2.6.2. Stokastik ve Deterministik Ortamlarda İntegral

Türev işlemi, tanım olarak bir fonksiyona ait marjinal değişim oranını gösterirken, integral işlemi marginal değişimlerin toplamını vermektedir. Deterministik matematik içinde sınırlı integral tanımı Riemann İntegrali yöntemiyle aşağıdaki gibi gösterilmektedir [19:269].

$$\int_a^b f(x).d(x) = \lim_{norm \rightarrow 0} \sum f(C_k). \Delta(x_k) \quad (2.48)$$

$f(C_k)$: $[x_k - x_{k-1}]$ aralığında fonksiyonun maksimum ya da minimum değeri

Yani fonksiyon eğrisinin x eksenı üzerindeki iki değeri (a ve b) arasında kalan alanının toplamına, $[a-b]$ arası mümkün olduğunca küçük aralıklara bölünerek ve

eğri ile birleştirilerek, oluşturulan dikdörtgenlerin alanlarının toplamının alınmasıyla, limit tanımı içinde yaklaşılabilmektedir. X eksenindeki aralıklar oluşturulan küçük dikdörtgenlerin tabanını oluştururken, yüksekliğine karşılık gelen maksimum veya minimum $f(x)$ değerlerinin kullanılması, $\lim_{norm \rightarrow 0}$ 'a giderken yani $[a-b]$ aralığının bölündüğü aralık sayısı sonsuza giderken (ya da aralık genişliği sıfıra giderken), dikdörtgenlerin toplam değeri açısından bir farklılık göstermemekte ve birbirine yaklaşmaktadır [19:272].

Ancak stokastik süreçte, birbirleriyle korelasyonu bulunmayan sayısız rassal artışların toplam değerini Riemann İntegrali yöntemiyle bulmak mümkün olamamaktadır. İşte stokastik proses içinde, bu rassal değerlerin toplamına istatistiksel olasılık yaklaşımıyla (beklenen değerlerin karelerinin toplamı) ulaşan stokastik metoda Ito İntegrali adı verilmektedir [18:176].

$$[S_t - S_{(t-1)}] = [(\mu.S_{(t-1)}.\Delta t) + [\sigma.S_{(t-1)}.\Delta(zt)]] \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (2.49)$$

Yukarıdaki eşitliğin solundaki artışların toplamı sağındaki artışların toplamına eşitlendiği durumda,. sağdaki terimlerden ilkinde rassal bir değişken bulunmadığından ve akan zaman da hem sürekli bir fonksiyon hem de sınırlı varyansa sahip olarak kabul edilebileceği için Riemann yöntemi uygulanabilecektir. Ancak sağdaki ikinci terim rassal bir değişken içerdiği için aynı yöntem uygulanamayacaktır. Değişken rassal olduğu için, artışların toplam değerinin de, limit tanımı içinde, rassal bir değere yaklaşması gerekmektedir. Yukarıda söz edilen istatistiksel tanımın, Ito integraline ait ifade içinde yer alış şekli aşağıdaki gibi oluşmaktadır

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ \sum_{t=1}^n [\sigma.S_{(t-1)}.\Delta(zt)] - \int_0^T \sigma.S_t.dzt \right\}^2 = 0 \quad (2.50)$$

(2.49) No'lu eşitlikteki ikinci terimin artışlarının toplamı ile Ito integrali değerinin arasındaki farkların varyansı, n sonsuza giderken limit tanımı içinde sıfıra yaklaşmaktadır [18:177].

Stokastik ve deterministik ortamlardaki integral tanımındaki farklılığa bir örnek olarak, $f(x)$ fonksiyonunun her iki süreçte integrali alınacak olursa:

Deterministik matematik içinde,

$$\int_0^T x \cdot d(x) = \frac{x^2}{2} \quad (2.51)$$

olarak sonuçlanırken, stokastik sürece ait Ito integrali içinde,

$$\int_0^T x \cdot d(x) = \frac{x^2}{2} - \frac{T}{2} \quad (2.52)$$

değerini vermektedir ki $(-T/2)$ değeri standart integral tanımı içinde yer almamaktadır.

Ito'nun Lemma tekniğiyle (bu tekniğin ayrıntılı analizi bundan sonraki bölümde ele alınmaktadır) bunun ispatı şu şekilde gösterilebilmektedir.

$$f(z,t) = \frac{1}{2} z^2$$

Fonksiyonu ele alınsın. Bu stokastik fonksiyona ait türev bundan sonraki bölümde ayrıntılı olarak incelenen Ito'nun Lemma tekniğiyle aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$df(z,t) = [f_z \cdot dz + f_t \cdot dt + (\frac{1}{2} f_{zz} \cdot \sigma^2 \cdot dt)] \quad (2.53)$$

f_z : Fonksiyonun z cinsinden birinci türevi

f_{zz} : Fonksiyonun z cinsinden ikinci türevi:

f_t : Fonksiyonun t cinsinden birinci türevi

σ : z 'ye ait standart sapma (z normal dağılıma sahip olduğu için 1'e eşit bulunmaktadır.)

Her iki tarafın integrali alındığında,

$$f(z,t) = \left[\left(\int_0^T z \cdot dz \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot \int_0^T dt \right) \right]$$

$$\frac{1}{2}z^2 = \left(\int_0^T z \cdot dz \right) + \left(\frac{1}{2}t \right)$$

$$\int_0^T z dz = \left(\frac{1}{2}z^2 \right) - \left(\frac{1}{2}t \right)$$

Yukarıda elde edilen sonuca ulaşılmış bulunmaktadır. [18:207].

Stokastik ve deterministik ortamlardaki türev ve integral tanımlarının tamamlanmış olmasından sonra, aşağıdaki bölümde Ito'nun Lemma tekniğinin analizi yapılmaktadır.

2.6.3. Ito'nun Lemma Tekniği

$f(x)$ Fonksiyonu stokastik bir değişkene ve zamana bağlı bir fonksiyon olarak tanımlandığında, izleyeceği Ito prosesi aşağıdaki şekilde oluşturulmaktadır:

$$dx = [a(x,t) \cdot dt + b(x,t) \cdot dz] \quad (2.54)$$

Yukarıdaki gösterimde dz bir *Wiener* prosesini temsil ederken a (beklenen değer- *drift term*) ve b (rassal terim ya da varyans- *diffusion term*), x ve t 'nin bir fonksiyonu olarak yer almaktadır. Buna göre, Ito'nun Lemma tekniği, x ve t 'nin bir fonksiyonu olan G fonksiyonuna ait Stokastik Diferansiyel Eşitlik'i (SDE) aşağıdaki gibi tanımlamaktadır [20:220].

$$dG = [(a \cdot G_x) + (G_t) + (\frac{1}{2} G_{xx} \cdot b^2)] \cdot dt + [G_x \cdot b \cdot dz] \quad (2.55)$$

G_x : G fonksiyonunun x cinsinden birinci türevi

G_{xx} : G fonksiyonunun x cinsinden ikinci türevi

Bir önceki SDE'de (2.54) yer alan gösterime paralel olarak:

$$[(a.G_x) + (G_t) + (\frac{1}{2}.G_{xx}.b^2)] \quad (2.56)$$

beklenen değer terimini (*drift term*) ve,

$$[G_x.b]^2 \quad (2.57)$$

de, varyansı (*diffusion term*) oluşturmaktadır. Matematikçi K. Ito bu sonuca 1951 yılında ulaşmıştır [20:220]. Bu aşamada Ito'nun bu sonuca nasıl ulaştığı gözden geçirilecektir.

Bölümün başında türevsel ürünün, (opsiyonun) fiyatı, zamanın ve üzerine yazılı olduğu finansal varlığın fiyatının (ve dolayısıyla finansal varlığın fiyatını etkileyen stokastik değişkenlerin) bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştı. Buna göre call opsiyonunun fiyat fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilsin:

$$C = f(S_t, t) \quad (2.58)$$

Bu fonksiyona ait toplam diferansiyel denklem ise, daha önce (2.39)'da aşağıdaki gibi gösterilmışti.

$$df = (f_s.dS_t) + (f_t.dt) \quad (2.59)$$

df : Fonksiyon değerindeki marjinal değişim

f_s : Fonksiyonun S_t değişkenine göre alınan 1. türevi

f_t : Fonksiyonun t değişkenine göre alınan 1. türevi

dt : Zamanda meydana gelen marjinal değişim

(2.40) Ve (2.41) no'lu formüllerden hatırlanacağı gibi, parçalı türevler de yine aşağıdaki gibi tanımlanmıştı:

$$f_s = \frac{df}{dS_t} \quad (2.60)$$

$$f_t = \frac{df}{dt} \quad (2.61)$$

Yukarıdaki parçalı türevlerin tanımı içinde “ f_s ”, hisse senedi fiyatı, S_t ’nin değerindeki küçük bir değişim karşısında call opsiyonu fiyatı, C ’deki değişimi verirken, “ f_t ” aynı ölçümü zaman değişkenine karşı yapmaktadır. Fakat gerçek hayatta zamanı sabit tutarak finansal varlığın fiyatındaki bir değişimden söz edilemeyecektir. Bu açıdan toplam türev formülü, hem zamanın, hem de finansal varlığın fiyatının birlikte değiştiği gerçek hayat için daha geçerli bir yaklaşım niteliği almaktadır. Ancak S_t rassal bir değişken olduğu için, toplam diferansiyel denkleminin stokastik proses içinde yeniden tanımlanması gerekmektedir. İşte bu toplam türev formülünün stokastik ifadesi, Ito’nun lemma tekniği olarak adlandırılmaktadır [18:195].

C ’nin fiyatı, dt kadar bir süre geçtiğinde, hem zamana karşı direk bir değişim gösterecek, hem de geçen zamanla değişen bilgi setiyle birlikte, dS_t ’nin etkisiyle ikinci bir değişim gösterecektir. Bu da, yukarıdaki toplam türev yönteminin zincir kuralına uygulanmış ifadesini oluşturmaktadır ve aşağıdaki gibi gösterilebilmektedir.

$$\frac{df}{dt} = (f_s \frac{dS_t}{dt}) + f_t \quad (2.62)$$

Ito’nun Lemma tekniğine ait formülasyonun oluşturulması aşamasında, 2.6.1 no’lu bölümde kısaca üstünden geçilen Taylor serisi açılımı kullanılmaktadır. S_t ($0 \rightarrow T$) zaman aralığında sürekli rassal bir fonksiyon olarak tanımlanırsa ve bu zaman aralığı her biri h uzunluğunda zaman dilimlerinden oluşan n eşit parçaya bölünecek olursa, S_t ’deki değişimin ifadesi olan ΔS_k (2.42) no’lu formülde tanımlandığı gibi aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir:

$$\Delta S_k = [a \cdot h + (\sigma \cdot \Delta z)] \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (2.63)$$

$$a = \mu \cdot S_k$$

$$\sigma = \sigma_k \cdot S_k$$

$$\Delta S : S \text{’deki değişim}$$

Δz : z 'deki değişim

Tek değişkenli bilinen Taylor serisi açılımı, daha önce (2.44) ve (2.45) no'lu formüllerden hatırlanacağı gibi aşağıdaki şekilde gösterilmişti.

$$f(x) = f(x_0) + f_1(x_0)[x-x_0] + \frac{1}{2}f_2(x_0)[x-x_0]^2 + D \quad (2.64)$$

Yukarıdaki gösterimde, f_1 birinci türevi ve f_2 ikinci türevi ifade etmekteydi. D ise ikinci derece üstü türevlerin toplamını temsil etmekteydi

Yukarıdaki Taylor serisi açılımının, yine yukarıdaki rassal ΔS_k fonksiyonuna uygulanabilmesi için, çift değişkenli fonksiyon açılımının uygulanması gerekmektedir. Bu açılımın her bir değişkenin parçalı türevini içerdiği gibi, çapraz türevlerini de içermesi gerekmektedir.

$$\begin{aligned} f(S_k, k) = f(S_{k-1}, k-1) &+ f_s(S_k - S_{k-1}) + f_t.h \\ &+ \frac{1}{2}f_{ss}.(S_k - S_{k-1})^2 + \frac{1}{2}f_{tt}.h^2 + f_{st}.h.(S_k - S_{k-1}) + D \end{aligned} \quad (2.65)$$

f_s : Fonksiyonun S_k değişkenine göre alınan birinci türevi

f_t : Fonksiyonun t değişkenine göre alınan birinci türevi

f_{ss} : Fonksiyonun S_k değişkenine göre alınan ikinci türevi

f_{tt} : Fonksiyonun t değişkenine göre alınan ikinci türevi

f_{st} : Fonksiyonun S_k ve t değişkenlerine ait çapraz türevi

Kısaltmalar için,

$$f(S_k, k) - f(S_{k-1}, k-1) = \Delta f(k)$$

$$S_k - S_{k-1} = \Delta S_k$$

kullanılarak, aşağıdaki eşitlik elde edilebilmektedir.

$$\Delta f(k) = f_s.\Delta S_k + f_t.h + \frac{1}{2}f_{ss}(\Delta S_k)^2 + \frac{1}{2}f_{tt}.h^2 + f_{st}(h.\Delta S_k) + D \quad (2.66)$$

(2.45) No'lu formülden hatırlanacağı gibi, standart matematik tanımı içinde, Taylor serisi açılımı aşağıdaki şekilde verilen bir fonksiyon için,

$$\Delta f = f_s(S_0)\Delta S + \frac{1}{2}f_{ss}(S_0)(\Delta S)^2 + \frac{1}{3!}f_{sss}(S_0)(\Delta S)^3 + D \quad (2.67)$$

Daha önce vurgulandığı gibi, ikinci derece ve daha üstü terimler ihmal edilebilir kabul edileceğinden (çünkü ΔS sıfıra yaklaşırken ikinci ve daha yukarı dereceden üstsel terimler daha hızlı bir şekilde sıfıra yaklaşacaktır.), toplam türev tanımı içinde yer almayacaklardır ve toplam türev formülü aşağıdaki gibi ifade edilecektir.

$$df = f_s \cdot dS \quad (2.68)$$

Fakat aynı yöntemin, stokastik proses içeren fonksiyonlara uygulanamayacağı 2.6.1 no'lu bölümde açıklanmıştı. Yukarıdaki fonksiyon içinde, zaman değişkeni deterministik yapısı gereği (zaman rassal bir değişken olmadığı için), standart matematik terimi olarak kabul edilip, aynı uygulama zaman değişkeninin ikinci ve daha yüksek dereceden terimleri için yapılabilmektedir. Ancak daha önce de (2.6.1 no'lu bölüm) belirtildiği gibi, pozitif değere sahip olduğu bilinen dS^2 terimi için (çünkü *weiner* prosesindeki z değişkeninin sıfır beklenen değere ve pozitif varyansa sahip olduğu daha önce belirtilmişti) aynı uygulama yapılamamaktadır. Bunun diğer bir kanıtı da şu şekilde ifade edilebilmektedir. Toplam türev fonksiyonu içinde dt terimi yer aldığına göre ve,

$$(dz)^2 = dt \quad (2.69)$$

olarak kabul edildiğinden, $(dz)^2$ terimi aslında zamanın ancak birinci dereceden bir ifadesidir ve bu yüzden ihmal edilebilir olarak kabul edilememektedir. Bunun sonucu olarak $(\Delta S)^2$ içeren terimlerin toplam türev formülasyonuna dahil edilmesi gerekmektedir [18:201].

Yukarıda, (2.66) no'lu eşitlikte, ΔS_k yerine, (2.63) no'lu eşitlikteki karşılığı olan,

$$(2.63) \quad \Delta S_k = [(a.h) + (\sigma.\Delta z_k)]$$

yazılarak (2.66) no'lu eşitlik aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenebilmektedir:

$$\begin{aligned} \Delta f(k) = & [f_s.(a.h + \sigma.\Delta z_k)] + [f_t.h] + [\frac{1}{2}.f_{ss}.(a.h + \sigma.\Delta z_k)^2] \\ & + [\frac{1}{2}.f_{tt}.h^2] + [f_{st}.h.(a.h + \sigma.\Delta z_k)] + D \end{aligned} \quad (2.70)$$

Yukarıdaki eşitlik içinde altı çizili bölüm birinci derece terimleri, diğerleri ise ikinci ve daha yüksek dereceden terimleri ifade etmektedirler. Bundan önce, hangi ikinci derece terimlerin ihmal edilemeyeceği gösterilmişti. Şimdi bunun hem ikinci kez, fakat bu kez limit teorisi içinde kanıtlanması, hem de denklemin açılmış şekli içinde “Finansal Türev Ürün –Opsiyon” fonksiyonuna ait Stokastik Diferansiyel Denklemin (SDE) oluşturulması için, h değeri sıfıra yaklaşırken, hangi terimlerin ihmal edilebilir olacağına bakılacaktır.

Bu yapılırken denklemin açık şeklindeki tüm terimlerin,

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(\Delta z_k, h)}{h} \quad (2.71)$$

değerine bakılması ve sıfıra yaklaşan değerlerin denklemden düşürülmesi gerekecektir. Yukarıda, (2.71) no’lu formüldeki limit tanımı sırasıyla (2.70) no’lu eşitlik içindeki tüm terimlere uygulanacak olursa:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(f_s.a.h)}{h} = f_s.a$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(f_s.\sigma.\Delta z_k)}{h} = +\infty, \quad (2.69) \text{ No’lu formülde gösterildiği gibi, } \Delta z$$

değeri $\sqrt{h}$ ’ye orantılı olduğu için, h sıfıra giderken ifade sonsuza gitmektedir.

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(f_t.h)}{h} = f_t$$

Görüldüğü gibi tüm birinci derece terimler, h sıfıra giderken, sıfırdan büyük sonuçlar verdikleri için denklemin içinde yer alacaklardır. Şimdi ikinci dereceden terimlere bakılacak olursa:

$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(f_u \cdot h^2)}{2h} = 0$, t değişkeni rassal olmadığı için ifade sıfıra gitmektedir.

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\left[\frac{1}{2} \cdot f_{ss} \cdot (\Delta S_k)^2 \right]}{h} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{2} f_{ss} \left[\frac{(a^2 \cdot h^2) + (\sigma^2 \cdot \Delta z_k^2) + (2 \cdot a \cdot h \cdot \sigma \cdot \Delta z_k)}{h} \right]$$

Yukarıda, limit içindeki parantez açıldığı zaman oluşan ilk terim:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\left[\frac{1}{2} \cdot f_{ss} \cdot (a \cdot h)^2 \right]}{h} = 0$$

İkinci terim:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\left[\frac{1}{2} \cdot f_{ss} \cdot (\sigma \cdot \Delta z_k)^2 \right]}{h} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\left[\frac{1}{2} \cdot f_{ss} \cdot (\sigma^2 \cdot h) \right]}{h} = 0,$$

Çünkü (2.69) no'lu formülden bilindiği gibi:

$$(dz)^2 = dt \quad \text{ve} \quad (\sigma_k \cdot \Delta z_k)^2 = (\sigma_k)^2 \cdot h$$

Marjinal zaman aralıkları h ile tanımlandığına göre,

$$dt = h$$

limit yukardaki gibi sonuçlanmaktadır.

Son terim:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\left[\frac{1}{2} \cdot f_{ss} \cdot (2 \cdot a \cdot h \cdot \sigma \cdot \Delta z_k) \right]}{h} = 2 \cdot a \cdot \sigma \cdot \Delta z_k = 0$$

Çünkü (2.69) no'lu formülde gösterildiği gibi h sıfıra giderken Δz_k da sıfıra gitmektedir.

Son olarak çapraz türev terimine aynı limit uygulandığı zaman:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{[f_{st} \cdot h \cdot (a \cdot h + \sigma \cdot \Delta z_k)]}{h} = f_{st} \cdot [a \cdot h + \sigma \cdot \Delta z_k] = 0$$

Çünkü yine yukarıda belirtildiği gibi h sifıra giderken Δz de sifıra gitmektedir.

Böylece (2.70) no'lu eşitliğin sağ tarafında, h sifıra giderken fonksiyon değerindeki değişimi gösteren türev açılımı, limit tanımında sifıra yaklaşan yukarıda belirlenen terimleri dışarıda bırakarak oluşturulacaktır.

Yine, (2.70) no'lu türev fonksiyonunda, ikinci derecenin üstündeki terimlerin ihmal edilebilir olduğu kabul edilirse (deterministik bir değişken olan zaman (t) için bunun geçerli olduğu daha önce belirtilmişti, ancak Weiner Prosesi için de, h sifıra giderken, ikinci derecenin üstündeki terimler ihmal edilebilir olarak kabul edilebilmektedir. Bunun nedeni, stokastik değişkene ait ikinci dereceden yüksek terimlerin, deterministik değişken t 'ye ait birinci derecenin üstündeki terimlere karşılık gelmesinden kaynaklanmaktadır. [18:205]), toplam değişim aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir.

$$\Delta f(k) = [(f_s \cdot \Delta S_k) + (f_t \cdot h) + (\frac{1}{2} f_{ss} \cdot \sigma^2_k \cdot h)] \quad (2.72)$$

Dolayısıyla, zamanın ve türeve konu finansal varlık fiyatının bir fonksiyonu $[f(S,t)]$ olarak verilen, türevsel ürünün (opsiyon) fiyat fonksiyonuna ilişkin stokastik diferansiyel eşitlik aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$df(S_t, t) = [(f_s \cdot dS_t) + (f_t \cdot dt) + (\frac{1}{2} f_{ss} \cdot \sigma^2 \cdot dt)] \quad (2.73)$$

Sonuç olarak, stokastik diferansiyel denklemi, (2.42) no'lu formülden hatırlanacağı gibi,

$$dS_t = [(\mu \cdot S \cdot dt) + (\sigma \cdot S \cdot dz)] \quad (2.74)$$

olarak verilen finansal varlık üzerine yazılan ve fiyat fonksiyonu, finansal varlık değeri ve zaman değişkenlerine bağlı olarak değişen bir opsiyona ilişkin stokastik diferansiyel denkleme, Ito'nun Lemma tekniğiyle ulaşılmış bulunmaktadır.[15:297]

Daha önce de belirtildiği gibi hisse senedine ait stokastik diferansiyel denklemin içindeki terimlerden μ beklenen değeri (*predictable term- drift term*) gösterirken dz ise tahmin edilemeyen rassal (*unpredictable/random-diffusion term*) terimi temsil etmektedir. Türevsel ürün (opsiyon) için elde edilen stokastik diferansiyel denklemde de benzer gösterime ulaşmak için, denklemdeki dS_t terimi yerine (2.74) no'lu diferansiyel eşitlikteki karşılığı, σ yerine de (2.63) no'lu eşitlikteki karşılığı,

$$(2.74) \quad dS_t = [(\mu.S.dt) + (\sigma.S.dz)]$$

$$(2.63) \quad \sigma = \sigma_k.S_k = \sigma_L.S_L$$

yazılacak olursa, opsiyona ait yukarıdaki stokastik diferansiyel denklemin, tahmin edilebilir (*drift*) ve rassal (*diffusion*) terimlerini açık olarak gösteren, aşağıdaki şekline ulaşılmış olacaktır.

$$df(S_t, t) = [f_s.dS_t + f_t.dt + (1/2.f_{ss}.\sigma^2.dt)]$$

$$df(S_t, t) = [f_s.(\mu.S.dt + \sigma.L.S.dz_t)] + [f_t.dt] + [1/2.f_{ss}.\sigma^2.S^2.dt]$$

$$df(S_t, t) = [(f_s.\mu.S) + (1/2.f_{ss}.\sigma^2.S^2) + f_t].dt + [f_s.S.\sigma.L.dz_t] \quad (2.75)$$

Stokastik diferansiyel eşitliğin yukarıdaki son şeklinde altı çizilen bölüm, beklenen ya da tahmin edilebilir terimi (*predictable/drift term*) gösterirken, ikinci parantez içindeki dz ise rassal (*innovation/diffusion term*) terimi temsil etmektedir [20:222]. Böylece bölümün başında verilen (2.55) no'lu Ito'nun Lemma tekniğinin sonuç formülüne ulaşılmış bulunmaktadır

Bu noktada vurgulanması gereken ve aşağıda Black/Scholes formülünün oluşturulmasında faydalanılacak en önemli özellik, hem finansal varlığın hem de türev ürünün (opsiyon) stokastik diferansiyel denklemlerindeki rassal (tahmin edilemez) değişkene ait terimlerin, aynı stokastik sürece ait olmalarıdır. İşte bu özellik, bu iki ürün kullanılarak oluşturulacak bir portföyde, riski ortadan kaldırmayı (ve doğal olarak getirisini önceden belirlemeyi) ve dolayısıyla biri verilmişken

diğerini fiyatlandırmayı mümkün kılmaktadır. Black/Scholes modeli de zaten temelde bu saptamaya dayanmaktadır.

Black/Scholes formülasyonunun oluşturulmasına geçilmeden önce, Ito'nun Lemma tekniğinin, bir sağlama amacıyla daha basit yapıdaki bir türev enstrüman olan forward kontratlara uygulanışı incelenecektir.

2.6.4. Ito'nun Lemma Tekniğinin Forward Kontratlara Uygulanışı

Ito'nun Lemma tekniğinin, daha basit bir türev enstrüman olan forward kontratlara uygulanmasının, hem bir sağlama olanağı vermesi hem de ilerleyen bölümlerdeki opsiyon fiyatlamasına ilişkin uygulamalara bir ön çalışma oluşturması açısından faydalı olacağı düşünülmüştür.

Forward kontrat fiyatına ait fonksiyon aşağıdaki gibi belirlenecek olursa:

$$F = S \cdot e^{r \cdot (T-t)} \quad (2.76)$$

T : Forward işlemin Vadesi (yıl)

t : Bugün (yıl)

S : Finansal varlığın t 'deki değeri

Ito formülündeki parçalı türevler aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$\frac{dF}{dS} = e^{r \cdot (T-t)}$$

$$\frac{d^2 F}{dS^2} = 0$$

$$\frac{dF}{dt} = -r \cdot S \cdot e^{r \cdot (T-t)}$$

Yukarıda (2.74) ve (2.75) no'lu eşitliklerden elde edilen sonuçlar tekrar yazılacak olursa:

$$(2.74) \quad dS_t = [(\mu.S.dt) + (\sigma.S.dz)]$$

$$(2.75) \quad df(S_t, t) = [(f_s.\mu.S) + (\frac{1}{2}.f_{ss}.\sigma^2.S^2) + f_t].dt] + [f_s.S.\sigma.dz]$$

(2.75) No'lu formülde, forward fiyat fonksiyonundan elde edilen parçalı türev terimleri yerleştirilecek olursa:

$$dF = [(e^{r(T-t)}.\mu.S) - (r.S.e^{r(T-t)})].dt + [e^{r(T-t)}.S.\sigma.dz]$$

Yukarıdaki eşitlikte, $[S.e^{r(T-t)}]$ yerine başta belirtilen karşılığı, yani F kullanılacak olursa:

$$dF = [(\mu-r).F.dt] + [\sigma.F.dz] \quad (2.77)$$

elde edilecektir. Burada da görüldüğü gibi beklenen değerin (drift term = μ) yerini $(\mu - r)$ almış bulunmakla beraber, rassal değişken, finansal varlığın spot fiyatını etkileyen aynı değişkene karşılık gelmektedir. Bunun nedeni ise forward kontratın kendi doğasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi forward işlemlerde kullanılan bir kapital (forward işlemlerin başlangıç değerinin sıfır olduğu bilinmektedir) olmadığı için, μ 'in risksiz yatırım maliyeti olan r 'den (risksiz faiz oranı) arındırılmış olması gerekmektedir ve $(\mu - r)$ formüle bu etkiyi yansıtmaktadır.

Ito'nun Lemma tekniğinin analizi ve forward kontratlar üzerindeki uygulaması tamamlanmış bulunduğundan, aşağıdaki bölümde, son aşama olan Black/Scholes formülasyonunun oluşturulma çalışması yer almaktadır

2.6.5. Black/Scholes Formülünün Oluşturulması

Bölümün başında oluşturulan finansal varlık (hisse senedi) ve call opsiyonundan oluşan risksiz portföy değerine ilişkin (2.37) no'lu formül tekrar yazılacak olursa:

$$\Pi = [(S.A_s) + (C.A_c)] \quad (2.78)$$

A_s ve A_c , sırasıyla, portföydeki hisse senedi ve call opsiyonu adetlerini ifade etmekteydi. Portföyün değeri, zaman geçtikçe S ve C 'deki (hisse senedi ve call

opsiyonu fiyatları) değişimlerin neticesinde değişmektedir. Dolayısıyla, portföye ilişkin toplam diferansiyel denklem (2.38) no'lu formülde ifade edildiği gibi aşağıdaki şekilde oluşmaktadır.

$$d\Pi = [(dS_t.A_s) + (dC_t.A_c)] \quad (2.79)$$

Ito'nun Lemma tekniğinin incelendiği bölümde (2.6.3. no'lu bölüm) oluşturulan, finansal varlık ve opsiyona ait (2.74) ve (2.75) no'lu stokastik diferansiyel denklemler tekrar yazılacak olursa:

$$(2.74) \quad dS_t = [(\mu.S_t.dt) + (\sigma.S_t.dz_t)]$$

$$(2.75) \quad df(S_t, t) = [(f_s.dS_t) + (f_t.dt) + (1/2.f_{ss}.\sigma^2.dt)]$$

Yukarıdaki eşitlikte $df(S_t, t)$ yerine C_t ve f yerine de C konulacak olursa:

$$dC_t = [(C_s.dS_t) + (C_t.dt) + (1/2.C_{ss}.\sigma^2.dt)] \quad (2.80)$$

elde edilmektedir.

C 'ye ait fiyat fonksiyonu biliniyor olsaydı, C_t , C_s ve C_{ss} parçalı türevleri alınarak opsiyon fiyatına ilişkin stokastik diferansiyel denklem açık bir şekilde oluşturulabilirdi. Ancak bu fonksiyon bilinmediğinden, (amaçlanan da bu fonksiyonun bulunmasıdır), bundan önceki modellerin hepsine baz teşkil eden risksiz portföyün oluşturularak, arbitraj imkanlarını ortadan kaldıracak şekilde türev ürünün (opsiyon) fiyatlandırılması yöntemi tekrar uygulanacaktır.

Bu bölümün başında sorgulanan, C 'ye ait stokastik diferansiyel denkleme (dC), ulaşılmış bulunduğundan, risksiz portföye ait toplam diferansiyel eşitliğindeki (2.79), dC_t terimi yerine, (2.80)'no'lu eşitlikteki karşılığı yazılabilmektedir.

$$d\Pi = [A_c.(C_s.dS_t + C_t.dt + 1/2.C_{ss}.\sigma^2.dt)] + [A_s.dS_t] \quad (2.81)$$

Daha önce de belirtildiği gibi C 'nin ve S 'nin stokastik diferansiyel denklemlerindeki rassal terimler, aynı *Weiner* sürecine ilişkin dz teriminden oluşmaktadır. Zaten bu iki

ürünü kullanarak risksiz bir portföy oluşturulmasına imkan veren de bu özelliktir. Dolayısıyla, bu özellik sayesinde, portföy içindeki A_s ve A_c kombinasyonları öyle saptanabilmektedir ki, portföy içindeki rassallık tamamıyla yok edilebilmektedir. Böyle bir portföyün de sürekli tekrarlandığı gibi, risksiz faiz oranına eşit bir getiriye sağlaması gerekmektedir.

Bu noktada

$$A_c = 1 \quad (2.82)$$

olarak kabul edilirse, A_s ,

$$C_s = \frac{dC}{dS} \quad (2.83)$$

parçalı türevinden yola çıkılarak, portföyde tüm rassallığı ortadan kaldıracak şekilde,

$$A_s = -C_s = -\frac{dC}{dS} \quad (2.84)$$

olarak belirlenecektir. Çünkü, ancak bu şekilde dS ve dC stokastik diferansiyel denklemlerinde yer alan rassal değişkenlerdeki marjinal değişimler, birbirlerini elimine ederek portföyün rassallığa karşı bağımsızlığı korunmuş olmaktadır. Bu mantık zincirinden hareketle, A_s 'ye ulaşmak için, portföye ait toplam diferansiyel denklem (2.79), (yani risksiz portföydeki rassal değişken kaynaklı marjinal değişim) sıfıra eşitlenip, A_s yalnız bırakılarak da aynı değere ulaşılabilir. Bu

$$d\Pi = dS.A_s + dC.A_c = 0$$

$$1.dC + A_s.dS = 0$$

$$A_s = -\frac{dC}{dS} = -C_s$$

Bu noktada, (2.81) no'lu formülde verilen, portföyün toplam diferansiyel eşitliğindeki A_s ve A_c değerleri yerine, yukarıda belirlenen karşılıkları yazıldığı durumda:

$$d\Pi = [A_c.(C_s.dS_t + C_t.dt + \frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2.dt)] + [A_s.dS_t]$$

$$d\Pi = [1.(C_s.dS_t + C_t.dt + \frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2.dt)] + [(-C_s).dS_t]$$

Eşitliğin son halindeki $[C_s.dS_t]$ terimleri sadeleştirildiği zaman,

$$d\Pi = [(C_t.dt) + (\frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2.dt)] \quad (2.85)$$

yukarıdaki eşitlik elde edilmektedir. Toplam diferansiyel eşitliğin bu son şeklinde görüldüğü gibi, $dS(t)$ terimleri ve dolayısıyla tek rassal (stokastik) değişken ortadan kaldırılmış bulunmaktadır. Böylece portföyün risksiz karakteri, standart bir diferansiyel eşitlik (diğer bir ifadeyle stokastik olmayan) şeklinde açığa çıkarılarak kanıtlanmış olmaktadır.

Rassal terimlerden arındırılmış portföyün, risksiz yapısı (deterministik diferansiyel denklem şeklinde gösterilebildiği için) gereği, dt zaman dilimi içinde, risksiz faiz oranına, yani r 'ye eşit bir getiri sağlaması beklenmektedir.

$$d\Pi = r.\Pi_t.dt \quad (2.86)$$

Yukarıdaki sonuç, (2.85) no'lu son toplam diferansiyel eşitlikteki yerine yazılacak olursa, aşağıdaki sonuç elde edilecektir:

$$[r.\Pi_t.dt] = [(C_t.dt) + (\frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2.dt)] \quad (2.87)$$

Tüm terimlerin ortak çarpanı olan dt elendikten sonra:

$$(r.\Pi_t) = (C_t + \frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2) \quad (2.88)$$

Π_t ise başlangıçta oluşturulduğu formülasyon içinde (2.78), sonradan belirlenen portföy içindeki opsiyon ve hisse senedi miktarlarının eklenmiş haliyle ($A_c=1$, (2.82) ve $A_s = -C_s$, (2.83)) tekrar yazılacak olursa:

$$\Pi_t = [(S.A_s) + (C.A_c)]$$

$$\Pi_t = [S.(-C_s) + C] = [C - (C_s.S)] \quad (2.89)$$

Portföy değerinin bu son hali, yine portföye ait diferansiyel eşitliğin yukarıda elde edilen en son şeklinde (2.87) yerine yazılacak olursa:

$$r.[C - (C_s.S)] = [C_t + \frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2]$$

$$[(r.C) - (r.C_s.S) - (C_t) - (\frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2)] = 0 \quad (2.90)$$

Sonuç olarak içinde hiçbir stokastik değişkenin bulunmadığı standart bir parçalı diferansiyel eşitliğe ulaşılmış bulunmaktadır.

Bu eşitliğin bir çözüm setinin olmasını mümkün kılacak sınır şartları, yani vade sonundaki (T) türev ürüne ait sınır değerleri çalışmanın en başında (1.1 no'lu bölüm) belirtilmişti.

$$C(S,t) = \text{MAX} [S-K, 0] , \quad t = T \text{ (vade sonu)} \quad (2.91)$$

Yukarıdaki eşitliğin bu sınırlar dahilindeki çözümü, benzer denklemlerin çözümünde ulaşılan bilinmeyen bir x değişkeninin değerini değil, bir fonksiyonu vermesi gerekmektedir [18:241]. Bu fonksiyon t 'nin $0 \rightarrow T$ arasındaki tüm zaman dilimi içinde, C 'nin S 'ye ve t 'ye bağlı olarak fiyatındaki değişimi verecek türev ürünün (call opsiyonu) fiyat fonksiyonu, yani $C(S,t)$ fonksiyonu olacaktır. Bu fonksiyonun herhangi bir t anındaki parçalı türevlerinin, yukarıdaki eşitlik içindeki yerlerine konulmasıyla oluşacak değer sıfıra eşit olması ve aynı zamanda vade sonu sınır değerini de sağlaması gerekmektedir. Black ve Scholes, fizikteki ısı değişimi formülasyonunun yardımıyla, bu eşitliği sağlayan ünlü fonksiyona ve türevsel

ürünlerin fiyatlandırılmasında el hesap makinelerinin içine girecek kadar yaygınlaşan formüllerine ulaşmışlardır [15:299].

Böylece Black/Scholes formülüne kendilerinin de ulaştığı yöntemle yani,

- Hisse senedi ve opsiyondan oluşan risksiz portföyün oluşturulması
- $C(S,t)$ 'ye ait parçalı türev denkleminin oluşturulması
- Sınır koşullarını sağlayacak şekilde, bu denklemi sağlayan $C(S,t)$ fonksiyonunun oluşturulması

aşamalarından geçilerek ulaşılmış bulunmaktadır [21].

$$C = [S.N(d_1)] - [K.(e^{-rT}).N(d_2)] \quad (2.92)$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{S}{K}\right) + (r.T) \right]}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{\sigma\sqrt{T}}{2} \quad (2.92a)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (2.92b)$$

Put opsiyonları içinse, vade sonu ifadesine benzer şekilde, terimlerin işaretleri yer değiştirmektedir:

$$P = \{[K.e^{-rT}.N(-d_2)] - [S.N(-d_1)]\} \quad (2.93)$$

Normal dağılımın simetri özelliğinden bilindiği gibi:

$$N(-x) = 1 - N(x) \text{ ise,}$$

$$N(-d_2) = 1 - N(d_2) \quad \text{ve} \quad N(-d_1) = 1 - N(d_1) \quad (2.94)$$

Black/Scholes formülünün yukarıda ulaşılan son halinde, $N(x)$ (binomial modelden Black/Scholes modeline geçiş konusunda açıklanmıştı) hatırlanacağı gibi, standart sapması 1 ve beklenen değeri 0 olan normal dağılıma sahip bir değişkene ait toplam

olasılık dağılım fonksiyonunu ifade etmekteydi. Yine binomial modelden Black/Scholes modeline ulaşılrken belirtildiği gibi, $N(d_2)$, vade sonunda, S 'nin K 'den yüksek gerçekleşme olasılığını gösterirken (put opsiyonları içinse S 'nin K 'dan düşük gerçekleşme olasılığı söz konusudur ve bu değer de $[1-N(d_2)]$ ya da $N(-d_2)$ olarak ifade edilmektedir), $N(d_1)$ de hedge rasyosunu (risksiz portföy oluşturmak için yazılan bir adet call opsiyonuna karşılık satın alınması gereken finansal varlık miktarını, ve put opsiyonları içinse hedge rasyosu $[1-N(d_1)]$ ya da $N(-d_1)$ değerini, yine risksiz portföy oluşturmak için satılan bir put opsiyonuna karşılık satılması gereken finansal varlık miktarını göstermektedir) ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle de, $[S \cdot N(d_1)]$, vade sonunda ($S > K$) iken değeri S olan ve diğer durumlarda değeri 0 olan bir değişkenin beklenen değerini vermektedir [20:241].

Kısaca, call opsiyonunun fiyatlandırılmasına ilişkin en basit açıklama, opsiyona konu finansal varlığın fiyatından, işlem fiyatının iskonto edilmiş halinin çıkartılması olarak ifade edilebilmektedir. Sadece bu iki bileşen farklı olasılık ağırlıklarına sahip bulunmaktadırlar (binomial modelden de hatırlanacağı gibi) ve bunlar da $N(d_1)$ ve $N(d_2)$ terimlerinden oluşmaktadır. Dolayısıyla, Black/Scholes fomülünün, hedge rasyosuyla $[N(d_1)]$ çarpılmış finansal varlık fiyatından, bu fiyatın işlem fiyatının üzerinde gerçekleşme olasılığıyla çarpılmış işlem fiyatının çıkartılmasından ibaret olduğu söylenebilmektedir [15:276]. Risksiz portföy oluşturulma süreci, diğer bir bakış açısıyla call ya da put opsiyonunun sentetik olarak oluşturulması anlamına da gelmektedir (tek zamanlı binomial modelde uygulanan arbitraj örneklerinden hatırlanacağı gibi). Aynı bakış açısından hareketle, yukarıda hesaplanan call opsiyonuna ait fiyat, call opsiyonu kullanılarak oluşturulacak sentetik put opsiyonunun değerinin hesaplanmasında, diğer bir ifadeyle, call opsiyonu ile aynı özelliklere sahip put opsiyonunun fiyatının belirlenmesinde de kullanılabilecektir. Bu analiz, put-call paritesinin incelendiği 2.9 no'lu bölümde ayrıca yapılmaktadır.

Eleştirel açıdan, Black/Scholes modelinin en önemli sınırlamalarından biri, volatilité ve faiz oranlarının belli ve sabit (*nonstochastic*) olarak kabul edilmesinde odaklanmaktadır. Özellikle opsiyona konu varlık fiyatı ile faiz oranları arasında yakın ilişkinin olduğu durumlarda (bu ilişki, çalışmanın son bölümündeki, TRL/döviz opsiyonlarının fiyatlandırılma ve risk yönetiminde uygulamaya yönelik geliştirilen hipotezlerin ampirik testinde, analizin odak noktasını oluşturmaktadır)

modelin kesinliği (*accuracy*) azalmaktadır [22]. Black/Scholes modelinin doğal bir uzantısı olarak ortaya çıkan Black/Scholes-Ho/Lee modeli, faiz oranlarını da stokastik bir proses olarak ele alan ilk model olarak bilinmektedir. Bu model finansal varlık fiyatlarındaki gibi, faiz oranlarını belirleyen iskontolu bono fiyatlarının da anlık olarak lognormal bir dağılım izlediği varsayımına dayanmaktadır [23]. Volatilitenin de benzer şekilde stokastik olarak ele alındığı modellerde ise azalan vadeye kalan süreye karşı piyasada oluşan varsayılan (implied) volatiliteler prosese dahil edilmektedir [8,24,25].

Sonraki bölümde, Black/Scholes modeli, sonuç diferansiyel denkleminin bir sağlamasının yapılması amacıyla, diğer bir türev enstrüman olan forward kontratlara uygulanmaktadır.

2.6.6. Black/ Scholes Modeli'nin Forward Kontratlara Uygulanışı

Black/Scholes Modeli'nin ulaştığı diferansiyel denklem, başka bir türev ürün olan forward kontratların fiyatlandırılmasında da kullanılabilmektedir. Bu amaçla (2.90) no'lu eşitlik tekrar yazılacak olursa:

$$[(r.C) - (r.C_s.S) - (C_t) - (\frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2)] = 0$$

Forward kontratın değerini veren fonksiyon da aşağıdaki gibi tanımlanırsa:

$$F = [S - (K.e^{-r(T-t)})] \quad (2.95)$$

K : Kontrat işlem fiyatı

$$F_t = -r.K.e^{r(T-t)}$$

$$F_s = 1$$

$$F_{ss} = 0$$

F_t : Fonksiyonun t 'ye göre alınan birinci türevi

F_s : Fonksiyonun S 'ye göre alınan birinci türevi

F_{ss} : Fonksiyonun S 'ye göre alınan ikinci türevi

Yukarıda bulunan bu değerler, (2.95) no'lu Black/Scholes formülasyonunda, sırasıyla C_t , C_s ve C_{ss} değerleri yerine yazılacak olursa:

$$[(r.F) - (r.1.S) + (r.K.e^{r(T-t)}) - (\frac{1}{2}.0.\sigma^2)] = 0$$

$$F = [S - K.e^{r(T-t)}]$$

Böylece (2.95)'no'lu eşitliğin aynısına, yani forward kontratın S ve t değişkenlerine bağlı değerini veren fonksiyona ulaşılmış bulunmaktadır. Dolayısıyla, başta verilen forward kontratı değerine ilişkin fonksiyonun, (2.95) no'lu Black/Scholes diferansiyel eşitliğini sağladığı sonucuna varılmaktadır.

Bundan sonraki bölümde ise, risk nötral değerlendirme yöntemiyle Black/Scholes formülasyonunun oluşturulma aşamaları analiz edilmektedir.

2.7. Risk Nötral Değerleme Yöntemiyle Black/ Scholes Modeline

Ulaşılması

Sentetik olasılıklar yöntemi binomial modelde kullanılmıştı. Opsiyon fiyatının aşağı ya da yukarı yönde hareket etme olasılıkları sentetik olarak hesaplanmış ve bu olasılıklara bağlı gelecekteki beklenen değer risksiz faiz oranından iskonto edilerek opsiyon fiyatına ulaşılmıştı [18:21].

$$C_t = \frac{[(p_1.C_{1(t+1)}) + (p_2.C_{2(t+1)})]}{(1+r)} \quad (2.96)$$

C_t : t zamanında call opsiyonu değeri

$C_{1(t+1)}$: (t+1) zamanında opsiyona ait ilk seçenek değeri

$C_{2(t+1)}$: (t+1) zamanında opsiyona ait ikinci seçenek değeri

p_1 : $C_{1(t+1)}$ 'ye ait sentetik gerçekleşme olasılığı

p_2 : $C_{2(t+1)}$ 'ye ait sentetik gerçekleşme olasılığı

r : Risksiz faiz oranı

p olarak tanımlanan sentetik olasılıkların, doğal olarak gerçek hayattaki olasılıklardan farklı olmaları gerekmektedir. Aksi takdirde risk taşıyan bir varlığın risksiz faiz oranıyla iskonto edilerek bulunacak değeri, şüphesiz olması gerekenden yüksek bulunacaktır. Çünkü gerçek hayattaki yatırımcılar riskten kaçan bir yapıdadırlar ve iskonto oranının (diğer bir deyişle yatırımcının beklediği getirinin) riski kompanse edecek bir primi de içermesi gerekmektedir [26:144].

Ancak türev ürünler yapıları gereği, yatırımcıların risk/getiri tercihlerinden bağımsız olarak fiyatlandırılmaktadırlar. Üzerine yazılmış oldukları finansal varlığın riskine bağlı beklenen getirisi, türev fiyatını belirleyen modeller içinde yer almamaktadır. Fiyatı belirleyen değişkenler sırasıyla, finansal varlığın fiyatı, fiyat değişkenliği (volatilitesi), kontrat süresi ve risksiz faiz oranı getirisidir ki hepsi risk tercihlerinden bağımsız oluşmaktadır. Diğer bir ifadeyle, her değişik risk yapısındaki yatırımcı için (riskten kaçan ya da kaçmayan), türev ürünün fiyatlama modelindeki değişkenler aynı kalmaktadır ve dolayısıyla modelin basitleştirilerek risk nötral formasyona indirgenmesinde bir sakınca görülmemektedir. Risk nötral bir dünyada ise, tüm finansal varlıkların beklenen getirilerinin risksiz faiz oranı getirisine eşit olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla, bu finansal türev varlıklara ait fiyatların, gelecekte beklenen nakit akışlarının risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle bulunacak değerlere eşit olması gerekmektedir. Çünkü risk nötral yatırımcılar, daha riskli finansal varlıklar için ekstra bir prim talep etmemektedirler.

Binomial modelden de hatırlanacağı gibi, bu modelde opsiyon fiyatı, T zamanında finansal varlık fiyatının r (risksiz faiz oranı) kadar bir getirisi olacağı varsayımındaki değerinden yola çıkarak, hesaplanan beklenen call değerinin, yine risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle bulunuyordu. Bu model içinde, r yerine risk primini de içeren bir μ değerinin kullanılması opsiyon fiyatını değiştirmemektedir, zira bu durumda, iskonto oranı da μ olacağından, iki taraflı uygulanan risk primi birbirini dengeleyerek etkisini sıfırlamaktadır. Opsiyon fiyatlama modelindeki kullanımına geçilmeden önce, diğer modellerde tekrarlandığı gibi, aşağıdaki bölümde risk nötral tekniğin diğer bir türev ürün olan forward konratlara uygulanışı ele alınmaktadır.

2.7.1. Risk Nötral Modelin Forward Kontratları Uygulanışı

Risk nötral tekniğin opsiyon fiyatlama modelleri üzerindeki uygulamasına geçilmeden önce, yine türev bir estrüman olan, fakat lineer yapısı gereği opsiyonlara göre daha basit bir yapıya sahip olan, forward kontratlar üzerindeki uygulaması yapılacaktır.

Satın alınan forward kontratın vade sonundaki değer fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$F_T = S_T - K \quad (2.97)$$

F_T : Forward kontratın vade sonundaki değeri

S_T : Finansal varlığın vade sonundaki değeri

K : Forward kontrat işlem fiyatı

Risk nötral bir ortamda, vadeli kontratın vade sonundan önce herhangi bir t zamanındaki değeri (F_t), kontratın vadedeki (T) beklenen değerinin risksiz faiz oranından t zamanına iskonto edilmesiyle bulunmaktadır.

$$F_t = [e^{-r(T-t)} \cdot E(S_T - K)] \quad (2.98)$$

$E(S_T - K)$: Kontratın risk nötral ortamda vade sonunda beklenen değeri

Yukarıdaki eşitliğin sağ tarafındaki beklenen değere ilişkin prantez açılacak olursa:

$$F_t = \{[(e^{-r(T-t)}) \cdot E(S_T)] - [(e^{-r(T-t)}) \cdot K]\} \quad (2.99)$$

Risk nötral ortamda hisse senedinin beklenen getirisi r 'ye (risksiz faiz oranı) eşit olduğundan,

$$E(S_T) = [S \cdot e^{r(T-t)}] \quad (2.100)$$

$E(S_T)$ 'nin (2.100) no'lu formüldeki karşılığı, (2.99) no'lu eşitlik içinde kullanılacak olursa:

$$F_t = \{ [e^{-r(T-t)} . S . e^{r(T-t)}] - [K . e^{-r(T-t)}] \}$$

$$F_t = [S - (K . e^{-r(T-t)})] \quad (2.101)$$

Böylece forward kontrat değerini veren fonksiyona, risk nötral değerlendirme yöntemi uygulanarak ulaşılmış bulunmaktadır [20:240]. Bu sonucun aynı zamanda, Black/Scholes modelindeki diferansiyel eşitliği sağlayan bir fonksiyon olduğu bir önceki bölümde gösterilmişti. Bundan sonraki bölümde, risk nötral modelin, call opsiyonu fiyatlaması üzerindeki uygulaması yapılmaktadır.

2.7.2. Risk Nötral Modelin Opsiyon (Avrupa Tipi Call) Kontratlarına

Uygulanışı

Zamanın sürekli olduğu modellerde ve hesaplamalarda sonsuz bileşik faiz hesabının kullanıldığı, daha önce 2.5 no'lu bölümde, binomial modelden Black/Scholes modeline geçiş aşamasında belirtilmişti. Bunun nedeni ise, sürekli zaman modelinde kullanılan normal dağılımın, finansal varlığa ait standart getirilere değil de, logaritmik getirilere ait olmasından kaynaklanmaktadır. Bu aşamda, sonsuz bileşik faize ait formülasyonun oluşturulmasının faydalı olacağı düşünülmüştür.

$$\lim_{a \rightarrow \infty} (1 + 1/a)^a = e \quad (2.102)$$

Matematikteki limit tanımı içinde, n sonsuza giderken, parantez içindeki ifade, e sayısına yaklaşmaktadır [19:604].

Sonsuz bileşik faiz formülü ise, dönemsel faizin daha küçük periyodlara bölünerek anapara artı faizin sürekli yatırıma dönüştürülmesi sonucunda oluşan bileşik faizin, periyod sayısı sonsuza giderken limit anlamında yaklaştığı değeri vermektedir.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (1 + r/n)^n \quad (2.103)$$

Yukarıdaki ifade bir öncekine benzer bir ifadedir, ancak tam anlamıyla aynı yapıya getirilebilmesi için aşağıdaki değişikliklerin uygulanması gerekmektedir:

$$(r/n) = \left(\frac{1}{n/r}\right) \quad (2.104)$$

$$x^n = (x^{n/r})^r \quad (2.105)$$

Yukarıdaki (2.104) ve (2.105) no'lu ifadeler, bir önceki (2.103) no'lu formülde yerine yazılacak olursa:

$$(1 + r/n)^n = \left[\left(1 + \frac{1}{(n/r)} \right)^{(n/r)} \right]^r \quad (2.106)$$

Yukarıdaki eşitliğin son şekli, n sonsuza giderken ifadenin yaklaşacağı değer anlamındaki limit tanımı içinde ifade edilecek olursa:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (1 + r/n)^n = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\left(1 + \frac{1}{(n/r)} \right)^{(n/r)} \right]^r \quad (2.107)$$

En başta verilen, (2.102) no'lu eşitlikteki tanım gereği:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[1 + \frac{1}{(n/r)} \right]^{(n/r)} = e$$

olduğuna göre,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\left(1 + \frac{1}{(n/r)} \right)^{(n/r)} \right]^r = e^r \quad (2.108)$$

sonucu elde edilmektedir.

İkinci aşamada, bileşik faiz formasyonunun kullanılacağı finansal varlığa ilişkin fiyat fonksiyonunun belirlenmesi gerekmektedir. Finansal varlık (S)'ye ait, (2.42) no'lu stokastik diferansiyel eşitlikten (SDE) yola çıkılarak, bu SDE'yi sağlayacak fiyat fonksiyonu (S) belirlenmeye çalışılacak olursa:

$$(2.42) \quad \text{SDE: } dS_t = [(\mu S_t dt) + (\sigma S_t dz_t)]$$

$$\frac{dS_t}{S_t} = [(\mu dt) + (\sigma dz_t)] \quad (2.109)$$

S 'ye ait fiyat fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılacak olursa:

$$S: \quad S_t = S_0 \cdot e^{[(\mu - 1/2\sigma^2)t + (\sigma \cdot z)]} \quad (2.110)$$

Bu aşamada, yukarıda verilen S fonksiyonunun, doğru fonksiyon olup olmadığının test edilmesi gerekmektedir. Bunun için, yukarıdaki t , ve z değişkenlerine bağlı S fonksiyonuna ait stokastik diferansiyel denklemin, Ito'nun Lemma tekniğiyle oluşturulması gerekmektedir.

Ito'nun Lemma tekniğinin incelendiği bölümde t ve z 'ye bağlı fonksiyona ait stokastik diferansiyel denklem aşağıdaki gibi ifade edilmişti.

$$df(z,t) = [(f_z dz) + (f_t dt) + (1/2 f_{zz} \cdot \sigma^2 \cdot dt)] \quad (2.111)$$

Bilindiği gibi birim normal dağılıma sahip olan z için, $\sigma_z^2 = 1$ olarak verilmişti.

Yukarıdaki (2.111) no'lu stokastik diferansiyel denklem (2.110) no'lu $S(z,t)$ fonksiyonuna uygulanacak olursa:

$$S_z \cdot dz_t = [S_0 \cdot e^{[(\mu - 1/2\sigma^2)t + (\sigma \cdot z)]} \cdot \sigma \cdot dz_t]$$

$$S_t \cdot dt = [S_0 \cdot e^{[(\mu - 1/2\sigma^2)t + (\sigma \cdot z)]} \cdot (\mu - 1/2\sigma^2) \cdot dt]$$

$$1/2 \cdot S_{zz} \cdot \sigma_z^2 \cdot dt = [S_0 \cdot e^{[(\mu - 1/2\sigma^2)t + (\sigma \cdot z)]} \cdot 1/2 \sigma^2 \cdot \sigma_z^2 \cdot dt]$$

$$\sigma_z^2 = 1$$

Terimler (2:111) no'lu SDE içindeki yerlerine yazıldıktan sonra ortak çarpan parantezine alınacak olursa:

$$dS(t) = S_0 \cdot e^{[(\mu-1/2\sigma^2)t+\sigma.z]} \cdot [(\mu-1/2\sigma^2)dt + (\sigma.dz_t) + (1/2\sigma^2.dt)] \quad (2.112)$$

Altı çizili bölüm içindeki $(1/2.\sigma^2.dt)$ terimleri yok edildikten sonra, (2.110) no'lu eşitlikteki ifade gereği $[S_0 \cdot e^{[(\mu-1/2\sigma^2)t+\sigma.z]}]$ yerine, karşılığı olan S_t yazılacak olursa aşağıdaki sonuç elde edilecektir.

$$dS_t = [S_t.(\mu.dt + \sigma.dz_t)] \quad (2.113)$$

(2.113) No'lu eşitlikteki sonuç, başta verilen (2.109) no'lu stokastik diferansiyel eşitliğin aynısıdır. Dolayısıyla, başlangıçta verilen (2.110) no'lu S_t fonksiyonu,

$$S_t = S_0 \cdot e^{[(\mu-1/2\sigma^2)t+\sigma.z]}$$

yine başta ifade edilen (2.109) no'lu stokastik diferansiyel denklemi

$$dS_t = [(\mu.S_t.dt) + (\sigma.S_t.dz_t)]$$

doğrulamaktadır.

Ayrıca, (2.110) no'lu eşitlikte verilen ve (2.109) no'lu SDE'yi doğruladığı gösterilen fonksiyonun, lognormal bir fonksiyon olduğunun gösterilmesi için, fonksiyonun doğal logaritması alınacak olursa:

$$S_t = S_0 \cdot e^{[(\mu-1/2\sigma^2)t+\sigma.z]}$$

$$\ln(S_t) = \ln[S_0 \cdot e^{[(\mu-1/2\sigma^2)t+\sigma.z]}]$$

$$\ln\left(\frac{S_t}{S_0}\right) = \{[(\mu-1/2\sigma^2).t] + [\sigma.dz]\} \quad (2.114)$$

Elde edilen eşitlik, finansal varlığın logaritmik getirilerinin, beklenen değeri ($\mu - \frac{1}{2}\sigma^2$) ve standart sapması $\sigma\sqrt{t}$ olan normal bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir [18:226]. Bunun matematiksel gösterimi ise aşağıdaki gibi ifade edilmektedir [27:104].

$$N[(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2), \sigma\sqrt{t}] \quad (2.115)$$

$N[x,y]$ gösteriminde:

$N[\]$: Normal dağılım

x : Beklenen değer

y : Standart sapma

Elde edilen bu sonuç, risk nötral fiyatlama modeline temel oluşturması açısından büyük önem taşımaktadır. Aynı sonuca farklı bir bakış açısıyla aşağıdaki gibi ulaşılabilmektedir.

Başlangıçta verilen (2.110) no'lu S fiyat fonksiyonuna, finansal varlık fiyatlarının lognormal bir yapıda olduğu sonucundan yola çıkılarak (2.114 no'lu eşitlikte gösterdiği gibi) ve yine Ito'nun Lemma tekniği uygulanarak farklı bir yöntemle aşağıdaki şekilde ulaşılabilirdi.

