

172695

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

RİSKE MARUZ DEĞER VE İMKB'DE UYGULAMASI

Leyla MUTLU

**Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Melike BİLDİRİCİ

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
GİRİŞ.....	1
1. RİSK VE RİSK YÖNETİMİ.....	3
1.2. Risk Türleri.....	3
1.2.1. Finansal Risk Türleri	4
1.3. Risk Yönetiminin Gelişimi ve Riske Maruz Değer.....	5
1.3.1. Risk Yönetiminin Önemi ve Gerekliliği	8
1.3.2. Risk Yönetiminde Bazı Önemli Noktalar	8
1.4. Türkiye Piyasasında Uygulamada Karşılaşılan Zorluklar.....	9
2. RİSKE MARUZ DEĞER VE HESAPLAMA SÜRECİ.....	11
2.1. Riske Maruz Değer.....	11
2.2. Riske Maruz Değer Hesaplanması İçin Gerekli Altyapı Ve İstatistiksel Kavramlar	14
2.2.1. Finansal Fiyat Değişiklikleri ve Getiri Kavramının Tanımlanması	14
2.2.2. Tanımlayıcı İstatistik ve İlişki Tahminleri	15
2.2.3. Olasılık Dağılımları, Dağılımların Süreç Üreteçleri ve Normal Dağılım Özellikleri	17
2.3. Riske Maruz Değer Hesaplamasında Göz Önünde Bulundurulacak Parametreler	19
2.3.1. Elde Tutma Süresi	20
2.3.2. Güven Aralığının Belirlenmesi	21
2.3.3. Tarihi Gözlem Dönemi.....	21
2.3.4. Risk Faktörleri Arasındaki Korelasyonların Belirlenmesi	22
2.4. Riske Maruz Değer Yöntemleri	22
2.4.1. Parametrik Yöntemler	22
2.4.1.1. Hareketli Ortalama	23
2.4.1.2. Üstel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama (ÜAHO) ve Risk Metrics (RM) Yöntemi	24

2.4.1.3. Yöntemin Eleştirisi.....	26
2.4.2. Parametrik Olmayan Yöntemler.....	26
2.4.2.1. Tarihsel Benzetim Yöntemi.....	26
2.4.2.2. Filtreli Tarihsel Benzetim (FTB).....	29
2.4.2.3. Hibrid Tarihsel Benzetim	30
2.4.2.4. Parametrik Olmayan Yüzde Regresyonu	32
2.4.2.5. Sıra İstatistiği ve Çekirdek Yardımıyla Parametrik Olmayan Yüzde Tahmini	35
2.4.2.6. ARCH Yöntemi.....	35
2.4.2.7. Yöntemin Eleştirisi.....	39
2.4.4. Monte Carlo Simülasyon Yöntemleri.....	40
2.4.4.1. Çoklu Değişkenle Simülasyon	43
2.4.4.2. Deterministik Simülasyon	44
2.4.4.3. Senaryo Simülasyon	44
2.4.4.4. Yöntemin Eleştirisi.....	45
2.4.5. Stres Testi	46
2.4.6. Riske Maruz Değer Hesaplamalarında Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması	47
3. RİSKE MARUZ DEĞER UYGULAMASI.....	51
3.1. Uygulamanın Kapsam ve İçeriği.....	51
3.2. RMD Uygulama Sonuçları.....	53
3.2.1. Parametrik Yöntem.....	53
3.2.2. Monte Carlo Simülasyonu.....	55
3.2.3. Parametrik Yöntem ve Monte Carlo Simülasyonu Karşılaştırması	57
SONUÇ	61
KAYNAKÇA	65
EK 1.....	68

KISALTMALAR LİSTESİ

APKO	: Aktif-Pasif Komitesi
ARCH	: Autoregressive Conditional Heteroscedasticity
bad	: Bağımsız ve Aynı Dağılım
BIS	: Bank for International Settlement
BDDK	: Bankacılık Denetleme ve Düzenleme Kurulu
CMRA	: Capital Market Risk Advisor
FTB	: Filtreli Tarihsel Benzetim
GAP	: Vade Boşluğu
GARCH	: Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity
GBM	: Geometric Brownian Motion
GJR	: Glosten, Jaganathan ve Runkle Modeli
HO	: Hareketli Ortalama
IMF	: International Monetary Fund
İMKB	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
kdf	: Kümülatif Dağılım Fonksiyonu
MC	: Monte Carlo
oyf	: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
RAROC	: Risk Adjusted Return on Capital
RMD	: Riske Maruz Değer
TB	: Tarihsel Benzetim
TBA	: Temel Bileşenler Analizi
TMSF	: Türkiye Mevduat Sigortası Fonu
ÜAHO	: Üstel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama
YTL	: Yeni Türk Lirası

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 ARCH Modellerinin Karşılaştırılması 39

Tablo 2.2 RMD Hesaplamasında Kullanılacak Yöntemlerin Karşılaştırılması 49

Tablo 3.1 Parametrik Yöntem RMD Sonuçları..... 54

Tablo 3.2 Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları 56

Tablo 3.3 Parametrik Yöntem, Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları
(1 Günlük Elde Tutma Süresi)..... 57

Tablo 3.4 Parametrik Yöntem, Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları
(10 Günlük Elde Tutma Süresi)..... 59



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Modern Finans Yönetimi	6
Şekil 2.1. Getirilerin Dağılımı ve RMD	12
Şekil 3.1 İMKB 100 Endeki 18/02/2000 – 22/02/2005 Günlük Getiri Değişimleri	51
Şekil 3.2 İMKB 100 Endeki 18/02/2000 – 22/02/2005 Volatilite Değişimleri.....	52
Şekil 3.3 Parametrik Yöntem RMD Sonuçları.....	55
Şekil 3.4 Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları	56
Şekil 3.5 Parametrik Yöntem & Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları.....	57
Şekil 3.6 Parametrik Yöntem & Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları.....	59



ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu yüksek lisans tez çalışmasının tamamlanmasında ve çalışmamın her aşamasında değerli desteğini ve tavsiyelerini esirgemeyen hocam, sayın Doç. Dr. Melike BİLDİRİCİ'ye bana ayırdığı zaman için en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu günlere gelmemde büyük emeği geçen, beni teşvik eden ve hep yanımda olan annem, Hicran MUTLU'ya da ayrıca müteşekkirim.

Saygılarımla,

Leyla MUTLU

Temmuz - 2006

ÖZET

Riske Maruz Değer, risk yönetimi konsepti içerisinde son derece önemli yeri olan bir uygulamadır. Finansal risklerin ve belirsizliklerin ölçülmesinde kullanılan RMD modelleri, finansal piyasalarda faaliyet gösteren tüm kurum ve kişiler için üstlenilen riskin boyutunu anlamada bir ölçüm birimi olarak görülmektedir. Son dönemde BIS, çalışmalarında ve önerilerinde, piyasa risklerinin ölçülmesinde içsel RMD modelleri kullanılmasının gerçek risk boyutunu belirlemede en etkin yöntem olduğunu vurgulamaktadır. Parametrik Yöntem ve Monte Carlo Simülasyon Yöntemi, finansal kurumlarca ve denetim gözetim otoritelerince kabul görmüş en yaygın kullanılan piyasa risk ölçüm modelleridir.

Riske Maruz Değer, farklı pozisyonlardan ve risk faktörlerinden kaynaklanan riski bir araya getirebilme, tek bir değerde ifade edebilme şansı vermektedir. Ayrıca Riske Maruz Değer, risk faktörleri arasında korelasyonu da dikkate almakta ve birbirleri ile olan ilişkiler konusunda fikir vermektedir.

Bu tez çalışmasının temel amacı, Riske Maruz Değer kavramını ve RMD hesaplama yöntemlerini; hem teorisini hem de uygulamasını detaylı bir şekilde inceleyip, Parametrik Yöntem ve Monte Carlo Simülasyonu modellerini, İMKB’de uygulanan ampirik çalışmanın ardından birbiri ile karşılaştırmaktadır.

ABSTRACT

Value at Risk is a practise which has an extremely important place within the conception of the risk management. The VaR modals, which are used in the measure of financial risks and financial indefinitions have accepted as a unit of measure too know the measure of risk which has been taken responsible for all people and foundations, in the last period in the studies of BIS and suggestions. Using internal VaR modals have been emphasised that the most effective process in the determination of the measure of real risk. Parametric Method and Monte Carlo Simulation Method are the most common used marketing modals that have been accepted by the controlling and observing authorities and financial institutions.

Value at Risk has given the chance of getting together and describing the risk in the value. Not only VaR has been considered the correlation between the risk factors; but also it gives the idea about relations between them.

The basic aim of this thesis is to compare by investigatin both the Value at Risk and VaR process by Parametric Method and Monte Carlo Simulation Method which are practised at IMKB.

GİRİŞ

1970'lerin sonunda ve 1980'lerin başında faizin ve kurlardaki dalgalanmaların serbest bırakılması ve uluslararası sermaye hareketleri üzerindeki kısıtlamaların önemli ölçüde ortadan kaldırılması ile oluşan finansal serbestleşme; uluslararası fonların kaynak ve kullanım çerçevesini farklılaştırmış, finansal kurumlar ile finansal araçların sayısı ve niteliği üzerinde ciddi gelişmelerin olmasına yol açmıştır. Öte yandan, özellikle 1980'lerin başından itibaren uluslararası piyasalarda yaşanan bütünleşme ve küreselleşme olgusu, finans kuruluşlarının daha büyük belirsizlikle ve risklerle karşı karşıya kalmasına yol açmıştır. Yaşanan bu değişimler sonucunda "Riske Maruz Değer" kavramı ortaya çıkmıştır.

1990'dan itibaren "Riske Maruz Değer" kullanımı, bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler sayesinde dünya çapında yayılmıştır. Özellikle, JP Morgan'ın tüm piyasada bir standart oluşturmak üzere geliştirdiği RiskMetrics adlı yazılım ile bu büyüme 1995'ten sonra iyice hızlanmıştır. The Basel Committee, The European Union's Capital Adequacy Directive gibi düzenleyiciler tarafından "Riske Maruz Değer" kullanılması öngörülmüştür. Bu sonucu doğuran en önemli etken, RMD'nin çeşitli kaynaklardan ortaya çıkan farklı risklerin toplanarak, tek bir sayıda ifade edilmesidir.

Birinci bölümde, risk ve finansal risk türleri tanımlanmış, risk yönetiminin artan önemi ve gerekliliği konusunda genel bir çerçeve çizilmiş ve bu bölümün sonunda RMD'nin Türkiye'de uygulanmasında karşılaşılan zorluklar anlatılmıştır.

İkinci bölümün ilk kısmında RMD tanımlanmış, RMD hesaplaması için gerekli altyapı ve istatistiksel kavramlar verilmiştir. Ayrıca hesaplama sürecindeki gerekli parametreler ile bu parametrelere ait varsayımlardan bahsedilmiştir. Daha sonra, RMD hesaplama modelleri detaylı bir şekilde anlatılmış, yöntemlere yönelik eleştiriler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Son olarak ise risk tutarını parametrik veya parametrik olmayan, hesaplayan ve simülasyona dayanan Basel Komite düzenlemelerinde dahili modeller yaklaşımı (Internal Models Approach) adı verilen;

- Parametrik Yöntem
- Parametrik Olmayan Yöntem
- Monte Carlo Simülasyonu
- Stres Testi

yöntemleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, örnek pozisyon için, teorik olarak anlatılan Parametrik Yöntem, Monte Carlo Simülasyonu ve Stres Testi Yöntemleri kullanılarak RMD hesaplarına ilişkin bilgisayar uygulaması yapılmış, bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve uygulama sonuçları değerlendirilmiştir.



1. RİSK VE RİSK YÖNETİMİ

Risk olgusu genellikle "kayıp tehlikesi" biçiminde algılansa da finans teorisi riski, "finansal değişkenlerin hareketlerinde meydana gelen beklenmedik sonuçlar, değişkenlik/volatilite" olarak tanımlar¹. Yani negatif değişimler kadar pozitif değişimler de aslında birer risk kaynağıdır. Daha geniş bir tanımla, bir işleme ilişkin bir parasal kaybın ortaya çıkması veya bir giderin ya da zararın ortaya çıkması ile neticelenebilecek ekonomik faydanın azalması ihtimalidir². Bu, ileride olacak olayların belirsizliğinden kaynaklanmaktadır. Bu riskler enflasyon, politik değişimler, savaş gibi insanlar tarafından yaratılabildiği gibi deprem veya hava koşulları gibi doğa kaynaklı da olabilir. Ayrıca, anaparanın geri ödenmeme riskinden başka faiz riski, döviz riski vb. gibi yatırım aracının fiyatını ve dolayısıyla getirisini etkileyen riskler vardır.

Bir yatırımın riski ne kadar yüksekse, o yatırımın getirisi de o kadar yüksek olur; ancak bu durumda doğal olarak beklenen yüksek getiriye elde edememe hatta yatırılan paranın kaybedilme tehlikesi de daha yüksektir. Yatırım yapılırken ne kadar riske katlanılabileceğinin çok iyi tartışılması gerekmektedir.

1.2. Risk Türleri

Finans piyasasında karşı karşıya olunan risk türlerini işletme (bussiness) riskleri, stratejik riskler ve finansal riskler başlıkları altında toplamak mümkündür. İşletme riski, piyasada rekabet sırasında avantaj elde edebilmek için yeni teknoloji yaratma, daha üstün ürün tasarımı ve pazarlama gibi çabalar dolayısıyla karşılaşılan risk türüdür. Firmaların kontrolü dışında kalan, politik ortamda veya ekonomik yapıda ortaya çıkan değişim gibi stratejik riskler ve faiz oranı, döviz fiyatları gibi değişkenlerdeki hareketler nedeniyle oluşan finansal riskler, işletme dışı riskler grubundandır.

Riske maruz değer (RMD), asıl olarak finansal risklerden biri olan piyasa riski için geliştirilmiş ise de bunun dışında farklı finansal riskler de vardır.

¹ İMKB, *Sermaye Piyasası ve Temel Bilgiler Kılavuzu*, İstanbul, 1999, s.476

² SPK, *Sermaye Piyasası Lisanslama*, İstanbul, 2004

1.2.1. Finansal Risk Türleri

Aslında çoğu kez iç içe geçmiş bir yapıda olmalarına rağmen, finansal risk türlerini piyasa riski, kredi riski, likidite riski, işletim riski ve bazı hallerde de yasal risk gibi farklı gruplara ayırabiliriz:

a)Kredi Riski: Bu risk türü, yapılan bir anlaşma sonrasında, tarafların yapılan anlaşma dolayısıyla yerine getirmeleri gereken zorunlulukları karşılayamamaları veya karşılamak istememeleri durumunu göz önüne alır. Deneyim sahibi olmak ve geniş araştırmalar yapabilmek, kredi riski yönetiminin önemli unsurlarıdır. Bu riskin kaynağı borçlunun, borç ödememe veya ödeyememe ya da iflas etmiş olması nedeniyle kendisinden tahsilât yapılamıyor olmasıdır. Bazen de borçlu borcunu ödese veya ödemek istese de banka bunu tahsil edemez. Çünkü borçlu, yurtdışı bir müşteridir ve o ülkede mevcut bir takım rahtsızlıklar nedeniyle döviz transferi gerçekleşmemektedir. Bunun sonucu olarak da, banka tahsilât yapamaz. Borçlunun kredisini ödememesi durumunda “Kredi Değerliliği Riski” söz konusu iken, borçlunun borcunu ödediği halde transferinin yapılmaması nedeniyle doğan riskte “Ülke Riski” söz konusudur.³

b)Likidite Riski: Likidite, bir işletmenin vadesi gelen borçlarını ödeyebilme gücünü ifade etmektedir. Likiditenin sağlanması için varlıklar, miktar ve vade olarak borçlarını karşılamalıdır. Borçlar kısa vadeliyken, varlıklar uzun vadeli olarak bağlanmış durumda ise banka borçlarını ödeyememe riski ile karşı karşıya kalır. Borçların ödenmemesi alacaklıya, icra veya diğer yasal yollarla borcu tahsil etme yetkisi sağlamaktadır. Bu gibi durumlar ise bankaların güven kaybetmesine sebep olmaktadır.⁴ Düzenleyici tarafından veya kişisel amaçlı piyasa riski hesaplarında finansal varlıkların, rekabetçi ve likid piyasalarda yer aldığı varsayımı temel alınmaktadır. Firmanın büyüklüğünün tüm piyasaya oranın fazla olması gibi bu varsayımın karşılanamayacağı durumlar için bu eksik dereceli likidite ile özel bir toplam piyasa riski ortaya konmalıdır.

c)İşletim Riski (Operational Risk): Herkes tarafından kabul edilen tek ve kesin bir tanımı bulunmayan işletim riski, insan kaynaklı nedenlerle veya teknolojik hata ve kazalar nedeniyle

³ Kaval H. , *Bankalarda Risk Yönetimi*, Ankara, 2000, ss.59-60

⁴ a.g.e., s.309

ortaya çıkan bir risk türüdür. Birçok hataya sebep olmasından dolayı işletim riski, belki de en fazla zarar verecek risk türü olarak düşünülebilir; ancak diğerlerine oranla bu konuda yapılan çalışmalar çok daha yenidir. Uzun bir süre kurumlar, işletim riskinin sadece bir parçası sayılabilecek iş yapma (transaction) riskiyle ilgilenip, diğer pek çok durumu göz ardı etmişlerdir. Yanlış bilgilendirme, yönetim hatası, yapılan işlemlerin ya da kontrollerin yetersizliği operasyon/ işletim riskine neden olur. Bu tür bir riskin, piyasa riskine ve kredi riskine de yol açtığı söylenebilir⁵; ancak belirsizliklerin dışsal olduğu piyasanın ve kredi risklerindeki aksine işletim riski, kurum içi kaynaklardan ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle böylesi kayıpların oluşması ya da büyüklüklerinin en aza indirgenmesi fırsatı daha fazladır. Kayıpların dağılımı her iş birimi için, bir beklenen kaybın yanı sıra aynı güven düzeyinde bir RMD tipi en fazla kayıp miktarını da verecektir.

d)Yasal Risk: Yapılan bir iş sonucunda kayba uğrayacak tarafın, bunu önlemek için, yapılan işlemi geçersiz kılacak yasal boşluklar araması gibi bir durum yasal risk kategorisindedir. Ortaya çıkış biçimi nedeniyle kredi riskiyle ilişki içindedir.

e)Piyasa Riski: Piyasa riski dışında kalan diğer finansal risk türleri, işlem (transaction) riski olarak da adlandırılabilir, ticaret (alışveriş) kaynaklı risklerdir. Ancak piyasadaki fiyatların düzeyinde veya volatilitesindeki hareketlerden ortaya çıkan piyasa riski, diğerlerine oranla çok daha büyüktür ve önemli etkisi olan bir risk kaynağıdır. Genel olarak dört farklı tipte piyasa riskinden söz edilebilir: para piyasasında yer alan faiz haddi riski, döviz piyasasında döviz kuru değişimi (exchange rate) riski, hisse senetleri piyasasında ortaya çıkan (equity) hisse senedi fiyatlarındaki değişim riski ve mal (commodity) piyasasında karşılaşılan fiyat değişimi riski. Tüm bu piyasalar için, volatilité olarak da adlandırdığımız, ortaya çıkan sonuçlardaki standart sapma (σ) kullanılarak, risk ölçümü yapılır⁶.

1.3. Risk Yönetiminin Gelişimi ve Riske Maruz Değer

Risk yönetimi; muhtemel risklerin veya mümkün risklerin saptanıp bertaraf edilmesi, bertaraf edilemiyorsa azaltılması veya telafi edilmesi üzerine kurulmuş bir teknik ve bu tekniğin ulaştığı bir sanattır⁷. Risk yönetimi, öncelikle bir olayı fark etmek, o riskleri bilebilmek, onun adını koyabilmektir. Biraz daha açacak olursak risk yönetimi; sigorta alımının dışında bir

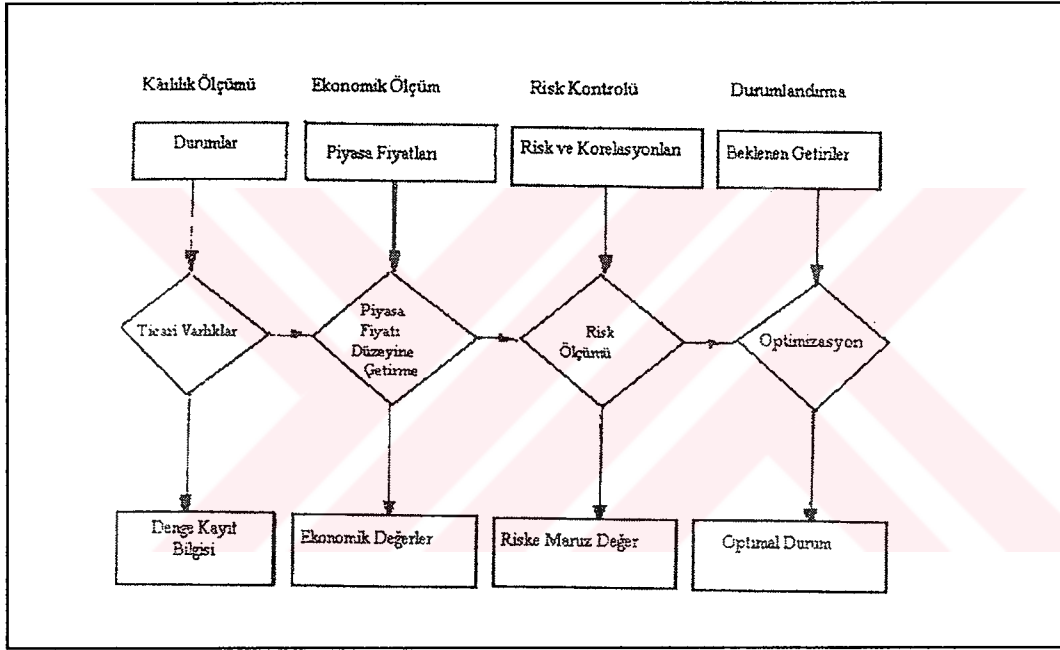
⁵ Karacan A.İ., *Bankacılık ve Kriz*, Üçüncü Baskı, İstanbul, 2000, s.27

⁶ Aktive Araştırma, "Bankalarda Performans Ve Risk Yönetimi: Analitik Bir Çerçeve", *Aktive Bankacılık ve Finans Dergisi*, 15 Ekim-Kasım 2000, ss.6-22

⁷ Teker N. ,*Faiz Oranı ve Döviz Kuru Risk Yönetimi*, İstanbul, 1999, s.3

kuruluşun veya bir konunun tüm risk faktörlerini ortaya çıkarır; ayrıca bunlardan hangileri ortadan kaldırılabılır, bunlar ortadan kaldırılamayacaksa kabul edilebilir mi, kabul edilenlerin hangileri finansal yöntemlerle yani sigortayla ortadan kaldırılabılır sorularını cevaplandırır.

1990'lardan itibaren risk yönetimi endüstrisi büyük gelişmelere ve değişimlere uğramıştır. Bu değişimlere teşvik eden nedenler ise 1990'ların başında ortaya çıkan, finansal türevlerde yaşanan karmaşalardır. O sıralarda çok daha karmaşık finansal enstrümanların yaratılmasının ardındaki teknolojik ilerlemeler kontrol edilemeyecek derecede hızlı olduğundan onu kullanmaya çalışanlarda büyük sorunlara yol açmıştır. RMD'ye kadar uzanan modern finansal yönetimdeki ilerleyiş, aşağıdaki Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Modern Finans Yönetimi ⁸

RMD'nin ilk ataları, 1980'lerdeki varlık / borç yönetimi sistemine uzanır. O sıralarda bankalar finansal varlık ve borç dengelerini bilânço (balance sheet) ile hesaplamaktaydı. Örneğin; geleceğe ait oran tahminleri, uzun periyotta gelirler grubunda yer almaktaydı. Böylesi bir durumun büyük karmaşalara neden olacağı açıktır ve bilânçolarda büyük kayıpların ortaya çıktığı görülmüştür.

Daha sonra piyasa düzeyinde fiyatı belirlemeye (mark-to-market) yönelim sonucunda bazı ödemeler dengesi kayıtları, piyasa değerlerinde rapor edilmeye başlandı. Piyasa değerlerinin

⁸ Jorion P., *Value at Risk: the New Benchmark for Managing Financial Risk*, 2nd., Mc Graw Hill, New York, 2000

bulunabilmesinin ardından gelen adım ise RMD olmuştur. Ardından, bu risk kontrol sistemi bir geri besleme mekanizmasına dönüşmüş, RMD ile farklı operasyonların karlılıkları karşılaştırılabilir hale gelmiştir. Daha da geliştirilerek ulaşılan optimizasyon, getiri tahminlerinin en iyi biçimde kullanımını, korelasyonlar ve riski birleştirerek yapmıştır.

