

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Keziban KOÇAK

FİNANSAL RİSK ANALİZİNDE KARMA DAĞILIM MODELİ YAKLAŞIMI

İSTATİSTİK ANABİLİM DALI

ADANA, 2012

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FİNANSAL RİSK ANALİZİNDE KARMA DAĞILIM MODELİ
YAKLAŞIMI**

Keziban KOÇAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSTATİSTİK ANABİLİM DALI

Bu Tez 09/08/2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oy birliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Yrd. Doç. Dr. Deniz ÜNAL
DANIŞMAN

.....
Doç. Dr. Ali İhsan GENÇ
ÜYE

.....
Yrd. Doç. Dr. Nazif ÇALIŞ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İstatistik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. M. Rıfat ULUSOY
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FİNANSAL RİSK ANALİZİNDE KARMA DAĞILIM MODELİ
YAKLAŞIMI**

Keziban KOÇAK

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANABİLİMDALI**

Danışman :Yrd. Doç. Dr. Deniz ÜNAL
Yıl: 2012, Sayfa:88
Jüri :Yrd. Doç. Dr. Deniz ÜNAL
:Doç. Dr. Ali İhsan GENÇ
:Yrd. Doç. Dr. Nazif ÇALIŞ

Son yıllarda hisse senetleri ve döviz fiyatlarında meydana gelen büyük değişiklikler finansal risk ölçümünün gerekliliğini ortaya koymuştur. Günümüzde finansal riski hesaplamada standart bir ölçüt olarak Riske Maruz Değer (RMD) kullanılmaktadır. RMD hesaplanmasında en çok kullanılan yöntem Parametrik (Varyans-Kovaryans) yöntemidir. Bu yöntemde finansal verilerin normal dağılıma uyduğu varsayımı yapılmaktadır. Finansal verilere normal dağılımın uymadığı durumlarda, Parametrik yönteme karma normal dağılım modelleri yaklaşımı kullanılarak finansal risk hesaplanabilir. Bu çalışmada, finansal risk RMD kullanılarak Parametrik yönteme karma normal dağılım modelleri yaklaşımı ile hesaplanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Finansal Risk, Karma Normal Dağılım, Riske Maruz Değer (RMD).

ABSTRACT

MSc THESIS

MIXTURE DISTRIBUTION APPROACH IN FINANCIAL RISK ANALYSIS

Keziban KOÇAK

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF STATISTICS**

Supervisor :Asst. Prof. Dr. Deniz ÜNAL

Year : 2012, Pages:88

Jury :Asst. Prof. Dr. Deniz ÜNAL

:Assoc. Prof. Dr. Ali İhsan GENÇ

:Asst. Prof. Dr. Nazif ÇALIŞ

In recent years, major changes that occur in stock and exchange revealed the need to measure financial risk. Today, Value-at-Risk (VaR), is used as a standart criterion in the calculation of financial risk. The method that is most used in the calculation of VaR is Parametric (Varyans-Covariance). In this method it is presumed that financial data are adapted to normal distribution. When financial data do not match with normal distribution, financial risk can be calculated by using normal mixture distribution models to parametric method. In this work, financial risk will be calculated by using normal mixture distribution models to parametric method approach with VaR.

Keywords: Financial Risk, Value-at-Risk (VaR), Normal Mixture Distribution.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında bana destek olan ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Deniz ÜNAL'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans süresi boyunca beni destekleyen bölüm hocalarıma ve tez çalışmam boyunca yardımlarını hiç eksik etmeyen, sorularımı cevaplayan Yrd. Doç. Dr. Nazif Çalış'a teşekkür ederim.

Ayrıca, her zaman yanımda olan maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen, beni anlayışla karşılayan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. YÖNTEM VE TEKNİKLER.....	5
3. FİNANSAL RİSK ANALİZİ.....	7
3.1. Risk.....	7
3.1.1. Riskin Sınıflandırılması.....	7
3.1.2. Risk Analizi.....	10
3.2. Finansal Risk.....	13
3.2.1. Finansal Risk Türleri.....	14
3.2.2. Finansal Risk Yönetimi.....	19
3.2.3. Finansal Riskin Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler.....	21
4. KARMA DAĞILIM MODELLERİ.....	27
4.1. Karma Dağılım.....	27
4.2. Finansal Risk Analizinde Karma Normal Dağılım Modeli Yaklaşımı.....	40
5. UYGULAMALAR.....	47
5.1. Hisse Senetleri Verisi için Uygulama.....	47
5.2. Para Birimleri Verisi için Uygulama.....	61
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	83
EKLER.....	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1. Hisse senetlerinin getiri serilerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve normallik testleri	47
Çizelge 2. Hisse senetleri ve portföye ait otokorelasyon ve p değerleri.....	57
Çizelge 3. Hisse senetlerine ait portföy verileri için oluşturulan karma normal dağılım modeline ait parametreler tahminleri.....	57
Çizelge 4. Hisse senetlerine ait portföy için normal ve karma normal dağılım modellerine ait MSE ve KS (Kolmogorov-Smirnov) test istatistiği değerleri.....	58
Çizelge 5. Hisse senetleri ve portföy için hesaplanan RMD ve Karma RMD değerleri.....	60
Çizelge 6. Para birimlerinin getiri serilerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve normallik testleri	61
Çizelge 7. Para birimleri ve portföye ait otokorelasyon ve p değerleri.....	69
Çizelge 8. Para birimlerine ait portföy verileri için oluşturulan karma normal dağılım modeline ait parametreler tahminleri.....	70
Çizelge 9. Para birimlerine ait portföy için normal ve karma normal dağılım modellerine ait MSE ve KS (Kolmogorov-Smirnov) test istatistiği değerleri.....	70
Çizelge 10. Para birimleri ve portföy için hesaplanan RMD ve Karma RMD değerleri.....	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Tofaş getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	48
Şekil 1.2. Turkcell getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	48
Şekil 1.3. Vestel getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	49
Şekil 1.4. Ülker getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	49
Şekil 1.5. Eczacıbaşı getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	50
Şekil 1.6. Portföy getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	50
Şekil 2.1. Tofaş getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği.....	51
Şekil 2.2. Turkcell getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği.....	51
Şekil 2.3. Vestel getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği.....	52
Şekil 2.4. Ülker getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği.....	52
Şekil 2.5. Eczacıbaşı getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği.....	53
Şekil 2.6. Portföy getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği.....	53
Şekil 3.1. Tofaş getiri serisine ait korelagram.....	54
Şekil 3.2. Turkcell getiri serisine ait korelagram.....	54
Şekil 3.3. Vestel getiri serisine ait korelagram.....	55
Şekil 3.4. Ülker getiri serisine ait korelagram.....	55
Şekil 3.5. Eczacıbaşı getiri serisine ait korelagram.....	56
Şekil 3.6. Portföy getiri serisine ait korelagram.....	56
Şekil 4. Hisse senetleri portföyüne ait normal, karma normal ve ampirik birikimli dağılım fonksiyonu.....	58
Şekil 5. Hisse senetlerine ait portföy için karma normal dağılım ile getirilerin yaklaşık dağılımı.....	59
Şekil 6. Çizelge 5’te verilen hisse senetleri ve portföy için hesaplanan RMD ve Karma RMD değerlerine ait çubuk grafikleri.....	60
Şekil 7.1. Euro getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	62
Şekil 7.2. Dolar getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	62
Şekil 7.3. Pound getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	63
Şekil 7.4. Frank getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	63
Şekil 7.5. Portföy getiri serisine ait Q-Q grafiği.....	64