Daha önce de belirtildiği gibi finansal varlıkların logaritmik getirilerinin,

$$\ln(S_t/S_u) \quad (2.116)$$

$$t > u$$

normal bir dağılıma sahip olduğu bilinmektedir [17:159].

$$G = \ln(S) \quad (2.117)$$

$G(s)$ logaritmik getiriye tanımlayan fonksiyon olarak ele alındığında, bu fonksiyona Ito'nun Lemma tekniği uygulanacak olursa:

Daha önceki gösterimlere paralel olarak, G_s ve G_{ss} , S 'e göre alınmış birinci ve ikinci türevleri, G_t de t 'ye göre alınmış birinci türevi ifade etmektedir.

$$G_s = \frac{dG}{dS} = \frac{1}{S}$$

$$G_{ss} = \frac{d^2G}{dS^2} = -\frac{1}{S^2}$$

$$G_t = \frac{dG}{dt} = 0$$

Daha önce (2.75) no'lu eşitlikte elde edilen Ito formülü tekrar yazılacak olursa:

$$(2.75) \quad df(S_t, t) = [(f_s \cdot \mu \cdot S) + (\frac{1}{2} f_{ss} \cdot \sigma^2 \cdot S^2) + f_t] \cdot dt + [f_s \cdot S \cdot \sigma \cdot dz_t]$$

Ve f_s, f_{ss}, f_t yerine yukarıda elde edilen G_s, G_{ss} ve G_t terimleri yazılarak, yukarıdaki Ito formülü $G = \ln(S)$ fonksiyonuna ilişkin SDE'ye uygulanacak olursa:

$$dG = \{ [(\frac{1}{S}) \cdot \mu \cdot S] + [\frac{1}{2} \cdot (-\frac{1}{S})^2 \cdot \sigma^2 \cdot S^2] + 0 \} \cdot dt + \{ (\frac{1}{S}) \cdot S \cdot \sigma \cdot dz \}$$

$$dG = [\mu - (\frac{1}{2} \sigma^2)] \cdot dt + [\sigma \cdot dz] \quad (2.118)$$

Bu sonuçtan da görüldüğü gibi G fonksiyonu beklenen değer değişkeni $[\mu - (\frac{1}{2} \sigma^2)]$ ve varyansı σ^2 olan genel bir Wiener süreci izlemektedir. Diğer bir ifadeyle, $G = \ln(S)$ fonksiyonu $[t, T]$ aralığında,

$$N [(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2), \sigma \sqrt{t}] \quad (2.119)$$

karakterinde normal bir dağılım göstermektedir [20:222].

Ancak risk nötral bir ortamda, başlangıçta da belirtildiği gibi her finansal varlığın getirisi risksiz faiz oranına eşit kabul edileceği için, μ (beklenen getiri), r (risksiz faiz

oranı) ile yer değiştirecektir. Bunun sonucunda oluşan yeni dağılım aşağıdaki gibi ifade edilecektir.

$$N [(r-\frac{1}{2}\sigma^2), \sigma\sqrt{t}] \quad (2.120)$$

Bölümün başında, risk nötral hesaplama yönteminde, opsiyonun risk nötral ortamdaki vade sonu beklenen değerinin risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle bugünkü opsiyon fiyatına ulaşılacağı belirtilmişti (sentetik olasılıklar tekniğinin uygulandığı binomial modelden de hatırlanacağı gibi). Bu ifadenin binomial modeldeki gösterilişi, (2.96) no'lu formülde açıklandığı şekilde aşağıdaki gibiydi.

$$C_t = \frac{[(p_1 \cdot C_{1(t+1)}) + (p_2 \cdot C_{2(t+1)})]}{(1+r)} \quad (2.121)$$

Risk nötral ortamda C 'nin vade sonu beklenen değeri aşağıdaki gibi gösterilirse:

$$E[\text{MAX}(S_t - K, 0)] \quad (2.122)$$

C 'nin bugünkü değeri ise, yukarıdaki ifade ve (2.121) no'lu formüle paralel bir şekilde, vade sonu beklenen değerin risksiz faiz oranından iskonto edilmesiyle aşağıdaki formülle belirlenecektir [20:241]:

$$C = e^{-r} \cdot E[\text{MAX}(S_t - K, 0)] \quad (2.123)$$

$$C = e^{-r} \cdot \int_K^{\infty} (S_t - K) \cdot g(S_t) \cdot dS_t \quad (2.124)$$

$g(S_t)$: S_t 'nin olasılık dağılım fonksiyonu

Beklenen değerin iskonto edilmesini gösteren (2.123) no'lu formül içindeki MAX ifadesi, (2.124) no'lu formülde, vade sonundaki S_t 'nin K 'dan düşük değerleri integral yardımıyla dışarıda bırakılarak, formülasyondan çıkarılmaktadır. Formülün bu şekilde basitleştirilebilmesi, S_t 'ye ait normal dağılım eğrisinin sadece K 'dan büyük

vade sonu değerlerini dikkate alan fonksiyonla x eksenini arasındaki alanın, belirli integral metoduyla hesaplanabilmesinden kaynaklanmaktadır.

Standart normal dağılım fonksiyonu ise aşağıdaki belirli integral gösterimiyle ifade edilmektedir [27:771].

$$N(d) = \int_{-\infty}^d \frac{e^{\left(-\frac{x^2}{2}\right)}}{\sqrt{2\pi}} dx \quad (2.125a)$$

$N(d)$ değeri daha önce de belirtildiği gibi birim normal dağılıma sahip rassal değişken x 'in değerinin d ' den küçük olma olasılığını vermektedir [10:164]. Bilindiği gibi dağılımın beklenen değeri 0, ve standart sapması da 1'e eşit bulunmaktadır. $N(d)$ 'nin diğer önemli özellik ve ifadeleri ise aşağıdaki gibi özetlenmektedir [27:808].

$$N(-\infty) = 0$$

$$N(0) = 0.5$$

$$N(+\infty) = 1$$

Bu belirlemelerden sonra, (2.124) no'lu eşitlikte, S_t yerine $[S_0 \cdot e^{y_t}]$ tanımı yazılacak olursa ki, y_t 'nin de risk nötral ortamda aşağıdaki karakterde bir normal dağılıma sahip olduğu, yukarıdaki (2.114), (2.118) ve (2.120) no'lu ifadelerde gösterilmiştir.

$$N \left[(r - \frac{1}{2}\sigma^2), \sigma\sqrt{t} \right] \quad (2.125b)$$

Gösterimi kolaylaştıracak bir transformasyon uygulanarak birim normal dağılım fonksiyonuna geçilmesi için aşağıdaki istatistik formülü uygulanabilecektir [27:772]:

$$Z = \frac{y_t - (r - 1/2\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (2.126)$$

Son olarak da yukarıda oluşturulan (2.123) ve (2.124) no'lu formüller tekrar yazılacak olursa:

$$C = e^{-rt} . E[\text{MAX}(S_t - K, 0)] = e^{-rt} . \int_K^{\infty} (S_t - K) . g(S_t) . dS_t \quad (2.127)$$

(2.123) no'lu eşitliğin (2.124) no'lu eşitliğe dönüştürülmesinde, eşitlik içindeki MAX ifadesinden kurtulmak için integralin negatif sonsuzdan, pozitif sonsuza uzanan tanımı, K değerinden pozitif sonsuza uzanan tanımıyla değiştirilmiş ve böylece eşitlik içindeki “MAX” terimi ortadan kaldırılmıştı. Bu aşamada, K 'ya karşılık gelen bu değerin, y_t cinsinden ne olması gerektiği belirlenecek olursa:

MAX işleminin koşulu $(S_0 . e^{y_t}) \geq K$ olduğuna göre,

$$(S_0 . e^{y_t}) \geq K$$

$$e^{y_t} \geq \left(\frac{K}{S_0} \right)$$

$$\ln(e^{y_t}) \geq \ln\left(\frac{K}{S_0}\right)$$

$$y_t \geq \ln\left(\frac{K}{S_0}\right) \quad (2.128)$$

sonucu elde edilmektedir ve böylece integralin tabanı $\ln(K/S_0)$ olarak belirlenmiş olmaktadır.

Z transformasyonuna da

$$y_t \geq \ln\left(\frac{K}{S_0}\right)$$

koşulu eklenecek olursa:

$$Z = \frac{y_t - (r - 1/2\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}} \geq \frac{\ln(\frac{K}{S_0}) - (r - 1/2\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (2.129)$$

Birim dağılımı (Z) simgeleyen belirli integral fonksiyonunun alt tabanı, yukarıdaki altı çizilen tanıma indirgenmektedir. Böylece call opsiyonuna ait fiyat fonksiyonu da aşağıdaki şeklini almış olmaktadır.

$$C = e^{-rt} \cdot \int_{\frac{\ln(K/S_0) - (r - 1/2\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}}}^{\infty} \frac{(S_0 \cdot e^{y_t} - K) \cdot (e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} \cdot dZ \quad (2.130)$$

İntegralin taban sınırı Black/Scholes modelindeki $N(d_2)$ değerine oldukça yaklaşmış bulunmaktadır ancak, son bir transformasyon gerekmektedir. Logaritma tanımı gereği,

$$-\ln\left(\frac{K}{S_0}\right) = \ln\left(\frac{K}{S_0}\right)^{-1} = \ln\left(\frac{S_0}{K}\right) \quad (2.131)$$

olarak belirlendiği için, aşağıdaki dönüşüm gerçekleştirilebilmektedir.

$$\frac{\ln(\frac{K}{S_0}) - (r - 1/2\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}} = -\frac{\ln(\frac{S_0}{K}) + (r - 1/2\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}} = -d_2 \quad (2.132)$$

Görüldüğü gibi Black/Scholes formülasyonundaki d_2 değerine ulaşılmış bulunmaktadır. Bu sonuç (2.130) no'lu formüldeki yerine yazılacak olursa aşağıdaki sonuç elde edilecektir.

$$C = e^{-rt} \cdot \int_{\frac{\ln(K/S_0) - (r - 1/2\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}}}^{\infty} \frac{(S_0 \cdot e^{y_t} - K) \cdot (e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} \cdot dZ$$

$$C = e^{-rt} \cdot \int_{-d_2}^{\infty} \frac{(S_0 \cdot e^{y_t} - K) \cdot (e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} \cdot dZ \quad (2.133)$$

Bu aşamada, Black/Scholes formülüne daha da yaklaşmak için yukarıdaki opsiyon fiyat denklemi iki parçaya ayrılacak olursa:

$$C = e^{-r} \cdot \int_{-d_2}^{\infty} \frac{(S_0 \cdot e^{y_1}) \cdot (e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} dZ - K \cdot e^{-r} \cdot \int_{-d_2}^{\infty} \frac{(e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} dZ \quad (2.134)$$

Öncelikle eşitliğin sağındaki altı çizilen bölüm ele alınacaktır.

Normal dağılımların simetri özelliği aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir [19:316,27:808].

$$\int_{-d_2}^{\infty} f(x) \cdot dx = \int_{-\infty}^{d_2} f(x) \cdot dx \quad (2.135)$$

Aynı özellik, (2.134) no'lu eşitlikteki altı çizilen terime uygulandığı zaman, integral içindeki ifade (2.125a) no'lu formülden bilindiği gibi $N(d_2)$ ifadesine dönüşmüş olacaktır.

$$K \cdot e^{-r} \cdot \int_{-d_2}^{\infty} \frac{(e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} dZ = K \cdot e^{-r} \cdot \int_{-\infty}^{d_2} \frac{(e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} dZ = K \cdot e^{-r} \cdot N(d_2) \quad (2.136)$$

Böylece Black/Scholes formülünde, işlem fiyatının $N(d_2)$ değeriyle çarpılarak iskonto edildiği ikinci kısmına ulaşılmış bulunmaktadır. Son olarak, yukarıdaki (2.134) no'lu call opsiyonu fiyat denkleminin ilk bölümü (aşağıdaki ifadede altı çizilen bölüm) ele alınacak olursa:

$$(2.134) \quad C = e^{-r} \cdot \int_{-d_2}^{\infty} \frac{(S_0 \cdot e^{y_1}) \cdot (e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} dZ - K \cdot e^{-r} \cdot \int_{-d_2}^{\infty} \frac{(e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} dZ$$

Tekrar normal dağılımın yukarıda gösterilen simetri kuralı uygulandıktan sonra, ifade içindeki y_1 terimi yerine de (2.126)'no'lu formülle oluşturulan Z transformasyonundan elde edilen aşağıdaki karşılığı yazılacak olursa:

$$(2.126) \quad Z = \frac{y_t - (r - 1/2\sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$y_t = [Z\sigma\sqrt{t} + (r - 1/2\sigma^2)t] \quad (2.137)$$

y_t 'nin yukarıda elde edilen karşılığı kullanılarak aşağıdaki ifade yeniden düzenlenecek olursa:

$$\begin{aligned} & e^{-rt} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(S_0 \cdot e^{y_t}) \cdot (e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} dZ \\ &= S_0 \cdot e^{(r-1/2\sigma^2)t} e^{-rt} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{(Z\sigma\sqrt{t})} \cdot (e^{-Z^2/2})}{\sqrt{2\pi}} dZ \end{aligned} \quad (2.138)$$

İntegral içindeki paya ait bölüme $e^{(\sigma^2 t)/2}$ eklenip çıkartıldıktan sonra yeniden düzenlendiği zaman:

$$[e^{(Z\sigma\sqrt{t})} \cdot e^{(-1/2)Z^2}] = [e^{(-1/2)(Z+\sigma\sqrt{t})^2} \cdot e^{(\sigma^2 t)/2}] \quad (2.139)$$

Eşitliğin sağındaki $e^{(\sigma^2 t)/2}$ kısmı integralin dışarısına alınarak aşağıdaki kısaltmalar yapılacak olursa:

$$[S_0 \cdot e^{[r-(1/2)\sigma^2]t} \cdot e^{-rt} \cdot e^{(\sigma^2 t)/2}] = S_0 \quad (2.140)$$

Sadece S_0 kalacaktır, çünkü e 'nin üstsel terimleri ortak paranteze alınarak toplandığı zaman sıfır elde edilmektedir, ve $e^0=1$ olduğu için S_0 oluşmaktadır.

Yukarıdaki sadeleştirmelerden sonra ifade aşağıdaki şeklini almaktadır.

$$S_0 \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{(-1/2)(Z+\sigma\sqrt{t})^2}}{\sqrt{2\pi}} dZ \quad (2.141)$$

Bu aşamada yeni (2.125a) no'lu normal dağılım fonksiyonu dikkate alınarak, yukarıdaki ifadeyi aynı yapıya taşıyacak yeni bir tanımlama (Z_y) yapılacaktır:

$$Z_y = Z + \sigma\sqrt{t} \quad (2.142)$$

Yukarıdaki (2.141) no'lu eşitliğin son halinde ($Z + \sigma\sqrt{t}$) terimi, yerine (Z_y) yazılacaktır, integral sınırlarının da aynı şekilde değiştirilmesi gerekecektir ve ifade bu transformasyondan sonra (2.92) no'lu Black/Scholes formülüyle özdeş olan aşağıdaki son şeklini alacaktır.

$$S_0 \int_{-\infty}^{d_2 + \sigma\sqrt{t}} \frac{e^{-(1/2)Z_y^2}}{\sqrt{2\pi}} dZ_y \quad (2.143)$$

Daha önce,yine (2.94) no'lu formülden bilindiği gibi:

$$d_1 = d_2 + \sigma\sqrt{t}$$

Yukarıda (2.143) no'lu ifadedeki integral üst sınırına, eş değeri d_1 yazılacaktır, integral içindeki ifade (2.125a) no'lu formülden bilindiği gibi $N(d_1)$ ifadesine dönüşecektir.

$$S_0 \int_{-\infty}^{d_2 + \sigma\sqrt{t}} \frac{e^{-(1/2)Z_y^2}}{\sqrt{2\pi}} dZ_y = S_0 \int_{-\infty}^{d_1} \frac{e^{-(1/2)Z_y^2}}{\sqrt{2\pi}} dZ_y = S_0 \cdot N(d_1) \quad (2.144)$$

Böylece risk nötral değerlendirme yöntemi kullanılarak, (2.92), (2.92a) ve (2.92b) no'lu Black/Scholes formülasyonu ile özdeş aşağıdaki sonuca ulaşılmış bulunmaktadır.

$$C = [S \cdot N(d_1)] - [K \cdot (e^{-rT}) \cdot N(d_2)] \quad (2.145)$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{S}{K}\right) + (rT) \right]}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{\sigma\sqrt{T}}{2} \quad (2.146)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T} \quad (2.147)$$

Daha önce 2.7.1 no'lu bölümde forward kontratlara uygulanan risk nötral teknik, aynı şekilde call opsiyonu fiyatlamasına uygulanarak hem Black/Scholes modelini hem de risk tercihlerinden bağımsız değerlendirme yöntemini doğrulamış olmaktadır.

Bundan sonraki bölümde, şimdiye kadar incelenen fiyatlama modellerinin bir uzantısı olan, getirili aktifler (temettü ödeyen hisse senedi veya döviz gibi) üzerine yazılan opsiyonların fiyatlama modeli analiz edilmektedir.

2.8. Getirili Aktifler Üzerine Yazılan Opsiyonlar ve Döviz

Opsiyonları: Garman Kohlhagen Modeli

Bu bölüme kadar incelenen opsiyon fiyatlama modellerinde, üzerine opsiyon yazılan enstrümanın (finansal varlık ya da hisse senedi olarak ele alınmıştı) temettü ya da faiz benzeri herhangi bir getirisinin olmadığı varsayılmıştı. Ancak gerçek hayatta, örneğin hisse senetleri ele alındığında, genellikle opsiyon vadesi içinde yer alan ve zamanı ve miktarı bilinen (ya da yüksek olasılıkla bilinen) ya da döviz opsiyonlarında olduğu gibi mutlak (sıfır da olabilir ancak büyük çoğunlukla sıfırın üzerinde bir faiz getirisi söz konusudur) bir faiz getirisi olan enstrümanlar üzerine alınan veya satılan opsiyonlar söz konusu olmaktadır. Ancak bu durum, finansal varlık fiyatlarının stokastik bir süreç izlediği gerçeğini değiştirmemektedir.

Örneğin temettü ödeyen bir hisse senedinin fiyatı, temettü ödendikten sonra fiyatında görülecek temettü kadar düşüş dışında yine de stokastik bir süreç izlemektedir. Bu durumda hisse senedi fiyatının iki bileşenden oluştuğu söylenebilmektedir. Bunlar, biri gelecekte ödenecek zamanı ve miktarı belli olan temettülerin iskonto edilmiş hali olan risksiz bileşen ve diğeri de, gelecekte hisse senedi fiyatında meydana gelebilecek rassal değişimleri içeren riskli bileşen olarak tanımlanabilmektedir. Çalışmada analizi yapılan stokastik süreç, riskli bileşene ait olduğu için, hisse senedi fiyatının bugünkü değerinin risksiz bileşenden arındırılması gerekmektedir. Fiyatlama modellerine konu olan volatilité girdisi de zaten bu riskli bileşene ait standart sapma değeri olarak ifade edilmektedir (risksiz bileşenin standart sapması zaten sıfır olduğu için etkisi bulunmamaktadır). Bu durumda Black/Scholes opsiyon

fiyatlama modelinde kullanılan opsiyona konu finansal varlığın fiyatının (S), temettü ya da faiz benzeri, ileriye dönük olarak bilinen nakit akımlarının, $T = 0$ 'daki değerleri kadar düşülmüş değerinin kullanılması yeterli olmaktadır. Eğer finansal varlık bir hisse senediyse ve opsiyon vadesi içinde yer alan temettü miktarlarının risksiz faiz oranından iskonto edilmiş değeri de D olarak ifade edilirse, Black/Scholes formülasyonunun aşağıdaki şekilde değiştirilmesi gerekecektir:

$$C = [(S-D).N(d_1)] - [K.(e^{-rT}).N(d_2)] \quad (2.148)$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{S-D}{K}\right) + (r.T) \right]}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{\sigma\sqrt{T}}{2} \quad (2.149)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (2.150)$$

Garman Kohlhagen Modeli ise bu modifikasyonu döviz opsiyonlarına uyarlayarak, Black/Scholes Modeli'nin döviz opsiyonları üzerinde uygulanacak formülasyonunu geliştirmiştir [28]. Yukarıdaki modelde de, temettü akımının sürekli olduğu varsayıldığı durumda aynı formülasyonun uygulanması söz konusu olmaktadır. Bu durumda yabancı paraya ait faiz oranının yerini, yıllık temettü geliri oranı almaktadır. Açık şekli aşağıda (2.151), (2.152) ve (2.153) no'lu formüllerle verilen döviz opsiyonu fiyatlama modelinde, yukarıda (2.148) no'lu formüldeki $(S-D)$ terimindeki risksiz temettü getirilerinden arındırılmış hisse senedi fiyatının yerini, yabancı para faiz getirisinden arındırılmış $[S.e^{(-R_f.T)}]$ spot kur değeri almaktadır. Bu gösterimde R_f yabancı paraya ait faiz oranını temsil ederken, r ise her zamanki gibi yerli paraya ait faiz oranını göstermektedir [28].

$$C = [(S.e^{(-R_f.T)}).N(d_1)] - [K.(e^{-rT}).N(d_2)] \quad (2.151)$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{S.e^{(-R_f.T)}}{K}\right) + (r.T) \right]}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{\sigma\sqrt{T}}{2} \quad (2.152)$$

Logaritmik fonksiyonlara ilişkin aşağıdaki bilinen değişimler, (2.152) no'lu denkleme uygulanacak olursa [13:430]:

$$\ln(a/b) = [\ln(a) - \ln(b)],$$

$$\ln(a.b) = [\ln(a) + \ln(b)]$$

$$\ln(e^x) = x$$

ise,

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{S.e^{(-Rf.T)}}{K}\right) + (r.T) \right]}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{\sigma\sqrt{T}}{2}$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \ln(e^{(-Rf.T)}) + (r.T) \right]}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{\sigma\sqrt{T}}{2}$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{S}{K}\right) - Rf.T + (r.T) \right]}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{\sigma\sqrt{T}}{2} \quad (2.153)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \quad (2.154)$$

yukarıdaki (2.153) ve (2.154) no'lu sonuç formülleri elde edilmektedir.

Diğer bir bakış açısıyla, yukarıdaki (2.151) ve (2.152) no'lu formüller forward kontrat fiyatlarının yerli para faizi üzerinden iskonto edilmiş değerlerini içerdikleri için, aşağıdaki şekilde de düzenlenebilmektedirler.

$$F = [S.e^{(r-Rf).t}] \quad (2.155)$$

olduğundan,

$$S. e^{-Rf t} = F. e^{-r t} \quad (2.156)$$

sonucu elde edilmektedir. Daha önceki (2.151) ve (2.152) no'lu formüllerde, (2.156) no'lu eşitliğin sol tarafındaki terim ($S. e^{-Rf t}$) yerine, karşılığı olan ($F. e^{-r t}$) kullanılacak olursa aşağıdaki dönüşümler ve sonuçlar elde edilmektedir.

$$C = [(F. e^{-r T}). N(d_1)] - [K. (e^{-r T}). N(d_2)] \quad (2.157)$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{F. e^{-r T}}{K}\right) + (r T) \right]}{\sigma \sqrt{T}} + \frac{\sigma \sqrt{T}}{2}$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{F}{K}\right) + \ln e^{-r T} + (r T) \right]}{\sigma \sqrt{T}} + \frac{\sigma \sqrt{T}}{2}$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{F}{K}\right) - (r T) + (r T) \right]}{\sigma \sqrt{T}} + \frac{\sigma \sqrt{T}}{2}$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{F}{K}\right) \right]}{\sigma \sqrt{T}} + \frac{\sigma \sqrt{T}}{2} \quad (2.158)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t} \quad (2.159)$$

Yukarıdaki ifadeler, hem tezgah üstü hem de borsalarda işlem gören forward piyasaları oldukça gelişmiş olan döviz işlemleri için çok önemli pratik sonuç ve uygulamalara da işaret etmektedirler. Örneğin, ampirik çalışma bölümünde kullanılacak olan delta ve delta hedging yönteminin, spot kurlar yerine forward kontratlar üzerinde uygulanması durumunda, delta değerleri üzerinde nasıl bir ayarlama yapılması gerekeceği, yukarıdaki (2.157) no'lu formül kullanılarak açıklanmaktadır.

Döviz opsiyonlarına ilişkin belirtilmesi gereken son bir özellik ise, bakış açısına göre aynı opsiyonun hem call hem de put olarak değerlendirilebilmesidir. Örneğin, TRL karşılığı dolar alma hakkı veren bir call opsiyonu, aynı zamanda dolar karşılığı TRL satma hakkı veren bir put opsiyonu anlamına da gelmektedir. Bu yüzden aynı opsiyon \$ Call/TRL Put opsiyonu olarak tanımlanmaktadır.

Getirili aktifler ve döviz üzerine yazılan opsiyonların fiyatlama modellerine ilişkin analiz, bundan sonraki bölümde ele alınacak olan Put-Call Paritesi üzerindeki çalışmayla, forward kurlar üzerindeki arbitraj olanaklarını da kapsayacak şekilde genişletilmektedir.

2.9. Put-Call Paritesi

Put-Call paritesi hem opsiyon fiyatlama modellerini anlamada, hem de bu modellerin temelini oluşturan arbitraj nosyonunu kullanmada çok önemli bir teknik terimi ifade etmektedir. Teorik anlamda sağladığı bu katkı, aynı zamanda piyasalarda opsiyon alım satımı yapan kişiler için de, her gün kullandıkları bir arbitraj aracı olarak ortaya çıkmaktadır. Belirtildiği gibi temeli yine, türev enstrümanların fiyatlandırılmasında oluşabilecek arbitraj karlarını ortadan kaldıracak yöntemlerin kullanılmasına dayanmaktadır.

Birbirine eşit vade sonu getirilerine sahip iki portföyün, bugünkü değerlerinin de birbirine eşit olması gerektiği arbitraj kuralından yola çıkarak, başlangıç olarak iki portföy oluşturulacak olursa: Π_a ve Π_b olarak tanımlanan bu portföylerin içerdikleri enstrümanlar da aşağıdaki gibi belirlensin.

$$\Pi_a = [C + (K.e^{-r})] \quad (2.160)$$

$$\Pi_b = [P + S] \quad (2.161)$$

Π_a portföyünde bir adet call opsiyonu (C) satın alınmışken, aynı zamanda $(K.e^{-r})$ kadar nakit paranın faiz enstrümanında değerlendirildiği ya da bono satın alındığı (her ikisi de t vadeli) varsayılmıştır. K ise bilindiği gibi aynı zamanda opsiyona konu işlem fiyatını temsil etmektedir. Π_b portföyünde ise, bir adet opsiyona konu finansal

varlık satın alınmışken, aynı zamanda yine bu finansal varlığı t vadesinde K işlem fiyatı üzerinden satma hakkı veren bir de put opsiyonu satın alınmıştır.

Tablo 2.11’de gösterildiği gibi, her iki portföyün içindeki yatırım araçlarının ve portföylerin vade sonu toplam değerlerine bakılacak olursa:

Tablo 2.11- Put-Call Paritesine Ait Portföy Değerleri

	Bugün	Vade Sonu $S > K$	Vade Sonu $S \leq K$
	C	$\text{MAX}[0, (S-K)] = (S-K)$	$\text{MAX}[0, (S-K)] = 0$
	$K.e^{-rt}$	K	K
Toplam	Π_a	S	K
	S	S	S
	P	$\text{MAX}[0, (K-S)] = 0$	$\text{MAX}[0, (K-S)] = (K-S)$
Toplam	Π_b	S	K

Tablo 2.11’de de görüldüğü gibi, vade sonunda, finansal varlığın fiyatının (S), işlem fiyatından (K) yüksek ve düşük olduğu her iki muhtemel durum için de, portföy değerleri birbirine eşit oluşmaktadır. Bu sonuç 2.3’no’lu şekilde grafiksel olarak da gösterilmektedir. Π_b portföyündeki finansal varlığa ait vade sonu değeri, 45° çizgisini takip ederken, Π_a portföyündeki ($K.e^{-rt}$) değerli bononun vade sonu değeri ise K sabitiyle ifade edilmektedir. Bu vade sonu değerlerin, her iki portföydeki opsiyonların vade sonu değerleriyle toplanması sonucu elde edilen, vade sonu portföy değerlerine ilişkin grafikler, 2.3 no’lu şekilde gösterildiği gibi özdeş bir yapı arz etmektedir.



Şekil 2.3: Put-Call Paritesi

Bu durumda, herhangi bir arbitraj fırsatı doğmaması için, bu portföylerin bugünkü değerlerinin birbirine eşit olması gerekmektedir. Aksi durumda, fiyatı düşük olan portföy satın alınırken, aynı anda diğer portföy satılarak, vade sonundaki sıfır nakit çıkışına karşın, bugün pozitif bir nakit girişi sağlanmış ve bir arbitraj karı elde edilmiş olacaktır. (Opsiyonlar sadece vade sonunda alım ve satım hakkı veren Avrupa tipi opsiyonlardır). Dolayısıyla, portföylerin bugünkü değerleri eşitlenecek olursa:

$$\Pi_a = \Pi_b \quad (2.162)$$

$$[C + (K.e^{-r})] = [P + S] \quad (2.163)$$

Yukarıdaki (2.163) no'lu eşitliğin bütünü "Put-Call Paritesi" olarak tanımlanmaktadır ve bu dengenin (işlem maliyetlerinden arındırılmış haliyle) bozulduğu durumlarda, yukarıda açıklandığı şekilde faydalanılacak arbitraj fırsatları doğmuş olmaktadır. Bu paritenin bir diğer anlamı ise, denklem içindeki dört terimden (yatırım aracından) herhangi birine ait getiri/risk profilinin, diğer üçü kullanılarak yaratılabilmesine olanak sağlaması olarak ifade edilmektedir.

Yani (2.163) no'lu eşitlikte C yalnız bırakılacak olursa, aşağıdaki denklem elde edilmektedir:

$$C = [P + S - (K.e^{-r})] \quad (2.164)$$

Dolayısıyla sentetik call opsiyonu, put ve finansal varlık spot satın alınırken, vadedeki değeri K olan bono satılarak oluşturulabilmektedir.

Benzer şekilde, (2.163) no'lu eşitlikte P yalnız bırakılacak olursa:

$$P = [C + (K.e^{-r}) - S] \quad (2.165)$$

Sentetik put opsiyonu, call opsiyonu ve K vade sonu değerli bono satın alınırken, finansal varlık spot satılarak oluşturulabilmektedir.

Bu aşamada, daha önce binomial modelin incelendiği bölümde rakamsal olarak gösterildiği gibi, K 'nın S 'ye ait forward fiyat baz alınarak oluşturulduğu özel bir durumda ise, C ve P değerlerinin birbirine eşit çıkması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Yani (2.163) no'lu put-call paritesinde,

$$S = (K.e^{-r}) \text{ ise,}$$

$$(S.e^r) = K \quad (2.166)$$

S 'nin forward fiyatı da F ,

$$F = (S.e^r) \text{ (temettü geliri olmadığı varsayılmıştır),} \quad (2.167)$$

olduğuna göre,

$$K = F = (S.e^r) \quad (2.168)$$

seçildiği durumda, (2.163) no'lu eşitlikte K yerine (2.168) no'lu eşitlikteki karşılığı $(S.e^r)$ yazılacak olursa:

$$[C + (S.e^r).e^{-r}] = [P + S] \quad (2.169)$$

Yukarıdaki eşitliğin sol tarafında:

$$e^r . e^{-r} = e^0 = 1$$

Olduğuna göre,

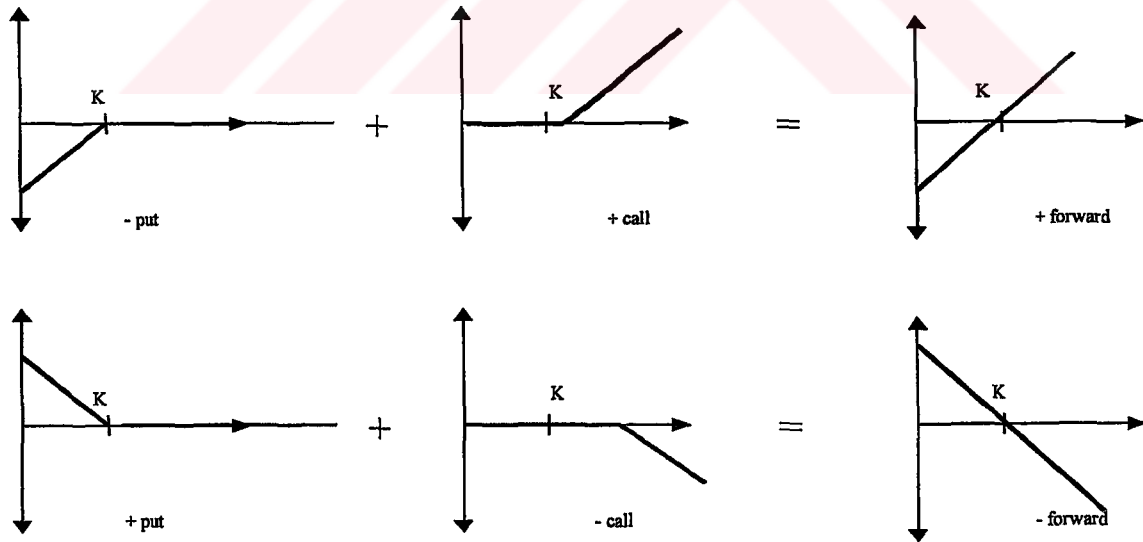
$$C + S = P + S$$

$$C = P$$

(2.170)

call ve put değerleri birbirlerine eşitlenmektedir.

Yukarıdaki (2.170) no'lu eşitliğin diğer bir sonucu ise, (2.168) no'lu eşitlikte görüldüğü gibi, $K = F$ seçildiği durumda, yani işlem fiyatının, forward fiyata eşit olduğu durumda, call ve put opsiyonları kullanılarak sentetik forward pozisyonları yaratılabilmektedir. Bilindiği gibi forward kontratın başlangıç değeri sıfır olarak beirlenmektedir. Dolayısıyla, $K = F$ durumunda $C = P$ iken, biri satın alınırken diğeri satıldığı zaman da net nakit akışı sıfıra eşitlenmektedir. Bunun sonucunda, $(+C - P)$ şeklinde, yani $K = F$ işlem fiyatında call satın alınırken put satıldığı zaman sentetik olarak opsiyona konu varlık üzerinde bir forward kontrat alınmış (*long*) olurken, tersi durumda da, yani $(+P - C)$ durumunda, bir forward kontrat satılmış olmaktadır. İşlemlerin grafiksel gösterimi 2.4 no'lu şekildeki gibi oluşmaktadır [26:790, 29:440].



Şekil 2.4: Sentetik (+) Forward ve Sentetik (-) Forward

Önceki paragrafta açıklandığı gibi, şekil 2.4'deki ilk bölümde, (-) put ve (+) call grafiklerinin toplamı, başlangıç değeri sıfır olan K işlem fiyatında (+) bir forward

kontratın grafiğini olştururken, ikinci bölümdeki (-) put ve (+) call opsiyonlarının grafiksel toplamı da, (-) forward kotratın vade sonu değer grafiğini vermektedir. Bu sonucun diğer bir ifadesiyle, forward değerinde başabaş noktasındayken, yanlış fiyatlandırılan bir call (put) opsiyonu, forward kontrat ve aynı özellikteki put (call) opsiyonu kullanılarak arbitraj karı oluşturulmasına olanak vermektedir.

2.10. Opsiyon Fiyatlama Modelleri zerine Ampirik Testler

şimdiye kadar incelenen opsiyon fiyatlama modelleri üzerine yapılan testler arbitraj teorisi gereği (Arbitrage Pricing Theory-APT [30:70]) hem piyasa etkinliğinin hem de fiyatlama modellerinin geğerliliğinin ortak testleri olmuşlardır. Bu testler kategorik olarak e ayrılmaktadırlar. Bir kısmı model fiyatlarıyla piyasa fiyatları arasındaki farklılıklardan sistematik karların oluşturulabileceği hipotezini test ederken, bir kısmı teorik fiyat sınırı ihlallerini aynı teste tabi tutmuş, diğer bir kısmı da riski sıfırlanmış türev portföylerin performansını incelemiştir. Bu çalışmada önerilen model ve hipotezlerin test edildiği ampirik araştırma bölümünde ise, üçüncü kategoride yer alan, hedge portföy performanslarının incelenmesine paralel bir analiz, TRL/döviz opsiyonları üzerinde geereştirilmektedir. Kategorik olarak üç bölümde sınıflandırılan tüm bu testlerde hipotezlerin doğruluğu, ya modellerin yetersizliği ya da etkin piyasa varsayımının doğru olmadığının bir göstergesi olarak algılanmıştır [15:282].

Black/Scholes modeli üzerinde yapılan testlerden belki de ilkinde, Black ve Scholes 1973 yılında 545 hisse senedi üzerinde kendi modellerini teste tabi tutmuşlardır. Bu testte, modele göre fiyatı düşük değerlenen opsiyonlar satın alınırken, yüksek değerlenenler satılmış ve günlük delta hedging kullanılarak risksiz portföyler oluşturulmuştur. Geereşen volatilitelerin kullanıldığı durumda önemsiz karlar oluşurken, geçmiş volatilitelerin kullanıldığı testlerde önemli zararlar oluşmuştur. Vardıkları sonuçlar ise şöyle özetlenebilmektedir; piyasalar geleceğe yönelik volatilit beklentilerinde, geçmişteki volatilit bilgisinden daha fazlasını kullanmaktadırlar ve geereşen volatiliteler kullanıldığı zaman piyasa fiyatları, model fiyatlarına işlem maliyetleri sonrasında bir kar bırakmayacak kadar yaklaşmaktadır [15:283].

Galai'nin 1977 yılında yaptığı benzer çalışmada, ancak %1'in altında kalan toplam işlem maliyetlerinde, oluşturulan portföyler karlı hale gelebilmiştir. Varılan diğer bir sonuç ise, test sonuçlarının faiz oranı ve volatilité parametrelerine olan hassasiyeti olmuştur [17:183].

Bhattacharya, 1983 yılında gerçekleştirdiği çalışmada, Ağustos 1976'dan Haziran 1977'ye kadar olan dönemdeki fiyat sınır ihlallerinden doğan kar fırsatlarını incelemiş ve 86,137 işlem arasından, 1,120 adet opsiyonun hemen kullanılmasından doğan karlı işlem tespit etmiştir. Ancak işlem maliyetleri sonrasında potansiyel kar ortalamada zarara dönüşmüştür [17:184].

Klemkosky ve Resnick herhangi bir modelden bağımsız olarak bir önceki bölümde ayrıntılı olarak ele alınan put-call paritesi üzerine dayandırdıkları testte, 15 hisse senedi üzerine yazılı put, call ve hissenin kendisini kullanarak 12 gün süreyle 606 pozisyon oluşturmuşlardır. Hipotezleri, eğer put-call paritesi piyasa fiyatları ele alındığında sağlanıyorsa, opsiyon piyasaları kullanılan model ne olursa olsun etkin bir piyasadır varsayımına dayanmaktaydı. Varılan sonuçlara göre birim işlem maliyetinin 20\$ olduğu düşünüldüğünde, pozisyonların %27'si karlı olurken, işlem maliyeti 60\$ olarak düşünüldüğü zaman, bu oran %7'ye düşmüştür [15:285].

Bhattacharya yine 1980 yılındaki çalışmasında, teorik Black/Scholes fiyatlarıyla piyasa fiyatları arasında sistematik bir farklılık olup olmadığını test etmiştir. Oluşturulan deltanötr portföylerin, modelin doğru olması durumunda risksiz faiz oranından fazla getiri sağlamaması gerekiyordu. Çalışma sonuçlarına göre Black/Scholes modeli vadeye çok kısa süresi kalan ve başabaş olarak nitelenen (S 'nin K 'ya yakın olduğu) opsiyonlarda görülen yüksek değerlemenin dışında, piyasa fiyatlarından sistematik bir farklılık göstermemiştir [17:184].

Diğer önemli bir çalışma MacBeth/Merville ve Beckers çalışmasıdır (1979). Chicago Opsiyon Borsası'nda tüm 1976 yılı boyunca yaptıkları çalışmada 6 majör hisse senedi üzerinde Black/Scholes Modeli'nin doğru bir model olduğu varsayımından hareketle, piyasa volatilitelerini (varsayılan-*implied* volatilité veganın anlatıldığı bölümde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır) hesaplamışlar ve bunu vadesine en az 90 gün kalan diğer opsiyon fiyatlamalarında girdi olarak kullanarak piyasa fiyatlarıyla

Black/Scholes fiyatlarını karşılaştırmışlardır. Vardıkları sonuçlar aşağıdaki özetlenebilmektedir [15:287]:

- Black/Scholes modeli ortalama olarak karda (zararda) opsiyonları piyasa fiyatlarına göre daha düşük (yüksek) değerlemektedir [31].
- Modeldeki bu etki opsiyon daha karda ya da daha zararda oldukça artmakta vadeye kalan süre azaldıkça da azalmaktadır.
- Vadeye kalan süresi 90 günün altındaki zararda opsiyonlar için model daha yüksek değerlendirme yaparken bu etkiyle opsiyonun ne kadar zararda olduğu, ya da vadeye kalan sürenin uzunluğu arasında sistematik bir ilişki bulunamamıştır

Grup 1980 yılındaki diğer çalışmalarında ise türeve konu enstrüman fiyatı ile volatilité arasındaki ilişkiyi araştırmış ve 1976 yılında Black'in bulgularına paralel bu iki değişken arasında negatif bir ilişki saptamışlardır. Yani elde ettikleri sonuca göre volatilité, hisse senedi fiyatı yükseldikçe azalmaktadır.

Black/Scholes modelinden farklı olarak, türeve konu enstrüman fiyatı ile volatilité arasındaki ilişkiyi birbirinden bağımsız ele almayan Sabit Varyans Elastisitesi (SVE) modeliyle Black/Scholes modelini karşılaştıran Beckers (1980), yukarıdaki ilk sonuca paralel bir şekilde, Black/Scholes modelinin, SVE modeline göre karda opsiyonları daha düşük değerlediğini saptamıştır.

Rubinstein (1985) ise, 19,094 değişik vadeli opsiyon çifti üzerindeki çalışmasında varsayılan (*implied*) volatilitelerin daha kısa vadeli opsiyonların %94.1'nde daha yüksek gerçekleştiğini saptamıştır ki bu saptama, Black/Scholes modelinin sabit varyans varsayımına ters bir bulgu olarak yer almaktadır [15:287].

Yine de tüm bu çalışmaların sonucunda, opsiyon fiyatlama modellerinin doğruluğu ve piyasa etkinliği ekonomik anlamda yeterli bulunmuş, ancak bazı parametrelere ilişkin istatistiksel anlamda önemli sapmalar saptanmıştır. Belirtilmesi gereken son bir nokta ise, henüz hiçbir modelin tüm testlerde diğerlerine karşı sistematik bir üstünlük sağlayamamış olmasıdır.

Böylece opsiyon fiyatlama modellerinin analizi ve bu modeller üzerinde gerçekleştirilen önemli ampirik çalışmaların özeti sunulmuş bulunmaktadır. Bundan sonraki bölümde, opsiyon pozisyonlarının fiyat riskinin yönetiminde kullanılan gelişmiş risk yönetim teknikleri aktarılmaya çalışılacaktır.

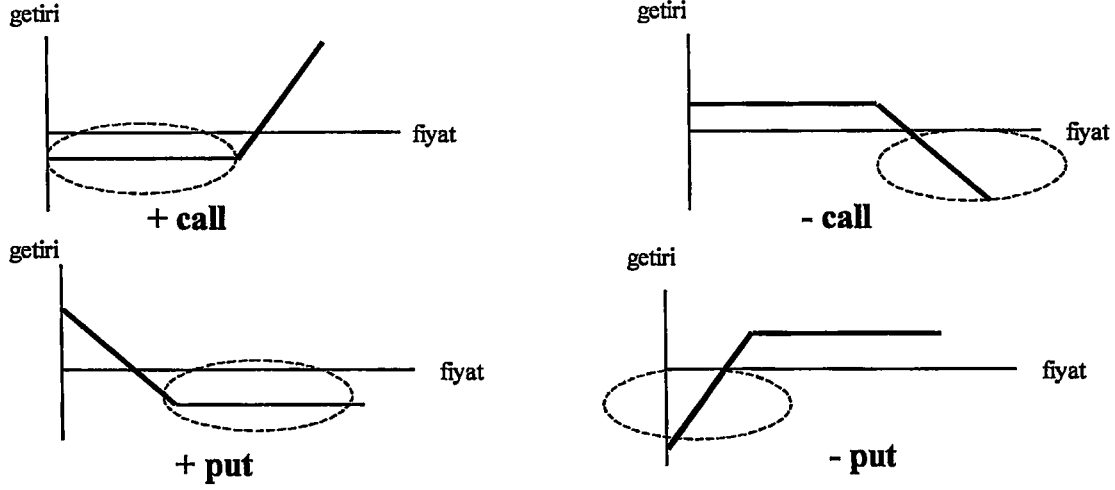


3. OPSİYON POZİSYONLARINDA RİSK YÖNETİMİ

Diğer tüm türevsel ürünler gibi opsiyon işlemleri de makro açıdan bakıldığında zaman, yoktan bir değer yaratmamakta ya da var olan bir değer kaybolması ya da azalması gibi bir sonuç doğurmamaktadır. Sadece diğer türevsel ürünler gibi riskin transferine olanak sağlamaktadırlar [32:1]. Böylece risk, gerek fiyat, gerek likidite, gerekse kredi riski olsun, bunları taşımak istemeyen ekonomik birimlerden, bu tür riskleri belli bir prim karşılığında taşımak isteyen ekonomik birimlere transfer edilmiş olmaktadır. Riski taşımak istemeyenler bu primi ödeyerek kendilerini belli bir sigorta altına alırlarken, aldıkları prim karşılığında riski üstlenenler de bu riskin yönetimi konusunda bir çalışma içine girmektedirler. Doğal olarak, riske karşı korunma talebi çok geniş yelpazedeki tüm ekonomik birimlerden kaynaklanırken, alınan sigorta primi karşılığında transfer edilen risklerin yönetimi, işleri gereği bu servisi veren (arz tarafı) finansal kurumlarda yoğunlaşmaktadır.

Opsiyonu satın alan taraf açısından işlem gerek risk kapama (hedge) amaçlı (opsiyon olarak bir risk kapama işlemi yaptıkları varsayılırsa), gerekse spekülasyon amaçlı olsun, alınan pozisyonun toplam maliyeti (zarar potansiyeli) ödenen primle sınırlıyken, opsiyonu yazan taraf için bu maliyet (zarar potansiyeli) çok büyük değerlere ulaşabilmektedir (Bknz. Şekil 3.1).

Özellikle satılan opsiyon herhangi bir borsada işlem gören standart bir opsiyon değilse, riskin yönetimi, yazılan opsiyonun sentetik olarak oluşturulmasını gerektirmektedir ki bu durum, borsalarda işlem gören standart opsiyonlara ilişkin pozisyonlardan kaynaklanan risklerin yönetiminden çok daha zor ve kompleks bir çalışmayı gerektirmektedir.



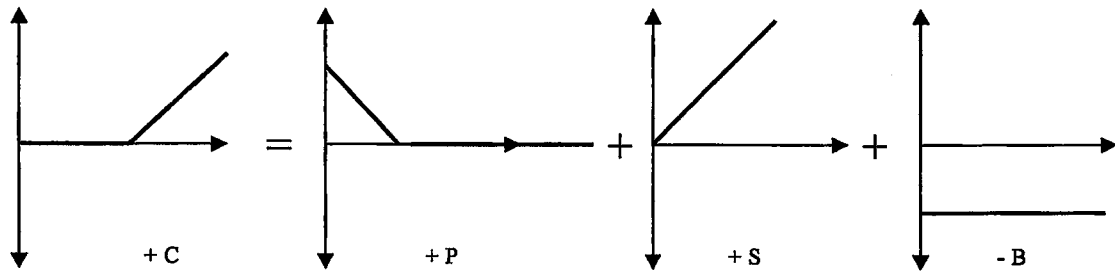
Şekil 3.1: Opsiyon İşlemlerinin Toplam Zarar Potansiyeli

Aşağıdaki grafiklerde (Bknz. Şekil 3.2 ve 3.3) call ve put opsiyonlarının sentetik olarak nasıl oluşturulacağı, vade sonundaki getirilerle gösterilmektedir. Bunun için daha önce detaylı olarak incelenen put-call paritesi tekrar oluşturulacak olursa:

Call için:

$$(C + B) = (P + S) \rightarrow C = (P + S - B) \quad (3.1)$$

Bir önceki bölümde de belirtildiği gibi call opsiyonu, put ve opsiyona konu varlık satın alınırken, opsiyonla aynı vadede K (opsiyon işlem fiyatı) nominal değerli bono satılarak, sentetik olarak oluşturulabilmektedir (Bknz. Şekil 3.2). Put opsiyonunun olmadığı durumlarda ise, aşağıda ayrıntılı olarak açıklanacağı gibi, finansal varlıktan delta miktarı kadar (dinamik bir proses içinde) bulundurularak vade sonunda aynı getiri elde edilebilmektedir.



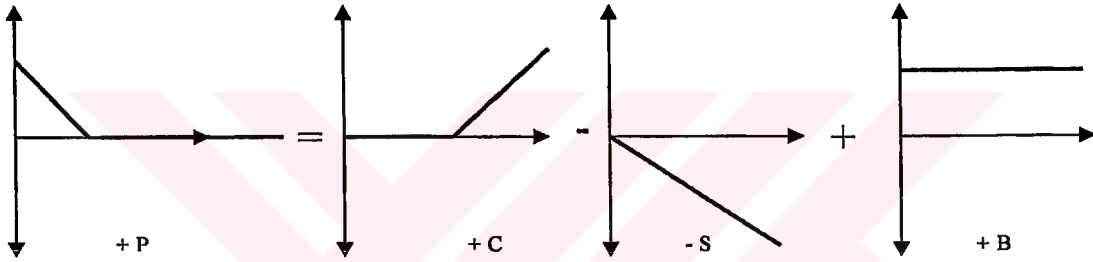
Şekil 3.2: Sentetik (+) Call

Put için:

$$(C + B) = (P + S) \rightarrow P = (C - S + B) \quad (3.2)$$

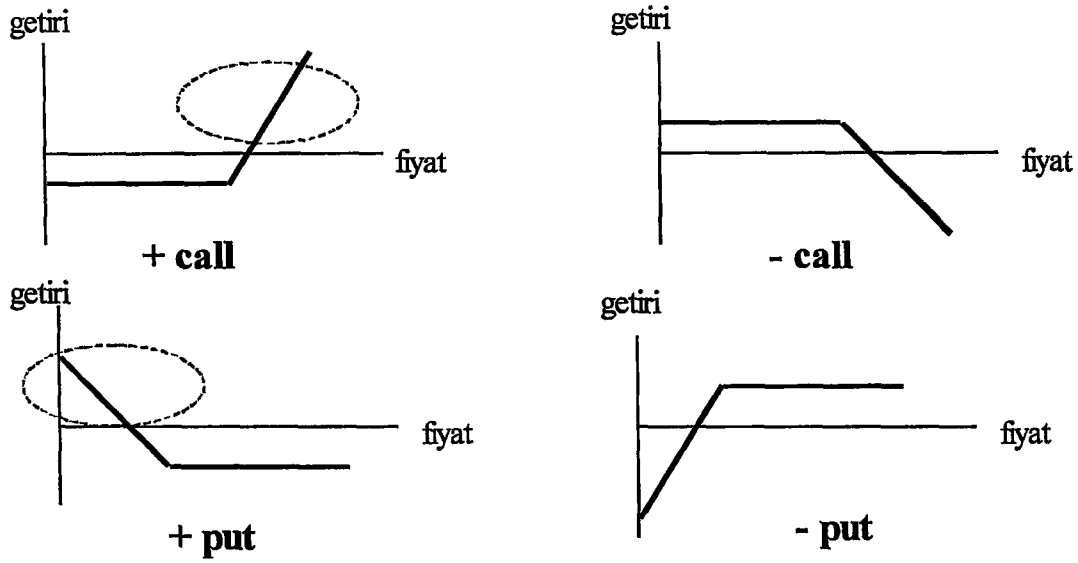
Aynı şekilde, put opsiyonu, call opsiyonu satın alınırken, opsiyona konu varlık satılarak (açığa) ve oluşan net nakit fazlasıyla da opsiyonla aynı vadede K nominal değerli bono satın alınarak oluşturulabilmektedir. (Bknz. Şekil 3.3)

Call opsiyonunun olmadığı durumlarda, opsiyona konu finansal varlıktan delta miktarı kadar spot (spot piyasada açığa satışın mümkün olduğu durumlarda) ya da forward (veya futures) piyasasında satılarak (yine dinamik olarak sürekli bir şekilde) vade sonunda aynı getiri elde edilebilmektedir.



Şekil 3.3: Sentetik (+) Put

Tezgah üstü işlem gören opsiyonlarda fiyat riskinin yönetimi, yukarıda kısaca analizi yapılan sentetik yapıları ve bu yapıların oluşturulabileceği piyasaların varlığını ve derinliğini ön plana çıkarırken, oluşan kredi riskleri ayrı bir analiz konusu olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle borsa dışı yapılan tezgah üstü türev işlemlerde, opsiyon satın alan taraf için kredi riski büyük önem kazanmaktadır. Çünkü borsa işlemlerinde, kontratın karşı tarafının kredi riskini takas merkezi üstlenirken, tezgah üstü işlemlerde bu risk tamamen opsiyonu satın alan tarafın üstünde kalmaktadır. Zira opsiyonu satan taraf, lehte oluşabilecek primin hepsini işlemin başında almaktadır. Dolayısıyla, opsiyonu yazan taraf vade sonunda hiçbir kredi riskine maruz kalmazken, opsiyonu satın alan tarafın kredi riski, vade sonunda oluşacak spot fiyata göre teorik olarak çok büyük değerler alabilmektedir. (Bknz. Şekil 3.4)



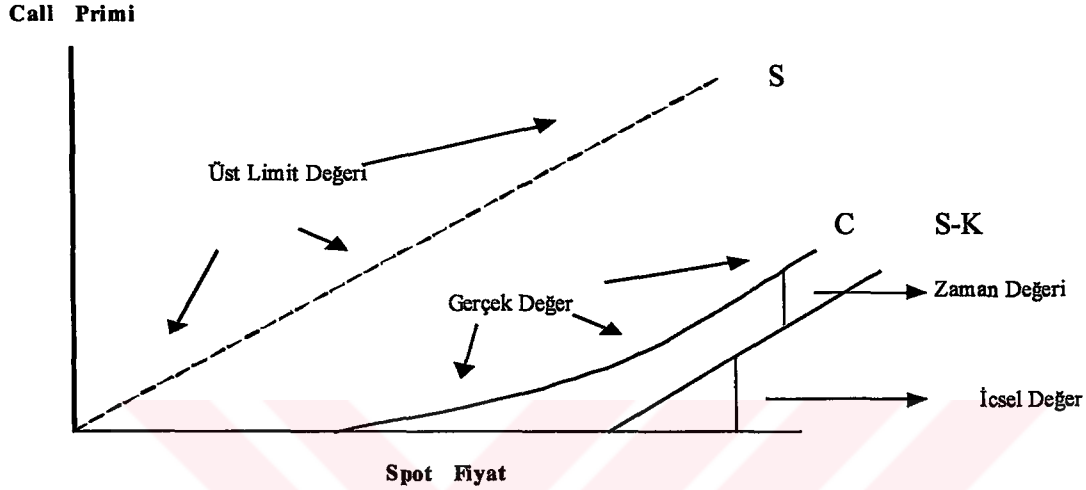
Şekil 3.4: Opsiyon İşlemlerinde Kredi Riski

Hem tezgah üstü hem de borsada işlem gören opsiyon ürünleri için, opsiyon fiyatlarını etkileyen parametreler ele alınacak olursa; örneğin bir döviz opsiyonu fiyatı, opsiyona konu döviz kuru, kura ait volatilité, her iki para birimine ait faiz oranları, vadeye kalan süre gibi birden fazla stokastik değişkenin (zaman dışındaki değişkenler) etkisi altında bulunmaktadır. Opsiyon alım satım işiyle uğraşan uzmanlar, ya genellikle tüm bu parametrelere ait riskleri sayısallaştırıp, bu analize göre risklerini kontrol etmeye çalışmaktadırlar, ya da bir senaryo analizi yaparak, geleceğe ait farklı senaryolarda oluşan riskleri değerlendirip pozisyonlarını bu analiz ışığında yönetmektedirler. Daha önceki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınan bu değişkenlerin opsiyon fiyatları üzerindeki etkisi, 3.1 no'lu tabloda tekrar özetlenmektedir.

Tablo 3.1: Opsiyon Değerini Etkileyen Değişkenler

Değişken	Call(C)	Put(P)
Kullanım Fiyatı (K)	↑	↓
Spot Fiyat (S)	↑	↓
Vadeye Kalan Süre (T)	↑	↑
Volatilité	↑	↑
Faiz Oranı (r)	↓	↓

Opsiyon değerinin, daha önce de belirtildiği gibi iki bileşenden oluştuğu varsayılmaktadır. Bu bileşenler opsiyonun içsel değeri ki opsiyon değeri bu değer altına düşmemektedir, (düştüğü zaman oluşturulacak arbitraj 1.4 no'lu bölümde örnekleriyle açıklanmıştı) ve zaman değeri olarak tanımlanmıştı. Şekil 3.5'te görüldüğü gibi, opsiyon fiyatının bu iki değer toplamından oluştuğu varsayılmaktadır.



Şekil 3.5: Opsiyon Primi Bileşenleri

İçsel değer opsiyonun ne kadar karda olduğunun bir göstergesi olarak ifade edilmektedir ve bu değer daha önce belirtildiği gibi call opsiyonları için $(S-K)$ ve put opsiyonları için de $(K-S)$ olarak tanımlanmaktadır. Zaman değeri ise, opsiyon fiyatının, opsiyon içsel değerinin üstündeki kısmından oluşmaktadır ve volatilité ve vadeye kalan süre arttıkça zaman değeri de artmaktadır. Ayrıca zaman değeri en yüksek seviyeye ($S = K$) noktasında yani opsiyonların başabaş olarak tanımlandığı durumda ulaşmaktadır. Zaman değerinin, volatilité ve vadeye kalan süreye bağlı grafiksel gösterimi ve analizi, theta ve gamanın incelendiği bundan sonraki bölümlerde ayrıca ele alınmaktadır.

Opsiyon pozisyonlarının fiyat riskinin yönetiminde iki uç stratejiden biri olan açık pozisyon (*naked position*), riskin tamamen açık bırakılmasını öngörürken, diğer uç strateji olan kapalı pozisyon (*covered position*), opsiyona konu tüm pozisyonun (delta değerine bakılmaksızın) spot (ya da forward/futures) piyasadan kapatılması şeklinde uygulanmaktadır [26:857]. Her iki risk yönetim şekli de, opsiyonun kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak farklı getiri sağladıkları için bir risk

yönetiminden çok, direk pozisyon alma stratejisi (spekülasyon amaçlı) ya da risk yönetmeme stratejisi olarak düşünülmektedir. Dolayısıyla, opsiyon alım satımıyla uğraşan profesyonellerin çok sık uyguladığı yöntemler olarak kabul görmemektedirler.