Kasım 1996'da risk yönetimi süreci, uygulaması ve anlaşmaları güncelleştirmek amacıyla bir grup araştırmacı tarafından ilk resmi "risk standartları" oluşturulmuştur. Risk Standards Working Group adlı bu grup, 250 milyon dolar toplam varlığa sahip, on bir büyük kurumu temsil etmekteydi. Hazırlanan raporda risk standartları yönetim, ölçüm ve tahmin gibi farklı kategorilerde gruplandırılmıştır ve RMD'nin piyasa riski ölçümlerinde nasıl kullanılabileceği anlatılmıştır. İki yıl sonra da Capital Market Risk Advisors (CMRA) tarafından yapılan bir araştırma sonucunda Risk Standartları'nın risk yönetimi uygulamalarında geniş ölçüde kullanılmaya başlandığı görülmüştür.

Riskler, belirsizlikler nedeniyle ortaya çıkar. Modern risk ölçümü yaklaşımları, farklı risk durumlarını karşılaştırmak için bu belirsizlikleri ölçülebilir hale getirmeye çalışırlar. Portföy teorisine göre, toplam risk bölünerek azaltılabilir özelliktedir. FX-trade çerçevesinde bunun anlamı, tek bir pozisyonun, farklı pozisyonların bir araya geldiğinde taşıdığı riske göre daha fazla risk içerdiğidir. Örneğin; sadece ABD\$'ının oluşturduğu portföy, ABD\$'ı ve Euro'dan oluşan portföyden daha fazla riske sahiptir. Her pozisyonun negatif olması olasılığı, bir tek pozisyonun kayba yol açması olasılığından azdır. Aynı düşünce şekli kredi riski için de geçerlidir.

Dolayısıyla, toplam risk ayrı ayrı risklerin toplamı şeklindedir. Ayırıştırmanın neden olabileceği etkiler, çoğu risk ölçümü yöntemlerince göz ardı edilmektedirler. Bu nedenle RMD yaklaşımı son zamanlarda ciddi olarak tartışılmaya başlanmıştır.

Klasik risk yönetimi yaklaşımında, eldeki fiyatlar için lokal yakınsama veya faiz oranlarından oluşan bir zaman serisi tam değerlendirme (full valuation) ve senaryo analizleri ile incelenir. RMD ise bir adım ileri giderek, fiyat-miktar ilişkisini olumsuz (adverse) piyasa hareketleri olasılığıyla birleştirir. Ayrıca RMD, faiz oranlarının yanı sıra farklı risk kaynaklarını da içerebilmektedir. Dolayısıyla RMD, risk yönetimi için kullanılan araçlarının ulaştığı mevcut en son adımdır.

1.3.1. Risk Yönetiminin Önemi ve Gerekliliği

Risk yönetimi bankalar için stratejik bir konudur. Bankalar, güçlü risk yönetimi sayesinde bir yandan risklerini kontrol ederek kayıplarını azaltır, diğer yandan da riske ayarlı karlılık analizi ışığında daha karlı ürünlerde büyüyerek hissedara değer katarlar. Güçlü risk yönetimi olan bankalar, aldıkları piyasa (faiz oranı, döviz kuru gibi piyasa fiyatlarındaki hareketler sonucu ve likidite darlığından doğabilecek olası değer kayıplar), kredi (problemlili kredilerden doğan kayıplar) ve operasyonel riskleri (genel anlamda bankanın aldığı diğer bütün riskler içinde hatalar, eksiklikler, bilgi teknolojisi sistemlerinin bozulması, sahtekârlar, hukuki sebepler veya yeni düzenlemelerden doğan “olay” sebepli kayıpları ve sektörel sebeplerden dolayı hacim ve marjdaki değişimler sonucu karlılığı etkileyen “iş ortamı” kapsamlı riskler) detaylı inceler, olası krizlerde kayıplarını daha önceden belirler, bu kayıpları minimize etmek için önceden önlemler alır, aldıkları risk ile kazançları karşılaştırır ve riski almaya değip değmeyeceğini önceden değerlendirirler. Bunları yapan bankalar, aldıkları her türlü riski ölçmek için Riske Maruz Değer, Beklenen/Beklenmeyen Kayıp, Ekonomik Sermaye ve Risk Adjusted Return on Capital (RAROC) gibi analitik metodolojiler geliştirilmişlerdir. Bu bankalar ölçümlerle, riskleri izleyen ve raporlayan, kriz senaryolarında alınan riski sermaye kaynakları çerçevesinde değerlendiren ve de bunların yanı sıra risk ölçümlerinin riski kontrol etmek ve yöneltmek açısından kullanılabilmesi amacıyla banka içinde gerekli organizasyonu, politika ve süreçleri oluşturmuşlardır⁹.

1.3.2. Risk Yönetiminde Bazı Önemli Noktalar

Sonuç olarak Risk Yönetiminin gerekliliğini ortaya çıkaran bazı önemli noktaları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- Risk yönetiminde şirket içindeki herkes sorumludur.
- Şirketler anlamadıkları ürünlerden ve faaliyetlerden kaçınmalıdır.
- Sayısal hale getirilmiş ve getirilmemiş riskler, eşit bir biçimde dikkate alınmalıdır.
- Münferit riskler azami önem gösterilerek tanımlanmalı, raporlanmalı ve ölçülmelidir.
- Şirket içi tüm performans ölçütleri, şirket çapında riske ayarlı kullanılmalıdır.
- Risk yönetimi, belirsizliği kabul etmeli ancak onu elimine etmemeli ve saklamamalıdır.

⁹ Güven S., *Finansal Risk Yönetimi Çerçevesinde Piyasalar*, Eskişehir, 2003

1.4. Türkiye Piyasasında Uygulamada Karşılaşılan Zorluklar

Bir risk yönetim aracı olarak RMD yöntemi, hem mali kuruluşlar hem de mali kuruluşlar dışında kalan şirketler açısından kullanım alanı bulmaktadır. Özellikle uluslararası piyasalarda son 10 yıl içerisinde yaşanan finansal krizlerin yarattığı zararlardan sonra risk yönetimi uygulamaları, birçok kurum içerisinde önemli bir yer edinmiş durumdadır. Ülkemizde ise son yıllarda bankacılık alanında yaşanan uygulamalar ve düzenlemeler neticesinde, mali şemsiyenin risk yönetimi anlamında genişletilmesi çabalarına destek vermek gerekmektedir. Mali olan ve mali olmayan kuruluşlarda oluşturulacak etkin risk-sermaye yönetimi faaliyetlerinin etkileri, çok kısa zaman zarfında reel sektörde ve makro ekonomi üzerinde etkilerinin olması kaçınılmaz bir gelişme olarak gözükmemektedir.

Burada gözden kaçırılmaması gereken konu, RMD yönteminin banka çapında oluşturulmuş bir risk yönetim sisteminin sadece bir parçası olduğu ve bu yöntemin ölçmekle yetersiz kaldığı kredi riski, karşı taraf riski, likidite riski ve operasyonel risk gibi diğer risklerin merkezi bir risk yönetim sistemi içerisinde ele alınması gerektiğidir¹⁰.

- Bankalarda içsel olarak geliştirilen çeşitli metodlar ile risk yönetimi faaliyetlerinin, Aktif-Pasif yönetimiyle birlikte bir banka yapısı içerisinde etkin olarak entegre edildiği takdirde, konunun gelecekte üst yönetimin karar almasında en önemli yardımcı fonksiyonlarından birisi olacağı açıktır.
- Doğruluğundan kimsenin emin olamadığı bir takım hesaplama teknikleri kullanarak bir "Riske Maruz Değer" rakamına ulaşması ve buna dayanarak banka sermayesini belirli bir standart orana göre yeterli sayılan bir seviyede tutması, bir bankada gerçekten "Risk Yönetimi" yapıldığını ve o bankanın kendisini "emniyete" aldığını göstermemektedir. Bu sebeple uygulanan modellerin arka planındaki analitik algoritmanın kullanıcılar tarafından tamamıyla anlaşılamaması çok ciddi bir sorundur.
- Bankanın sahip olduğu "Risk Kültürü", bu konudaki en önemli referans noktalarından birisidir.

¹⁰ Alexander C., *Risk Management & Analysis*, John Wiley & Sons, Londra, 2002, s.69

- Türk Bankacılık Sistemi içerisindeki etkin APKO ile yöneticiler ulaşmak istedikleri yeri ve hedeflerini bilirler. Hedefe giden yolda, kısa süreli çıkarları uzun dönemde sağlayabilecekleri gerçek değerlere tercih etmezler. Risk yönetimi birimleri ve ilgili tüm birimler tarafından kendilerine sunulan analizleri/raporları inceleyerek, üstlendikleri risklerin bankaya ne getirebileceğini ve neler götürebileceğini kestirirler. Buna dayanarak bankanın gelirlerini ve sermayesini koruma altına alacak kararları alır, uygular ve uygulatırlar.
- Faiz riski, banka bilânçosunu oluşturan varlıklarla (aktif) yükümlülüklerin (pasif) vade ve faiz oranı (daha doğru ifadeyle sağladıkları nakit akışı miktarı) farklılıkları nedeniyle meydana gelen Gap'in doğurduğu bir risk türü olması sebebiyle ve tam da bu nedenle doğrudan APKO'nun yetki ve sorumluluk alanındadır ve bu bölüm tarafından yönetilmelidir¹¹.



¹¹ Bolgün E. ve Akçay B. ,*Risk Yönetimi*, Scala Yayıncılık, 2005, s.294

2. RİSKE MARUZ DEĞER VE HESAPLAMA SÜRECİ

2.1. Riske Maruz Değer

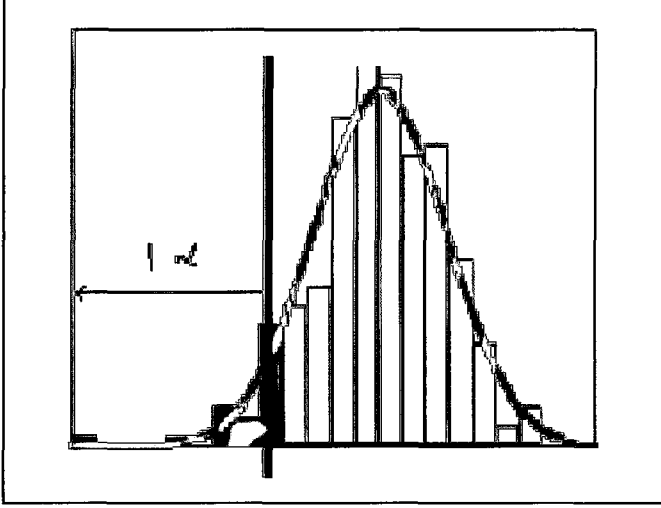
1980'lerin sonlarında büyük çaplı finansal kuruluşlar sahip oldukları portföylerdeki riski ölçmek için çeşitli analitik yöntemler kullanarak, Riske Maruz Değer (RMD) kavramını ve bu yöntemin kullanımını geliştirmeye başlamışlardır. O zamandan günümüze RMD yöntemi ile elde edilen sonuçlarını stratejik ve taktiksel değerlendirmelerde kullanımı büyük bir artış göstermektedir.

Riske Maruz Değer (RMD), belirli bir süre içinde elde tutulan portföyün ya da varlık değerinin faiz oranlarında, döviz kurlarında ve hisse senedi fiyatlarındaki dalgalanmalar sebebiyle meydana gelebilecek değişiklikler sonucunda maruz kalabileceği en yüksek zararı, belirli bir olasılık dahilinde ifade eden ve bazı sayısal yöntemlerle tahmin edilebilen değerdir.¹²

RMD, "bir gün / on gün gibi belirli bir zaman aralığında ve % 95, % 99 gibi belirli bir güven düzeyinde maksimum beklenen kayıp" olarak tanımlanmaktadır. Yani belirli bir zaman aralığındaki kazançların ve kayıpların dağılımı için α güven düzeyi seçilmişse, RMD bu dağılımın ucundaki $(1-\alpha)$ 'ya denk gelir. Örneğin, %95 güven düzeyinde RMD ele alınan gözlemlerin dağılımında diğer %5'lik kısımdır. Hull (1998) RMD'ı şu şekilde tanımlamaktadır: "... yüzde X olarak emin olabiliriz ki önümüzdeki N gün içinde V ABD\$'dan daha fazla kaybetmeyeceğiz"¹³.

¹² BDDK, "Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmelik", *Resmî Gazete*, 24657, 31 Ocak 2002

¹³ Hull J. C., *Introduction To Futures And Options Markets*, Prentice Hall, New Jersey, 1998



Şekil 2.1. Getirilerin Dağılımı ve RMD¹⁴

Kabul edilen güven düzeyinin yanı sıra, periyod seçimi de kısmen öznel(sübjektif)-dir. Çeyrek yıllık raporlar hazırlayan biri için 90 günlük periyodlar kullanılabilirken, bir portföye yüksek miktarda yatırımın yapıldığı banka için 1 gün daha uygundur. RMD tahmin yöntemlerinin temelini fiyat değişimleriyle ortaya çıkan getirilerin modellenmesi oluşturduğundan, öncelikle bu getirilerin hesaplanışına bir göz atmak gerekmektedir. Sözgelimi, bir aylık bir süreç için yapılan incelemede getiriler, $t-1$ ile ifade edilen bir önceki ayın sonundan, t ile ifade edilen şimdiki ayın sonuna kadar geçen zamandan hesaplanır. P- portföy değeri, D- gelir ödemeleri (income payments) olmak üzere, aritmetik (ya da kesikli) getiri oranı portföyün getirisinin orijinal portföy değerine bölünmesiyle¹⁵

$$r_t = \frac{P_t - P_{t-1} + D_t}{P_{t-1}}$$

elde edilirken, genellikle uzun aralıklı getiriler için tercih edilen geometrik getiri oranı aşağıdaki gibi logaritmik bir formdadır.

$$R_t = \ln \frac{P_t + D_t}{P_{t-1}}$$

Ancak kolaylık sağlaması açısından D_t ile ifade edilen gelir ödemeleri göz ardı edilebilir. Geometrik oranın tercih edilmesinin nedenlerini açıklayacak olursak, ilk neden geometrik

¹⁴ Aksel H. ve PwC, "Sermaye Piyasaları Finansal Risk Yönetim Danışmanı, Riske Maruz Değer Özellikleri", *Aktive Bankacılık ve Finans Dergisi*, Mart-Nisan 2001

¹⁵ Zangari P., "Risk Metrics Technical Document", *JP Morgan-Reuters* (www.riskmetrics.com/research/techdoc/TD4ePt_1.pdf), New York, 1996

getiriler kullanıldığında negatif bir fiyatla karşılaşamayacağından aritmetik orana göre ekonomik açıdan daha anlamlı olmasıdır. Şöyle ki, eğer geometrik getiriler normal dağılıyorsa, dağılımın sol yanı için $\ln(P_t / P_{t-2}) \rightarrow -\infty$ durumu ancak, $(P_t / P_{t-1}) \rightarrow 0$ yani $P_t \rightarrow 0$ iken sağlanabilir. Diğer yandan normal dağılmış aritmetik getirilerinin dağılımının sol tarafı için

$$r_t \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \rightarrow -\infty \text{ durumu } (P_t / P_{t-1}) - 1 < -1 \text{ veya } P_t < 0 \text{ ile elde edilebilir}^{16}.$$

Böyle bir durum ekonomik açıdan bir anlam taşımadığından aritmetik getiri oranlarına normal dağılım özellikleri yüklemek anlamsız /yanlış sonuçlara yol açabilmektedir.

İkinci olarak geometrik getiriler, çok sayıdaki periodlar için getirilerin hesaplanmasında büyük kolaylık sağlar. Sözelimi; iki aylık bir dönem ele alınıyorsa, bu iki ayın geometrik getirisi basitçe her iki ayın getirisinin toplamına eşittir.

$$R_{t,2} = \ln(P_t / P_{t-2}) = \ln(P_t / P_{t-1}) + \ln(P_{t-1} / P_{t-2}) = R_t + R_{t-1}$$

Ancak dikkat edilirse, geometrik getiriyi $R_g = \ln(P_t / P_{t-1}) = \ln(1 + r_t)$ biçiminde aritmetik getiri cinsinden de yazabilmekteyiz. Eğer gözlemler arası zaman aralığımız (time horizon) bir gün gibi kısa bir aralıksa, günlük aritmetik o an sifıra çok yakın bir değer olacağından, $R_t \approx r_t$ biçiminde de düşünülebilir. O nedenle yapılacak uygulamada böylesi bir ayrıma gitmeden getiriler R ile gösterilecektir¹⁷.

Parametrik olmayan yöntemlerde RMD, ampirik dağılımdan direkt elde edilebiliyorken, parametrik yöntemlerde ampirik dağılımdan elde edilen yüzde yerine portföyün standart sapması kullanılmaktadır. Portföyün standart sapmasının güven düzeyi çarpımıyla oluşturulan yöntem, daha sonra da görüleceği gibi, verilerin normal dağılımdan olduğunu varsaymaktadır.

¹⁶ Schacter B., *An Irrelevant Guide to Value At Risk, Risk and Rewards*, Mart 1998, ss.7-18

¹⁷ Benninga S. ve Wiener Z., *“VaR Mathematica in Education & Research”*, 2000, ss.1-8

2.2. Riske Maruz Değer Hesaplanması İçin Gerekli Altyapı Ve İstatistiksel Kavramlar

Bu bölümde öncelikle getiri kavramı tanımlanacak, daha sonra risk ölçümünde kullanılan istatistiksel kavramlar ile ilişki tahminleri üzerinde durulacaktır. Ayrıca olasılık dağılımlarından, özellikle bu çalışmada kullanılan normal dağılım fonksiyonundan ve özelliklerinden bahsedilecektir. Tüm bu açıklamalar, RMD hesaplanmasına başlamadan önce kolaylık sağlaması bakımından hesaplamada kullanılacak bazı kavramların netleştirilmesine yöneliktir.

2.2.1. Finansal Fiyat Değişiklikleri ve Getiri Kavramının Tanımlanması

Risk, genellikle fiyat değişiklikleri temelinde ölçümlenmektedir. Değişiklikler mutlak fiyat değişiklikleri, göreceli fiyat değişiklikleri ve logaritmik fiyat değişiklikleri gibi farklı formlarda olabilir. Fiyat değişikliği, başlangıç fiyatındaki göreceli değişim olarak tanımlandığında gelir kavramı ortaya çıkmaktadır. RiskMetrics'in kullandığı risk ölçümlerinde portföy değerindeki değişiklikler, logaritmik fiyat değişiklikleri temelinde gerçekleştirilmektedir¹⁸. P_t , t zamandaki, P_{t-1} , $t-1$ zamandaki portföy değeri olmak üzere, portföy getirisi aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\Delta P = P_t - P_{t-1}$$

Portföy getirisi, getiri oranı olarak da ifade edilebilir. Getiri oranları aritmetik ve geometrik olarak iki matematiksel formda yazılabilir. Aritmetik getiri oranı R_a , portföy kazancının orijinal portföy değerine bölünmesiyle elde edilir.

$$R_a = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{\Delta P}{P_{t-1}}$$

Geometrik getiri oranı R_g ise, logaritmik fiyat rasyosu olup, aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$R_g = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

Getiri oranı hesaplanmasında kullanılan fiyatlar birbirine yakın ise aritmetik getiri oranı ile logaritmik getiri oranı birbirlerine denk olurlar. Örneğin, bir günlük zaman ufku için getiri

¹⁸ Zangari P., 1996, s.45

oranları hesaplandığında, fiyatlarda çok ani bir değişiklik olmadığı sürece her iki getiri oranı da birbirine eşit çıkacaktır. Ancak zaman ufku uzadıkça, gerçekleşen fiyatlar arasındaki fark artacağı için bu iki getiri oranı farklılaşacaktır. Aşağıda aritmetik ve geometrik getiri oranlarına ilişkin basit bir örnek verilmiştir.

2.2.2. Tanımlayıcı İstatistik ve İlişki Tahminleri

Getirileri, tek bir elde tutma dönemi için ölçebileceğimiz gibi, birden çok dönem için de ölçebiliriz. Bir yatırım birden fazla dönem için elde tutulursa, birbirini izleyen getiri oranlarına ilişkin ortalamaların nasıl hesaplanacağını bilmek gerekir. Bu konuda iki ortalama kullanılır: Aritmetik ortalama ve geometrik ortalama.

Aritmetik ortalama, birim başına düşen değer demektir ve birbirini izleyen getiri oranlarının basit aritmetik ortalamasıdır. Aşağıdaki şekilde formüle edilir.

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

Burada, N =Zaman dönemi sayısını

X_i = i dönemi boyunca her bir elde tutma döneminin getirisini ifade eder.

Geometrik ortalama ise; şu şekilde formüle edilmektedir.

$$\text{Geometrik Ortalama} = \sqrt[N]{(1 + X_1)(1 + X_2).....(1 + X_n)} - 1$$

Risk koşulları altında yatırımcılar, yatırımlarının çeşitli getiriler getirebileceğini bilir ve her olası getiri ile bu getirin gerçekleşme olasılığı arasında bir tahmin yaparlar. Bu olasılıklar, tarihsel verilere dayanabileceği gibi, öznel olarak da çıkarılabilir. Getirilerin olasılık dağılımı, yatırımın toplam riskini temsil eder. Dağılım ne denli geniş ve dağınık ise yatırım o denli risklidir ¹⁹.

Olası getirilerden oluşan bir olasılık dağılımını tanımlayan istatistiksel ölçülerden biri standart sapmadır. Standart sapma, değerlerin ortalama değerden ne kadar uzaklaştığının ölçümüdür. Birim değerleri, ortalama değeri dolayında toplandıkça, standart sapma küçük bir değer

¹⁹ Teyfik T., *Bankalarda Finansal Yönetime Giriş*, İstanbul, 2003, s.120

alacak, birim değerleri aritmetik ortalamadan uzaklaştıkça standart sapma büyüyecektir. Standart Sapma, formül olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}}$$

Standart sapmanın karesi, varyanstır. Bir yatırımdan elde edilecek gelirin değişkenliğinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda iki menkul kıymet arasında seçim yapabilmek için kullanılabilecek risk ölçütü olmaktadır²⁰. Standart sapmanın veya varyansın büyüklüğü, riskin az olduğunun göstergesidir.

Kovaryans, iki değişkene ilişkin değerlerin birlikte hareket etme derecelerinin ölçüsüdür. Finansal varlıkların tek tek risklerini standart sapma ile veya varyans ile ölçmek mümkündür. Ancak iki veya daha çok varlık söz konusu olduğunda risk, kovaryans ile ifade edilir²¹. Geçmiş verilere göre kovaryans, getirilerdeki sapmaların çarpımları toplamının N ile bölünmesiyle hesaplanır. Kovaryans büyüklüğü aynı zamanda serinin varyansına da bağlı olmaktadır²². X ve Y değişkenleri için kovaryans formülü;

$$\sigma_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu_x)(Y_i - \mu_y)}{N}$$

biçiminde ifade edilir.

Kovaryans katsayısı negatif veya pozitif bir değer alabilir. Hesaplanan kovaryans katsayısının pozitif olması, menkul kıymet getirileri arasında bir eşyönlülük olduğunu gösterir. Yani, menkul kıymetlerden birisinin getirisi, ortalama getiriden fazla ise, diğer menkul kıymetin getirisinin de ortalamada getiriden fazla olacağı söylenebilir. Negatif ise, menkul kıymet getirileri arasında ters yönlü bir ilişki vardır. Negatif katsayı ne kadar büyük ise, ters yönlü

²⁰ Aksoy A., *Menkul Kıymet Yatırım Analizi*, Ankara, 2002, s.110

²¹ Ceylan A. ve Korkmaz T., *Borsada Uygulamalı Portföy Yönetimi*, Bursa, 2001, s.84

²² Reilly K. ve Brown K. C., "Investment Analysis In Portfolio Management", *The Dryden Press*, Chicago, 1997, s.256

ilişki de o kadar güçlüdür. Kovaryans katsayısının sıfır ve sıfıra yakın bir değerde olması, menkul kıymetler arasında doğrusal bir ilişkinin bulunmadığını gösterir²³.

Kovaryans değeri, değişkenlerin ölçülmesinde kullanılan ölçü birimi ile ifade edilmektedir. Ancak, istatistiksel ölçü değerlerinin ölçü birimlerine bağlı olarak ifade edilmeleri, genellikle istenmez. Bu nedenle, kovaryans X ve Y değişkenlerinin standart sapmalarına bölünerek, ölçü biriminin etkisinden arındırılmış olur. Bu sayede, -1 ve +1 değerleri arasında değişen yeni bir ilişki ölçüsü olan korelasyon katsayısı, tanımlanmış olur. Korelasyon, iki serinin ne ölçüde ve ne yönde beraber değişeceğini gösteren bir katsayıdır ve aşağıdaki formül ile gösterilir²⁴.

$$\rho = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y)}{N} \times \frac{1}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Finansal varlık getirileri arasındaki korelasyon, finansal varlık birleşiminin yapısına bağlı olarak pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Katsayı +1 ise, değişkenler aynı yönde hareket ediyor olup aralarında tam bir korelasyon vardır. Katsayı -1 ise değişkenler birbirleriyle ters yönde hareket ediyor ve aralarında negatif bir korelasyon vardır. Korelasyon katsayısının -1 olması, portföy riskinin sıfır olduğu anlamındadır ve portföyün riski azalırken getirisi yükselmektedir. Katsayının +1 olması halinde ise portföyün riski artarken getirisi de yükselir. Finansal varlık getirileri arasında herhangi bir ilişki mevcut değilse, getiriler birbirinden bağımsız ve korelasyon sıfır veya sıfıra yakın olmaktadır²⁵.