Şekil 8.1. Euro getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği.....	64
Şekil 8.2. Dolar getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği.....	65
Şekil 8.3. Pound getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği	65
Şekil 8.4. Frank getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği	66
Şekil 8.5. Portföy getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği.....	66
Şekil 9.1. Euro getiri serisine ait korelagram.....	67
Şekil 9.2. Dolar getiri serisine ait korelagram.....	67
Şekil 9.3. Pound getiri serisine ait korelagram.....	68
Şekil 9.4. Frank getiri serisine ait korelagram	68
Şekil 9.5. Portföy getiri serisine ait korelagram.....	69
Şekil 10. Para birimleri portföyüne ait normal, karma normal ve ampirik birikimli dağılım fonksiyonu.....	71
Şekil 11. Para birimlerine ait portföy için karma normal dağılım ile getirilerin yaklaşık dağılımı	72
Şekil 12. Çizelge 10’da verilen para birimleri ve portföy için hesaplanan RMD ve Karma RMD değerlerine ait çubuk grafikleri	73

KISALTMALAR

ACF	: Otokorelasyon Fonksiyonu
BASEL II	: Sermaye Ölçümü ve Sermaye Standartlarının Uluslararası Düzeyde Uyumlaştırılması
BIS	: Uluslararası Ödemeler Bankası
EM	: Beklenti-Maksimizasyonu
ES	: Beklenen Kuyruk Kaybı
İMKB	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
KS	: Kolmogorov- Smirnov Test İstatistiği
MEV	: En Büyük Beklenen Değer Ölçütü
MSE	: Hata Kareler Ortalaması
NŞD	: Net Şimdiki Değer
RMD	: Riske Maruz Değer

1. GİRİŞ

Risk, hızla gelişen ve değişen dünyada önemi her geçen gün artan bir kavramdır ve risk, hayatın her alanında ortaya çıkabilecek tehlikeleri ifade etmektedir. Finansal ve ekonomik açıdan ise risk, belirsizlik veya belirsizliğin sonucudur. İşletmeler ve yatırımcıların karşılaştığı finansal riskler, sistematik ve sistematik olmayan riskler şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Sistematik riskler, beklenmedik ekonomik olaylar sonucunda meydana gelirler ve tüm işletmeyi olumsuz yönde etkilerler. Yani sistematik riskler herhangi bir işletmenin yanlış politikalarına bağlanamaz. Sistematik risk “çeşitlendirilemeyen risk” olarak da ifade edilebilir. Sistematik olmayan riskler, ekonominin genelinde oluşan olaylar değil, işletmenin durumundaki değişime bağlı olarak hisse senedi, tahvil, hazine bonoları gibi menkul kıymetlerin fiyatlarında meydana gelen dalgalanmalarla oluşan risklerdir. Yatırımcı farklı menkul kıymetlere yatırım yaparak yani portföyünü çeşitlendirerek bu riski azaltabilir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda sistematik olmayan risk “çeşitlendirilebilen risk” olarak ifade edilebilir.

Finansal risk, bir organizasyonun stratejilerinin ve amaçlarının gerçekleşmesine olumsuz yönde etki eden olaylar, şirketlerin beklentilerinden az getiri elde etmeleri ve şirkete yönelik hasarlardaki değişiklikler olarak tanımlanabilir. Finansal riskler, firmaların ticari faaliyetlerinden kaynaklanabileceği gibi dünyada ve ülkesinde meydana gelen olayların finansal yapıları etkilemesinden de kaynaklanabilir. Gelişen teknoloji sayesinde firma yöneticileri, finansal risk analizi yöntemlerini kullanarak firma dışı etkenlerden oluşan finansal risklerden korunmaya çalışmaktadırlar. Bankalar için finansal risk başarısızlığı ve ciddi finansal kayıpları ifade etmektedir. Bankacılık sektöründe ortaya çıkabilecek bir risk, sadece o sektörü değil, tüm ekonomik sistemi etkiler. Ancak başarılı bir şekilde yönetilmesi ile bu sorunlar azaltılabilir. Bankalar etkin finansal risk yönetimleri sayesinde bir yandan zararlara neden olabilecek faktörlerin azalmasını diğer yandan da zayıf noktalarını güçlendirerek karlılıklarının artmasını sağlamaktadırlar.

Firmaların finansal riski ölçme yolundaki çalışmaları 1970-1980 yıllarda başlamıştır. Morgan (1994) tarafından geliştirilen Riske Maruz Değer (RMD), belirli

bir güven aralığında ve belirli bir zaman periyodunda en yüksek kaybı ölçmek için kullanılan istatistiksel bir risk ölçüm tekniğidir. RMD hesaplamaları sadece finansal risk ölçümü için geliştirilmiştir ve eğer piyasa durağan ise çok iyi sonuç vermektedir.

Riske maruz değer hesaplamak için yaygın olarak kullanılan yöntemler, Parametrik yöntem, Tarihsel Simülasyon yöntemi ve Monte-Carlo Simülasyon yöntemidir. Parametrik yöntem, portföy değişkenliğinin bulunması ve hesaplanması temeline dayanmaktadır. Bu hesaplamada portföy getirileri üzerinden tek bir portföyün değişkenliği bulunmaya çalışılır, yani portföyün varyansının belirlenmesi gerekir. Ancak Parametrik yöntemde normallik varsayımı olduğu için, portföyde kuyruklu yapı veya normal olmayan dağılım söz konusu olduğunda hesaplanacak RMD değeri gerçek risk seviyesini yansıtamayacaktır.