Belirtilmesi gereken son bir değerlendirme ise, hep söz edilen arbitraj teorisinin aksine, opsiyonların fiyat riskinin yönetiminde, opsiyon fiyatı ne olursa olsun arbitraj uygulanamayacak artık (*residual*) risklerin her zaman mevcut olacağı saptamasıdır [33]. Özellikle son çeyrek yüzyılda yaşanan finansal krizler (1987 ve 1998 finansal krizleri gibi) ve bu krizlerde edinilen tecrübeler, türev enstrümanların fiyatlama modellerindeki temel varsayımların tekrar gözden geçirilmesi gereğini gündeme getirmiştir. Bu krizlerde yaşanan fiyat çöküşlerinin, çoğu zaman normal dağılım teorisinin öngördüğünden daha sık ve daha derin bir nitelik kazandığı belirtilirken, krizin derinleştiği dönemlerde hızla kaybolan piyasa likiditesi, sürekli zaman modellerindeki varsayımların aksine, yüksek fiyat sıçramalarını gündeme getirmektedir [12:88-97,138]. Ayrıca, global krizlerin yaşandığı dönemlerde tüm yatırım araçlarının pozitif korelasyon göstermeye başlamasının, riskin dağıtılmasına yönelik avantajları da büyük ölçüde sınırlayan bir nitelik kazanmaya başladığı belirtilmektedir [12:204]. Model varsayımlarındaki yetersizliklerden kaynaklanan bu artık riskler ise, çoğunlukla opsiyon fiyatlarına iskonto edilemezken, özellikle opsiyon satıcıları için, yüksek model risklerinin oluştuğu anlamına da gelmektedir. Ancak, yüksek opsiyon alım satım marjlarının, sözü edilen bu artık riskleri, fiyatlandırmaya belli ölçüde de olsa yansıttığı düşünülmektedir [34].

Bundan sonraki alt bölümlerde, opsiyon fiyatlarının, yukarıda söz edilen parametrelere (finansal varlığın fiyatı, faiz oranları, volatilité, vadeye kalan süre) olan hassasiyeti ve bunu konu alan gelişmiş risk yönetim teknikleri aktarılmaktadır.

3.1. Delta ve Delta Hedging Tekniğı

Herhangi bir türevsel enstrümanda deltadan bahsedildiğı zaman, türev enstrümana konu finansal varlığın fiyatında meydana gelen marjinal değışime karşın türev enstrüman fiyatında meydana gelen değışim anlaşılmaktadır. Bu değışim, türevsel matematikten hatırlanacağı üzere, türev ürüne ait fiyat fonksiyonunun finansal

varlığın fiyatına göre alınan birinci türevinden ibaret bulunmaktadır. Bu türev, finansal varlık fiyatına bağlı türev ürün fiyatı fonksiyonunun oluşturduğu eğrinin herhangi bir noktasında, finansal varlığın fiyatında oluşacak marjinal değişime karşın, türev ürün fiyatındaki değişimi vermektedir. Matematiksel gösterimi ise aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$C = f(S, t) \quad \text{ise,}$$

$$\text{Delta} = \Delta = f_s = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta C}{\Delta S} = \frac{dC}{dS} \quad (3.3)$$

C : Türevsel ürünün fiyatı

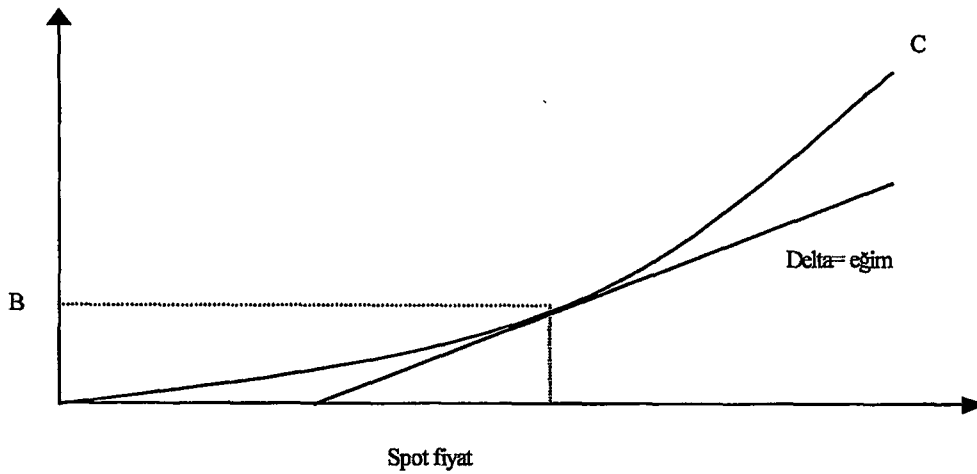
S : Türev ürüne konu finansal varlığın fiyatı

f_s : Call opsiyonu fiyat fonksiyonunun S cinsinden birinci türevi

ΔS : Finansal varlığın fiyatındaki çok küçük değişim

ΔC : Türev ürünün fiyatında ΔS 'e karşılık gelen değişim

Yine türevsel matematikten hatırlanacağı gibi, $C = f(S, t)$ fonksiyonu çizildiği zaman, delta (ya da S cinsinden oluşan birinci türev) sözü geçen noktada fonksiyon eğrisine çizilen tanjantın eğimini oluşturmaktadır (Bknz. Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Delta Hesaplaması

Deltanın diğ er bir gösteriliş şekli için, $C = f(S, t)$ yerine, Black/Scholes formülasyonu yazılacak olursa:

$$C = \{[S \cdot N(d_1)] - [K \cdot e^{-rt} \cdot N(d_2)]\}, \quad \text{fonksiyonunda}$$

$$\Delta = C_s = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta C}{\Delta S} = \frac{dC}{dS}$$

$$\Delta = N(d_1) \quad (3.4)$$

elde edilmektedir ki bu da binomial modelden de hatırlanan hedge rasyosuna eşit bulunmaktadır. Yani delta ya da $N(d_1)$, risksiz bir portföy oluşturulabilmesi için, yazılan her bir call opsiyonu için, kaç adet finansal varlık alınması gerektiğini göstermektedir. Gerçekten de yukarıdaki formülden bu sonuca varılmaktadır:

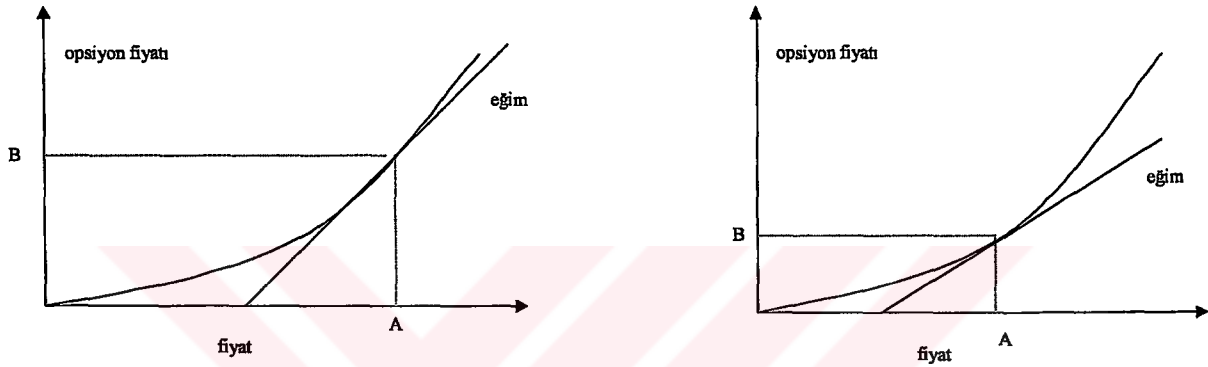
$$\frac{\Delta C}{\Delta S} = \frac{dC}{dS} = N(d_1), \quad \text{ise}$$

$$\Delta C = [\Delta S \cdot N(d_1)] \quad (3.5)$$

Dolayısıyla, yazılan bir opsiyonun fiyatı, ΔC kadar yukarı gittiği zaman yazılacak zararın karşılanması için $N(d_1)$ kadar opsiyona konu finansal varlık taşınıyor olması yeterli olmaktadır. Bu şekilde oluşturulan portföy, finansal varlığın fiyatında meydana gelecek değişimlerden etkilenmemektedir. Deltanın bu şekilde kullanılarak pozisyon riskinin yönetimine *Delta Hedging* adı verilirken, bu şekilde oluşturulan risksiz portföye de deltanötr portföy adı verilmektedir. Herhangi bir portföyün deltanötr karakterde olması, çok küçük bir zaman aralığında t reveler konu finansal varlığın fiyatında meydana gelecek marjinal değişimlerden, portföy değerinin etkilenmemesi anlamına gelmektedir.

Diğ er bir bakış açısıyla, delta hedging işleminin türevsel ürünün sentetik olarak yaratılıp, orjinal pozisyonun tersi yönünde alınıp satılmasından bir farkı bulunmamaktadır.

Call opsiyonu ele alınacak olursa, delta kadar türeve konu finansal varlıkta + (*long*) pozisyon alınarak, bu pozisyon risksiz faiz oranından finanse edildiği zaman, çok kısa bir zaman aralığında call opsiyonuyla aynı risk getiri profili sentetik olarak elde edilmiş bulunmaktadır [35]. Şekil 3.7’de grafiksel olarak da gösterildiği gibi lineer yapıdaki delta pozisyonu, teorik olarak eğrinin her noktasında eğriyle aynı eğimi sağlayacağından, sözü geçen portföyün vade sonu getirisi de, teorik olarak call opsiyonunun vade sonu getirisini tam olarak yansıtacaktır. Çünkü belirtildiği gibi oluşturulan portföy, fiyat fonksiyonunun her noktasında eğriyle aynı eğim ve delta riskine sahip bulunmaktadır



Şekil 3.7: Sentetik (+) Call

Benzer şekilde put opsiyonları için de delta:

$$P = \{[K.e^{-rt} \cdot N(-d_2)] - [S \cdot N(-d_1)]\}$$

Fiyat fonksiyonunda,

$$\Delta = P_s = \frac{\Delta P}{\Delta S} = \frac{dP}{dS} = -N(-d_1) = N(d_1) - 1 \quad (3.6)$$

olarak ifade edilecektir.

Delta hedging dinamik bir proses olarak tanımlanmaktadır. Çünkü delta ya da $N(d_1)$, finansal varlığın her fiyatında ve de vadeye kalan süre azaldıkça değişmektedir. Bu dinamik yapısı gereği, günümüzde delta hedging prosesini geliştirilen bilgisayar yazılımlarıyla uygulayan finansal modeller de kullanılmaktadır [36]. Yukarıdaki

grafikte de görüldüğü gibi, eğrinin her noktasında tanjantın eğimi farklı bir değer almaktadır. Bu değer yine grafikte de görüldüğü gibi, spot fiyat düştükçe sıfıra doğru yaklaşmakta ve spot fiyat arttıkça bire doğru yaklaşmaktadır. Ancak görüldüğü gibi her zaman bu iki sınır değer arasında kalmaktadır.

Oluşturulan risksiz portföy açısından bakılacak olursa, finansal varlığın değeri sıfıra yaklaştıkça opsiyonun vade sonundaki değerinin sıfırlanma (yani zararda sonlanması) olasılığı arttığından, hedge rasyosu sıfıra yaklaşmakta, finansal varlığın fiyatı işlem fiyatının (K) üzerine çıktıkça, opsiyonun vade sonundaki değerinin pozitif gerçekleşme (yani karda sonlanması) olasılığı arttığından, bu durumda da hedge rasyosu, yani $N(d_1)$, bire doğru yaklaşmaktadır.

Getirili finansal varlıklar üzerine yazılan opsiyonlarda ise delta, 2.8 no'lu bölümdeki (2.151) no'lu Garban-Koelhaugen formülasyonu hatırlanacak olursa:

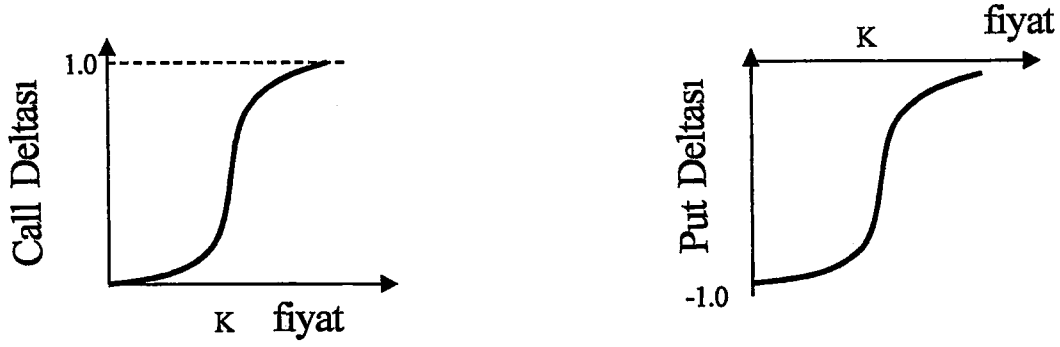
$$(2.151) \quad C = [(S \cdot e^{(-R_f \cdot T)}) \cdot N(d_1)] - [K \cdot (e^{-rT}) \cdot N(d_2)]$$

Yukarıdaki call opsiyonu fiyat fonksiyonunda,

$$\Delta = C_s = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta C}{\Delta S} = \frac{dC}{dS} = [e^{-R_f T} \cdot N(d_1)] \quad (3.7)$$

şeklini almaktadır [28].

Finansal varlık fiyatının uç noktalarında deltanın alması gereken değerler 0 ve 1 olarak yukarıda belirlenmişti. Bu değerlerin S 'nin bir fonksiyonu olarak call ve put opsiyonları için grafiksel gösterimi ise 3.8 no'lu şekildeki gibi oluşmaktadır.

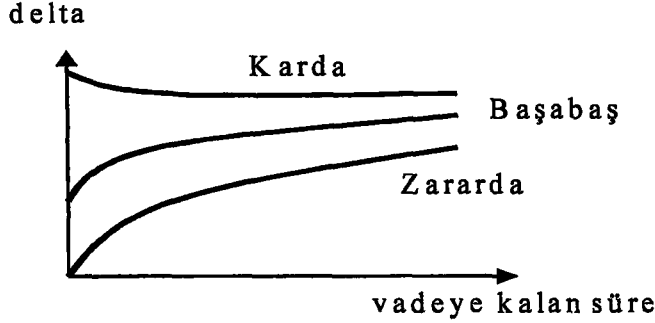


Şekil 3.8: Opsiyon Delta'sı Spot Fiyat İlişkisi

Örneğin call opsiyonuna ait grafik ele alınacak olursa, delta değeri, finansal varlığın fiyatı (S) yükseldikçe 1'e doğru yaklaşmakta, düştükçe de sıfıra doğru gitmektedir. Bunun ifadesi, delta hedging stratejisinin uygulandığı bir durumda, finansal varlığa ait spot fiyat yükselirken portföydeki S miktarının artırılması (delta yani $N(d_1)$ 1'e yaklaşacağı için), spot fiyat düşerken de S miktarının azaltılması (delta düşeceği için) anlamına gelmektedir. Bu bir anlamda, hisse senedinin ya da finansal varlığın fiyatı yükselirken alınması düşerken de satılması sonucunu doğurmaktadır ki bu prosesin zararlar sonuçlanması kaçınılmaz gözükmektedir. Opsiyon döneminde gerçekleşen volatilityle, opsiyon fiyatının hesaplanmasında kullanılan volatilité çakıştığı zaman, opsiyondan alınan primin teorik olarak, yukarıda belirtilen delta hedging prosesi sonucunda oluşacak zarara eşit olması gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle satılan bir opsiyonun, delta hedging yöntemiyle dinamik bir proses içinde risksiz bir portföye dönüştürüldüğü varsayıldığı zaman, söz konusu portföyün, gerçekleşen volatilitenin, fiyatlaması sırasında kullanılan volatiliteden (implied), yüksek (düşük) gerçekleşmesi durumunda risksiz faiz oranından daha düşük (yüksek) bir getiri sağlaması gerekmektedir. İşte bu yüzden opsiyon alım satımı, bu işin profesyonelleri arasında volatilité alım satımıyla özdeş tutulmakta ve opsiyon kotasyonları da fiyattan ziyade, volatilité kotasyonları şeklinde verilmektedir

Bu çalışmada da, TRL/Döviz opsiyonlarının fiyatlandırılma ve risk yönetiminde uygulamaya yönelik model ve önerilerin ampirik olarak test edildiği 5. bölümde, volatilité girdisinin risksiz portföy performansı üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak analiz edilmektedir.

Deltanın zamana bağılı olarak da değiştiği daha önce belirtilmişti. Deltanın opsiyon vadesine kalan sürenin bir fonksiyonu olarak karda (*in-the-money*), zararda (*out-of-the-money*) ve başabaş (*at-the-money*) konumdaki call opsiyonları için grafiksel gösterimi de 3.9 no'lu şekildeki gibi oluşmaktadır [20:315].



Şekil 3.9:-Call Deltası ile Vadeye Kalan Süre ilişkisi

Daha önce de vurgulandığı gibi, karda opsiyonlarda vadeye kalan sürenin kısılması deltayı 1'e doğru götürürken, zararda opsiyonlar için bu değer sıfıra doğru yaklaşmakta, spot fiyata yakın olarak tanımlanan başabaş konumdaki opsiyonlar içinse bu değer 0.5 değerine doğru yaklaşmaktadır. Bu sonuçlar aynı zamanda, daha önce tanımlanan normal dağılım özellikleriyle de birebir uyushmaktadır (spot fiyat normal dağılımdaki beklenen değere karşılık gelmektedir).

Birden fazla türev enstrümandan oluşan bir portföye ilişkin delta ise bireysel deltaların ağırlıklı toplamıyla bulunmaktadır [17:204].

$$\Delta\Pi = \sum_{i=1}^n [W_i \cdot \Delta_i] \quad (3.8)$$

$\Delta\Pi$: Portföye ait delta

Δ_i : i sayılı türev enstrümana ait delta

W_i : i sayılı enstrümanın portföy içindeki miktarı.

Call opsiyonunun sentetik olarak hedge edilmesi örneği ele alınacak olursa; portföy deltasının sıfıra eşitlenmesi (yukarıda da belirtildiği gibi, deltası sıfıra eşit olan portföylere deltanötr portföy adı verilmektedir ve bu yapıdaki portföyler, çok küçük

zaman aralıklarında, opsiyona konu finansal varlığın fiyatındaki marjinal değişimlerden etkilenmemektedirler.) aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. Oluşturulan yapı tekrarlanacak olursa:

Yazılan bir opsiyona karşı, $N(d_1)$ kadar finansal varlık satın alınarak nakit çıkışı risksiz faiz oranından finanse edilmektedir.

$$\Pi = [-C + (N(d_1).S) - B] \quad \text{ise,} \quad (3.9)$$

$$\Delta\Pi = [(-W_c.\Delta c) + (W_s.\Delta s) + (W_b.\Delta B)]$$

$$\Delta\Pi = [(-1.N(d_1)) + N(d_1).1 + 0]$$

$$\Delta\Pi = 0$$

Yukarıda (3.9) no'lu eşitliğin açılımından da anlaşılacağı üzere, satılan opsiyonun deltası (-) $N(d_1)$ ve, finansal varlığın kendi deltası (+) 1'e eşitken (her finansal varlığın kendi deltası 1'e eşit bulunmaktadır), satılan (ya da satın alınan) bononun deltası sıfır kabul edilmektedir, çünkü risksiz faiz oranından yapılan yatırım ya da borçlanmaların vade sonu getirileri belli ve herhangi bir finansal varlığın fiyatından bağımsız oluşmaktadırlar. Delta hedging prosesi sonrasında, yukarıda da görüldüğü gibi, deltası sıfıra eşitlenmiş bir portföy elde edilmiş bulunmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, delta hedging dinamik bir proses olduğu için, portföyün deltanötr karakterinin korunması, delta ayarlamasının sürekli bir şekilde (ideal durumda anlık olarak) yapılmasıyla sağlanmaktadır. Çok kısa zaman aralıklarında bunu sağlamanın ve portföyün risksiz karakterini korumanın en iyi yolu ise deltadaki değişimlere karşın da bir korunma sağlamaktan geçmektedir. Sonraki bölüm, deltadaki değişimlerden oluşan riskleri, diğer bir ifadeyle gama riskini ve yönetme tekniklerini incelemektedir.

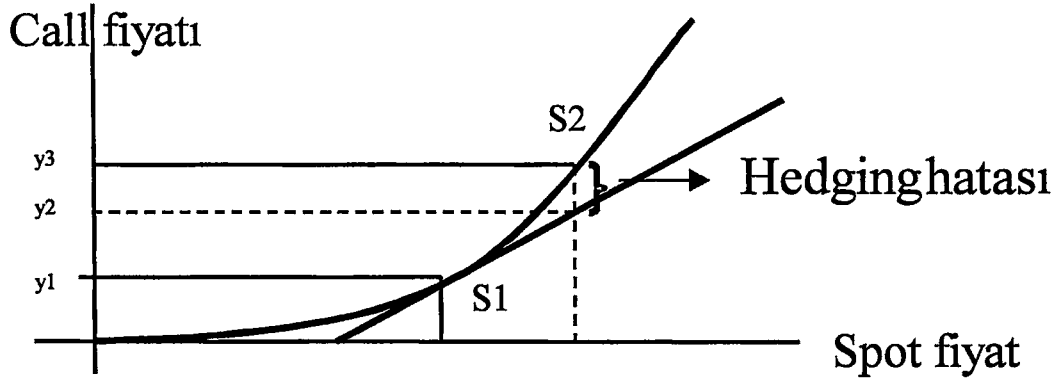
3.2. Gama ve Gama Hedging Tekniği

Gama türev ürüne (ya da türev ürünlerden oluşan portföye) konu finansal varlığın fiyatında meydana gelen marjinal değişimlere karşın, delta değerindeki değişimin hızını ifade etmektedir. Matematiksel terminolojide ise, türev ürünün finansal varlık fiyatı ve zamana bağlı fiyat fonksiyonundaki, S (finansal varlığın fiyatı) cinsinden ikinci türevi, yani S 'deki değişim neticesinde oluşan, türev enstrüman fiyatındaki değişimin, değişim hızını ifade etmektedir.

$$C = f(S, t) \quad \text{ise,} \quad \Gamma = f_{ss} = \frac{d^2 f}{ds^2}$$

Örneğin fizikteki hareketten hatırlanacak olursa, zamana bağlı yol fonksiyonunda ilk türev hızı verirken ikinci türev hızdaki değişimi yani ivmeyi tanımlamaktadır. Benzer şekilde, türev ürünün finansal varlığın fiyatına (S) ve zamana (T) bağlı fonksiyonunda ise S cinsinden ilk türev deltayı verirken, ikinci türev ise deltadaki değişimi yani gamayı (Γ) ifade etmektedir.

Gamanın mutlak değer anlamındaki düşük değerlerinde, finansal varlığa ait fiyat değiştiği zaman, delta değeri daha yavaş değişeceğinden, portföyü tekrar deltanötr konuma getirebilmek için, portföydeki finansal varlığa ait pozisyonda yapılacak ayarlamalar (finansal varlığın satın alınması ya da satılması şeklinde) daha az sıklıkta ve daha küçük miktarlarda yapılmaktadır. Fakat gamanın mutlak değer anlamında yüksek olduğu durumlarda, delta değeri, türeve konu finansal varlığın fiyat değişimlerine çok hassas konuma geleceğinden, portföyün deltanötr karakterini korumak için yapılacak ayarlamalar (portföydeki finansal varlık miktarı üzerindeki), daha sık ve daha büyük olmak durumunda kalacaktır. Bu nedenle, gamanın mutlak değer anlamındaki yüksek değerlerinde, dinamik hedging prosesinin aksaması, yüksek maliyetli riskler taşımaktadır. Şekil 3.10'daki grafikte de görüldüğü gibi, gamanın mutlak değer anlamındaki yüksek değerlerinde, delta hedging prosesi net bir hatayla sonuçlanabilmektedir ki buna da finansal literatürde hedging hatası adı verilmektedir [37].



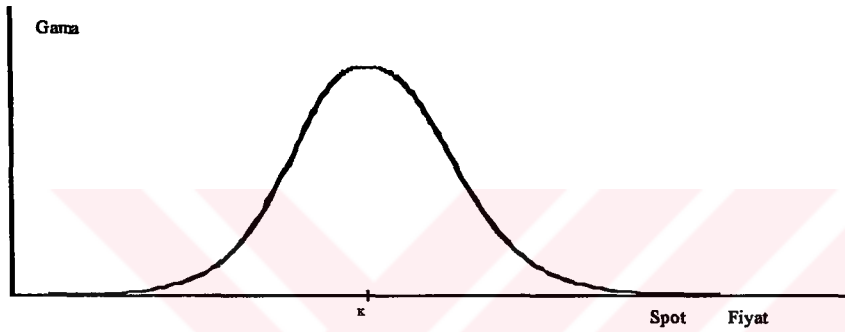
Şekil 3.10: Delta Hedging Hatası

Grafikte de görüldüğü gibi, spot fiyat S_1 'den S_2 'ye hareket ettiği zaman, S_1 noktasında delta (çizilen doğrunun eğimi) kadar finansal varlık bulundurulduğunda elde edilecek kar ($Y_2 - Y_1$) farkından oluşurken, taşınan (- ya da *short*) call opsiyonu pozisyonunun zararı, ($Y_3 - Y_1$) olarak gerçekleşmektedir. Bu durumda, ($Y_3 - Y_2$) farkı, delta hedging hatası sonucunda oluşan net zararı ifade etmektedir.

Bu zarar, gamanın mutlak anlamda yüksek olduğu (eğrinin eğikliğinin arttığı-*curvature*) durumlarda daha da büyük olmaktadır. Delta hedging hatası, portföy deltanötr yapılırken aynı zamanda gamanötr yapıya getirildiği takdirde aşılabilmektedir. Riskin hatasız bir şekilde sıfırlanabilmesi ancak, portföyün hem delta hem de gama risklerinin sıfırlanmasıyla mümkün olmaktadır. Bu da hedge edilen türev enstrümana ait fiyat fonksiyonunu tam anlamıyla taklit eden (aynı eğim ve eğikliğe -*curvature*-, sahip) sentetik ya da bir başka lineer olmayan türev enstrümanda (diğer bir ifadeyle aynı finansal varlığa ait, aynı veya farklı özelliklerde bir opsiyonda) ters pozisyon alınarak sağlanabilmektedir.

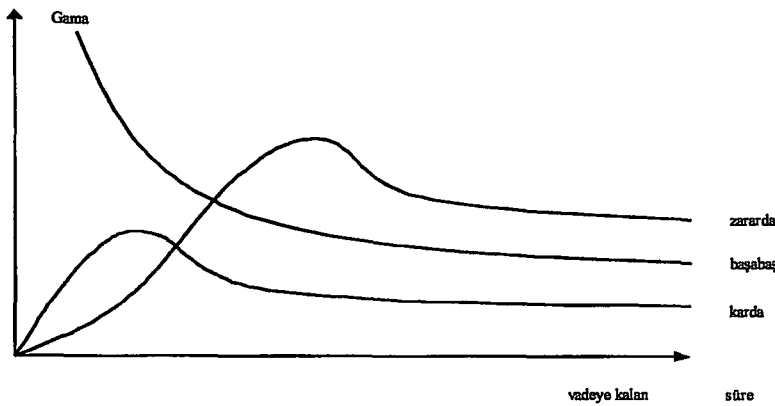
Hem call hem de put opsiyonu için gama her zaman pozitif bir değere sahip bulunmaktadır. Call ve put fiyat fonksiyonuna ait eğrilerin birinci türevlerindeki (yani delta değerlerindeki) değişim put opsiyonu için $S=0$ iken (-1) 'den başlayarak S yükseldikçe sıfıra doğru bir değişim gösterirken, call opsiyonu için $S=0$ noktasında 0 değerinden başlayarak yine S yükseldikçe $(+1)$ değerine doğru yaklaşmaktadır. Yani gama her zaman her iki opsiyon türü için de pozitif bir değere sahip bulunmaktadır. Bunun diğer bir ispatı ise, hem call hem de put opsiyonları için çizilen delta grafiklerinde, eğimin her zaman pozitif olduğunun gözlenmesiyle yapılabilmektedir ki bu eğim de delta fonksiyonunun türevini yani gama değerini vermektedir. Diğer

tarafından gama en yüksek değerine, türeve konu finansal varlık fiyatının, işlem fiyatına yakın olduğu noktalarda (yani opsiyon başabaş durumdayken) ulaşmaktadır. Şekil 3.8'deki call ve put opsiyonları için çizilen delta grafiklerinde de görüldüğü gibi, her iki fonksiyonun birinci türevi (ya da her iki eğrinin eğimi) en yüksek değerine, $S=K$ noktasında (opsiyonun başabaş değerinde) ulaşmaktadır. Finansal varlığın fiyatının (S) çok düşük ve çok yüksek değerlerinde ise, gama tekrar sıfır değerine doğru yaklaşmaktadır. Yine şekil 3.8'deki delta grafiklerine bakılacak olursa, çok yüksek ve çok düşük S değerlerinde, eğrinin eğiminin sıfıra yaklaştığı gözlenmektedir. Bu açıklamalardan sonra gamanın diğer parametreler sabit kalırken S 'ye bağlı grafiği, 3.11 no'lu şekildeki gibi oluşmaktadır [37].



Şekil 3.11: Gama Spot Fiyat İlişkisi

Şekil 3.12'de ise, S sabit tutulurken vadeye kalan süre azaldıkça, karda, zararda ve başabaş olarak tanımlanan opsiyonlar için, gamanın zamana bağlı değişimlerini gösteren grafikler yer almaktadır [20:323].



Şekil 3.12: Gama ile Vadeye Kalan Süre ilişkisi

Başabaş olarak tanımlanan opsiyonlar için gama süre azaldıkça eksponenesiyal bir artış kaydetmektedir. Yani süre azaldıkça türeve konu varlığın fiyatındaki değişimlerin delta üzerindeki dolayısıyla türevin değeri üzerindeki etkisi artmaktadır. Karda ve zararda olarak tanımlanan opsiyonlar içinse grafikde de görüldüğü gibi, azalan süre gamayı sıfıra doğru yaklaştırmaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi deltanötr stratejilerde oluşan hedging hatalarının büyüklüğü, bire bir türev pozisyona ait gamanın (eğimin eğiminin ölçüsü) büyüklüğü ile ilişkili bulunmaktadır. Gamanın yüksek pozitif değerlerinde, portföy değerinin türeve konu olan finansal varlığın fiyatına hassasiyeti yüksek olduğu için, fiyat değişimi portföy değerinde yüksek pozitif değişimlere yol açmaktadır. Aynı şekilde gamanın çok düşük negatif değerlerinde, portföyün türeve konu olan finansal varlığın fiyatına hassasiyeti yine çok yüksek olacağı için, fiyat değişimi portföy değerinde bu kez ciddi düşüşlere yol açmaktadır.

Örneğin yazılan 1 adet call opsiyonu karşılığında, $N(d_1)$ kadar türeve ait varlığın satın alınmasıyla oluşturulan deltanötr portföyün değeri, finansal varlığın fiyatındaki marjinal değişimlerden çok fazla ettilenmezken, fiyat sıçramalarının yaşandığı durumlarda aynı portföyün değeri, call opsiyonuna ait gammanın büyüklüğü oranında azalmaktadır. Bunun nedeni, yukarıdaki delta hedging stratejisiyle, portföyün deltası sıfıra eşitlenmiş olmakla beraber, gama riski yok edilememektedir. Bu durumda opsiyonun gaması, portföyün gamasını oluşturmakta, diğer bir ifadeyle portföy gaması opsiyon gamasına eşit olarak kalmaktadır. Çünkü hedge için kullanılan finansal varlığın deltası 1'e eşitken, gaması sıfıra eşit bulunmaktadır (türevsel matematikten hatırlanacağı üzere sabitin türevi sıfırdır). Bu sonuçtan da anlaşılacağı gibi, portföye ait gama, (portföy deltasının hesaplanmasında olduğu gibi) portföy içindeki enstrümanlara ait gamaların ağırlıklı toplamına eşit bulunmaktadır.

$$\Gamma_{\Pi} = \sum_{i=1}^n [W_i * \Gamma_i] \quad (3.10)$$

Γ_{Π} : Portföye ait gama

Γ_i : İ sayılı türev enstrümana ait gama

W_i : i sayılı enstrümanın portföy içindeki miktarı.

Deltası sıfıra eşitken, gaması pozitif ve negatif değerlere sahip portföylerde, türeve konu finansal varlığın fiyatındaki değişimle portföy değerinin değişimi arasındaki ilişki incelenecek olursa:

Çalışmanın ikinci bölümünde, türev enstrümana ait fiyat fonksiyonu, $f(S,t)$, türeve konu finansal varlığın fiyatı ve zamanın bir fonksiyonu olarak ele alınmıştır. Fonksiyon değerindeki değişime, Taylor serisi açılımı uygulanarak aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$\Delta f = [(f_s \Delta S) + (f_t \Delta t) + (1/2 f_{ss} \Delta S^2) + (1/2 f_{tt} \Delta t^2) + (f_{st} \Delta S \Delta t) + D] \quad (3.11)$$

Önceki gösterimlere paralel bir şekilde, f_s ve f_{ss} , türev ürüne ait fiyat fonksiyonunun S cinsinden birinci ve ikinci türevlerini, f_t ve f_{tt} ise t cinsinden birinci ve ikinci türevlerini ifade etmektedir. D terimi ise ikinci derecenin üstündeki terimlere ait toplamı içermekteydi. Daha önce de ayrıntılı olarak (Ito'nun Lemma tekniğinin anlatıldığı 2.6.3 no'lu bölümde) açıklandığı gibi, yukarıdaki eşitlikte $(1/2 f_{ss} \Delta S^2)$ dışındaki terimler (D de dahil olmak üzere), Δt 'ye ait birinci derece üstündeki terimleri içerdiğinden, limit tanımı gereği, Δt sıfıra giderken etkileri ihmal edilebilir kabul edilmektedir. Dolayısıyla fonksiyon aşağıdaki şekilde kısaltılabilmektedir:

$$\Delta f = [(f_s \Delta S) + (f_t \Delta t) + (1/2 f_{ss} \Delta S^2)] \quad (3.12)$$

Yukarıdaki eşitlikte f , yerine türev enstrümanla oluşturulan risksiz (deltanötr) portföy (Π) konulacak olursa:

$$N(d1) = \Pi_s = 0$$

olacağından

$$\Delta \Pi = [(\Pi_t \Delta t) + (1/2 \Pi_{ss} \Delta S^2)] \quad (3.13)$$

sonucu elde edilmektedir.

$$\text{Gama} = \Gamma = \Pi_{ss} \quad (3.14)$$

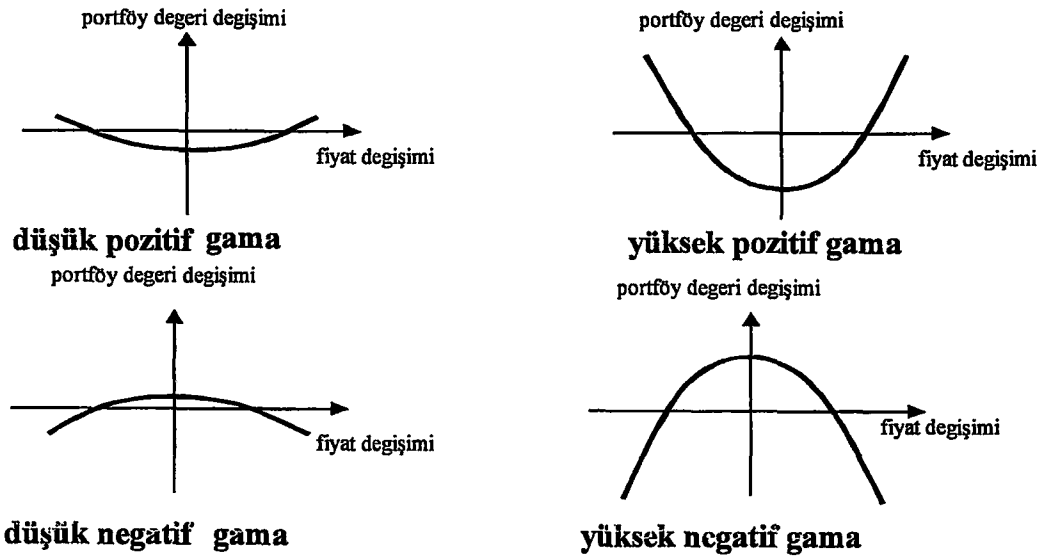
$$\text{Theta} = T = \Pi_t \quad (3.15)$$

(3:13) No'lu eşitlikteki terimlerin yerine, yukarıda ifade edilen karşılıkları olan theta (theta sonraki bölümde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır) ve gama değerleri yazılacak olursa:

$$\Delta\Pi = [(T.\Delta t) + (\frac{1}{2}.\Gamma.\Delta S^2)] \quad (3.16)$$

Bu sonuçtan da anlaşılacağı gibi, gamanın pozitif olduğu durumlarda theta negatif değer almakta ya da gamanın negatif olduğu durumlarda theta pozitif değer almaktadır. Bu sonuca 3.4 no'lu bölümde delta, gama ve theta arasındaki ilişki incelenirken farklı bir yoldan tekrar ulaşılabacaktır.

Yukarıda ulaşılan (3.16) no'lu eşitlik temel alınarak, gamanın yüksek ya da düşük mutlak değerlerinde, spot fiyattaki negatif ya da pozitif yöndeki değişimle, deltanötr portföy değeri arasındaki ilişki 3.13 no'lu şekildeki grafiklerde gösterilmektedir [37].



Şekil 3.13: Gamma ve Deltanötr Portföy Değeri İlişkisi

Grafiklerde de görüldüğü gibi, gamanın mutlak değerinin yüksek olduğu durumlarda, finansal varlığın fiyatındaki artı yada eksi yöndeki geniş değişimlerin portföy değeri üzerindeki etkisi çok büyük olmaktadır. Bu yüzden, yüksek (mutlak değer anlamında) gamalı bir türev enstrümana ait fiyat riskinin, delta hedging tekniğiyle yönetilmesi durumunda, ya delta ayarlamasının çok sık (finansal varlığın fiyatının çok küçük oynamalarında bile) olarak yapılması ya da gama riskini ortadan kaldıracak şekilde aynı finansal varlığa ait zıt gamalı bir türev pozisyonun alınması gerekmektedir. Bu durumda bozulan delta pozisyonunun, türeve konu enstrümanın portföy içindeki ağırlığı değiştirilerek, tekrar sıfıra eşitlenmesi, yani portföyün tekrar deltanötr yapıya kavuşturulması gerekmektedir. Bunun için, hem spot hem de forward/futures piyasası kullanılabilir. Spot ya da forward piyasa kullanılarak, portföydeki türeve konu finansal varlık miktarının değiştirilmesi, portföyün gama riskini (ve gama değerini) etkilememektedir çünkü daha önce de belirtildiği gibi, spot ya da forward/futures piyasada işlem gören türeve konu finansal varlığın deltası 1'e eşitken gaması sıfıra eşit bulunmaktadır. Bu yüzden, finansal varlığa ait spot ya da forward pozisyonlarda yapılan değişiklik, portföyün gama riskini etkilememektedir.

Öte yandan gama ve thetanın zıt yönlü etkileri sonucunda, gama yüksek pozitif değerdeyken türeve konu varlığın fiyatındaki yüksek değişimler (pozitif ya da negatif yönde) portföy değerini hızla yukarı çekerken, fiyat değişiminin olmaması (fiyattaki durgunluk) durumunda, bu kez yüksek negatif theta portföy değerini aşağıya çekmektedir. Bu ilişki negatif gama durumunda ters yönde çalışmaktadır.

Gama riskinin yukarıda açıklandığı şekildeki yönetimi bir örnek yardımıyla ele alınacak olursa:

Başlangıçta oluşturulan deltanötr portföye ilişkin değerler aşağıdaki gibi verilsin:

$$\Delta_{\Pi} = 0$$

$$\Gamma_{\Pi} = -200$$

Borsada işlem gören bir call opsiyonuna ilişkin delta ve gama değerleri ise aşağıdaki gibi verilecek olursa:

$$\Delta_c = 0.5$$

$$\Gamma_c = 1.25$$

Öncelikle, portföyü gamanötr hale getirmek için, borsada işlem gören opsiyondan kaç adet (c'yle tanımlansın) satın alınması ya da satılması gerektiği bulunmalıdır:

$$[\Gamma_{\Pi} + (1.25.c)] = 0 \quad \text{ise}$$

$$[-200 + (1.25.c)] = 0$$

$$c = (200/1.25) = 160$$

Dolayısıyla, portföyün gamanötr hale getirilmesi için, 160 adet call opsiyonunun satın alınması gerekmektedir. Ancak portföyün yeni durumunda (Π_y) delta değeri değişmiş bulunacaktır. Deltanötr portföy tanımı gereği, portföyün başlangıçtaki delta değeri sıfır olduğu için, 0.5 delta değerine sahip 160 adet yeni call opsiyonunun portföye dahil edilmesi, portföyün yeni delta değerini (Δ_{Π_y}), 80'e çıkaracaktır.

$$\Delta_{\Pi_y} = [\Delta_{\Pi} + (\Delta_c.x)] = [0 + (0.5.160)] = 80$$

Portföyün tekrar deltanötr yapıya getirilebilmesi, yani deltanın sıfırlanabilmesi için, 80 adet (s'yle tanımlansın) ya spot ya da forward/futures (her iki durumda da delta 1'e eşit bulunmaktadır) piyasasında türeve konu finansal varlıktan satılması gerekmektedir.

$$\Delta_{\Pi_y} = [\Delta_{\Pi} + (\Delta_c.c) + (\Delta_s.s)]$$

$$\Delta\Gamma_y = [0 + (0.5.160) + (-1.80)] = 0$$

Eklenen yeni spot ya da futures pozisyonu, portföyün gama riskini ve değerini etkilememektedir çünkü ikisi için de gama sıfır değerine sahip bulunmaktadır (sabitin türevi sıfır olduğu için). Böylece portföy hem deltanötr hem de gamanötr yapıya getirilmiş bulunmaktadır. Sonraki bölümde, yukarıdaki analizde de yer alan Theta, yani türev ürünün fiyatının geçen zaman karşı olan hassasiyeti irdelenmektedir.

3.3. Theta

Theta bir finansal türev ürünün, diğer parametreler sabit kalırken vadeye kalan sürede meydana gelen marjinal azalmaya karşın türev enstrümanın değerinde meydana gelen değişimi ifade etmektedir. Matematiksel terminolojide ise, türev enstrümana ait fiyat fonksiyonunda, zamana karşı alınan birinci türevi ifade etmektedir.

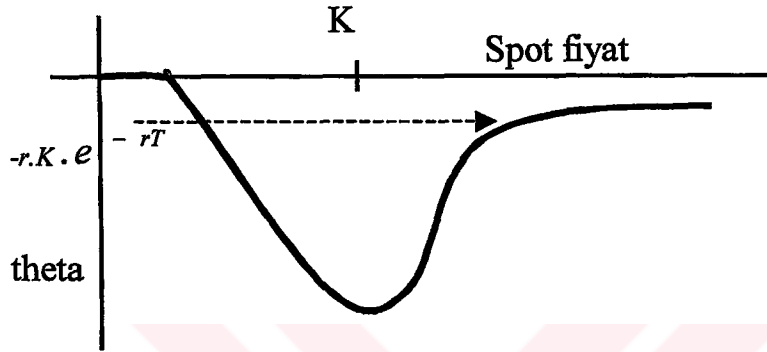
$$\text{Theta} = \theta = f_t = \left[\frac{df(S,t)}{dt} \right] \quad (3.17)$$

Theta bazı özel durumlar dışında her zaman negatif bir değere sahip bulunmaktadır. Bu durumlara temettü ödemeyen fazlasıyla karda put opsiyonları ya da çok yüksek faiz oranına sahip bir para birimi üstüne yazılan call opsiyonları örnek gösterilebilmektedir. Her iki durumda da opsiyonun zaman değeri (daha önce belirtildiği gibi, herhangi bir zamanda opsiyon değeri, içsel değer ve zaman değeri olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır) sifıra yaklaşmış bulunmaktadır ve her geçen marjinal zaman süresinde, opsiyonun çok düşük olan zaman değerindeki azalış, vadedeki içsel değer in iskontosundan kaynaklanan artışın altında kalmaktadır. Bu yüzden geçen zamanla birlikte opsiyonun değeri marjinal olarak artmaktadır.

Bu özel durumların dışındaki diğer tüm zamanlarda ise, vadeye kalan süre azaldıkça, (yine diğer değişkenler sabit kalırken), hem call hem de put opsiyonunun değeri düşmektedir. Çünkü, vade uzadıkça opsiyonun karda sonlanma olasılığı artmaktadır. Türeve konu enstrüman fiyatının ters yönde hareket etme olasılığında, opsiyonun

değeri sıfırla sınırlı kaldığından (opsiyon ürünlerinde asimetrik getiri olduğu için), opsiyon vadesinin uzaması, opsiyon fiyatını pozitif yönde etkilemektedir. Bu sonuca ilişkin analiz, tek ve çok zamanlı binomial modellerin incelendiği 2.2 ve 2.3 no'lu bölümlerdeki çalışmaların sonuçlarında da yer almaktadır.

Şekil 3.14'de, theta değerinin (call opsiyonu için), diğer değişkenler sabit kalırken, finansal varlığın fiyatının bir fonksiyonu olarak grafiksel gösterimi yer almaktadır [37].



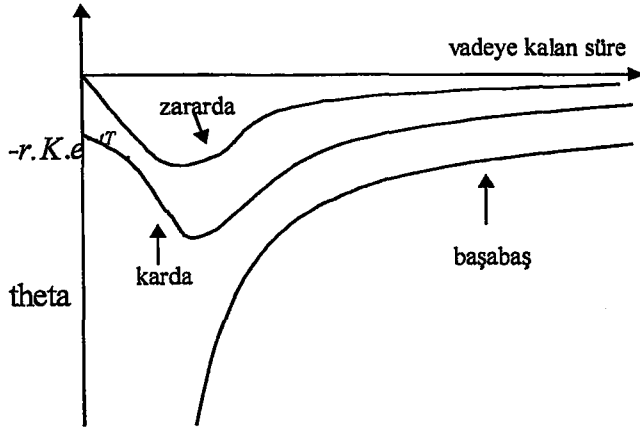
Şekil 3.14:-Call için Theta Spot Fiyat İlişkisi

Yukarıdaki call opsiyonuna ait grafikte, finansal varlığın fiyatının (S) çok düşük değerlerinde, yani opsiyon zararda konumdayken, geçen zamanın etkisine karşın, çok düşük olan opsiyon değerindeki düşüş (ya da değişim) sıfıra yakın seviyelerde gerçekleşirken, bu değer S , K 'ya yaklaştıkça mutlak değer anlamında en yüksek değerine ulaşmakta ve karda konuma geçtikten sonra da, limit tanımı içinde (S) sonsuza giderken $(-r.K.e^{-rT})$ değerine yaklaşmaktadır. Bu değer de aslında call opsiyonu fiyat fonksiyonunun, t 'ye karşı alınan birinci türevine karşılık gelmektedir.

$$C = \{[S.N(d_1)] - [K.e^{-rT}.N(d_2)]\},$$

$$C_t = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta C}{\Delta T} = \frac{dC}{dT} =$$

Benzer şekilde, karda, zararda ve başabaş olarak tanımlanan call opsiyonları için, thetanın vadeye kalan zamanın bir fonksiyonu olarak grafiksel gösterimi ise, şekil 3.15'deki gibi oluşmaktadır [20:323].

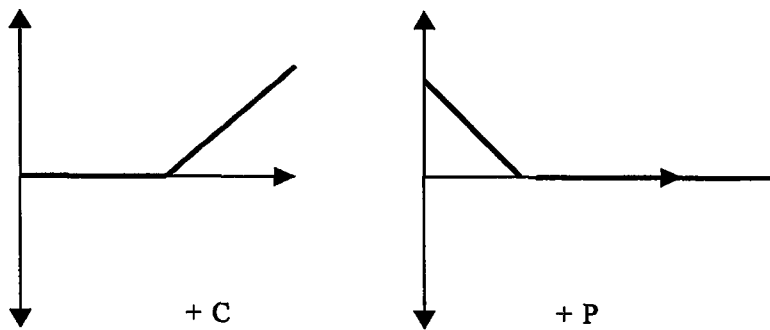


Şekil 3.15: Call için Theta ile Vadeye Kalan Süre İlişkisi

Yukarıda da belirtildiği gibi, opsiyon fazlasıyla zararda konumdayken sıfıra yakın olan theta, zaman geçtikçe negatif bölgeye geçip sonrasında tekrar sıfıra yaklaşarak sonlanmaktadır. Karda olan opsiyon içinse, yine vadeye olan sürenin en uzun olduğu noktada en düşük etkiye sahipken, zaman geçtikçe negatif anlamda etkisi büyümekte ve vade sonunda şekil 3.15’de gösterilen $-r.K.e^{-rt}$ değerine ulaşmaktadır. Her iki call opsiyonu tanımını için de (karda ya da zararda) theta değeri, vade sonuna yaklaştıkça, mutlak değer anlamında sıçrama göstermekte ve sonrasında hızlı bir şekilde sıfıra doğru yaklaşmaktadır.

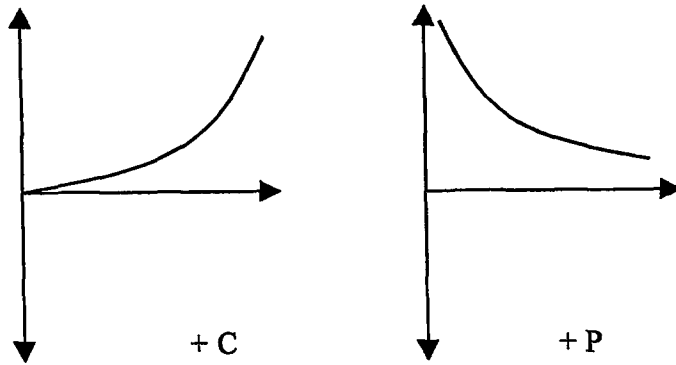
Başabaş olan opsiyonlar içinse, thetanın negatif etkisi ve mutlak değeri vadeye yaklaştıkça exponensiyel bir artış kaydetmektedir

Bilindiği gibi opsiyon türü türev enstrümanların lineer olmayan (non-lineer) bir yapısı bulunmaktadır. Ancak grafiksel gösterimlerin (Bknz. Şekil 3.16) çoğu, opsiyonların vade sonu getirilerini yansıttıkları için farklı iki senaryoya göre kendi içinde lineer bir görünüm arz etmektedirler.



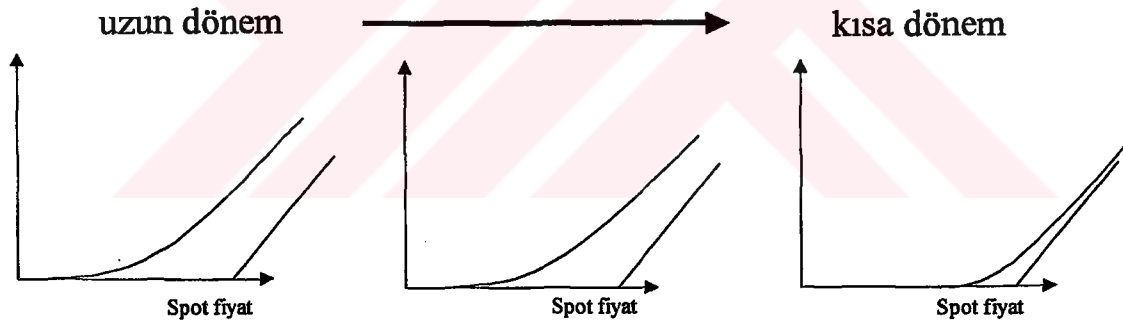
Şekil 3.16: Opsiyonların Vade Sonu Getiri Grafiği

Ancak bilindiği gibi, vade öncesi opsiyon değerinin S 'ye bağlı grafiği, 3.17 no'lu şekildeki gibi bir görünüm oluşturmaktadır.



Şekil 3.17: Opsiyonların Vade Öncesi Getiri Grafiği

Geçen zamanın, opsiyonların değeri üzerindeki etkisi ise, 3.18 no'lu şekildeki gibi özetlenebilmektedir. Vadeye kalan süredeki azalmanın, opsiyonun zaman değeri üzerindeki negatif etkisi grafiksel anlatımda açıkça görülmektedir. Aynı şekilde put opsiyonu için de geçerli bulunan bu etkiye finansal literatürde “zaman çöküşü” (*time decay*) adı verilmektedir [37].



Şekil 3.18: Zaman Çöküşü

Vade sonu grafiğiyle vade öncesi grafiği karşılaştırıldığı zaman, herhangi bir spot fiyat noktasında iki grafik arasındaki fark, opsiyonun zaman değerini verirken, zaman geçtikçe vade öncesine ait grafik, vade sonu grafiğine yaklaşmakta, yani zaman değeri gittikçe azalmakta ve vade sonunda zaman değeri doğal olarak sıfırlanmaktadır.

Bundan sonraki bölümde, daha önce gama incelenirken de vurgulanan, delta, gama ve theta arasındaki ilişki analiz edilmektedir.

3.4. Delta, Gama ve Theta Arasındaki İlişki

Daha önce Black/Scholes sonuç formülasyonuna ulaşılırken call opsiyonu için elde edilen diferansiyel eşitlik tekrar yazılacak olursa:

$$[(r.C) - (r.C_s.S) - (C_t) - (\frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2)] = 0 \quad (3.18)$$

Bilindiği gibi (3.18) no'lu eşitlikteki C , türev enstrümanın fiyat fonksiyonunu temsil etmekteydi. Yine önceki bölümlerde oluşturulan yeni tanımlar tekrar edilecek olursa:

$$\Delta = C_s \quad (3.19)$$

$$\Gamma = C_{ss} \quad (3.20)$$

$$\theta = C_t \quad (3.21)$$

Yukarıdaki tanımlar (3.18) no'lu eşitlikteki yerlerine yazılacak olursa aşağıdaki sonuç elde edilmektedir.

$$[(r.C) - (r.C_s.S) - (C_t) - (\frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2)] = 0$$

$$[(r.C_s.S) + (C_t) + (\frac{1}{2}.C_{ss}.\sigma^2)] = (r.C)$$

$$[(r.\Delta.S) + (\theta) + (\frac{1}{2}.\Gamma.\sigma^2)] = (r.C) \quad (3.22)$$

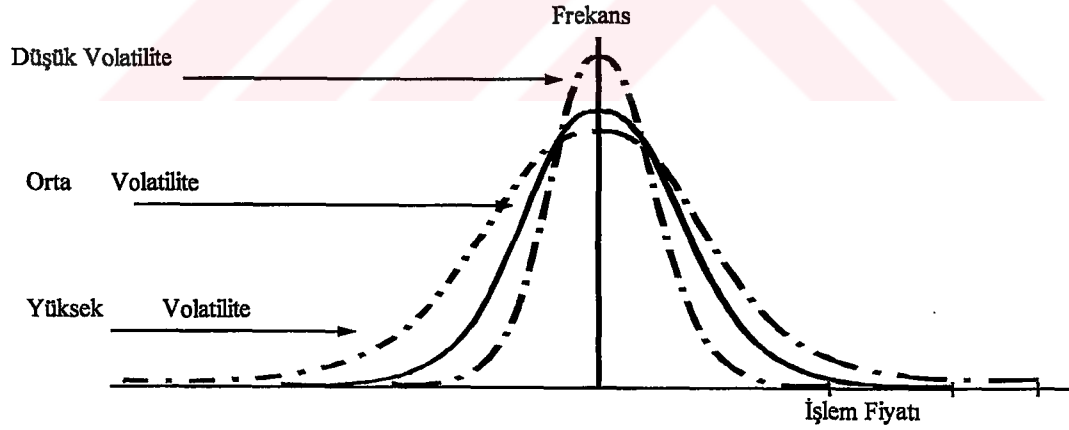
Deltanötr bir portföy için ($\Delta = 0$) olacağından yukarıdaki eşitlik aşağıdaki gibi sadeleştirilebilecektir.

$$[\theta + (\frac{1}{2}.\Gamma.\sigma^2)] = (r.C) \quad (3.23)$$

Gamanın incelendiği bölümde de belirtildiği gibi, thetanın yüksek ve pozitif (negatif) olduğu durumlarda, gama etki olarak yüksek fakat negatif (pozitif) olarak gerçekleşmektedir. Bu nedenle deltanötr portföylerde birinin zıt işaretli değeri diğerinin yaklaşık değeri olarak kabul edilebilmektedir.

3.5. Vega

Vega (9) türev enstrümanın zaman değerinin, volatilitedeki değişime olan hassasiyetinin ölçüsünü göstermektedir. Volatilité daha önce belirtildiği gibi, türeve konu finansal varlığın spot fiyatındaki değişkenliğin bir ölçüsüydü ve standart sapmayla ifade edilmekteydi. Yine çalışmanın başında belirtildiği gibi, gerçek hayatta finansal varlıkların logaritmik getirileri normal bir dağılım arz etmektedir ve bu varsayım da Black/Scholes modelinin önemli bir temel taşı oluşturmaktadır. Normal dağılım istatistikten bilindiği gibi ortalamadan bir, iki, ve üç standart sapma genişliklerinde, dağılımın sırasıyla %68, %96 ve %99'unu kapsamaktadır [27:771]. Şekil 3.19'daki grafik, vade sonuna ilişkin (anlık, günlük, haftalık ya da daha uzun bir dönem) değişik fiyat dağılımlarının volatilité üzerindeki yansımalarını göstermektedir [37].