2.2.3. Olasılık Dağılımları, Dağılımların Süreç Üreteçleri ve Normal Dağılım Özellikleri

Simülasyonun ilk aşamalarından biri normal, üçgen, binom dağılımı gibi kuramsal dağılımların kullanılıp kullanılmayacağına karar verilmesidir. Belirli bir dağılımdan bir değerinin üretilmesi yöntemi ise bu dağılım için bir süreç üretici olarak adlandırılır²⁶.

Buradaki ana amacımız, modellerde sayılar yerine olasılık dağılımlarını kullanabilmektir. Örneğin, aritmetik ortalaması 250, standart sapması 50 olan normal dağılımı kullanabilmek

²³ Sevil G., *Finansal Risk Yönetimi Çerçevesinde Piyasa Volatilitésinin Tahmini ve Portföy VAR Hesaplamaları*, Eskişehir, 2001, s.38

²⁴ Berk N., *Finansal Yönetim*, İstanbul, 2006, s.383

²⁵ Aksoy A., a.g.e., ss.186-187

²⁶ Teyfik T., a.g.e., s.149

için, önce normal dağılımı tanımamız, daha sonra yaklaşık olarak normal dağıldığını varsaydığımız tarihsel verilere sahip olmamız gerekmektedir.

Normal dağılım, matematiksel olarak ifade edilebilen kuramsal bir olasılık dağılımıdır. Bu nedenle, bu dağılımın parametreleri belirlenirse (aritmetik ortalama ve standart sapma) dağılımın bütün özellikleri ortaya konmuş olur. Normal dağılım aşağıdaki denklemle tanımlanır²⁷.

$$p(x) = \frac{e^{-\frac{1}{2}[(x-\mu)/\sigma]^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

Herhangi bir şekilde yönlendirilmeyen ve çok sayıda gerçekleşen olayların rastsal olarak gerçekleşecekleri, dolayısıyla da çan eğrisi şeklinde normal olasılık dağılımı gösterecekleri istatistiğin en temel kabullerinden birisidir. Dolayısıyla portföy değerlerinin de normal dağılım göstereceği varsayılmaktadır. Bu noktada gelecekle ilgili tahminlerde uyarlamacı bekleyişler (adaptive expectation) modeliyle; yani geleceğin en azından temel dinamikleri itibarıyla, geçmişe benzeyeceği varsayımıyla oluşturulmakta ve geçmiş veriler kullanarak simülasyonlar aracılığıyla dağılım hesaplanmaktadır²⁸.

Normal dağılım iki parametre içermektedir. Bu parametreler, aritmetik ortalama ve standart sapmadır. X ise rastsal değişkeni temsil etmektedir. Örneğin RMD hesaplanmasına ilişkin bir simülasyonda faiz oranları, döviz kurları veya hisse senedi fiyatları, normal dağılıma sahip olan rastsal değişkenlere örnek olarak verilebilir. Tüm sürekli dağılımlarda olduğu gibi olasılıklar, eğrinin altındaki alan bulunarak hesaplanır. Ancak normal dağılım söz konusu olduğunda bu dağılım, standart normal dağılıma dönüştürülerek ilgili Z değeri bulunabilir. Bu değer, standart normal tablodaki karşılığı, eğrinin altındaki alan ya da olasılıktır. Örneğin, standart sapması 5 olan bir normal dağılımda 25 ile 30 değeri arasındaki alan, uygun Z değeri bulunarak şu şekilde hesaplanır:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{30 - 25}{5} = 1$$

²⁷ a.g.e., s.154

²⁸ Active Araştırma Grubu, "Yirmibirinci Yüzyılda Finansal Riskin Ölçülmesi", *Aktive Bankacılık ve Finans Dergisi*, 2001, s.18

Daha sonra bulunan Z değeri için standart normal tablo kullanılarak Z değerine karşılık gelen olasılık okunur. $Z=1$ için standart tablodaki karşılık 0.3413'tür.

$$p(0 \leq Z \leq 1) = 0,3413$$

Buna göre 25 ile 30 arasındaki alanın ya da bir değer 25 ile 30 arasında yer alma olasılığı % 34.13'tür.

Normal eğrinin integralinin alınması zor olduğu için rastsal sayı üretiminde ters yöntem kullanılmaz. Bu nedenle başka yalın yöntemler kullanılır. Aşağıda bu yöntemlerden biri olan Box-Muller yönteminden bahsedilmiştir.

Bu yöntemde göre iki rastsal sayı (r_1 ve r_2) seçilir. Aşağıdaki denkleme bu iki rastsal sayı yerleştirildiğinde, standart normal dağılımdan bir örnek değeri elde edilmiş olur.

$$Z = (-2 \ln r_1)^{1/2} \cos(2\pi r_2)$$

Bilindiği gibi standart normal dağılımın aritmetik ortalaması 0, standart sapması 1'dir. İstenen aritmetik ortalamaya ve standart sapmaya sahip normal dağılan bir değişkenden bir örnek değeri seçmek ya da rastsal sayı üretmek için aşağıdaki formülü kullanınız.

$$x = \mu + Z\sigma$$

Burada x değişkeni; aritmetik ortalaması μ , standart sapması σ olan normal dağılan bir değişkeni temsil etmektedir. X değişken değerini elde etmek için önce Z değeri elde edilmekte sonra girdi olarak verilmiş μ ve σ değerlerinden rastsal sayı üretilmektedir ²⁹.

2.3. Riske Maruz Değer Hesaplamasında Göz Önünde Bulundurulacak Parametreler

Bir Portföyün gelecekteki değerindeki potansiyel değişimin nasıl tanımlanacağı bazı parametrelere bağlıdır. Bu bölümde RMD hesaplama sürecinde göz önünde bulundurulması gereken parametrelerden ve bu parametrelere dair bazı varsayımlardan bahsedilecektir.

²⁹ Teyfik T., a.g.e., s.155

2.3.1. Elde Tutma Süresi

Tanımından da anlaşılacağı üzere RMD, portföye veya varlığın “belli bir zaman dilimi” içersindeki fiyat değişimlerinin ölçülmesi esasına dayanır. Elde tutma süresi portföyün değerinde birleştirir ki bu değişimin ölçüleceği zaman ufkudur. Başka bir tanım da ise bir değer beklenmedik fiyat dalgalanmaları durumunda elden çıkartılması için öngörülen maksimum süre olarak belirtilmelidir³⁰. Elde tutma süresi ile piyasa riski arasında doğru orantı mevcuttur. Süre uzadıkça beklenen fiyat değişikliği o kadar yüksek olacaktır.

Çoğu banka, kendi adlarına yaptıkları alım – satımlar için piyasa riskini hesaplarken bir günlük elde tutma süresi kullanırlar. Çünkü elde tutulan portföy genelde bono, döviz gibi çok likit varlıklardan oluşmakta ve elde tutma süresi ile portföyün tasfiye edilebileceği süre uyumlu olmaktadır. Ancak Basel Komitesi, RMD hesabında daha uzun bir elde tutma süresi olarak tercih edilmektedir. BDDK tarafında yayınlanan Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmeliğe göre de, RMD hesaplarında en az elde tutma süresi 10 iş günüdür.

Çoğunlukla bir günlük RMD’nin daha uzun ölçüm sürelerinde ekstrapolasyon için kare kökü metodu kullanılır. Bu metod, günlük faiz hareketlerinin birbirinden bağımsız olduğu ve piyasa getiri serilerinde trendlere uymanın olduğu veya otokorelasyon olmadığı varsayımlarını yapar³¹. Buna göre örneğin aylık RMD şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Aylık RMD} = \text{günlük RMD} \times \sqrt{21} \quad (*)$$

Günlük RMD’yi 10 günlük elde tutma süresi standardına çevirmek için de her gün için günlük değişimlerin birbirinden bağımsız olduğu varsayımı yapılarak, zamanın karekök kuralı kullanılmaktadır. Yani, bir günlük RMD hesaplanarak elde tutma süresi olan rakamın karekökü (*) ile çarpılır ve 10 günlük RMD değerine ulaşılır. Bu varsayım, getiri fonksiyonları doğrusal olmayan opsiyon gibi enstrümanlarda doğru sonuç vermemektedir³².

³⁰ Küçüközmen C., “Risk Yönetimi Zaman Geçirmeden Neden Nasıl?”, *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, Mart-Nisan 2001, ss. 50-59

³¹ Aksel K., “Riske Maruz Değerin Özellikleri”, *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, Mart-Nisan 2001, ss.62-71

³² Duman M.,” Bankacılık Sektöründe Finansal Riskin Ölçülmesi ve Gözetiminde Yeni Bir Yaklaşım: Value At Risk Metodolojisi”, *Bankacılar Dergisi*, 2000, ss.22-30

2.3.2. Güven Aralığının Belirlenmesi

Güven aralığı, RMD hesabında tespit edilmesi gereken diğer bir parametredir. Güven aralığı, firmanın yönetim anlayışına bağlı olarak belirlenir. Ancak, hesaplanacak RMD uygun bir sermaye tutarına ulaşmak için kullanılıyorsa, güven aralığı çok dikkatli bir biçimde seçilmelidir. Çünkü bir normal dağılım eğrisinde %95'lik güven aralığını 1,65 standart sapma sağlarken, %99'luk güven aralığını 2,33 standart sapma sağlamakta, bu da seçilen güven aralığına göre hesaplanan RMD'ler arasında büyük farklar yaratabilmektedir.

Yurt dışındaki bankalar, %90-99 arasında değişen güven aralıkları kullanmaktadır³³. Bazı firmalar tek bir parametre kullanmaktansa çeşitli güven aralıkları kullanmayı tercih ederler. Ancak hem Basel Komitesi hem de Türk bankacılık sektöründe yasal düzenleme %99 seviyesinde ve tek taraflı güven aralığının kullanılmasını istemektedir. Güven aralığı ne kadar yüksek olursa, ortaya çıkan RMD rakamları da o kadar yüksek olmaktadır.

Başka bir değişle daha yüksek risk alma, daha yüksek olası kayıpları karşılayabilmek için daha yüksek miktarda sermayeyi, bu da daha yüksek güven aralığını getirmektedir.

2.3.3. Tarihi Gözlem Dönemi

RMD hesaplama sürecinin diğer bir parametresi, fiyat değişimlerinin gözleneceği ve buna dayanarak standart sapmaların ve korelasyonların hesaplanacağı tarihi gözlem dönemidir. Tarihi gözlem döneminin seçilmesi bankaların stratejik amaçları ile yakından ilgilidir. Eğer risk ölçümü modelinin fiyattaki değişimlere duyarlı olması isteniyorsa kısa bir dönem seçilebilir. Seçilen gözlem dönemin uzunluğuna ve bu dönem içinde fiyatların dalgalanmasına göre, aynı elde tutma süresi için hesaplanan RMD rakamları büyük değişiklikler gösterebilir. Bu değişikliği göz önünde bulunduran Basel Komitesi, tarihi gözlem dönemi olarak asgari bir yıl süre öngörmüştür. Ayrıca, tarihsel fiyat hareketlerinin kaydedildiği data setleri de düzenli olarak yenilenmeli ve önemli fiyat değişikliklerini anında gözlem dönemine yansıtarak yeni data setlerine dayalı RMD hesaplanmalıdır³⁴. Basel komite düzeltmelerini temel alan BDDK yönetmeliğine göre de RMD hesabında kullanılan tarihi gözlem dönemi en az 1 yıl olmalıdır.

³³ Duman M., a.g.e., s.24

³⁴ Duman M., a.g.e., s 20

2.3.4. Risk Faktörleri Arasındaki Korelasyonların Belirlenmesi

Portföy riskinin ölçülmesin için portföyde bulunan varlıklar arasındaki korelasyonların tespit edilmesi gereklidir. Tarihsel verilere göre hesaplanan korelasyon rakamları, olumsuz piyasa koşullarında, geçmiş değerlerinden çok farklı seviyelere gelebilmektedir. Örneğin, iki varlığın fiyatları arasındaki dataya göre +0,8 olarak hesaplanan korelasyon, bir kriz esnasında negatif hale gelebilir. Kullanılan korelasyonların hangilerinin ne kadar gerçekçi olduğunun tespiti ise oldukça zordur. Basel Komitesi, bu konuda muhafazakâr bir yol izlemeyi tercih etmiştir. Buna göre sermaye zorunluluğunun tespitinde kullanılacak RMD rakamının hesabında bankalar, piyasa risk faktörü grupları bazında hesaplanan RMD rakamlarının basit aritmetik toplamını alarak tüm banka için sadece bir RMD rakamını hesaplayacaktır. Ayrıca, her bir piyasa riski faktörü (faiz oranları, döviz kurları, hisse senedi fiyatları gibi) grubundaki varlıklar arasında korelasyon varsayımlarının geçerliliği de piyasayı gözetten kurumlar tarafından incelenecektir. Uygulamanın amacı, RMD hesaplamalarını korelasyon varsayımlarının etkilerinden arındırmaktır. Ancak bu düzenleme, normalden daha yüksek RMD rakamları hesaplanmasına yol açmaktadır³⁵.

2.4. Riske Maruz Değer Yöntemleri

RMD modellerini dört ana kategoriye ayırmak mümkündür:

- (i) Parametrik Yöntemler (Varyans-Kovaryans Yöntemleri),
- (ii) Parametrik Olmayan Yöntemler (Tarihsel Benzetim Yöntemleri),
- (iii) Monte Carlo Simülasyon Yöntemleri,
- (iv) Stres Testi

2.4.1. Parametrik Yöntemler

Parametrik yöntemler, getirilerin normal dağıldığını varsaymaktadır. Bu yöntemlerin uygulanması fazla zor olmasa da, temel aldıkları normal dağılım varsayımının gerçekçiliğinin zedeleneyeceği durumlarla da karşılaşmaları mümkündür. Ayrıca, portföy genişledikçe kovaryans hesaplamaları karmaşık bir hal alacaktır.

³⁵ Duman M., a.g.e., s. 25

2.4.1.1. Hareketli Ortalama

Hareketli ortalama (H.O) değişken zamanlı risk hesaplarında sıkça kullanılan, uygulaması oldukça basit bir yöntemdir. Bir portföyün volatilité tahmininde, getirilerin bir ortalamasını elde etmek için, sözgelimi 20 ya da 60 gün gibi sabit uzunlukta; fakat hareketli bir çerçeve/ pencere (*moving window*) kullanılarak, risk faktörlerinin gelecekteki olası değişimlerine yönelik eğilimleri elde edilir.

Elimizde n güne ait r_t getirileri olduğunu varsayalım ve M gün için ortalama bulmak isteyelim. Bu durumda $t = M, M+1, \dots, n$ olmak üzere M günlük ortalama varyans

$$\sigma_t^2 = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^{M-1} (r_{t-i} - \bar{r})^2 \quad \text{dır.} \quad (2.18)$$

Burada tahmin (forecast), her yeni güne ait bilginin göz önüne alınıp, $(M+1)$ önceki güne ait bilginin dışlanmasıyla yapılmaktadır ve her bir gelirin ağırlığı birbirine eşit biçimde $1/M$ dir.

Kullanımı kolay olan bu yöntemin bazı zayıf noktalarının olduğu da açıktır. Şöyle ki, en yakın zamandaki yeni bilgi ile en uzaktaki eski bilgi pek de gerçekçi olmayacak biçimde aynı ağırlığa sahiptir. Ayrıca, sözgelimi M gün önce çok büyük bir getiri miktarı gözlemlenmişse, pencere/çerçeve 1 gün ilen kaydırıldığında bu getirinin dışarıda kalması volatilité tahmininde de büyük oynamalara yol açacaktır.

Bu yöntemle ilgili uygulamalarda yakın geçmişe ait bilgilerin portföydeki olası hareketleri tahminde daha uygun olduğu kabul edilerek 30 gün 50 gün gibi kısa zaman birimleri seçilirken, kimi çalışmalarda da son birkaç yılı içeren veri seti kullanılmıştır. Hareketli pencere/çerçeve seçiminin de keyfi biçimde yapıldığı söylenebilir. Örneğin, 60 günlük bir hareketli ortalama (HO(60)), HO(20)'ye göre daha durağan bir yapıdadır. Bu durum, periyod uzunluğu arttıkça her güne düşen ağırlık miktarı azalacağından, normaldir. Ancak

³⁶ Aslında eşitlik olarak $\sigma_t^2 = (1/M) \sum_{i=0}^{M-1} r_{t-i}^2$ de kullanılabilir. Portföydeki ortalama değişim miktarı

$r = \mu = 0$ Figlewski S., "Forecasting Volatility", *Financial Markets, Institutions and Instruments*, VI,1,1997

unutulmaması gereken bir nokta da, uzun periyotların kullanılması, tahminde kesinliği/doğruluğu arttırırken, volatilitenin temelindeki değişimi gözden kaçırabildiğidir.

2.4.1.2. Üstel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama (ÜAHO) ve Risk Metrics (RM)

Yöntemi

Üstel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama (ÜAHO) yaklaşımının özetle, volatilitede meydana gelen kısa dönem hareketlerinden yola çıkarak bir tahminde bulunmayı amaçladığı söylenebilir. Bu yaklaşım, eşit ağırlıklı hareketli ortalamanın (HO) bir adım ötesine geçerek, geçmişe ait gözlemlerin geometrik olarak azalan biçimde ağırlıklandırılmasıyla, verilerin önem derecesini geçmişten bugüne doğru artırarak göz önüne alır. J.P. Morgan tarafından RMD hesaplamalarında kullanılmak üzere ilk olarak 1994 yılında oluşturulan ve gün geçtikçe geliştirilen RiskMetrics yöntemi, bu yaklaşıma sahiptir.

(2.19) formülünde de görülebileceği gibi, t anı için volatilité tahmini, λ ile ağırlıklandırılmış bir önceki tahmin ve $(1-\lambda)$ ile ağırlıklandırılmış en küçük kareler ile ifade edilmektedir.

$$h_t = \lambda h_{t-1} + (1-\lambda)r_{t-1}^2 \quad (2.19)$$

Buradaki "azalma faktörü" (decay factor) olarak adlandırılan λ parametresi ($\lambda < 1$), geçmişe ait verilerin uzaklaştıkça ağırlığının, yani eski verilerin öneminin hangi oranda azalacağını belirler. Görüldüğü gibi herhangi bir gün için üstel ağırlıklandırılmış ortalama, basit iki bileşenin sonucunda elde edilmektedir. Bu etkileşimin sonucunda azalma faktörü λ küçüldükçe, gözlemin etkisindeki azalma büyüyecektir. Formülde h_{t-1} geriye dönük biçimde yerine koyulursa,

$$h_t = (1-\lambda)(r_{t-1}^2 + \lambda r_{t-2}^2 + \lambda^2 r_{t-3}^2 + \dots) \quad (2.20)$$

Teorik olarak, bu ağırlıkların toplamının 1'e eşit olması büyük sayıda gözlemimizin olmasını gerektirir.

³⁷ $\sigma_T^2 = \lambda \sigma_{t-1}^2 + (1-\lambda)(x_{t-1} - \mu)^2$ Hendricks D., "Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data", *Federal Reserve Bank of New York Policy Review*, April, 1996, ss.39-69

³⁸ $\sigma_t = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{s=t-k}^{t-1} \lambda^{t-s-1} (x_s - \mu)^2}$

Aslında, üstel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama yaklaşımının, GARCH prosesinin özel bir durumu olarak, $\alpha_0 = 0, \alpha_1 + \beta = 1$ olan GARCH(1,1) ile aynı olduğunu söyleyebiliriz. $\alpha_1 + \beta$ toplamına kararlılık/ısrar parametresi (persistence parameter) de denmektedir.

Kullandığımız tek parametre olan λ , teoride olabilirlik fonksiyonunun maksimizasyonu yoluyla bulunabilir. Ancak böylesi bir işlemin her gün Risk Metrics'in veri tabanında yer alan yüzlerce seri için tekrarlanması pek altından kalkılacak bir durum değildir. Ayrıca azalma faktörü, seriler arası değişkenliğin yanı sıra, zaman içinde de değişim gösterebileceğinden, yapılacak olan optimizasyon işlemi kullanışlı sayılmaz. Bunlara ek olarak, λ 'nın farklı değerlerinin bulunması korelasyon katsayılarında, kovaryans terimlerindeki yetersizlikler nedeniyle, 1'den büyük çıkması gibi sorunlara yol açacaktır. Bu nedenle, Risk Metrics uygulamalarında bütün seriler için tek bir azalma faktörü kullanılır. Örneğin, günlük veriler için $\lambda = 0.94$ seçilmiştir.

Risk Metrics ile 25 iş gününü kapsayan aylık risk tahminleri de günlük model kullanılarak 25. güne ulaşana kadar, ertesi gün, bir sonraki gün, daha sonraki gün ile yapılabilmektedir. Bu uygulama biçimi GARCH prosesini hatırlatmaktadır.

Üstel ağırlıklandırılmış modeldeki $\alpha_1 + \beta$ kararlılık parametresi nedeniyle ortalamaların etkisi olmaz ve aylık volatilité ile günlük volatilitenin birbirine eşit olması gerekir. Ancak, aylık risk tahminleri üzerine yapılan uygulamalar sırasında ortalamaların etkisi olduğu görülmektedir. Bu nedenle Risk Metrics yine (2.19) eşitliğinden yola çıkar; ancak bu sefer r_{t-1} 'i 25 günlük hareketli varyans tahmin edicisi biçiminde tanımlar.

$$h_t = \lambda h_{t-1} + (1 - \lambda) s_{t-1}^2, \quad s_{t-1}^2 = \sum_{k=1}^{25} r_{t-k}^2 \quad (2.21)$$

Verilerle elde edilen birkaç denemenin sonucundan yola çıkarak, J.P. Morgan optimal azalma faktörü olarak $\lambda = 0.94$ seçmiştir. Böylece aylık ve günlük modeller birbiriyle tutarsız görünse de, her ikisi kullanım açısından kolaydır. Eldeki verilerin davranış biçimini oldukça iyi biçimde özetler ve belirsizliklere karşı güçlü yapıdadır.

RiskMetrics'e temel oluşturan üstel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama yaklaşımını göz önüne alırsak, kısa zaman aralıklarındaki hareketlenmeler hedeflendiğinden, yakın geçmişe daha büyük önem veren yapısı, koşullu volatilité tahmini için önemli bir avantajdır. Ancak,

yoğun biçimde yakın zamana ait verilere dayalı olması, toplam örneklem genişliğinin küçülmesiyle, ölçüm hatası olasılığının artmasına yol açar.

2.4.1.3. Yöntemin Eleştirisi

Daha önce de belirtildiği gibi, Parametrik Yöntemler'in temel varsayımı finansal varlık getirileri ile ilgili olan normal dağılım varsayımdır. Ancak, bazı finansal enstrümanların fiyat değişimlerini tam olarak normal dağılımlarla açıklamak mümkün olmamaktadır.

Öte yandan, büyük fiyat değişimlerinin oluşma sıklığı bir normal dağılımda görüldenden çok daha fazla olabilir. Bu durum, normal dağılım varsayımları ile hesaplanan RMD tutarının riski olduğundan fiyat değişimlerini düşük göstermesine sebep olacaktır. Bu durum, özellikle gelişmekte olan piyasalarda dikkate alınmalıdır.

Bilindiği gibi hesaplanan RMD, seçilen güven aralığına göre belirli bir olasılık dâhilindeki kaybı ifade etmektedir. Bir başka deyişle güven aralığı olarak benimsenen (%90,95,99 vb.) olasılığın dışı ile herhangi bir geçerliliği yoktur. Oysa gerçek hayatta düşük olasılıklarla olmakla birlikte bu alanın dışında da bazı olaylar yaşanmaktadır. Olasılık çok düşük olmakla beraber böyle bir olayın hiçbir zaman gerçekleşmeyeceği söylenemez³⁹.

2.4.2. Parametrik Olmayan Yöntemler

Parametrik olmayan yöntemler, getirilerin dağılımıyla ilgili hiçbir varsayımda bulunmadan, getirilerin zaman serisinden yararlanan, oldukça basit bir yöntemdir. Ancak ele alınan bu zaman serisinin uzunluğu ve sahip olduğu değişkenlik, sonuçların geçerliliği açısından önemlidir.