Tarihsel Simülasyon yönteminde tarihin birebir tekrar ettiği varsayılmaktadır. Böylelikle seçilen bir zaman aralığı boyunca gerçekleşmiş günlük fiyat hareketleri göz önünde bulundurularak dağılım oluşturulur. Bu dağılımda güven aralığına denk gelen gözlem portföyün RMD'sini oluşturur. Tarihsel Simülasyon yöntemiyle hesaplanan RMD, Parametrik RMD' ye göre daha basittir. Bu yöntemde en temel konu örneklem büyüklüğüdür. Örneklem küçük olduğunda hesaplanan RMD değeri istatistiksel açıdan yeterli olmayacaktır.

Monte-Carlo Simülasyon Yöntemi, tarihsel veri elde edilemiyorsa yani Tarihsel Simülasyon işlevini yerine getirmede yetersiz kalıyorsa kullanılmaktadır. Portföy fiyatlama sürecinin belirli bir model izlediği varsayımına dayanarak oluşturulmaktadır. Uygun model oluşturulması halinde portföy dağılımı durağan olacaktır. Ancak Monte-Carlo yöntemini uygulamak için kullanılan durağan verileri elde etmek, uzun ve zahmetli bir süreç gerektirmektedir. Durağan olmayan ve volatilitenin fazla olduğu gelişmekte olan piyasa ekonomilerinde bahsedilen bu yöntemlerle hesaplanan RMD değerleri risk hesaplamaları için yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda hesaplanan RMD değerleri gerçek riski yansıtmayacağından finansal riskin tahmin edilmesinde, risk yöneticileri portföylerinin maruz kaldığı riski farklı yöntemler kullanarak ölçebilirler.

Karma dağılım modelleri birçok alanda rasgelelik içeren olayların farklı özellikleri hakkında toplanan heterojen yapıdaki ölçüm değerlerine istatistiksel

olarak model uydurmada matematiksel bir yaklaşım sağlar. Bu nedenle karma dağılım modelleri, hem teorik hem de uygulamalı birçok çalışma alanında önemlidir.

Finansal verilerin normal dağılıma uymadığı durumlarda, Parametrik (Varyans-Kovaryans) yönteme karma normal dağılım modeli yaklaşımı kullanılarak finansal risk tahmin edilebilir (Alexander, 2008). Karma normal dağılım modelinde bilinmeyen parametreleri tahmin etmek için Alexander (2008), maksimum likelihood yöntemiyle birlikte EM algoritmasını (Beklenti-Maksimizasyonu) kullanmıştır. Dardac ve Grigore (2011), belli bir süre içerisinde ılımlı ve dalgalı para politikası olması durumunda portföy getirilerin tahmin edilmesinde Parametrik yöntemde karma normal dağılım modellerinin kullanılmasının, Tarihsel Simülasyon ve Monte Carlo Simülasyon yöntemlerine göre daha doğru sonuçlar vereceğini göstermişlerdir.

Bu çalışmanın ikinci bölümde finansal risk ölçülmesinde ve karma dağılım modellerinde bilinmeyen parametrelerin tahmini için kullanılan yöntem ve teknikler tanıtılmış, temel özellikleri verilmiştir. Üçüncü bölümde finansal risk incelenmiş. Dördüncü bölümde karma dağılım modelleri incelenmiş ve finansal risk analizi için yeniden modellenmiştir. Beşinci bölümde ise finansal risk analizi için RMD hesaplama yöntemlerinden Parametrik yönteme, normal dağılım ve karma normal dağılım yaklaşımları kullanılarak Karma RMD ve RMD değerleri hesaplanmış ve veri yapısına uygun olan RMD belirlenmiştir.

2. YÖNTEM VE TEKNİKLER

Finansal Riskin Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler: Son yıllarda hisse senetleri ve döviz fiyatlarında meydana gelen büyük değişiklikler finansal risk ölçümünün gerekliliğini ortaya koymuştur. Günümüzde birçok eksikliği bilinmesine rağmen finansal riski hesaplamada en çok RMD kullanılmaktadır. RMD belirli bir dönem içerisinde, belirli bir güven düzeyinde gerçekleşebilecek kaybı göstermektedir (Jorion, 2001). RMD hesaplama yöntemleri; Parametrik (Varyans-Kovaryans), Tarihsel Simülasyon ve Monte-Carlo Simülasyon yöntemleridir

Parametrik Yöntem ile RMD Hesabı: RMD, bir varlığın veya portföyün değerinin belirli bir değerden aşağıya düşmesi olasılığını, varlık veya portföyün olasılık dağılımının bilinmesi durumunda kolaylıkla hesaplayabilir. Bu yöntemde risk faktörlerinin normal dağıldığı varsayılmaktadır.

Tarihsel Simülasyon Yöntemi ile RMD Hesabı: Bu yöntem ile RMD bulunurken geçmiş veri kümesinin değerlerine bugünkü portföyde bulunan varlıkların ağırlıkları uygulanır. Geçmişteki değerlere bugünkü portföy ağırlıklarının uygulanır.

Monte-Carlo Simülasyon Yöntemi ile RMD Hesabı: Firmalar genellikle Monte-Carlo simülasyon yöntemi ile karmaşık türev ürünlerinin fiyatını belirler. Simülasyon yöntemlerinde bilgisayar yardımı ile rastgele fiyat politikaları üretilerek finansal varlığın fiyatına yaklaşılmaya çalışılır. Bu yöntem, belirlenen dönem için değişik senaryolar ile portföy değerini oluşturur ve oluşturulan portföy değerleri kullanılarak RMD değeri hesaplanır (Jorion, 2001). Bu yöntem daha esnek bir yöntemdir ancak çok işlem gerektirdiği için zaman kaybına neden olmaktadır.

Karma Dağılım Modellerinde Bilinmeyen Parametrelerin Tahmini için Kullanılan Yöntemler: Karma dağılım modellerinde bilinmeyen parametrelerin tahmini için en uygun yöntem, maksimum likelihood tahmin yöntemiyle birlikte EM algoritmasının kullanılmasıdır. (Dempster ve ark., 1977). EM algoritmasında temel amaç, x tamamlanmamış veri kümesi olmak üzere,

$$L(\Psi) = f(x, \Psi) = \sum_{j=1}^g \pi_j f_j(x; \theta_j) \quad (2.1.)$$

likelihood fonksiyonunu maksimum yapan $\Psi = \hat{\Psi}$ parametre tahminini hesaplamaktır. Burada $f(x; \theta_j) \sim N(x, \mu_j, \Sigma_j)$, normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonunu; π_j , j . bileşenin karma oranını; μ_j , j . bileşenin ortalama vektörünü; Σ_j , j . bileşenin varyans-kovaryans matrisini; θ_j , j . bileşenin yoğunluk fonksiyonundaki parametrelerin vektörünü ve Ψ , $\Psi = \{\pi, \theta\} = \{\pi, \mu, \Sigma\}$ olmak üzere karma dağılım modelindeki tüm parametrelerin vektörünü göstermektedir. Bilinmeyen bu parametrelerin tahmini için EM algoritmasının E ve M adımları bir yakınsama kriteri sağlanana kadar uygulanır.