Şekil 3.19: Volatilité

Volatilité çeşitli tanımlamalara sahip bulunmaktadır. Geçmiş volatilité, geçmişteki belli bir zaman dilimi içinde finansal varlığın fiyatındaki değişkenliğin ölçüsünü ifade etmektedir. Ancak zayıf etkin piyasa teorisine göre gelecekteki volatilitenin ancak zayıf bir göstergesi olarak kabul görmektedir. Son bölümdeki ampirik çalışmada, bu konuda daha önce yapılan pek çok ampirik teste paralel olarak, bu

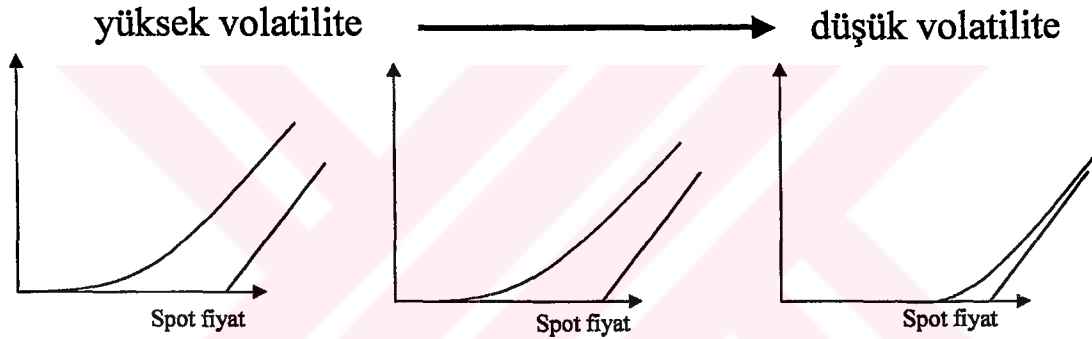
sonucu doğrulayan bulgular elde edilmiştir. Varsayılan (*implied*) volatilité ise, işlem gören opsiyonların diğér parametreler (spot fiyat, dönem faizi ve vade) bilinirken, Black/Scholes formülasyonuna göre piyasa fiyatını doğrulayan (sağlayan) volatilité değeri olarak tanımlanmaktadır. Eğer beklenen (ya da opsiyon döneminde gerçekleşen) volatilité bu değerdén yüksekse, opsiyon düşük fiyatlandırılmış, tersi durumda da yüksek fiyatlandırılmış olarak kabul edilmektedir.

Geçmiş ve varsayılan volatilité değérlerinin birbirinden çok farklılık gösterdiği durumlara, gelişmekte olan para birimleri üzerinde işlem gören türev enstrümanların fiyatlandırılmasında kullanılan volatilitelerle (varsayılan volatilité), bu para birimlerine ilişkin geçmiş dönem döviz kurlarının volatiliteleri örnek gösterilebilmektedir. Bu tür zayıf para birimlerinde, genellikle merkez bankası güdümlü (*crawling peg* olarak adlandırılan) bir kur politikası uygulanmasından dolayı, geçmiş volatilité çok düşük bir seyir izleyebilirken, varsayılan (*implied*) volatilité, dönemsel değérlemelere maruz kalabilen kur oranının ileriye dönük yarattığı riske paralel, yüksek değérler alabilmektedir [38:10-12, 68-69, 500][39].

Daha önce Black/Scholes modelinin geçmiş ampirik çalışmalara dayalı eleştirel analizinin yapıldığı bölümde de belirtildiği gibi, modelin tanım olarak çok karda ve çok zararda opsiyonların fiyatlandırılmasındaki sapmalarını gidermenin bir yolu da, volatilité değışkeni üzerinde yapılacak ayarlamalar olarak belirlenmektedir. Gerçek hayatta, piyasa mekanizmasının kendisinin yaptığı bu ayarlamalar, “opsiyon işlem fiyatına bağılı volatilité eğrisi” olarak adlandırılan ve opsiyon alım satımı yapan uzmanlar arasında sıkça kullanılan bir terimi ortaya çıkarmıştır. İşlem fiyatına bağılı bir volatilité eğrisinin oluşumunun, Black/Scholes modelinin opsiyon dönemi süresince volatilitéyi sabit kabul eden varsayımını sorgulayan eleştirileri desteklediği kabul edilmektedir. Aynı finansal varlığın farklı opsiyon işlem fiyatlarındaki varsayılan (*implied*) volatilitelerin, işlem fiyatının uç noktalarındaki yüksek değérleri, finansal literatürde “gülme etkisi” (grafiğın konveks şeklinden esinlenilerek) olarak da adlandırılmaktadır. Gerçekten de profesyonel olarak döviz opsiyonu alım satımıyla uğraşanların, örneğın call opsiyonunun fiyatlandırılmasında Black/Scholes modelindeki bu sapmayı düzeltebilmek için K 'nin yüksek değérlerinde (call opsiyonunun çok zararda konumu) daha yüksek volatilité oranları uygularlarken, aynı şeyi K 'nin çok düşük değérlerindeki (put opsiyonu için zarar

konumu) put opsiyonu için uyguladıkları gözlenmektedir. Son bölümde yer alan ampirik çalışmadaki, Türk Lirası'na ait döviz kurları üzerinde, belirlenen çalışma periyoduna ait geçmiş ve gerçekleşen, spot ve forward kur volatilitelerinin analizine ve çalışma konusu hipotezlerin testine yönelik araştırma, TL/döviz opsiyonlarındaki volatilitte değişkeninin fiyatlandırma ve oluşturulan risksiz portföy performansları üzerindeki etkilerini, yukarıdaki değerlendirmelerin ışığı altında ele almaktadır.

Artan volatilitte, daha önce de belirtildiği gibi opsiyonlardaki asimetrik getiri özelliğinden dolayı (binomial modelde örnek analizleriyle birlikte incelenmişti), her türlü opsiyon değerini pozitif yönde etkilemektedir. Şekil 3.20'de, artan volatilitenin opsiyonun zaman değeri ve dolayısıyla opsiyon değeri üzerindeki pozitif etkisi, grafiksel olarak gösterilmektedir [37].



Şekil 3.20: Volatilitenin Zaman Değeri Üzerine Etkisi

Şekil 3.20'de görüldüğü gibi, volatilitte arttıkça opsiyonun zaman değeri, yani fiyat eğrisinin içsel değer üzerinde kalan kısmı genişlemekte ve bu etki opsiyonun toplam değerini arttırmaktadır. Veganın matematiksel gösterimi ise, türev enstrümana ait fiyat fonksiyonunun standart sapmaya (σ) karşı alınan birinci türevi olarak ifade edilmektedir.

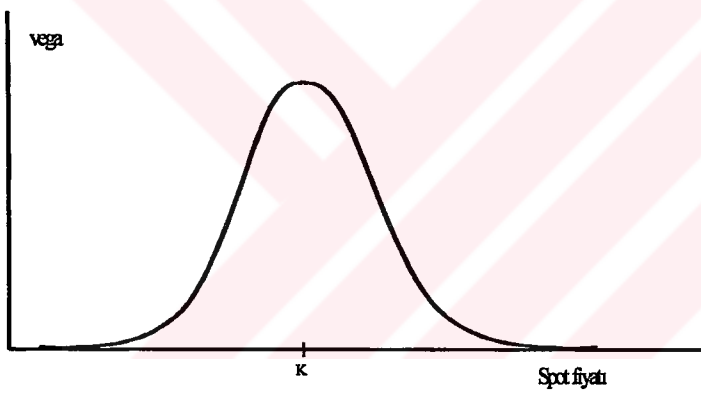
$$\Theta = \left(\frac{d\Pi}{d\sigma} \right) \quad (3.24)$$

$d\sigma$: Türeve konu enstrümanın fiyatına ait volatilitedeki marjinal değişim

$d\Pi$: Portföy değerindeki değişim

Veganın mutlak değerin yüksek olduğu zamanlarda, volatilitedeki marjinal değişimlerin portföy değeri üzerindeki etkisi büyük olmaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi, vega hem call hem de put opsiyonları için her zaman pozitif değere sahip bulunmaktadır. Çünkü yine belirtildiği gibi, her ikisi için de volatilitedeki artış opsiyonların değerini artırıcı yönde etki yapmaktadır [11:120]. İkinci bölümde incelenen opsiyon fiyatlama modellerinin hepsinde, volatilité stokastik bir değişken olarak değil de, sabit bir değişken olarak ele alınmıştı. Yine de, volatilitenin stokastik bir değişken olarak kabul edildiği modellerde de (ki bunların bir kısmında aktif fiyatlarıyla volatilité arasındaki sıfırdan farklı korelasyonlar da ele alınmaktadır [8,40]) Black/Scholes modelinde elde edilen vegaya yakın değerler elde edilmiştir [41].

Şekil 3.21’de, diğer parametreler sabit kalırken call opsiyonu için, vega ile türeve konu varlığın fiyatı arasındaki ilişki grafiksel olarak gösterilmektedir [11:119].



Şekil 3.21: Call için Vega Spot Fiyat İlişkisi

Görüldüğü gibi vega diğer parametreler sabit kalırken, en yüksek değerine türeve konu varlığın fiyatı (S), işlem fiyatına (K) yakinken (opsiyon başabaş konumunda iken) ulaşmaktadır. Diğer taraftan hem call hem de put opsiyonları için, opsiyon tanım olarak derin karda ve zararda konumdayken, volatilitedeki değişimin portföy değeri üzerindeki etkisi en düşük düzeyde kalmakta ve sıfıra yakın oluşmaktadır.

Deltanötr bir portföyün gamanötr hale getirilmesi, bundan önceki bölümde bir örnekle gösterilmişti. Bu işlem için yine bir türev enstrüman ve spot ya da forward (ya da futures) kullanılmıştı. Ancak spot ya da forward (veya futures) pozisyonların vegası sıfır olduğundan hem gama hem de vega risklerinin sıfırlanabilmesi için, iki

türev enstrümanın kullanılması gerekmektedir. Çünkü değerleri sıfırlanmak istenen terimlerin (gama ve vega) her ikisi de eklenen yeni pozisyonlardan etkilenmektedir ve optimizasyon için iki farklı lineer olmayan (*non-linear*) türev enstrümanın eklenmesiyle oluşturulacak iki denklemin ortak çözümü gerekmektedir. Bu işlem yine bir örnek yardımıyla açıklanacak olursa:

Deltanötr bir portföyün gaması $-5,000$ ve vegası $-8,000$ olarak verildiği kabul edilsin.

$$\Gamma_{\Pi} = -5,000$$

$$\vartheta_{\Pi} = -8,000$$

Borsada işlem gören aynı finansal varlığa ait iki farklı türev enstrümanın delta, gama ve vega değerleri ise aşağıdaki gibi verilsin.

$$\Delta_1 = 0.6$$

$$\Delta_2 = 0.5$$

$$\Gamma_1 = 0.5$$

$$\Gamma_2 = 0.8$$

$$\vartheta_1 = 2.0$$

$$\vartheta_2 = 1.2$$

Portföye eklenecek olan türev (1) ve türev (2) enstrümanların miktarları da W_1 ve W_2 olarak ifade edilsin. Bu şekilde oluşturulan yeni portföydeki gama (Γ_y) ve vega (ϑ_y) değerleri sıfıra eşitlenecek olursa:

$$\Gamma_y = [(\Gamma_{\Pi}) + (\Gamma_1.W_1) + (\Gamma_2.W_2)] = 0$$

$$\vartheta_y = [(\vartheta_{\Pi}) + (\vartheta_1.W_1) + (\vartheta_2.W_2)] = 0$$

Yukarıdaki değerler eşitlikteki yerlerine yazılacak olursa:

$$\Gamma_y = [(-5,000) + (0.5.W_1) + (0.8.W_2)] = 0$$

$$\vartheta_y = [-8,000 + (2.0.W_1) + (1.2.W_2)] = 0$$

Gama eşitliği (–4) ile çarpılıp vega eşitliğiyle toplandığı zaman:

$$[(20,000) - (2.0 \cdot W_1) - (3.2 \cdot W_2)] = 0$$

$$[(-8,000) + (2.0 \cdot W_1) + (1.2 \cdot W_2)] = 0$$

$$[12,000 - (2 \cdot W_2)] = 0$$

$$W_2 = 6,000 \quad \text{ve} \quad W_1 = 400$$

Gerçekten bulunan bu W_1 ve W_2 değerlerinde, portföye ait gama ve vega değerleri sıfıra eşitlenmiş bulunmaktadır. Ancak portföye eklenen yeni türev enstrümanlarla birlikte, portföy deltası değişmiş bulunmaktadır. Oluşturulan yeni portföyün deltası (Δ_y) tekrar hesaplanacak olursa:

$$\Delta_y = [(\Delta\pi) + (W_1 \cdot \Delta_1) + (W_2 \cdot \Delta_2)]$$

$$\Delta_y = \{[0] + [400 \cdot (0.6)] + [6,000 \cdot (0.5)]\} = 3,240$$

Bu durumda, oluşturulan yeni portföyün delta değerinin tekrar sıfırlanarak deltanötr hale getirilebilmesi için, 3,240 adet türeve konu finansal varlığa ait spot ya da futures pozisyonun satılması yeterli olacaktır. Yeni eklenen spot ya da forward (futures) pozisyon, portföyün gama ve vega risklerini etkilememektedir, çünkü türeve konu finansal varlığa ait hem spot hem de forward pozisyonların gama ve vega değerleri sıfıra eşit bulunmaktadır. Böylece portföyün delta, gama ve vega riskleri sıfırlanmış olmaktadır.

Bu çalışmayla birlikte vegaya ilişkin analiz tamamlanmış bulunmaktadır. Bundan sonraki bölümde türev enstrümanın değerinin faiz oranlarına olan hassasiyeti konu edilmektedir.

3.6. Rho

Rho türev enstrümanın (ya da türev enstrümanlardan oluşan portföyün) değerinin, faiz oranlarındaki değişime olan hassasiyetinin bir göstergesi olarak ifade edilmektedir. Call opsiyonu için rho her zaman pozitif değere sahip bulunurken, put opsiyonu için her zaman negatif değere sahip bulunmaktadır. Bunun nedeni, diğer parametreler sabitken, faiz oranlarındaki yükseliş call opsiyonunun değerine pozitif yönde etki yaparken (daha fazla karda konuma getirerek), put opsiyonunun değerine ise negatif yönde etki yapmaktadır (daha fazla zararda konuma getirerek). Rho matematiksel gösterimde, türev enstrümana ait fiyat fonksiyonunda, faiz değişkenine karşı alınan birinci türev şeklinde ifade edilmektedir [17:209].

$$\text{Rho} = \left(\frac{d\Pi}{dr} \right) \quad (3.25)$$

dr : Faiz oranındaki marjinal değişim

$d\Pi$: Portföy değerindeki değişim

Volatilite gibi faiz değişkeni de, çalışmada incelenen opsiyon fiyatlama modellerinde, sabit (stokastik olmayan) bir değişken olarak ele alınmaktadır. Ancak son bölümdeki ampirik çalışmada da vurgulandığı gibi, gelişmekte olan ülkelere ait zayıf para birimleri üzerinde yazılan döviz opsiyonlarında, faiz ve faiz oranlarına ilişkin volatilite, en az döviz kurları üzerindeki volatilite kadar opsiyon değeri üzerinde ve risk yönetiminde önemli etkiye sahip bulunmaktadır. Bunun başlıca nedeni ise sonraki bölümde Türk Lirası için grafiksel olarak da gösterildiği gibi, bu para birimlerindeki spot kur ve faiz oranları ve bunların volatiliteleri arasındaki yüksek korelasyondan kaynaklanmaktadır. Bu yüksek korelasyon da, merkez bankalarının sözü edilen zayıf para birimleri üzerinde zaman zaman yaşanan atakları, faiz mekanizmasını harekete geçirerek frenleme çabalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın son bölümünde, daha önce de belirtildiği gibi 1994 krizini içine alan dönemde, delta hedging tekniği kullanılarak yönetilen TRL/döviz kurları üzerine yazılan opsiyon pozisyonlarında, yukarıda sözü edilen faiz oranları/spot kur volatilitesi arasındaki ilişkiyi birbirinden bağımsız ve bu değişkenleri opsiyon vadesi süresince sabit alan klasik fiyatlama modellerinin bu

anlamdaki yeterliliği test edilmekte ve fiyatlama ve risk yönetimine ilişkin teknikler analiz edilmektedir.

Aşağıdaki tablolarda, (Bknz. Tablo 3.2 ve 3.3) türev enstrümanların fiyatlandırılmasında kullanılan parametrelere ilişkin, üçüncü bölümde incelenen tüm risk tanımlarının bir özet değerlendirmesi verilmektedir. Forward/futures enstrümanlar, hem bir temel türev enstrüman olarak, hem de gama ve vega risklerinin yönetiminde delta riskinin de sıfırlanabilmesi için kullanılmaları gerektiğinden dolayı, bu özet tabloya dahil edilmiş bulunmaktadır.

Tablo 3.2: Türev Enstrümanların Değişkenlere Bağlı Risk Analizi

<u>Türev enstrümanı</u>	<u>delta</u>	<u>gamma</u>	<u>theta</u>	<u>vega</u>	<u>rho</u>
+ forward/futures	+	0	-	0	+
- forward/futures	-	0	+	0	-
+ call	+	+	-	+	+
- call	-	-	+	-	-
+ put	-	+	-	+	-
- put	+	-	+	-	+

Öncelikle yukarıdaki 3.2 no'lu tabloda, temel türev enstrümanların, fiyatlarını etkileyen değişkenlere bağlı risk yapıları özetlenmektedir [37]. Delta değeri forward/futures pozisyonları için her zaman 1 değerine eşitken, call opsiyonları için her zaman pozitif, put opsiyonları içinse her zaman negatif bir değer almaktadır. Forward/futures pozisyonların gama (delta değeri hep 1 olarak sabit kaldığı için) ve vega riskleri (CAPM'e göre finansal varlığa ait iskonto faktörünü piyasa portföyüyle olan covaryansı belirlemektedir. Bu açıdan finansal varlığın kendi fiyatına ilişkin varyansın bir önemi kalmamaktadır) sıfır değeriyle belirlenirken, call ve put opsiyonlarının gama ve vega değerleri, bu bölümde daha önce detaylı olarak açıklandığı gibi her zaman pozitif değere sahip bulunmaktadırlar. Theta değeri call ve put opsiyonları için, sürekli yinelenen asimetrik getiriden dolayı her zaman negatifken, forward/futures pozisyonları için, geçen zamanın vadeli kontrat değeri

üzerindeki negatif etkisinden dolayı aynı şekilde her zaman negatif değere sahip bulunmaktadır. Rho değeri forward/futures (yüksek faiz forward fiyatını pozitif yönde etkilemektedir) ve call opsiyonları (yüksek faiz call opsiyonunu daha fazla karda konuma getirmektedir) için her zaman pozitif bir değere sahipken, put opsiyonları (yüksek faiz put opsiyonunu daha fazla zararda konuma getirmektedir) için, her zaman negatif bir değere sahip bulunmaktadır.

Aşağıdaki 3.3 no'lu tabloda ise, yukarıdaki analiz temel alınarak, değişkenlere bağlı parçalı türevlerin aldığı değerlere ve buna göre oluşan risklere bağlı olarak, portföy değerinin artması için değişkenlerin nasıl hareket etmesi gerektiği ve oluşması gereken senaryolar değerlendirilmektedir.

Tablo 3.3: Türev Parametrelerine İlişkin Risklerin Portföy Değerine Etkisi

		<u>Portföy değerinin artması için</u>
• <u>delta ...</u>	pozitif	fiyatı yükselmeli
	negatif	fiyatı düşmeli
• <u>gamma</u>	pozitif	fiyat hızlı ve geniş bantta dalgalanmalı
	negatif	fiyat yavaş ve dar bantta hareket etmeli
• <u>theta</u>	pozitif	geçen zaman negatif etkiler
	negatif	geçen zaman pozitif etkiler
• <u>vega</u>	pozitif	volatilite artmalı
	negatif	volatilite azalmalı
• <u>rho</u>	pozitif	faiz oranları artmalı
	negatif	faiz oranları azalmalı

Portföy ya da türev enstrümanının deltasının pozitif olduğu durumlarda, türeve konu finansal varlığın fiyatındaki artış (düşüş), portföy değerini arttırmaktadır (düşürmektedir). Benzer şekilde portföy gamasının pozitif olduğu durumlarda türeve konu finansal varlığın fiyatındaki aşağı veya yukarıyöndeki hızlı ve büyük çaplı hareketler, portföy değerini artırıcı yönde etki yaparken, fiyatın durağan seyri portföy değerini olumsuz etkilemektedir. Ancak gamanın negatif olduğu durumlarda ise fiyatın durağan seyri portföy değerini pozitif yönde etkilemektedir. Thetanın pozitif (negatif) olduğu durumlarda, geçen zaman portföy değerini olumsuz (olumlu) etkilemektedir. Aynı şekilde vega pozitif (negatif) değere sahipken, türeve konu finansal varlığın fiyatının volatilitesindeki artış (düşüş) portföy değerini pozitif

etkilemektedir. Son olarak portföy, pozitif (negatif) rho değerine sahipken, portföy değerinin artması için türev ürünün vadesi için geçerli olan faiz oranının artması (düşmesi) gerekmektedir. 3.3 No'lu tabloya ilişkin yapılan tüm bu analizlerde, incelenen parametre dışındaki diğer değişkenlerin sabit tutulduğu varsayılmaktadır.

Türev enstrümanlarla oluşturulan portföylerde, portföy değerini etkileyen temel parametrelere ilişkin risk tanımları ve bu risklerin yönetimine yönelik analiz tamamlanmış bulunmaktadır. Bundan sonraki bölümde, Türkiye'deki finansal piyasalarda uygulama alanı bulan türev enstrümanlar, kullanım amaç ve örnekleriyle birlikte ele alınmaktadır.



4. TÜRKİYE FİNANSAL PİYASALARINDA TÜREV İŞLEMLER

Türkiye finansal piyasalarında türev enstrümanlar, 1990'lı yılların başından itibaren artan sıklıkta kullanılmaya başlanmış ve 2000'li yıllara gelindiğinde, belli başlı türev enstrümanlar, finansal kurumların günlük operasyonlarının bir parçası haline gelmiş bulunmaktadır. 2001 Yılı itibariyle İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda işlem gören bir türev enstrüman olmamasına rağmen, Türkiye finansal piyasalarında tezgah üstü olarak tanımlanan türev enstrümanların günden güne daha fazla derinlik kazanmaya başladıkları gözlenmektedir. Bu enstrümanlar arasında, döviz swapları (tek vadeli), döviz/döviz, TRL/döviz forward işlemleri, vadeli faiz işlemleri (bunlar *FRA-Forward Rate Agreement* benzeri, gelecek bir vadede başlayan vadeli faiz kontratları olmakla beraber [32:5], anaparanın da el değiştirmesi yönüyle *FRA* işlemlerinden farklılaşmaktadırlar), döviz/döviz ve TRL/döviz opsiyon işlemleri sayılabilmektedir.

Tüm bu türev işlemler için vade yapısının çok uzun yıllardan beri ve halen bir yılla sınırlı kalmış bulunduğu tespit edilmektedir. Bu durum dönemin banka bilançolarının vade yapısının analizlerinde ve yapılan işlemlerin vade yapılarında çok net olarak açığa çıkmaktadır [37]. 1995 Sonrasındaki dönemde bankaların bilanço yapılarında çok belirgin olarak, aktif tarafında orta ve uzun vadeli (0.5-1.5 yıl arası süreye sahip) devlet iç borçlanma senetlerinin artan ağırlığı görülürken, pasif tarafında ise daha çok kısa vadeli TRL mevduat ve yine kısa vadeli yabancı para mevduat ve pasiflerin ağırlık kazanmaya başladığı saptanmaktadır. Bu yapı banka bilançolarının söz konusu dönemde, hem yüksek oranda kur riskine, hem de yine yüksek oranda faiz/vade (*duration*) riskine maruz kaldıklarını göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde dahi, genel faiz seviyelerindeki beklenmedik yüksek değişimlerin, bilançolardaki aktif pasif varlıklar arasındaki vade risklerinden kaynaklanan ciddi ekonomik krizlere ve yaygın finansal kurum iflaslarına yol açmış bulunduğu bilinmektedir [41:4]. Artan kur ve faiz riskleri, hedge amaçlı türevsel enstrüman kullanım

ihtiyaçlarını arttırmaktadır. Yapılan araştırmalar, döviz kuru riskinin yüksek olduğu kurumlarda türevsel türün kullanma eğiliminin artmakta olduğu sonucunu vermektedir [43]. Yerli bankaların, hem bu risklerin yönetilmesinde (hedging amaçlı), hem de çoğunlukla bu risklerde sahip oldukları kaldıraç etkisinin arttırılmasında (spekülatif amaçlı), artan bir şekilde türevsel enstrüman kullanmaya başladıkları tespit edilmiştir. Bu enstrümanların bir kısmı döviz riskinin (forward TRL/döviz, forward döviz/döviz), bir kısmı faiz riskinin (*FTT-Forward Term TRL*, vadeli dönemsel TRL para piyasası işlemleri), bir kısmı da nakit akımlarının (döviz swapları) yönetilmesine yönelik kullanılırken, diğer bir kısmı (ya da hepsi) piyasalardaki verimsizliklerden faydalanmaya yönelik olarak aktif getirisinin arttırılması ya da, pasif maliyetlerinin düşürülmesine yönelik olarak değişik amaçlarla kullanılmaktadırlar [32:1].

1997 Yılında M. Dogan tarafından gerçekleştirilen, 38 bankayı içine alan bir araştırmanın sonucunda, forward TRL/döviz işlemleri en derin hacimli türev enstrüman olarak ortaya çıkarken, işlemlerin vade yapısı ve likiditenin göstergesi olan alım-satım marjları 4.1 no’lu tablodaki gibi belirlenmiş bulunmaktadır.

Tablo 4.1- Bankalar Forward İşlemler (TRL/Döviz) Hacim ve Marjları [44]

<i>İşlem Hacmi (%)</i>	<u>0-3 Ay</u>	<u>3-6 Ay</u>	<u>6-9 Ay</u>	<u>9 ve ileri Ay</u>	
	60	36	3	1	
<i>Alım/Satım</i>	<u>1 Ay</u>	<u>2 Ay</u>	<u>3 Ay</u>	<u>6 Ay</u>	<u>9 Ay</u>
<i>Marjları(%)</i>	0,5-0,7	1,0-1,25	1,5-2,0	3,0-3,5	6,0-7,0

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi, yakın zamana kadar, bankaların türev enstrümanlara ilişkin yatırım vadeleri, devlet iç borçlanma senetlerinin ortalama vadelerine paralel bir şekilde yine ortalama olarak 6 aydan daha kısa bir süreye karşılık gelmekteydi. Yine aynı tabloda görüldüğü gibi, vadeli TRL/döviz işlemlerinin %60’ı t aydan daha kısa dönemleri kapsarken, daha çok döviz riskine maruz şirketler ve yabancı yatırımcılar ve finansal kurumların risk kapama amaçlı olarak alış tarafında, yerli bankaların da spekülatif amaçlı olarak satış tarafında yer aldıkları saptanmaktaydı. 2000’e gelindiğinde ise, bu tablonun çok büyük bir değişiklik arzetmediği tespit edilmektedir. Yine Aralık 1999 tarihinde Mustafa Dogan ve Murat Erden’e ait

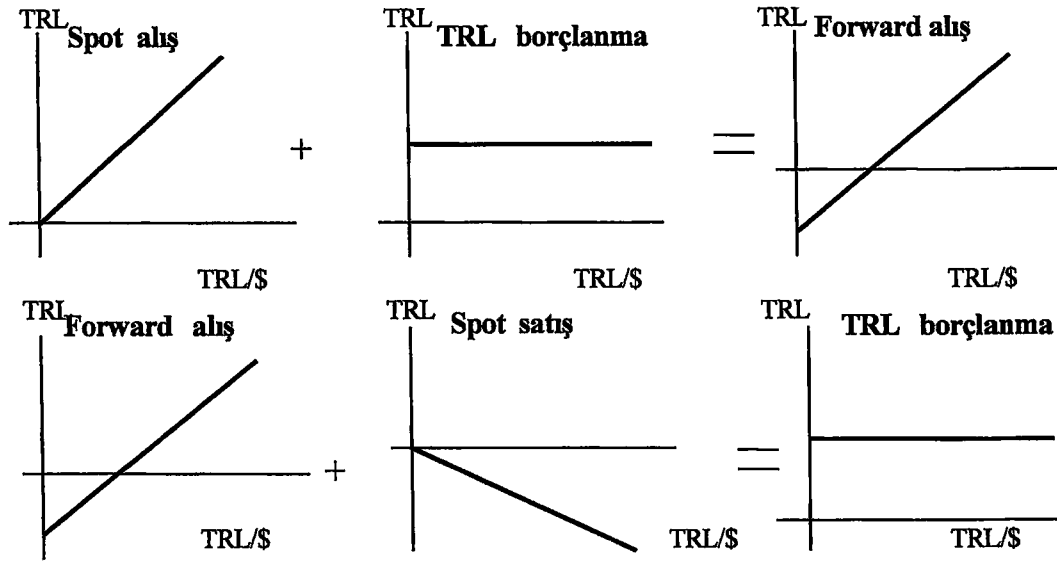
Euroforum tarafından düzenlenen “Uluslararası Türev İşlemler Okulu” ‘na sunulan “Derivative Instruments in Theory and Applications in Turkey” başlıklı bir çalışmada, söz konusu forward TRL/döviz işlemlerine ilişkin vadeler, ortalama olarak altı ayın üzerine çıkarken, 1998 yılından itibaren merkez bankasının vadeli işlemlerde, bankalar üzerinde uyguladığı çok sıkı limitlerin kaldırılmasıyla, toplam işlem hacimlerinde ve özellikle bir yıla yakın vadeli işlem hacimlerinde ciddi artışların kaydedildiği vurgulanmaktadır.

TRL faiz enstrümanlarında ise *FRA (Forward Rate Agreement)* benzeri enstrümanlar olsa da, netleşme düzenlemelerine olanak verecek referans (*benchmark*) faizlerin bulunmayışı bu alandaki türev enstrümanların gelişimini çok olumsuz etkilemektedir. *FTT (Forward Term TRL)* olarak ifade edilen ve ilerideki bir vadede başlayan vadeli bir TRL para piyasası işlemi olarak tanımlanan enstrümanın, bankalar arası piyasada en popüler faiz türev enstrümanı olarak yer aldığı tespit edilmektedir. Örneğin (3vs6) şeklinde verilen bir kotasyon üç ay sonra başlayan ve altıncı ayda biten vadeli bir TRL para piyasası işlemini ifade etmektedir. Enstrüman bu şekliyle, bilinen faiz swapının tek vadeye uygulanmış biçiminden farksız bulunmaktadır.

Ancak daha önce de belirtildiği gibi, *FRA*’den farklı olarak, referans (*benchmark*) bir faiz oranının bulunmayışı, ve dolayısıyla vade başlangıç ve bitiminde ana paranın da el değiştirme zorunluluğu, kredi limitleri üzerinde büyük baskı yaratmakta ve bu yüzden bu türündeki işlem hacminin bugüne kadar çok sığ kaldığı belirlenmektedir. Şirketlerle benzeri işlemlerin, ilerideki bir vadede başlayan faiz oranı sabitlenmiş vadeli kredi işlemleri olarak uygulandığı gözlemlenirken, bu tür taleplerin ancak gelişmiş finansal yönetime sahip çok uluslu firmaların hedge amaçlı talepleriyle sınırlı kalmakta olduğu tespit edilmektedir. Faiz riskinin yönetiminde *FTT* dışında, çok sınırlı düzeyde kalmakla birlikte, tavan faiz (*caps*) ve taban faiz (*floors*) opsiyonlarına benzer, faiz üzerine yazılan opsiyon işlemlerinin, yukarıda konu edilen vadeli kredi anlaşmalarına yer yer konu olduğu belirlenmektedir.

Bu aşamada, çalışma genelinde sürekli üzerinde durulan sentetik yapılara, iç piyasalarda sık rastlanan pratik bir uygulama olarak, forward TRL/döviz kullanılarak oluşturulan *FTT* işlemleri örnek gösterilebilmektedir. Şekil 4.1’de, forward TRL/döviz enstrümanı kullanılarak, sentetik olarak oluşturulan *FTT* enstrümanı grafiksel olarak anlatılmaktadır. Böylece, türev enstrümanlar kullanılarak diğer bir

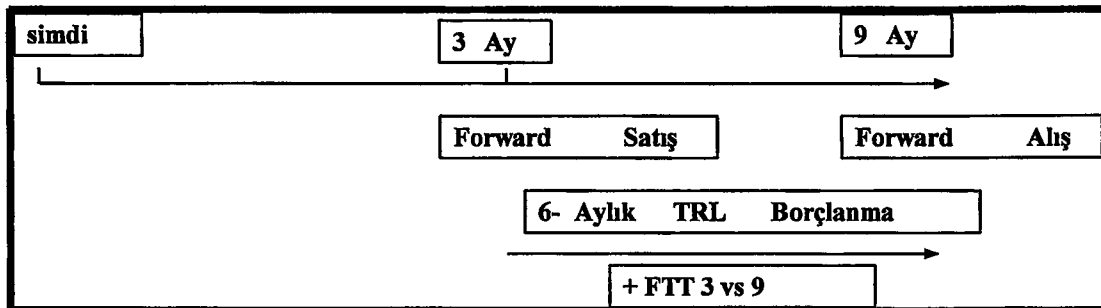
türev enstrümanın sentetik olarak oluşturulmasına bir örnek de, iç piyasadaki pratik bir uygulamadan verilmektedir.



Şekil 4.1: Sentetik Vadeli TRL Borçlanma (FTT)

Örneğin aynı anda 9 ay vadeli döviz (TRL karşılığı) satın alınırken 3 ay vadeli döviz (TRL karşılığı) satıldığı düşünöldüğü zaman, bu işlemin net olarak 3. aydan başlayıp 9. ayda biten bir TRL borçlanma işlemini ve aynı zamanda da 3. aydan başlayıp 9. ayda biten bir döviz plasman işlemini sentetik olarak yarattığı söylenebilmektedir. TRL bacağının grafiksel gösterimi 4.1 no'lu şekilde verilirken, örnek işlem aşğıdaki 4.2 no'lu tabloda özetlenmektedir [44,29:357].

Tablo 4.2: Sentetik FTT



TRL/döviz opsiyon işlemlerinin ise, yukarıda ele alınan vadeli TRL/döviz ve vadeli para piyasası işlemlerinden çok daha sğ bir piyasa derinliğine sahip bulunduğı gözlenmektedir. Yine M. Doğan'a ait Mayıs 1997 tarihli çalışmadaki, 38 banka

üzerinde yapılan döviz opsiyon işlemlerine ilişkin araştırmanın sonuçları, 4.3 no'lu tabloda özetlenmektedir.

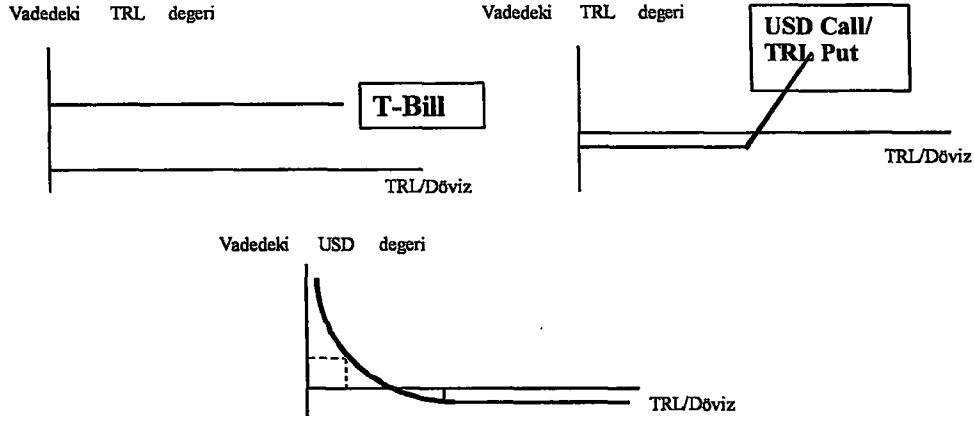
Tablo 4.3: TRL/Döviz Opsiyon Piyasası

		<u>0-3 Ay</u>	<u>3-6 Ay</u>
Kotasyon Vermeyen	27		
Gelecekte Vermeyi Planlayan	3		
Kurumsal Müşterilere Fiyatlama Yapan	3	1	2
Aktif kotasyon Veren	5	2	3
	—		
Toplam	38		

Tablo 4.3'deki sonuçlara göre, 38 banka içinde 6 aya kadar aktif piyasa yapan (fiyat belirleyen) finansal kurum sayısı sadece üç bankayla sınırlı kalırken, iki bankanın da aktif olarak 3 aya kadar alım satım yaptığı tespit edilmektedir. Ayrıca üç kurumun, banka dışı (*non-dealer* olarak tanımlanan) sadece şirket müşterilerine opsiyon kotasyonu verdiği belirlenmektedir. Bu durum, yani çok sınırlı sayıda aktif piyasa yapıcısının olması, işlemlerin büyük bölümü için bire bir alım satım şeklinde riskin kapatılmasından ziyade, risk yönetiminde sentetik hedging stratejilerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Yine vadeli TRL/döviz işlemlerine paralel bir şekilde, yerli bankaların net pozisyonda opsiyon satıcısı konumunda yer aldıkları belirlenirken, yüksek reel faizli TRL faiz enstrümanlarında yatırım yapan ve dolayısıyla vadeli kur riski taşıyan yabancı bankalar ve yatırım şirketleriyle, yine bilançolarında benzer kur riski taşıyan çok uluslu firmaların, opsiyon işlemlerinin alım tarafındaki potansiyeli oluşturdıkları saptanmaktadır.

Bu ürünün kullanımına örnek teşkil edecek şekilde, Türk Lirası hazine bonolarına yatırım yapan yabancı bir kuruluş ele alınacak olursa:

Hazine bonusu yatırımı yapan bir yabancı yatırımcı için kur riskinin kapatılmasına yönelik alınan bir TRL/döviz opsiyonu ve bunun sonucunda oluşan yapının \$ bazındaki risk getiri grafiği, 4.2 no'lu şekildeki gibi oluşmaktadır.



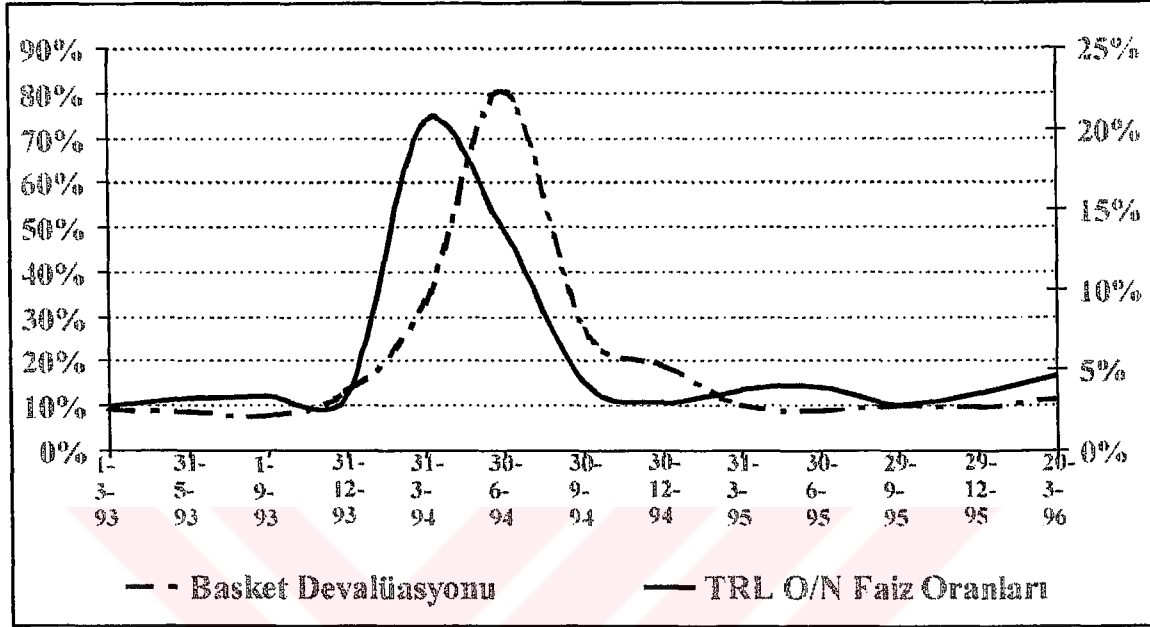
Şekil 4.2: Opsiyonla Kur Riski Kapatılmış Hazine Bonosu Yatırımı [37]

Dolar getirisini konsolide eden sonuç grafiğinde de görüldüğü gibi, opsiyon işleminin doğasındaki sigorta konseptinin bir yansıması sonucu, portföy değeri yukarı yöndeki getiri artışlarına olanak tanırken, toplam kayıp belli bir düzeyde sınırlanmaktadır.

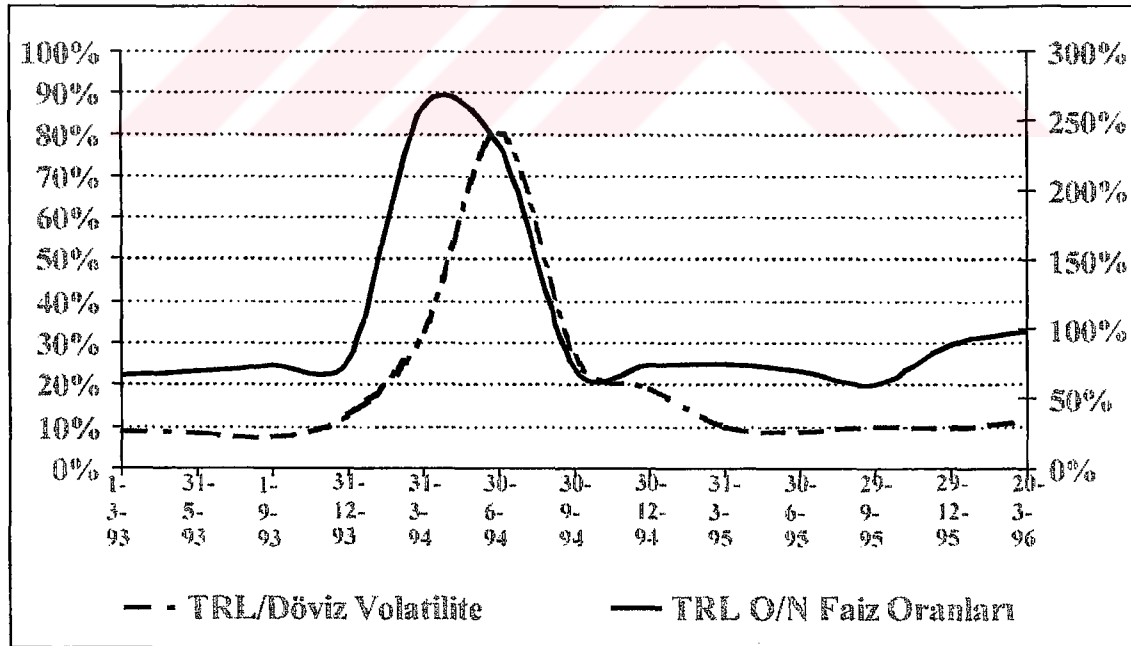
Genelde satıcı konumundaki yerli bankaların, bu pozisyonlarını ya toplam açık döviz pozisyonlarının bir parçası olarak yönettikleri, ya da spot kur ve faiz oranlarındaki değişimlere bağlı olarak günlük (veya daha uzun aralıklı) delta hedging yöntemleri uyguladıkları tespit edilmektedir. Ancak bu noktada, türev enstrümanlarda işlem yapmanın gerektirdiği teknolojik alt yapı ve risk yönetim uzmanlığına sahip olmayan kurumların, geçmişte olduğu gibi gelecekte de ciddi zararlarla karşı karşıya kalabilecekleri finansal dünyada ortak bir tespit olarak yer almaktadır. Önceki bölümlerde söz edilen, türev portföylerdeki artık risklerden kaynaklanabilen büyük zararlara ilişkin en son örneği ise, bu konudaki uzmanlıkları şüphe götürmeyen, ve kurucuları arasında opsiyon fiyatlama teorisini geliştiren Myron Scholes ve Robert Merton gibi Nobel ödüllü akademisyenlerin de bulunduğu, LTCM (Long Term Capital Management) Fonu'nun 1998'deki 4 milyar Amerikan Doları tutarındaki finansal tarihin en büyük fon iflası teşkil etmektedir [12].

Türk Lirası benzeri gelişen bir piyasa parası üzerinde yazılan ve delta hedging yöntemiyle riski yönetilen opsiyonlarda ise, en büyük artık riski (fiyata iskonto edilmeyen) faiz oranları ve kur volatilitesi arasındaki yüksek korelasyonun oluşturduğu söylenebilmektedir. Aşağıdaki 4.3 no'lu şekilde, TRL/döviz sepeti kuru üzerindeki volatilité ile gecelik para piyasası (O/N) oranları arasındaki ilişki

gösterilmektedir. Görüldüğü gibi her iki volatilité de birbirine çok paralel hareket etmektedir ve tekli regresyon çalıştırıldığı zaman, korelasyon uyumu (R^2), (*coefficient of determination* – regresyondaki korelasyonun uyumunun göstergesi) %88 gibi yüksek bir değér vermektedir [27:77]. Şekil 4.4’de ise kur volatilitesi arttığı zaman kısa vadeli faiz oranlarındaki paralel hızlı artış bire bir gösterilmektedir.



Şekil 4.3: 3 Aylık Volatilité ($R^2=0.88$)



Şekil 4.4: TRL/Döviz Kuru Volatilitesi, Gecelik(O/N) Faiz Oranları İlişkisi

Yukarıdaki grafiklerde gözlenen bu yakın ilişki, zayıf para birimleri üzerinde devalüasyon baskısı ortaya çıktığı dönemlerde, merkez bankalarının genellikle önceliği faiz silahının kullanılmasına vererek (döviz rezervini kullanmak yerine) yerli paranın savunulmaya çalışıldığına bir örnek teşkil etmektedir. Yapılan akademik çalışmalarda, kısa dönemli faiz oranlarındaki volatilitenin, daha çok merkez bankası ya da diğer makro kaynaklı gelişmelerden etkilendiği ortaya konulmaktadır [45]. Gelişmekte olan piyasalara örnek olarak Brezilya Real'inin Amerikan Doları karşısındaki volatilitisini inceleyen bir çalışmada ise ileriye dönük volatilitenin en fazla politik riskten etkilendiği belirlenmiştir [46]. Bu sonuca göre, politik risk de, özellikle zayıf para birimleri üzerine yazılan opsiyonlarda, bütünüyle fiyata iskonto edilemeyen artık risklerin bir parçası olarak değerlendirilebilmektedir.

Zayıf para birimleri üzerinde yaşanan tecrübeler göstermektedir ki, merkez bankaları devalüasyon baskısının arttığı dönemlerde, faiz silahını kullanmama pahasına döviz piyasalarına müdahale ettikleri zaman, bu genellikle zayıf olan döviz rezervlerinin bir anda yitirilmesi şeklinde sonuçlar doğurabilmektedir. Bunun en yakın canlı örnekleri 1997 ve 1998 yıllarında yaşanan Uzak Doğu ve Rusya krizleri olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle 1997 krizinde milyarlarca dolar rezerve sahip bulundukları idda edilen uzak doğu kaplanlarının benzer durumlarda ard arda paralarını devalüe etmek zorunda kaldıkları görülmüştür. Bu ve benzeri kriz dönemleri, hem vadeli faiz riski hem de döviz opsiyon riski taşıyan kurumlar için, risklerin çok daha dikkatli yönetilmesinin gerekli olduğu dönemler olarak belirlenmektedirler. Zira bu dönemlerde, spekülatif karlar elde etmek için fırsatlar ortaya çıkarken, kısa (*short*) yakalanılan volatiliteler ve vadeli pozisyonlardan da yüksek zararların yazılma ihtimali normal dağılım varsayımlarının çok üstüne çıkmaktadır. Bu nedenle yakın dönemde, özellikle türev enstrümanların fiyatlandırılmasındaki model risklerini en aza indirmeyi amaçlayan, faizin ve volatilitenin de stokastik olarak ele alındığı opsiyon fiyatlama modelleri, akademik literatürde daha sık olarak yer almaya başlamıştır [40,47,48].

Yukarıda bahsedilen yüksek korelasyon (kur ve kısa dönemli faizler arasındaki), opsiyon yazan bir kurum ele alındığı zaman gittikçe yükselen bir kur karşısında artan delta pozisyonunun $N(d_1)$, artan miktarda yabancı para satın alınarak hedge edilmesi ve bunun da hep daha yüksek faiz oranlarından fonlanması anlamına gelmektedir.

Kurda yüksek volatiliteler yaşanan dönemler öncesinde, geçmiş volatiliteler baz alınarak kısa (*short*) opsiyon pozisyonuna girenler için, volatilitedeki yükselişten çok faiz oranlarındaki yükseliş beklenmedik zararların yazılmasıyla sonuçlanabilmektedir. Klasik opsiyon fiyatlamada modellerinde volatiliteler hesaplamasında spot piyasa fiyatları kullanıldığı ve sonraki döneme ait faiz ve volatiliteler hep sabit (*non stochastic*) olarak kabul edildiği için yukarıda söz edilen korelasyonun fiyatlar üzerindeki yükseltici etkisi ancak fiyatlamada kullanılan parametrelere (ki bu durumda bu parametre volatiliteler olmalıdır), yani beklenen volatilitelere yansıtılarak bir ölçüde aşılıp aşılmayacağı çalışılabilir. 1976-1996 yıllarını kapsayan ampirik bir simülasyonda, model riskinin volatiliteler girdisi üzerinde uygulanan artı bir marjla ciddi ölçüde azaltılabileceği saptanmıştır [49:1493]. 5. bölümde TRL/döviz opsiyonları üzerinde gerçekleştirilen ampirik çalışmada ise, volatiliteler ve opsiyon fiyatı ilişkisinin yukarıda ele alınan boyutu delta hedging yöntemi kullanılarak kontrollü bir teste tabi tutulmaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi, opsiyon yazan kurumun kredi riskinin, işlemin toplam potansiyel kredi riskini oluşturmamasından dolayı, yerli bankalar kredi limitlerinde bir problem yaşamazlarken, yabancı bankalar fiyat açısından çok cazip buldukları primlerde dahi, kredi limitlerinin yetersizliğinden dolayı işlem yapamama sıkıntısı yaşamaktadırlar. Büyük bankaların, daha küçük ve agresif bankalara nazaran, daha pasif ve bürokratik yönetim tarzlarından dolayı bu piyasanın içerisinde yer almayışlarının, oluşan yetersiz kredi limitlerinden dolayı bu ürünlerin derinlik kazanmasını olumsuz yönde etkilediği de yapılan eleştiriler arasında yer almaktadır.

Diğer taraftan opsiyonlar hakkında yeterli hukuki düzenleme ve muhasebeleştirme standartlarının mevcut olmaması, birçok bankanın bu ürünlere yaklaşımını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu düzenlemelerin yetersizliği ise, sadece Türkiye’de değil, gelişmiş piyasalarda dahi zaman zaman mevzuatın uygulanışına yönelik tartışmaları beraberinde getirmektedir. Diğer finansal ürün piyasalarına göre türev piyasalardaki hukuki ve muhasebe altyapısının yavaş oluşturulabilmesi ve oluşturulduktan sonra dahi uygulamada yaşanan çelişkilerin başlıca nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

- Opsiyon ürünlerinin yapısı diğer ürünlere göre, özellikle birkaç finansal türev ürünün birlikte oluşturulduğu yapılarda çok karmaşık olabilmektedir.

- Kullanılma amaçları, spekülasyon, risk kapama, vergi planlamasına yönelik, sınırlama getirilen diğer bazı ürünlerin sentetik olarak yaratılmasına yönelik vb. gibi. çok çeşitlilik gösterebilmektedir
- İşlemlerin lineer bir yapısının olmayışı ve dinamik olarak risk yapılarının değişmesi klasik risk izleme modellerini yetersiz kılmaktadır
- Tezgah üstü ürünlerin değerlerinin ve risklerinin takip edilmesi, borsada işlem gören referans bir fiyat olmadığı için güçleşmektedir.
- Sentetik olarak yaratılan türev ürünlerin muhasebe anlamında ayrıştırılmasının güçlüğü bilançolaştırmayı zorlaştırmaktadır.

Bu tür ürünlerin, Türkiye’de pratikteki muhasebeleştirilme şekli genellikle, bilanço dışı nazım (*contingent*) hesaplarda gösterilmesi ve vade sonunda kar ya da zararın yazılması şeklinde uygulanmaktadır [44]. Daha gelişmiş risk izleme modellerinin uygulandığı finansal kurumlarda ise, bu bilanço dışı risk yapılarının piyasa fiyatlarından ya da teorik fiyatlardan günlük, haftalık ya da aylık olarak değerlendirilerek, kar ve zararın defterlere sürekli bir şekilde yansıtılması uygun görülmektedir. Bu ikinci yöntem de zaten gelişmiş piyasalarda uygulanış şeklini özetlemektedir. Önümüzdeki dönemde, Türkiye’deki bankacılık sektörünün, Avrupa Birliği normlarında ve Basle Komitesi standartlarında VAR (*Value At Risk*- Riske Edilen Değer) ve senaryo analizlerine dayalı gelişmiş risk yönetim tekniklerini kullanmaya başlaması getirilen yeni düzenlemelerle hedeflenmektedir.

Finansal türev enstrümanların, Türkiye finansal piyasalarındaki uygulama örnekleri aktarılmış bulunmaktadır. Bundan sonraki bölümde, TRL/döviz opsiyonlarının fiyatlama ve risk yönetiminde, özellikle opsiyon satıcıları için geçerli bulunan artık riskleri sınırlandırmayı amaçlayan uygulamaya yönelik model önerisi, ampirik bir çalışmayla test edilmektedir.

5. TRL/DÖVİZ OPSİYONLARI FİYATLAMA VE RİSK YÖNETİMİNDE UYGULAMAYA YÖNELİK MODEL ÖNERİSİ

5.1. Amaç ve Plan

Çalışmanın amacı, daha önce üzerinden geçilen ampirik testlerden farklı olarak, opsiyon yazılan enstrüman volatilitesi ile faiz oranları arasında yüksek bir korelasyonun olduğu durumlarda (tüm zayıf para birimleri için bu durumun geçerli olma nedenleri daha önce ele alınmıştı), Black/Scholes modelinin, delta hedging yöntemiyle oluşturulan risksiz portföy performansları analiz edilerek irdelenmesidir. Buna bağlı olarak, Black/Scholes modelinin uygulanmasında, gerek opsiyonun fiyatlandırılma sürecindeki model girdilerinde, gerekse delta hedging sürecindeki uygulama tekniklerinde, model varsayımlarından kaynaklanan artık riskleri sınırlayıcı ve risksiz portföy performanslarını arttırıcı yönde önerilecek yöntemlerin test edilmesidir.

Analiz, delta ayarlaması günlük olarak yapılan ve sıfıra eşitlenen deltanötr (risksiz) portföylerin vade sonu getirilerini aşağıda belirlenen “delta hedging” stratejilerinin izlendiği durumlarda karşılaştırmalı olarak incelemektedir. Çalışma bu şekliyle, fiyatlama modellerine uygulanan ampirik test yöntemleri açısından üçüncü bölümde kategorik olarak sınıflanan ampirik testler içinde, riski “delta hedging” yöntemiyle sıfırlanmış portföy performanslarını irdeleyen son kategori içinde yer almaktadır. Hatırlanacağı üzere ilk iki kategori sırasıyla, model fiyatlarıyla piyasa fiyatları arasındaki farklardan sistematik karların oluşturulup oluşturulamayacağını ve fiyat sınır ihlallerini teste tabi tutmaktaydı.

Bu analizin sonucunda doğrulanması beklenen hipotezler çalışmanın izlediği yöntem ve plan açısından üç bölüm halinde aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

1. Bölüm:

- Black/Scholes modelinde opsiyon vadesi süresince sabit (stokastik olmayan) olarak kabul edilen faiz değişkeninin, gerçek hayattaki stokastik yapısı ve özellikle Türk Lirası benzeri zayıf para birimlerinde görülen, faiz/kur volatilitesi arasındaki yüksek korelasyon ve fiyata iskonto edilemeyen bu artık risk nedeniyle, opsiyonların düşük değerleneceği ve bu nedenle risksiz portföy getirilerinin olumsuz etkileneceği
- Delta hedging hatasının, Türk Lirası benzeri zayıf ve dönemsel değerlenmelere maruz kalabilen (bu sebeple para birimi üzerinde dönemsel atakların ve devalüasyon kaynaklı fiyat sıçramalarının oluşma ihtimali fazla olan) para birimleri üzerinde yazılan başabaş opsiyonlarda, yüksek negatif gama etkisiyle (opsiyon forward değerinde başabaş konumunda olduğu için) risksiz portföy getirisi üzerindeki negatif etkisinin yüksek olacağı (3.2 no'lu bölümde belirtildiği gibi başabaş call opsiyonlarında gama en yüksek değerine ulaşırken negatif gamalı –call satıldığı için- portföy değerleri oluşan volatiliteden çok olumsuz etkilenmektedir). (Bknz. Şekil 3.16)

2.Bölüm:

- TRL/Döviz kuru benzeri finansal varlıklar üzerine yazılan opsiyonların fiyatlandırılmalarında, spot volatilité yerine faiz oranlarındaki değişkenliği de iskonto eden vadeli kur volatilitelerinin referans olarak kullanılmasının, opsiyon satıcıları için yüksek kur/faiz korelasyonu riskini göreceli olarak azaltacağı
- Delta hedging prosesinde, değişkenlerdeki stokastik yapıya paralel olarak, hem faiz hem de volatilité beklentilerindeki değişimlerin yansıtıldığı uygulamaların, risksiz portföy getirilerini daha olumlu etkileyeceği

3.Bölüm:

- Son olarak da, delta hedging tekniğinin direk forward işlemler üzerinde gerçekleştirilmesinin, gecelik faizlerdeki tırmanan volatiliteden kaynaklanan, artan süre (*duration*) riskinin sınırlandırılması ve böylece risksiz portföy

performansının olumsuz etkilenmemesi açısından daha etkin bir yöntem olacağı.

İlk bölümdeki hipotezlerin testi, oluşturulan risksiz portföylerin vade sonu performanslarının değerlendirilmesini öngörmektedir. Bu amaçla portföyün oluşturulduğu dönemin başında, opsiyon fiyatlamasında kullanılan hem geçmiş hem de gerçekleşen volatiliteler baz alınarak deltanötr portföylerin vade sonu performansları için karşılaştırmalı bir analiz yapılmakta ve varsa düşük performansın nedenleri irdelenmektedir. Portföy performansları sırasıyla, volatilitelerdeki yanılmanın, delta hedging hatasının ve yüksek kur/faiz korelasyonunun açığa çıkardığı süre riskinden kaynaklanan maliyetlerin payları açısından analiz edilmektedir

Black/Scholes modeli, volatiliteler ve faiz oranlarını sabit (yani rassal olmayan ya da *nonstochastic*) değişkenler olarak ele aldığı için, özellikle bu iki değişken arasında istatistiksel anlamda bir ilişki olduğu durumlarda, (ki döviz kurları ve Türk Lirası faizler arasındaki söz konusu ilişki dördüncü bölümde 4.3 ve 4.4 no'lu şekillerde gösterilmişti), modelin fiyatlamasının oluşturulan hedge portföy maliyetleriyle karşılaştırıldığında düşük kalacağı varsayılmaktadır. İkinci bölümde yer alan hipotezlerden ilki bu varsayıma dayanmaktadır. Bu anlamda opsiyon fiyatlamasında volatiliteler girdisi olarak, sadece spot kur volatilitelerinin değil, faiz oranlarındaki değişkenliğin de bir anlamda modele yansıtılabileceği vadeli kur volatilitelerinin kullanılmasının sonucu nasıl etkileyeceği araştırılmaktadır.