2.4.2.1. Tarihsel Benzetim Yöntemi

Risk yönetimindeki yeri, gün geçtikçe artmakta olan ve Riske Maruz Değer hesaplamalarında sıkça kullanılan tarihsel benzetim (TB) yönteminde, örneklemden alınmış tarihsel getirilerin ve portföyde yer alan her risk faktörüne ilişkin senaryoların oluşturulması söz konusudur. Lineer olan ve lineer olmayan durumların toplam değeri, simüle edilmiş bir portföy değerini verir. Bu prosedür bütün geçmiş getiriler kullanılarak birçok kez tekrarlanır.

³⁹ Active Araştırma Grubu, a.g.e.,1999, s.23

Getirilerin dağılımının ya da volatilitésinin durağanlığı dışında başka hiçbir istatistiksel varsayıma ihtiyaç duymayan bu yöntemin temelinde, simüle edilmiş zaman serisi verileri yardımı ile bugünkü portföy, geçmiş t gün önce olsaydı, kazancının nasıl olabileceğinin hesaplanması yer alır. Yani kullandığımız getiriler mevcut bir portföye ait olmayıp, geçmiş getiriler ile şu an içinde bulunulan durum birleştirilerek oluşturulan hipotetik bir portföyün getirileridir. Böylece portföyde yer alan her bir malın getirisi bugüne ait w ile ağırlıklandırılır. O nedenle bu yönteme kimi zaman *bootstrapping* de denilmektedir⁴⁰.

$$R_{p,k} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,k} \quad k=1, \dots, t \quad (2.1)$$

Bunun yanında diğer bir hipotetik portföy getirisi yaratmak üzere içinde bulunulan ana ait fiyata geçmişte yaşanan fiyat değişimleri uygulanarak, gelecekte ortaya çıkacağı varsayılan fiyatlar da kullanılabilir.

$$S_{i,k}^* = S_{i,0} + \Delta S_{i,k} \quad i=1, \dots, N \quad (2.2)$$

Bu hipotetik fiyatlarla elde edilen V^* biçimindeki portföy değerleri ile de yeni getiriler hesaplanır.

$$R_{p,k} = \frac{V_k^* - V_0}{V_0} \quad (2.3)$$

Bütün fiyatların kullanıldığı bu yönteme tam değerlendirme (full valuation) yöntemi adı verilmektedir. Ardından tarihsel simülasyon ile oluşturulmuş portföy getirilerinin ampirik kümülatif dağılım fonksiyonu (k.d.f) ile RMD hesaplanmaktadır. Tahmin edilen RMD her bir risk faktörünün tarihsel getirilerinin ampirik dağılımına dayandığından, portföyün geçmişteki riskini daha gerçekçi bir biçimde yansıtmaktadır.

Değerlendirilecek periyodun seçiminde uzun ve kısa örneklem genişliği arasında bir tercih yapılması gerekir. Uzun süreli bir periyodun ele alınması elbette tahmin sonuçlarında kesinliği/doğruluğu artırabilir, ancak gereksiz ve önemsiz verilerin bulunması süreç içerisinde

⁴⁰ Barone-Adesi G., Bourgoin F. ve Giannopoulos K. , “Don’t Look Back”, *Risk*, Ağustos, 1998, ss.100-104.

yaşanan kimi değişimlerin gözden kaçmasına da yol açabilir. Mümkün olan en doyurucu sonuç için, en az geçmiş son bir yıla ait günlük getiriler kullanılmalıdır.

TB yaklaşımında verilerin dağılım şekli hakkında bir varsayım yapılmadan ve pek karmaşık işlemlere ihtiyaç duymaksızın hesaplamalar yapılabilmektedir. Eğer getiri serisinin bir yüzdesi ile ilgileniyorsak yapılacak olan, en yakın t geçmiş gözlemi sıraladıktan sonra bu yüzdeyi karşılayan gözlemi söz konusu portföyün RMD'si olarak seçmektir. Benzer biçimde en son t geçmiş gözlem mevcut durum aracılığıyla simüle ederek bir portföyün RMD'si elde edilmektedir. Bu yaklaşım, gözlem çerçevesi (observation window) - t 'nin seçilmesi dışında - parametrik olmayan bir yaklaşımdır.

Tarihsel Benzetimin avantajlarından söz edersek; ilk olarak anlaşılması ve uygulaması kolay bir yöntem olduğu söylenebilir. Geleceğe yönelik senaryoları geçmiş getirilerin ampirik dağılımını kullanarak yaratması ve portföy değerine etki eden risk faktörlerinin dağılımlarının şekli hakkında bir varsayımında bulunmaması, TB yöntemine normal dağılım varsayımı altında işleyen diğer RMD modellerine göre bu avantajlı durumu sağlamaktadır. Ayrıca, bu yaklaşımda bir kovaryans matrisi oluşturmak gerekmediğinden, çok sayıda farklı mal/ varlık içeren portföyler üzerinde yapılan çalışmalarda kolaylığın oldukça önemli bir özellik olduğu da açıktır.

Bu avantajlarının yanı sıra TB yönteminin bazı zayıf yönlerini de unutmamak gerekir. Her şeyden önce bu yöntemde, geçmişe ait bilgilerin geleceği tasvir edebilme özelliğine sahip olduğu varsayılır. Ancak bu şekilde geçmişte oluşan ama gelecekte tekrarlanmayacak durumlar göz önüne alınırken, daha önce yaşanmamış, ancak gelecekte karşılaşılabilecek önemli olaylar gözden kaçacaktır. Ayrıca TB yönteminde elimizde yeterli miktarda tarihsel veri olduğu varsayılır. Örneğin, 1000 adet günlük getiri simülasyonu için kesintisiz biçimde 4 yıllık veriye sahip olmak gerekmektedir.

Ne var ki, bazı durumlarda bu kadar uzun süreli kayıt bulmak mümkün olmayabilir. Diğer yandan ampirik k.d.f. dağılımını bulurken, her bir gün için getiri değerinin eşit biçimde $1/t$ ile ağırlıklandırılmasının çok da gerçekçi olduğu söylenemez. Çünkü, getirilerin volatilitesinde zaman içinde değişimler olacağı açıktır, tarihsel simülasyona elde edilmiş getirilerin bağımsız

ve aynı dağılımdan (b.a.d) olduğu varsayımıyla yüksek ve düşük volatilité eğilimleri göz ardı edilmektedir⁴¹.

TB yönteminin varsayımları ve kendisinden kaynaklanan kimi eksiklikleri kapatmak üzere, Boudoukh, Richardson ve Whitelaw (1998)'un geliştirdiği Hibrid yöntemin yanı sıra, Barone-Adesi ve diğerleri (1999) tarafından Filtreli Tarihsel Benzetim (Filtered Historical Simulation) adıyla genelleştirilmiş bir tarihsel benzetim yaklaşımı da ortaya atılmıştır.

2.4.2.2. Filtreli Tarihsel Benzetim (FTB)

Filtreli Tarihsel Benzetim (FTB) yönteminde asıl olarak, tarihsel benzetimde kullanılacak getiriler belirlenen gün için öngörülen volatilité ile $\eta = \varepsilon / \sqrt{\hat{h}_t}$ ⁴² biçiminde standartlaştırılarak, yaklaşık olarak b.a.d. olmaları sağlanır ve bu şekilde filtrelenmiş olan getiriler kullanılmadan önce mevcut durumdaki koşullu volatilité ile çarpılarak mevcut piyasa koşulları yansıtılır⁴³.

$$R_{T-n}^* = R_{T-n-1}^* + R_{T-n-1}^* \eta \sqrt{h_{T-n}} \quad (2.4)$$

Burada $\eta^* = \{\eta_1^*, \eta_2^*, \dots, \eta_T^*\}$ geçmiş günlere ait olmak üzere, $\sqrt{h_{T-n}}$ de n. güne ait RMD için simüle edilmiş koşullu volatilitéyi ifade etmektedir. Söz konusu koşullu volatilité

$$\begin{aligned} h_{t-n} &= \omega + \alpha(\zeta_{T-n-1}^*)^2 + \beta h_{T-n-1}, \\ \zeta_{T-n}^* &= \eta^* \sqrt{h_{T-n}} \end{aligned} \quad (2.5)$$

şeklinde bir zaman serisi modeli yardımı ile tahmin edilebilir.

Daha önce sözünü ettiğimiz "filtresiz/ koşulsuz" tarihsel benzetim yöntemi, getirilerin b.a.d. olduğu filtreli yöntemin özel bir durumu olarak da düşünülebilir⁴⁴.

⁴¹ Jorion P., *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 2ed. , Mc Graw Hill, New York, 2000

⁴² Burada Φ - tarihsel getirilerin seti olmak üzere $\varepsilon_t = R_t - E(R_t / \Phi_{t-1})$

⁴³ Butler J. S. ve Schachter B. , "Estimating Value at Risk by Combining Kernel Estimation with Historical Simulation", *Review of Derivatives Research*, 1998, ss.371-390.

⁴⁴ Barone-Adesi G. ve Giannopoulos K., "Filtering Historical Simulation", *Aktive Bankacılık ve Finans Dergisi*, Mart, 2000, s.104

2.4.2.3. Hibrid Tarihsel Benzetim

Getiriler b.a.d. olmadığı durumda, yakın geçmişten simüle edilen getirilerin, çok daha uzak geçmişten elde edilenlere göre daha açıklayıcı özelliğe sahip olmasını beklemek doğaldır. Bu tarz bir yaklaşımı Boudoukh, Richardson ve Whitelaw (1998) tarihsel benzetim yöntemi uygulamasında getirilen daha uzak geçmişten yakın zamana doğru artan biçimde olasılıklarla ağırlıklandırarak kullanmışlardır. Burada söz konusu ağırlıklandırma olasılıkları toplamı 1'e eşit olmak üzere birbirlerine bağımlı biçimde bir azalma göstermektedir. Örneğin, azalma faktörü de diyebileceğimiz λ katsayısı 0 ile 1 arasında olmak üzere, $w(1)$ en yakın geçmişe ait gelirin ağırlığı ise bir sonraki en yakın geçmişe ait getirinin ağırlığı olan $w(2) = \lambda w(1)$ ve daha sonraki diğer bir olasılık ağırlığı $w(3) = \lambda^2 w(1)$ şeklindedir. Riske Maruz Değer böylesi bir işlem sonrasında elde edilen getirilerin dağılımından hesaplanacaktır. Yani kısaca, Tarihsel Benzetim yöntemi Boudoukh, Richardson ve Whitelaw (1998)'un "Hibrid" (Hybrid) adını verdikleri benzetim yönteminin $\lambda = 1$ olan özel bir durumudur da denebilir⁴⁵.

Hibrid yaklaşımını kısaca üç adımda özetleyebiliriz: ilk olarak $t-1$ den t ye getiri $R(t)$ olmak üzere, geçmiş en yakın K sayıdaki $R(t), R(t-1), \dots, R(t-K+1)$ getirilen sırasıyla

$$\left| (1-\lambda)/(1-\lambda^K) \right|, \left| (1-\lambda)/(1-\lambda^K) \right| \lambda, \dots, \left| (1-\lambda)/(1-\lambda^K) \right| \lambda^{K-1}$$

ile ağırlıklandırılır. Burada kullanılan sabiti, $\left| (1-\lambda)/(1-\lambda^K) \right|$, ağırlıkların toplamını ve eşit olmasını sağlamaktadır. Bütün getirilerin artan biçimde sıralanmasının ardından üçüncü ve son adımda, en düşük getiriden başlanarak dağılımın %x değerine ulaşana dek doğrusal interpolasyona devam edilir⁴⁶.

Bu yaklaşım TB yöntemine küçük bir müdahale ile büyük değişimlere neden olmuştur.

Tarihsel benzetimin teorik özellikleri, Hibrid yönteminin $i=1$ biçimindeki özel bir durumu olması özelliğinden yararlanarak incelenmiştir.

Portföyümüz geçmiş N gün için göz önüne alındığında elde edeceğimiz N hipotetik getiri serisi $r_{t-1}, \dots, r_{t-N}$ ile bunlara ait olan ve üstel biçimde azalma gösteren olasılık ağırlıkları $w_{t-1}, \dots, w_{t-N}$ olmak üzere %c'lik güven düzeyindeki RMD'nin yaklaşık değeri

⁴⁵ Boudoukh J., Richardson M. ve Whitelaw R., "The Best of Both World", *Risk*, 1998, ss.64-67

⁴⁶ a.g.e.

$$G(x, t, N) = \sum_{i=1}^N 1_{\{r_{t-i} \leq x\}} w_{t-i} \quad (2.6)$$

ile elde edilebilir. r_t 'ye ait ampirik k.d.f $r_{t-1}, \dots, r_{t-N}$ şeklinde gözlemlenen getirilere dayanmaktadır ve bunlar kesiklidir. Bu nedenle c güven düzeyindeki RMD değeri, kümülatif dağılımı, c 'den bir miktar az olan bir getiri ile c 'den bir miktar fazla olan bir getiri arasında elde edilebilir⁴⁷.

N adet gözlem arasında - kümülatif olasılığı c 'den büyük - en küçük getiriyi $BRW^u(t; \lambda, N, C) = \inf\{r \in \{r_{t-1}, \dots, r_{t-N}\} | G(r; t, N) \geq C\}$ ve -kümülatif olasılığı c 'den küçük - en büyük getiriyi de $BRW^u(t; \lambda, N, C) = \sup\{r \in \{r_{t-1}, \dots, r_{t-N}\} | G(r; t, N) \leq C\}$ biçiminde ifade edilmek üzere;

1. Eğer $r_t > BRW^u(t, \lambda, N)$ ise $BRW^u(t+1, \lambda, N) \geq BRW^u(t, \lambda, N)$
2. Getiriler 0 ortalamalı (standart)normal dağılımdan olmak üzere

$$\begin{aligned} r_t &= h_t^{0.5} & (a_1 + b_1 < 1) \\ h_t &= a_0 + a_1 r_{t-1}^2 + b_1 h_{t-1} \end{aligned}$$

biçiminde bir GARCH(1,1) prosesini izliyorsa ve h_t uzun sürede ortalama ise

$$Prob\{RMD_{t-1} > RMD_t\} = 2\Phi(-1) \approx 0.3173 \text{ 'dir.}$$

Burada (x) standart normal bir rast gele değişkenin x 'ten küçük olma olasılığıdır.

3. Getiriler (i) ve (ii)'deki gibi bir GARCH(1,1) prosesini izliyor ve h_t (longrun mean)'de ve t anı için RMD tahmini $y(t, c)$ iken, $t+1$ anındaki RMD'nin t anına göre en az %x büyük olması olasılığı

$$\begin{aligned} 2\Phi\left(-\sqrt{1+\frac{x^2+2x}{a_1}}\right) - c & \quad 0 < x < k(a_1, c) \\ Prob(\Delta RMD > \%, no detect) = & \\ \Phi\left(-\sqrt{1+\frac{x^2+2x}{a_1}}\right) & \quad x \geq k(a_1, c) \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$k(a_1, c) = -1 + \sqrt{1 - a_1 + a_1[\Phi^{-1}(c)]^2}$$

⁴⁷ Pritsker M., *The Hidden Dangers of Historical Simulation*, Mart, 2001

Ancak RMD'deki artış, TB veya BRW metotlarıyla, $t+1$ anında fark edilmemektedir.

2.4.2.4. Parametrik Olmayan Yüzde Regresyonu

RMD hesaplamada parametrik yöntemlere alternatif olarak parametrik olmayan yüzde regresyonu kullanılabilir. Parametrik olmayan RMD hesapları, özellikle de tarihsel benzetim (TB), yüzde metotları çerçevesinde yapılmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem verilerin dağılımıyla ilgili herhangi bir varsayımda bulunmadığından, zaman serileri için kullanışlı bir yapıya sahiptir ve buna ek olarak, tahmine ait standart hatalar bu yöntem aracılığıyla hesaplanabildiğinden TB yaklaşımına göre daha da avantajlıdır.

Koenker ve Bassett (1978)'i temel alarak yapılmış pek çok parametrik yüzde tahmini çalışmaları olmasına karşın, parametrik olmayan yüzde tahmini üzerine yapılmış az sayıda çalışma bulunmaktadır⁴⁸.

Parametrik olmayan yoğunluk tahminine temel olması için kısaca koşullu yüzdelere göz atmak gerekmektedir. (Y, X) $Y \in R, X \in R^p$ olmak üzere birleşik yoğunluk fonksiyonu $f(y, x)$ ve kümülatif yoğunluk fonksiyonu

$$F(y, x) = \int_{-\infty}^y \int_{-\infty}^x f(\eta, \kappa) d\eta d\kappa \quad (2.8)$$

olan rasgele bir vektör ise, koşullu yoğunluk fonksiyonu $g(y|x)$ aşağıdaki gibidir:

$$g(y|x) = \frac{f(y, x)}{f_x(x)} \quad (2.9)$$

2.9 eşitliğinden yola çıkarak koşullu kümülatif yoğunluk fonksiyonu

$$F(y|x) = \int_{-\infty}^y g(\eta|x) d\eta = \frac{\int_{-\infty}^y f(\eta, x) d\eta}{f_x(x)} \quad (2.10)$$

ile ifade edilebilir. Buradan da yüzde fonksiyonuna ulaşılır:

$$q_\alpha = \inf \{y \in R \mid F(y|x) \geq \alpha\} \quad (2.11)$$

Parametrik olmayan yoğunluk tahminini ise şöyle açıklayabiliriz:

⁴⁸ Koenker, R. ve Bassett, G., "Regression Quantiles", *Econometrica*, XLVI,1, 1978, ss.33-50

$(Y_1, X_1), \dots, (Y_n, X_n)$ bağımsız aynı dağılıma sahip rastgele vektör olmak üzere, $\{Y_t, X_t\}$ zaman serilerinin güçlü (strongly) durağan olduklarını kabul edelim. Bir tek rastgele değişken Y için parametrik olmayan çekirdek (kernel) yoğunluk tahmin edicisi

$$f(y) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{Y_i - y}{h}\right) \quad (2.12)$$

biçimindedir. Burada K - çekirdek fonksiyonu, n - gözlem miktarı ve h -fonksiyonun tahmini için kullanılan komşuluğun genişliğini belirleyen band genişliğidir. Band genişliği, örneklem sayısı olan n 'ye bağlıdır ve $n \rightarrow \infty$ için $h \rightarrow 0$ ve $nh \rightarrow \infty$ koşullarını sağlamalıdır. Ancak uygulama sırasında bu asimptotik koşul pek uygun olmaz; çünkü çok küçük bir band genişliği tahmin edilen yoğunluğun yapısında oynamalara neden olurken, büyük bir band genişliği ile düzgün bir yapının elde edilmesini sağlamasına rağmen bazı önemli detayların gözden kaçmasına da yol açabilir⁴⁹.

X ve Y durağan seriler iken (2.9)'daki koşullu yoğunluk fonksiyonunu aşağıdaki gibi tahmin edebiliriz:

$$g(y|x) = \frac{h_1^{-1} \sum_{i=1}^n K_1\left(\frac{Y_i - y}{h_1}\right) K\left(\frac{X_i - x}{h}\right)}{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x}{h}\right)} \quad (2.13)$$

Burada K_1 , y için, K ise x için olan çekirdeklerdir. Tahmin edilen koşullu kümülatif yoğunluk fonksiyonu, $g(y|x)$ 'in $-\infty$ 'dan y 'ye integrali ile

$$F(y|x) = \frac{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{Y_i - y}{h}\right) K\left(\frac{X_i - x}{h_1}\right)}{\sum_{i=1}^n K_1\left(\frac{X_i - x}{h_1}\right)} \quad (2.14)$$

biçimindedir. Burada, I indikatör fonksiyonu olmak üzere

⁴⁹ Berger K. ve Heiler S., "Applications of Nonparametric Quantile Regression to Financial Data", *Empirical Economics*, 2000

⁵⁰ Kullanılan K_1 çekirdeği ile $F_1(z) = \int_{-\infty}^z K_1(u) du$

$$F_1\left(\frac{X_1 - x}{h_1}\right) = \left\{ \begin{array}{l} 1, X_i \leq x - h_1 \\ 0, \text{d. d.} \end{array} \right\}$$

biçiminde tanımlanırsa, tahmin ettiğimiz fonksiyon

$$F(y|x) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n K_1\left(\frac{X_i - x}{h_1}\right)} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n I_{(-\infty, x-h_1)}(X_i) K\left(\frac{Y_i - y}{h}\right) + \\ \sum_{i=1}^n I_{(x-h_1, x+h_1)}(X_i) F_1\left(\frac{X_i - x}{h_1}\right) K\left(\frac{Y_i - y}{h}\right) \end{array} \right\} \quad (2.15)$$

haline dönüşür. Ampirik yüzde fonksiyonu ise,

$$q_\alpha = \inf\{y \in R \mid \tilde{F}(y|x) \geq \alpha\} \quad 0 < \alpha < 1 \quad (2.16)$$

ile ifade edilebilir. Elde edilen q_c = RMD dir.

Bu yöntemde band genişliğinde h 'ın seçiminin önemli olduğu açıktır. Yapılan çoğu araştırmanın sonucunda kabul görmüş olan, modifiye edilmiş çapraz doğrulama kuralına (modified cross validation rule) göre optimal band genişliği

$$h_{CV} = \arg \min \sum_{i=1}^n \rho_\alpha(Y_i - q_{n,\alpha}^{-1}(X_i)) \quad (2.17)$$

ile bulunabilir. Burada $q_{n,\alpha}^{-1}(X_i) = \inf\{y \in R \mid F_n^{-1}(y|X_i)\}$ ve ρ_α^1 'de Koenker ve Bassett (1978)'de sözü edilen kayıp fonksiyonudur. $F_n^{-1}(y|X_i)$ ise koşullu kümülatif yoğunluk fonksiyonunun bir tahmin edicisidir⁵¹.

⁵¹ Saltoğlu B. ,*Forecasting and Combining Value at Risk Measures by Nonparametric Quantile Autoregression*, Marmara Üniversitesi, 2000

2.4.2.5. Sıra İstatistiği ve Çekirdek Yardımıyla Parametrik Olmayan Yüzde Tahmini

RMD hesaplamada kullanılan Tarihsel Benzetim yöntemine bir alternatif yaklaşım olarak, portföy getirilerinin olasılık yoğunluk fonksiyonu (o.y.f.) için parametrik olmayan çekirdek yüzde tahmin edicisinden yararlanarak, getiri dağılımının herhangi bir sıra istatistiğinin o.y.f'sini ifade edebiliriz. Böylece, nümerik yöntemle momentlerin bulunmasının ardından elde edilen ortalama RMD tahmininde standart sapma ise tahminin etrafındaki güven aralığının oluşturulmasında kullanılabilir. Sözü edilen kavramlardan biri olan sıra istatistiğini kısaca açıklarsak;

Örneğin, elimizde $X_1, X_2, \dots, X_n$ gibi birbirinden bağımsız aynı F dağılımına sahip (b.a.d) bir gözlem setimiz olsun. Bütün gözlemler en küçükten en büyüğe doğru artan şekilde sıralandığında, $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(n)}$ sıra istatistikleri elde edilir.

Çekirdek yoğunluk tahmin edicisi kullanımı, örneklem histogramının geliştirilmesi gibi düşünülebilir. Bu şekilde veri düzgünleştirilerek (smoothing) sürekli bir biçim elde edilmektedir. Örneklem sayısı büyüdükçe bütün düzgünleştirilmiş noktaların toplamı gerçek o.y.f'ye yaklaşmasının yanı sıra, her noktanın bütün içindeki yeri azalacağından, çekirdek seçiminin önemi kalmayacaktır. Düzgünleştirme işlemi, temelinde belirli bir o.y.f bulunan band genişliği ve bir çekirdek ile her bir veri noktasında yapılmaktadır. Gaussian çekirdek yoğunluk tahmin edicisinin kullanılması verilerin normal veya başka bir dağılımdan olduğu gibi bir kabulü gerektirmemekle birlikte, yapılacak RMD tahmininin normal ya da parametrik olacağı gibi bir varsayımda da bulunduğu anlamına gelmez.⁵² Band genişliği için genelde $0.9sn^{-0.2}$ kabul edilir. Burada s-gözlem değerlerinin standart sapması, n-örneklem genişliğidir. Band genişliğinin hesaplanmasında yer alan -0.2 ifadesi bir minimizasyon probleminin sonucunda elde edilmiştir.

2.4.2.6. ARCH Yöntemi

Uzun periyodlar, bir tek günün toplam içindeki ağırlığının azalmasına neden olup, volatilité tahmininde kesinliğin artmasını sağlamakla birlikte, volatilitenin temelinde yer alan değişimleri gözden kaçırabilir. Bu nedenle volatilité tahmin modellerinde eşit ağırlıklandırma yerine, yakın zamana ait verilere daha fazla ağırlık veren yöntemler geliştirilmiştir.

⁵² Butler J.S. ve Schacter B., "Estimating Value at Risk with a Precision Measure by Combining Kernel Estimation with Historical Simulation", *Rewiev of Derivatives Research*, 1, 1998, ss.371-390

Değişken varyanslı modellerden ilki, Engle(1982)'nin⁵³ ortaya koyduğu Otoregresif Koşullu Değişken Varyans (ARCH) modelidir. Bu modelde koşullu varyans, hata terimlerinin mutlak ya da kare değeri ve koşullu gecikmeli standart sapmalar ya da varyanslara bağlıdır.