3. FİNANSAL RİSK ANALİZİ

3.1. Risk

Risk, hızla gelişen ve değişen dünyada önemi her geçen gün artan bir kavramdır ve risk, hayatın her alanında ortaya çıkabilecek tehlikeleri ifade etmektedir. Teknolojik gelişme ve küreselleşme ile firmaların genişleyen çalışma alanları, artan üretim hacimleri, karmaşık iş yapma modelleri ve ticari hayattaki daralan kâr marjları risk kavramına olan ilgiyi arttırmıştır.

Riskin sözlük anlamı, zarara uğrama tehlikesidir. İktisat terimleri sözlüğüne göre, iktisadi karar birimlerinin verecekleri kararlar sonucunda ortaya çıkacak getiriye olumsuz etkileyebilecek olayların gerçekleşme olasılığıdır.

Finansal ve ekonomik açıdan ise risk, belirsizlik veya belirsizliğin sonucudur. Yani belirsizliğin objektif bir ölçüsüdür. Ancak riskle belirsizlik arasında ayrımlar yapılmaktadır. İstatistiksel olaylar için risk, istatistiksel olmayan olaylar için belirsizlik söz konusudur veya sonuçlar konusunda uzmanlar olasılık dağılımları çıkarabiliyorsa risk, uzmanlar bir anlaşmaya varamıyorlarsa belirsizlik söz konusudur (Sarıslan, 1990).

3.1.1. Riskin Sınıflandırılması

Riskler birçok kaynakta farklı sınıflandırılmaktadır. Bunun nedeni risklerin genelden özele bulunduğu ortama göre değişiklikler göstermesidir. Giddens (2000) riski, doğal riskler ve üretilmiş riskler olarak sınıflandırılmaktadır. Doğal risk sınıfını, sel, deprem, fırtına, kuraklık gibi doğa koşullarındaki değişimlerden kaynaklanan riskler oluşturmaktadır. Üretilmiş risk sınıfını ise insan eli ile üretilen riskler oluşturmaktadır. İnsan eli ile üretilen risklerde, özellikle bilim ve teknolojinin gelişmesi ile ortaya çıkan tehlikeler dikkate alınmaktadır.

Riskler kontrol edebilme derecesine göre; kontrolümüzde olan riskler, hükümete bağlı riskler ve tamamıyla kontrolümüz dışında riskler olarak sınıflandırılmaktadır. Örneğin; piyasanın seyrine bakarak ekonomik bir krizin

yaşanabileceği gibi ekonomik bir risk kontrol altına alınabilir. Ancak doğal afet gibi bir fiziksel çevre riski kontrol edilemez. Her zaman en kötü sonuç düşünülerek tüm risklere karşı tedbirler alınmalıdır.

Firma İçi ve Firma Dışı Riskler: Riskleri, firma içi ve firma dışı nedenlerden kaynaklanan riskler olmak üzere iki ana gruba ayrılabiliriz.

Firma içi riskler, genellikle firmanın iç yapısından kaynaklanan risklerdir. Bunlar firmanın organizasyon yapısı ve yönetim şekli, gerçekleştirdiği faaliyetler, sahip olduğu insan kaynakları, kullandığı teknolojilerdir. Bu risklerin çok büyük bir kısmı yönetilebilen risklerdir. Buna karşılık, çalışanlardan kaynaklanan risklerin yönetilebilmesi her zaman mümkün olmayabilir (Altay, 2008).

Firma dışı riskler ise, herhangi bir firmaya ait olmadan firma dışı etkilerle firmanın karşı karşıya kaldığı riskleridir. Bu risklerin bir kısmından korunabilmek için çeşitli önlemler alınabilir. Ancak bir kısmı için önlemler alabilmek mümkün olmayabilir. Örneğin, kanunların ve genel ülke politikalarını değişmesi, doğal felaketlerden kaynaklanan riskler firma dışı riskler olarak değerlendirilir.

Muhasebe İçi ve Muhasebe Dışı Riskler: Firmanın karşılaştığı riskler gruplandırılırken, firmalarda sağlıklı bir denetimin yapılabilmesi için gerekli olan muhasebe kuralları ve politikaları dikkate alınmalıdır ve firmanın karşılaştığı riskler, muhasebe içi ve dışı riskler olarak gruplandırılmaktadır.

Muhasebe içi riskler, firmanın muhasebe organizasyonundan ve organizasyondaki insan kaynağından, muhasebe kanun ve yönetmeliklerinden, muhasebe bilgi sisteminden ve yönetimin sergilediği tutumdan kaynaklanan risklerdir.

Muhasebe dışı riskler ise, firmanın muhasebe organizasyonu ve çalışanları dışındaki olay ve kişilerden kaynaklanan risklerin tamamıdır. Bu kişilerin ve olayların firma içi veya dışından olması önemli değildir. Örneğin, depo personelinin yanlış teslimat yapması sonucu müşteri kaybı, üretimde makine probleminden dolayı üretimin durması veya bozuk ürün üretilmesi, satış personelinin yanlış fiyat ile ürünü satması, satın alma personelinin yanlış ürün veya pahalı ürün alması sonucu oluşan zararlar gibi benzer olaylar muhasebe dışı riskleri gösterir.

Finansal ve Finansal Olmayan Riskler: Firmadaki riskleri, finansal ve finansal olmayan riskler olarak sınıflandırmak mümkündür.

Finansal risk, firmaların finansman yapılarında dış kaynak kullanımından dolayı ortaya çıkan bir risktir. Yabancı kaynak kullanımı öz kaynağa göre daha düşük maliyetlidir. Dolayısıyla hisse senedi sahiplerinin hisse başına karlarını finansal kaldıraç etkisiyle yükseltebilmektedir. Ancak borçları geri ödeyememe ve dolayısıyla iflas olasılığı nedeniyle firmanın hisse senetlerinin riskini arttırmaktadır. Firmaların dış kaynak kullanımı sonucu aldığı borçların geri ödemeleri firmalar için bir risk unsuru oluşturmaktadır. Yabancı kaynakların fazla kullanılması sonucunda yatırımcıların bu finansal varlıklara karşı tutumunda farklılaşmalara ve dolayısıyla da söz konusu finansal varlıkların getirilerinde dalgalanmalara yol açabilmektedir (Jones, 1991). Finansal riskler, likidite riski, kur riski, faiz riski, fiyat riski, kredi riski ve operasyonel risk diye tanımlanmaktadır.