İkinci bölümde ayrıca, yukarıda belirtilen ikinci hipotezin test edilmesine olanak verecek şekilde, faiz oranları ve volatilitenin Black/Scholes modelinde varsayıldığı üzere sabit alındığı duruma ek olarak, faizdeki değişimlerin ve sonrasında da volatilitedeki değişimlerin (beklentilerdeki değişimin) delta hedging sürecine yansıtılması sonucunda, deltanötr portföy performanslarında oluşan değişimler üç aşama halinde analiz edilmekte ve performanslar karşılaştırılmaktadır.

Son olarak da üçüncü bölümde, delta hedging tekniğinin forward işlemlerle uygulanması sonucunda oluşan risksiz portföy performansları, spot kurlar üzerinde uygulanan delta hedging süreci sonucunda oluşan risksiz portföy performanslarıyla karşılaştırılarak yukarıda işaret edilen döviz kuru/kısa vadeli faiz oranları arasındaki

ilişkinin negatif etkisini azaltmaya yönelik bir uygulama test edilmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, zayıf para birimleri üzerindeki artan volatilité ve oluşan ataklar çoğu zaman merkez bankaları tarafından faiz silahı kullanılarak bertaraf edilmeye çalışıldığından, artan faiz ortamını da beraberinde getirmektedirler. Bu etki en yoğun şekilde kısa vadeli oranlar üstünde oluşmaktadır ki bu oranlar da delta hedging sürecindeki fonlama maliyetlerini doğrudan etkilemektedirler. Dolayısıyla portföyün dantanötr karakterinin forward kontratlar kullanılarak korunması sayesinde bu negatif etkinin sınırlandırılabilceği düşünölmektedir.

Çalışmanın amacına yönelik olarak test edilmesi öngörölen hipotez ve buna bağı model önerileri böylece özetlenmiş bulunmaktadır. Aşağıdaki bölümde, bu hipotezlerin test aşamasında uygulanan ampirik çalışmaya ilişkin, kullanılan girdiler, yöntem ve uygulama sonuçları aktarılmaktadır.

5.2. Ampirik Çalışma Girdileri, Yöntem ve Uygulama

Bu bölümde sırasıyla çalışma girdileri, seçilen yöntem ve uygulama detayları verilmekte, hesaplama ayrıntıları ve elde edilen sonuçların gösterimi gerçekleştirilmektedir.

5.2.1. Çalışma Girdileri

Çalışma periyodu olarak Ekim 1993'ten Mayıs 1994'e kadar olan dönem incelenmiştir. Bu dönemin özellikle seçilmiş olmasının sebebi, fiyatlama modellerine ilişkin varsayımlardaki yetersizliklerden doğan artık risklerin en çarpıcı olarak izlenebileceği bir dönem olmasından kaynaklanmaktadır. Bu dönem içinde, Ocak 1994 tarihindeki 3 aylık \$ (Amerikan Doları) Call/TRL Put, %50 başlangıç delta (diğer bir ifadeyle forward değerde başabaş) opsiyonlar çalışma konusu olarak ele alınmaktadır.

Çalışmada kullanılan volatilité hesaplamaları ise aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Öncelikle aşağıdaki doğal logaritmaların (5.1 no'lu formöl) sonucunda elde edilen günlük sonsuz bileşik getirilerin standart sapmaları (5.2) no'lu formöl kullanılarak hesaplanmıştır [20:233].

$$g = \ln\left(\frac{X_{(t+1)}}{X_t}\right) \quad (5.1)$$

$X_{(t+1)}$: t+1 günündeki spot ya da vadeli kur

X_t : t günündeki spot ya da vadeli kur

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (gt - \bar{gt})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (gt)^2 - \frac{(\sum_{t=1}^n gt)^2}{n}}{n-1}} \quad (5.2)$$

σ_g : Günlük standart sapma

gt : t sayılı gündeki getiri

$\bar{gt}$: Günlük getirilerin ortalaması

n : Gün sayısı

Sonrasında yukarıda bulunan günlük standart sapmalar aşağıdaki formülle (5.3 no'lu formül) yıllık standart sapmalara dönüştürülmüştür.

$$\sigma_y = (\sigma_g \cdot \sqrt{i}) \quad (5.3)$$

σ_y : Yıllık standart sapma

σ_g : Günlük standart sapma

i : Bir yıl içindeki işlem günü sayısı

Ayrıca volatilité hesaplamalarında 3 aylık volatilité tahmini için en iyi göstergenin yine 91 günlük volatilité olacağı varsayılmıştır. Çalışmada kullanılan volatilité hesaplamaları 17, 18 ve 19 no'lu eklerde ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Fiyatlama modelinde, 6 aylık hazine bonusu faizlerinin yıllık bileşik getirileri baz alınırken, spot alım satım üzerinde gerçekleştirilen delta hedging prosesinde, Türk

Lirası fonlama maliyeti olarak gecelik faizler, döviz plasman getirisi olarak da dönemin LIBOR oranı olan %6 kullanılmıştır.

Delta hedging prosesinin forward kontratlarla uygulandığı son bölümde ise, referans Türk Lirası faizi olarak yine 6 aylık hazine bonosu getirilerinin 3 aya indirgenmiş (ya da diğer bir ifadeyle aynı yıllık bileşik faiz oranları) oranları kullanılmıştır. \$ faizi olarak %6 sabit alınmıştır. 5.4 No'lu formülle elde edilen forward fiyatlar, bu fiyatlar üzerindeki volatilitelerin hesaplandığı 18 ve 19 no'lu eklerde yer almaktadır.

$$F = S \cdot \left[\frac{(1 + R_{TRL})}{(1 + R_{\$})} \right]^{(n/360)} \quad (5.4)$$

F : Forward döviz kuru

S : Spot döviz kuru

R_{TRL} : Yıllık bileşik TRL faiz oranı

$R_{\$}$: Yıllık Bileşik \$ faiz oranı

n : Dönem içindeki gün sayısı

Volatilite değerleri, opsiyon fiyatları, forward kurlar, ve delta hedging prosesindeki hesaplamalarda kullanılan tüm girdilere ait günlük veri tabanı, Ek-20 (spot kurlar), Ek-21 (6-aylık hazine bonosu yıllık basit ve bileşik getirileri), ve Ek-22'de (gecelik faiz oranları) yer almaktadır.

5.2.2. Yöntem: Delta Hedging Prosesi

Ampirik yöntem, oluşturulan risksiz portföylerin vade sonu performanslarının hem bireysel hem de karşılaştırmalı analizine dayandığı için bir delta hedging prosesinin oluşturulması gerekmektedir. Veri tabanı olarak, gün içi oluşan döviz kurlarının zamana bağlı değerleri mevcut bulunmadığından, delta ayarlamalarının günün sonunda oluşan değerlerden ve bir kez yapıldığı varsayılmıştır. Bu uygulamanın ilk bölümde test edilmesi öngörülen delta hedging hatasına yönelik analizin kesinliğini belli ölçüde azaltacağı belirtilmelidir. Black/Scholes modeli finansal varlık fiyatını zamanın sürekli bir fonksiyonu olarak kabul ettiği için, sadece gün sonu delta

ayarlamaları sebebiyle oluşan sıçramalar, modelin testindeki hata payını yükseltmektedir. Gamanın incelendiği bölümde de belirtildiği gibi, gama değerinin mutlak değer anlamında yüksek olduğu durumlarda ve özellikle gama riski ortadan kaldırılmamışsa, delta hedging prosesinin dinamik bir süreç halinde uygulanmaması portföy getirilerini çok olumsuz etkileyebilmektedir. Fakat yine de akademik literatürdeki benzer çalışmaların pek çoğunda delta ayarlamasının günde bir kez yapıldığı gözlemlenmiş ve bu çalışmada da, en azından teknik nedenlerden dolayı aynı uygulama yapılmıştır.

Delta hedging prosesi, yazılan bir adet 1 milyon \$ karşılığı forward değerinde başabaş (yani başlangıç deltasının yaklaşık 0.5 olduğu durum) \$ Call/TRL Put opsiyonuna karşı oluşturulan risksiz portföyün, her günün sonunda değişen spot kurlara karşın deltanötr karakterinin korunması ve buna bağlı spot (ya da son bölümde uygulandığı gibi forward) alım satım işlemlerinin gerçekleştirilmesi prosesini kapsamaktadır. Başlangıç nakit dengesi sadece alınan opsiyon priminden (\$) oluşmaktadır. Delta kadar bulundurulmuş \$ miktarları, önceki bölümde belirtildiği üzere %6 faiz oranından değerlendirilirken, Türk Lirası fonlaması veri tabanından elde edilen gecelik faiz oranları üzerinden yapılmaktadır. Her günün sonunda alınacak \$ faizi tekrar yatırıma dönüştürülürken, ödenmesi gereken Türk Lirası faizinin tekrar borçlanılarak finanse edildiği öngörülmüştür.

Risksiz portföy getirilerinin hesaplanmasında ise, vade sonunda oluşan negatif Türk Lirası bakiye veri tabanından elde edilen cari kur üzerinden \$'a çevrilirken (1), başlangıçta elde edilen \$ bazındaki prim hergün %6 faiz oranından yatırıma dönüştürülmüştür (2). Vade sonunda bulundurulmuş delta bakiyesi (vade sonunda deltanın ya sıfır ya da 1'e ulaşacağı bilinmektedir) opsiyon işleminin gerçekleştirilmesinde kullanılacağından, karşılığında opsiyon işlem fiyatından oluşacak Türk Lirası değeri de (eğer vadede delta 1 olarak sonuçlanmışsa) yine cari kurdan \$'a çevrilmiştir (3). Bu üç değer toplamı (1+2+3) ise deltanötr (risksiz) portföyün vade sonu net performansını oluşturmuşlardır.

Son bölümde ise delta hedging prosesinin forward kontratlarla uygulanması sonucunda, spot taşınan delta pozisyonlarının fonlanması ve/veya karşılığı dövizin plasmanı söz konusu olmamaktadır. Bu durumda risksiz portföy performansı, forward kontrat alım satım işlemlerinin \$ bazındaki karı ya da zararı ile (vade

sonundaki Türk Lirası kar ya da zarar, yine vade sonundaki cari kur üzerinden \$'a çevrilmiştir), başlangıç opsiyon priminin vade sonu değeri (her gün yatırıma dönüştürüldüğü için) ve opsiyon kullanımından (eğer delta değeri 1 olarak sonuçlanmış ve opsiyon kullanılmışsa) doğan opsiyon işlem fiyatı karşılığı TRL değerinin \$ karşılığıyla toplanması sonucunda belirlenmiştir.

5.2.3. Uygulama Sonuçları: Risksiz Portföy Performansları

Uygulama, yukarıdaki sistematığe uygun olarak, üç bölüm halinde aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Uygulama çalışmalarına ilişkin çıktılar Ek-1'den Ek-16'ya kadar olmak üzere çalışmanın sonunda yer almaktadır.

5.2.3.1. Spot Kur Volatilitelerinin Baz Alındığı Durum

Bu bölümdeki uygulamanın amacı 5.1 no'lu bölümde açıklandığı gibi, kur volatilitesi ve kısa dönemli faizler arasında yüksek korelasyonunun geçerli olduğu ve bu etkinin çok düşük negatif gama (etki olarak yüksek) etkisiyle daha da arttığı bir ortamda, değişik volatilitelere girdileri kullanılarak satılan \$ Call / TRL Put opsiyonlarına ait primlerin ve bu opsiyonlarla oluşturulan risksiz portföylerin delta hedging hatasını da kapsayacak performanslarının belirlenmesidir.

Bu amaçla 3 Ocak 1994 tarihinde satılan 3 ay vadeli bir adet 1 milyon \$ karşılığı forward değerinde başabaş konumunda (deltası %50'ye eşit) \$ Call/TRL Put opsiyonunun delta riskini kapama amaçlı oluşturulan bir deltanötr portföyün vade sonu performansı analiz edilmektedir. Opsiyonun, başlangıçta farklı iki volatilitelere baz alınarak satıldığı varsayıldığından farklı iki risksiz portföye ait performansların sonuçları da karşılaştırılmaktadır. İlk volatilitelere girdisi, geçmiş üç aylık dönemde oluşan spot kur volatilitelerini baz alırken, diğer volatilitelere girdisi opsiyon vadesi süresince gerçekleşen reel spot kur volatilitelerini baz almaktadır. Geçmiş üç aylık ve gerçekleşen üç aylık spot kur volatilitelerine ilişkin hesaplamalar Ek-17'de yer almaktadır. Opsiyon hesaplamasında ve daha sonra delta hedging sürecinde kullanılan tüm diğer girdiler sabit tutulmaktadır. Volatilitelere hesaplaması 5.2.1 no'lu bölümde açıklandığı gibi yapılırken, opsiyon fiyatlamaları 2.6 no'lu bölümde elde edilen Black/Scholes formülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hesaplanan volatilitelerle birlikte, opsiyon fiyatlamasında kullanılan ve veri tabanından elde

edilen diğer başlangıç girdileri, bu girdilere göre oluşan opsiyon fiyatları ve sonrasında oluşturulan iki deltanötr portföy performansına (Bknz. Ek-1 ve Ek-3) ilişkin sonuçlar aşağıdaki 5.1 no'lu tabloda özetlenmektedir.

Tablo 5.1: Hesaplanan Volatiliteler, Opsiyon Fiyatları ve Risksiz Portföy Performansları I

	Geçmiş 3 Aylık Spot Kur Vol.	Gerçekleşen 3 Aylık Spot Kur Vol.
Volatilite	%4.52	%26.18
TRL/\$ Kuru	14,538	14,538
TRL Yıllık Bileşik Faiz	%88.04	%88.04
Vade (Gün)	91	91
Yıllık \$ Faizi	%6	%6
Opsiyon Primi (\$)	9,000	51,500
Risksiz Portföy Perfor. (\$)	-437,295	-395,951

5.2.3.2. Forward Kur Volatilitelerinin ve Stokastik Değişkenlerin Baz Alındığı Durum

Bu bölümün ilk kısmında, TRL/Döviz kuru benzeri finansal varlıklar üzerine yazılan opsiyonların fiyatlandırılmalarında, spot volatilite yerine faiz oranlarındaki değişkenliği de iskonto eden vadeli kur volatilitelerinin kullanılmasının, opsiyon satıcıları için yüksek kur/faiz korelasyonu riskini ne ölçüde azaltacağı kontrollü bir teste tabi tutulmaktadır. Bu amaçla yukarıda hesaplanan geçmiş ve gerçekleşen spot kur volatilitelerine ek olarak, opsiyon primi hesaplamasında ve sonraki delta hedging prosesinde geçmiş ve gerçekleşen üç aylık forward kur volatiliteleri kullanılmaktadır.

Vadeli kurların hesaplanmasında Türk Lirası faizi için, veri tabanından elde edilen altı aylık hazine bonusu getirilerinin üç aya indirgenmiş hali, \$ içinse %6 oranı baz olarak alınmıştır. Geçmiş ve gerçekleşen forward kur volatilitelerine ilişkin hesaplamalar Ek-18 ve Ek-19'da yer almaktadır. Kullanılan girdiler (volatilite dışında ilk bölümde kullanılan girdilerle aynı kalmaktadır), hesaplanan opsiyon

fiyatları ve risksiz portföy performanslarına ilişkin değerler (Bknz. Ek-2 ve Ek-4), 5.2 no'lu tabloda özetlenmektedir.

Tablo 5.2 Hesaplanan Volatiliteler, Opsiyon Fiyatları ve Risksiz Portföy Performansları II

	Geçmiş Spot Vol.	Geçmiş Frw. Vol.	Gerç. Spot Vol.	Gerç. Frw. Vol.
Volatilite	%4.52	%5.51	%26.18	%52.03
TRL/\$ Kuru	14,538	14,538	14,538	14,538
TRL Yıllık Bileşik Faiz	%88.04	%88.04	%88.04	%88.04
Vade (Gün)	91	91	91	91
Yıllık \$ Faizi	%6	%6	%6	%6
Opsiyon Primi (\$)	9,000	10,900	51,500	100,310
Risksiz Portföy Perfor. (\$)	-437,295	-438,494	-395,951	-328,808

Bölümün ikinci kısmında, delta hedging prosesinde, değişen spot kurlara ek olarak, değişen faiz oranları ve değişen volatiliteler beklentilerinin, delta değerlerinin $N(d_1)$ hesaplanma sürecine yansıtılması sonucunda, deltanötr portföy performanslarında oluşan değişimler tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Bu amaçla, yukarıda oluşturulan dört farklı volatiliteler değerine göre fiyatları hesaplanan opsiyonlara uygulanan delta hedging prosesine, iki aşama daha eklenmiştir. Yukarıdaki 5.2 no'lu tabloda yer alan ilk aşama sonuçlarındaki delta ya da $N(d_1)$ değerleri, sadece spot kurlardaki değişim yansıtılarak günlük olarak hesaplanmıştır. İkinci aşamada, değişen spot kur değerlerine ek olarak, altı aylık bileşik hazine bonusu faizlerinin indirgenmesiyle (decompounding) bulunan, vadeye kalan döneme tekabül eden faiz oranlarındaki değişiklik, günlük olarak modele yansıtılmış ve sonucunda oluşan $N(d_1)$ değerleri tekrar hesaplanmıştır. Üçüncü aşamada ise, değişen spot kur ve faiz girdilerine ek olarak geçmiş ve gerçekleşen volatiliteler 91 günlük hareketli standart sapmalar hesaplanarak modele yansıtılmış ve neticesinde yine diğer iki aşamada olduğu gibi delta hedging sürecinde kullanılacak $N(d_1)$ değerleri tespit edilmiştir. Hareketli volatilitelere ilişkin

hesaplamalar 17, 18 ve 19 no'lu eklerde ayrıntılı olarak yer almaktadır. Böylece başlangıçta satıldığı varsayılan dört adet \$ Call/TRL Put opsiyonunun (dört değişik volatilité girdisiyle oluşturulan) her biri için üç adet olmak üzere toplam 12 hedge portföy performansı (Bknz. Ek-1'den Ek-12'ye kadar) tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları 5.3 no'lu tabloda özetlenmektedir.

Tablo 5.3: Üç Aşama Halinde Gerçekleştirilen Risksiz Portföy Performansları

RISKSIZ PORTFÖY PERFORMANSLARI		
REF.	DEGISKEN KUR	(\$)
EK 1	GEÇMİS SPOT VOLATİLİTE	(437,295)
EK 2	GEÇMİS FORWARD VOLATİLİTE	(438,494)
EK 3	GERÇEKLEŞEN SPOT VOLATİLİTE	(395,951)
EK 4	GERÇEKLEŞEN FORWARD VOLATİLİTE	(328,808)

REF	DEGISKEN KUR VE FAİZ	(\$)
EK 5	GEÇMİS SPOT VOLATİLİTE	(391,703)
EK 6	GEÇMİS FORWARD VOLATİLİTE	(395,825)
EK 7	GERÇEKLEŞEN SPOT VOLATİLİTE	(388,686)
EK 8	GERÇEKLEŞEN FORWARD VOLATİLİTE	(330,144)

REF	DEGISKEN KUR, FAİZ VE VOLATİLİTE	(\$)
EK 9	GEÇMİS SPOT VOLATİLİTE	(391,903)
EK 10	GEÇMİS FORWARD VOLATİLİTE	(408,557)
EK 11	GERÇEKLEŞEN SPOT VOLATİLİTE	(367,312)
EK 12	GERÇEKLEŞEN FORWARD VOLATİLİTE	(311,100)

5.2.3.3. Forward Kontratların Kullanıldığı Durum

Çalışmanın son bölümünde, kur volatilitesi /gecelik faiz oranı arasındaki istatistiksel açıdan anlamlı korelasyondan kaynaklanan yüksek Türk Lirası fonlama maliyetlerini azaltmaya yönelik olarak, delta ayarlamalarının spot işlemler yerine forward kontratlar kullanılarak gerçekleştirilmesinin risksiz portföy performansı üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Bu amaçla, deltanötr portföyün, forward kontratlar kullanılarak oluşturulması durumunda oluşan risksiz portföy performansları incelenmiştir. Bu aşamada, spot işlemlere uygulanan delta ayarlamalarının, forward kontratlar üzerinde uygulanması durumunda eski delta değerleri üzerinde nasıl bir transformasyon gerektiği üzerinde durulması gerekmektedir.

2.8 No'lu bölümde döviz opsiyonlarının fiyatlandırılmasına ilişkin oluşturulan (2.157) no'lu formül tekrar edilecek olursa:

$$C = e^{-rt} \cdot \{ [F \cdot N(d_1)] - [K \cdot N(d_2)] \} \quad (5.5)$$

Forward kontratlarda kullanılacak yeni deltanın formülasyonu, C 'nin F cinsinden ilk türevi (C_F) alındığında aşağıdaki gibi değişmektedir:

$$\Delta = C_F = \frac{dC}{dF} = [e^{-rt} \cdot N(d_1)] \quad (5.6)$$

Dolayısıyla risksiz portföyün, vadeli kontratlar kullanılarak oluşturulması durumunda, daha önce birinci aşamada elde edilen delta değerlerinin, vadeye kalan süreye tekabül eden cari faiz oranlarından iskonto edilerek kullanılması ve forward alım satımların elde edilen bu yeni delta değerleri üzerinden gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Risksiz portföy performansı ise bu kez, vadeli kontratların alım satımından doğan kar/zararla vade sonunda opsiyon işleminin neticelendirilmesinden doğan kar/zararın toplamından oluşmaktadır. Bu şekilde hesaplanan ve volatilitenin dışındaki diğer tüm girdilerin özdeş tutulduğu farklı opsiyon primlerine sahip dört opsiyon baz alınarak oluşturulan dört deltanötr portföye ait dönemsel performanslar aşağıda 5.4 no'lu tabloda özetlenmektedir. (Bu çalışmanın detayları Ek-13'ten, Ek-16'ya kadar verilmektedir).

Tablo 5.4: Delta Ayarlaması Spot ve Forward İşlemlerle Yapılmış Risksiz Portföy Performansları

	SPOT KURLARLA HEDGE EDİLMİŞ RISKSİZ PORTFÖY PERFORMANSI	REF	FORWARD KURLARLA HEDGE EDİLMİŞ RISKSİZ PORTFÖY PERFORMANSI	REF
	(\$)		(\$)	
GEÇMİŞ SPOT VOL.	(437,295)	EK 1	(32,291)	EK 13
GEÇMİŞ FRW. VOL.	(438,494)	EK 2	(30,524)	EK 14
GERÇEKLEŞEN SPOT VOL.	(395,951)	EK 3	(433)	EK 15
GERÇEKLEŞEN FRW. VOL.	(328,808)	EK 4	34,016	EK 16

5.3. Ampirik Bulgular

Ampirik bulgular, uygulama sonuçlarının elde edilişindeki üç ana bölüme paralel olarak, aşağıda üç bölüm halinde analiz edilmektedir.

5.3.1. Spot Volatilitelerin Baz Alındığı Durum

Ocak 1994 tarihinden önceki 3 aylık dönemi kapsayan spot kur volatilitelerinin (1 Ekim 1993-1 Ocak 1994 dönemi) %4.52 (Bknz. Tablo 5.1) gibi oldukça düşük bir seviyede gerçekleştiği saptanırken, bu volatiliteler girdisi kullanılarak, forward değerindeki işlem fiyatı üzerinden 1 milyon \$ (nominal değer) karşılığı yazılan başabaş (forward değerinde başabaş ya da %50 delta) \$ Call/TRL Put opsiyonunun değeri 9,000\$ olarak hesaplanmıştır. Bu opsiyonun delta riskinin kapatılması amacıyla oluşturulan risksiz portföyün, vade başında alınan primin %6 yıllık getirisinin (günlük bazda değerlendirilmiştir) de eklenmesiyle birlikte oluşan vade sonu zararı -437,295\$ (Bknz. Tablo 5.1) olarak belirlenmiştir. Zararın büyüklüğü ya da oluşturulan risksiz portföyün vade sonu değeriyle, opsiyon primi kıyaslandığı zaman oluşan büyük fark, Black/Scholes modelinin teorisi içinde üç şekilde açıklanabilmektedir.

- Fiyatlama girdisi olarak kullanılan volatilité, gerçekleşen volatiliteden çok düşük kalmış olabilir.
- Delta hedging hatası, fiyat sıçramalarının gerçekleşmesi durumunda ya da prosesin günde sadece bir kez delta ayarlamasına olanak tanımasından dolayı, mutlak değeri yüksek negatif gama etkisiyle portföy değerinde büyük çöküşlere neden olmuş bulunabilir. (Bilindiği gibi Black Scholes modeli bir sürekli zaman modeli olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla söz konusu delta hedging prosesinin ideal durumda anlık olarak gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir)
- Faizin gerçek hayattaki stokastik yapısı gereği, döviz kurlarındaki volatilitéye paralel olarak yüksek volatilité göstermesi ve fonlama maliyetlerinin artması sonucunda, risksiz portföy performansı negatif etkilenmiş olabilir

Bu muhtemel nedenlerin hepsini doğrulayacak şekilde, 1976-96 dönemini inceleyen ampirik bir çalışmada opsiyon yazan kurumlar için yetersiz risk yönetim modelleri ve volatilité öngörülerindeki yanlışların, bu kurumları ciddi risk ve zararlarla karşı karşıya bıraktığı saptanmıştır [49:1465]. Ancak yukarıda sıralanan muhtemel nedenlerin kontrollü testi, öncelikle opsiyon vadesi süresince gerçekleşen spot kur volatilitésinin hesaplanarak, bu volatilité girdisinin kullanılmasıyla delta hedging prosesinin tekrarlanması sonucunda oluşan risksiz portföy performansının ananilizini gerektirmektedir. Bu amaçla 3 Ocak 1994 ve 4 Nisan 1994 dönemini kapsayan opsiyon vadesinde gerçekleşen spot kur volatilitésini hesaplanmış ve %26.18 (Bknz. Tablo 5.1) değeri elde edilmiştir. Bu değer yukarıda belirtilen geçmiş üç aylık döneme ait %4.52'lik volatilité değeriyle kıyaslandığı zaman oldukça yüksek bir değer olarak tespit edilmektedir. Dolayısıyla, yukarıda sıralanan muhtemel nedenlerden ilkinin (volatilité öngörüsündeki yanlış) belli bir dayanak noktasına sahip bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Yani ilk opsiyonda girdi olarak kullanılan geleceğe ilişkin volatilité değeri, gerçekleşen volatilité değerinden çok düşük kaldığı için, risksiz portföy performansı belli ölçüde olumsuz etkilenmiş bulunmaktadır. Bu sonuç aynı zamanda geçmişte pek çok ampirik çalışmanın da gösterdiği gibi, geçmiş volatilitenin, geleceğe yönelik volatilitenin zayıf bir göstergesi olduğu tezini doğrular nitelikte bulunmuştur.

Ancak yukarıda belirtilen muhtemel ikinci ve üçüncü etkenlerin paylarının belli ölçüde de olsa belirlenebilmesi için, gerçekleşen üç aylık volatilité girdisi kullanılarak, çalışma konusu üç aylık opsiyon priminin ve oluşturulan risksiz portföy performansının tekrar belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, diğer girdiler sabit kalırken, %26.18 volatilité girdisi kullanılarak, yukarıda oluşturulan 3 aylık, forward işlem fiyatında başabaş (%50 delta) opsiyon değeri tekrar hesaplanmış ve opsiyon primi 51,500\$ olarak saptanmıştır. Gerçekleşen volatilitéyle hesaplanan primin, geçmiş volatilitéyle hesaplanan primin 5.67 katı olarak gerçekleştiğinin vurgulanması gerekmektedir. Volatilité girdisindeki değışiklik sonucunda oluşan prim farkının, risksiz portföy performansını yaklaşık aynı fark kadar (ilk opsiyon primi 9,000\$ olduğu için aradaki fark 42,500\$ olarak gerçekleşmektedir) iyileştireceğı tahmininde bulunulabilmektedir. Ancak bu farkın da, yeni volatilité girdisiyle oluşturulan risksiz portföy performansındaki zararı karşılama (-395,951 \$) düzeyinden çok uzakta kaldığı belirlenmektedir ki oluşan bu zarar da yukarıda belirtilen delta hedging hatası ve yükselen Türk Lirası fonlama maliyetlerinin olumsuz etkisiyle açıklanabilmektedir.

Delta değeri lerinin zamana bağıl seyirini gösteren 5.1 no'lu şekilde de görüldüğü gibi, geçmiş ve gerçekleşen volatilitéyi girdi olarak kabul eden opsiyonlar için oluşturulan delta değeri, risksiz portföylerin oluşturuluş tarihi olan 3 Ocak'tan sonra göreceli olarak düşük marjinal artışlar kaydederken, 27 Ocak tarihinde (resmi devalüasyonun gerçekleştiğı tarih), spot kurda yaşanan sıçramaya paralel olarak, ilk opsiyon deltası bir önceki 0.614 değeri nden 0.989 değeri ne (Bknz. Ek-1), ikinci opsiyon deltası ise 0.537 değeri nden 0.881 değeri ne (Bknz. Ek-3) sıçramaktadır ki bu da negatif değeri gittikçe düşen gamanın (yine 5.1 no'lu şekil ve 1 ve 3 no'lu eklerde görüldüğü gibi) etkisiyle portföy performansını çok olumsuz etkilemektedir. Bu etkinin teknik açıklaması 3.2 no'lu bölümde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Yine de bu etkinin, ilk risksiz portföy için, delta değeri ndeki sıçrama etkisiyle satın alınan ek 375,000\$'lık pozisyonun (delta farklarının (0.989-0.614) 1 milyon ile çarpılmış hali) devalüasyon sonrasındaki kur yerine (27 Ocak:17,216TRL/\$), delta hedging prosesinin sürekli zaman modeline paralel olarak ideal uygulandığı ve devalüasyon öncesindeki ortalama kurdan, (yani spot kurun bir gün önce, 26 Ocak'taki değeri 15,156TRL/\$'dan başlayarak 17,216TRL/\$ değeri ne ulaşana kadar oluşan her kademedeki döviz satın alımı yapıldığı varsayıldığı durumda ortalama kur,

$$\text{Ortalama Kur} = \left[\frac{(17,216 + 15,156)}{2} \right] = 16,186 \text{TRL} / \$$$

olarak gerçekleşmektedir) satın alındığı düşünüldüğü zaman, delta hedging hatası (DHH) 23,863\$,

$$\text{Delta Hedging Hatası} = \left[\frac{(17,216 - 16,186) \cdot 375,000}{16,186} \right] = 23,863\$$$

olarak gerçekleşerek, toplam zarar içinde yine de düşük bir pay oluşturduğu tespit edilmektedir. Aynı şekilde gerçekleşen volatilitenin kullanıldığı risksiz portföy için benzer hesaplama sonucunda delta hedging hatasının (DHH), 21,890\$,

$$\text{DHH} = \left[\frac{(17,216 - \frac{(17,216 + 15,156)}{2}) \cdot (0.881 - 0.537) \cdot 1,000,000}{\frac{(17,216 + 15,156)}{2}} \right] = 21,890\$$$

olarak gerçekleştiği tespit edilmektedir.

Benzer şekilde Türk Lirası fonlama maliyetlerinin risksiz portföylerin oluşturulduğu 3 Ocak 1994 tarihinde %67 oranından başladıktan sonra artan volatiliteye paralel bir seyir izleyerek yükselmeye başladığı ve 25 Mart tarihinde en yüksek değeri olan %660'a kadar çıktığı tespit edilmektedir. Opsiyon vadesi boyunca ise gecelik TRL faizlerin ortalaması basit %213 ve bu değer yıllık bileşik getirisi de %736 olarak gerçekleşmiş bulunmaktadır. Bu oranın, opsiyon primi hesaplamalarında Türk Lirası faiz girdisi olarak kullanılan, başlangıç dönemine ait %88'lik bileşik faiz oranına göre çok yüksek kaldığı saptanmaktadır. Bu ampirik çalışmada da doğrulandığı gibi, Black/Scholes modelinin önemli varsayımlarından biri olan sabit faiz ortamının geçerli olmadığı ve spot fiyat/faiz korelasyonunun yüksek olduğu durumlarda, model fiyatlamasının bir ölçüsü olan deltanötr portföy performansı çok olumsuz etkilenebilmektedir. Gerçekten de delta hedging hatasına benzer bir hesaplama, yukarıda verilen bileşik getiriler kullanılarak yapıldığı zaman, her iki portföyün yüksek fonlamadan kaynaklanan öngörülmemiş faiz riski maliyeti olarak, sırasıyla (geçmiş ve gerçekleşen volatilitelerle fiyatlanan opsiyonlarla oluşturulan portföylerde):

$$\text{Faiz Riski Maliyeti} = \left(\left[\frac{(1 + 7.36)}{(1 + 0.88)} \right]^{(91/365)} - 1 \right) \cdot (930,000) = 420,000\$$$

(opsiyon süresince vade ağırlıklı ortalama delta değeri 0.93 olarak hesaplanmıştır),
ve,

$$\text{Faiz Riski Maliyeti} = \left(\left[\frac{(1 + 7.36)}{(1 + 0.88)} \right]^{(91/365)} - 1 \right) \cdot (850,000) = 384,000\$$$

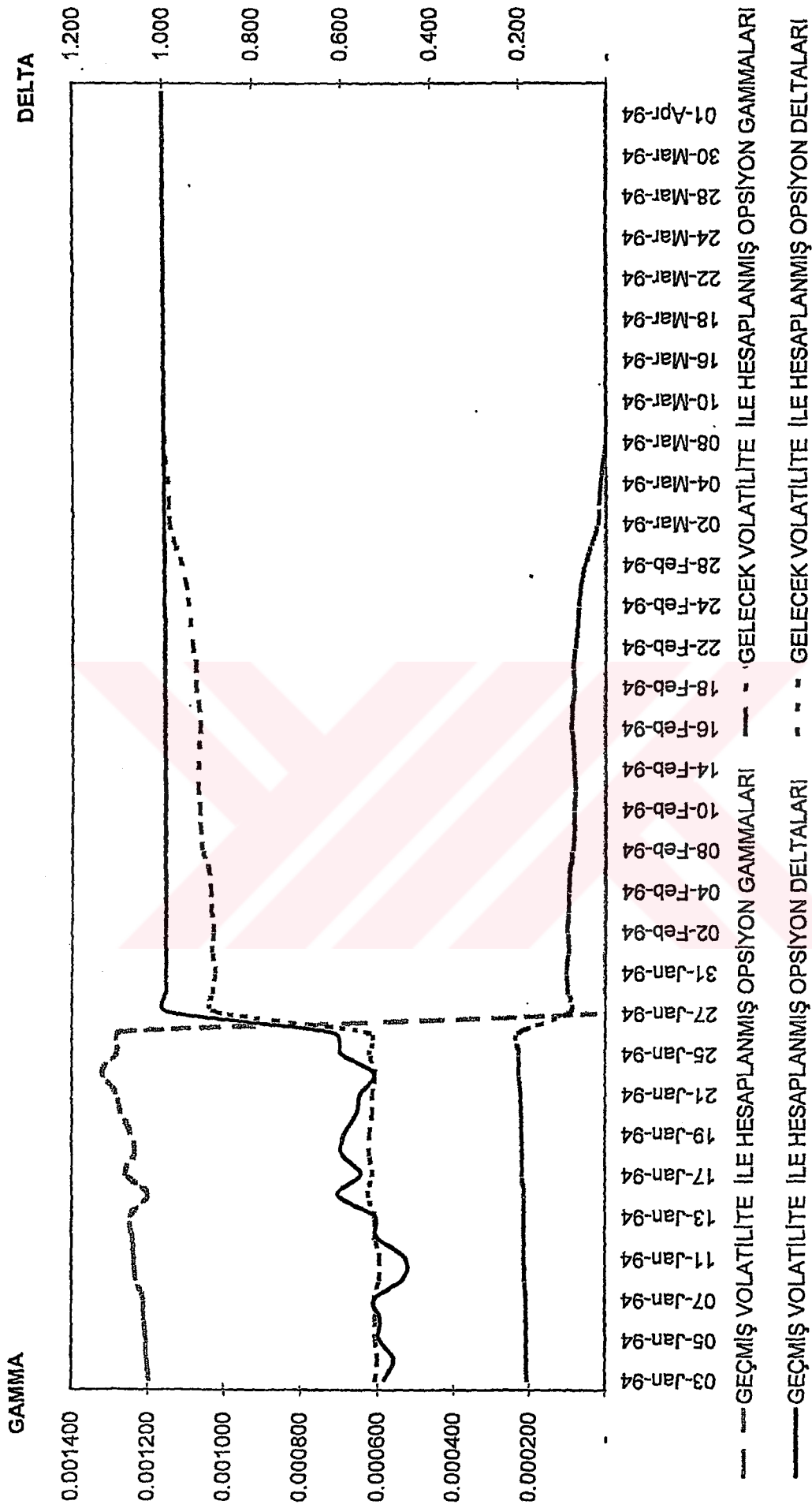
(opsiyon süresince vade ağırlıklı ortalama delta değeri 0.85 olarak hesaplanmıştır),
tutarında zararlarla karşılaştıkları saptanmaktadır. Bu zararların, oluşturulan risksiz portföylerin negatif performanslarıyla uyumlu oldukları ve toplam zarar içinde %90'ın üzerinde paya sahip bulundukları tespit edilmiştir.

Bu analiz sonucunda, risksiz portföy performanslarında oluşan normalin çok üstündeki zararlar, minör etkenler olarak volatilité öngörüsündeki yanılğı ve delta hedging hatasından, ana etken olarak da, hızla yükselen kısa vadeli faizler neticesinde oluşan, delta pozisyonlarına ait yüksek fonlama maliyetlerinden kaynaklanmaktadır.

Bilindiğı gibi Black/Scholes modeli faiz ve volatilité değışkenlerini opsiyon ömrü süresince sabit olarak kabul etmektedir. Ancak opsiyona konu türev enstrüman ile kısa dönemli faiz oranları arasında yüksek korelasyon olduğı durumun incelendiğı bu çalışmada, oluşturulan risksiz portföy performansları, gerçekleşen volatilitelerin kullanıldığı durumlarda bile opsiyon priminin 7.7 katı düzeyinde negatif getirilerle sonuçlanmıştır. Ancak Black/Scholes modelinin teorisinde, fiyatlamada kullanılan volatilitenin, gerçekleşen volatilitéye eşit olduğı durumlarda, deltanötr portföy performansının, opsiyon primiyle başa baş noktasında (işlem maliyetleri hariç) bir zararla sonuçlanması beklenmektedir. İncelenen dönemde, spot döviz kuru üzerinde yaşanan yüksek volatilitenin, kısa dönemli faiz oranları üzerinde normalin çok üstünde artışlara neden olduğı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda, taşınan delta pozisyonlarının, yüksek oranlı TRL fonlama maliyetlerinin etkisiyle, yine normalin çok üstünde negatif getirilere neden olduğı saptanmıştır. Bu sonucu farklı bir açıdan doğrulayan test, delta hedging sürecinde forward kontratların kullanıldığı üçüncü bölümde ayrıca yapılmaktadır.

Sonuç olarak, Türk Lirası benzeri zayıf para birimleri üzerine yazılan opsiyonlar, opsiyon işlemelerinin bir volatilit alım satımıyla özdeş tutulduğu gelişmiş piyasalardaki volatilit öngörüsünün doğruluğuna paralel oluşan getiri/risk performansına ek ve daha da önemli olarak, kur ve faiz arasındaki yüksek korelasyondan kaynaklanan, değişken kısa vadeli faiz oranları ve spot fiyatlarda yaşanabilen sıçramalar (devalüasyon) gibi Black/Scholes modelinde fiyata yansıtılamayan, önemli artık risklere maruz kalabilmektedirler. Bu açıdan fiyatlamaya konu volatilit girdisi üzerinde yapılacak ayarlamalar, sözü geçen artık risklerin opsiyon fiyatına belli ölçüde de olsa yansıtılabilmesi açısından önem kazanmaktadır.





Şekil 5.1 : Geçmiş ve Gerçekleşen Volatiteyi Baz Alan Opsiyonlara İlişkin Delta ve Gamma Değerleri

5.3.2. Forward Volatilitelerin ve Stokastik Değişkenlerin Baz

Alındığı Durum

İlk bölümde yer alan iki volatilité girdisine (geçmiş üç aylık volatilité ve opsiyon döneminde gerçekleşen üç aylık volatilité) ek olarak, uygulama bölümünde açıklandığı gibi, aynı dönemlere ilişkin forward kur volatilitelerinin kullanılmasıyla oluşturulan risksiz portföy performanslarında iyileşmeler saptanmıştır. Kullanılan forward kur volatiliteleri geçmiş üç aylık dönem için %5.51 (Bknz. Tablo 5.2) olarak gerçekleşirken (aynı dönemin spot kur volatilitesi hatırlanacağı üzere %4.52 olarak hesaplanmıştı) opsiyon vadesini kapsayan dönem için %52.03 (Bknz. Tablo 5.2) olarak tespit edilmiştir (aynı döneme ait spot kur volatilitesi %26.18 olarak hesaplanmıştı). Volatilité seviyelerindeki artışın, bu değerler baz alınarak satılan opsiyonlarla oluşturulan risksiz portföy performanslarını, geçmiş dönemin volatilitesinin baz alındığı durumda aynı düzeyde bırakırken (volatilité değerleri çok fazla farklılık göstermediği için), gerçekleşen döneme ilişkin volatilitelerin baz alındığı durumda ise -395,951\$'dan, -328,808\$'a çıkarmıştır (Bknz. Tablo 5.2). Sonuç olarak, forward kur volatiliteleri kullanılarak satılan opsiyonlarda, faiz oranlarındaki değişkenliğin de bir ölçüde iskonto edildiği vadeli kur volatilitelerinin kullanılmasının, ilk bölümde belirtilen spot kur volatilitesi/faiz oranları arasındaki korelasyondan kaynaklanan artık risklerin negatif etkisini azaltıcı yönde etki yaptığı saptanmıştır. Dolayısıyla, opsiyon fiyatlamasında spot kur yerine, forward kur volatilitelerinin referans olarak alınması, söz konusu risklerin opsiyon fiyatına yansıtılmasına belli ölçüde olanak vermesi açısından önem kazanmaktadır.

Bu bölümün ikinci kısmında ise, delta hedging sürecinin uygulamasına yönelik oluşturulan kontrollü testin sonuçları analiz edilmektedir. Yine 5.2.3 no'lu uygulama bölümünde açıklandığı gibi, ilk bölümde ve yukarıda ele alınan delta hedging süreçlerinde, sadece spot kurdaki değişim sonucunda elde edilen delta değerlerindeki değişimler belirlenmiş ve risksiz portföyün dantanötr karakteri bu değerler baz alınarak yapılan spot alım satımlarla korunmuştur. Ulaşılan risksiz portföy performansları ise 5.3.1 no'lu bölümde ve bu bölümün ilk kısmında analiz edilmiştir.

Bu bölümde ise, söz konusu sürece eklenen diğer iki aşamanın sonuçları analiz edilmektedir. Risksiz portföyler, 5.2 no'lu tabloda özetlenen ve sadece kurlardaki değişimi dikkate alan ilk aşamaya ek olarak, ikinci aşamada, değişen faiz oranlarının

da modele günlük olarak yansıtılmasıyla ve üçüncü aşamada diğer iki değişkene ek olarak, volatilitede gözlenen değişimlerin de yine günlük olarak modele girilmesiyle oluşan yeni delta değerlerinin kullanılmasıyla tekrar oluşturulmuş ve risksiz portföy performansları eklenen bu iki aşamayla birlikte tekrar hesaplanmıştır.

Şekil 5.2, 5.3 ve 5.4'de de görüldüğü gibi, delta değerlerinin zamana karşı değişimleriyle, 5.3 no'lu tabloda yer alan risksiz portföy performansları arasında net bir ilişki görülemezken, üçüncü aşama delta değerlerinin daha düşük bir varyansa sahip olduğu gözlenmektedir. Bununla beraber, ikinci ve üçüncü aşamada oluşan deltanötr portföy performansları, marjinal düzeyde de olsa, ilk aşamadaki gözlenen performanslardan her volatilitenin baz alındığı opsiyon ve risksiz portföy değerleri için daha olumlu sonuçlar vermişlerdir.

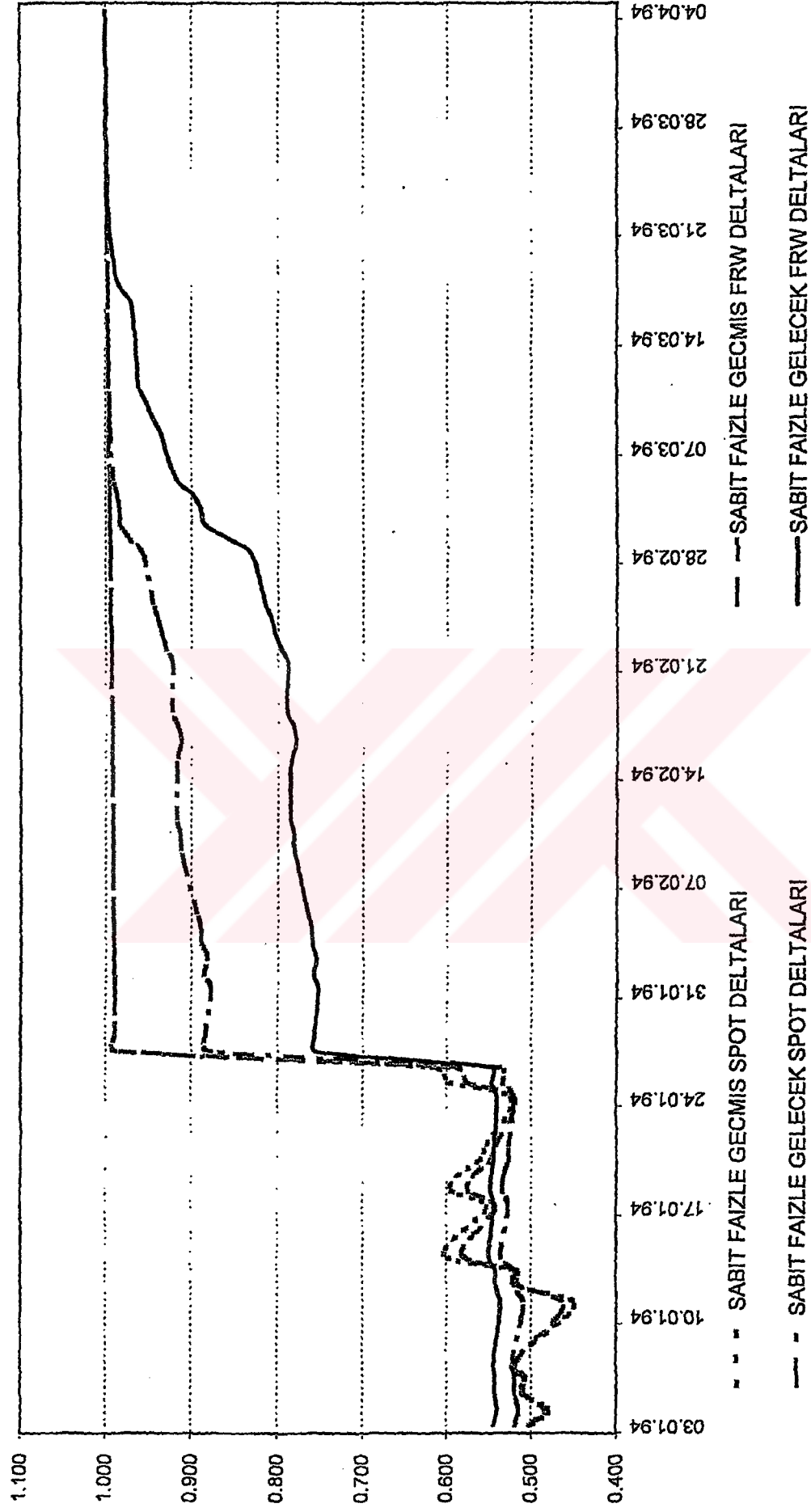
Genel bir saptama olarak, deltanötr portföy oluşturulurken, portföydeki opsiyon deltası üzerinde, portföyün theta ve rho risklerinin de dinamik olarak yönetilmesine olanak verecek şekilde, volatilité ve faiz değişkenlerinin de kurla birlikte modele yansıtılması olumlu sonuçlar vermiştir. Opsiyon döneminde spot kur hareketinin sürekli artma yönünde olduğu düşünülecek olursa, volatilitenin her iki yönde olduğu durumlarda, daha düşük delta varyansına sahip olan üçüncü aşamadaki uygulamanın, ikinci aşamadaki uygulamadan daha olumlu sonuçlar vereceği sonucu çıkartılabilmektedir. Diğer taraftan, 5.3 no'lu tabloda da görüldüğü gibi, gerçekleşen volatilitelerin kullanıldığı opsiyon ve portföylerde, üçüncü aşama performansları her iki aşamadaki uygulamalardan daha iyi sonuçlar vermişlerdir.

Yine 5.3 no'lu tabloya göre, söz konusu dönem içinde değişen faiz oranlarının modele yansıtılması sonucunda (ikinci aşama) elde edilen delta rakamlarına dayanan hedge işlemleri, sadece değişen spot kur oranlarını dikkate alan ilk aşamaya göre düşük olmakla beraber marjinal oranlarda daha az zararlarla sonuçlanmıştır. Yine hem değişen faiz oranlarını hem de hareketli 91 günlük volatilitelerdeki değişimi hedge portföydeki delta değerlerine yansıtan üçüncü aşamada ise, geçmiş volatilitenin baz alındığı ilk iki portföyün zararı ikinci aşamaya göre yine marjinal olarak büyürken, yukarıda da belirtildiği gibi gerçekleşen spot ve forward, 91 günlük hareketli volatilitelerdeki değişimin de yansıtıldığı diğer iki portföyde zarar marjinal olarak azalmıştır.

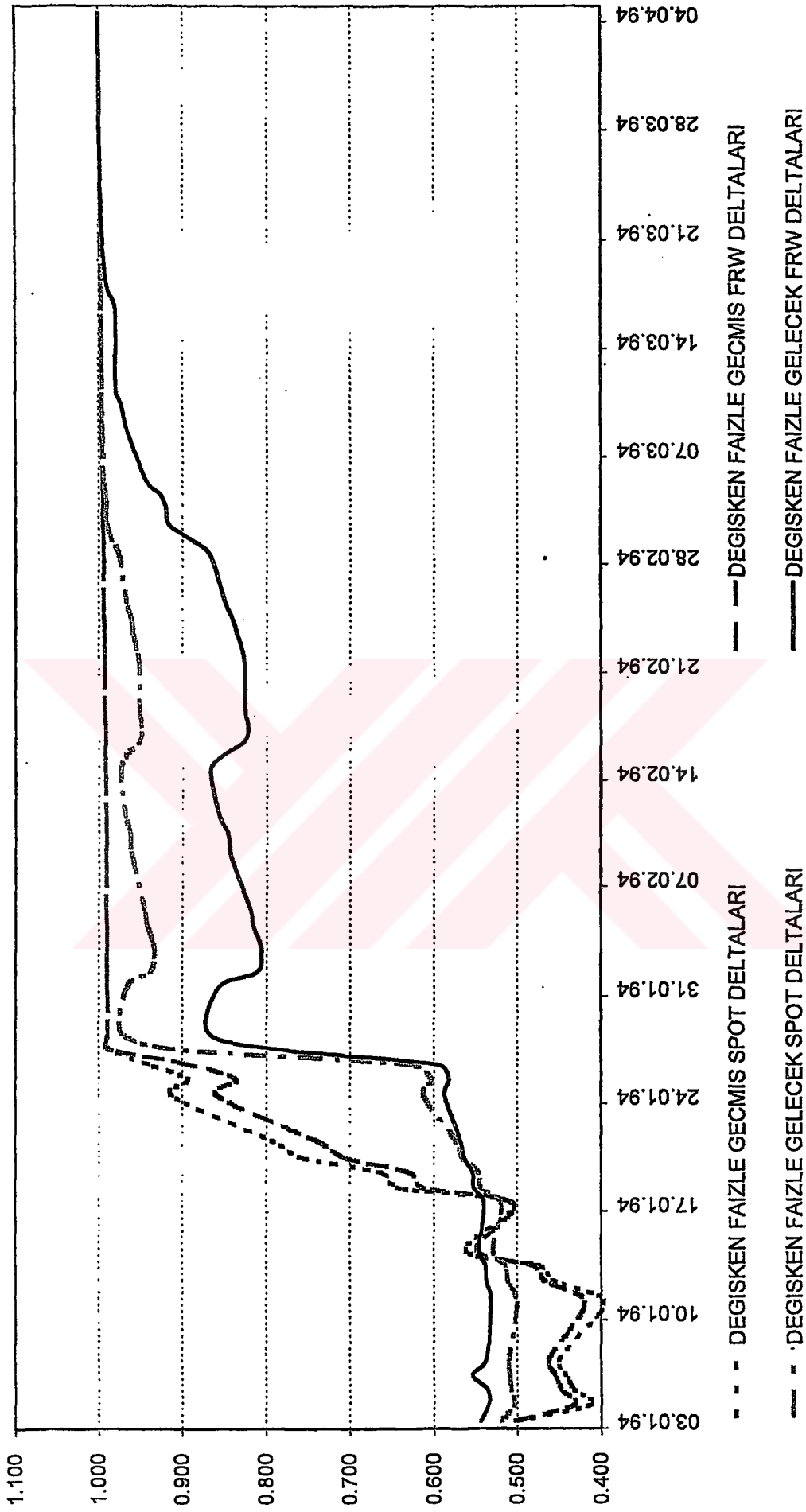
Yukarıdaki ilk bölümde forward volatilitelerin kullanıldığı duruma ilişkin analiz, bu noktada da tekrarlandığı zaman, benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır: Tablo 5.3’de de görüldüğü gibi, her üç aşamada da, geçmiş vadeli kur volatilitelerinin kullanıldığı portföyler, geçmiş spot kur volatilitelerinin kullanıldığı portföylere yakın performanslar sergilerken, gerçekleşen vadeli kur volatilitelerinin kullanıldığı portföyler, gerçekleşen spot kur volatilitelerinin kullanıldığı portföylerden çok daha olumlu sonuçlar vermişlerdir. Dolayısıyla, spot kur ve faizlerdeki korelasyonun da iskonto edildiği vadeli kur volatilitelerinin, faiz volatilitelerinin ve kur/faiz korelasyonunun yüksek olduğu ortamlarda, opsiyon fiyatlama modelleri için daha güvenilir bir girdi olarak kabul edilebileceği tezi desteklenmektedir.

Sonuç olarak, delta hedging sürecinde değişen kurla birlikte, değişen faiz oranları ve volatilitelerinin de yansıtıldığı uygulamanın, deltanötr portföy performansları açısından daha olumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır.

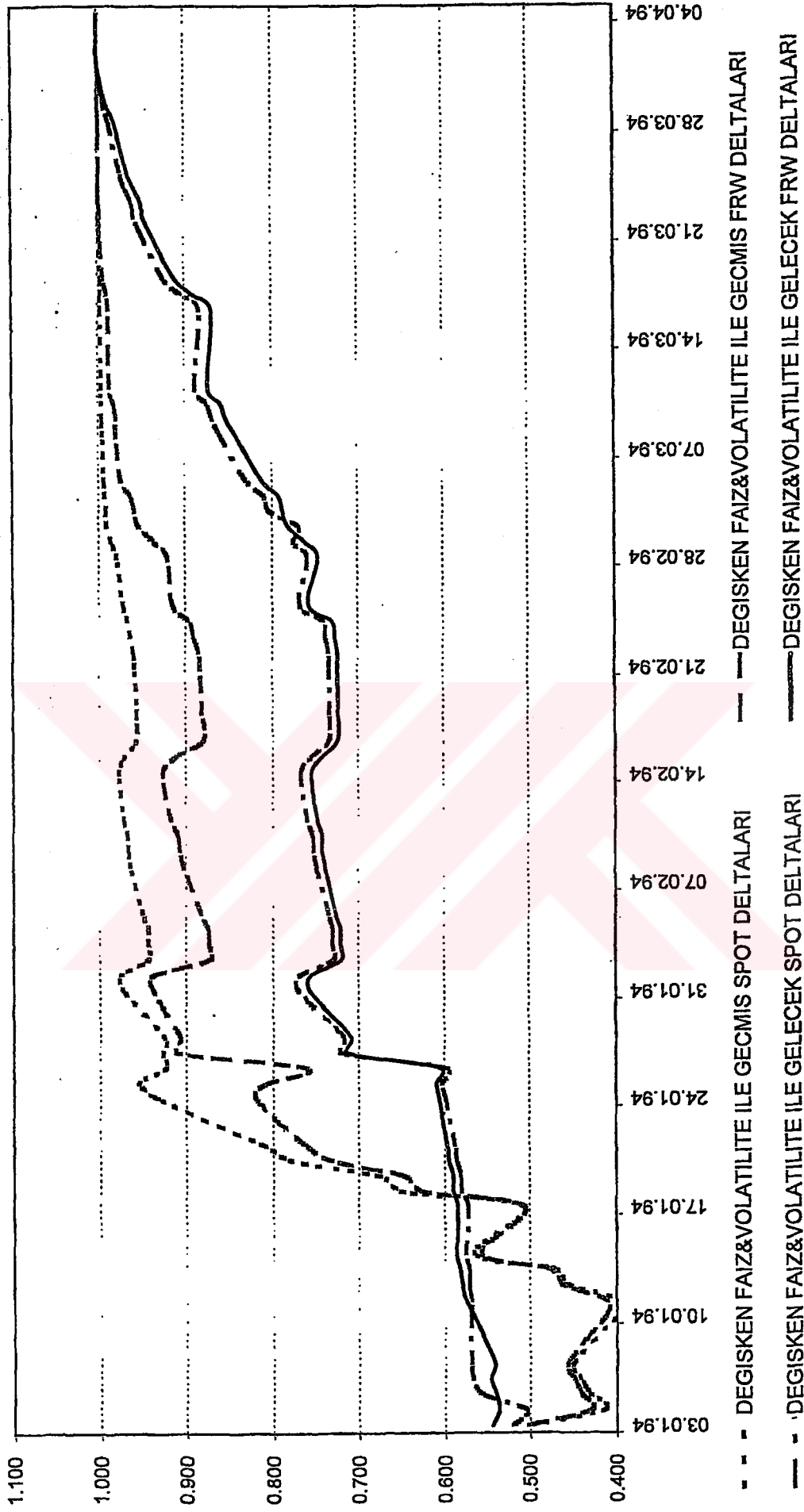




Şekil 5.2 : Hedge Deltaları - Değişken: Kur



Şekil 5.3 : Hedge Deltası - Değişken: Kur ve Faiz



Şekil 5.4 : Hedge Deltaları - Değişken: Kur, Faiz ve Volatilite

5.3.3. Forward Kontratların Kullanıldığı Durum

Uygulama bölümünde teknik olarak açıklandığı gibi, delta hedging sürecinin forward kontratlar kullanılarak gerçekleştirilmesi, kur volatilitesindeki artışa paralel bir seyir izleyen gecelik faiz oranlarındaki artıştan kaynaklanan yüksek fonlama maliyetlerinin, deltanötr portföy üzerindeki olumsuz etkisini azaltmaya yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Böylece deltanötr portföyün, fazladan bir faiz/süre (duration) riskine maruz bırakılmaması amaçlanmıştır. Tablo 5.4’de de özetlendiği gibi, bu uygulama sayesinde risksiz portföy performanslarında çok olumlu sonuçlar elde edilmiş ve risksiz portföy zararları önemli ölçüde azaltılmıştır. Özellikle gerçekleşen volatilitelerin baz alındığı portföylerde, spot volatilité girdisinin kullanıldığı opsiyonla oluşturulan risksiz portföy, Black/Scholes teorisini doğrular şekilde başabaş noktasında (-433\$) sonuçlanırken, forward kur volatilitésinin kullanıldığı opsiyonla oluşturulan risksiz portföy 34,016\$ artı bir değerle sonuçlanmıştır.