$\{\varepsilon_t\}$ ortalaması 0 olan bir stokastik süreç olmak üzere, $\varepsilon_t = Z_t \sqrt{h_t}$ biçiminde ifade edilebilir ve bu sürecin elemanları arasında korelasyon yoktur. Burada $Z_t \approx N(0,1)$ beyaz gürültü, h_t de $\{\varepsilon_t\}$ 'nin koşullu varyansıdır. h_t zamanla değişebilir.

t periyodundaki koşullu varyans h_t bir sabit sayı ve önceki periyotlardan gelen gecikmeli hata terimlerinin karesi ile ifade edilmektedir. Bir ARCH(q) prosesi, q adet gecikmeli hata terimi içerir. Aşağıdaki eşitlik, bir ARCH(3) modelidir.

$$h_t = C + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \alpha_3 \varepsilon_{t-3}^2$$

q için genellersek, bir ARCH(q) modeli

$$h_t = C + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2$$

biçimindedir. Burada $C > 0$ ve $\alpha_i > 0$ 'dır. Durağanlığın sağlanması için katsayıların toplamı 1'den küçük olmalıdır.

Aslında q herhangi bir sayı olabilir; ancak genellikle uygulamalarda az sayıda gecikmenin yer alması tercih edilir. Daha uzun süreli incelemeler için, Bollerslev (1986)⁵⁴ tarafından geliştirilen, Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişken Varyanslı (GARCH) model kullanılır.

GARCH modeli, getirilerin varyansının öngörülebilir bir prosese sahip olduğunu varsayar. Koşullu varyans, gözlenen en son getirinin yanı sıra bir önceki koşullu varyansa bağlıdır. GARCH(p, q) süreci aşağıdaki gibidir:

⁵³ Engle R F. , "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kindom Inflation", *Econometrics*, 50, 1982, ss.987-1007

⁵⁴ Bollerslev T. , "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Financial Economics*, 31, 1986, ss.307-327.

$$h_t = C + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j}$$

Ortalama koşulsuz varyans, $E(\varepsilon_{t-1}^2) = h_t = h_{t-1} = h$ şeklinde bir eşitlemenin ardından, en basit hali olan GARCH(1,1) için, (2.29)'un düzenlenmesiyle bulunur.

$$h = \frac{C}{1 - \alpha_1 - \beta}$$

(2.30) eşitliğinin tanımsız olmamasının yanı sıra, modelin durağanlığı (stabilite) için de kararlılık parametresi $(\alpha_1 + \beta)$ 'nin 1'den küçük olması gerekir. Bunun sonucunda, az sayıda parametreyle verilere oldukça uygun düşen bir model ortaya çıkmaktadır. GARCH(1,1)'in stratejisine göre, bir günün beklenen varyansı, uzun zaman varyansı ile son periyotta gözlenen şoku da göz önüne alan son periyod beklenen varyansının birleşimi şeklindedir ve t 'nin işaretine değil, sadece büyüklüğüne bağlıdır.

Volatilite kümesini sistematik biçimde ortaya koyabilmesi GARCH modellerinin finansal zaman serileri analizinde en büyük destek olmasını sağlamıştır. Stok getirileri faiz oranı ve döviz değişimi, verilen için pek çok çalışmanın GARCH modellerini uygulayan analizlerle yapıldığına işaret etmektedir⁵⁵.

Varyanslar açısından makul görülen türde zamana göre bir değişkenlik içermesine rağmen oldukça kolay bir model olması GARCH'a üstünlük sağlayan bir özelliktir. Ancak bununla birlikte, örneğin her bir değişken için birden çok gecikme göz önüne alınıyorsa, kullanımı zorlaşacaktır. Ayrıca bir şokun etkisinin işaretinden bağımsız olması, özellikle stok piyasasında olmak üzere, bazı piyasalarda asimetrik tepkilerin ortaya çıktığını gösteren durumlar için uygun düşmemektedir. Stok getiri volatilitesi, keskin bir fiyat düşüşünün ardından artarken, aynı miktarda bir fiyat artışı daha da düşük bir volatiliteyle sonuçlanabilmektedir⁵⁶. Bu tür problemler üzerine, varyansı logaritmik modelleyen üstel GARCH, (EGARCH)'ı geliştirmiştir⁵⁷. Böylece açıklayıcı değişkenler bir sorun yaratmadan

⁵⁵ Jorion P., *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 2ed., New York, McGraw Hill, 2000.

⁵⁶ Bera A. K. ve Matt L. H., "ARCH models : Properties, estimation and testing, Journal of Economic Surveys" 4, 1993, ss. 305 -362.

⁵⁷ Hentschel L., "AH in the Family: Nesting Symmetric and Asymmetric GARCH Models.", *Journal of Financial Economics*, 1995, ss.71-104.

negatif değerler ε_t alabilmektedir. EGARCH ayrıca, pozitif ve negatif şoklara simetrik olmayan tepkiler vermektedir. Burada h_t geçmiş ε_t lerin asimetrik bir fonksiyonudur.

$$\log h_t = C + \sum_{i=1}^q \alpha_i (\phi z_{t-i} + \gamma [|z_{t-i}| - E|z_{t-i}|]) + \sum_{i=1}^p \beta_i \log h_{t-i}$$

Burada h_t , gecikmeli hata terimlerinin büyüklüğünün yanı sıra işaretine de bağlıdır. α_i ve β_i üzerindeki kısıtlama da kalkmıştır. Higgens ve Bera (1992) genel bir doğrusal olmayan (nonlinear) ARCH (NARCH) modelini, σ_ε^2 koşulsuz varyans olup,

$$\sigma_\varepsilon^2 > 0, \phi_i \geq 0 (i = 1, 2, \dots, p), \delta > 0 \text{ ve } \sum_{i=1}^p \phi_i = 1 \text{ olmak üzere}$$

$$h_t = [\phi_0 (\sigma_\varepsilon^2)^\delta + \phi_1 (\varepsilon_{t-1}^2)^\delta + \dots + \phi_p (\varepsilon_{t-p}^2)^\delta]^\delta$$

biçiminde önermişlerdir. Engle tarafından geliştirilen asimetrik ARCH (AARCH) modeli, birinci dereceden ise aşağıdaki gibidir:

$$h_t = C + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \delta \varepsilon_{t-1} + \beta h_{t-1}$$

Burada negatif bir S değeri, pozitif getirilerin volatilitiyi artırmada negatif getirilerden daha etkili olduğu anlamına gelir. Asimetrik etkiler ile ilgilenen diğer bir model ise $I(.)$ indikatör fonksiyonu olmak üzere,

$$\sigma_t^\gamma = C + \sum_{i=1}^q \alpha_i^- I(\varepsilon_{t-i} > 0) |\varepsilon_{t-i}|^\gamma + \alpha_i^+ I(\varepsilon_{t-i} \leq 0) |\varepsilon_{t-i}|^\gamma + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^\gamma$$

biçimindedir. Bu formülasyon üzerinden yola çıkarak, $\gamma = 1$ hali eşikli (treshold) ARCH (TARCH), $\gamma = 2$ Glosten, Jaganathan ve Runkle (GJR) modeline karşılık gelir.

Dıng, Granger, ve Engle tarafından ortaya koyulan genel asimetrik üslü ARCH (PARCH) modeli, verilerin mutlak değeri veya karesi yerine bunların dönüşümünün verilerin kaçınıcı kuvveti olduğunu inceler. α_i ve β_i , standart GARCH parametreleri, γ_i kaldıraç ve d kuvvet parametreleri olmak üzere;

$$\sigma_t^1 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| + \gamma_i \varepsilon_{t-i})^d + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-i}^d$$

PARCH modelinin gösterimidir. α, β, γ ve d değerlerine ait kısıtlamalar değiştirilerek farklı modeller elde edilebilmektedir. Bu durum Tablo 1'de verilmiştir.⁵⁸

$$\sigma_t^d = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| + \gamma_i \varepsilon_{t-i})^d + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^d$$

Tablo 2.1 ARCH Yöntemlerinin Karşılaştırılması

$\sigma_t^d = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (\varepsilon_{t-i} + \gamma_i \varepsilon_{t-i})^d + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^d$				
MODEL	D	α_i	β_i	γ_i
ARCH	2	Serbest	0	0
GARCH	2	Serbest	Serbest	0
Kaldıraçlı ARCH	2	Serbest	0	$ \gamma_i \leq 1$
Kaldıraçlı GARCH	2	Serbest	Serbest	$ \gamma_i \leq 1$
GJR-ARCH	2	$\alpha_i(1 + \gamma_i)$	0	$-4\alpha_i\gamma_i$
GJR-GARCH	2	$\alpha_i(1 + \gamma_i)$	Serbest	$-4\alpha_i\gamma_i$
TARCH	1	Serbest	0	$ \gamma_i \leq 1$
Genelleştirilmiş TARCH	1	Serbest	Serbest	$ \gamma_i \leq 1$
NARCH	Serbest	Serbest	0	0
Üslü (power) GARCH	Serbest	Serbest	Serbest	0
Asimetrik PARCH	Serbest	Serbest	0	$ \gamma_i \leq 1$
Asimetrik PGARCH	Serbest	Serbest	Serbest	$ \gamma_i \leq 1$

2.4.2.7. Yöntemin Eleştirisi

Parametrik olmayan yöntemlerin en zayıf yönü, varsayımsal karların ve zararların hesaplanabilmesi için gerçek tarihi verilerin kullanılmasının gerekliliğidir. Oysa; bazı varlıkların kısa geçmişi vardır ya da varlığın tarihsel fiyatlarına ilişkin kayıt olamayabilir. Böyle bir durumda RMD hesaplanması için bu yöntem kullanılmamaktadır. Ek olarak, bu

⁵⁸ Telatar E. ve Binay S.H., "İMKB Endeksinin PARCH Modellemesi", *Akdeniz Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Dergisi*, II, 3, Mayıs, 2002

yöntemde büyük miktarda gerçek tarihi verinin sağlanması ve korunması gerekmektedir. Herhangi bir portföye ilişkin uzun tarihi veri serilerinin elde edilmesi çok pahalı olabilir ya da mevcut olamayabilir⁵⁹.

Parametrik olmayan modellerin geçmişin, yakın geleceği büyük ölçüde doğru olarak ortaya koyacağı varsayımı da bir diğer eleştiri konusudur. Çünkü geçmişin gelecekte de tekrar edeceği varsayımı her zaman gerçekleşmeyebilir.

2.4.4. Monte Carlo Simülasyon Yöntemleri

Riske Maruz Değer hesaplama metotlarından Monte Carlo (MC) yöntemleri olarak bilinen simülasyon (benzetim) yöntemleri, belli bir tarihte hedef seçilen portföy değerini bulmak için fiyatların davranışlarını yakınlştırarak (approximate) rast gele fiyat yolları/rotaları (path) oluşturup, çeşitli senaryolar üretirler. Bu senaryolar rast gele bir biçimde veya Tarihsel Benzetim Yöntemindeki gibi tarihsel veriler ile ya da çok daha değişik sistematik yollarla üretilebilir. Portföyün RMD'si simülasyonla elde edilmiş portföy değerlerinden hesaplanmaktadır.

MC yaklaşımının temelindeki yapı; mümkün pek çok durumu kapsayan, finansal değişkenlerin tekrarlı bir rast gele sürecinin simülasyonudur. Bu finansal değişkenler bilindiği varsayılan olasılık dağılımlarındandır ve böylece simülasyonlar portföy değerlerinin tümü için yeniden bir dağılım oluşturur.

Yapılacak simülasyonun ilk ve en önemli adımı, fiyatların davranış biçimlerini sergileyecek bir stokastik modelin seçimidir. En sık kullanılan geometrik brown hareketleri (geometric brownian motion) (GBM), malların fiyatlarındaki değişmelerin birbirleriyle ilişkisiz olduklarını, aralarında korelasyon bulunmadığını varsayar. Bu modele göre zaman içinde fiyatlardaki küçük hareketleri,

$$dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dz \quad (2.22)$$

eşitliği ile ifade edilebilir. dz ortalaması 0, varyansı dt olan normal dağılıma sahip rast gele değişkendir ve geçmişteki bilgilere bağlı olmadan, fiyatlara rast gele şoklar ekler. Varyansı da

⁵⁹ Simons K., "Value At Risk, New Approaches to Risk Management", *A new England Economic Review*, Eylül-Ekim, 1996

sürekli olarak zamanla azalır, μ_t , ve σ_t , parametreleri sırayla, t anındaki anlık yığılmayı ve volatilitiyi göstermektedir⁶⁰.

Kolaylık olması için uygulama sırasında bu parametreler sabit alınabileceği gibi, her ikisi de geçmiş değişkenlerin birer fonksiyonu olarak ifade edilebileceğinden, GARCH prosesinde olduğu gibi varyanslardaki değişkenlik simüle edilebilir.

Uygulamada, oldukça küçük değişimler olan (dt) sürecine kesikli Δt ile yaklaşılabılır, t içinde bulunulan an, T hedefteki son an olmak üzere $\tau = T - t$ RMD için ele alınan zaman aralığıdır, t aralığında S_{t+j} rast gele değişkenlerini üretebilmek için ilk olarak bu zaman aralığını $\Delta t = \tau / n$ biçiminde n parçaya ayırmalıyız, n sayısının seçimi RMD aralığına ve hedeflenen kesinliğe göre değişir⁶¹. Bu sayı küçük olduğunda işlemler daha hızlı olacaktır; ancak zaman aralığının az parçaya bölünmesi, stokastik sürece yeterince iyi bir yaklaşma için yeterli olmayabilir. Ardından; belli bir zaman için dS / S integrasyonu sonucunda, yaklaşık

$$\Delta S_t = S_{t-1}(\mu\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}) \quad (2.23)$$

Biçiminde elde edilir. Rast gele değişken $\varepsilon \sim N(0,1)$ dir. Ayrıca

$$E(\Delta S / S) = \mu\Delta t, V(\Delta S / S) = \sigma^2\Delta t \quad \text{ve ikisi de zamanla artar.}$$

S fiyat yolu simülasyonu için S_t 'den başlayarak ε_i dizisi oluşturulmalıdır, ($i = 1, \dots, n$). Ardından;

$$\begin{aligned} S_{t+1} &= S_t + S_t(\mu\Delta t + \sigma\varepsilon_1\sqrt{\Delta t}) \\ S_{t+2} &= S_{t+1} + S_{t+1}(\mu\Delta t + \sigma\varepsilon_2\sqrt{\Delta t}) \end{aligned} \quad (2.24)$$

biçiminde S_T 'ye kadar hesaplanır. Burada kullanılan ε_i dizisinin oluşturulmasını açıklığa kavuşturmak için rast gele sayı üretiminden söz etmek gerekir⁶².

Rast gele sayı üretiminde ilk gerekli olan, rast gele x değişkeninin yaratılacağı $[0,1]$ aralığında düzgün (uniform) dağılımdır. Düzgün dağılımdan gelen x rast gele değişkenlerimizi aldıktan

⁶⁰ Riskmetrics – Technical Document, *Part I: Risk Measurement Framework*, IV. Edition, 1996, s.39

⁶¹ Owen A. ve Tavella D. , “Scrambled Nets for Value-at-Risk Calculations; in Monte Carlo”,

Methodologies and Applications for Pricing and Risk Management, ed. B. Dupire. ,Londra, 2001, ss.255–263.

⁶² a.g.e., ss.265–269.

sonra, ikinci adım bu x değişkenlerinin istenilen başka bir dağılıma dönüştürülmesidir. Aslında üretilen bu sayılar belirli bir algoritma sonucunda elde edildiğinden, rast gelmesi (pseudorandom) demek daha doğrudur.

Tamamen rast gele değişkenler üretmek düşünüldüğü kadar kolay değildir. Bağımsız sonuçlar "veriyormuş gibi görünebilen" çok iyi bir algoritma gereklidir. İyi bir rast gele sayı üretici, bağımsızlık testlerinden geçebilen seriler üretmelidir. Ancak bütün algoritmalar bir süre sonra tekrarlayan sonuçlar vermeye başlar. İyi bir algoritma milyonlarca ifade edilebilecek iterasyonlardan sonra tekrarlar yapar.

Rast gele sayılar üretimine alternatif olarak, tarihsel verilerden yerine koyularak yapılan örneklem seçimi, (bootstrapping), düşünülebilir⁶³. Örneğin, $\{R\} = (R_1, \dots, R_M)$ şeklinde M adet bağımsız aynı dağılımdan $R = \Delta S / S$ rast gele değişkeni, bilinmeyen bir dağılımdan seçilmiş olsun. Bootstrap bu dağılımı R 'nin ampirik dağılımı yardımıyla, her bir gözleme eşit ağırlık vererek tahmin eder.

$\{R\}$ 'den yerine koyularak alınan örneklem ile M gün içinden n günlük, ileriye yönelik getiriler oluşturmak isteyelim. I ile M arasında olmak üzere $m(I)$ indeks seçimimiz olsun. Böylece, seçilen getiri $St = R_{m(I)}$ iken simüle edilmiş ertesi gün getirisi $S_{t+1} = S(1 + R_{m(I)})$ 'dir. İşlemi n gün için tekrar ederek diğer getiriler de elde edilir⁶⁴.

Bu yöntem ile dağılımda kalın uçlar (fat tails), sıçramalar gibi normal dağılımla ulaşılamayacak sonuçlara varılabilmenin yanı sıra, seriler arası korelasyonlar da göz önüne alınmaktadır. Ancak, örneklem genişliği M küçük olduğu durumlarda -bootstrapping- yakınlaştırmada (approximation) zayıf kalır. Diğer yandan bu yöntem getirilerin bağımsız olduğu varsayımını içermektedir. Rastgele örneklem sonucunda bütün değişkenlik (time variation) yapıları ortadan kalkar.

Eğer modelimizde ısrarlı isek, parametrelerde bazı değişkenlikler yaratılabilir. Örneğin, bir GARCH sürecinin normalleştirilmiş ε 'larına bootstrapping uygulayabiliriz.

⁶³ Theoret ve Rostan (2000) çalışmalarında Tarihsel Benzetim ve Monte Carlo yöntemlerini karşılaştırarak, Monte Carlo simülasyonlarının performansının daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır.

⁶⁴ Picoult E. , "Calculating Value-at-Risk with Monte Carlo Simulation; in Monte Carlo", *Methodologies and Applications for Pricing and Risk Management*, ed., B. Dupire.Londra,1999, ss. 209–229.

Fiyat yolu oluşturulduktan sonra portföyün dağılımını bulabiliriz. Portföyün dağılımı ve RMD'yi hesaplamak için izlenecek yolu kısaca özetlersek; ilk önce bir stokastik süreç ve parametreler seçilir. Ardından, $S_{t+1}, S_{t+2}, \dots, S_{t+n}$ şeklinde oluşturulan fiyat serisi ve $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ elde edilir. Malın veya portföyün değeri fiyat dizisi kullanılarak $F_{t+n} F_T$ biçiminde bulunur. Bu son iki adım mümkün olduğunca çok sayıda, örneğin $K=10000$ kez tekrarlanır. Bu işlemlerin sonucunda $F_T^1, \dots, F_T^{10000}$ değerlerinin dağılımına aşıttan sonra, bunları sıraya koyup beklenen değer $E(F_T)$ ve 10000 tekrarda c kez karşılaşılan değer olan $Q(F_T, c)$ yüzdesi bulunur. Böylece RMD (3,4) eşitliğindeki gibi hesaplanır.

$$\text{RMD}(c, T) = E(F_T) - Q(F_T, c) \quad (2.25)$$

2.4.4.1. Çoklu Değişkenle Simülasyon

Genellikle portföylerde birden fazla risk kaynağı bulunur. Eğer bu N risk Kaynağı arasında korelasyon yoksa, her biri için rasgele üretilen sayıların yanı sıra yine ε 'lar periyotlar arasında ve seriler içinde bağımsızdır.

$$S_{j,t} = S_{j,t-1} (\mu_j \Delta t + \sigma_j \varepsilon_j, t \sqrt{\Delta t}) \quad (2.26)$$

Ancak genelde değişkenler arasında korelasyon vardır. Bu nedenle korelasyonu içerebilmek için, daha sonra ε 'lara dönüştürülmek üzere η bağımsız değişkenleri kullanılarak işleme başlanır. İki değişkenli bir çalışma için, ε 'lar arasındaki korelasyon katsayısı p olmak üzere, Cholesky faktörizasyonu ile⁶⁵

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \eta_1 \\ \varepsilon_2 &= p \eta_1 + (1 - p^2)^{1/2} \eta_2 \end{aligned} \quad (2.27)$$

elde edilir. Böylece çok değişkenli b.a.d. rastgele veri üretiminde dikkat edilecek noktalar belli olur. Ayrıca, birbirleriyle ilişkili değişkenler türetim metodunun sağlanmasıyla, bu yaklaşımın rastgele sayı üretimi sürecine de katkısı büyüktür.

⁶⁵ 3 VaR Methodologies, *Capital Market Risk Advisors (CMRA)*, s.40

2.4.4.2. Deterministik Simülasyon

Yarı Monte Carlo (quasi Monte Carlo) olarak da adlandırılan deterministik simülasyon sırasında, MC'daki rastgele sayılar sıralı noktalar dizisi biçiminde oluşturulur ve bunlar bağımsız değildirler.

Rastgelemsi (pseudorandom) olan bu yöntemde standart hataların daha hızlı küçülmesi ve işlem sırasında daha çabuk sonuç elde edilmesi gibi olumlu yönlerin yanı sıra, üretilen sayıların bağımsız olmadığı da unutulmamalıdır. Çünkü bu nedenle kesinlik (accuracy) kolayca değerlendirilemez.

2.4.4.3. Senaryo Simülasyon

Jorion (2000)'de Jamshidian ve Zhu (1997) tarafından ortaya koyulduğu belirtilen bu simülasyon şekli, belli sayıda simülasyonlarla, bir problemin yapısı hakkındaki bilgileri kullanarak, oldukça verimli bir düzenlemeyi amaçlar Örneğin, bir faiz oranları değişimlerinin 10 yıl içindeki dağılımı tahmin edilsin ve bütününe ait eğride anahtar oranlar olarak 12 risk faktörü bulunsun. İlk adımda problemdeki çok boyutluluğu azaltmak üzere temel bileşenler analizi (TBA) yapılır. Sonucunda iki veya üç bağımsız faktörün yeterliliğine karar verdikten sonra, bu faktörlerin her biri için ayrı senaryolar oluşturulmalıdır.

Senaryoların oluşturulmasında az sayıda duruma (state) sahip binom dağılım, normal dağılıma yaklaştırılır. Seçilen $m+1$ durum arasında i durumunun olasılığı aşağıdaki gibidir.

$$P_i 2^{-m} \binom{m}{i} = 0, \dots, m \quad (2.28)$$

Temel bileşen değişkenlerini gelir (yield) eğrisinde 12 farklı değişime uğratarak değişim değerleri (swap values) bulunur. Bütün senaryolar fiyatlandırıldıktan sonra, her bir senaryonun olasılığını değişim değeri ile birleştirerek olasılık yoğunluk fonksiyonuna ulaşılır. Bu yöntem uç değerlerin kontrolünde oldukça başarılıdır⁶⁶.

MC analizinin şu an için eldeki en güçlü RMD hesaplama yöntemi olduğu söylenebilir. Doğrusal olmayan fiyat riski, volatilité riski, hatta model riski gibi geniş bir risk yelpazesini

⁶⁶ Jamshidian F. ve Zhu Y. , “Scenario Simulation: Theory and Methodology”, *Finance Stoch*, 1, 1997, ss.43–67.

kapsayabilecek bir yapıdadır. Volatilitedeki değişkenlik, kalın uçlar (fat tails) ve ekstrem durum senaryolarıyla uyum sağlayabilecek esnekliğe sahiptir. Simülasyonlar sadece bir yüzdeyi değil, bütün o.y.f 'yi üretir⁶⁷.

MC'nin en önemli sorunlarından biri ise, uygulamalarda uzun sürmesidir. Örneğin, 1000 adet farklı varlığın (asset) olduğu bir portföy için üretilen 1000 örneklem yolu, 1 milyon tane farklı değer bulunmasıyla sonuçlanır. Ayrıca bir de malların o güne ait değerleri de bir simülasyonla yapılıyorsa, simülasyon içinde simülasyon gibi karmaşık bir durumla karşı karşıya kalınmaktadır.

Bu yaklaşımın diğer bir zayıf tarafı ise model riskidir. MC risk faktörlerinin yanı sıra belirli stokastik süreçlere dayalıdır ve seçilen stokastik süreç gerçek olmaktan ne kadar uzaksa, RMD tahmininde yanlgı da o kadar fazla olur. Sonuçların modeldeki değişimlere dayanıklılığı duyarlılık analizleriyle test edilmelidir.