Finansal olmayan riskler ise, yöneticilerin alacağı kararlardan, çalışanların hatalarından, üretim teknolojilerine ayak uyduramamadan, bilgi teknolojilerini iyi kullanamamadan, pazardaki rekabetten, müşteri ve tedarikçi ilişkilerini iyi yönetememek gibi olaylardan kaynaklanan risklerdir. Bu riskler firma yöneticilerinin bilgi, beceri ve tecrübeleri ile yok edilmeye çalışılır. Öncelikle bu risklerin yok edilebilmesi veya indirgenebilmesi için firma organizasyonu çok iyi oluşturulmalıdır. Firmada çalışanların iş tanımları açık, kontrol edilebilir olmalıdır. Firma içi uygun kontrol mekanizmaları oluşturulmalıdır. Kontrol mekanizmaları en üst düzey yönetici ile en alt seviyedeki çalışanı da kontrol edebilecek ve objektif şekilde olmalıdır.

Sistemik ve Sistemik Olmayan Riskler: Risk, menkul kıymet yatırımları açısından incelendiğinde, sistemik risk ve sistemik olmayan risk olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sistemik risk, sistemden kaynaklanan faktörlere bağlı olarak varlık fiyatlarının değişme riskidir. Bu yüzden “piyasa riski” ya da “çeşitlendirilemeyen riskler” olarak da adlandırılırlar. Tüm yatırımcılar, ekonomik faktörlere bağlı olarak ellerindeki varlıkların ya da verdikleri borçların değerlerinin değiştiği dönemlerde bu riskle karşılaşılırlar (Mandacı, 2003). Bir başka tanıma göre sistemik risk, toplam

riskin kaynaklarındandır ve yatırımcının kendi dinamiklerinden değil, tamamıyla dış etkenlerden kaynaklanan tüm kurumları ve yatırımcıları aynı anda etkileyen ve bu özelliğinden dolayı çeşitlendirme ile azaltılamayan risk türüdür (Ceylan ve Kormaz, 1995). Sistematik risk, firmaların dışındaki etkilerden kaynaklanır. Örneğin, faiz oranları, enflasyon, ülke ekonomisi veya vergi reformları gibi parametrelerin değişmesidir. Sistematik olmayan riskler ise menkul kıymetin ait olduğu firmanın kendi şartları ile ilgilidir. Menkul kıymet piyasaları ile doğrudan ilişkili değildir. Firmanın yaptığı yatırımların geri dönüşlerindeki sıkıntılar veya firmanın oluşturduğu organizasyon yapısındaki sıkıntılar sistematik olmayan risklerdir. Örneğin; yönetim riski, faaliyet riski gibi riskler.

Denetim Riskleri: Son yıllarda çok önem kazanan denetim, aynı zamanda bir risk sınıfı olarak da değerlendirilmektedir. Denetim riski, firmanın muhasebe işlemlerinde ve finansal tablolarında, kendi çabalarına (iç kontrol sistemi, iç denetim vb.) ve sonrasında yapılan bağımsız dış denetim çalışmasına rağmen önemli bir hata veya düzensizliğin bulunması ve bu hata ve düzensizliklerin denetim sırasında denetçiler tarafından ortaya çıkarılamaması ihtimaline denir (Stettler, 1982).

İş Riskleri: Firmalar, faaliyet alanları ve buldukları ortam itibariyle birçok risk taşımaktadırlar. Riskleri sınıflandırırken firma faaliyetlerine göre de bir sınıflandırma yapılabilir. Muhasebe ve denetimi yukarıda ayrı birer risk sınıfı olarak ele alındı. Ayrıca pazarlama, üretim, satın alma, satış, gibi firma faaliyetleri birer risk alanı olarak incelenebilir. Riskler, kaynak-etki-olay üçgeninde ele alınabilir (Flanagan, Norman, 1993). Öncelikle riskler belirlenerek, riskleri yok edilmesi veya indirgenebilmesi için gerekli önlemler alınabilir. Tüm firma ana faaliyetlerinin, bir risk sınıfı olarak değerlendirilmesine de işletme riski denilmektedir.

3.1.2. Risk Analizi

Risk analizi, riskleri ve risklerin yönetilmesi ile elde edilen kâr ve maliyet hesaplamalarını, risklerin kontrol edilme derecesini belirler ve kontrol edilen risklerin nasıl azaltılabileceğini değerlendirir. Böylece, risklerin etkilediği banka faaliyetleri azaltılır ya da sona erdirilir. Çünkü risk analizi, riski azaltmaya

çalışmaktadır. Bir başka ifadeyle, ilgilenilen değişkene ilişkin kestirim, olasılık dağılımı ile ifade edilmektedir. Olasılık dağılımını elde etmek için iki yöntem vardır. Birinci yöntem, analitik yöntem olup, bu yöntemle belirlenen yapısal modele göre bireysel kestirimler matematiksel olarak birleştirilerek net şimdiki değer gibi son değişkenin olasılık dağılımına ilişkin parametreler elde edilir. İkinci yöntem, Monte-Carlo simülasyon yöntemi olup, bu yöntemle yapısal bir modele dayanarak bir dizi denklem oluşturup net şimdiki değer (NŞD) gibi son değişkenin olasılık dağılımına ilişkin parametreler elde edilir.

$$NŞD = \sum_{t=0}^n \frac{a_t}{(1+i)^t}$$

a_t = birim zamandaki nakit akışı

i = iskonto oranı, sermaye maliyetleri veya alternatif maliyetler

Banka mevduatları gibi risk oluşturmayan yatırımlardan elde edilen kazançlarda NŞD formülü özellikle iskonto oranı hesaplamada kullanılır (Üçkardeş, 2012).

Risk analizi, kestirim ve planlama, firma risk durumu, belirsiz olan işletme çevresinin ayrıntılı olarak incelenmesi, toplumsal, siyasal, ekonomik, teknolojik gelişmelere ilişkin olarak senaryo geliştirme, risk ve belirsizliğin ele alınması gibi alanlara girdi sağlayarak stratejik yönetimde önemli bir işleve sahiptir.

Portföy Teoremi, riske bağlı iskonto oranının şiddetini belirlemede bütün belirsizliklerin aynı anda dikkate alınmaması durumudur (Levy ve Sarnat, 1990). Portföy teorisi, sistematik olmayan riskleri ihmal etme ve sadece proje ile ilgili oluşabilecek olan sistematik riskleri dikkate almayı hedefler. Burada sistematik risk, genel piyasa hareketleriyle ilgili risklerdir. Örneğin politik olaylar gibi. Sistematik olmayan riskler ise (kaza riskleri; gibi) daha özel belirsizlikler içerir. Bu teorem, istatistiksel hayat mantığını kullanarak, malların parasal karşılığını ifade eder.