Dolayısıyla satılan opsiyonların risk yönetiminde, ilk iki bölümde elde edilen sonuçlara ek olarak, delta hedging sürecinin forward kontratlarla gerçekleştirilmesi, özellikle hem spot kur, hem de faiz oranlarındaki artan volatilitenin her iki değişkende artış yönünde bir etkiye neden olduğu düşünülecek olursa, deltanötr portföyde taşınan uzun vadeli delta pozisyonların sürekli artan gecelik faiz oranlarından fonlanması gereğini ortadan kaldırmış, bir anlamda faiz /süre (duration) riskini sınırlamış bulunmaktadır. Bu durum ise deltanötr portföy performanslarını çalışmada da görüldüğü gibi çok olumlu etkilemiştir.

6. SONUÇLAR VE GENEL DEĞERLENDİRME

Opsiyon ürünleri finansal risklerin yönetimine kazandırdıkları sigorta kavramıyla, iş ve finans dünyasında yeni bir çığır açmışlardır. Her ne kadar opsiyonların gerçek hayatta resmi anlamda kullanılışı, bundan 3,800 yıl önceki Hammurabi Kanunları'ndaki örneklerine kadar geriye gitse de [12:24], standart bir ürün olarak dünya borsalarında işlem görmeye başlamaları 1970'lerin ikinci yarısından sonra gerçekleşebilmiştir. Türev enstrümanlar, sahip oldukları karmaşık ve lineer olmayan yapılar nedeniyle, son yıllarda finansal sektörle akademik çevrelerin üzerinde en fazla ortak çalışma yaptıkları konu haline gelmişlerdir. Bu çalışmalar özellikle bu ürünlerin fiyatlandırılma modellerine ve oluşan türev enstrüman portföylerin fiyat riskinin yönetilmesine odaklanmıştır.

Bir risk yönetim aracı olarak opsiyon ürünlerinin derinlik kazanması, ancak bu ürünlerin reel sektörde yer alan şirket ve yatırımcılara sunulmasıyla gerçekleşebilmektedir. Bu ürünlere duyulan talep, finansal ve emtia piyasalarında oluşan fiyat risklerini en aza indirmeye yönelik çalışan bu ekonomik birimlerden kaynaklanırken, arz tarafının doğal olarak, finansal kurumlar tarafından karşılanması beklenmektedir. Dolayısıyla bu ürünlerin, bu hizmeti veren finansal kurumların bilançolarında (çoğunlukla bilanço dışı kalem olarak yer almaktadırlar), satın alınan pozisyonlardan çok, satış tarafında ağırlık kazandığı ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan, opsiyon ürünlerinde özellikle satış tarafında oluşan büyük zarar potansiyelleri göz önünde bulundurulduğu zaman, makro denge açısından bu ürünlerde net satıcı konumundaki finansal kurumların taşıdıkları riskler daha da belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.

Finansal kurumlar için yüksek zarar potansiyeline sahip söz konusu risklerin ise, hem bu risklerin transferi esnasında uygulanan fiyatlama modellerine gerektiği ölçüde yansıtılması, hem de risk transferinden sonraki süreçte etkin yönetilmesi gerekmektedir. Fiyatlama ve üstlenilen riskin yönetimi sürecinde, uygulanan model ve varsayımlardaki yetersizliklerden kaynaklanan ve bu nedenle sözü edilen risklerin

tümünün bu süreçlere dahil edilmesine olanak vermeyen riskler, artık riskler olarak tanımlanırken finansal literatürde model riskleri olarak da anılmaktadırlar.

Son çeyrek yüzyılda dünyada yaşanan finansal krizlerin sıklığı ve derinliği, özellikle türevsel enstrümanların arz tarafında işlem yapan finansal kurumları, bu artık risklerin fiyatlama ve risk yönetim süreçlerine etkin yansıtılmaması durumunda, iflaslara neden olabilecek büyüklükte zararlarla karşı karşıya bırakabilmektedir. 1998 yılında, LTCM adlı ABD merkezli türev enstrüman ağırlıklı bir fonun, 4 milyar Amerikan Doları tutarındaki kaybı bunun son örneğini oluşturmaktadır [12]. Bu örnek, hem dünya finansal tarihindeki en büyük fon iflası olması, hem de gelişmekte olan bir piyasa konumundaki Rusya kriziyle ateşlenen global finansal krizin sonucunda gerçekleşmiş olması açısından anlamlıdır. Zararın büyüklüğünün yanında, LTCM örneğini farklı kılan diğer bir özellik ise kurucuları arasında opsiyon fiyatlamasında devrim yaratan modelleri geliştiren ve bu alanda Nobel ödülü kazanan Robert Merton ve Myron Scholes'ün de yer alıyor olmalarıdır. Amerikan merkez bankası (*FED-Federal Reserve*) bu örnekte yaşanan iflasın global finansal sistemi tehdit etmesini önlemeye yönelik olarak devreye girmiş ve kendi liderliğinde pek çok büyük finansal kurumu da içeren bir konsorsiyumun finansal desteğiyle, bu muhtemel bulaşıcı etki ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır [12:223].

Özellikle 1998 yılında yaşanan global finansal krizle birlikte, yukarıda vurgulanan model risklerine eleştirel bakış, türev enstrüman fiyatlama modellerinin dayanak noktası olan, özellikle birkaç ana varsayımın üzerinde odaklanmaya başlamıştır. Bunlar kısaca, finansal varlıkların fiyatının lognormal bir dağılım izlemesi, fiyatın zamanın sürekli bir fonksiyonu olması ve riskin dağıtılarak sistematik olmayan riskin minimuma indirgenmesine dayalı varsayımlar olarak özetlenebilmektedir. Gerçekten de son çeyrek yüzyılda yaşanan finansal krizler, finansal varlık fiyatlarındaki hareketlerin, ve özellikle uç noktadaki gelişmelerin normal dağılımda öngörülenden daha sık ve daha büyük gerçekleşmesine tanık olmaktadır. Diğer taraftan, finansal krizlerin yaşandığı ortamlarda kaybolan likiditeyle birlikte fiyatlarda meydana gelebilen sıçramalar, finansal varlık fiyatlarının zamanın sürekli bir fonksiyonu olduğu varsayımına dayanan modellerin, sözü edilen artık riskleri yüksek oranda içerdiği konusundaki eleştirileri haklı çıkarır nitelikte bulunmaktadır. Ayrıca yine global finansal krizlerin yaşandığı dönemlerde, belli başlı para

birimlerine (*hard currency*) ait nakit değerler dışındaki finansal varlıkların pozitif korelasyon özelliği göstererek, sistematik olmayan riskin dağıtılmasından doğan ve piyasaların normal işleyiş sürecinde çok net gözlenen avantajları da en aza indirdiği sonucunu doğurmaktadır [12:88-97]. 1976-1996 Yıllarını kapsayan ampirik bir çalışmada özellikle opsiyon yazan finansal kurumlar için model riskinin çok yüksek olduğu belirlenmiştir [49]. Aynı çalışmada söz konusu risklerin azaltılmasına yönelik olarak, en doğru fiyatlama ve etkin volatiliteler tahmini modellerinin kullanılmasının yanı sıra, sözü edilen artık risklerin bir ölçüde fiyata yansıtılabilmesi için en etkin yöntem olarak, kullanılan (diğer bir ifadeyle satılan) volatilitelerin belli bir marjla artırılması önerilmiştir.[49:1496]

Bu çalışmada da opsiyon ürünleri, öncelikle tanım, terminoloji ve opsiyon değerini etkileyen parametrelerin analizinden başlayarak, fiyatlama modelleri, fiyat riskine ilişkin yönetim teknikleri ve Türkiye finansal piyasalarındaki türevsel ürün uygulamalarını kapsayacak şekilde incelenmiştir. Çalışmanın, TRL/döviz opsiyonlarının fiyatlama ve risk yönetim sürecine ilişkin uygulamaya yönelik hipotezlerin test edildiği bölümünde ise, yukarıda söz edilen, model ve varsayımlardaki yetersizliklerden kaynaklanan artık risklerin ampirik bir çalışmaya dayalı analizine yer verilmiştir.

Çalışmada, özellikle kur volatilitesi ve kısa dönemli faiz oranları arasındaki yüksek korelasyondan kaynaklanan ve bu tür korelasyonların (opsiyona konu türev enstrüman fiyatı ile faiz oranları arasındaki korelasyon) Black/Scholes modelinin kesinliği üzerindeki negatif etkisine bağlı olarak, fiyatlamaya yansıtılamayan riskler analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra, devalüasyon kaynaklı fiyat sıçramaları, özellikle delta hedging prosesine dayalı risk yönetim tekniğinin uygulandığı durumlarda, mutlak değeri yüksek negatif gama nedeniyle delta hedging hatası üzerindeki etkisi artan, ve yine fiyatlamaya yansıtılamayan riskler olarak çalışmada incelenmiştir. Ayrıca faiz oranlarının stokastik yapısı gereği, delta hedging sürecinde oluşabilecek ve yukarıda söz edilen yüksek korelasyon nedeniyle etkisi artan vade (*duration*) riskinin de analizi, önerilen alternatif forward hedge yönteminin testiyle birlikte çalışmada yer almıştır.

Ekim 1993 ve Nisan 1994 dönemi, yukarıda söz edilen artık risklerin açığa çıktığı ve net olarak gözlenebildiği bir dönem olması açısından ampirik çalışma için özellikle

seçilmiştir. Bu dönemde yazıldığı varsayılan, üç aylık %50 delta'lı opsiyonlarla kurulan delta nötr portföy performansları, uygulamaya yönelik önerilen modelin test çalışmasını oluşturmuştur. Ampirik çalışmanın analizinden çıkan bulgular aşağıdaki gibi dört ana başlık halinde özetlenebilmektedir.

- Özellikle Türk Lirası gibi merkez bankası kontrolünde peg uygulanan zayıf para birimleri için, geçmiş volatilitenin, gelecekteki volatilitenin çok zayıf bir göstergesi olarak kabul görmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu bulgu, farklı finansal varlıklar üzerinde yapılan benzer ampirik çalışmalar tarafından da doğrulanırken, zayıf etkin piyasa teorisiyle de uyum göstermektedir. Sonuç olarak, sadece geçmiş dönemdeki spot piyasa volatilitelerini baz alarak yapılan opsiyon fiyatlandırmalarında, opsiyon primlerinin, hem volatilitenin öngörüsündeki yetersizlikten hem de model risklerinden kaynaklanan düşük değerlendirme riski artmaktadır.
- Opsiyon fiyatlama modelinde volatilitenin girdisi olarak, spot fiyat volatilitesi yerine, kur/faiz korelasyonunu da iskonto eden forward kur volatilitesinin referans alınması, yukarıda sözü edilen, kur volatilitesi ve faiz oranları arasındaki yüksek korelasyondan ve devalüasyon kaynaklı fiyat sıçramalarından kaynaklanan risklerin opsiyon fiyatına belli ölçüde de olsa yansıtılabilmesine olanak sağlamıştır.
- Satılan opsiyon pozisyonlarının riskinin yönetiminde, değişen spot fiyatlara ek olarak, faiz ve volatilitenin de gerçek hayattaki stokastik yapılarına paralel bir şekilde (bu değişkenler bilindiği gibi Black/Scholes modelinde opsiyon süresince sabit kabul edilmektedirler) delta hedging sürecine dahil edilmeleri, risksiz portföy performanslarını (özellikle gerçekleşen volatilitelerle satılan opsiyonlarla oluşturulan risksiz portföylerde) iyileştirmiştir. Sonuç olarak kullanılan fiyatlama modelinde her ne kadar faiz ve volatilitenin değişkenleri sabit olarak ele alınmış olsa da, sonrasında uygulanan fiyat riskinin yönetiminde, bu değişkenlerin stokastik yapısının göz önünde bulundurulması, olumlu sonuçlar vermiştir.
- Delta hedging sürecinin spot piyasa yerine forward kontratlarla gerçekleştirilmesi, risksiz portföy performanslarını, artık risklerden

kaynaklanan maliyetleri ortadan kaldıracak ve model teorisiyle örtüşecek şekilde, ciddi ölçüde arttırmıştır. Zayıf para birimleri için uygulanan döviz kuru rejimlerinde, kur bandının üst sınırda aşılmasına ve buna paralel artan kur volatilitesine karşı merkez bankaları çoğunlukla, kısa dönemli faizlerde yüksek oranlı artışlara giderek refleks göstermektedirler. Bu nedenle satılan call opsiyonlarına ilişkin, delta hedging sürecinde açığa çıkan faiz/vade riskinin, forward kontratlar kullanılarak en aza indirilmesi, risksiz portföy performansları açısından çok olumlu sonuçlar vermiştir.

Döviz karşı Türk Lirası üstüne yazılan opsiyonların fiyatlama ve risk yönetiminde, gelişmiş piyasalardaki volatilitate alım satımıyla özdeş tutulan yapılara paralel bir şekilde, volatilitate tahminindeki doğruluk büyük önem arzederken, oluşan volatilitate ve kur riskinin yanında, oluşan faiz/süre riski de yukarıda söz edilen artık riskler içinde büyük paya sahip bulunmaktadır. Bu sonuç, yapılan ampirik çalışmada, gerçekleşen volatilitateyle dahi satılan opsiyonlarla oluşturulan risksiz portföylerde oluşan büyük zararlarda, net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Volatilitate tahmininde referans olarak vadeli kurların kullanılması, artık risklere karşı belli bir koruma sağlasa da, delta hedging sürecinde oluşan vade riskinin yükselen faiz ortamına olan hassasiyetini ortadan kaldırmamaktadır. İşte bu aşamada, delta riskinin yönetim sürecinde, spot piyasa yerine forward piyasanın kullanılması, oluşan bu vade riskinin en aza indirgenmesine olanak sağlamaktadır.

Türkiye'deki finansal piyasalarda işlem gören tezgah üstü türev ürünler ve muhtemelen ilerleyen yıllarda borsalarda da işlem görmeye başlayacak opsiyon ürünleri hacim olarak derinlik kazandıkça, özellikle bu enstrümanların fiyatlama ve risk yönetimine yönelik ilginin, hem piyasalarda, hem de akademik çevrelerde artmaya başlayacağı düşünülmektedir. Bu etkileşimin gelişmiş piyasalarda da benzer bir süreç izlediği gözlenmektedir.

Finansal kurumlarda hızlı bir şekilde artan finansal türev enstrümanların kullanımıyla birlikte, özellikle fiyat riski yönetimindeki etkinliğin ve denetimin arttırılmasına yönelik olarak, tüm dünyadaki düzenleyici ve danışman rolündeki kurum ve kuruluşların, yeni modeller ve düzenlemeler üzerinde çalışmaya başladıkları bilinmektedir. Özellikle Basle Komitesi (38:282), 1988 yılında türevsel ürünlerin de yer aldığı sermaye yeterliliği oranlarını %8'e çekerken, VAR (*Value At Risk*, riske

edilen değer) ve “Senaryo Analizi” (*Stress Testing*) tekniklerini de bankalar için standart fiyat riski izleme yöntemleri olarak önermiştir [12:107,140]. Benzer atılımları dünyadaki büyük finansal kurumların çok önceden gerçekleştirmeye başladığı ve JP Morgan’a ait *Valuometrics* ve Bankers Trust’a ait *RAROC* (*Risk Adjusted Return On Capital*, risk oranında sermaye getirisi) risk yönetim sistemlerinin, dünya finans sektöründe bir referans olarak kullanılmaya başladığı bilinmektedir. Türkiye’de de, önümüzdeki dönemde uygulamaya konulması beklenen son bankacılık yasa tasarısında, Basle Komitesi kararlarına paralel ve Avrupa Birliği normlarına uygun olarak, bankaların, “*VAR*-Riske Edilen Değer” ve “Senaryo Analizi” tekniklerine dayalı risk yönetim modellerini, kendi bnyelerinde uygulamaya geirmeleri yönünde kararlar yer aldığı bilinmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] Chance, M.D., 1991. Options & Futures, The Dryden Press, Fort Worth.
- [2] Gibson, R., Zimmerman, H., December 1994. The Benefits and Risks of Derivative Instruments: An Economic Perspective, <http://finance.wat.ch/Geneva/Papers/paper1.htm>.
- [3] Shastri, K., Sarin, A., Kumar, R., April 1998. The Impact of Options Trading on the Market Quality of the Underlying Security: An Empirical Analysis, *Journal of Finance*, 53/2.
- [4] Bernstein, L.P., 1997. Sermaye Üzerine Büyük Düşünceler, Çağdaş Wall Street'in İnanılmaz Kökenleri, Sermaye Piyasası Kurulu, Ankara.
- [5] Bodie, Z., Kane A., Marcus, J.A., 1993. Investments, Richard D. Irwin, Inc., Illinois.
- [6] Platt, B.R., 1986. Controlling Interest Rate Risk, New Techniques and Applications for Money Management, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [7] Lamoureux, C., 1991. Option Listing Does not Affect the Variance of the Underlying stock: A Cautionary Tale, Working Paper, Washington University, St. Louis.
- [8] Heston, L.S., September 1998. A simple New Formula for Options with Stochastic Volatility, *Social Science Research Network*, <http://www.papers.ssrn.com/paper.taf>
- [9] Natenberg, S., 1994. Option Volatility & Pricing, Advanced Trading Strategies and Techniques, Probus Publishing Company, New York.
- [10] Nelken, I., 1996. The Handbook of Exotic Options, Irwin Publication, Boston.
- [11] Labuzewski, W.J., Nyhoff, E.J., 1988. Trading Options on Futures, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [12] Dunbar, N., 2000. Inventing Money: The Story of Long Term Capital Management and The Legends Behind It, John Wiley & Sons, Inc., New York.

- [13] Kohn, M., 1991. Money ,Banking and Financial Markets, The Dryden Press, Chicago.
- [14] Haugen, A.R., 1997. Modern Investment Theory, Prentice –Hall, Inc., New Jersey.
- [15] Copeland, E.T., Weston, F.J., 1988. Financial Theory and Corporate Policy, Addison–Wesley Publishing Company, Inc., Massachussetts.
- [16] Cox, J., Ross, S., Rubinstein, M., 1979. Journal of Finance Ecomomics.7, 229.
- [17] Kolb, R., 1995. Understanding Options, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [18] Neftçi, N.S., 1996. An Introduction to the Mathematics of Financial Derivatives, Academic Press, San Diego.
- [19] Thomas, B.G.JR., Finney, L.R.,1984. Calculus and Analytic Geometry, Addison-Wesley Publishing Company, Massachussetts.
- [20] Hull, J.C., 1997. Options, Futures and Other Derivatives, Prentice Hall International, Inc., New Jersey.
- [21] Black, F., Scholes M., 1973. The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*, 81.
- [22] May, C.R., 1993. New Methods of Pricing Risky Debt. Valuometrics, Inc., www.valuometrics.aa.psiweb.com/Articles/Pricing.
- [23] Wilhelm, J., December 1999. Option Prices with Stochastic Interest Rates Black/Scholes and Hoo/Lee Unified, *Social Science Research Network*, <http://www.papers.ssrn.com/paper.taf>
- [24] Ledoit, O., Santa-Clara, P., September 1998. Relative Pricing of Options with Stochastic Volatility, *Social Science Research Network*, <http://www.papers.ssrn.com/paper.taf>
- [25] Whaley, E.R., Dumas, B., Fleming, J., December 1998. Implied Volatility Functions: Empirical Tests, *Journal of Finance*, 53/6.
- [26] Alexander, J.G., Sharpe, F.W., Bailey, V.J., 1993. Fundamentals of Investments, Prentice-Hall , Inc., New Jersey.
- [27] Gujarati, N.D., 1995. Basic Econometrics, McGraw-Hill, Inc., New York.
- [28] Garman, B.M., Kohlhagen, W.S., December 1983. Foreign Currency Option Values, *Journal of International Money and Finance* 2, 231-237.

- [29] Siegel, R.D., Siegel, F.D., 1993. The Futures Markets, Arbitrage, Risk Management and Portfolio Strategies, Probus Publishing Company, New York.
- [30] Stern, M.J., Chew, H.D., 1986. The Revolution in Corporate Finance, BasilBlackwell Ltd., Oxford.
- [31] Benninga, S., Mayshar, J., May 1997. Heterogeneity and Option Pricing, *Social Science Research Network*, <http://www.papers.ssrn.com/paper.taf>
- [32] Briffett, R., 1999. An introduction to Derivative Instruments and How They are Used, <http://www.law.emory.edu/~learld/deriv2.html>.
- [33] Bouchaud, J.P., Potters, M., August 1998. Back to Basics: Historical Option Pricing Revisited, *Science & Finance*, http://www.science-finance.fr/pub_option.html.
- [34] Bouchaud, J.P, Sornette, D., Potters, M., 1999. Option Pricing in the Presence of Extreme Fluctuations, www.goldencapital.com/research/reports/hedging.htm.
- [35] Rubinstein, M., Leland, H., 1980. Replicating Options with Positions in Stock and Cash, *Financial Analysts Journal*, 44.
- [36] Winston, W., 2000. Financial Models Using Simulation and Optimization, Palisade Europe.
- [37] Dogan, M., Erden, M., Ekim 1999. Derivative Instruments in Theory and Applications in Turkish Financial Markets, Uluslararası Türev İşlemleri Okulu, Euroforum, London.
- [41] Gardner, J.M., Mills, L.D., 1988. Managing Financial Institutions, An Asset/Liability Approach, The Dryden Press, Chicago.
- [38] Levi, D.M., 1990. International Finance: The Markets and Financial Management of Multinational Business, McGraw-Hill, Inc., New York.
- [39] Perotti, C.E., Cherian, A.J., September 1999. Option Pricing and Foreign Investment Under Political Risk, *Social Science Research Network*, <http://www.papers.ssrn.com/paper.taf>
- [40] Jones, B.M., Neuberger, A., April 2000. Option Prices, Implied Price Processes, and Stochastic Volatility, *Journal of Finance*, 55/2.
- [41] Hull, J.C., June 1987. The Pricing of Options with Stochastic Volatilities, *Journal of Finance*, 42, 281-300

- [43] Geczy, C., Minton, A.B., Schrand, M.C., November 1996. Why Firms Use Currency Derivatives, *Social Science Research Network*, <http://www.papers.ssrn.com/paper.taf>.
- [44] Dogan, M., Mayıs 1997. Availability and use of Derivatives as a Risk Management Tool, International Conference on Turkish Capital Markets, Euroforum, London.
- [45] Torous, N.W., Ball, A.C., December 1999. The Stochastic Volatility of Short Term Interest Rates: Some International Evidence, *Journal of Finance*, 54/6.
- [46] Campa, M.J., Chang, K.P., Refalo, F.J., June 2000. An Option-Based Analysis of Emerging Market Exchange Rate Expectations: Brazil's Real Plan, 1994-99, *Social Science Electronic Publishing*.
- [47] Vorst, T., Menkveld, B., August 1998. A Pricing Model for American Options with Stochastic Interest Rates, *Social Science Research Network*, <http://www.papers.ssrn.com/paper.taf>.
- [48] Ingber, L., Wilson, K.J., April 1999. Statistical Mechanics of Financial Markets: Exponential Modifications to Black-Scholes, *Social Science Research Network*, <http://www.papers.ssrn.com/paper.taf>.
- [49] Figlewski, S., Green, C.T., August 1999. Market Risk and Model Risk for a Financial Institution Writing Options, *Journal of Finance*, 54/4.

EK-3

GELECEK UC AYLIK DONEM SPOT KUR VOLATILITESINI BAZ ALAN USD CALL / TRL PUT OPSİYONU İLE OLUSTURULAN DELTA NÖTR PORTFÖY PERFORMANSI

İSLEM GÜNÜ	03.01.94	SPOT USD/TRL	14,538	MİKTAR	1,000,000
OPSİYON VADESİ	04.04.94	VOLATİLİTE	26.18	STRIKE	16,760
GÜN SAYISI	81	BİLESİK FAİZ	88.04	USD FAİZİ	0.089
	PRİM %		5.15		
ALINAN USD	SPOT USD/TRL	DELTA	GAMMA	TOPLAM POZİSYON	NET ALINAN SATILAN USD
03-Jan-94	14,538	0.819	0.000208	519,000	519,000
04-Jan-94	14,543	0.515	0.000208	515,000	(4,000)
05-Jan-94	14,592	0.520	0.000208	520,000	5,000
06-Jan-94	14,613	0.520	0.000209	520,000	-
07-Jan-94	14,647	0.522	0.000209	522,000	2,000
10-Jan-94	14,663	0.511	0.000213	511,000	(11,000)
11-Jan-94	14,682	0.510	0.000215	510,000	(1,000)
12-Jan-94	14,757	0.521	0.000214	521,000	11,000
13-Jan-94	14,784	0.522	0.000215	522,000	1,000
14-Jan-94	14,873	0.526	0.000215	536,000	14,000
17-Jan-94	14,900	0.527	0.000219	527,000	(9,000)
18-Jan-94	14,956	0.534	0.000219	534,000	7,000
19-Jan-94	14,974	0.533	0.000221	533,000	(1,000)
20-Jan-94	14,977	0.526	0.000222	528,000	(5,000)
21-Jan-94	14,993	0.527	0.000224	527,000	(1,000)
24-Jan-94	15,040	0.521	0.000228	521,000	(6,000)
25-Jan-94	15,120	0.534	0.000228	534,000	13,000
26-Jan-94	15,166	0.537	0.000228	537,000	3,000
27-Jan-94	17,216	0.881	0.000296	881,000	344,000
28-Jan-94	17,252	0.884	0.000298	884,000	3,000
31-Jan-94	17,204	0.878	0.000103	878,000	(6,000)
01-Feb-94	17,312	0.886	0.000086	886,000	8,000
02-Feb-94	17,285	0.882	0.000100	882,000	(4,000)
03-Feb-94	17,348	0.888	0.000097	888,000	6,000
04-Feb-94	17,367	0.889	0.000097	889,000	1,000
05-Feb-94	17,431	0.884	0.000093	884,000	5,000
08-Feb-94	17,600	0.908	0.000085	908,000	14,000
09-Feb-94	17,659	0.912	0.000083	912,000	4,000
10-Feb-94	17,671	0.913	0.000083	913,000	1,000
11-Feb-94	17,718	0.917	0.000061	917,000	4,000
14-Feb-94	17,736	0.917	0.000083	917,000	-
15-Feb-94	17,723	0.916	0.000085	916,000	(1,000)
16-Feb-94	17,884	0.912	0.000089	912,000	(4,000)
17-Feb-94	17,723	0.916	0.000087	916,000	4,000
18-Feb-94	17,814	0.923	0.000081	923,000	7,000
21-Feb-94	17,802	0.922	0.000086	922,000	(1,000)
22-Feb-94	17,889	0.929	0.000080	929,000	7,000
23-Feb-94	17,966	0.935	0.000075	935,000	6,000
24-Feb-94	18,015	0.939	0.000071	939,000	4,000
25-Feb-94	18,099	0.945	0.000088	945,000	6,000
28-Feb-94	18,280	0.998	0.000056	998,000	11,000
01-Mar-94	18,557	0.971	0.000038	971,000	15,000
02-Mar-94	18,958	0.983	0.000021	983,000	12,000
03-Mar-94	19,005	0.984	0.000019	984,000	1,000
04-Mar-94	19,143	0.987	0.000015	987,000	3,000
05-Mar-94	19,495	0.991	0.000003	991,000	4,000
08-Mar-94	19,722	0.994	-	994,000	3,000
09-Mar-94	19,826	0.995	-	995,000	1,000
10-Mar-94	20,056	0.995	-	995,000	-
11-Mar-94	20,249	0.999	-	999,000	1,000
16-Mar-94	20,180	0.997	-	997,000	1,000
17-Mar-94	20,591	0.997	-	997,000	-
18-Mar-94	20,676	0.997	-	997,000	-
21-Mar-94	21,436	0.998	-	998,000	1,000
22-Mar-94	21,548	0.998	-	998,000	-
23-Mar-94	21,593	0.998	-	998,000	-
24-Mar-94	21,653	0.998	-	998,000	-
25-Mar-94	21,685	0.998	-	998,000	-
28-Mar-94	21,685	0.999	-	999,000	1,000
29-Mar-94	21,669	0.999	-	999,000	-
30-Mar-94	21,959	0.999	-	999,000	-
31-Mar-94	22,138	0.999	-	999,000	-
01-Apr-94	22,280	1.000	-	1,000,000	1,000
04-Apr-94	22,617	1.000	-	1,000,000	-
					HEDGE PORTF ÖĞERİ \$ (1,202,089)
					FONLAMA GETİRİ \$ 1,012,634
					OPSİYON KULLANIMI \$ 741,046
					PRİM GETİRİSİ \$ 52,237
					OPSİYON MİKTARI \$ (1,000,000)
					NET KAR-ZARAR \$ (399,951)

GELECEK ÜÇ AYLIK DÖNEM FORWARD KUR VOLATİLİTESİNİ BAZ ALAN USD CALL / TRY PUT OPSİYONU İLE OLUŞTURULAN DELTA NÖTR PORTFÖY PERFORMANSI

1,000,000
16,760
0.060

HEDGE PORTF DEGERI	\$	(1,186,669)
FONLAMA GETIRI	\$	1,012,017
OPSIYON KULLANIMI	\$	741,048
PRIM GETIRISI	\$	104,698
OPSIYON MIKTARI	\$	(1,000,000)
NET KAR-ZARAR	\$	(328,808)

EK-6 GECMIS UC AYLIK DONEM FORWARD KUR VOLATILITESINI BAZ ALAN USD CALL / TRL PUT OPSİYONU İLE OLUSTURULAN DELTA NÖTR PORTFÖY PERFORMANSI

İSLEM GÜNÜ	03.01.84	SPOT USDTRL	14,538	MIKTAR	1,000,000
OPSİYON VADESİ	04.04.84	VOLATİLİTE	5.51	STRIKE	18,780
GÜN SAYISI	81	BİLESİK FAİZ	DEĞİSKEN	USD FAİZİ	0,080
		PRİM %	1.08		

ALINAN USD	SPOT USDTRL	DELTA	TOPLAM POZİSYON	NET ALINAN SATILAN USD	TUTAR TRL	FONLANAN TUTAR	FONLAMA ORANI O/N	FONLAMA MALİYETİ	USD GETİRİ O/N	TOPLAM USD GETİRİ
03-Jan-84	14,538	0.602	502,000	502,000	7,288,078,000	7,288,078,000	67.03	13,588,612	\$ 83.87	\$ 502,000.00
04-Jan-84	14,543	0.433	433,000	(89,000)	(1,003,457,340)	8,308,207,272	67.88	11,884,475	\$ 72.18	\$ 433,083.67
05-Jan-84	14,582	0.447	447,000	14,000	204,284,840	8,524,388,387	68.85	12,877,245	\$ 74.53	\$ 447,155.85
06-Jan-84	14,613	0.455	455,000	8,000	118,901,780	8,653,855,393	69.88	12,912,390	\$ 75.87	\$ 455,230.37
07-Jan-84	14,647	0.482	482,000	7,000	102,928,580	8,789,404,392	69.91	38,309,187	\$ 231.15	\$ 482,309.24
10-Jan-84	14,883	0.423	423,000	(59,000)	(571,842,180)	8,235,871,339	69.58	12,082,554	\$ 70.59	\$ 423,537.40
11-Jan-84	14,882	0.423	423,000	-	-	8,247,823,893	69.42	12,048,080	\$ 70.80	\$ 423,607.99
12-Jan-84	14,787	0.467	467,000	44,000	849,328,920	8,909,298,893	69.45	13,328,188	\$ 77.95	\$ 467,878.69
13-Jan-84	14,784	0.480	480,000	13,000	192,188,810	7,114,824,892	69.83	13,741,484	\$ 80.13	\$ 480,766.54
14-Jan-84	14,873	0.549	549,000	69,000	1,028,250,110	8,154,818,488	66.41	45,130,114	\$ 274.92	\$ 549,836.66
17-Jan-84	14,900	0.505	505,000	(44,000)	(869,808,160)	7,544,340,448	69.58	14,577,342	\$ 84.35	\$ 508,111.58
18-Jan-84	14,958	0.612	812,000	107,000	1,600,285,210	8,169,213,002	69.18	17,695,866	\$ 102.20	\$ 813,185.93
18-Jan-84	14,974	0.629	629,000	17,000	254,557,830	9,431,366,897	70.00	18,338,769	\$ 105.06	\$ 630,286.13
20-Jan-84	14,977	0.708	708,000	78,000	1,183,182,210	10,632,887,878	112.88	33,280,938	\$ 118.23	\$ 709,403.18
21-Jan-84	14,993	0.737	737,000	29,000	434,785,550	11,100,884,184	114.80	108,189,224	\$ 389.28	\$ 738,521.41
24-Jan-84	16,040	0.869	859,000	122,000	1,834,882,920	13,042,028,308	185.00	67,021,524	\$ 143.48	\$ 880,880.88
25-Jan-84	18,120	0.838	838,000	(23,000)	(347,753,100)	12,781,284,732	149.81	82,899,368	\$ 139.87	\$ 838,034.16
26-Jan-84	15,158	0.894	894,000	68,000	879,026,540	13,693,319,838	160.00	72,270,288	\$ 148.38	\$ 895,173.83
27-Jan-84	17,218	0.989	989,000	95,000	1,635,472,500	15,401,082,438	86.86	37,073,780	\$ 168.22	\$ 991,323.19
28-Jan-84	17,252	0.988	988,000	-	-	15,438,136,218	89.75	115,484,394	\$ 495.74	\$ 981,488.41
31-Jan-84	17,204	0.980	980,000	1,000	17,203,520	15,570,804,130	89.75	38,818,880	\$ 165.50	\$ 992,984.16
01-Feb-84	17,312	0.980	980,000	-	-	15,809,823,010	450.00	198,120,288	\$ 169.62	\$ 993,149.65
02-Feb-84	17,285	0.980	980,000	-	-	16,804,743,297	261.40	110,369,791	\$ 165.65	\$ 993,315.18
03-Feb-84	17,348	0.980	980,000	-	-	15,915,113,088	100.80	44,882,317	\$ 165.58	\$ 993,480.73
04-Feb-84	17,397	0.980	980,000	-	-	15,889,676,408	182.18	67,465,085	\$ 165.61	\$ 993,648.31
05-Feb-84	17,431	0.991	991,000	1,000	17,431,070	16,044,571,589	127.78	170,847,848	\$ 497.41	\$ 994,811.92
08-Feb-84	17,600	0.991	991,000	-	-	16,215,419,516	130.78	58,899,007	\$ 165.88	\$ 995,309.33
09-Feb-84	17,856	0.991	991,000	-	-	16,274,317,823	135.87	61,421,987	\$ 165.81	\$ 995,475.21
10-Feb-84	17,671	0.991	991,000	-	-	16,335,738,509	151.48	68,737,162	\$ 165.94	\$ 995,641.12
11-Feb-84	17,718	0.991	991,000	-	-	16,404,478,871	411.60	682,873,550	\$ 497.90	\$ 995,807.06
14-Feb-84	17,738	0.882	882,000	1,000	17,738,460	16,984,888,681	384.00	181,172,125	\$ 168.22	\$ 997,304.97
15-Feb-84	17,723	0.882	882,000	-	-	17,168,058,805	304.00	144,957,830	\$ 168.25	\$ 997,471.18
16-Feb-84	17,684	0.992	992,000	-	-	17,311,018,835	198.00	94,248,888	\$ 168.27	\$ 997,637.43
17-Feb-84	17,723	0.992	992,000	-	-	17,405,285,504	148.00	71,554,880	\$ 168.30	\$ 997,803.70
18-Feb-84	17,814	0.993	993,000	1,000	17,814,300	17,484,834,784	141.00	205,561,959	\$ 499.49	\$ 998,970.00
21-Feb-84	17,802	0.993	993,000	-	-	17,700,188,743	107.00	62,808,818	\$ 168.58	\$ 999,469.49
22-Feb-84	17,889	0.993	993,000	-	-	17,762,805,881	111.21	54,841,375	\$ 168.61	\$ 999,638.07
23-Feb-84	17,965	0.993	993,000	-	-	17,807,847,038	118.94	58,834,487	\$ 168.83	\$ 999,802.67
24-Feb-84	18,018	0.994	994,000	1,000	18,014,800	17,884,488,424	123.39	81,299,111	\$ 168.83	\$ 1,000,569.31
26-Feb-84	18,099	0.994	994,000	-	-	17,945,795,535	141.32	211,341,652	\$ 500.57	\$ 1,001,138.13
28-Feb-84	18,280	0.994	994,000	-	-	18,157,137,187	187.48	84,471,037	\$ 168.94	\$ 1,001,838.70
01-Mar-84	18,557	0.994	994,000	-	-	18,241,808,224	181.30	81,732,539	\$ 168.97	\$ 1,001,803.64
02-Mar-84	18,958	0.995	995,000	1,000	18,958,010	18,342,288,773	218.84	108,972,271	\$ 167.18	\$ 1,002,970.81
03-Mar-84	19,005	0.995	995,000	-	-	18,452,271,045	224.85	115,147,297	\$ 167.19	\$ 1,003,137.77
04-Mar-84	18,143	0.995	995,000	-	-	18,687,418,342	186.85	101,527,875	\$ 167.22	\$ 1,003,304.98
05-Mar-84	19,455	0.995	995,000	-	-	18,688,948,017	188.02	288,389,778	\$ 501.74	\$ 1,003,472.18
08-Mar-84	19,722	0.995	995,000	1,000	19,722,480	18,978,068,275	189.88	100,098,767	\$ 167.60	\$ 1,004,973.91
09-Mar-84	19,928	0.995	995,000	-	-	19,078,187,042	218.74	115,921,083	\$ 167.52	\$ 1,005,141.41
10-Mar-84	20,058	0.995	998,000	-	-	19,184,088,104	223.89	119,371,233	\$ 167.55	\$ 1,005,308.93
11-Mar-84	20,249	0.998	998,000	-	-	19,313,468,337	888.68	1,868,791,785	\$ 837.90	\$ 1,006,476.48
16-Mar-84	20,180	0.997	997,000	1,000	20,180,800	21,202,410,722	190.74	112,337,439	\$ 167.89	\$ 1,007,314.38
17-Mar-84	20,591	0.997	997,000	-	-	21,314,748,162	201.17	118,107,997	\$ 167.91	\$ 1,007,482.27
18-Mar-84	20,976	0.997	997,000	-	-	21,433,858,168	237.22	423,711,813	\$ 503.83	\$ 1,007,650.18
21-Mar-84	21,438	0.998	998,000	1,000	21,438,040	21,879,008,812	400.00	243,100,065	\$ 168.19	\$ 1,008,154.01
22-Mar-84	21,548	0.998	998,000	-	-	22,122,105,879	431.64	285,182,599	\$ 168.22	\$ 1,008,322.20
23-Mar-84	21,553	0.998	998,000	-	-	22,387,288,476	600.00	310,834,682	\$ 168.25	\$ 1,008,490.42
24-Mar-84	21,553	0.998	998,000	-	-	22,698,223,038	500.00	315,283,098	\$ 168.28	\$ 1,008,658.67
25-Mar-84	21,685	0.998	998,000	-	-	23,013,476,138	880.30	1,268,316,524	\$ 504.91	\$ 1,008,828.94
28-Mar-84	21,685	0.999	999,000	1,000	21,684,540	24,301,477,200	584.45	394,527,732	\$ 168.58	\$ 1,011,331.68
29-Mar-84	21,898	0.999	999,000	-	-	24,698,004,932	581.03	398,588,880	\$ 168.58	\$ 1,011,500.41
30-Mar-84	21,959	0.999	999,000	-	-	26,084,581,581	471.80	328,739,150	\$ 168.61	\$ 1,011,869.00
31-Mar-84	22,138	0.999	999,000	-	-	25,423,330,741	288.45	204,410,841	\$ 168.64	\$ 1,011,837.61
01-Apr-84	22,280	1.000	1,000,000	1,000	22,280,330	26,650,031,712	289.45	618,700,140	\$ 508.60	\$ 1,013,068.25
04-Apr-84	22,617	1.000	1,000,000	-	-	26,288,731,862	-	-	\$	\$ 1,013,512.75

HEDGE PORTF DEĞERİ	\$ (1,181,476)
FONLAMA GETİRİ	\$ 1,013,513
OPSİYON KULLANIMI	\$ 741,046
PRİM GETİRİSİ	\$ 11,093
OPSİYON MIKTARI	\$ (1,000,000)
NET KAR-ZARAR	\$ (395,829)

EK-13 GEÇMİŞ ÜÇ AYLIK DÖNEM SPOT KUR VOLATİLİTESİNİ BAZ ALAN USD CALL / TRY PUT OPSİYONU İLE OLUŞTURULAN DELTA NÖTR PORTFÖY PERFORMANSI

	ISLEM GUNU	03.01.94	SPOT USDTRL	14,538	MIKTAR	1,000,000			
	OPSIYON VADESİ	04.04.94	VOLATILITE	4.52	STRIKE	16,780			
	GÜN SAYISI	91	BİLEŞİK FAİZ	88.04	USD FAİZİ	0.060			
			PRİM %	0.90					
	ALINAN USD	SPOT USDTRL	DELTA	FRW RATIO	YILLIK BİLEŞİK FAİZ	VADEYE FRW USDTRL	VADEDE TOPLAM NET ALINAN - SATILAN POZİSYON USD	TUTAR TRL	
91	03-Jan-94	14,538	0.500	0.427	88.04	68.39	16,835	427,165	(7,191,479,025)
90	04-Jan-94	14,543	0.479	0.411	85.17	66.54	16,797	411,490	263,281,007
89	05-Jan-94	14,592	0.511	0.440	84.58	68.10	16,745	440,075	28,585
88	06-Jan-94	14,613	0.509	0.439	85.09	66.37	16,761	438,788	(21,610,540)
87	07-Jan-94	14,647	0.522	0.451	84.83	66.18	16,772	450,804	12,117
84	10-Jan-94	14,663	0.458	0.397	85.44	66.36	16,779	397,321	(53,562)
83	11-Jan-94	14,682	0.452	0.393	85.67	66.45	16,733	392,870	(4,652)
82	12-Jan-94	14,757	0.517	0.450	85.29	66.15	16,733	450,107	(981,103,248)
81	13-Jan-94	14,784	0.622	0.455	85.79	68.40	16,785	454,956	(81,401,747)
80	14-Jan-94	14,873	0.603	0.528	86.06	66.51	16,801	528,278	(1,168,245,475)
77	17-Jan-94	14,900	0.552	0.484	85.82	69.19	16,881	484,364	(41,814)
76	18-Jan-94	14,956	0.594	0.519	90.39	68.91	16,828	519,468	(590,735,430)
75	19-Jan-94	14,974	0.587	0.513	91.84	69.71	16,951	513,452	(8,016)
74	20-Jan-94	14,977	0.582	0.489	98.77	73.71	16,971	488,932	(24,520)
73	21-Jan-94	14,993	0.553	0.481	101.80	75.27	17,070	480,848	(8,284)
70	24-Jan-94	15,040	0.524	0.452	118.30	83.15	17,108	481,933	(28,715)
69	25-Jan-94	15,120	0.598	0.517	118.30	83.08	17,395	516,847	(1,129,198,390)
68	26-Jan-94	15,156	0.814	0.535	109.30	79.18	17,362	535,088	(316,354,047)
67	27-Jan-94	17,216	0.989	0.858	116.70	83.09	17,262	656,115	(5,576,347,236)
66	28-Jan-94	17,252	0.989	0.892	113.20	81.13	16,898	862,471	(85,798,094)
63	31-Jan-94	17,204	0.988	0.810	218.60	128.28	16,842	809,720	(52,751)
62	01-Feb-94	17,312	0.990	0.817	208.90	124.31	20,888	817,397	7,678
61	02-Feb-94	17,285	0.990	0.856	138.50	93.55	20,845	856,147	(807,744,301)
60	03-Feb-94	17,345	0.990	0.861	134.40	91.44	19,864	860,637	(69,208,025)
59	04-Feb-94	17,367	0.990	0.862	134.70	91.48	19,832	862,470	(38,343,605)
58	05-Feb-94	17,431	0.991	0.861	141.70	94.74	19,816	861,330	(1,140)
55	08-Feb-94	17,600	0.991	0.959	158.00	101.88	19,939	859,110	(2,220)
54	09-Feb-94	17,686	0.991	0.860	158.80	102.55	20,195	860,458	(27,227,024)
53	10-Feb-94	17,671	0.991	0.861	183.30	103.95	20,230	861,037	(11,711,984)
52	11-Feb-94	17,718	0.991	0.858	175.40	108.98	20,237	857,815	(3,222)
49	14-Feb-94	17,736	0.992	0.856	199.80	118.22	20,372	858,126	(1,690)
48	15-Feb-94	17,723	0.992	0.868	176.90	108.98	20,485	867,647	(235,781,881)
47	16-Feb-94	17,884	0.992	0.886	141.50	93.37	20,178	885,533	(360,693,788)
46	17-Feb-94	17,723	0.992	0.892	132.30	88.93	19,724	892,030	(128,157,615)
45	18-Feb-94	17,814	0.993	0.898	129.50	86.02	19,825	897,788	(113,005,435)
42	21-Feb-94	17,802	0.993	0.901	132.60	88.85	19,822	901,081	(64,626,701)
41	22-Feb-94	17,889	0.993	0.905	127.50	88.11	19,548	905,420	(84,798,102)
40	23-Feb-94	17,885	0.993	0.907	127.80	88.21	19,549	907,286	(35,491,229)
39	24-Feb-94	18,015	0.994	0.909	130.60	87.39	19,595	909,107	(35,879,019)
38	25-Feb-94	18,099	0.994	0.910	134.70	88.22	19,832	909,520	(8,110,276)
35	28-Feb-94	18,280	0.994	0.916	134.70	88.90	19,718	915,920	(126,198,008)
34	01-Mar-94	18,557	0.994	0.914	145.60	93.72	19,589	914,190	(1,731)
33	02-Mar-94	18,958	0.995	0.914	155.60	97.94	20,128	914,081	(129)
32	03-Mar-94	19,005	0.995	0.915	159.20	99.33	20,588	915,291	(25,325,283)
31	04-Mar-94	18,143	0.995	0.919	155.70	97.73	20,814	918,743	(71,154,788)
30	05-Mar-94	19,455	0.995	0.918	172.90	104.65	20,688	916,183	(2,549)
27	08-Mar-94	19,722	0.998	0.911	234.60	128.34	21,089	910,875	(5,316)
26	09-Mar-94	19,926	0.998	0.914	234.80	128.12	21,759	913,894	(85,690,482)
25	10-Mar-94	20,056	0.998	0.917	235.80	128.30	21,691	916,698	(60,825,749)
24	11-Mar-94	20,249	0.998	0.914	267.40	135.86	21,768	914,323	(2,376)
19	16-Mar-94	20,160	0.997	0.943	192.80	110.49	22,040	942,775	(627,087,856)
18	17-Mar-94	20,591	0.997	0.944	204.00	114.29	21,310	943,806	(21,954,490)
17	18-Mar-94	20,976	0.997	0.944	220.90	118.82	21,748	944,302	(10,808,004)
14	21-Mar-94	21,438	0.998	0.951	255.00	129.82	22,144	950,651	(140,831,737)
13	22-Mar-94	21,548	0.998	0.951	292.80	140.23	22,513	950,527	(135)
12	23-Mar-94	21,653	0.998	0.954	292.90	139.68	22,834	954,097	(80,809,017)
11	24-Mar-94	21,653	0.998	0.980	268.60	132.49	22,653	959,882	(125,987,636)
10	25-Mar-94	21,685	0.998	0.959	334.30	149.85	22,429	958,643	(1,039)
7	28-Mar-94	21,685	0.999	0.969	399.80	163.43	22,458	969,840	(224,503,127)
6	29-Mar-94	21,669	0.999	0.973	394.40	181.94	22,392	973,097	(59,802,482)
5	30-Mar-94	21,959	0.999	0.979	354.00	152.87	22,292	978,509	(120,647,824)
4	31-Mar-94	22,138	0.999	0.983	332.00	147.51	22,451	983,108	(103,282,072)
3	01-Apr-94	22,280	1.000	0.990	225.20	118.50	22,531	990,354	(163,257,831)
-	04-Apr-94	22,617	1.000	1.000	232.70		22,817	1,000,000	(218,156,188)
								1,000,000	(17,696,789,342)

HEDGE PORTF DEGERI	\$	217,534
PRIM GETIRISI	\$	9,129
OPSIYON KULLANIMI	\$	741,046
OPSIYON MIKTARI	\$	(1,000,000)
NET KAR-ZARAR	\$	(32,291)

EK-14 GEÇMİŞ ÜÇ AYLIK DÖNEM FORWARD KUR VOLATİLİTESİNİ BAZ ALAN USD CALL / TRY PUT OPSİYONU İLE OLUŞTURULAN DELTA NÖTR PORTFÖY PERFORMANSI

ISLEM GUNU	03.01.84	SPOT USDTRL	14,538	MIKTAR	1,000,000					
OPSIYON VADESİ	04.04.84	VOLATILITE	5.51	STRIKE	16,760					
GUN SAYISI	91	BİLEŞİK FAİZ	88.04	USD FAİZİ	0.060					
		PRİM %	1.09							
	ALINAN USD	SPOT USDTRL	DELTA	FRW RATIO	YILLIK BİLEŞİK	VADEYE FAİZ	VADEYE FRW	VADEDE TOPLAM	NET ALINAN - SATILAN USD	TUTAR TRL
					FAİZ		USDTRL	POZİSYON		
91	03-Jan-84	14,538	0.502	0.429	88.04	68.39	16,835	428,873	428,873	(7,220,244,941)
90	04-Jan-84	14,543	0.484	0.418	88.17	66.54	16,797	415,785	(13,088)	216,834,351
89	05-Jan-84	14,592	0.509	0.438	84.68	66.10	16,745	438,353	22,588	(377,891,595)
88	06-Jan-84	14,613	0.507	0.437	85.09	66.37	16,761	437,082	(1,291)	21,639,085
87	07-Jan-84	14,647	0.518	0.447	84.83	66.15	16,772	447,448	10,386	(174,195,335)
84	10-Jan-84	14,663	0.488	0.406	85.44	65.38	16,779	405,997	(41,452)	695,615,320
83	11-Jan-84	14,682	0.484	0.403	85.87	65.45	16,733	403,094	(2,902)	48,559,182
82	12-Jan-84	14,757	0.514	0.447	85.29	68.15	16,733	447,486	44,400	(742,860,218)
81	13-Jan-84	14,784	0.518	0.451	85.78	66.40	16,786	451,470	3,975	(66,724,048)
80	14-Jan-84	14,873	0.582	0.608	86.08	66.51	16,801	507,990	56,480	(948,894,470)
77	17-Jan-84	14,900	0.542	0.476	85.82	66.19	16,881	475,689	(32,361)	546,275,116
76	18-Jan-84	14,956	0.574	0.502	80.39	66.91	16,826	501,876	26,389	(444,067,316)
75	19-Jan-84	14,974	0.569	0.498	91.84	69.71	16,951	497,707	(4,271)	72,391,243
74	20-Jan-84	14,977	0.549	0.478	98.77	73.71	16,971	477,822	(20,089)	340,858,858
73	21-Jan-84	14,993	0.642	0.471	101.60	78.27	17,070	471,087	(8,535)	111,561,800
70	24-Jan-84	15,040	0.519	0.448	118.30	83.16	17,108	447,820	(23,467)	401,459,032
69	25-Jan-84	15,120	0.577	0.499	118.30	83.08	17,395	498,697	51,076	(888,485,250)
68	26-Jan-84	15,166	0.690	0.514	109.30	79.18	17,362	514,153	15,456	(288,356,309)
67	27-Jan-84	17,216	0.989	0.868	118.70	63.09	17,282	658,115	343,862	(5,937,370,363)
66	28-Jan-84	17,262	0.989	0.882	113.20	61.13	19,698	882,471	4,396	(88,798,094)
63	31-Jan-84	17,204	0.989	0.810	218.60	128.28	19,642	809,720	(62,761)	1,036,149,811
62	01-Feb-84	17,312	0.990	0.817	208.90	124.31	20,888	917,397	7,676	(160,374,878)
61	02-Feb-84	17,285	0.990	0.856	136.50	93.66	20,845	856,147	38,749	(807,744,301)
60	03-Feb-84	17,348	0.990	0.861	134.40	91.44	19,884	880,637	4,491	(89,208,025)
59	04-Feb-84	17,367	0.980	0.882	134.70	91.48	19,832	862,470	1,833	(36,343,605)
58	05-Feb-84	17,431	0.991	0.861	141.70	94.74	19,816	881,330	(1,140)	22,597,929
56	08-Feb-84	17,600	0.991	0.859	158.00	101.68	19,939	869,110	(2,220)	44,269,247
54	09-Feb-84	17,658	0.981	0.860	169.80	102.55	20,185	880,458	1,348	(27,227,024)
53	10-Feb-84	17,671	0.981	0.861	163.30	103.95	20,230	861,037	579	(11,711,864)
52	11-Feb-84	17,718	0.991	0.858	175.40	108.88	20,237			

HEDGE PORTF DEGER	\$	217,338
PRIM GETIRISI	\$	11,093
OPSIYON KULLANIMI	\$	741,046
OPSIYON MIKTARI	\$	(1,000,000)
NET KAR-ZARAR	\$	(30,524)

EK-18 GELECEK ÜÇ AYLIK DÖNEM FORWARD KUR VOLATİLİTESİNİ BAZ ALAN USD CALL / TRY PUT OPSİYONU İLE OLUŞTURULAN DELTA NÖTR PORTFÖY PERFORMANSI

	ISLEM GUNU	03.01.84	SPOT USDTRL	14,538	MIKTAR	1,000,000				
	OPSİYON VADESİ	04.04.94	VOLATİLITE	52.65	STRIKE	16,760				
	GÜN SAYISI	81	BİLEŞİK FAİZ	88.04	USD FAİZİ	0.060				
			PRİM %	10.31						
	ALINAN USD	SPOT USDTRL	DELTA	FRW RATIO	YILLIK BİLEŞİK FAİZ	VADEYE FAİZ	VADEYE FRW USDTRL	VADEDE TOPLAM POZİSYON	NET ALINAN - SATILAN USD	TUTAR TRL
91	03-Jan-84	14,538	0.544	0.485	88.04	88.39	16,835	464,755	464,755	(7,824,328,179)
90	04-Jan-84	14,543	0.540	0.484	85.17	88.54	16,787	463,893	(883)	14,487,397
89	05-Jan-84	14,582	0.543	0.488	84.58	88.10	16,745	467,634	3,741	(82,647,600)
88	06-Jan-84	14,613	0.543	0.488	85.09	86.37	16,761	468,086	462	(7,744,514)
87	07-Jan-84	14,647	0.544	0.470	84.83	86.15	16,772	469,907	1,811	(30,376,108)
84	10-Jan-84	14,653	0.537	0.489	85.44	86.38	16,779	465,895	(4,062)	87,590,355
83	11-Jan-84	14,682	0.537	0.497	85.87	86.46	16,733	466,512	697	(10,998,346)
82	12-Jan-84	14,757	0.542	0.472	85.29	86.15	16,733	471,872	5,380	(89,685,801)
81	13-Jan-84	14,784	0.542	0.472	85.79	86.40	16,766	472,388	516	(8,651,748)
80	14-Jan-84	14,873	0.650	0.480	86.08	86.51	16,801	480,021	7,834	(128,254,027)
77	17-Jan-84	14,900	0.544	0.477	85.82	86.19	16,881	477,344	(2,577)	45,197,795
76	18-Jan-84	14,958	0.548	0.479	80.39	88.91	16,828	479,240	1,896	(31,910,089)
75	19-Jan-84	14,974	0.547	0.478	81.84	89.71	16,951	478,454	(776)	13,180,788
74	20-Jan-84	14,977	0.545	0.474	89.77	73.71	16,971	474,143	(4,321)	73,336,954
73	21-Jan-84	14,993	0.544	0.473	101.60	75.27	17,070	472,825	(1,317)	22,484,320
70	24-Jan-84	15,040	0.540	0.468	116.30	83.15	17,108	465,732	(7,093)	121,346,876
69	25-Jan-84	15,120	0.647	0.473	116.30	83.08	17,395	472,768	7,035	(122,384,837)
68	26-Jan-84	15,158	0.548	0.478	109.30	78.18	17,362	477,562	4,784	(83,087,109)
87	27-Jan-84	17,216	0.754	0.654	116.70	83.09	17,262	654,215	176,883	(3,048,501,794)
66	28-Jan-84	17,262	0.766	0.669	113.20	81.13	19,696	659,280	5,085	(99,766,016)
63	31-Jan-84	17,204	0.752	0.616	218.80	128.28	19,642	615,682	(43,598)	858,368,047
62	01-Feb-84	17,312	0.768	0.826	208.90	124.31	20,888	625,846	10,154	(212,308,933)
61	02-Feb-84	17,286	0.765	0.853	138.60	93.55	20,846	652,920	27,074	(684,373,547)
60	03-Feb-84	17,348	0.759	0.680	134.40	91.44	18,884	659,922	8,502	(137,102,816)
56	04-Feb-84	17,387	0.760	0.682	134.70	91.48	19,832	662,088	2,276	(45,140,284)
58	05-Feb-84	17,431	0.765	0.665	141.70	94.74	19,816	664,901	2,803	(55,546,053)
55	08-Feb-84	17,600	0.777	0.674	158.00	101.88	19,839	673,591	8,888	(173,260,843)
54	09-Feb-84	17,656	0.781	0.678	159.80	102.55	20,185	678,121	4,530	(91,485,884)
53	10-Feb-84	17,671	0.781	0.679	163.30	103.95	20,230	678,577	456	(9,230,115)
52	11-Feb-84	17,718	0.785	0.680	176.40	108.98	20,237	679,501	923	(18,687,244)
49										