Son olarak, diğer analitik yöntemlerin bir adımda kolayca RMD sonucuna ulaşabileceği, risk faktörlerinin birleşik normal ve bütün (payoff) elemelerin doğrusal olduğu bir durumda, MC simülasyonları yalnızca yaklaşık değerlerle sonuçlanacaktır.

2.4.4.4. Yöntemin Eleştirisi

Bu yöntemin en önemli eleştirisi piyasa riski faktörlerinin değişimleri için kullanılan dağılımın kullanıcı tarafından seçilmesidir. Eğer, seçilen dağılım olası fiyat değişimlerini yeterince iyi temsil etmiyorsa ya da dağılımın parametreleri uygun olarak tahmin edilmemişse bu yöntemle göre hesaplanan RMD gerçeğe uygun olacaktır.

Daha önce de belirtildiği gibi bu yöntemde, fiyat değişimleri (getiri oranları) için seçilen istatistikî dağılım genellikle normal dağılım olmaktadır. Bu durumda Parametrik yönteminde temel varsayımı olan finansal varlık getirilerinin normal dağılımla temsil edilmesi ile ilgili eleştiriler bu yöntem için söz konusu olmaktadır. Bu eleştiriler daha önce de belirtildiği gibi, bazı finansal enstrümanların fiyat değişimlerini tam olarak normal dağılımla açıklanamaması ve büyük fiyat değişimlerinin oluşma olasılığının normal dağılımda görüldenden çok daha fazla olabilmesidir.

⁶⁷ Deloitte & Touche, “*Risk Yönetimi Haber Bülteni*”, Eylül-Ekim, 2001, ss.3-5

2.4.5. Stres Testi

Stres Testi analizinde, piyasa riski ölçümünde riske maruz pozisyonların bağlı bulundukları risk faktörlerinden, faiz oranlarının, döviz kurlarının ve hisse senedi fiyatlarının kriz dönemindeki fiyat hareketlerini dikkate alırsak ya da şok finansal değerler üretilerek pozisyonların değerlemesi gerçekleştirilmektedir. Böylelikle oluşturulan testler, ekstrem piyasa koşullarında finansal kurum portföylerinde gerçekleşebilecek kayıp yada kazanç durumunu analiz etmemizi sağlamaktadır. Stres Testi, yönetsel açıdan yukarıdan aşağıya bir yöntemdir. Yani piyasa koşullarına ilişkin bir hipotez üretilerek, bu piyasa şartının piyasa risk faktörleri açısından ne ifade ettiği incelenmektedir⁶⁸.

RMD uygulaması, yıl içersinde oluşabilecek üç-dört ekstrem durum dışındaki değişimleri açıklamada oldukça başarılı olmaktadır. Bu eksikliği tamamlamak için uygun istatistik test araçları yardımı ile ekstrem durumların portföy üzerindeki etkilerini ölçmek üzere Stres Testleri periyodik olarak yapılmalıdır.

Stres Testi işleminde, Aşırı ya da Ekstrem Değer'in gerçekleşmesi olasılığı durumundaki zarar ölçülmektedir. Modelin varsayımlarının büyük bir olasılıkla geçersiz kalacağı beklenmedik ve olağan üstü olaylar (faiz oranlarının aniden artması, devalüasyon, likidite krizi, politik kriz gibi) karşısında portföyün duyarlılığı hakkında kesin bilgi vermez. Örneğin, petrol fiyatlarının iki katına çıkması durumunda ya da yerel para biriminin %30 değer kaybetmesi durumundaki gibi tahmini olaylar karşısında portföydeki K/Z, durumun ne şekilde bir değişim göstereceğini ölçmeye çalışmaktadır. Stres Testi, RMD tutarı aşıldığında zararın ne kadar büyük olabileceği sorusunda yanıt aramaktadır⁶⁹. Bu nedenle, bankanın risk sonuçlarının, rutin ve her türlü beklenmedik senaryoları içeren Stres Testleri ile desteklemesi zorunluluk arz etmektedir. Stres Testi RMD'nin tamamlayıcısı gibi görünse de RMD normal piyasa şartları için, Stres Testi ise anormal piyasa şartları içindir⁷⁰. “

⁶⁸ Global Finansal Sistem Komitesi, *Önemli Finansal Kurumlarda Stres Testleri ve Cari Uygulamalar üzerine bir araştırma*, Mayıs, 2000

⁶⁹ Uysal H. Ö., *Piyasa Riskinin Tespitinde Riskteki Değer Yöntemi*, SPKAracılık Faaliyetleri Dairesi Yeterlilik Etüdü, 1999, s.24

⁷⁰ Aksel K., “Riske Maruz Değerin Özellikleri”, *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, 17, Mart-Nisan, 2001, ss.62-71

Genellikle finansal kurumlar risk ölçümlelerinde standart stres şokları uygulayarak portföylerin maruz kalacağı muhtemel zararları ölçmektedir. Neticede izlenecek yol aşağıdaki adımlardan oluşur⁷¹.

- i. Temel risk faktörlerini içeren ufak bir set oluşturulur.
- ii. Gerçek stres düzeyi belirlenir.
- iii. Varsayımlar belirlenir ve sorgulanır.
- iv. Test sonuçlarının değerlendirilmesi sağlanır.
- v. Test metodolojisi periyodik olarak gözden geçirilir.

Stres Testlerinin temel avantajlarını ise, şu şekilde sıralayabiliriz⁷²:

- Risk ölçümünün RMD modelleri dışında değişik ölçüm yöntemleri bulunmaktadır. Stres testleri ile verim eğrisindeki paralel yada paralel olamayan kaynakların portföy değeri üzerindeki etkileri ölçülebilmektedir.
- Risk faktörlerinin kriz dönemlerindeki tarihsel hareketleri dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla, geçmişteki korelasyon ilişkisinin kırıldığı yeni ve düzensiz korelasyon yapıları altında değerli sonuçlar üretebilme olasılığı sağlar.
- Simülasyon metodlarına kıyasla daha az hesaplama gerekmektedir. Kompleks finansal enstrüman barındıran portföylerde zaman kısıtı altında anlamlı sonuçlar üretebilmek üzere simülasyon metodları oldukça ağır kalabilmektedir.

2.4.6. Riske Maruz Değer Hesaplamalarında Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

RMD hesaplamasında kullanılan her yöntemin çeşitli avantajları ve dezavantajları vardır. Ancak bu yöntemlerden hangisinin en iyisi olduğu sorusunun kesin bir cevabı yoktur. Bu bağlamda hangi yöntemin kullanılacağı, ihtiyaçlara göre belirlenebilmektedir. Diğer yandan yöntemler bir arada kullanıldığında daha iyi bir RMD tahmini ortaya koymaktadır.

⁷¹ Down K., *Beyond Value At Risk: The New Science of Risk Management*, Jony Wiley & Sons, 2001

⁷² Önalın Ö., "Ekstrem Değer Teorisi ile Riskin Değerinin Tahmini", *İstatistik Araştırma Dergisi*, cilt 03, No.01, 2004 ,s.37

Burada tercih kriteri “Analitik Değerleme” ve “Tam Değerleme” ayrımından ziyade değerlendirme doğruluğu ile hesaplama hızı arasındaki tercih beklentisine bağlı olmaktadır.

RMD hesaplamasında kullanılan yöntemleri uygulama kolaylığı açısından karşılaştırmak gerekirse; Tarihsel Simülasyon Yöntemi'nin uygulama zorluğu, geçmiş dönemlere ait verilerin bulunmasından kaynaklanabilir. Parametrik Yöntemler'de ise özellikle değişik vadeler için belli para birimlerindeki piyasa faiz oranlarına ulaşma ve her bir piyasa riski faktörü için standart sapmayı ve kolerasyon katsayılarını hesaplama güçlüğü söz konusudur. Monte Carlo Simülasyonu yönteminde ise, gerçek olamayan rastsal sayıların üretilmesinde kullanılacak dağılımları seçmek ve parametreleri tahmin etmek ileri derecede uzmanlık ve deneyim gerektirmektedir.

RMD hesaplamalarında kullanılan yöntemleri tarihi verilerden bağımsızlıkları açısından karşılaştırdığımızda, her üç yöntemin de bir şekilde tarihi verilere dayandığı görülmektedir. Parametrik Yöntemler ve Monte Carlo Simülasyon Yöntemleri dağılımların parametrelerini tahmin etmek için tarihi verileri kullandıklarından geçmiş dönemdeki fiyat hareketlerinin geleceği yansıtmaması riski bu yöntemler için söz konusudur. Ancak Parametrik Olmayan Yöntemler doğrudan tarihsel verilere dayandığından, esas alınan geçmiş dönemdeki fiyat hareketlerinin tipik olamaması riski en çok bu yöntemlerde ortaya çıkar.

RMD yöntemi aracılığının ve piyasa riskinin tespitinde piyasalarda olağandışı fiyat hareketlerinin olması durumunda portföyün bu hareketlerden nasıl etkileneceği stres testleri yardımı ile tespit edilmektedir. Parametrik Olmayan Yöntemlerde, piyasa etkenlerinde gerçekleşmiş olan değişmelere doğrudan bağlı olduğu için Stres Testlerini bu yöntemlerde kullanmak güçtür. Çünkü, bu yöntemlerde parametreleri değiştirme olanağı yoktur. Parametrik Yöntemlerde ve Monte Carlo Simülasyonu Yöntemlerinde ise parametreler uygulamacı tarafından seçilmekte, bu da bu iki yöntem için Stres Testlerinin uygulanmasını kolaylaştırmaktadır⁷³.

RMD hesaplamalarında kullanılan yöntemleri özetlemek isterse⁷⁴;

- Parametrik Olamayan Yöntemler: Geçmiş piyasa hareketlerini takip eden senaryolar altında RMD hesaplanır.

⁷³ Jorion P. , *Value at Risk*”, 2nd Edition, Mc –Graw Hill, 2002, s.202

⁷⁴ Köylüoğlu H., 2001, s.89

- Parametrik Yöntemler: Risk faktörlerinin standart sapma ve korelasyonlarını kullanan lineer formüllerle RMD hesaplanır.
- Monte Carlo Simülasyonu: Risk faktörlerinin istatistikî analizine dayanan rastsal senaryolar altında RMD hesaplanır.

Tablo 2.2 RMD Hesaplamasında Kullanılacak Yöntemlerin Karşılaştırılması⁷⁵

Risk Hesabı	Parametrik Olmayan Yöntem	Parametrik Yöntem	Monte Carlo Simülasyonu
Hesaplama Hızı	●	O	◐
Uygulama Kolaylığı	◐	O	●
Normal Dağılım Dışındaki Dağılımları Modelleme	O	◐	●
Tarihi Verilerden Bağımsızlık	◐	◐	O
Büyük Dalgalanmaları Modelleme	◐	●	●
Parametreleri Değiştirme Olanğı	●	●	O

Kaynak: Mercy Olyver Wyman Company⁷⁶

Tablo 2.2’de her metodun iyi ve kötü yanları birlikte ele alınmaktadır. Metodun seçim kararı, portföyün kompozisyonuna bağlı olarak değişmektedir. Özet olarak bu metotlardan her birinin değişik yönlerden kendine özgü üstünlükleri vardır.

- Opsiyonelliğin baskın bir faktör olmadığı portföyler için RMD ölçülmesinde Varyans – Kovaryans metodu daha hızlı ve etkin bir metottur.

⁷⁵ Tabloda Kullanılan; ● Pozitif, O Negatif anlam ifade etmektedir.

⁷⁶ Mercy Oliver Wyman & Company, *The Need for & Benefits of Integrated Risk/Reward Management*, 2000

- Birçok risk kaynağına maruz kalan portföyler için RMD ölçülmesinde varyans – kovaryans metodu daha hızlı ve etkin bir metottur.
- Birçok risk kaynağına maruz kalan ve önemli opsiyon birleşimleri için filtreli tarihsel benzetim metodu daha yüksek doğrulukla sonuca ulaşmaktadır.
- Önemli türev araç bulunduran portföy birleşimleri için, Monte Carlo Simülasyonu metodu gibi tam değerlendirme metoduna ihtiyaç duyulmaktadır.

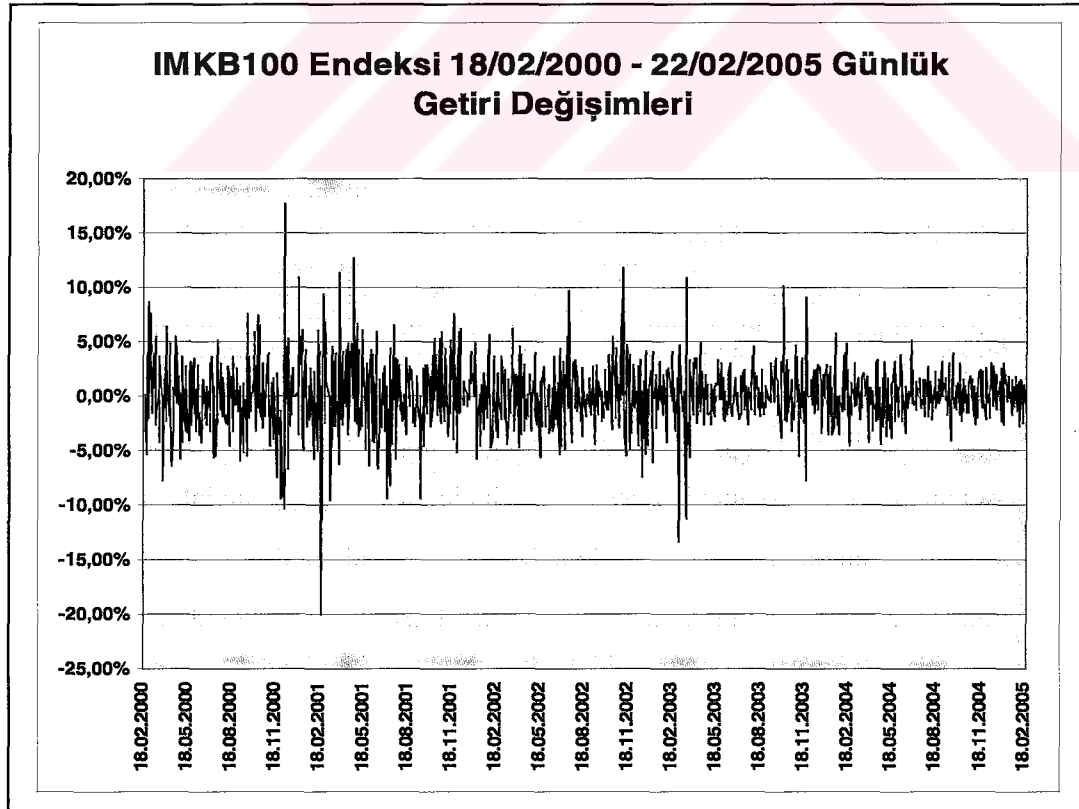


3. RİSKE MARUZ DEĞER UYGULAMASI

Bu bölümde örnek bir pozisyon üzerinde, piyasadaki dalgalanmaların Riske Maruz Değer üzerindeki etkisi değerlendirilecektir. Ayrıca İMKB verileri kullanılarak, teorik olarak anlatılan Parametrik Yöntem, Monte Carlo Simülasyonu ve Stres Testi Yöntemleri ile 1 ve 10 günlük RMD'lerin nasıl hesaplanacağı bilgisayar uygulamaları olarak verilecek ve bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır. Bunun yanı sıra 2000–2005 yılları arasında yıllık periodlarla RMD'ler hesaplanıp, karşılaştırılacaktır.

3.1. Uygulamanın Kapsam ve İçeriği

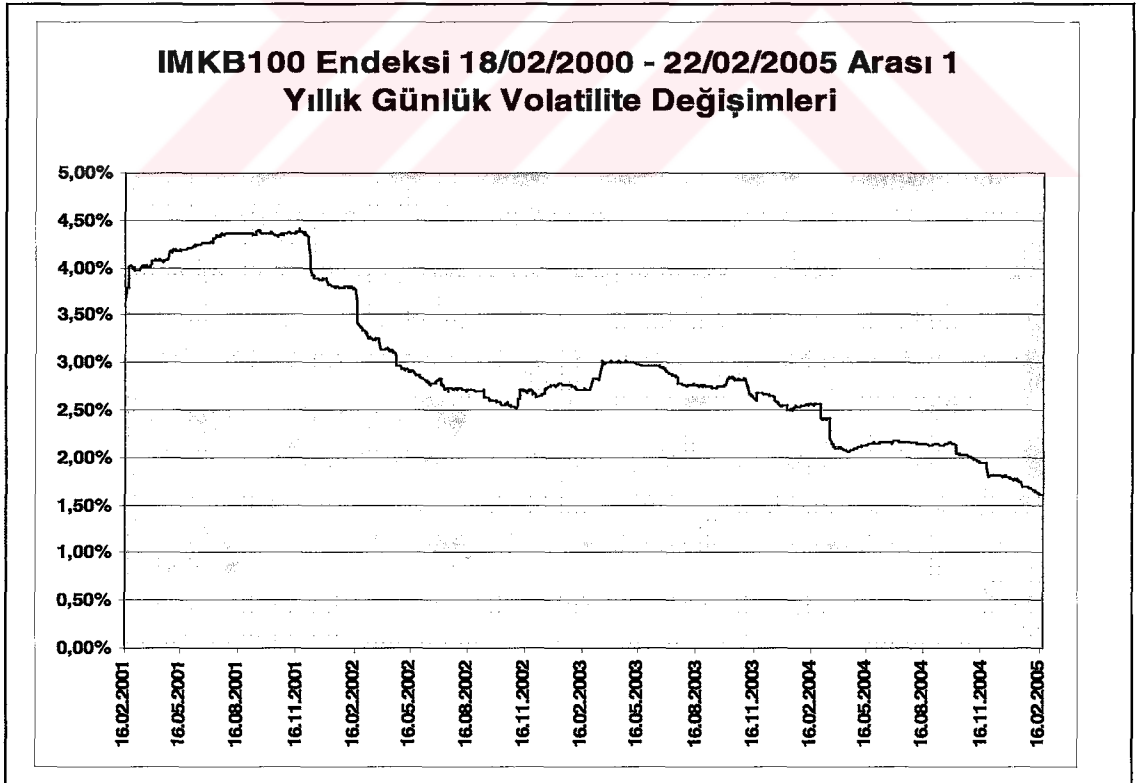
Uygulamada Türkiye'nin yaşadığı en ağır krizlerden birisi olan Şubat 2001 krizinin RMD üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmış, bu nedenle 18.02.2000 ile 22.02.2005 dönemi içersindeki piyasadaki dalgalanmalar gözlemlenmiştir. İMKB 100 endeksi alındığında; bu piyasadaki geometrik getiri oranı değişikliğinin son 5 yılda, en yüksek yaşandığı gün 21-22 Şubat 2001 tarihi olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1 İMKB 100 Endeksi 18/02/2000 – 22/02/2005 Günlük Getiri Değişimleri

Şekil 3.1’de İMKB 100 endeksinin belirtilen dönemler için getiri değişimleri görülmektedir. Bu tarihte, son 5 yılın en yüksek dalgalanmasının yaşanmasının sebebi bilindiği gibi Şubat 2001 krizidir. Bu nedenle belirtilen tarih, kriz döneminin RMD üzerindeki etkisini gözlemlemek için uygun bulunmuştur. Öte yandan, yine Şubat 2001’de ekonomide dezenflasyon programının uygulandığı ve döviz kurunun çıpa olarak kullanıldığı dönemden, kurun serbest bırakıldığı döneme geçiş yapılmıştır. Belirtilen tarih, hem geçiş dönemin etkilerini içermesi hem de son beş yılın en yüksek dalgalanmasının yaşandığı gün olması nedeni ile söz konusu dönemin kriz öncesi ve sonrasını temsil edecek şekilde bölümlenmesinde kullanılmıştır. İMKB 100 endeksi için altı ana dönemde inceleme yapılmıştır. Şubat 2001 Krizi ayrı bir dönem olarak incelenmiştir.

- Kriz Öncesi 2000 / 2001
- Şubat 2001 Krizi
- Kriz Sonrası 2001/2002
- Kriz Sonrası 2002/2003
- Kriz Sonrası 2003/2004
- Kriz Sonrası 2004/2005



Şekil 3.2 İMKB 100 Endeksi 18/02/2000 – 22/02/2005 Volatilite Değişimleri

Birinci dönem 21 Şubat Krizinin hemen öncesindeki 2000–2001 bir yıllık dönemi içermektedir.

İkinci dönemde ise Şubat 2001 Kriz Günü için Stres Testi yapılmıştır. Normal RMD hesaplaması yapılmaz, Stres Testi ile RMD hesaplanır. Çünkü, RMD'nin ana tanımı normal piyasa koşullarında Portföyün belli bir güven düzeyinde belli bir elde tutma süresine göre yaşayabileceği olası kaybı gösterir. Stres Testi ise anormal piyasa şartları içindir.

Diğer incelenen dört dönemde, krizden 1'er yıl uzaklaştıkça RMD sonuçlarının nasıl etkilendiği incelenmiştir. Her dönemde 1'er yıllık data kullanılmış; sadece 21 Şubat Krizi için ilgili günün günlük fiyat değişimi kullanılmıştır.

Uygulamada, İMKB 100 Endeksi içinde yer alan hisse senetlerinden oluşan 1 Milyon YTL'lik bir portföy alınarak %99 güven düzeyinde 1 günlük ve 10 günlük elde tutma süresine göre Parametrik (Varyans-Kovaryans) Yöntemi ve Monte Carlo Yöntemi ile RMD hesaplaması yapılmıştır. Uygulamada kullanılan parametreler; aynı zamanda Basel Komite'nin düzenlemelerinde belirtilen standartlara da uyumludur.

Uygulamada kullanılabilecek veri seti “İMKB Endeksi ve Günlük İşlem Hacmi” veri grubunda yer alan “Kapanış Fiyatlarına Göre Ulusal 100 Endeks Fiyatları” serisi kullanılmıştır.

3.2. RMD Uygulama Sonuçları

Uygulamanın ilk aşamasında Parametrik Yöntem ve Monte Carlo Simülasyonu ile belirtilen dönemler için RMD hesaplamaları yapılmıştır. Daha sonra örnek pozisyon için 1 günlük ve 10 günlük RMD'ler hesaplanmıştır. RMD hesaplamalarında kullanılan yöntemlere ilişkin özet bilgiler, sonuçlar ve RMD hesaplaması yapılan dönemler için gerçekleşen pozisyon kayıpları/kazançları, son olarak Parametrik Yöntem ve Monte Carlo Simülasyonu için hesaplanan sonuçlar karşılaştırılmıştır ve alt bölümde sunulmuştur.

3.2.1. Parametrik Yöntem

Bu yöntemde, geçmiş datalardan elde edilen fiyatların ve oranların volatilité ve korelasyonları kullanılarak gelecekteki risk faktörleri davranışları hesaplanmaktadır. Temel olarak aşağıdaki formül ile RMD hesaplanır:

$$RMD = PV . \alpha . \sigma . \sqrt{t}$$

PV = Portföyün Bugünkü Değeri

α = Güven Düzeyi

σ = Getiri Volatilitesi

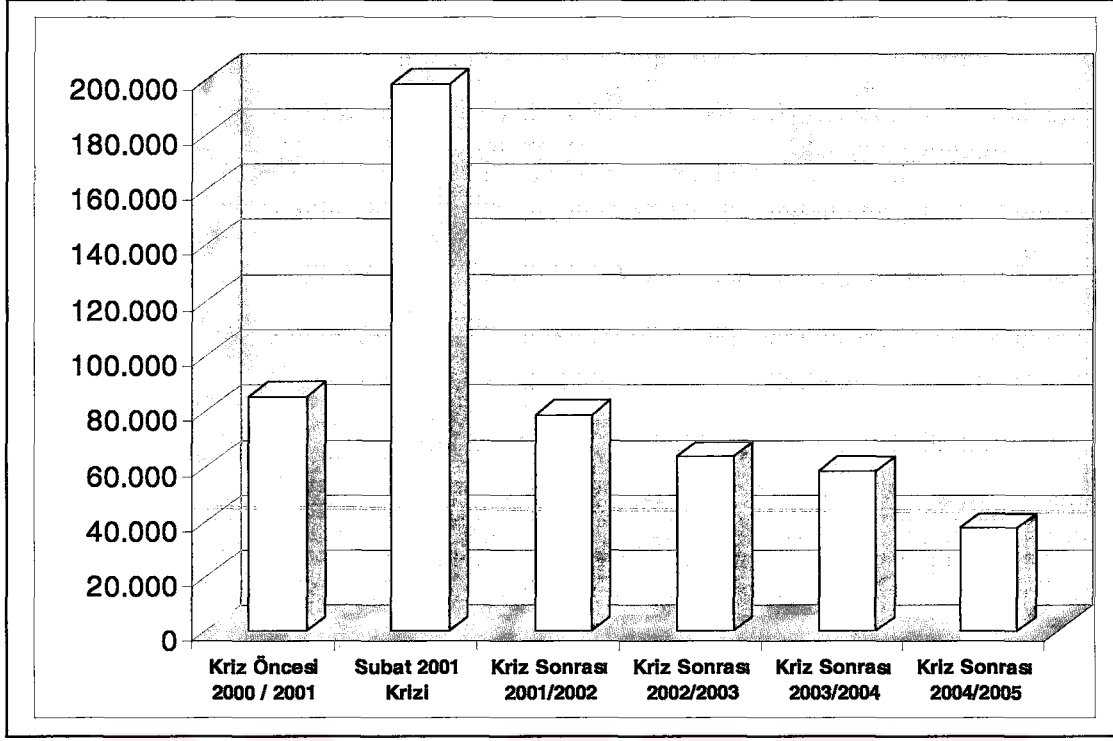
t = Elde Tutma Süresi

Parametrik Yöntem RMD sonuçları incelendiğinde kriz öncesinde RMD değeri %99 güven düzeyi ve bir günlük elde tutma süresi için 85.156 YTL çıkmıştır. Kriz günü yapılan Stres Testinde RMD değeri 198.021 YTL bulunmuştur. Bu oldukça önemli olası değer kaybını İMKB 100'e dayalı portföy taşıyan herkes yaşamıştır.