Risk Analiz Yöntemleri: Risk ile mücadele edilirken en çok başvurulan yöntem risk analiz yöntemleridir. Bu yöntemler sayesinde riskler analiz edilir ve veriler elde edilir. Çeşitli karar ortamlarında kullanılan analiz yöntemleri vardır.

Risk ve belirsizlik ortamında karar verme: Risk ve belirsizlik ortamlarında kullanılan başlıca karar ölçütleri, En büyük beklenen değer ölçütü, Etkin strateji-kayıtsızlık eğrileri ölçütü, En büyük olasılık ölçütü (MEV), Hırs düzeyi ölçütüdür.

En büyük beklenen değer ölçütü, beklenen değerler içinde en büyüğünün belirlenmesi ve bu değere ilişkin stratejinin en iyi karar olarak seçimi şeklindedir. Beklenen kazanç ölçütünün uygulanmasında, kararlar uzun dönemdeki kazançlara göre şekillenir.

Etkin strateji-kayıtsızlık eğrileri ölçütü, yatırım ve portföy analizinde varyans ve getiri kombinasyonlarını incelemek üzere geliştirilmiştir ve etkin stratejiler, tüm stratejiler setinin bir alt setidir.

En büyük olasılık ölçütü, beklenen değer ölçütüne alternatif bir başka ölçüttür. Ölçütün temel mantığı iyimserlik görüşüne dayandığından, karar vermede kullanılması sakıncalıdır.

Hırs düzeyi ölçütü, en büyük beklenen değer ölçütü gibi en iyi kararı sağlayan bir ölçüt değildir. Bu ölçütün uygulanması ile elde edilen strateji, benimsenebilir strateji niteliği taşımaktadır.

Modern fayda yaklaşımı: Modern fayda kavramı, karar verici tarafından strateji seçiminde söz konusu olmakta ve risk karşısında başvuru değeri ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (McCulloch, 1977). Karar verici açısından parasal değerlerle fayda arasındaki ilişkiyi belirleyen fonksiyona, kişisel fayda fonksiyonu denilmektedir. Karar vericinin kişisel fayda fonksiyonu belirlendiğinde, Riskten kaçan karar verici, Riske giren karar verici, Riske karşı kayıtsız olan karar verici olmak üzere üç farklı karar verici ortaya çıkmaktadır (Swain, 1966).

Riskten kaçan karar verici, içinde bulunduğu olumsuz finansal koşullar nedeniyle risk almaktan kaçınan kişidir.

Riske giren karar verici, karar vericinin kişisel fayda fonksiyonu grafiği konveks bir eğri biçiminde olduğundaki karar vericidir.

Riske karşı kayıtsız olan karar verici, karar vericinin kişisel fayda fonksiyonu doğrusal olduğundaki karar vericidir.

3.2. Finansal Risk

Finansal risk, bir organizasyonun stratejilerinin ve amaçlarının gerçekleşmesine olumsuz yönde etki eden olaylar, şirketlerin beklentilerinden az getiri elde etmeleri, şirkete yönelik hasarlardaki değişiklikler olarak tanımlanmıştır (Embrechts, Frey, McNeil, 2005). Piyasadaki fiyat dalgalanmaları karşısında işletmelerin aktif(bilanço tablosunun sol tarafında yer alır ve firmanın kasasındaki parayı, sahip olduğu ticari malları demirbaşları gösterir) veya pasif(bilanço tablosunun sağ tarafında yer alır ve firmanın sermayesini, borcunu, karını ve zararını gösterir) değerlerinin değişmesidir. Bankalar açısından üzerinde durulan ve birçok ölçüm yönteminin geliştirildiği bir risk türüdür.

Tüm dünyada, hızla gelişen iletişim ve bilgi teknolojileri sayesinde bireyler ve kurumlar birbirleri ile yakın ilişkiler kurabilmektedirler. Özellikle internetin gelişmesi ekonomik anlamda ülke içi ve ülkelerarası ticari ilişkilerin gelişmesini sağlamıştır. Bununla birlikte siyasi ve ekonomik açıdan ülkelerarası ve kıtalararası faaliyetler artmıştır. Dünyanın herhangi bir yerinde oluşan olumlu veya olumsuz bir durum dünyanın başka bir yerinde daha farklı etkilere neden olabilmektedir ve bu etkilenmeler sonucunda ani finansal şoklar yaşanabilmektedir. Bu finansal şoklar sadece ekonomik etkenlerden kaynaklanmayabilir (Yanartaş, 2010). Bu nedenle finansal risk kavramı iki temel başlıkta incelenebilir. Birincisi klasik finansal risk anlayışıdır. Diğeri ise gelişmiş dünyadaki ekonomik kırılmalıkların oluşturduğu finansal risk kavramıdır.

Klasik finansal risk kavramı iki temel başlıkta incelenebilir. Birincisi ekonomik etkenlerden kaynaklanan riskler. Bunlar enflasyon riski, faiz riski, kur riski, piyasa riski vb. risklerdir. Diğeri başlıkta ise ekonomik olmayan diğeri nedenlerden kaynaklanan riskler yer almaktadır. Bunlarda politik nedenlerden oluşan riskler, sosyal nedenlerden oluşan risklerdir.

Gelişen Finansal Risk Kavramı, hızla gelişen bilgi ve teknoloji, rekabet koşullarının değişmesi ve buna bağlı olarak finansal araç sayısında meydana gelen artışlar risklerin de artışına neden olmuştur. Son 20 yıl içerisinde dünyada fon kaynaklarının artması ve bu kaynakların teknolojinin yardımı ile hızlı bir şekilde

hareket etmesi birçok avantaj sağlarken riskleri de beraberinde getirmiştir. Firmalar bu fon kaynaklarından yararlanmak için yeni finansal araçların üretilmesine neden olmuşlardır ve fon talep eden firmaların işsel ve dışsal fon maliyetleri arasındaki fark finansal riskleri ortaya çıkarmıştır (Kahyaoğlu, 2007).

3.2.1. Finansal Risk Türleri

Finansal riskler, firmaların ticari faaliyetlerinde oluşan finansal olaylardan kaynakladığı gibi firmanın dışında, dünyada veya içinde bulunduğu ülkede gelişen olayların finansal yapıları etkilemesinden kaynaklanan finansal olaylarla da ortaya çıkmaktadır. Gelişen teknoloji ve finansal risklerden korunma yöntemlerini kullanarak firma yöneticileri firma dışı etkenlerden oluşan finansal risklerden de korunmaya çalışmaktadırlar.