EK-17 GEÇMİŞ VE GERÇEŞEN 3-AYLIK SPOT KUR VOLATİLİTELERİ VE 91 GÜNLÜK HAREKETLİ DEĞERLERİ

S		A		B		C	
01-10-93		11-12-93		01-03-94		01-06-94	
1	3	04-Oct-93	12,248	1.00412	0.00411	0.00002	
2	1	05-Oct-93	12,247	0.99990	(0.00010)	0.00000	
3	1	06-Oct-93	12,270	1.00188	0.00188	0.00000	
4	1	07-Oct-93	12,311	1.00334	0.00334	0.00001	
5	1	08-Oct-93	12,325	1.00114	0.00114	0.00000	
6	3	11-Oct-93	12,277	0.99611	(0.00390)	0.00002	
7	1	12-Oct-93	12,305	1.00228	0.00228	0.00001	
8	1	13-Oct-93	12,297	0.99935	(0.00065)	0.00000	
9	1	14-Oct-93	12,361	1.00520	0.00519	0.00003	
10	1	15-Oct-93	12,420	1.00477	0.00476	0.00002	
11	3	18-Oct-93	12,472	1.00419	0.00418	0.00002	
12	1	19-Oct-93	12,565	1.00746	0.00743	0.00006	
13	1	20-Oct-93	12,652	1.00692	0.00690	0.00005	
14	1	21-Oct-93	12,709	1.00451	0.00450	0.00002	
15	1	22-Oct-93	12,783	1.00582	0.00581	0.00003	
16	3	25-Oct-93	12,875	1.00720	0.00717	0.00005	
17	1	26-Oct-93	12,890	1.00117	0.00116	0.00000	
18	1	27-Oct-93	12,972	1.00636	0.00634	0.00004	
19	1	28-Oct-93	12,993	1.00162	0.00162	0.00000	
20	4	01-Nov-93	12,993	1.00000	-	-	
21	1	02-Nov-93	13,073	1.00616	0.00614	0.00004	
22	1	03-Nov-93	13,121	1.00367	0.00366	0.00001	
23	1	04-Nov-93	13,141	1.00152	0.00152	0.00000	
24	1	05-Nov-93	13,173	1.00244	0.00243	0.00001	
25	3	08-Nov-93	13,246	1.00554	0.00553	0.00003	
26	1	09-Nov-93	13,184	0.99532	(0.00469)	0.00002	
27	1	10-Nov-93	13,226	1.00319	0.00318	0.00001	
28	1	11-Nov-93	13,286	1.00454	0.00453	0.00002	
29	1	12-Nov-93	13,285	0.99992	(0.00008)	0.00000	
30	3	15-Nov-93	13,370	1.00640	0.00638	0.00004	
31	1	16-Nov-93	13,339	0.99768	(0.00232)	0.00001	
32	1	17-Nov-93	13,413	1.00555	0.00553	0.00003	
33	1	18-Nov-93	13,478	1.00485	0.00484	0.00002	
34	1	19-Nov-93	13,532	1.00400	0.00400	0.00002	
35	3	22-Nov-93	13,568	1.00266	0.00266	0.00001	
36	1	23-Nov-93	13,574	1.00044	0.00044	0.00000	
37	1	24-Nov-93	13,604	1.00221	0.00221	0.00000	

38	1	25-Nov-93	13,587	0.99875	(0.00125)	0.00000
39	1	26-Nov-93	13,654	1.00493	0.00492	0.00002
40.	3	29-Nov-93	13,706	1.00381	0.00380	0.00001
41	1	30-Nov-93	13,751	1.00328	0.00328	0.00001
42	1	01-Dec-93	13,751	1.00000	-	-
43	1	02-Dec-93	13,817	1.00480	0.00479	0.00002
44	1	03-Dec-93	13,860	1.00311	0.00311	0.00001
45	1	04-Dec-93	13,898	1.00274	0.00274	0.00001
46	3	07-Dec-93	13,849	0.99647	(0.00353)	0.00001
47	1	08-Dec-93	13,870	1.00152	0.00152	0.00000
48	1	09-Dec-93	13,915	1.00324	0.00324	0.00001
49	1	10-Dec-93	13,932	1.00122	0.00122	0.00000
50	3	13-Dec-93	13,909	0.99835	(0.00165)	0.00000
51	1	14-Dec-93	13,963	1.00388	0.00387	0.00002
52	1	15-Dec-93	14,063	1.00716	0.00714	0.00005
53	1	16-Dec-93	14,091	1.00199	0.00199	0.00000
54	1	17-Dec-93	14,093	1.00014	0.00014	0.00000
55	3	20-Dec-93	14,107	1.00099	0.00099	0.00000
56	1	21-Dec-93	14,172	1.00461	0.00460	0.00002
57	1	22-Dec-93	14,180	1.00056	0.00056	0.00000
58	1	23-Dec-93	14,164	0.99887	(0.00113)	0.00000
59	1	24-Dec-93	14,176	1.00085	0.00085	0.00000
60	3	27-Dec-93	14,206	1.00212	0.00211	0.00000
61	1	28-Dec-93	14,255	1.00345	0.00344	0.00001
62	1	29-Dec-93	14,282	1.00189	0.00189	0.00000
63	1	30-Dec-93	14,379	1.00679	0.00677	0.00005
64	1	31-Dec-93	14,487	1.00751	0.00748	0.00006
65	1	01-Jan-94	14,535	1.00352	0.00351	0.00001
1	1	04-Jan-94	14,572	1.00234	0.00234	0.00001
2	1	05-Jan-94	14,621	1.00336	0.00336	0.00001
3	1	06-Jan-94	14,642	1.00144	0.00144	0.00000
4	1	07-Jan-94	14,676	1.00232	0.00232	0.00001
5	3	10-Jan-94	14,692	1.00109	0.00109	0.00000
6	1	11-Jan-94	14,711	1.00129	0.00129	0.00000
7	1	12-Jan-94	14,787	1.00517	0.00515	0.00003
8	1	13-Jan-94	14,814	1.00183	0.00182	0.00000
9	1	14-Jan-94	14,903	1.00601	0.00599	0.00004
10	3	17-Jan-94	14,930	1.00181	0.00181	0.00000
11	1	18-Jan-94	14,986	1.00375	0.00374	0.00001
12	1	19-Jan-94	15,004	1.00120	0.00120	0.00000

GEÇMİŞ 3-AYLIK KUR VOLATİLİTELERİ

N=63

TOPLAM B	TOPLAM C	GÜNLÜK VOL	YILLIK VOL	TOPLAM B	TOPLAM C	GÜNLÜK VOL	YILLIK VOL
0.1755	0.0010	0.0028	0.0452	0.4439	0.0200	0.0165	0.2618
0.1737	0.0010	0.0028	0.0451	0.4598	0.0203	0.0165	0.2625
0.1772	0.0010	0.0028	0.0448	0.7849	0.1282	0.0437	0.6938
0.1767	0.0010	0.0028	0.0448	1.0033	0.1765	0.0509	0.8078
0.1757	0.0010	0.0028	0.0448	0.9232	0.1826	0.0522	0.8289
0.1757	0.0010	0.0028	0.0448	0.8281	0.1914	0.0540	0.8566
0.1809	0.0010	0.0027	0.0429	0.8296	0.1914	0.0540	0.8566
0.1837	0.0010	0.0027	0.0432	0.8699	0.1935	0.0541	0.8588
0.1862	0.0010	0.0027	0.0427	0.8747	0.1935	0.0541	0.8586
0.1870	0.0010	0.0027	0.0429	0.8887	0.1939	0.0541	0.8585
0.1841	0.0010	0.0027	0.0428	0.8571	0.1948	0.0543	0.8627
0.1836	0.0010	0.0027	0.0427	0.7732	0.2012	0.0556	0.8827
0.1774	0.0009	0.0026	0.0418	0.7465	0.2018	0.0558	0.8866

GEÇMİŞ 3-AYLIK KUR VOLATİLİTELERİ

N=65

13	1	20-Jan-94	15,007	1.00020	0.00020	0.00000	0.1707	0.0009	0.0026	0.0413	0.7194	0.2025	0.0560	0.8887
14	1	21-Jan-94	15,023	1.00107	0.00107	0.00000	0.1673	0.0009	0.0026	0.0412	0.6817	0.2039	0.0563	0.8937
15	3	24-Jan-94	15,070	1.00313	0.00312	0.00001	0.1646	0.0008	0.0026	0.0407	0.7122	0.2050	0.0564	0.8947
16	1	25-Jan-94	15,150	1.00531	0.00529	0.00003	0.1627	0.0008	0.0025	0.0400	0.8082	0.2152	0.0575	0.9125
17	1	26-Jan-94	15,186	1.00238	0.00237	0.00001	0.1639	0.0008	0.0025	0.0399	0.8267	0.2157	0.0575	0.9124
18	1	27-Jan-94	17,250	1.13591	0.12744	0.01624	0.2850	0.0170	0.0157	0.2492	0.6347	0.2036	0.0564	0.8953
19	1	28-Jan-94	17,287	1.00214	0.00214	0.00000	0.2855	0.0170	0.0157	0.2492	0.6608	0.2044	0.0564	0.8959
20	3	31-Jan-94	17,238	0.99717	(0.00284)	0.00001	0.2827	0.0170	0.0157	0.2494	0.6838	0.2048	0.0564	0.8957
21	1	01-Feb-94	17,347	1.00632	0.00630	0.00004	0.2829	0.0170	0.0157	0.2494	0.7118	0.2059	0.0565	0.8968
22	1	02-Feb-94	17,320	0.99844	(0.00156)	0.00000	0.2776	0.0170	0.0157	0.2497	0.7413	0.2067	0.0565	0.8971
23	1	03-Feb-94	17,381	1.00352	0.00352	0.00001	0.2796	0.0170	0.0157	0.2496	0.7274	0.2068	0.0566	0.8980
24	1	04-Feb-94	17,402	1.00121	0.00121	0.00000	0.2784	0.0170	0.0157	0.2497	0.7244	0.2068	0.0566	0.8982
25	1	05-Feb-94	17,466	1.00368	0.00367	0.00001	0.2766	0.0170	0.0157	0.2497	0.6566	0.2109	0.0574	0.9107
26	3	08-Feb-94	17,635	1.00968	0.00963	0.00009	0.2909	0.0171	0.0157	0.2492	0.6826	0.2121	0.0575	0.9121
27	1	09-Feb-94	17,691	1.00318	0.00317	0.00001	0.2909	0.0171	0.0157	0.2492	0.6867	0.2121	0.0575	0.9120
28	1	10-Feb-94	17,706	1.00085	0.00085	0.00000	0.2872	0.0171	0.0157	0.2493	0.6611	0.2127	0.0576	0.9146
29	1	11-Feb-94	17,754	1.00271	0.00271	0.00001	0.2900	0.0171	0.0157	0.2492	0.6352	0.2133	0.0578	0.9169
30	3	14-Feb-94	17,772	1.00101	0.00101	0.00000	0.2846	0.0170	0.0157	0.2493	0.6327	0.2133	0.0578	0.9171
31	1	15-Feb-94	17,759	0.99927	(0.00073)	0.00000	0.2862	0.0170	0.0157	0.2491	0.5949	0.2147	0.0581	0.9220
32	1	16-Feb-94	17,719	0.99775	(0.00225)	0.00001	0.2784	0.0170	0.0157	0.2495	0.6229	0.2154	0.0581	0.9222
33	1	17-Feb-94	17,759	1.00226	0.00225	0.00001	0.2758	0.0170	0.0157	0.2495	0.6206	0.2154	0.0581	0.9223
34	1	18-Feb-94	17,850	1.00512	0.00511	0.00003	0.2769	0.0170	0.0157	0.2495	0.6269	0.2155	0.0581	0.9223
35	3	21-Feb-94	17,838	0.99933	(0.00067)	0.00000	0.2736	0.0170	0.0157	0.2497	0.6299	0.2165	0.0581	0.9221
36	1	22-Feb-94	17,925	1.00488	0.00487	0.00002	0.2780	0.0170	0.0157	0.2496	0.5825	0.2173	0.0585	0.9280
37	1	23-Feb-94	18,001	1.00424	0.00423	0.00002	0.2801	0.0170	0.0157	0.2495	0.5854	0.2173	0.0585	0.9280
38	1	24-Feb-94	18,051	1.00278	0.00277	0.00001	0.2841	0.0170	0.0157	0.2493	0.5661	0.2176	0.0585	0.9294
39	1	25-Feb-94	18,135	1.00465	0.00464	0.00002	0.2838	0.0170	0.0157	0.2493	0.5440	0.2179	0.0586	0.9308
40	3	28-Feb-94	18,297	1.00893	0.00889	0.00008	0.2889	0.0171	0.0157	0.2494	0.5170	0.2181	0.0587	0.9324
41	1	01-Mar-94	18,594	1.01623	0.01610	0.00026	0.3017	0.0173	0.0158	0.2605	0.5812	0.2243	0.0594	0.9433
42	1	02-Mar-94	18,996	1.02162	0.02139	0.00046	0.3231	0.0178	0.0159	0.2525	0.5390	0.2243	0.0595	0.9449
43	1	03-Mar-94	19,043	1.00247	0.00247	0.00001	0.3208	0.0178	0.0159	0.2525	0.5331	0.2243	0.0595	0.9451
44	1	04-Mar-94	19,181	1.00725	0.00722	0.00005	0.3249	0.0178	0.0159	0.2525	0.5335	0.2243	0.0595	0.9451
45	1	05-Mar-94	19,494	1.01632	0.01619	0.00026	0.3384	0.0181	0.0160	0.2534	0.5185	0.2240	0.0595	0.9451
46	3	08-Mar-94	19,762	1.01375	0.01365	0.00019	0.3555	0.0182	0.0160	0.2534	0.5027	0.2238	0.0595	0.9452
47	1	09-Mar-94	19,966	1.01032	0.01027	0.00011	0.3643	0.0183	0.0160	0.2534	0.4791	0.2239	0.0596	0.9462
48	1	10-Mar-94	20,096	1.00651	0.00649	0.00004	0.3676	0.0184	0.0160	0.2534	0.4691	0.2239	0.0596	0.9464
49	1	11-Mar-94	20,290	1.00965	0.00961	0.00009	0.3759	0.0185	0.0160	0.2533	0.4433	0.2240	0.0597	0.9476
50	5	16-Mar-94	20,200	0.99556	(0.00445)	0.00002	0.3731	0.0185	0.0160	0.2537	0.4416	0.2241	0.0597	0.9477

51	1	17-Mar-94	20,632	1.02139	0.02116	0.00045	0.3904	0.0189	0.0161	0.2555	0.4039	0.2239	0.0597	0.9484
52	1	18-Mar-94	21,018	1.01871	0.01854	0.00034	0.4018	0.0192	0.0162	0.2567	0.3900	0.2236	0.0597	0.9481
53	3	21-Mar-94	21,481	1.02203	0.02179	0.00047	0.4216	0.0197	0.0163	0.2583	0.3665	0.2231	0.0597	0.9477
54	1	22-Mar-94	21,591	1.00512	0.00511	0.00003	0.4266	0.0197	0.0163	0.2581	0.3629	0.2231	0.0597	0.9477
55	1	23-Mar-94	21,596	1.00023	0.00023	0.00000	0.4268	0.0197	0.0163	0.2581	0.3696	0.2231	0.0597	0.9477
56	1	24-Mar-94	21,696	1.00463	0.00462	0.00002	0.4269	0.0197	0.0163	0.2581	0.3843	0.2235	0.0597	0.9480
57	1	25-Mar-94	21,728	1.00147	0.00147	0.00000	0.4268	0.0197	0.0163	0.2580	0.3802	0.2235	0.0597	0.9481
58	3	28-Mar-94	21,728	1.00000	-	-	0.4279	0.0197	0.0162	0.2579	0.3634	0.2238	0.0598	0.9492
59	1	29-Mar-94	21,913	1.00851	0.00848	0.00007	0.4355	0.0198	0.0162	0.2577	0.3592	0.2237	0.0598	0.9492
60	1	30-Mar-94	22,003	1.00411	0.00410	0.00002	0.4375	0.0198	0.0162	0.2576	0.3501	0.2237	0.0603	0.9571
61	1	31-Mar-94	22,182	1.00814	0.00810	0.00007	0.4422	0.0198	0.0162	0.2575	0.3420	0.2236	0.0608	0.9650
62	1	01-Apr-94	22,335	1.00590	0.00587	0.00005	0.4472	0.0199	0.0162	0.2573	0.3351	0.2236	0.0613	0.9732
Subtotal														
			22,562	1.01267	0.01250	0.00021	0.4549	0.0201	0.0162	0.2578				
1	05-Apr-94	23,078	1.01836	0.01819	0.00033	0.00033								
1	06-Apr-94	32,053	1.38890	0.32851	0.10792	0.10792								
1	07-Apr-94	39,933	1.24584	0.21981	0.04832	0.04832								
1	08-Apr-94	36,945	0.92517	(0.07777)	0.00605	0.00605								
3	11-Apr-94	33,628	0.91022	(0.09407)	0.00885	0.00885								
1	12-Apr-94	33,723	1.00283	0.00282	0.00001	0.00001								
1	13-Apr-94	35,290	1.04647	0.04542	0.00206	0.00206								
1	14-Apr-94	35,528	1.00674	0.00672	0.00005	0.00005								
1	15-Apr-94	36,242	1.02010	0.01990	0.00040	0.00040								
3	18-Apr-94	35,181	0.97072	(0.02971)	0.00088	0.00088								
1	19-Apr-94	32,469	0.92291	(0.08022)	0.00644	0.00644								
1	20-Apr-94	31,652	0.97484	(0.02548)	0.00065	0.00065								
1	21-Apr-94	30,813	0.97349	(0.02686)	0.00072	0.00072								
1	22-Apr-94	29,703	0.96398	(0.03669)	0.00135	0.00135								
3	25-Apr-94	30,720	1.03424	0.03367	0.00113	0.00113								
1	26-Apr-94	33,993	1.10654	0.10124	0.01025	0.01025								
1	27-Apr-94	34,713	1.02118	0.02096	0.00044	0.00044								
1	28-Apr-94	32,542	0.93746	(0.06458)	0.00417	0.00417								
1	29-Apr-94	33,475	1.02867	0.02827	0.00080	0.00080								
3	02-May-94	34,155	1.02031	0.02011	0.00040	0.00040								
1	03-May-94	35,348	1.03493	0.03433	0.00118	0.00118								
1	04-May-94	36,350	1.02835	0.02795	0.00078	0.00078								
1	05-May-94	35,975	0.98968	(0.01037)	0.00011	0.00011								
1	06-May-94	35,908	0.99814	(0.00186)	0.00000	0.00000								

3	09-May-94	33,678	0.93790	(0.06412)	0.00411
1	10-May-94	34,897	1.03620	0.03556	0.00126
1	11-May-94	35,156	1.00742	0.00739	0.00005
1	12-May-94	34,295	0.97551	(0.02480)	0.00061
1	13-May-94	33,508	0.97705	(0.02322)	0.00054
3	16-May-94	33,458	0.99851	(0.00149)	0.00000
1	17-May-94	32,195	0.96225	(0.03848)	0.00148
1	18-May-94	33,033	1.02603	0.02570	0.00066
2	20-May-94	33,033	1.00000	-	-
5	25-May-94	33,410	1.01141	0.01135	0.00013
1	26-May-94	33,488	1.00233	0.00233	0.00001
1	27-May-94	32,095	0.95840	(0.04249)	0.00181
3	30-May-94	32,325	1.00717	0.00714	0.00005
1	31-May-94	31,794	0.98357	(0.01856)	0.00027
1	01-Jun-94	31,243	0.98267	(0.01748)	0.00031
1	02-Jun-94	30,685	0.98214	(0.01802)	0.00032
1	03-Jun-94	33,248	1.08353	0.08022	0.00644
3	06-Jun-94	32,564	0.97943	(0.02079)	0.00043
1	07-Jun-94	32,453	0.99659	(0.00341)	0.00001
1	08-Jun-94	32,700	1.00761	0.00758	0.00006
1	09-Jun-94	32,741	1.00125	0.00125	0.00000
1	10-Jun-94	32,671	0.99786	(0.00214)	0.00000
3	13-Jun-94	32,238	0.98675	(0.01334)	0.00018
1	14-Jun-94	32,124	0.99646	(0.00354)	0.00001
1	15-Jun-94	31,608	0.98394	(0.01619)	0.00026
1	16-Jun-94	31,414	0.99386	(0.00616)	0.00004
1	17-Jun-94	30,901	0.98367	(0.01647)	0.00027
3	20-Jun-94	31,044	1.00463	0.00462	0.00002
1	21-Jun-94	30,989	0.99823	(0.00177)	0.00000
1	22-Jun-94	31,037	1.00155	0.00155	0.00000
1	23-Jun-94	31,254	1.00699	0.00697	0.00005
1	24-Jun-94	31,861	1.01942	0.01924	0.00037
3	27-Jun-94	31,779	0.99743	(0.00258)	0.00001
1	28-Jun-94	31,249	0.98332	(0.01682)	0.00028
1	29-Jun-94	31,384	1.00432	0.00431	0.00002
1	30-Jun-94	31,226	0.99497	(0.00505)	0.00003

EK-18 GEÇMİŞ 3-AYLIK FORWARD KUR VOLATİLİTELERİ VE 91 GÜNLÜK HAREKETLİ DEĞERLERİ										DOLAR FAİZİ		6.00	
										GÜN SAYISI		94	
										A		B	
										C			
										FRW KUR			
										BASİT FAİZ			
										BASİT BİLEŞİK FAİZ			
										BONO VADE TN			
										USDTRL			
										13.Apr.94		12T	
0	01.Oct.93	12,248	194	71.5	83.31	65.59	14,067	1.0083	0.0082	0.0001			
1	04.Oct.93	12,248	191	73.5	86.24	67.44	14,183	0.9938	(0.0062)	0.0000			
2	06.Oct.93	12,247	190	70.2	81.91	64.69	14,095	1.0003	0.0003	0.0000			
3	06.Oct.93	12,270	189	69.34	80.84	64.00	14,100	1.0047	0.0047	0.0000			
4	07.Oct.93	12,311	188	69.99	81.8	64.62	14,166	1.0005	0.0005	0.0000			
5	08.Oct.93	12,325	187	69.6	81.35	64.33	14,173	0.9969	(0.0031)	0.0000			
6	11.Oct.93	12,277	184	69.8	81.94	64.71	14,130	1.0023	0.0023	0.0000			
7	12.Oct.93	12,305	183	69.8	81.94	64.71	14,162	0.9987	(0.0013)	0.0000			
8	13.Oct.93	12,297	182	69.41	81.5	64.43	14,144	1.0029	0.0029	0.0000			
9	14.Oct.93	12,361	181	68.17	79.9	63.40	14,185	1.0061	0.0061	0.0000			
10	15.Oct.93	12,420	180	68.8	80.83	64.00	14,272	1.0055	0.0055	0.0000			
11	18.Oct.93	12,472	177	69.28	81.73	64.57	14,350	1.0077	0.0077	0.0001			
12	19.Oct.93	12,565	176	69.37	81.92	64.70	14,461	1.0067	0.0067	0.0000			
13	20.Oct.93	12,652	175	69.18	81.75	64.59	14,558	1.0051	0.0051	0.0000			
14	21.Oct.93	12,709	174	69.42	82.16	64.85	14,632	1.0051	0.0051	0.0000			
15	22.Oct.93	12,763	173	69.02	81.69	64.55	14,707	1.0101	0.0100	0.0001			
16	25.Oct.93	12,875	170	70.29	83.69	65.83	14,855	0.9998	(0.0002)	0.0000			
17	26.Oct.93	12,890	197	71.3	82.72	65.21	14,852	1.0068	0.0068	0.0000			
18	27.Oct.93	12,972	196	71.5	83.06	65.43	14,954	1.0016	0.0016	0.0000			
19	28.Oct.93	12,993	195	71.41	83.03	65.41	14,977	1.0009	0.0009	0.0000			
20	01.Nov.93	12,993	191	71.59	83.68	65.82	14,991	1.0083	0.0082	0.0001			
21	02.Nov.93	13,073	190	72.64	85.17	66.77	15,115	1.0039	0.0039	0.0000			
22	03.Nov.93	13,121	189	72.7	85.34	66.87	15,174	1.0032	0.0032	0.0000			
23	04.Nov.93	13,141	188	73.5	86.51	67.61	15,222	1.0035	0.0035	0.0000			
24	05.Nov.93	13,173	187	74	87.28	68.10	15,276	1.0097	0.0097	0.0001			
25	08.Nov.93	13,246	184	76	90.29	69.98	15,425	0.9964	(0.0036)	0.0000			
26	09.Nov.93	13,184	183	76.5	91.08	70.46	15,369	1.0004	0.0004	0.0000			
27	10.Nov.93	13,226	182	74.96	89.05	69.20	15,375	1.0051	0.0051	0.0000			
28	11.Nov.93	13,286	181	75.19	89.47	69.47	15,454	0.9997	(0.0003)	0.0000			
29	12.Nov.93	13,285	180	74.99	89.3	69.36	15,449	1.0069	0.0069	0.0000			
30	15.Nov.93	13,370	177	75.06	89.67	69.59	15,556	0.9987	(0.0013)	0.0000			
31	16.Nov.93	13,339	176	75.5	90.38	70.03	15,535	1.0041	0.0040	0.0000			
32	17.Nov.93	13,413	175	74.65	89.3	69.36	15,598	1.0044	0.0044	0.0000			
33	18.Nov.93	13,478	174	74.35	88.97	69.15	15,666	1.0045	0.0045	0.0000			
34	19.Nov.93	13,532	173	74.54	89.33	69.38	15,737	1.0029	0.0029	0.0000			
35	22.Nov.93	13,568	170	74.46	89.51	69.49	15,783	1.0004	0.0004	0.0000			
36	23.Nov.93	13,574	169	74.39	89.51	69.49	15,790	1.0013	0.0013	0.0000			
37	24.Nov.93	13,604	168	73.88	88.88	69.10	15,811						

38	25.Nov.93	13,587	167	11.May.94 9B	73.79	88.85	69.08	15,790	0.9987	(0.0013)	0.0000
39	26.Nov.93	13,654	166	11.May.94 9B	74.29	89.66	69.58	15,886	1.0061	0.0060	0.0000
40	29.Nov.93	13,706	163	11.May.94 9B	74.32	89.99	69.79	15,954	1.0043	0.0043	0.0000
41	30.Nov.93	13,751	190	08.Jun.94 9B	76.32	90.15	69.89	16,010	1.0035	0.0035	0.0000
42	01.Dec.93	13,751	189	08.Jun.94 9B	75.69	89.39	69.42	15,993	0.9990	(0.0010)	0.0000
43	02.Dec.93	13,817	188	08.Jun.94 9B	75.41	89.11	69.24	16,063	1.0044	0.0044	0.0000
44	03.Dec.93	13,860	187	08.Jun.94 12T	74.12	87.45	68.20	16,076	1.0008	0.0008	0.0000
45	04.Dec.93	13,898	186	08.Jun.94 12T	74.12	87.45	68.20	16,121	1.0027	0.0027	0.0000
46	07.Dec.93	13,849	183	08.Jun.94 9B	74.37	88.15	68.64	16,079	0.9974	(0.0026)	0.0000
47	08.Dec.93	13,870	182	08.Jun.94 9B	74.37	88.15	68.64	16,104	1.0015	0.0015	0.0000
48	09.Dec.93	13,915	181	08.Jun.94 9B	74.37	88.15	68.64	16,156	1.0032	0.0032	0.0000
49	10.Dec.93	13,932	180	08.Jun.94 12T	76.45	91.31	70.61	16,246	1.0056	0.0056	0.0000
50	13.Dec.93	13,909	177	08.Jun.94 12T	76.45	91.31	70.61	16,219	0.9983	(0.0017)	0.0000
51	14.Dec.93	13,963	176	08.Jun.94 12T	76.45	91.31	70.61	16,282	1.0039	0.0039	0.0000
52	15.Dec.93	14,063	175	08.Jun.94 9B	75.55	90.54	70.13	16,382	1.0061	0.0061	0.0000
53	16.Dec.93	14,091	174	08.Jun.94 9B	75.55	90.54	70.13	16,414	1.0020	0.0020	0.0000
54	17.Dec.93	14,093	173	08.Jun.94 9B	76	91.38	70.65	16,435	1.0013	0.0013	0.0000
55	20.Dec.93	14,107	170	08.Jun.94 9B	75	90.26	69.96	16,426	0.9995	(0.0005)	0.0000
56	21.Dec.93	14,172	169	08.Jun.94 9B	76.47	92.45	71.31	16,551	1.0076	0.0076	0.0001
57	22.Dec.93	14,180	168	08.Jun.94 9B	74	89.05	69.20	16,484	0.9959	(0.0041)	0.0000
58	23.Dec.93	14,164	167	08.Jun.94 9B	75	90.56	70.14	16,500	1.0009	0.0009	0.0000
59	24.Dec.93	14,176	166	08.Jun.94 9B	75.28	91.05	70.45	16,525	1.0015	0.0015	0.0000
60	27.Dec.93	14,206	191	06.Jul.94 9B	76.89	90.84	70.32	16,555	1.0018	0.0018	0.0000
61	28.Dec.93	14,255	190	06.Jul.94 9B	76.13	89.89	69.73	16,590	1.0021	0.0021	0.0000
62	29.Dec.93	14,282	189	06.Jul.94 9B	75.35	88.93	69.13	16,600	1.0006	0.0006	0.0000
63	30.Dec.93	14,379	188	06.Jul.94 9B	75.41	89.1	69.24	16,717	1.0070	0.0070	0.0000
64	31.Dec.93	14,487	187	06.Jul.94 9B	75.12	88.81	69.05	16,835	1.0071	0.0071	0.0001
65	03.Jan.94	14,538	184	06.Jul.94 9B	74.36	88.94	68.57	16,877	1.0025	0.0024	0.0000
1	04.Jan.94	14,572	183	06.Jul.94 9B	72.18	85.17	66.77	16,848	0.9983	(0.0017)	0.0000
2	05.Jan.94	14,621	182	06.Jul.94 9B	71.68	84.56	66.38	16,891	1.0025	0.0025	0.0000
3	06.Jan.94	14,642	181	06.Jul.94 9B	72	85.09	66.72	16,928	1.0022	0.0022	0.0000
4	07.Jan.94	14,676	180	06.Jul.94 9B	71.75	84.83	66.55	16,961	1.0020	0.0020	0.0000
5	10.Jan.94	14,692	177	06.Jul.94 9B	72	85.44	66.94	16,994	1.0020	0.0019	0.0000
6	11.Jan.94	14,711	176	06.Jul.94 9B	72.1	85.67	67.08	17,021	1.0016	0.0016	0.0000
7	12.Jan.94	14,787	175	06.Jul.94 9B	71.77	85.29	66.84	17,100	1.0046	0.0046	0.0000
8	13.Jan.94	14,814	174	06.Jul.94 9B	72	85.79	67.16	17,143	1.0025	0.0025	0.0000
9	14.Jan.94	14,903	173	06.Jul.94 9B	72	86.06	67.33	17,253	1.0064	0.0064	0.0000
10	17.Jan.94	14,930	198	03.Aug.94 9B	73.64	85.82	67.18	17,278	1.0015	0.0015	0.0000
11	18.Jan.94	14,986	197	03.Aug.94 9B	77	90.39	70.04	17,453	1.0101	0.0101	0.0001
12	19.Jan.94	15,004	196	03.Aug.94 9B	78	91.84	70.93	17,509	1.0032	0.0032	0.0000

N=65

TOPLAM B	TOPLAM C	GUNLUK VOL	YILLIK VOL
0.18213	0.00128	0.0035	0.05506
0.17221	0.00121	0.0034	0.05466
0.18095	0.00118	0.0033	0.05169
0.18279	0.00119	0.0032	0.05148
0.18003	0.00117	0.0032	0.05136
0.18149	0.00117	0.0032	0.05119
0.18616	0.00117	0.0031	0.04989
0.18850	0.00118	0.0031	0.05000
0.19231	0.00119	0.0031	0.04930
0.19579	0.00122	0.0031	0.04976
0.19116	0.00118	0.0031	0.04946
0.19576	0.00125	0.0032	0.05119
0.19124	0.00121	0.0032	0.05032

13	20.Jan.94	15,007	195	03.Aug.94 9B	83	98.77	75.15	17,675	1.0095	0.0094	0.0001	0.19403	0.00125	0.0032	0.05142
14	21.Jan.94	15,023	194	03.Aug.94 9B	85	101.6	76.94	17,759	1.0048	0.0047	0.0000	0.19369	0.00125	0.0032	0.05137
15	24.Jan.94	15,070	191	03.Aug.94 9B	95	116.3	85.35	18,144	1.0266	0.0262	0.0007	0.21990	0.00193	0.0043	0.06846
16	25.Jan.94	15,150	190	03.Aug.94 9B	95	116.3	85.35	18,240	1.0271	0.0268	0.0007	0.24152	0.00262	0.0052	0.08244
17	26.Jan.94	15,186	189	03.Aug.94 9B	90	109.3	81.35	18,128	0.9938	(0.0062)	0.0000	0.22530	0.00256	0.0053	0.08373
18	27.Jan.94	17,250	188	03.Aug.94 9B	95	116.7	85.57	20,779	1.1462	0.1365	0.0186	0.36200	0.02119	0.0173	0.27477
19	28.Jan.94	17,287	187	03.Aug.94 9B	92.55	113.2	83.59	20,735	0.9979	(0.0021)	0.0000	0.35308	0.02115	0.0173	0.27517
20	31.Jan.94	17,238	156	06.Jul.94 12T	150	218.6	135.02	22,966	1.1071	0.1017	0.0103	0.45324	0.03150	0.0210	0.33402
21	01.Feb.94	17,347	155	06.Jul.94 12T	144.7	208.9	130.87	22,916	0.9983	(0.0017)	0.0000	0.45057	0.03150	0.0211	0.33425
22	02.Feb.94	17,320	154	06.Jul.94 12T	105	138.5	97.42	21,391	0.9334	(0.0689)	0.0047	0.37345	0.03617	0.0231	0.36604
23	03.Feb.94	17,381	209	31.Aug.94 12T	110	134.4	95.25	21,389	0.9990	(0.0010)	0.0000	0.36854	0.03616	0.0231	0.36627
24	04.Feb.94	17,402	208	31.Aug.94 12T	110	134.7	95.41	21,402	1.0015	0.0015	0.0000	0.36692	0.03615	0.0231	0.36633
25	05.Feb.94	17,466	207	31.Aug.94 12T	114.6	141.7	99.09	21,646	1.0114	0.0113	0.0001	0.37474	0.03627	0.0231	0.36647
26	08.Feb.94	17,635	204	31.Aug.94 12T	125	158	107.35	22,230	1.0270	0.0266	0.0007	0.39168	0.03688	0.0232	0.36869
27	09.Feb.94	17,691	203	31.Aug.94 12T	125.9	159.8	108.24	22,341	1.0050	0.0050	0.0000	0.40027	0.03690	0.0232	0.36820
28	10.Feb.94	17,706	202	31.Aug.94 12T	128.1	163.3	109.95	22,438	1.0043	0.0043	0.0000	0.40420	0.03691	0.0232	0.36804
29	11.Feb.94	17,754	173	03.Aug.94 9B	130	175.4	115.75	22,763	1.0145	0.0144	0.0002	0.41350	0.03710	0.0232	0.36838
30	14.Feb.94	17,772	198	31.Aug.94 12T	150	199.6	126.80	23,291	1.0232	0.0229	0.0005	0.43674	0.03762	0.0233	0.36956
31	15.Feb.94	17,759	197	31.Aug.94 12T	135.7	176.9	116.45	22,802	0.9790	(0.0212)	0.0005	0.40862	0.03802	0.0235	0.37364
32	16.Feb.94	17,719	196	31.Aug.94 12T	112.7	141.5	98.98	21,955	0.9628	(0.0379)	0.0014	0.37210	0.03946	0.0242	0.38337
33	17.Feb.94	17,759	195	31.Aug.94 12T	106.4	132.3	94.13	21,783	0.9922	(0.0079)	0.0001	0.36019	0.03950	0.0242	0.38429
34	18.Feb.94	17,850	194	31.Aug.94 12T	102.4	126.5	91.00	21,751	0.9985	(0.0015)	0.0000	0.35434	0.03948	0.0242	0.38453
35	21.Feb.94	17,838	191	31.Aug.94 12T	106.1	132.6	94.29	21,867	1.0063	0.0062	0.0000	0.35609	0.03950	0.0242	0.38453
36	22.Feb.94	17,925	190	31.Aug.94 12T	102.6	127.5	91.55	21,867	0.9991	(0.0009)	0.0000	0.35228	0.03950	0.0242	0.38470
37	23.Feb.94	18,001	189	31.Aug.94 12T	102.7	127.9	91.76	21,970	1.0047	0.0047	0.0000	0.35653	0.03952	0.0242	0.38468
38	24.Feb.94	18,051	188	31.Aug.94 12T	104.4	130.6	93.22	22,099	1.0059	0.0058	0.0000	0.36103	0.03955	0.0242	0.38449
39	25.Feb.94	18,135	187	31.Aug.94 12T	107	134.7	95.41	22,304	1.0093	0.0092	0.0001	0.37155	0.03963	0.0242	0.38431
40	28.Feb.94	18,297	184	31.Aug.94 12T	113.5	145.6	101.10	22,770	1.0304	0.0299	0.0009	0.40150	0.04053	0.0244	0.38707
41	01.Mar.94	18,594	183	31.Aug.94 12T	113.5	145.6	101.10	23,140	1.0375	0.0368	0.0014	0.43228	0.04185	0.0247	0.39174
42	02.Mar.94	18,996	182	31.Aug.94 12T	119.6	155.6	106.16	23,887	1.0323	0.0318	0.0010	0.45981	0.04284	0.0249	0.39482
43	03.Mar.94	19,043	181	31.Aug.94 12T	121.7	159.2	107.94	24,034	1.0061	0.0061	0.0000	0.46242	0.04287	0.0249	0.39476
44	04.Mar.94	19,181	180	31.Aug.94 12T	119.4	155.7	106.21	24,122	1.0037	0.0037	0.0000	0.46714	0.04288	0.0249	0.39448
45	05.Mar.94	19,494	179	31.Aug.94 12T	129.3	172.9	114.57	24,935	1.0337	0.0331	0.0011	0.49588	0.04396	0.0261	0.39773
46	08.Mar.94	19,762	176	31.Aug.94 12T	163.6	234.6	141.67	26,655	1.1050	0.0998	0.0100	0.59489	0.05392	0.0275	0.43690
47	09.Mar.94	19,966	175	31.Aug.94 12T	163.6	234.6	141.67	26,930	1.0800	0.0770	0.0059	0.58912	0.05984	0.0288	0.45661
48	10.Mar.94	20,096	174	31.Aug.94 12T	163.9	235.8	142.16	27,130	1.0074	0.0074	0.0001	0.57435	0.05987	0.0287	0.45630
49	11.Mar.94	20,290	173	31.Aug.94 12T	180	267.4	154.59	28,041	1.0336	0.0330	0.0011	0.59956	0.06091	0.0289	0.45848
50	16.Mar.94	20,200	168	31.Aug.94 12T	138.9	192.8	123.76	26,316	0.9385	(0.0635)	0.0040	0.62800	0.06490	0.0303	0.48132

51	17-Mar-94	20,632	167	31-Aug-94 12T	144.9	204	128.74	27,142	1,0314	0.0309	0.0010	0.65764	0.06586	0.0304	0.48283
52	18-Mar-94	21,018	166	31-Aug-94 12T	153.8	220.9	135.99	28,042	1,0332	0.0326	0.0011	0.69079	0.06692	0.0306	0.48436
53	21-Mar-94	21,481	163	31-Aug-94 12T	170.4	255	149.81	29,423	1,0492	0.0481	0.0023	0.73127	0.06917	0.0309	0.48988
54	22-Mar-94	21,591	190	28-Sep-94 12T	200	292.9	164.05	30,364	1,0320	0.0315	0.0010	0.76684	0.07016	0.0309	0.49050
55	23-Mar-94	21,596	189	28-Sep-94 12T	185.7	266.6	154.28	29,829	0.9824	(0.0178)	0.0003	0.74811	0.07047	0.0311	0.49351
56	24-Mar-94	21,596	188	28-Sep-94 12T	220	334.3	178.49	31,172	1,0451	0.0441	0.0019	0.79066	0.07240	0.0313	0.49722
57	25-Mar-94	21,728	187	28-Sep-94 12T	250	399.9	199.40	32,531	1,0436	0.0427	0.0018	0.83149	0.07422	0.0315	0.50036
58	28-Mar-94	21,728	184	28-Sep-94 12T	245.6	394.4	197.72	32,438	0.9971	(0.0029)	0.0000	0.82647	0.07422	0.0316	0.50088
59	29-Mar-94	21,913	183	28-Sep-94 12T	245.6	394.4	197.72	32,714	1,0085	0.0085	0.0001	0.83438	0.07430	0.0315	0.50037
60	30-Mar-94	22,003	182	28-Sep-94 12T	225.9	354	185.00	32,128	0.9905	(0.0096)	0.0001	0.82480	0.07439	0.0316	0.50169
61	31-Mar-94	22,182	181	28-Sep-94 12T	215	332	177.71	31,974	0.9952	(0.0048)	0.0000	0.81298	0.07436	0.0317	0.50276
62	01-Apr-94	22,335	180	28-Sep-94 12T	160	225.2	137.79	29,903	0.9352	(0.0670)	0.0045	0.73892	0.07880	0.0332	0.52649
63	04-Apr-94	22,652	177	28-Sep-94 12T	163.2	232.7	140.89	30,521	1,0207	0.0205	0.0004	0.75693	0.07921	0.0332	0.52649
	05-Apr-94	23,078	204	26-Oct-94 12T	145	189.2	122.14	29,968	0.9819	(0.0183)	0.0003				
	06-Apr-94	32,053	175	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	41,097	1,3713	0.3158	0.0997				
	07-Apr-94	39,933	174	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	51,200	1,2458	0.2198	0.0483				
	08-Apr-94	36,945	173	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	47,369	0.9252	(0.0778)	0.0060				
	11-Apr-94	33,628	170	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	43,116	0.9102	(0.0941)	0.0088				
	12-Apr-94	33,723	169	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	43,238	1,0028	0.0028	0.0000				
	13-Apr-94	35,290	196	26-Oct-94 12T	203.8	296.3	165.28	49,740	1,1504	0.1401	0.0196				
	14-Apr-94	35,528	195	26-Oct-94 12T	213.9	316.4	172.38	50,724	1,0198	0.0196	0.0004				
	15-Apr-94	36,242	194	26-Oct-94 12T	210.5	310.8	170.42	51,562	1,0165	0.0164	0.0003				
	18-Apr-94	35,181	191	26-Oct-94 12T	212.1	316.6	172.45	50,235	0.9743	(0.0261)	0.0007				
	19-Apr-94	32,469	190	26-Oct-94 12T	230	353.7	184.90	47,402	0.9436	(0.0580)	0.0034				
	20-Apr-94	31,652	189	26-Oct-94 12T	233.8	362.8	187.84	46,449	0.9799	(0.0203)	0.0004				
	21-Apr-94	30,813	188	26-Oct-94 12T	240.6	378.4	192.78	45,609	0.9819	(0.0182)	0.0003				
	22-Apr-94	29,703	187	26-Oct-94 12T	240.6	378.4	192.78	43,966	0.9640	(0.0367)	0.0013				
	25-Apr-94	30,720	184	26-Oct-94 12T	190.9	280.8	159.62	42,852	0.9747	(0.0257)	0.0007				
	26-Apr-94	33,993	183	26-Oct-94 12T	200.8	301.3	167.07	48,069	1,1217	0.1149	0.0132				
	27-Apr-94	34,713	182	26-Oct-94 12T	214.4	329.8	176.97	49,970	1,0396	0.0388	0.0015				
	28-Apr-94	32,542	181	26-Oct-94 12T	214	330	177.04	46,851	0.9376	(0.0645)	0.0042				
	29-Apr-94	33,475	180	26-Oct-94 12T	210.4	323.4	174.79	48,001	1,0245	0.0242	0.0006				
	02-May-94	34,155	177	26-Oct-94 12T	207.6	320.5	173.79	48,888	1,0185	0.0183	0.0003				
	03-May-94	35,348	176	26-Oct-94 12T	208.8	324.1	175.03	50,708	1,0372	0.0365	0.0013				
	04-May-94	36,350	175	26-Oct-94 12T	193.4	293	164.09	51,123	1,0082	0.0081	0.0001				
	05-May-94	35,975	174	26-Oct-94 12T	193.5	294.1	164.48	50,633	0.9904	(0.0096)	0.0001				
	06-May-94	35,908	173	26-Oct-94 12T	189.7	287	161.90	50,300	0.9934	(0.0066)	0.0000				

09-May-94	33,678	170	26.Oct.94 12T	188.7	287.4	162.05	47,189	0.9381	(0.0638)	0.0041
10-May-94	34,897	169	26.Oct.94 12T	190.9	292.8	164.01	49,073	1.0399	0.0392	0.0015
11-May-94	35,156	168	26.Oct.94 12T	186.6	284.6	161.02	49,167	1.0019	0.0019	0.0000
12-May-94	34,295	167	26.Oct.94 12T	170	251.6	148.48	46,857	0.9530	(0.0481)	0.0023
13-May-94	33,508	166	26.Oct.94 12T	178.9	270.3	155.69	46,403	0.9903	(0.0097)	0.0001
16-May-94	33,458	163	26.Oct.94 12T	186.9	289.3	162.74	46,940	1.0116	0.0115	0.0001
17-May-94	32,195	162	26.Oct.94 12T	191.1	299	168.25	45,458	0.9684	(0.0321)	0.0010
18-May-94	33,033	161	26.Oct.94 12T	191.7	301.3	167.07	46,711	1.0276	0.0272	0.0007
20-May-94	33,033	159	26.Oct.94 12T	191.7	301.3	167.07	46,711	1.0000	-	-
25-May-94	33,410	154	26.Oct.94 12T	190	303.6	167.89	47,315	1.0129	0.0128	0.0002
26-May-94	33,488	181	23.Nov.94 12T	200	301.2	167.03	47,352	1.0008	0.0008	0.0000
27-May-94	32,095	152	26.Oct.94 12T	198.4	324.9	175.30	46,064	0.9728	(0.0276)	0.0008
30-May-94	32,325	149	26.Oct.94 12T	198.4	324.9	175.30	46,394	1.0072	0.0071	0.0001
31-May-94	31,794	176	23.Nov.94 12T	180	265.4	153.82	43,877	0.9457	(0.0558)	0.0031
01-Jun-94	31,243	203	21.Dec.94 12T	190	266.3	154.17	43,144	0.9833	(0.0168)	0.0003
02-Jun-94	30,685	202	21.Dec.94 12T	190	266.3	154.17	42,373	0.9821	(0.0180)	0.0003
03-Jun-94	33,248	201	21.Dec.94 12T	190.1	267.2	154.51	45,942	1.0842	0.0809	0.0065
06-Jun-94	32,564	198	21.Dec.94 12T	190	269	155.19	45,054	0.9807	(0.0195)	0.0004
07-Jun-94	32,453	197	21.Dec.94 12T	190	269.7	155.46	44,923	0.9971	(0.0029)	0.0000
08-Jun-94	32,700	196	21.Dec.94 12T	203.9	296.4	165.31	46,093	1.0260	0.0257	0.0007
09-Jun-94	32,741	195	21.Dec.94 12T	190	271.1	155.99	45,366	0.9842	(0.0159)	0.0003
10-Jun-94	32,671	194	21.Dec.94 12T	182	257.2	150.66	44,822	0.9880	(0.0121)	0.0001
13-Jun-94	32,238	191	21.Dec.94 12T	181.7	258.7	151.25	44,276	0.9878	(0.0123)	0.0002
14-Jun-94	32,124	190	21.Dec.94 12T	189.8	274.4	157.23	44,614	1.0076	0.0076	0.0001
15-Jun-94	31,608	193	25.Dec.94 24T	190	272.5	156.52	43,839	0.9826	(0.0175)	0.0003
16-Jun-94	31,414	188	21.Dec.94 12T	189.8	275.9	157.79	43,673	0.9962	(0.0038)	0.0000
17-Jun-94	30,901	187	21.Dec.94 12T	152	207.7	130.35	40,780	0.9338	(0.0685)	0.0047
20-Jun-94	31,044	184	21.Dec.94 12T	125	164.2	110.39	39,375	0.9656	(0.0351)	0.0012
21-Jun-94	30,989	183	21.Dec.94 12T	125	164.2	110.39	39,305	0.9982	(0.0018)	0.0000
22-Jun-94	31,037	182	21.Dec.94 12T	125	164.2	110.39	39,366	1.0015	0.0015	0.0000
23-Jun-94	31,254	153	23.Nov.94 12T	125.5	174.4	115.28	40,034	1.0170	0.0168	0.0003
24-Jun-94	31,861	182	23.Dec.94 6B	134.8	180.4	118.09	41,042	1.0252	0.0249	0.0006
27-Jun-94	31,779	179	23.Dec.94 6B	137	185.1	120.26	41,114	1.0018	0.0017	0.0000
28-Jun-94	31,249	178	23.Dec.94 6B	136.2	184.1	119.80	40,391	0.9824	(0.0177)	0.0003
29-Jun-94	31,384	177	23.Dec.94 6B	132	177.4	116.69	40,315	0.9981	(0.0019)	0.0000
30-Jun-94	31,226	182	29.Dec.94 6B	130.1	172.6	114.42	39,930	0.9905	(0.0096)	0.0001

38	25.Nov.93	13,587	167	11.May.94 9B	73.79	88.85	69.08	15,790	0.9987	(0.0013)	0.0000
39	26.Nov.93	13,654	166	11.May.94 9B	74.29	89.66	69.58	15,886	1.0051	0.0060	0.0000
40	29.Nov.93	13,706	163	11.May.94 9B	74.32	89.99	69.79	15,954	1.0043	0.0043	0.0000
41	30.Nov.93	13,751	190	08.Jun.94 9B	76.32	90.15	69.89	16,010	1.0035	0.0035	0.0000
42	01.Dec.93	13,751	189	08.Jun.94 9B	75.69	89.39	69.42	15,993	0.9990	(0.0010)	0.0000
43	02.Dec.93	13,817	188	08.Jun.94 9B	75.41	89.11	69.24	16,063	1.0044	0.0044	0.0000
44	03.Dec.93	13,860	187	08.Jun.94 12T	74.12	87.45	68.20	16,076	1.0008	0.0008	0.0000
45	04.Dec.93	13,898	186	08.Jun.94 12T	74.12	87.45	68.20	16,121	1.0027	0.0027	0.0000
46	07.Dec.93	13,849	183	08.Jun.94 9B	74.37	88.15	68.64	16,079	0.9974	(0.0026)	0.0000
47	08.Dec.93	13,870	182	08.Jun.94 9B	74.37	88.15	68.64	16,104	1.0015	0.0015	0.0000
48	09.Dec.93	13,915	181	08.Jun.94 9B	74.37	88.15	68.64	16,156	1.0032	0.0032	0.0000
49	10.Dec.93	13,932	180	08.Jun.94 12T	76.45	91.31	70.61	16,246	1.0056	0.0056	0.0000
50	13.Dec.93	13,909	177	08.Jun.94 12T	76.45	91.31	70.61	16,219	0.9983	(0.0017)	0.0000
51	14.Dec.93	13,963	176	08.Jun.94 12T	76.45	91.31	70.61	16,282	1.0039	0.0039	0.0000
52	15.Dec.93	14,063	175	08.Jun.94 9B	75.55	90.54	70.13	16,382	1.0061	0.0061	0.0000
53	16.Dec.93	14,091	174	08.Jun.94 9B	75.55	90.54	70.13	16,414	1.0020	0.0020	0.0000
54	17.Dec.93	14,093	173	08.Jun.94 9B	76	91.38	70.65	16,435	1.0013	0.0013	0.0000
55	20.Dec.93	14,107	170	08.Jun.94 9B	75	90.26	69.96	16,426	0.9995	(0.0005)	0.0000
56	21.Dec.93	14,172	169	08.Jun.94 9B	76.47	92.45	71.31	16,551	1.0076	0.0076	0.0001
57	22.Dec.93	14,180	168	08.Jun.94 9B	74	89.05	69.20	16,484	0.9959	(0.0041)	0.0000
58	23.Dec.93	14,164	167	08.Jun.94 9B	75	90.56	70.14	16,500	1.0009	0.0009	0.0000
59	24.Dec.93	14,176	166	08.Jun.94 9B	75.28	91.05	70.45	16,525	1.0015	0.0015	0.0000
60	27.Dec.93	14,206	191	06.Jul.94 9B	76.89	90.84	70.32	16,555	1.0018	0.0018	0.0000
61	28.Dec.93	14,255	190	06.Jul.94 9B	76.13	89.89	69.73	16,590	1.0021	0.0021	0.0000
62	29.Dec.93	14,282	189	06.Jul.94 9B	75.35	88.93	69.13	16,600	1.0006	0.0006	0.0000
63	30.Dec.93	14,379	188	06.Jul.94 9B	75.41	89.1	69.24	16,717	1.0070	0.0070	0.0000
64	31.Dec.93	14,487	187	06.Jul.94 9B	75.12	88.81	69.05	16,835	1.0071	0.0071	0.0001
65	03.Jan.94	14,531	186	06.Jul.94 9B	74.36	88.81	68.57	16,877	1.0025	0.0024	0.0000
1	04.Jan.94	14,572	183	06.Jul.94 9B	72.18	85.17	66.77	16,848	0.9983	(0.0017)	0.0000
2	05.Jan.94	14,621	182	06.Jul.94 9B	71.68	84.56	66.38	16,891	1.0025	0.0025	0.0000
3	06.Jan.94	14,642	181	06.Jul.94 9B	72	85.09	66.72	16,928	1.0022	0.0022	0.0000
4	07.Jan.94	14,676	180	06.Jul.94 9B	71.75	84.83	66.55	16,961	1.0020	0.0020	0.0000
5	10.Jan.94	14,692	177	06.Jul.94 9B	72	85.44	66.94	16,994	1.0020	0.0019	0.0000
6	11.Jan.94	14,711	176	06.Jul.94 9B	72.1	85.67	67.08	17,021	1.0016	0.0016	0.0000
7	12.Jan.94	14,787	175	06.Jul.94 9B	71.77	85.29	66.84	17,100	1.0046	0.0046	0.0000
8	13.Jan.94	14,814	174	06.Jul.94 9B	72	85.79	67.16	17,143	1.0025	0.0025	0.0000
9	14.Jan.94	14,903	173	06.Jul.94 9B	72	86.06	67.33	17,253	1.0064	0.0064	0.0000
10	17.Jan.94	14,930	198	03.Aug.94 9B	73.64	85.82	67.18	17,278	1.0015	0.0015	0.0000
11	18.Jan.94	14,986	197	03.Aug.94 9B	77	90.39	70.04	17,453	1.0101	0.0101	0.0001
12	19.Jan.94	15,004	196	03.Aug.94 9B	78	91.84	70.93	17,509	1.0032	0.0032	0.0000

N=63

TOPLAM B	TOPLAM C	GUNLUK VOL	YILLIK VOL
0.80826	0.07428	0.0328	0.52036
0.80512	0.07430	0.0328	0.52079
0.73564	0.07878	0.0344	0.54587
0.75393	0.07920	0.0344	0.54572
0.73370	0.07953	0.0346	0.54896
1.04754	0.17924	0.0522	0.82914
1.26574	0.22756	0.0583	0.92623
1.18335	0.23359	0.0597	0.94763
1.08675	0.24243	0.0614	0.97539
1.08320	0.24240	0.0615	0.97560
1.22183	0.26202	0.0634	1.00642
1.23134	0.26231	0.0634	1.00619
1.24454	0.26256	0.0633	1.00588