Tablo 3.1 Parametrik Yöntem RMD Sonuçları

Parametrik Yöntem			
100.000 YTL'lik Portföy %99 Güven Düzeyi 1 Günlük Elde Tutma Süresi	Volatilite σ	RMD (YTL)	RMD/PV (%)
DÖNEMLER			
Kriz Öncesi 2000 / 2001	3,66	85.156	8,82
Şubat 2001 Krizi	19,80	198.021	19,80
Kriz Sonrası 2001/2002	3,37	78.454	7,85
Kriz Sonrası 2002/2003	2,72	63.269	6,33
Kriz Sonrası 2003/2004	2,50	58.181	2,50
Kriz Sonrası 2004/2005	1,61	37.445	3,74

Kriz sonrası dönemlere bakıldığında yıldan yıla volatilitenin düşüşüne bağlı olarak RMD değerlerinde de belirgin bir azalma gözlenmektedir (Bkz. Tablo 3.1). Şubat krizinden sonra uygulamaya koyulan ekonomik programın, IMF ile yapılan standby anlaşmaları ve sonrasında piyasalarda tesis edilen güven ortamının da etkisi ile İMKB'de volatilitenin düşmüş ve RMD yıllar itibari ile % 47 azalmıştır (Bkz. Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Parametrik Yöntem RMD Sonuçları

Kriz günü içinse Stres Testi uygulanmış, günlük getiri değişimi üzerinde yapılan düzeltme ile volatilité olarak hesaplamaya alınmıştır. Şubat 2001 Krizi gibi bir durumun gerçekleşme olasılığı 0,0001'den daha düşüktür. Çünkü, Şubat 2001'de yaşanan getiri değişimi ortalamadan altı standart sapma uzaktadır.

3.2.2. Monte Carlo Simülasyonu

Bu yöntemde belli bir dönem için portföyün olası kar ve zararlarını gösterecek olan histogramın tesadüfi olarak belirlenmesi için Monte Carlo Simülasyon Tekniği kullanılmakta ve diğer metodlarda ortaya çıkan model riskini hemen hemen ortadan kaldırmaktadır. Monte Carlo Metodu ile subjektif bilgilerin geçmiş gözlemlerle birlikte irdelenmesini sağlayacak kadar esnekliğe sahiptir.

Uygulamada stres dönemi hariç her bir dönem için ilgili dönemin standart sapması ve ortalaması uygun normal dağılıma göre 1000 simülasyon yapılmıştır. MC sonuçları oldukça tutarlı ve piyasada yaşanan gelişmeler ışığında mantıklı sonuçlar türetmiştir.

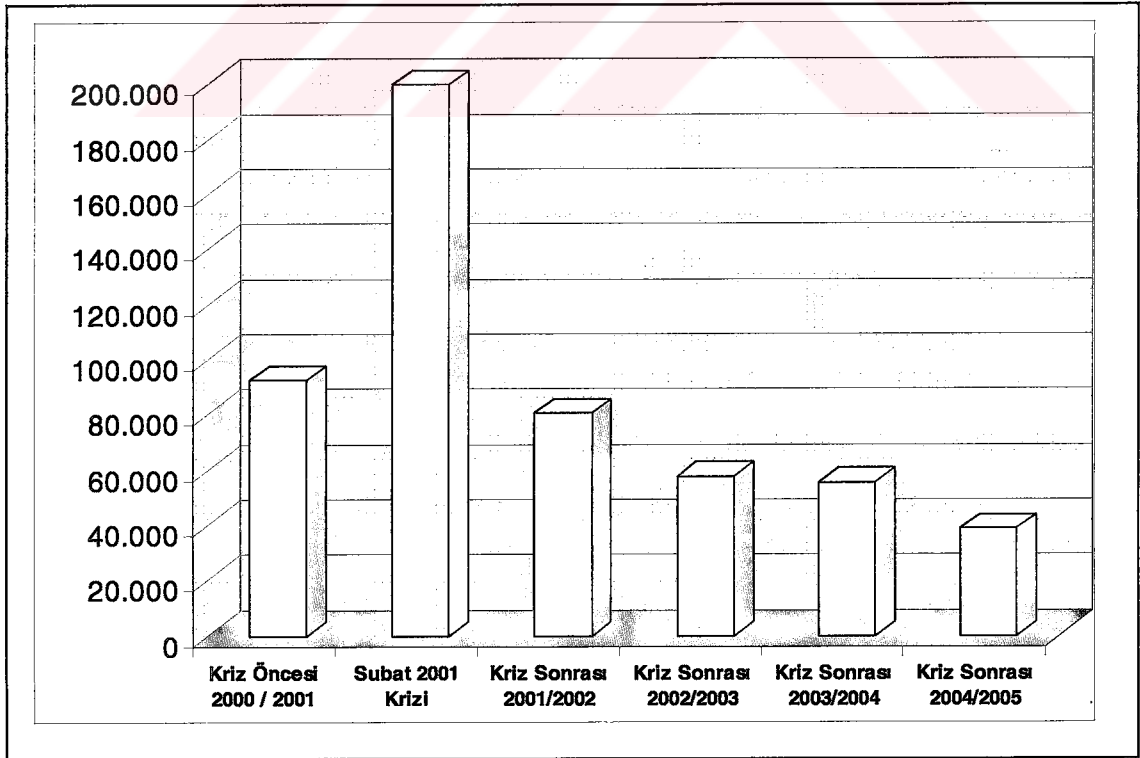
Monte Carlo Simülasyonu RMD sonuçları incelendiğinde kriz öncesinde RMD değeri %99 güven düzeyi ve bir günlük elde tutma süresi için 92.588 YTL çıkmıştır. Kriz günü yapılan

Stres Testi'nde RMD değeri 199.785 YTL bulunmuştur. Bu oldukça önemli olası değer kaybını İMKB 100'e dayalı portföy taşıyan herkes yaşamıştır.

Tablo 3.2 Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları

100.000 YTL'lik Portföy %99 Güven Düzeyi 1 Günlük Elde Tutma Süresi			
DÖNEMLER	Volatilite	RMD (YTL)	RMD/PV (%)
Kriz Öncesi 2000 / 2001	9,26	92.588	9,26
Şubat 2001 Krizi	19,98	199.785	19,98
Kriz Sonrası 2001/2002	8,05	80.532	8,05
Kriz Sonrası 2002/2003	5,75	57.453	5,75
Kriz Sonrası 2003/2004	5,73	55.285	5,73
Kriz Sonrası 2004/2005	3,86	38.625	3,86

Kriz sonrası dönemlere bakıldığında yıldan yıla volatilitenin düşüşüne bağlı olarak RMD değerlerinde de belirgin bir azalma gözlenmektedir (Bkz. Tablo 3.1). Kriz sonrası Türkiye ekonomisinde yaşanan olumlu gelişmeler, ekonomik alandaki reformlarla piyasalarda güven tesis etmiştir. Krizden sonraki yıllarda da RMD değeri %48 küçülmüştür (Bkz. Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları

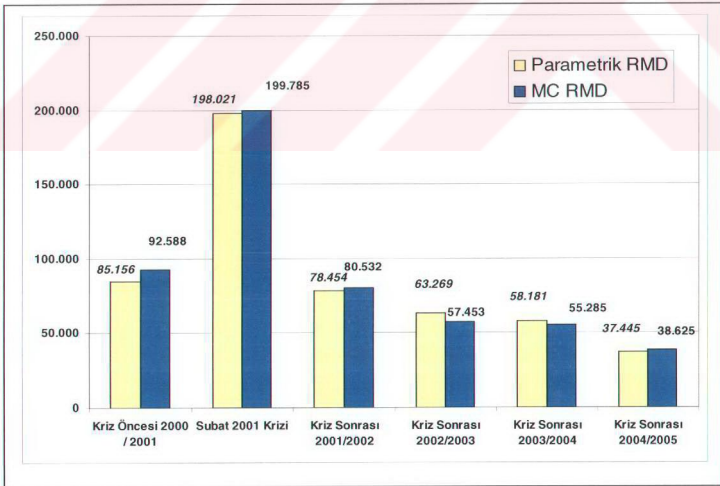
3.2.3. Parametrik Yöntem ve Monte Carlo Simülasyonu Karşılaştırması

Uygulama sonuçlarına göre, pozisyonun aynı kalmasına rağmen krizle birlikte piyasalardaki dalgalanmasının artmasıyla RMD hem Parametrik yöntem de hem de Monte Carlo Simülasyonunda artmıştır. (Bkz. Tablo 3.3)

Tablo 3.3 Parametrik Yöntem Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları

100.000 YTL'lik Portföy %99 Güven Düzeyi 1 Günlük Elde Tutma Süresi		
DÖNEMLER	Parametrik Yöntem RMD (YTL)	Monte Carlo RMD (YTL)
Kriz Öncesi 2000 / 2001	85.156	92.588
Şubat 2001 Krizi	198.021	199.785
Kriz Sonrası 2001/2002	78.454	80.532
Kriz Sonrası 2002/2003	63.269	57.453
Kriz Sonrası 2003/2004	58.181	55.285
Kriz Sonrası 2004/2005	37.445	38.625

Alınan sonuçlara göre kriz öncesi dönemde, kriz günü ve krizden sonraki ilk yıl Parametrik Yöntem sonuçları, Monte Carlo Simülasyonuna göre daha düşük olduğu gözlenmektedir. 2002 yılı ile birlikte 2005 yılına kadar olan dönemde ise Monte Carlo Simülasyonu sonuçları, Parametrik Yönteme göre daha düşük sonuçlar vermektedir (Bkz Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Parametrik Yöntem & Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları

Daha önceden de belirtildiği gibi, RMD sonuçları, doğrudan doğruya piyasa riskini karşılayacak sermaye tutarını etkilemektedir. Fazla sermayeyi tutmanın fırsat maliyeti, finansal kurumlar ve firmalar için çok önemlidir. Kriz öncesi, kriz günü ve kriz sonrası ilk yıla baktığımızda sonuçlar, Monte Carlo Simülasyonu sonuçlarından daha yüksek çıktığını göstermektedir. Volatilitenin yüksek olduğu ve piyasada kırılmalıkların fazla olduğu dönemlerde sermaye yeterliliğinin fazla tutulması krizi ve krizin etkisini azaltıcı yönde rol oynar.

Kriz dönemlerinde mevduat sahiplerinin, oluşan belirsizlikte bankaya hücum etmeleri, bankaların kredileri erken çağırmasına sebep olmaktadır ve bunla birlikte sermaye yetersizliği, bankaları iflas durumuna düşürmektedir. Şubat 2001 krizinden sonra 7 Temmuz 2001 tarihinde TMSF'nin bünyesinde 20 banka vardı. Bankaların sermaye yeterliliği problemi bu kaçınılmaz sonucu doğurmuştur.

Diğer yandan, 2002 yılı ile birlikte analiz döneminin son yılı 2005'e kadarki sonuçlarda görünümün değiştiği gözlenmektedir. Bu periyod'ta yıllar itibari ile Parametrik Yöntem sonuçları, Monte Carlo Simülasyon'una göre daha yüksek sonuçlar vermiştir (Bkz Tablo 3.3 ve Şekil 3.5).

Şubat 2001 Krizi'nden sonra 14 Mart 2001'de Güçlü Ekonomiye Geçiş Programı açıklandı. Bu programın en önemli üç ana maddesi Bankacılık ve Finansal Piyasalara ilişkin düzenlemeler, Döviz kuru ve faizlerin belli bir istikrar kazandırılması ve makro ekonomik dengelerin yeniden oluşturulması idi. Bu bağlamda Türkiye, geçen süre içerisinde piyasalardaki volatilitayı düşürdü, bununla birlikte Bankacılık ve Finansal piyasalarda önemli regülasyonlar yaptı. Bunların sonucunda piyasa riskini karşılayacak olan sermaye tutarı, kriz dönemine göre daha düşük olmalıdır. Monte Carlo Simülasyonu sonuçları, piyasalardaki volatilitate düşüklüğünü daha iyi yansıtmaktadır.

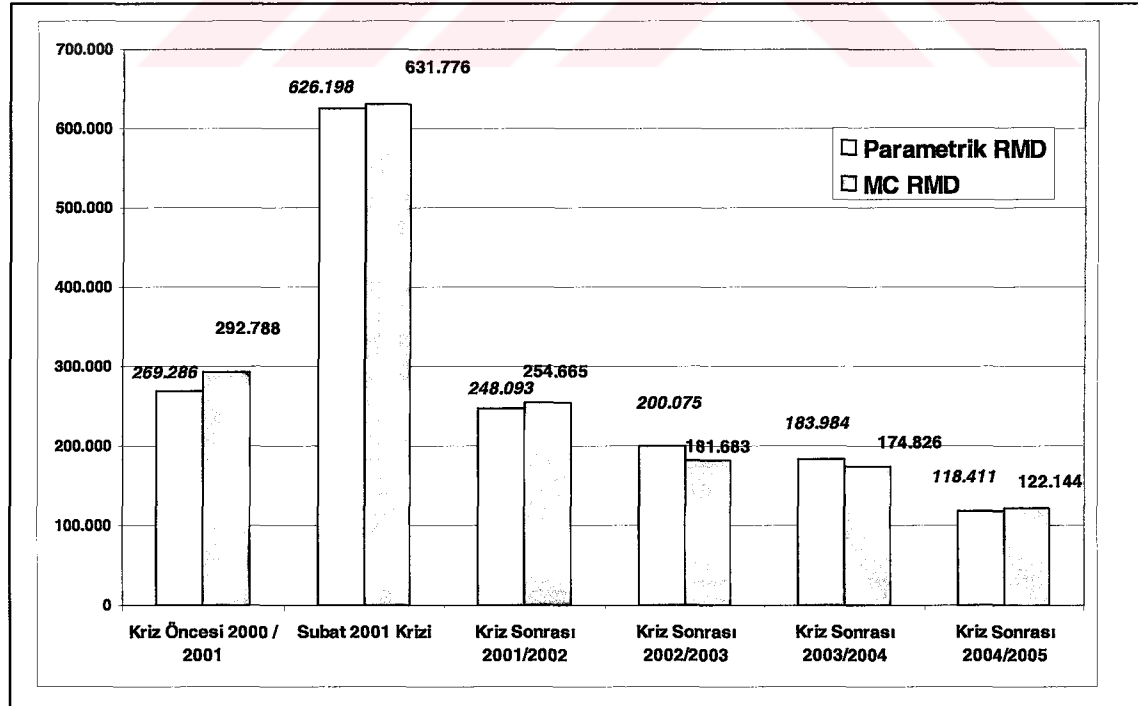
Uygulamada, buraya kadarki analiz değerlendirmemizde 1 günlük elde tutma süresi kullanılarak Parametrik Yöntem ve Monte Carlo Simülasyonu ile sonuçlar elde edilmiştir. Elde tutma süresi ile piyasa riski arasında doğru orantı mevcuttur. Basel Komitesi de RMD hesaplarında 10 günlük bir elde tutma süresi kullanılmasını istemektedir. BDDK tarafından yayınlanan Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmeliğe göre de, RMD hesaplarında en az elde tutma süresi 10 iş günüdür.

Fakat Türkiye'deki piyasalarda likiditenin zayıf olduğu prensibinden yola çıkarak gerçek riskleri ölçerken elde tutma süresini daha uzun tutmak gerekir. Uygulamada 100.000 YTL ve %99 güvenlik düzeyinde Parametrik Yöntem ve Monte Carlo Simülasyonu için 10 günlük elde tutma süresine göre hesaplamalar yapılmıştır (Bkz Tablo 3.4).

Tablo 3.4 Parametrik Yöntem Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları

100.000 YTL'lik Portföy %99 Güven Düzeyi 10 Günlük Elde Tutma Süresi		
DÖNEMLER	Parametrik Yöntem RMD (YTL)	Monte Carlo RMD(YTL)
Kriz Öncesi 2000 / 2001	269.286	292.788
Şubat 2001 Krizi	626.198	631.776
Kriz Sonrası 2001/2002	248.093	254.665
Kriz Sonrası 2002/2003	200.075	181.683
Kriz Sonrası 2003/2004	183.984	174.826
Kriz Sonrası 2004/2005	118.411	122.144

Parametrik Yöntem ve Monte Carlo Simülasyonu 10 günlük elde tutma süresine göre yapılan hesaplama sonuçları, analizimizin yorumlarını daha net bir şekilde destekler biçimdedir. Volatilitenin yüksek olduğu 2001 öncesi kriz günü ve 2001 sonrası sonuçları Monte Carlo Simülasyonu'nda daha fazladır. Sonraki dönemde ise durum tersine dönmektedir. Monte Carlo Simülasyon sonuçları daha az çıkmaktadır (Bkz Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Parametrik Yöntem & Monte Carlo Simülasyonu RMD Sonuçları

Bu değerlendirmelerin ardından varılan sonuç u olmuştur: Monte Carlo Simülasyonu, piyasa şartlarına ve volatiliteye daha duyarlı olması ve daha optimum RMD sonuçları vermesi nedeniyle, bu modelin her türlü kriz koşulunda en güvenilir yöntem olduğu düşünülebilir. Ancak, RMD modelinin finansal piyasaları mükemmel olarak temsil edememesi durumunda; örneğin modelleme sırasında karşılaşılabilecek sorunları (normal olmayan dağılımlar, varsayım hataları, olağan üstü fiyat hareketleri, geçmiş dönemin temsil gücünün zayıf olması gibi) arpım faktörünü kapsamaktadır. Bu nedenle gereğinden daha yüksek RMD tahminleri yapan modeli tercih etmek gereksizdir. Çünkü, gereğinden yüksek RMD tahminlerinin sermaye gereksinimini yükseltme gibi bir maliyeti vardır.

Bu sonuçlardan hareketle, Türkiye koşullarında kriz gibi ekstrem bir durumda bile Parametrik Yöntemin, kayıpları tahmin etmekte başarılı olduğu söylenebilir. Monte Carlo Simülasyonu ise volatiliteye daha duyarlı olmasından ve gereksiz sermaye yükümlülüğü yaratmamasından dolayı tercih sebebidir. Büyük dalgalanmaları ve normal dağılım dışındaki dağılımları da modelleyebilmesi Monte Carlo Simülasyonun avantajlarındadır.

Çalışmada ulaşılan sonuçlar, bu alanda yapılmış diğer çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür. Kriz ncesi, kriz günü (Stres Testi) ve kriz sonrası için yapılmış analiz sonuçlarına göre yöntemler, krizin etkisini genel olarak başarıyla yakalamışlardır. Ayrıca şubat 2001 Krizi günü ekstrem noktası da stres testi ile ayrıca analize tabi tutulmuştur.

SONUÇ

Riske Maruz Değer modelleri, risk yönetimi konsepti içerisinde son derece önemli yeri olan uygulamalardır. Finansal risklerin ve belirsizliklerin ölçülmesinde kullanılan RMD modelleri, finansal piyasalarda faaliyet gösteren tüm kurum ve kişiler için üstlenilen risk boyutunu anlamada bir ölçüm birimi olarak görülmektedir. Son dönemde BIS, çalışmalarında ve önerilerinde piyasa risklerinin ölçümünde içsel RMD modelleri kullanılmasının gerçek risk boyutunu belirlemede en etkili yöntem olduğunu vurgulamaktadır. Parametrik Yöntem, Parametrik Olmayan Yöntem ve Monte Carlo Simülasyonu, finansal kurumlarca ve denetim gözetim otoritelerince kabul görmüş en yaygın kullanılan piyasa riski ölçüm modelleridir.

Finans yapı ve sistemlerin gücünü artırma gereksinimi gittikçe artarak uluslararası ortak bir kaygı haline gelmiştir. Bu bağlamda, bir çok kuruluş (Basel Bankacılık Gözetim ve Denetim Komitesi (BCBS), IMF, Uluslar arası Finansal Enstitüleri, Institute of International Finance Inc. IIF ve The World Bank) dünyadaki finansal istikrarı artıracak yollar aramaktadır.

Beklenmedik bir şekilde oluşan finansal krizler, mali piyasalarda aşırı fiyatlara ve oran dalgalanmalarına, bu dalgalanmalarda kurumların portföylerinde anormal zararların oluşmasına yol açar. Finansal küreselleşmenin giderek arttığı dünyamızda finansal kurumlar bu şoklara karşı hazırlıklı olmak zorundadır. Bu türden riskler finansal kurumların karşı karşıya kaldığı piyasa riskini artırır.

Firmaların kurum içindeki tüm riskleri bir bütün olarak ölçme yolundaki çalışmaları 1970’li ve 1980’li yıllarda başlamıştır. Daha sonra bu çalışmalar, danışmanlık firmalarına ve içsel bir model geliştirebilecek durumda olmayan, ancak sistemlere ihtiyaç duyan finansal kurum ve şirketlere satılarak gelişme kaydetmiştir. Bu sistemlerden en yaygın bilinen, J.P. Morgan tarafından geliştirilen ve RMD ölçütü olarak kullanılan “RiskMetrics”dir.

Geliştirilen VaR sistemlerinin tamamı portföy teorisine dayalı olmamış, bazıları tarihsel kar ve zarar değişimlerini kullanmış, bazıları ise, Monte Carlo Simülasyon tekniğine dayalı olarak geliştirilmiştir. JP Morgan RiskMetrics’i ve onun için gerekli veri setini, Kasım 1994’te ücretsiz olarak web sitesi aracılığı ile ortak kullanıma sunmuştur. Bu gelişmenin ardından RMD daha geniş kesimce kabul görmüş ve kullanım imkânı bulmuştur. RMD sadece menkul kıymet işlemleri ile uğraşanlarca değil bankalar, emeklilik fonları, diğer finansal kurumlar ve mali olmayan şirketler tarafından da uygulanır hale gelmiştir.

Esasında RMD, farklı pozisyonlardan ve risk faktörlerinden kaynaklanan finansal riski bir araya getirebilme, tek bir değerle ifade edebilme şansı vermektedir. Ayrıca RMD, risk faktörleri arasındaki korelasyonu da dikkate almakta, birbirini yok eden azaltan riskler varsa, toplam risk daha düşük olarak bulunmaktadır. J.P. Morgan'ın RiskMetrics modelini açıkladığı ve ücretsiz olarak yayınladığı manuel olan "Technical Document" içerisinde yer alan tanıma göre RMD, “belirli bir zaman dilimi için %x olasılıkla ne kadar kaybederim?” sorusunun yanıtını vermektedir⁷⁷.

RMD hesaplama yöntemleri dinamik yapılarıyla çok mantıklı ve gerçekçi olmakla birlikte bir takım eleştirilere de maruz kalmaktadır. RMD'ye kavramsal düzeyde yöneltilen eleştiriler daha çok, risk yönetiminin amaç fonksiyonun maksimum karın ve zararın belirlenmesinin ötesinde kurumsal varlığın sürdürülebilirliği üzerinde şekillenmesi gerektiği düşüncesinden kaynaklanmaktadır. Bu açıdan RMD'yle birlikte Stres Testi'nin daha anlamlı olduğunu dile getirilmektedir⁷⁸. RMD'ye kavramsal düzeyde getirilen bir diğer eleştiride; hesaplama yöntemlerinin objektif kriterlerle sınırlandırıldığıdır. Oysaki risk almanın subjektif bir durum olduğu ve insan unsurunun önemli olduğu düşüncesinden hareket etmektedir⁷⁹.