Finansal kurumlar risk alırken, belirli standart yaklaşımların oluşturulması ile gerekli gözetim ve denetime ihtiyacı, uluslararası BIS (Uluslararası Ödemeler Bankası) otoritesinin oluşumunu sağlamıştır. BIS yayınladığı çalışmalar ile bankacılık ve diğer finans piyasaları tarafından kabul edilen uluslararası anlaşmaların düzenleyicisidir. Finans sektöründe yaşanan gelişmeler, maruz kalınan risklerin hem niteliğinde hem türünde değişikliğe neden olmuştur.

Finansal risk türleri, finansal yapılara göre farklılıklar göstermektedir. Reel sektör veya bankalar için finansal riskler ve bu risklerin tanımları bazı farklılıklar içermektedir. Firmalar için finansal riskler, piyasa riski, likidite riski, kredi riski, operasyonel (faaliyet) risk, bilanço riski, sermaye yeterliliği riski olarak sınıflandırılır.

Likidite Riski: Likidite riski, firmaların sahip oldukları varlıkların nakit talebini karşılayamaması riskidir. Bu risk özellikle nakde ihtiyaç duyulduğu zaman varlıkların satılamaması ve paraya çevrilememesinden kaynaklanmaktadır. Varlıkların vadelerinin, yükümlülüklerin vadelerinden daha uzun olması durumu likidite riskini artırmaktadır. İşletmelerin toplam varlıkları toplam borçlarından daha fazla olmasına rağmen; bazı işletmelerde sipariş miktarlarının sık değişikliğe uğraması, alacakların tahsil edilememesi v.b. sorunlar nedeniyle vadeleri geldiğinde

cari yükümlülüklerini karşılayamamaları durumu söz konusu olabilir. Bu durumda olan firmalar kısa vadeli borçlarını döndürememelerinden dolayı teknik olarak başarısızlığa uğramış kabul edilir ve finansal yönetimde “firmanın teknik likiditesini” kaybetmesi şeklinde ifade edilir.

Firmalar nakit çıkışı konusunda miktar ve zamanlama belirsizlikleri nedeniyle, yükümlülüklerini yerine getirmek için ellerinde yeteri kadar nakit ve/veya likit kaynaklar tutmaları gerekmektedir. Likidite sıkıntısı çeken bir firma kısa sürede yeniden borçlanarak ya da aktiflerini makul maliyette nakde çevirerek ihtiyacı olan fonu sağlayamayabilir. Bu durumda firma likidite sıkıntısı yaşar.

Kur Riski: Döviz kuru, iki ülke paralarının birbirleri ile değiştirme oranıdır. Ülkelerin reel gelir düzeyleri, ülkeler arası faiz ve fiyat oranlarındaki farklılıklar döviz kurlarını oluşturmaktadır. Özellikle 1971 yılında Bretton Wood sisteminin çöküşü ve 1973'te tamamen kaldırılması ile beraber dünya da kur riskinden bahsedilmeye başlanmıştır. Bretton Wood sisteminin kaldırılmasıyla ülke paraları serbestçe fiyatlanmaya başlamıştır. Çapraz kurlar oluşmaya başlamış, sermayenin dolaşımı hızlanmıştır (Winters, 2007).

Dünya piyasalarını etkileyen bu gelişmelerden sonra değişen dünyada ticaret artmıştır. Kur riski, uluslararası ticaretin artmasıyla beraber firmalar için önemli bir tehlike oluşmaya başlamıştır. Firmalar uluslararası ticaret yaparken birçok farklı para birimi kullanmaya başlamalarıyla çapraz kur değişimlerinin etkilerine maruz kalmışlardır. Çapraz kurların iyi yönetilememesi firmaların karşısına kur riskini çıkarmıştır.

Kur riski, gelecekte döviz kurunun değerinde yaşanabilecek dalgalanmalar sonucunda varlıklar ve/veya yükümlülüklerde meydana gelebilecek değişikliklerden zarar edilmesi ihtimalini ifade etmektedir. Bir başka anlatımla, firmanın bilançosundaki aktifinde ve pasifinde aynı tutarda ve aynı cinsten döviz bulunduramama riskidir.

Yerel paranın yabancı paralar karşısında değer kaybetme ihtimali kur riskini doğurur. Aslında döviz kurundaki olumsuz dalgalanmalar tüm ülke ekonomisini etkileyeceği için dövizdeki değişimler ülkedeki tüm firmaları, sahip oldukları döviz yükümlüğüne de bağlı olarak az ya da çok etkileyecektir. Ancak döviz ile alışveriş

yapan firmalarda kur riski çok daha önemlidir. Özellikle ithalat yapan firmalar mallarını veya hammaddelerini döviz ile alırlar. Ancak satışlarını yerel para ile yaparlar. Dolayısıyla döviz kurundaki olumsuz dalgalanmalar ithalat yapan firmaları çok olumsuz ve derinden etkileyebilir. Bu durumda yaşanacak olumsuzluklar firmanın ciddi sıkıntılarla karşılaşmasına neden olacaktır.

Faiz Oranı Riski: Sermaye piyasalarında faiz oranı riski, piyasadaki faiz oranının değişmesinin yatırım yapılan menkul kıymetin değerini olumsuz etkileme olasılığıdır. Örneğin faiz oranı yükseldiğinde önceden alınmış olan düşük faiz oranlı devlet tahvilinin fiyatı düşer. Faiz oranlarının yükselmesi hisse senedi piyasasını da olumsuz etkiler. Özellikle sabit gelir sağlayan menkul kıymetlerin fiyatını düşürür. Faiz oranlardaki düşme ise menkul kıymetlerin fiyatının yükselmesine neden olabilir.

Bankalar açısından faiz oranı riski, bankanın bilançosundaki aktif ve pasif kalemlerinin vadeleri uyumlu değil ise ve faiz oranı da oynak bir davranış gösteriyorsa, bankanın maruz kaldığı risktir. Vade uyumsuzluğu bankanın işlevi itibariyle süreç içinde kendiliğinden oluşur. Bankalar kısa vadeli borçlanıp, uzun vadeli krediler dağıtarak piyasalardaki vade dönüşümünü sağlar. Bu bankanın temel fonksiyonlarındanır. Banka bunun karşılığında faiz farkından kazanç sağlar. Ancak banka bunu yaparken faiz oranı riski ile karşı karşıyadır. Bu oran, firmanın faiz ödeyebilme yeteneğini göstermektedir ve bire doğru yaklaştıkça kötü durumun göstergesidir. Faiz oranı riskinden korunabilmek için uzmanlarca firmalara kiralama (leasing) imkânları önerilmiştir. Özellikle havayolu firmaları kiralama yöntemini çok sıklıkla kullanmaktadırlar (Berman, Knight, 2006).