13	20.Jan.94	15,007	195	03.Aug.94 9B	83	98.77	75.15	17,675	1.0095	0.0094	0.0001	1.20903	0.26315	0.0636	1.00991
14	21.Jan.94	15,023	194	03.Aug.94 9B	85	101.6	76.84	17,759	1.0048	0.0047	0.0000	1.14624	0.26650	0.0644	1.02213
15	24.Jan.94	15,070	191	03.Aug.94 9B	95	116.3	85.35	18,144	1.0266	0.0262	0.0007	1.09971	0.26623	0.0646	1.02619
16	25.Jan.94	15,150	190	03.Aug.94 9B	95	116.3	85.35	18,240	1.0271	0.0268	0.0007	1.05471	0.26584	0.0647	1.02775
17	26.Jan.94	15,186	189	03.Aug.94 9B	90	109.3	81.35	18,128	0.9938	(0.0062)	0.0000	1.02422	0.26715	0.0651	1.03266
18	27.Jan.94	17,250	188	03.Aug.94 9B	95	116.7	85.57	20,779	1.1452	0.1385	0.0186	0.86207	0.24918	0.0634	1.00568
19	28.Jan.94	17,287	187	03.Aug.94 9B	92.55	113.2	83.59	20,735	0.9979	(0.0021)	0.0000	0.97905	0.26237	0.0646	1.02587
20	31.Jan.94	17,238	156	06.Jul.94 12T	150	218.6	135.02	22,956	1.1071	0.1017	0.0103	0.91611	0.25353	0.0637	1.01150
21	01.Feb.94	17,347	155	06.Jul.94 12T	144.7	208.9	130.87	22,916	0.9983	(0.0017)	0.0000	0.85339	0.25768	0.0645	1.02409
22	02.Feb.94	17,320	154	06.Jul.94 12T	105	138.5	97.42	21,391	0.9334	(0.0689)	0.0047	0.94652	0.25352	0.0636	1.00349
23	03.Feb.94	17,381	209	31.Aug.94 12T	110	134.4	95.25	21,369	0.9990	(0.0010)	0.0000	0.96584	0.25386	0.0636	1.00890
24	04.Feb.94	17,402	208	31.Aug.94 12T	110	134.7	95.41	21,402	1.0015	0.0015	0.0000	1.00085	0.25519	0.0636	1.00329
25	05.Feb.94	17,466	207	31.Aug.94 12T	114.6	141.7	99.09	21,646	1.0114	0.0113	0.0001	0.99768	0.25513	0.0636	1.00938
26	08.Feb.94	17,635	204	31.Aug.94 12T	125	158	107.35	22,230	1.0270	0.0266	0.0007	0.96141	0.25451	0.0637	1.01068
27	09.Feb.94	17,691	203	31.Aug.94 12T	125.9	159.8	108.24	22,341	1.0050	0.0050	0.0000	0.94984	0.25453	0.0637	1.01140
28	10.Feb.94	17,706	202	31.Aug.94 12T	128.1	163.3	109.95	22,438	1.0043	0.0043	0.0000	0.88166	0.25859	0.0645	1.02428
29	11.Feb.94	17,754	173	03.Aug.94 9B	130	175.4	115.75	22,763	1.0145	0.0144	0.0002	0.90642	0.25992	0.0646	1.02551
30	14.Feb.94	17,772	198	31.Aug.94 12T	150	199.6	126.80	23,291	1.0232	0.0229	0.0005	0.88539	0.25939	0.0646	1.02573
31	15.Feb.94	17,759	197	31.Aug.94 12T	135.7	176.9	116.45	22,802	0.9790	(0.0212)	0.0005	0.85850	0.26126	0.0650	1.03122
32	16.Feb.94	17,719	196	31.Aug.94 12T	112.7	141.5	98.98	21,955	0.9928	(0.0379)	0.0014	0.88663	0.25992	0.0647	1.02675
33	17.Feb.94	17,759	195	31.Aug.94 12T	106.4	132.3	94.13	21,783	0.9922	(0.0079)	0.0001	0.90601	0.25999	0.0646	1.02569
34	18.Feb.94	17,850	194	31.Aug.94 12T	102.4	126.5	91.00	21,751	0.9985	(0.0015)	0.0000	0.87540	0.26102	0.0649	1.02971
35	21.Feb.94	17,838	191	31.Aug.94 12T	106.1	132.6	94.29	21,887	1.0063	0.0062	0.0000	0.89634	0.26172	0.0649	1.02988
36	22.Feb.94	17,925	190	31.Aug.94 12T	102.6	127.5	91.55	21,867	0.9991	(0.0009)	0.0000	0.89725	0.26172	0.0649	1.02982
37	23.Feb.94	18,001	189	31.Aug.94 12T	102.7	127.9	91.76	21,970	1.0047	0.0047	0.0000	0.90540	0.26186	0.0649	1.02961
38	24.Feb.94	18,051	188	31.Aug.94 12T	104.4	130.6	93.22	22,099	1.0059	0.0058	0.0000	0.90034	0.26183	0.0649	1.02986
39	25.Feb.94	18,135	187	31.Aug.94 12T	107	134.7	95.41	22,304	1.0093	0.0092	0.0001	0.86354	0.26250	0.0651	1.03349
40	28.Feb.94	18,297	184	31.Aug.94 12T	113.5	145.6	101.10	22,770	1.0304	0.0299	0.0009	0.84074	0.26166	0.0651	1.03308
41	01.Mar.94	18,594	183	31.Aug.94 12T	113.5	145.6	101.10	23,140	1.0375	0.0368	0.0014	0.74813	0.26341	0.0656	1.04175
42	02.Mar.94	18,996	182	31.Aug.94 12T	119.6	155.6	106.16	23,887	1.0323	0.0318	0.0010	0.69951	0.26269	0.0657	1.04267
43	03.Mar.94	19,043	181	31.Aug.94 12T	121.7	159.2	107.94	24,034	1.0061	0.0061	0.0000	0.67537	0.26297	0.0658	1.04439
44	04.Mar.94	19,181	180	31.Aug.94 12T	119.4	155.7	106.21	24,122	1.0037	0.0037	0.0000	0.75255	0.26950	0.0664	1.05393
45	05.Mar.94	19,494	179	31.Aug.94 12T	129.3	172.9	114.57	24,935	1.0337	0.0331	0.0011	0.69990	0.26878	0.0665	1.05506
46	08.Mar.94	19,762	176	31.Aug.94 12T	163.6	234.6	141.67	26,555	1.1050	0.0998	0.0100	0.59715	0.25883	0.0655	1.03928
47	09.Mar.94	19,966	175	31.Aug.94 12T	163.6	234.6	141.67	26,930	1.0800	0.0770	0.0059	0.54590	0.25356	0.0649	1.03044
48	10.Mar.94	20,096	174	31.Aug.94 12T	163.9	235.8	142.16	27,130	1.0074	0.0074	0.0001	0.52259	0.25376	0.0650	1.03171
49	11.Mar.94	20,290	173	31.Aug.94 12T	180	267.4	154.59	28,041	1.0336	0.0330	0.0011	0.47752	0.25282	0.0650	1.03131
50	16.Mar.94	20,200	168	31.Aug.94 12T	138.9	192.8	123.76	26,316	0.9385	(0.0635)	0.0040	0.52875	0.24894	0.0643	1.02145

51	17-Mar-94	20,632	167	31-Aug-94 12T	144.9	204	128.74	27,142	1,0314	0.0309	0.0010	0.50542	0.24804	0.0643	1.02041
52	18-Mar-94	21,018	166	31-Aug-94 12T	153.8	220.9	135.99	28,042	1,0332	0.0326	0.0011	0.45530	0.24728	0.0643	1.02050
53	21-Mar-94	21,481	163	31-Aug-94 12T	170.4	255	149.81	29,423	1,0492	0.0481	0.0023	0.40344	0.24499	0.0641	1.01725
54	22-Mar-94	21,591	190	28-Sep-94 12T	200	292.9	164.05	30,364	1,0320	0.0315	0.0010	0.30341	0.24869	0.0647	1.02745
55	23-Mar-94	21,596	189	28-Sep-94 12T	185.7	266.6	154.28	29,829	0.9824	(0.0178)	0.0003	0.28614	0.24960	0.0649	1.02970
56	24-Mar-94	21,596	188	28-Sep-94 12T	220	334.3	178.49	31,172	1,0451	0.0441	0.0019	0.24031	0.24767	0.0647	1.02651
57	25-Mar-94	21,728	187	28-Sep-94 12T	250	399.9	199.40	32,531	1,0436	0.0427	0.0018	0.19920	0.24585	0.0645	1.02335
58	28-Mar-94	21,728	184	28-Sep-94 12T	245.6	394.4	197.72	32,438	0.9971	(0.0029)	0.0000	0.21890	0.24612	0.0645	1.02363
59	29-Mar-94	21,913	183	28-Sep-94 12T	245.6	394.4	197.72	32,714	1,0085	0.0085	0.0001	0.23528	0.24667	0.0645	1.02452
60	30-Mar-94	22,003	182	28-Sep-94 12T	225.9	354	185.00	32,128	0.9905	(0.0096)	0.0001	0.24661	0.24658	0.0645	1.02414
61	31-Mar-94	22,182	181	28-Sep-94 12T	215	332	177.71	31,974	0.9952	(0.0048)	0.0000	0.23369	0.24687	0.0646	1.02496
62	01-Apr-94	22,335	180	28-Sep-94 12T	160	225.2	137.79	29,903	0.9352	(0.0670)	0.0045	0.29877	0.24239	0.0639	1.01436
63	04-Apr-94	22,662	177	28-Sep-94 12T	163.2	232.7	140.89	30,521	1,0207	0.0205	0.0004	0.26872	0.24206	0.0639	1.01427
	05-Apr-94	23,078	204	26-Oct-94 12T	145	189.2	122.14	29,968	0.9819	(0.0183)	0.0003				
	06-Apr-94	32,053	175	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	41,097	1,3713	0.3158	0.0997				
	07-Apr-94	39,933	174	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	51,200	1,2458	0.2198	0.0483				
	08-Apr-94	36,945	173	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	47,369	0.9252	(0.0778)	0.0060				
	11-Apr-94	33,628	170	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	43,116	0.9102	(0.0941)	0.0088				
	12-Apr-94	33,723	169	28-Sep-94 12T	130.4	175.4	115.75	43,238	1,0028	0.0028	0.0000				
	13-Apr-94	35,290	196	26-Oct-94 12T	203.8	296.3	165.28	49,740	1,1504	0.1401	0.0196				
	14-Apr-94	35,528	195	26-Oct-94 12T	213.9	316.4	172.38	50,724	1,0198	0.0196	0.0004				
	15-Apr-94	36,242	194	26-Oct-94 12T	210.5	310.8	170.42	51,562	1,0165	0.0164	0.0003				
	18-Apr-94	35,181	191	26-Oct-94 12T	212.1	316.6	172.45	50,235	0.9743	(0.0261)	0.0007				
	19-Apr-94	32,469	190	26-Oct-94 12T	230	353.7	184.90	47,402	0.9436	(0.0580)	0.0034				
	20-Apr-94	31,652	189	26-Oct-94 12T	233.8	362.8	187.84	46,449	0.9799	(0.0203)	0.0004				
	21-Apr-94	30,813	188	26-Oct-94 12T	240.6	378.4	192.78	45,609	0.9819	(0.0182)	0.0003				
	22-Apr-94	29,703	187	26-Oct-94 12T	240.6	378.4	192.78	43,966	0.9640	(0.0367)	0.0013				
	25-Apr-94	30,720	184	26-Oct-94 12T	190.9	280.8	159.62	42,852	0.9747	(0.0257)	0.0007				
	26-Apr-94	33,993	183	26-Oct-94 12T	200.8	301.3	167.07	48,069	1,1217	0.1149	0.0132				
	27-Apr-94	34,713	182	26-Oct-94 12T	214.4	329.8	176.97	49,970	1,0396	0.0388	0.0015				
	28-Apr-94	32,542	181	26-Oct-94 12T	214	330	177.04	46,851	0.9376	(0.0645)	0.0042				
	29-Apr-94	33,475	180	26-Oct-94 12T	210.4	323.4	174.79	48,001	1,0245	0.0242	0.0006				
	02-May-94	34,155	177	26-Oct-94 12T	207.6	320.5	173.79	48,888	1,0185	0.0183	0.0003				
	03-May-94	35,348	176	26-Oct-94 12T	208.8	324.1	175.03	50,708	1,0372	0.0365	0.0013				
	04-May-94	36,350	175	26-Oct-94 12T	193.4	293	164.09	51,123	1,0082	0.0081	0.0001				
	05-May-94	35,975	174	26-Oct-94 12T	193.5	294.1	164.48	50,633	0.9904	(0.0096)	0.0001				
	06-May-94	35,908	173	26-Oct-94 12T	189.7	287	161.90	50,300	0.9934	(0.0066)	0.0000				

09-May-94	33,678	170	26-Oct-94 12T	188.7	287.4	162.05	47,189	0.9381	(0.0638)	0.0041
10-May-94	34,897	169	26-Oct-94 12T	190.9	292.8	164.01	49,073	1.0399	0.0392	0.0015
11-May-94	35,156	168	26-Oct-94 12T	186.6	284.6	161.02	49,167	1.0019	0.0019	0.0000
12-May-94	34,295	167	26-Oct-94 12T	170	251.6	148.48	46,857	0.9530	(0.0481)	0.0023
13-May-94	33,508	166	26-Oct-94 12T	178.9	270.3	155.69	46,403	0.9903	(0.0097)	0.0001
16-May-94	33,458	163	26-Oct-94 12T	186.9	289.3	162.74	46,940	1.0116	0.0115	0.0001
17-May-94	32,195	162	26-Oct-94 12T	191.1	299	166.25	45,458	0.9884	(0.0321)	0.0010
18-May-94	33,033	161	26-Oct-94 12T	191.7	301.3	167.07	46,711	1.0276	0.0272	0.0007
20-May-94	33,033	159	26-Oct-94 12T	191.7	301.3	167.07	46,711	1.0000	-	-
25-May-94	33,410	154	26-Oct-94 12T	190	303.6	167.89	47,315	1.0129	0.0128	0.0002
26-May-94	33,488	181	23-Nov-94 12T	200	301.2	167.03	47,352	1.0008	0.0008	0.0000
27-May-94	32,095	152	26-Oct-94 12T	198.4	324.9	175.30	46,064	0.9728	(0.0276)	0.0008
30-May-94	32,325	149	26-Oct-94 12T	198.4	324.9	175.30	46,394	1.0072	0.0071	0.0001
31-May-94	31,794	176	23-Nov-94 12T	180	265.4	153.82	43,877	0.9457	(0.0558)	0.0031
01-Jun-94	31,243	203	21-Dec-94 12T	190	266.3	154.17	43,144	0.9833	(0.0168)	0.0003
02-Jun-94	30,685	202	21-Dec-94 12T	190	266.3	154.17	42,373	0.9821	(0.0180)	0.0003
03-Jun-94	33,248	201	21-Dec-94 12T	190.1	267.2	154.51	45,942	1.0842	0.0809	0.0065
06-Jun-94	32,564	198	21-Dec-94 12T	190	269	155.19	45,054	0.9807	(0.0195)	0.0004
07-Jun-94	32,453	197	21-Dec-94 12T	190	269.7	155.46	44,923	0.9971	(0.0029)	0.0000
08-Jun-94	32,700	196	21-Dec-94 12T	203.9	296.4	165.31	46,093	1.0260	0.0257	0.0007
09-Jun-94	32,741	195	21-Dec-94 12T	190	271.1	155.99	45,366	0.9842	(0.0159)	0.0003
10-Jun-94	32,671	194	21-Dec-94 12T	182	257.2	150.66	44,822	0.9880	(0.0121)	0.0001
13-Jun-94	32,238	191	21-Dec-94 12T	181.7	258.7	151.25	44,276	0.9878	(0.0123)	0.0002
14-Jun-94	32,124	190	21-Dec-94 12T	189.8	274.4	157.23	44,514	1.0076	0.0076	0.0001
15-Jun-94	31,608	193	25-Dec-94 24T	190	272.5	156.52	43,839	0.9826	(0.0175)	0.0003
16-Jun-94	31,414	188	21-Dec-94 12T	189.8	275.9	157.79	43,673	0.9962	(0.0038)	0.0000
17-Jun-94	30,901	187	21-Dec-94 12T	152	207.7	130.35	40,780	0.9338	(0.0885)	0.0047
20-Jun-94	31,044	184	21-Dec-94 12T	125	164.2	110.39	39,375	0.9656	(0.0351)	0.0012
21-Jun-94	30,989	183	21-Dec-94 12T	125	164.2	110.39	39,305	0.9982	(0.0018)	0.0000
22-Jun-94	31,037	182	21-Dec-94 12T	125	164.2	110.39	39,366	1.0015	0.0015	0.0000
23-Jun-94	31,254	153	23-Nov-94 12T	125.5	174.4	115.28	40,034	1.0170	0.0168	0.0003
24-Jun-94	31,861	182	23-Dec-94 6B	134.8	180.4	118.09	41,042	1.0252	0.0249	0.0006
27-Jun-94	31,779	179	23-Dec-94 6B	137	185.1	120.26	41,114	1.0018	0.0017	0.0000
28-Jun-94	31,249	178	23-Dec-94 6B	136.2	184.1	119.80	40,391	0.9824	(0.0177)	0.0003
29-Jun-94	31,384	177	23-Dec-94 6B	132	177.4	116.69	40,315	0.9981	(0.0019)	0.0000
30-Jun-94	31,226	182	29-Dec-94 6B	130.1	172.6	114.42	39,930	0.9905	(0.0096)	0.0001

DÖVİZ KURLARI
(Haziran 1993 -1994)

	Tarih	ALMAN MARKI (DM)			AMERİKAN DOLARI (\$)		
		Alış	Capraz	Satış	Alış	Capraz	Satış
	07-Jun-93	6349.15	1.5900	6361.87	10,124	1	10144
1	08-Jun-93	6313.39	1.6200	6326.04	10,243	1	10264
1	09-Jun-93	6323.33	1.6200	6336	10,275	1	10296
1	10-Jun-93	6322.19	1.6300	6334.86	10,327	1	10348
1	11-Jun-93	6326.88	1.6400	6339.56	10,367	1	10388
3	14-Jun-93	6327.28	1.6200	6380.04	10,337	1	10358
1	15-Jun-93	6382.9	1.6200	6395.69	10,356	1	10377
1	16-Jun-93	6389.12	1.6300	6401.92	10,393	1	10414
1	17-Jun-93	6351.84	1.6600	6364.57	10,520	1	10541
1	18-Jun-93	6364.39	1.6600	6377.14	10,544	1	10565
3	21-Jun-93	6358.96	1.6700	6371.7	10,607	1	10628
1	22-Jun-93	6331.28	1.6900	6343.97	10,713	1	10734
1	23-Jun-93	6349.3	1.6900	6362.02	10,727	1	10748
1	24-Jun-93	6353.64	1.6900	6366.37	10,769	1	10791
1	25-Jun-93	6342.21	1.7100	6354.92	10,843	1	10865
3	28-Jun-93	6369.73	1.7000	6382.49	10,841	1	10863
1	29-Jun-93	6383.21	1.7000	6396	10,864	1	10886
1	30-Jun-93	6411	1.6900	6423.85	10,860	1	10882
1	01-Jul-93	6431.16	1.6900	6444.05	10,862	1	10884
1	02-Jul-93	6427.05	1.7000	6439.93	10,913	1	10935
1	03-Jul-93	6443.73	1.6900	6456.64	10,922	1	10944
3	06-Jul-93	6454.19	1.7000	6467.12	10,943	1	10965
1	07-Jul-93	6460.13	1.7000	6473.08	10,979	1	11001
1	08-Jul-93	6474.17	1.7000	6487.14	10,999	1	11021
1	09-Jul-93	6473.99	1.7100	6486.96	11,048	1	11070
1	10-Jul-93	6461.77	1.7200	6474.72	11,121	1	11143
3	13-Jul-93	6460.02	1.7300	6472.97	11,173	1	11195
1	14-Jul-93	6489.33	1.7200	6502.33	11,162	1	11184
1	15-Jul-93	6505.59	1.7200	6518.63	11,177	1	11199
1	16-Jul-93	6519.68	1.7200	6532.75	11,198	1	11220
3	19-Jul-93	6519.68	1.7300	6532.75	11,246	1	11269
1	20-Jul-93	6562.38	1.7100	6575.53	11,209	1	11231
1	21-Jul-93	6586.68	1.7000	6599.88	11,211	1	11233
1	22-Jul-93	6609.22	1.7000	6622.46	11,213	1	11235
1	23-Jul-93	6604.98	1.7100	6618.22	11,271	1	11294
3	26-Jul-93	6597.37	1.7200	6610.59	11,334	1	11357
1	27-Jul-93	6598.37	1.7300	6611.59	11,382	1	11405
1	28-Jul-93	6617.59	1.7200	6630.85	11,392	1	11415
1	29-Jul-93	6630.92	1.7200	6644.21	11,415	1	11438
1	30-Jul-93	6640.59	1.7200	6653.9	11,445	1	11468
3	02-Aug-93	6623.72	1.7400	6636.99	11,532	1	11555
1	03-Aug-93	6660.84	1.7300	6674.19	11,510	1	11533
1	04-Aug-93	6707.03	1.7100	6720.47	11,469	1	11492
1	05-Aug-93	6722.63	1.7100	6736.1	11,489	1	11512
1	06-Aug-93	6725.88	1.7100	6739.36	11,535	1	11558
3	09-Aug-93	6758.31	1.7000	6771.85	11,523	1	11546
1	10-Aug-93	6791.94	1.6900	6805.55	11,509	1	11532

1	11-Aug-93	6787.6	1.7000	6801.2	11,571	1	11594
1	12-Aug-93	6780.7	1.7200	6794.29	11,636	1	11659
1	13-Aug-93	6792.21	1.7200	6805.82	11,666	1	11689
3	16-Aug-93	6814.71	1.7100	6828.37	11,674	1	11697
1	17-Aug-93	6849.37	1.7000	6863.1	11,658	1	11681
1	18-Aug-93	6886.2	1.6900	6900	11,638	1	11661
1	19-Aug-93	6899.51	1.6900	6913.34	11,664	1	11687
1	20-Aug-93	6933.72	1.6800	6947.62	11,649	1	11672
3	23-Aug-93	6946.82	1.6800	6960.74	11,678	1	11701
1	24-Aug-93	6960.18	1.6800	6974.13	11,704	1	11727
1	25-Aug-93	6979.46	1.6800	6993.45	11,719	1	11742
1	26-Aug-93	6974.71	1.6900	6988.69	11,782	1	11806
1	27-Aug-93	7024.22	1.6700	7038.3	11,737	1	11761
4	31-Aug-93	7046.47	1.6700	7060.59	11,746	1	11770
1	01-Sep-93	7041.03	1.6800	7055.14	11,811	1	11835
1	02-Sep-93	7088.15	1.6600	7102.35	11,773	1	11797
1	03-Sep-93	7120.11	1.6500	7134.38	11,762	1	11786
1	04-Sep-93	7164.63	1.6400	7178.99	11,729	1	11752
1	05-Sep-93	7230.21	1.6100	7244.7	11,654	1	11677
3	08-Sep-93	7227.73	1.6200	7242.21	11,713	1	11736
1	09-Sep-93	7251.73	1.6200	7266.26	11,720	1	11743
1	10-Sep-93	7303.88	1.6000	7318.52	11,672	1	11695
3	13-Sep-93	7317.42	1.6000	7332.08	11,701	1	11724
1	14-Sep-93	7323.64	1.6000	7338.32	11,743	1	11767
1	15-Sep-93	7326.73	1.6100	7341.41	11,792	1	11816
1	16-Sep-93	7368.88	1.6000	7383.65	11,764	1	11788
1	17-Sep-93	7361.92	1.6100	7376.67	11,834	1	11858
3	20-Sep-93	7379.55	1.6100	7394.34	11,855	1	11879
1	21-Sep-93	7377.78	1.6100	7392.57	11,915	1	11939
1	22-Sep-93	7412.73	1.6100	7427.59	11,901	1	11925
1	23-Sep-93	7377.43	1.6300	7392.21	12,029	1	12053
1	24-Sep-93	7382.2	1.6400	7396.99	12,076	1	12100
3	27-Sep-93	7376.05	1.6500	7390.83	12,145	1	12169
1	28-Sep-93	7425.3	1.6300	7440.18	12,102	1	12126
1	29-Sep-93	7446.67	1.6300	7461.59	12,116	1	12140
1	30-Sep-93	7492.58	1.6100	7507.6	12,082	1	12106
1	01-Oct-93	7479.54	1.6000	7494.93	12,174	1	12198
3	04-Oct-93	7487.59	1.6300	7502.6	12,224	1	12248
1	05-Oct-93	7521.55	1.6200	7536.62	12,223	1	12247
1	06-Oct-93	7544.02	1.6200	7559.14	12,245	1	12270
1	07-Oct-93	7556.2	1.6300	7571.34	12,286	1	12311
1	08-Oct-93	7583.44	1.6200	7598.64	12,300	1	12325
3	11-Oct-93	7641.07	1.6000	7656.38	12,252	1	12277
1	12-Oct-93	7660.88	1.6000	7676.23	12,280	1	12305
1	13-Oct-93	7698.16	1.5900	7713.59	12,272	1	12297
1	14-Oct-93	7701.03	1.6000	7716.46	12,336	1	12361
1	15-Oct-93	7706.04	1.6100	7721.48	12,395	1	12420
3	18-Oct-93	7714.32	1.6100	7729.78	12,447	1	12472
1	19-Oct-93	7702.62	1.6300	7718.06	12,540	1	12565
1	20-Oct-93	7694.51	1.6400	7708.93	12,627	1	12652
1	21-Oct-93	7701.02	1.6500	7716.45	12,684	1	12709
1	22-Oct-93	7699.11	1.6600	7714.54	12,757	1	12783
3	25-Oct-93	7687.71	1.6700	7703.12	12,849	1	12875
1	26-Oct-93	7715.6	1.6700	7731.06	12,864	1	12890
1	27-Oct-93	7709.66	1.6800	7725.11	12,946	1	12972
1	28-Oct-93	7729.96	1.6800	7745.45	12,967	1	12993

4	01-Nov-93	7729.96	1.6800	7745.45	12,967	1	12993
1	02-Nov-93	7720.03	1.6900	7735.5	13,047	1	13073
1	03-Nov-93	7725.98	1.6900	7741.46	13,095	1	13121
1	04-Nov-93	7746.44	1.6900	7761.96	13,115	1	13141
1	05-Nov-93	7761.64	1.6900	7777.19	13,147	1	13173
3	08-Nov-93	7755.65	1.7000	7771.19	13,220	1	13246
1	09-Nov-93	7817.03	1.6800	7832.7	13,158	1	13184
1	10-Nov-93	7826.6	1.6900	7842.28	13,200	1	13226
1	11-Nov-93	7827.29	1.6900	7842.98	13,259	1	13286
1	12-Nov-93	7859.18	1.6900	7874.93	13,258	1	13285
3	15-Nov-93	7847.59	1.7000	7863.32	13,343	1	13370
1	16-Nov-93	7893.93	1.6900	7909.75	13,312	1	13339
1	17-Nov-93	7838.14	1.7000	7903.95	13,386	1	13413
1	18-Nov-93	7886.86	1.7100	7902.67	13,451	1	13478.04
1	19-Nov-93	7890.7	1.7100	7906.51	13,505	1	13532
3	22-Nov-93	7904.3	1.7100	7920.14	13,541	1	13568
1	23-Nov-93	7932.34	1.7100	7948.24	13,547	1	13574
1	24-Nov-93	7948.94	1.7100	7964.87	13,577	1	13604
1	25-Nov-93	7988.59	1.7000	8004.6	13,560	1	13587
1	26-Nov-93	7987.04	1.7100	8003.05	13,627	1	13654
3	29-Nov-93	7992.16	1.7100	8008.18	13,679	1	13706
1	30-Nov-93	8001.57	1.7200	8017.61	13,724	1	13751
1	01-Dec-93	8032.48	1.7100	8048.58	13,724	1	13751
1	02-Dec-93	8029.21	1.7200	8045.3	13,789	1	13817
1	03-Dec-93	8038.75	1.7200	8054.86	13,832	1	13860
1	04-Dec-93	8050.03	1.7200	8066.16	13,870	1	13898
3	07-Dec-93	8105.39	1.7100	8121.63	13,821	1	13849
1	08-Dec-93	8124.82	1.7000	8141.1	13,842	1	13870
1	09-Dec-93	8133.52	1.7100	8149.82	13,887	1	13915
1	10-Dec-93	8155.4	1.7000	8171.74	13,904	1	13932
3	13-Dec-93	8192.96	1.7000	8209.38	13,891	1	13909
1	14-Dec-93	8201.92	1.7000	8218.36	13,935	1	13963
1	15-Dec-93	8183.6	1.7200	8200	14,035	1	14063
1	16-Dec-93	8199.9	1.7100	8216.33	14,063	1	14091
1	17-Dec-93	8229.85	1.7100	8246.34	14,065	1	14093
3	20-Dec-93	8254.93	1.7100	8271.47	14,079	1	14107
1	21-Dec-93	8252.8	1.7100	8269.34	14,144	1	14172
1	22-Dec-93	8280.66	1.7100	8297.25	14,152	1	14180
1	23-Dec-93	8320	1.7000	8336.67	14,136	1	14164
1	24-Dec-93	8345.22	1.7000	8361.94	14,148	1	14176
3	27-Dec-93	8361.89	1.7000	8378.65	14,178	1	14206
1	28-Dec-93	8368.52	1.7000	8385.29	14,226	1	14255
1	29-Dec-93	8386.84	1.7000	8403.65	14,253	1	14282
1	30-Dec-93	8369.93	1.7100	8386.7	14,350	1	14379
1	31-Dec-93	8347.59	1.7300	8364.32	14,458	1	14487
3	03-Jan-94	8357.67	1.7400	8374.42	14,509	1	14538
1	04-Jan-94	8374.81	1.7400	8391.59	14,543	1	14572
1	05-Jan-94	8386.06	1.7400	8402.87	14,592	1	14621
1	06-Jan-94	8410.2	1.7400	8427.05	14,613	1	14642
1	07-Jan-94	8428.76	1.7400	8445.65	14,647	1	14676
3	10-Jan-94	8455.95	1.7300	8472.9	14,663	1	14692
1	11-Jan-94	8481.56	1.7300	8498.56	14,682	1	14711
1	12-Jan-94	8478.84	1.7400	8495.83	14,757	1	14787
1	13-Jan-94	8501.16	1.7400	8518.2	14,784	1	14814
1	14-Jan-94	8492.17	1.7500	8509.19	14,873	1	14903

3	17-Jan-94	8514.37	1.7500	8531.43	14,900	1	14930
1	18-Jan-94	8521.95	1.7500	8539.03	14,956	1	14986
1	19-Jan-94	8548.75	1.7500	8565.88	14,974	1	15004
1	20-Jan-94	8582.8	1.7400	8600	14,977	1	15007
1	21-Jan-94	8610.7	1.7400	8627.96	14,993	1	15023
3	24-Jan-94	8623.78	1.7400	8641.06	15,040	1	15070
1	25-Jan-94	8620.13	1.7500	8637.4	15,120	1	15150
1	26-Jan-94	8638.15	1.7500	8655.46	15,156	1	15186
1	27-Jan-94	9865.62	1.7400	9885.39	17,216	1	17250
1	28-Jan-94	9886.78	1.7400	9906.59	17,252	1	17287
3	31-Jan-94	9949.98	1.7300	9969.92	17,204	1	17238
1	01-Feb-94	9935.33	1.7400	9955.24	17,312	1	17347
1	02-Feb-94	9988.65	1.7300	10008.67	17,285	1	17320
1	03-Feb-94	9997.83	1.7300	10017.87	17,346	1	17381
1	04-Feb-94	10027.25	1.7300	10047.34	17,367	1	17402
1	05-Feb-94	10035.16	1.7400	10055.27	17,431	1	17466
3	08-Feb-94	9991.33	1.7600	10011.35	17,600	1	17635
1	09-Feb-94	10003.18	1.7600	10023.23	17,656	1	17691
1	10-Feb-94	10036.12	1.7600	10056.23	17,671	1	17706
1	11-Feb-94	10061.61	1.7600	10081.77	17,718	1	17754
3	14-Feb-94	10103.36	1.7600	10123.61	17,736	1	17772
1	15-Feb-94	10159.63	1.7400	10179.99	17,723	1	17759
1	16-Feb-94	10230.58	1.7300	10251.08	17,684	1	17719
1	17-Feb-94	10268.53	1.7300	10289.11	17,723	1	17759
1	18-Feb-94	10282.42	1.7300	10303.03	17,814	1	17850
3	21-Feb-94	10347.18	1.7200	10367.92	17,802	1	17838
1	22-Feb-94	10362.71	1.7300	10383.48	17,889	1	17925
1	23-Feb-94	10384.39	1.7300	10405.2	17,965	1	18001
1	24-Feb-94	10419.26	1.7300	10440.14	18,015	1	18051
1	25-Feb-94	10446.59	1.7300	10467.53	18,099	1	18135
3	28-Feb-94	10646.22	1.7200	10667.56	18,260	1	18297
1	01-Mar-94	10839.26	1.7100	10860.98	18,557	1	18594
1	02-Mar-94	11119.07	1.7100	11141.35	18,958	1	18996
1	03-Mar-94	11179.36	1.7000	11201.76	19,005	1	19043
1	04-Mar-94	11194.53	1.7100	11216.96	19,143	1	19181
1	05-Mar-94	11317.63	1.7200	11340.31	19,455	1	19494
3	08-Mar-94	11473.23	1.7200	11496.22	19,722	1	19762
1	09-Mar-94	11615.31	1.7200	11638.59	19,926	1	19966
1	10-Mar-94	11730.6	1.7100	11754.11	20,056	1	20096
1	11-Mar-94	11964.2	1.6900	11988.18	20,249	1	20290
5	16-Mar-94	11989.05	1.6800	12013.08	20,160	1	20200
1	17-Mar-94	12145.78	1.7000	12170.12	20,591	1	20632
1	18-Mar-94	12471.59	1.6800	12496.58	20,976	1	21018
3	21-Mar-94	12627.69	1.7000	12653	21,438	1	21481
1	22-Mar-94	12669.97	1.7000	12695.36	21,548	1	21591
1	23-Mar-94	12764.47	1.6900	12790.05	21,553	1	21596
1	24-Mar-94	12812.19	1.6900	12837.87	21,653	1	21696
1	25-Mar-94	12894.42	1.6800	12920.26	21,685	1	21728
3	28-Mar-94	13023.75	1.6600	13049.85	21,685	1	21728
1	29-Mar-94	13061.68	1.6700	13087.86	21,869	1	21913
1	30-Mar-94	13162.49	1.6700	13188.87	21,959	1	22003
1	31-Mar-94	13173.24	1.6800	13199.64	22,138	1	22182
1	01-Apr-94	13307.66	1.6800	13334.33	22,290	1	22335

3	04-Apr-94	13474.34	1.6800	13501.34	22,617	1	22662
1	05-Apr-94	13552.13	1.7000	13579.29	23,032	1	23078
1	06-Apr-94	18883.65	1.6900	18921.49	31,989	1	32053
1	07-Apr-94	23244.76	1.7100	23291.34	39,853	1	39933
1	08-Apr-94	21559.53	1.7100	21602.74	36,871	1	36945
3	11-Apr-94	19595.23	1.7100	19634.5	33,561	1	33628
1	12-Apr-94	19710.43	1.7100	19749.93	33,656	1	33723
1	13-Apr-94	20476.41	1.7200	20517.44	35,219	1	35290
1	14-Apr-94	20631.29	1.7200	20672.64	35,457	1	35528
1	15-Apr-94	21114.72	1.7100	21157.03	36,170	1	36242
3	18-Apr-94	20514.54	1.7100	20555.65	35,111	1	35181
1	19-Apr-94	18938.67	1.7100	18976.62	32,404	1	32469
1	20-Apr-94	18567.39	1.7000	18604.6	31,589	1	31652
1	21-Apr-94	18131.7	1.7000	18168.04	30,751	1	30813
1	22-Apr-94	17540.59	1.6900	17575.74	29,644	1	29703
3	25-Apr-94	18098.32	1.6900	18134.59	30,659	1	30720
1	26-Apr-94	20193.46	1.6800	20233.93	33,925	1	33993
1	27-Apr-94	20559.99	1.6900	20601.19	34,644	1	34713
1	28-Apr-94	19400.79	1.6700	19439.67	32,477	1	32542
1	29-Apr-94	19927.26	1.6800	19967.19	33,408	1	33475
3	02-May-94	20479.87	1.6600	20520.91	34,087	1	34155
1	03-May-94	21301.72	1.6800	21345.41	35,277	1	35348
1	04-May-94	22032.98	1.6500	22077.13	36,277	1	36350
1	05-May-94	21766.02	1.6500	21809.64	35,903	1	35975
1	06-May-94	21458.8	1.6700	21501.8	35,836	1	35908
3	09-May-94	20129.75	1.6700	20170.09	33,611	1	33678
1	10-May-94	20999.22	1.6600	21041.3	34,827	1	34897
1	11-May-94	21034.59	1.6700	21076.74	35,086	1	35156
1	12-May-94	20366.8	1.6800	20407.62	34,226	1	34295
1	13-May-94	20036.54	1.6700	20076.69	33,441	1	33508
3	16-May-94	19961.2	1.6700	20001.2	33,391	1	33458
1	17-May-94	19193.92	1.6700	19232.38	32,131	1	32195
1	18-May-94	19722.97	1.6700	19762.49	32,967	1	33033
2	20-May-94	19722.97	1.6700	19762.49	32,967	1	33033
5	25-May-94	20025.94	1.6600	20066.07	33,343	1	33410
1	26-May-94	20193.97	1.6600	20234.44	33,421	1	33488
1	27-May-94	19495.32	1.6400	19534.39	32,031	1	32095
3	30-May-94	19575.45	1.6500	19614.68	32,260	1	32325
1	31-May-94	19279.62	1.6500	19318.26	31,730	1	31794
1	01-Jun-94	18999.76	1.6400	19037.84	31,181	1	31243
1	02-Jun-94	18633.18	1.6400	18670.52	30,624	1	30685
1	03-Jun-94	20134.41	1.6500	20174.76	33,182	1	33248
3	06-Jun-94	19565.85	1.6600	19605.06	32,499	1	32564
1	07-Jun-94	19382.46	1.6710	19421.3	32,388	1	32453
1	08-Jun-94	19541.68	1.6700	19580.84	32,635	1	32700
1	09-Jun-94	19595.51	1.6700	19634.78	32,676	1	32741
1	10-Jun-94	19531.36	1.6700	19570.5	32,606	1	32671
3	13-Jun-94	19282.91	1.6700	19321.55	32,174	1	32238
1	14-Jun-94	19371.45	1.6600	19410.27	32,060	1	32124
1	15-Jun-94	19211.2	1.6400	19249.7	31,545	1	31608
1	16-Jun-94	19104.92	1.6400	19143.21	31,351	1	31414
1	17-Jun-94	18908.16	1.6300	18946.05	30,839	1	30901
3	20-Jun-94	18937.6	1.6400	18975.55	30,982	1	31044
1	21-Jun-94	19317.32	1.6000	19356.03	30,927	1	30989
1	22-Jun-94	19281	1.6100	19319.64	30,975	1	31037
1	23-Jun-94	19488.59	1.6000	19527.65	31,191	1	31254

1	24-Jun-94	19811.39	1.6100	19851.09	31,797	1	31861
3	27-Jun-94	19884.29	1.6000	19924.14	31,715	1	31779
1	28-Jun-94	19713.33	1.5800	19752.84	31,187	1	31249
1	29-Jun-94	19705.08	1.5900	19744.57	31,321	1	31384
1	30-Jun-94	19711.29	1.5800	19750.79	31,164	1	31226



EK-21 BONO FAİZ ORANLARI



Tarih	Vadeye kalan gün	Vade	Başı	BİTİŞİK
08.Jun.93	169	24.Nov.93	70.50	84.06
09.Jun.93	168	24.Nov.93	70.28	83.85
10.Jun.93	167	24.Nov.93	70.12	83.71
11.Jun.93	166	24.Nov.93	70.31	84.05
15.Jun.93	162	24.Nov.93	69.18	82.82
16.Jun.93	161	24.Nov.93	69.71	83.64
17.Jun.93	160	24.Nov.93	70.92	85.44
22.Jun.93	183	22.Dec.93	73.60	87.09
23.Jun.93	182	22.Dec.93	74.20	88.01
24.Jun.93	181	22.Dec.93	74.00	87.82
25.Jun.93	180	22.Dec.93	74.49	88.60
28.Jun.93	177	22.Dec.93	73.86	88.00
29.Jun.93	176	22.Dec.93	73.29	87.30
30.Jun.93	175	22.Dec.93	73.52	87.72
01.Jul.93	174	22.Dec.93	73.66	88.01
02.Jul.93	173	22.Dec.93	72.98	87.15
05.Jul.93	170	22.Dec.93	72.79	87.17
06.Jul.93	169	22.Dec.93	71.83	85.91
07.Jul.93	168	22.Dec.93	71.30	85.27
08.Jul.93	167	22.Dec.93	71.88	86.17
09.Jul.93	166	22.Dec.93	72.00	86.42
12.Jul.93	163	22.Dec.93	71.50	85.99
13.Jul.93	162	22.Dec.93	72.16	87.01
14.Jul.93	161	22.Dec.93	72.22	87.20
14.Jul.93	189	19.Jan.94	73.70	86.69
15.Jul.93	160	22.Dec.93	71.87	86.79
16.Jul.93	159	22.Dec.93	71.54	86.41
19.Jul.93	184	19.Jan.94	78.50	93.75
21.Jul.93	182	19.Jan.94	74.65	88.63
22.Jul.93	181	19.Jan.94	74.22	88.13
26.Jul.93	177	19.Jan.94	73.75	87.86
27.Jul.93	176	19.Jan.94	73.72	87.91
28.Jul.93	175	19.Jan.94	73.18	87.25
29.Jul.93	174	19.Jan.94	71.72	85.32
30.Jul.93	173	19.Jan.94	71.57	85.20
02.Aug.93	170	19.Jan.94	71.30	85.08
03.Aug.93	169	19.Jan.94	72.60	86.98
04.Aug.93	168	19.Jan.94	71.49	85.53
05.Aug.93	167	19.Jan.94	71.82	86.08
06.Aug.93	166	19.Jan.94	72.12	86.59
09.Aug.93	163	19.Jan.94	72.35	87.19
10.Aug.93	162	19.Jan.94	72.50	87.49
11.Aug.93	161	19.Jan.94	72.31	87.31
12.Aug.93	160	19.Jan.94	72.40	87.54
13.Aug.93	159	19.Jan.94	70.77	85.31
16.Aug.93	156	19.Jan.94	71.39	86.47

17.Aug.93	155	19.Jan.94	72.03	87.47
18.Aug.93	154	19.Jan.94	71.03	86.13
19.Aug.93	181	16.Feb.94	73.11	86.61
20.Aug.93	180	16.Feb.94	72.71	86.15
23.Aug.93	177	16.Feb.94	72.25	85.79
24.Aug.93	176	16.Feb.94	72.52	86.25
25.Aug.93	175	16.Feb.94	72.54	86.37
26.Aug.93	174	16.Feb.94	72.33	86.16
27.Aug.93	173	16.Feb.94	72.13	85.98
31.Aug.93	169	16.Feb.94	72.19	86.41
01.Sep.93	168	16.Feb.94	71.99	86.23
02.Sep.93	167	16.Feb.94	72.07	86.43
03.Sep.93	166	16.Feb.94	72.04	86.48
06.Sep.93	163	16.Feb.94	72.11	86.85
07.Sep.93	162	16.Feb.94	71.97	86.75
08.Sep.93	161	16.Feb.94	70.30	84.48
09.Sep.93	160	16.Feb.94	70.46	84.78
09.Sep.93	188	16.Mar.94	72.00	84.48
10.Sep.93	187	16.Mar.94	72.00	84.57
14.Sep.93	183	16.Mar.94	72.11	85.07
15.Sep.93	182	16.Mar.94	71.52	84.36
16.Sep.93	181	16.Mar.94	71.43	84.31
17.Sep.93	180	16.Mar.94	71.50	84.49
22.Sep.93	175	16.Mar.94	72.50	86.31
23.Sep.93	174	16.Mar.94	70.59	83.77
24.Sep.93	173	16.Mar.94	74.00	88.57
27.Sep.93	170	16.Mar.94	70.25	83.63
28.Sep.93	169	16.Mar.94	69.90	83.23
28.Sep.93	197	13.Apr.94	74.50	87.04
01.Oct.93	194	13.Apr.94	71.50	83.31
04.Oct.93	191	13.Apr.94	73.50	86.24
05.Oct.93	190	13.Apr.94	70.20	81.91
06.Oct.93	189	13.Apr.94	69.34	80.84
07.Oct.93	188	13.Apr.94	69.99	81.80
08.Oct.93	187	13.Apr.94	69.60	81.35
12.Oct.93	183	13.Apr.94	69.80	81.94
13.Oct.93	182	13.Apr.94	69.41	81.50
14.Oct.93	181	13.Apr.94	68.17	79.90
15.Oct.93	180	13.Apr.94	68.80	80.83
18.Oct.93	177	13.Apr.94	69.28	81.73
19.Oct.93	176	13.Apr.94	69.37	81.92
20.Oct.93	175	13.Apr.94	69.18	81.75
21.Oct.93	174	13.Apr.94	69.42	82.16
22.Oct.93	173	13.Apr.94	69.02	81.69
25.Oct.93	170	13.Apr.94	70.29	83.69
25.Oct.93	198	11.May.94	71.30	82.72
26.Oct.93	197	11.May.94	71.50	83.06
27.Oct.93	196	11.May.94	71.41	83.03
01.Nov.93	191	11.May.94	71.59	83.68
02.Nov.93	190	11.May.94	72.64	85.17
03.Nov.93	189	11.May.94	72.70	85.34
04.Nov.93	188	11.May.94	73.50	86.51
05.Nov.93	187	11.May.94	74.00	87.28
08.Nov.93	184	11.May.94	76.00	90.29
09.Nov.93	183	11.May.94	76.50	91.08
10.Nov.93	182	11.May.94	74.96	89.05

11.Nov.93	181	11.May.94	75.19	89.47
12.Nov.93	180	11.May.94	74.99	89.30
15.Nov.93	177	11.May.94	75.06	89.67
16.Nov.93	176	11.May.94	75.50	90.38
17.Nov.93	175	11.May.94	74.65	89.30
18.Nov.93	174	11.May.94	74.35	88.97
19.Nov.93	173	11.May.94	74.54	89.33
22.Nov.93	170	11.May.94	74.46	89.51
23.Nov.93	169	11.May.94	74.39	89.51
24.Nov.93	168	11.May.94	73.88	88.88
25.Nov.93	167	11.May.94	73.79	88.85
26.Nov.93	166	11.May.94	74.29	89.66
29.Nov.93	163	11.May.94	74.32	89.99
30.Nov.93	190	08.Jun.94	76.32	90.15
01.Dec.93	189	08.Jun.94	75.69	89.39
02.Dec.93	188	08.Jun.94	75.41	89.11
03.Dec.93	187	08.Jun.94	74.12	87.45
07.Dec.93	183	08.Jun.94	74.37	88.15
10.Dec.93	180	08.Jun.94	76.45	91.31
15.Dec.93	175	08.Jun.94	75.55	90.54
17.Dec.93	173	08.Jun.94	76.00	91.38
20.Dec.93	170	08.Jun.94	75.00	90.26
21.Dec.93	169	08.Jun.94	76.47	92.45
22.Dec.93	168	08.Jun.94	74.00	89.05
23.Dec.93	167	08.Jun.94	75.00	90.56
24.Dec.93	166	08.Jun.94	75.28	91.05
24.Dec.93	194	06.Jul.94	77.19	90.94
27.Dec.93	191	06.Jul.94	76.89	90.84
28.Dec.93	190	06.Jul.94	76.13	89.89
29.Dec.93	189	06.Jul.94	75.35	88.93
30.Dec.93	188	06.Jul.94	75.41	89.10
31.Dec.93	187	06.Jul.94	75.12	88.81
03.Jan.94	184	06.Jul.94	74.36	88.04
04.Jan.94	183	06.Jul.94	72.18	85.17
05.Jan.94	182	06.Jul.94	71.68	84.56
06.Jan.94	181	06.Jul.94	72.00	85.09
07.Jan.94	180	06.Jul.94	71.75	84.83
10.Jan.94	177	06.Jul.94	72.00	85.44
11.Jan.94	176	06.Jul.94	72.10	85.67
12.Jan.94	175	06.Jul.94	71.77	85.29
14.Jan.94	173	06.Jul.94	72.00	85.79
17.Jan.94	170	06.Jul.94	72.00	86.06
17.Jan.94	198	03.Aug.94	73.64	85.82
18.Jan.94	197	03.Aug.94	77.00	90.39
19.Jan.94	196	03.Aug.94	78.00	91.84
20.Jan.94	195	03.Aug.94	83.00	98.77
21.Jan.94	194	03.Aug.94	85.00	101.60
25.Jan.94	190	03.Aug.94	95.00	116.30
26.Jan.94	189	03.Aug.94	90.00	109.30
27.Jan.94	188	03.Aug.94	95.00	116.70
28.Jan.94	187	03.Aug.94	92.55	113.20
31.Jan.94	156	06.Jul.94	150.00	218.60
01.Feb.94	155	06.Jul.94	144.70	208.90
02.Feb.94	154	06.Jul.94	105.00	138.50
02.Feb.94	210	31.Aug.94	110.00	134.40
03.Feb.94	209	31.Aug.94	110.00	134.70

04.Feb.94	208	31.Aug.94	114.60	141.70
08.Feb.94	204	31.Aug.94	125.00	158.00
09.Feb.94	203	31.Aug.94	125.90	159.80
10.Feb.94	202	31.Aug.94	128.10	163.30
11.Feb.94	173	03.Aug.94	130.00	175.40
14.Feb.94	198	31.Aug.94	150.00	199.60
15.Feb.94	197	31.Aug.94	135.70	176.90
16.Feb.94	196	31.Aug.94	112.70	141.50
17.Feb.94	195	31.Aug.94	106.40	132.30
18.Feb.94	194	31.Aug.94	102.40	126.50
21.Feb.94	191	31.Aug.94	106.10	132.60
22.Feb.94	190	31.Aug.94	102.60	127.50
23.Feb.94	189	31.Aug.94	102.70	127.90
24.Feb.94	188	31.Aug.94	104.40	130.60
25.Feb.94	187	31.Aug.94	107.00	134.70
01.Mar.94	183	31.Aug.94	113.50	145.60
02.Mar.94	182	31.Aug.94	119.60	155.60
03.Mar.94	181	31.Aug.94	121.70	159.20
04.Mar.94	180	31.Aug.94	119.40	155.70
07.Mar.94	177	31.Aug.94	129.30	172.90
09.Mar.94	175	31.Aug.94	163.60	234.60
10.Mar.94	174	31.Aug.94	163.90	235.80
11.Mar.94	173	31.Aug.94	180.00	267.40
16.Mar.94	168	31.Aug.94	138.90	192.80
17.Mar.94	167	31.Aug.94	144.90	204.00
18.Mar.94	166	31.Aug.94	153.80	220.90
21.Mar.94	163	31.Aug.94	170.40	255.00
21.Mar.94	191	28.Sep.94	200.00	292.90
22.Mar.94	190	28.Sep.94	185.70	266.60
23.Mar.94	189	28.Sep.94	220.00	334.30
25.Mar.94	187	28.Sep.94	250.00	399.90
28.Mar.94	184	28.Sep.94	245.60	394.40
30.Mar.94	182	28.Sep.94	225.90	354.00
31.Mar.94	181	28.Sep.94	215.00	332.00
01.Apr.94	180	28.Sep.94	160.00	225.20
04.Apr.94	177	28.Sep.94	163.20	232.70
05.Apr.94	204	26.Oct.94	145.00	189.20
06.Apr.94	175	28.Sep.94	130.40	175.40
13.Apr.94	196	26.Oct.94	203.80	296.30
14.Apr.94	195	26.Oct.94	213.90	316.40
15.Apr.94	194	26.Oct.94	210.50	310.80
18.Apr.94	191	26.Oct.94	212.10	316.60
19.Apr.94	190	26.Oct.94	230.00	353.70
20.Apr.94	189	26.Oct.94	233.80	362.80
21.Apr.94	188	26.Oct.94	240.60	378.40
25.Apr.94	184	26.Oct.94	190.90	280.80
26.Apr.94	183	26.Oct.94	200.80	301.30
27.Apr.94	182	26.Oct.94	214.40	329.80
28.Apr.94	181	26.Oct.94	214.00	330.00
29.Apr.94	180	26.Oct.94	210.40	323.40
02.May.94	177	26.Oct.94	207.60	320.50
03.May.94	176	26.Oct.94	208.80	324.10
04.May.94	175	26.Oct.94	193.40	293.00
05.May.94	174	26.Oct.94	193.50	294.10
06.May.94	173	26.Oct.94	189.70	287.00
09.May.94	170	26.Oct.94	188.70	287.40

10.May.94	169	26.Oct.94	190.90	292.80
11.May.94	168	26.Oct.94	186.60	284.60
12.May.94	167	26.Oct.94	170.00	251.60
13.May.94	166	26.Oct.94	178.90	270.30
16.May.94	163	26.Oct.94	186.90	289.30
17.May.94	162	26.Oct.94	191.10	299.00
18.May.94	161	26.Oct.94	191.70	301.30
25.May.94	154	26.Oct.94	190.00	303.60
26.May.94	181	23.Nov.94	200.00	301.20
27.May.94	152	26.Oct.94	198.40	324.90
31.May.94	176	23.Nov.94	180.00	265.40
02.Jun.94	202	21.Dec.94	190.00	266.30
03.Jun.94	201	21.Dec.94	190.10	267.20
06.Jun.94	198	21.Dec.94	190.00	269.00
07.Jun.94	197	21.Dec.94	190.00	269.70
08.Jun.94	196	21.Dec.94	203.90	296.40
09.Jun.94	195	21.Dec.94	190.00	271.10
10.Jun.94	194	21.Dec.94	182.00	257.20
13.Jun.94	191	21.Dec.94	181.70	258.70
14.Jun.94	190	21.Dec.94	189.80	274.40
15.Jun.94	193	25.Dec.94	190.00	272.50
16.Jun.94	188	21.Dec.94	189.80	275.90
17.Jun.94	187	21.Dec.94	152.00	207.70
22.Jun.94	182	21.Dec.94	125.00	164.20
24.Jun.94	152	23.Nov.94	125.50	174.40
24.Jun.94	182	23.Dec.94	134.80	180.40
27.Jun.94	179	23.Dec.94	137.00	185.10
28.Jun.94	178	23.Dec.94	136.20	184.10
29.Jun.94	177	23.Dec.94	132.00	177.40
30.Jun.94	182	29.Dec.94	130.10	172.60

EK-22 ORTALAMA O/N (GECELİK) FAİZ ORANLARI

TARİH	Ortalama O/N Faiz
01-Ekim-1993	57.00
04-Ekim-1993	57.00
05-Ekim-1993	57.00
06-Ekim-1993	57.00
07-Ekim-1993	57.00
08-Ekim-1993	57.00
11-Ekim-1993	59.08
12-Ekim-1993	59.91
13-Ekim-1993	57.83
14-Ekim-1993	57.11
15-Ekim-1993	59.62
18-Ekim-1993	59.97
19-Ekim-1993	59.88
20-Ekim-1993	57.00
21-Ekim-1993	57.00
22-Ekim-1993	57.00
25-Ekim-1993	58.37
26-Ekim-1993	59.75
27-Ekim-1993	57.00
28-Ekim-1993	57.00
01-Kasım-1993	60.68
02-Kasım-1993	60.81
03-Kasım-1993	63.05
04-Kasım-1993	77.80
05-Kasım-1993	75.77
08-Kasım-1993	75.51
09-Kasım-1993	75.92
10-Kasım-1993	79.75
11-Kasım-1993	77.14
12-Kasım-1993	79.78
15-Kasım-1993	79.98
16-Kasım-1993	79.98
17-Kasım-1993	79.75
18-Kasım-1993	79.75
19-Kasım-1993	79.75
22-Kasım-1993	79.75
23-Kasım-1993	79.75
24-Kasım-1993	79.75
25-Kasım-1993	75.00
26-Kasım-1993	75.00
29-Kasım-1993	75.00
30-Kasım-1993	75.00
01-Aralık-1993	75.00
02-Aralık-1993	75.00
03-Aralık-1993	73.54
06-Aralık-1993	71.43
07-Aralık-1993	71.32
08-Aralık-1993	71.50
09-Aralık-1993	70.00
10-Aralık-1993	70.12

CC. YÜKSEK MÜHÜR KONTROLÜ
BOKİMANCI

13-Aralık-1993	68.00
14-Aralık-1993	68.00
15-Aralık-1993	68.00
16-Aralık-1993	68.45
17-Aralık-1993	70.96
20-Aralık-1993	70.99
21-Aralık-1993	68.00
22-Aralık-1993	68.00
23-Aralık-1993	68.00
24-Aralık-1993	68.00
27-Aralık-1993	68.00
28-Aralık-1993	68.00
29-Aralık-1993	68.00
30-Aralık-1993	64.66
31-Aralık-1993	68.51
03-Ocak-1994	67.03
04-Ocak-1994	67.88
05-Ocak-1994	69.95
06-Ocak-1994	69.86
07-Ocak-1994	67.91
10-Ocak-1994	69.58
11-Ocak-1994	69.42
12-Ocak-1994	69.45
13-Ocak-1994	69.53
14-Ocak-1994	66.41
17-Ocak-1994	69.56
18-Ocak-1994	69.16
19-Ocak-1994	70.00
20-Ocak-1994	112.68
21-Ocak-1994	114.80
24-Ocak-1994	185.00
25-Ocak-1994	149.51
26-Ocak-1994	190.00
27-Ocak-1994	86.66
28-Ocak-1994	89.75
31-Ocak-1994	89.75
01-Şubat-1994	450.00
02-Şubat-1994	251.40
03-Şubat-1994	100.80
04-Şubat-1994	152.18
07-Şubat-1994	127.78
08-Şubat-1994	130.76
09-Şubat-1994	135.87
10-Şubat-1994	151.48
11-Şubat-1994	411.60
14-Şubat-1994	384.00
15-Şubat-1994	304.00
16-Şubat-1994	196.00
17-Şubat-1994	148.00
18-Şubat-1994	141.00
21-Şubat-1994	107.00
22-Şubat-1994	111.21
23-Şubat-1994	118.94
24-Şubat-1994	123.39
25-Şubat-1994	141.32
28-Şubat-1994	167.48

01-Mart-1994	161.30
02-Mart-1994	215.84
03-Mart-1994	224.65
04-Mart-1994	196.85
07-Mart-1994	186.02
08-Mart-1994	189.88
09-Mart-1994	218.74
10-Mart-1994	223.89
11-Mart-1994	696.68
16-Mart-1994	190.74
17-Mart-1994	201.17
18-Mart-1994	237.22
21-Mart-1994	400.00
22-Mart-1994	431.54
23-Mart-1994	500.00
24-Mart-1994	500.00
25-Mart-1994	660.30
28-Mart-1994	584.45
29-Mart-1994	581.03
30-Mart-1994	471.60
31-Mart-1994	289.45
01-Nisan-1994	216.01
04-Nisan-1994	204.05
05-Nisan-1994	150.26
06-Nisan-1994	90.84
07-Nisan-1994	210.70
08-Nisan-1994	190.22
11-Nisan-1994	217.83
12-Nisan-1994	342.03
13-Nisan-1994	342.79
14-Nisan-1994	273.59
15-Nisan-1994	274.80
18-Nisan-1994	279.20
19-Nisan-1994	236.55
20-Nisan-1994	230.31
21-Nisan-1994	200.85
22-Nisan-1994	220.22
25-Nisan-1994	257.42
26-Nisan-1994	330.53
27-Nisan-1994	369.83
28-Nisan-1994	390.79
29-Nisan-1994	398.10
02-Mayıs-1994	401.17
03-Mayıs-1994	397.42
04-Mayıs-1994	363.05
05-Mayıs-1994	351.81
06-Mayıs-1994	345.97
09-Mayıs-1994	339.45
10-Mayıs-1994	340.25
11-Mayıs-1994	341.37
12-Mayıs-1994	328.36
13-Mayıs-1994	298.82
16-Mayıs-1994	261.89
17-Mayıs-1994	209.79
18-Mayıs-1994	187.05
25-Mayıs-1994	186.80

26-Mayıs-1994	157.28
27-Mayıs-1994	80.02
30-Mayıs-1994	71.26
31-Mayıs-1994	69.28
01-Haziran-1994	66.18
02-Haziran-1994	68.80
03-Haziran-1994	79.77
06-Haziran-1994	67.65
07-Haziran-1994	68.61
08-Haziran-1994	70.80
09-Haziran-1994	65.06
10-Haziran-1994	60.61
13-Haziran-1994	63.52
14-Haziran-1994	57.51
15-Haziran-1994	59.79
16-Haziran-1994	48.68
17-Haziran-1994	50.14
20-Haziran-1994	36.94
21-Haziran-1994	32.07
22-Haziran-1994	31.07
23-Haziran-1994	40.84
24-Haziran-1994	41.08
27-Haziran-1994	31.59
28-Haziran-1994	31.10
29-Haziran-1994	31.23
30-Haziran-1994	83.63

ÖZGEÇMİŞ

1967 Yılında Konya’da doğan Mustafa Doğan, Lisans eğitimini (1985-1989), Boğaziçi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü’nde tamamladıktan sonra, yüksek lisans (MBA) eğitimini (1990-1992), İndiana Üniversitesi, Bloomington, İşletme Bölümü’nde finans üzerine gerçekleştirdi.

1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Doktorası Programı’na kaydolun Doğan, finansal türev ürünlerin Türkiye’deki uygulamaları konusunda birçok seminer ve konferansta konuşmacı ve başkan olarak yer aldı. Doğan, Bankers Trust (1996-1999) ve Dışbank’ta (1999-2001) hazineden sorumlu genel müdür yardımcılığı görevlerinde bulundu.