RMD hesaplama yöntemlerine uygulama açısından yönetilen eleştirilerden ilki normal dağılım varsayımıdır. Normal dağılım varsayımıyla hesaplanan RMD olduğundan daha düşük gösterebilir. Bu durum, özellikle gelir piyasalarda risk ölçüm aracı olarak RMD kullanıldığında dikkate alınmalıdır. Geçmişin geleceğin bir temsili olacağı varsayımının saptırabileceğini, bu nedenle modelin kısıtlarının farkında olunarak davranılması gerektiğini belirtmektedir. RMD modellerinin eleştirilen zayıf noktası, en kötü durumu göstermemeleridir. Bilindiği gibi olasılık dağılımları, belirlenen güvenilirlik aralığı içindeki alanı temsil ederler. Bir başka deyişle güvenilirlik aralığı olarak benimsenen (%90, 95, 99,vb.)alanın dışı ile ilgili herhangi bir geçerlilikleri yoktur. Oysa gerçek hayatta olasılıklarla olmakla birlikte bu alanın dışında da bazı olaylar yaşanır. Olasılık çok düşük olmakla beraber böyle bir olayın hiçbir zaman gerçekleşmeyeceği söylenemez⁸⁰.

RMD hesaplama yöntemlerine yöneltilen eleştirilerin giderilmesine yönelik çabalar, senaryo analizlerini, Backtesting ve Stres Testi modellerini gündeme getirmiştir. Bahsedilen

⁷⁷ Benninga, A., *Riskmetrics*, JP Morgan, 1998, s.1

⁷⁸ Jorion P. , a.g.e., 2000, s.145

⁷⁹ Zangari P. , a.g.e, 1996

⁸⁰ Active Araştırma Grubu, a.g.e., s.23

zorluklarına rağmen RMD hesaplama yöntemleri, seçilen zaman dilimi içerisinde alınan kararların etkisini ve herhangi bir anda meydana gelecek olayların etkisini tahmin edebilecek tek yöntemdir. Buna ek olarak, simülasyon analiz modellerinin geçmiş datalar referans alınarak sürekli güncellenmesi mümkündür. Sonuç olarak RMD hesaplama yöntemlerinin hesaplama zorluğuna rağmen piyasa riski ölçümünde en doğru ve anlamlı sonuçları sağlayan yöntemler oldukları belirtilmektedir⁸¹.

BDDK tarafından 31 Ocak 2002 tarihinde yayınlanan "Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmelik" ile Piyasa Riskinin ölçümü ve sermaye yeterliliğine yönelik olarak RMD hesaplanmasında kullanılan parametrik yöntemin ve simülasyonların ülkemizde de kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır.

Bu çalışmanın oluşumu sırasında yapılmış olan araştırmada ve Türkiye'de RMD uygulamasını örneklerle gösterebilmek için örnek portföy üzerinde yapılmış olan uygulama sonucunda bazı önemli noktalar ortaya çıkmıştır. Bu noktalar, RMD hesaplamalarında dikkat edilmesi gereken hususlara ve daha sonraki çalışmalara ışık tutabilecek sonuçlar olarak değerlendirilmelidir.

- Yapılan RMD hesaplamaları günlük, on günlük bazlarda ve yıl boyunca tekrarlanmalıdır. Her güne ait gerçekleşen kayıp ya da kazanç tutarı bulunarak, modellerin performansı Basel Komite kriterlerine ve uluslararası standartlara göre değerlendirilmelidir.
- Ekstrem durumlar için RMD etkisiz kaldığından Stres Testleri uygulanmalıdır. Çalışmada olduğu gibi Şubat 2001 gibi kriz dönemleri için RMD, Stres Testleri ile daha doğru ve etkin sonuçlar vermektedir.
- Türkiye gibi dalgalanması yüksek olan politik istikrarsızlıkların ve rejim değişikliklerinin sıkça yaşandığı ülkelerde RMD hesaplama yöntemlerinin yakın dönemdeki verilere ağırlık verecek şekilde uygulanması önemlidir.
- Seçilen model, RMD sonuçlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, finansal kurumlar ve firmalar risk ölçüm yöntemi seçimlerinde, gereklilikleri karşılayanın

⁸¹ Jorion P. , a.g.e., 2000, s.147

ötesinde, gerçek risklerini takip edebilecekleri ve değişik düzeylerdeki riskleri analiz edebilecekleri hesaplama yöntemini seçmelidirler.

- Çalışmanın uygulama sonuçları kısmında da belirtildiği gibi, Türkiye gibi dalgalanması yüksek olan ve ekstrem durumları da içeren ülkelerde Monte Carlo Simülasyonu daha güvenilir sonuçlar vermektedir.



KAYNAKÇA

3 VaR Methodologies, *Capital Market Risk Advisors (CMRA)*

Active Araştırma Grubu, “Yirmibirinci Yüzyılda Finansal Riskin Ölçülmesi”, *Aktive Bankacılık ve Finans Dergisi*, 2001

Aksel H., PwC ,“Sermaye Piyasaları Finansal Risk Yönetim Danışmanı, Riske Maruz Değer Özellikleri”, *Aktive Bankacılık ve Finans Dergisi*, Mart-Nisan 2001

Aksel K., “Riske Maruz Değerin Özellikleri”, *Aktive Bankacılık ve Finans Dergisi*, Mart-Nisan 2001

Aksoy A. ,*Menkul Kıymet Yatırım Analizi*, Ankara ,2002

Aktive Araştırma Grubu, “Bankalarda Performans Ve Risk Yönetimi: Analitik Bir Çerçeve”, *Aktive Bankacılık ve Finans Dergisi*, 15 Ekim-Kasım 2000

Alexander C. ve Giannopoulos K., *Risk Management & Analysis*, Wiley & Sons, Londra, 2002

Barone-Adesi G ve Bourgoin F. ,“Don’t Look Back”, *Risk*, 11, Ağustos 1998

Barone-Adesi, G ve Giannopoulos, K., *Filtering Historical Simulation*, Mart 2000

BDDK, “Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 24657, 31 Ocak 2002

Bera A. K. ve Higgins M. L., “ARCH models : Properties, estimation and testing”, *Journal of Economic Surveys* ,4, 1993

Berger K. ve Heiler S., “Applications of Nonparametric Quantile Regression to Financial Data”, *Empirical Economics*, 2000

Berk,N., *Finansal Yöentim* ,İstanbul, 2006

Bolgün E. ve Akçay B. ,*Risk Yönetimi* ,İstanbul, 2005

Bollerslev T. , "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity." ,*Journal of Econometrics*, 31, 1986.

Boudoukh J., Richardson M. ve Whitelaw R. ,*The Best of Both World*, *Risk*,11, 1998

Butler J.S. ve Schacter B., “Estimating Value at Risk with a Precision Measure by Combining Kernel Estimation with Historical Simulation”, *Rewiev of Derivatives Research*,1, 1998

Ceylan A. ve Korkmaz T., *Borsada Uygulamalı Portföy Yönetimi*, Bursa, 2001

Deloitte & Touche, *Risk Yönetimi Haber Bülteni*, Eylül-Ekim 2001

Down K., “*Beyond Value At Risk: The New Science of Risk Management*” Chichester, Jony Wiley & Sons, Londra, 2001

Duman M., “Bankacılık Sektöründe Finansal Riskin Ölçülmesi ve Gözetiminde Yeni Bir Yaklaşım: Value At Risk Metodolojisi”, *Bankacılar Dergisi*, 32, 2000

Engle R. F., “Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kindom Inflation”, *Econometrics*, 50, 1982

Global Finansal Sistem Komitesi, *Önemli Finansal Kurumlarda Stres Testleri ve Cari Uygulamalar üzerine bir araştırma*, Mayıs ,2000

Güven S., *Finansal Risk Yönetimi Çerçevesinde Piyasalar*, Eskişehir, 2003

Hentschel L., "AH in the Family: Nesting Symmetric and Asymmetric GARCH Models", *Journal of Financial Economics*, 39, 1995

Hull J. C. ,*Introduction To Futures And Options Markets*, Prentice Hall, New Jersey, 1998

İMKB, *Sermaye Piyasası ve Temel Bilgiler Kılavuzu*, İstanbul, 1999

Jamshidian F., ve Zhu Y., “Scenario Simulation: Theory and Methodology”, *Finance Stoch*, 1, 1997.

Jorion P., *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 2ed., Mc Graw Hill, NewYork, 2000

Jorion P. ,*Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 2ed., Mc Graw Hill, New York, 2000

Jorion P., *Value at Risk*, 2nd Edition, Mc Graw Hill, 2002

Karacan A.İ. , *Bankacılık ve Kriz*, Üçüncü Baskı, İstanbul, 2000

Kaval H. , *Bankalarda Risk Yönetimi*, Ankara ,2000

Koenker R.ve Bassett G., “Regression Quantiles”, *Econometrica*, XLVI,1, 1978,

Küçüközmen C., ”Risk Yönetimi Zaman Geçirmeden Neden Nasıl?”, *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, Mart-Nisan, 2001

Mercy Oliver Wyman & Company, “The Need for & Benefits of Integrated Risk”,*Reward Management*, 2000

Owen A., ve Tavella D. , “Scrambled Nets for Value-at-Risk Calculations; in Monte Carlo”, *Methodologies and Applications for Pricing and Risk Management*, ed.,Dupire B., Risk Publications, Londra,2001

Önalan Ö., “Ekstrem Değer Teorisi ile Riskin Değerinin Tahmini”, *İstatistik Araştırma Dergisi*, cilt 03, No.01, 2004

Picoult E. , “*Calculating Value-at-Risk with Monte Carlo Simulation; in Monte Carlo*”, *Methodologies and Applications for Pricing and Risk Management*, ed., Dupire B., Risk Publications, Londra, 1999

Pritsker M. , *The Hidden Dangers of Historical Simulation*, Mart 2001

Reilly K. ve Brown K. C., “Investment Analysis In Portfolio Management”, *The Dryden Press*, Chicago, 1997

RiskMetrics – Technical Documnet, “*PartI: Risk Measurement Framework*”, IV. Edition, 1996

Saltoğlu B. , *Forecasting and Combining Value at Risk Measures by Nonparametric Quantile Autoregression*, İstanbul, 2000

Sevil G., *Finansal Risk Yönetimi Çerçevesinde Piyasa Volatilitésinin Tahmini ve Portföy VAR Hesaplamaları* , Eskişehir, 2001,

Simons K., “Value At Risk, New Approaches to Risk Management”, *A new England Economic Review*, Eylül-Ekim, 1996

SPK , *Sermaye Piyasası Lisanslama*, İstanbul, 2004

Teker N., *Faiz Oranı ve Döviz Kuru Risk Yönetimi*, Ekonomik Araştırmalar Merkezi Yayınları, 1999

Telatar E. ve Binay S. H. , “İMKB Endeksinin PARCH Modellemesi”, *Akdeniz Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Dergisi*, II, Antalya, 3, Mayıs 2002

Teyfik T., *Bankalarda Finansal Yönetime Giriş*, İstanbul , 2003

Uysal H. Ö., *Piyasa Riskinin Tespitinde Riskteki Değer Yöntemi*, SPK Aracılık Faaliyetleri Dairesi, Yeterlilik Etüdü, 1999

Zangari P., “Risk Metrics Technical Document”, *JP Morgan-Reuters*, (www.riskmetrics.com/research/techdoc/TD4ePt_1.pdf), New York, 1996

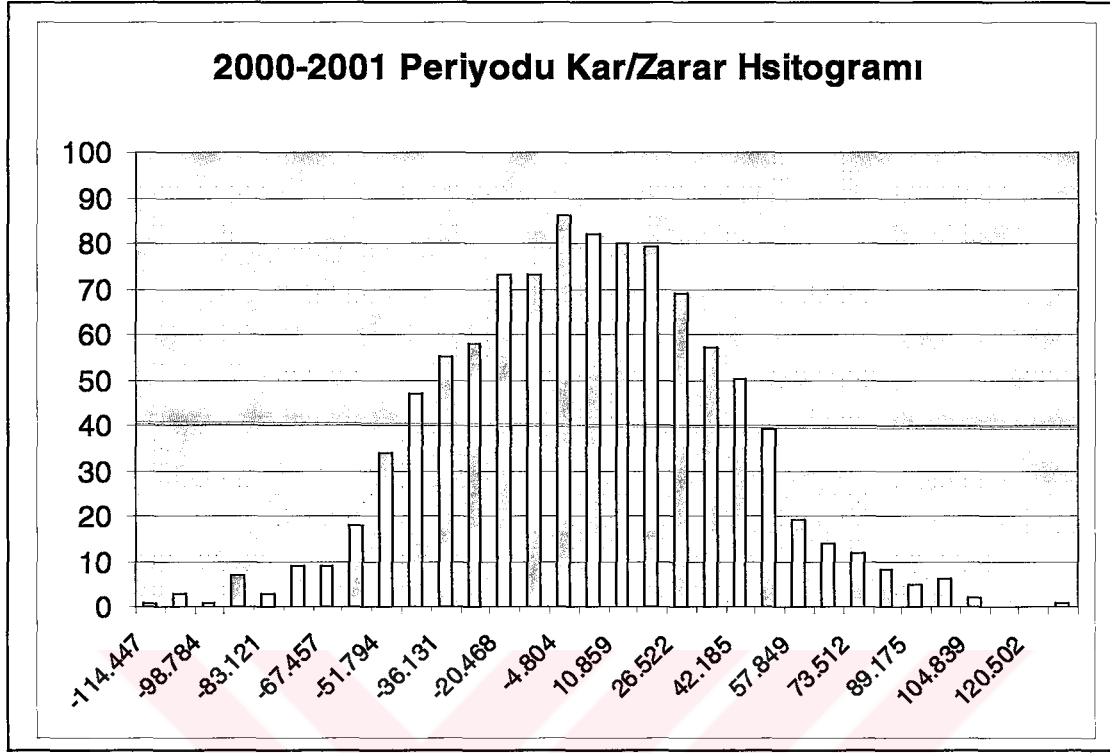
www.atrisk.net

www.bddk.gov.tr

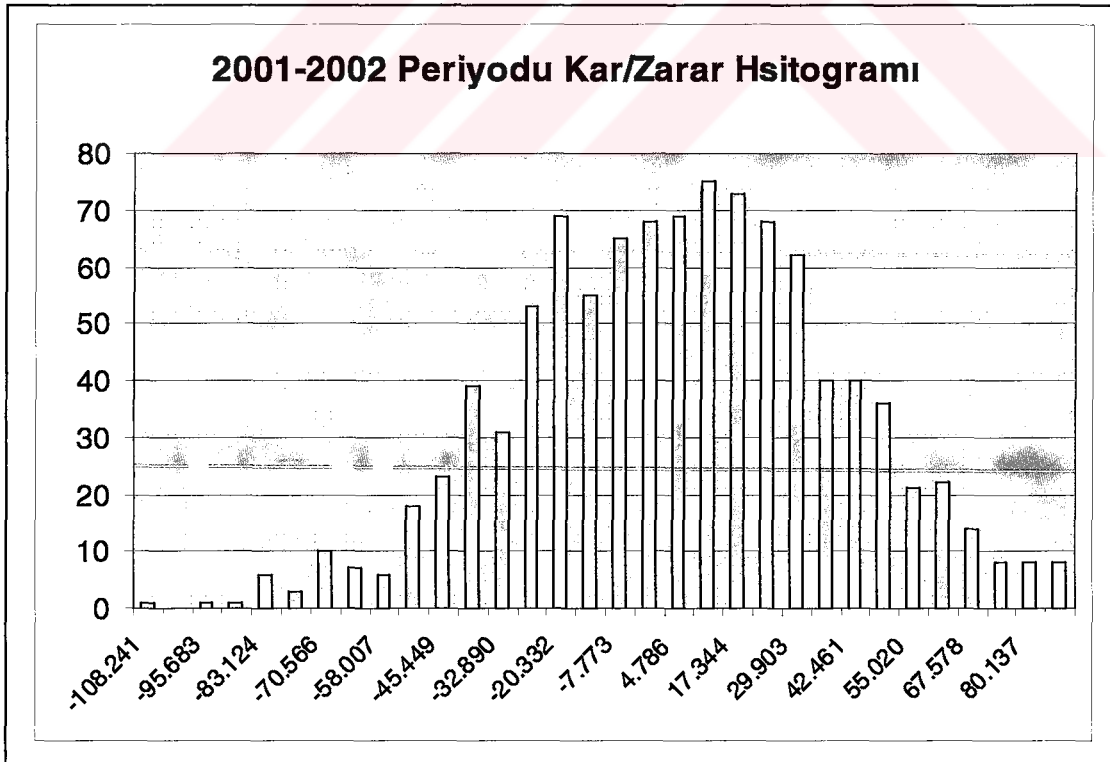
www.imkb.gov.tr

www.spk.gov.tr

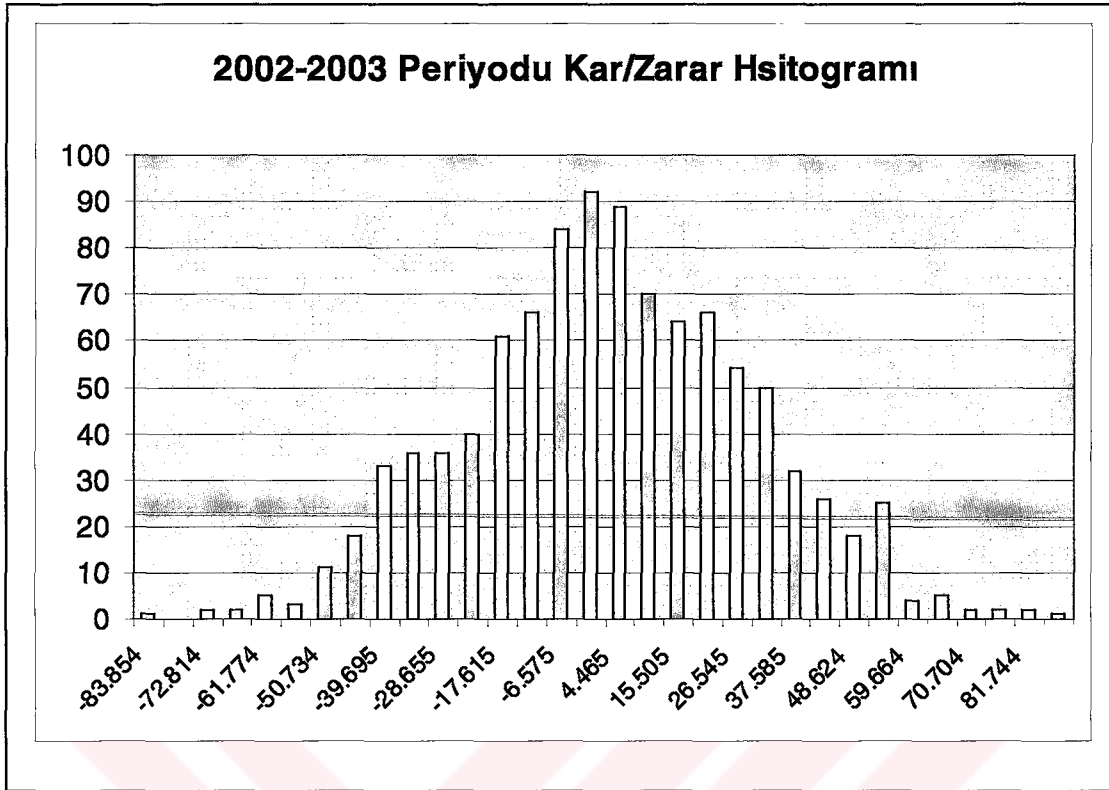
EK 1



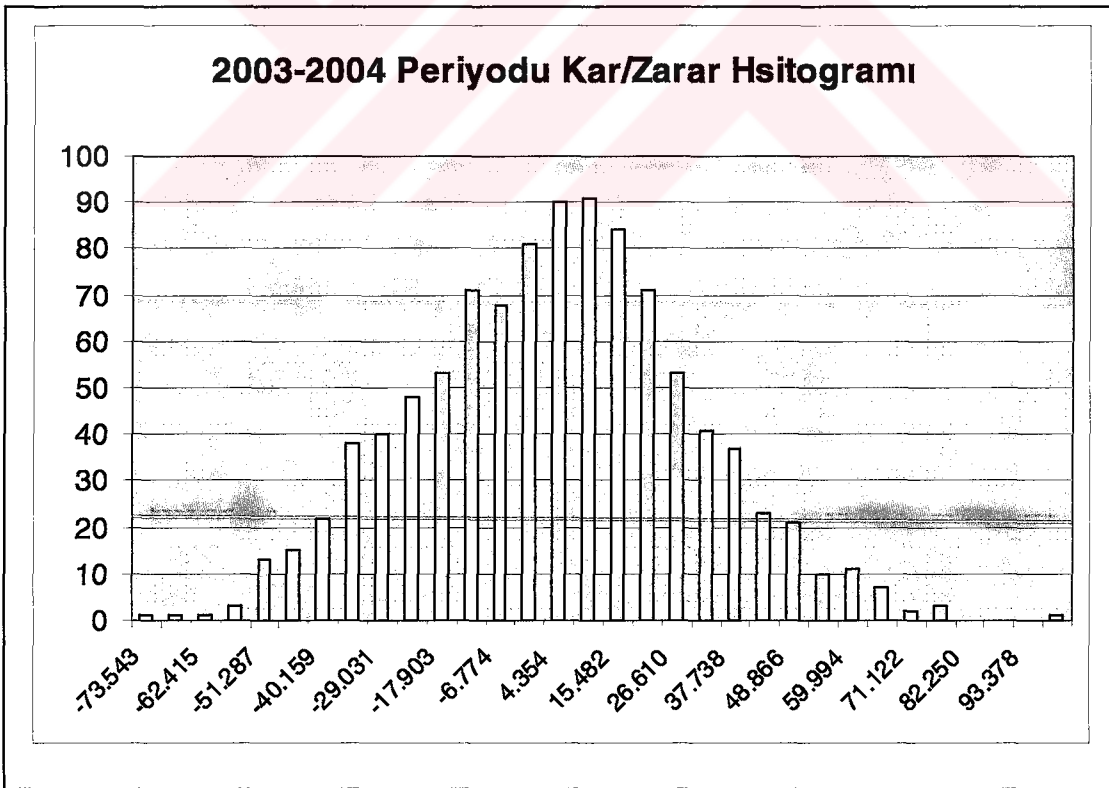
Şekil 1. 2000-2001 Periyodu Kar/Zarar Histogramı



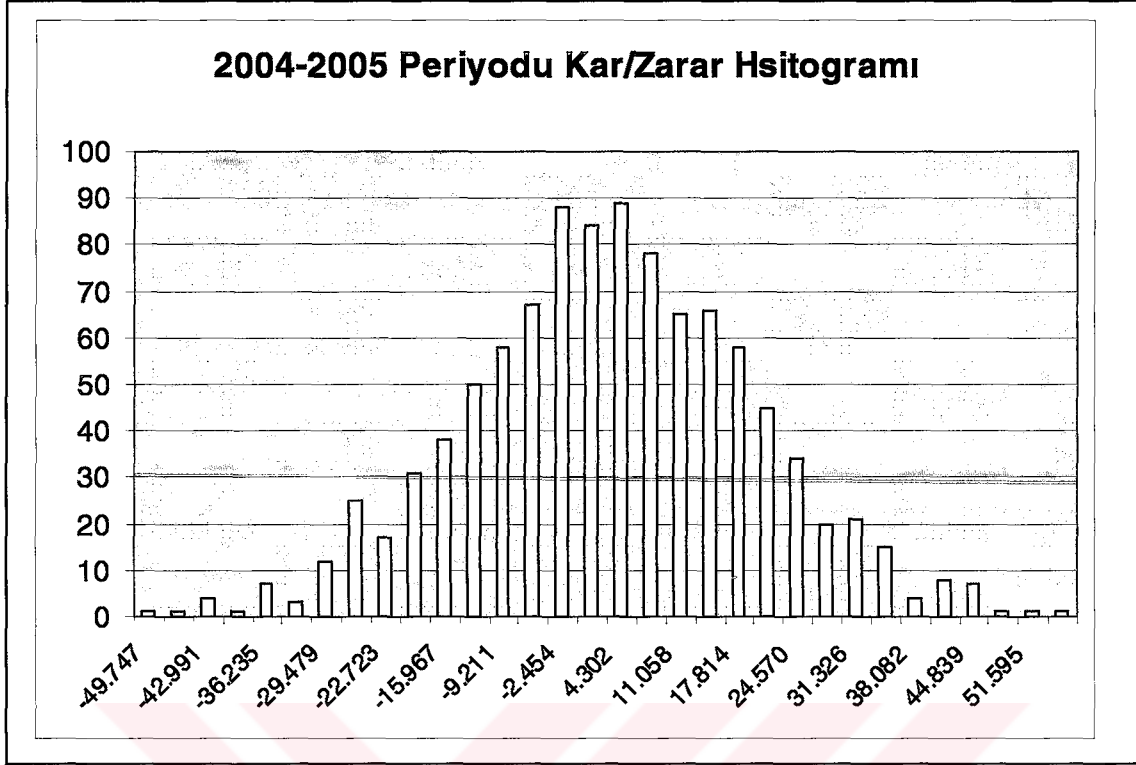
Şekil 2. 2001-2002 Periyodu Kar/Zarar Histogramı



Şekil 3. 2002-2003 Periyodu Kar/Zarar Histogramı



Şekil 4. 2003-2004 Periyodu Kar/Zarar Histogramı



Şekil 5. 2004-2005 Periyodu Kar/Zarar Histogramı