Faiz oranı riskine reel sektör açısından bakıldığında firmanın hem aldığı kredilerin faiz oranlarının firmaya getirdiği maliyetler, hem de piyasaların faiz oranından etkilenmesi sonucu firmanın karşılaştığı olumsuzlukları görebiliriz.

Firmalar zaman zaman kredi almak durumunda kalırlar. Genellikle firmalar yeni yatırım yaparken veya ödeme sıkıntısı çekerken ihtiyaç duydukları fonu kredi olarak sağlarlar. Ülkedeki ve dünyadaki ekonomik problemler faiz oranlarının değişmesi üzerinde oldukça etkilidirler. Faiz oranlarının değişmesi, firmaların yatırım ve borçlanma maliyetlerini artırır. Ancak gelişen sermaye piyasalarında firmaların faiz oranı riskini indirgeyebilmeleri için bazı finansal araçlar vardır. Firma

yöneticilerinin risklerini indirgemedeki finansal araçlardan yararlanmaları her geçen gün artmaktadır.

Fiyat Riski: Fiyat riski, bir malın firma tarafından sabit bir fiyatla alınıp değişken bir fiyat ile ülke veya dünya pazarlarında satılması veya tam tersi, değişken fiyatla alınıp, sabit fiyatla satılmasıdır. Alım ile satım arasında geçen süre içerisinde fiyatlarda bir değişme olursa, satan firmanın veya alan firmanın kârları değişecektir. Örneğin; vadeli olarak yapılan ihracatta, eğer kurlar değişirse firmanın bu işlemden dolayı kâr veya zarar yönünde etkilenmesi söz konusu olacaktır.

Sermaye piyasaları için fiyat riski, piyasa faiz oranlarındaki değişmeye bağlı olarak sabit getirili bir menkul değer cari piyasa fiyatında ortaya çıkabilecek olumsuz değişimdir.

Literatürde fiyat riski, yabancı para, faiz ve piyasa riskinin bir kombinasyonu olup, firma tarafından aynı para biriminden borç ve alacakların, faiz taşıyan varlık ve yükümlülüklerin birbirini karşılama yoluyla doğal olarak yönetilmektedir. Piyasa riski, firma tarafından piyasa bilgilerinin incelenmesi ve uygun değerlendirme metotları vasıtasıyla yakından takip edilmektedir.

Piyasa Riski: Piyasada parasal işlemleri etkileyecek, faiz oranı, döviz kuru, menkul kıymet fiyatlarındaki değişimler piyasa riskini oluşturur (Bolak, 2004). Piyasa riski, birkaç riskin etkileri ile ortaya çıkan bir risktir ve bu riskler ülke ekonomilerini etkileyen risklerdir. Örneğin, faizlerin yükselmesi yatırımların azalmasına, borç yükü olan firmaların ciddi zorluklarla karşılaşmasına neden olabilir veya döviz kurundaki değişimler firmaların yabancı para ile olan yükümlülüklerini karşılamada sıkıntılara neden olabilir. Daha önce de bahsedildiği gibi bu tip risklerin oluşmasında etken firmanın iç dinamikleri değil, genel ekonomik ve politik koşullardır. Buna karşın piyasa riskinin gerçekleşmesi halinde, firmaların finansal yapıları çok ciddi şekilde etkilenebilmektedir.

Piyasa riskine maruz kalan kurum ve kuruluşların finansal yapılarından dolayı piyasa riskinden etkilenme dereceleri de farklı olur. Finans kurumlarının faaliyet alanları faiz, döviz, menkul kıymet alım satımı olmasından dolayı piyasa riskine karşı daha duyarlıdırlar. Çünkü piyasa riski tanımındaki faiz oranı, döviz kuru ve menkul kıymet fiyatlarındaki her değişim finans kurumlarını doğrudan etkiler. Bu

değişimlerden dolayı zarar görebilecek ilk kurumlar finans kurumlarıdır. Reel sektörün etkilenmesi ise finans kurumları ile olan ilişki düzeyine de bağlı olarak daha geç olacaktır (Yaslıdağ, 2007). Piyasa riskini en aza indirmek, piyasa disiplinin sağlanmasıyla mümkündür. Piyasa disiplini; piyasadaki kurumlarla ilgili bilgilerin zamanında doğru ve şeffaf şekilde alınmasını içerir. Bankacılık sektöründe piyasa disiplinin sağlanmasıyla birlikte, piyasadaki ilgili birimler, çok daha sağlıklı değerlendirmeler yapabilecekler ve böylece istenmeyen riskler en aza indirilecektir (Erçel, 2000).

Kredi Riski: Kredi riski, finansal kurumlar açısından kredi riski, bir tarafın sözleşmedeki ödeme yükümlülüğünü yerine getirememesi olarak tanımlanabilir. Kredi riski bir tarafın diğer tarafa gelecek dönemdeki ödemeler için yükümlülük altına girmesi ile var olacaktır. Kredi riski, banka kredisi, işletme tahvilleri veya vadeli işlem sözleşmeleri ile ortaya çıkabilir. Reel sektör açısından kredi riskinin iki farklı tanımı üzerinde durulur. Kredi riski, bazı kaynaklara göre işletmenin alacaklarını tahsil edememesi olarak, bazı kaynaklara göre ise; işletmenin ödeme gücü içinde borçlanma imkânı bulamaması (fon kaynağı bulamaması) şeklinde açıklanmaktadır.

Kredi riskinin firmalarda ortaya çıkmasının iki temel nedeni vardır. Birincisi, firmanın satış politikaları doğrultusunda yer alan müşterilerine açtığı kredilerin tahsilâtı nedeniyle ortaya çıkan muhtemel problemlerden dolayıdır. İkincisi ise firmanın ödeme gücü ile karşı karşıya kaldığında kendisine fon bulmadaki problemlerdir.

Operasyonel Riskler: Operasyonel riskler, firma içi kontrollerdeki aksamalar, firma yönetimi ve personeli tarafından zaman ve koşullara uygun harekete dilememesi, firma yönetimindeki hatalar, bilgi teknolojisi sistemlerindeki hata ve aksamalar ile deprem, yangın, sel gibi felaketlerden kaynaklanabilecek kayıpları ya da zarara uğrama ihtimali ile karşılaşılabilecek durumu olarak tanımlanmaktadır (Küçükkoçaoğlu, 2010).

Basel Komitesine göre operasyonel risk, yetersiz ve başarısız içsel süreçlerden, personel ve sistemlerden ya da dışsal olaylardan kaynaklanan, doğrudan veya dolaylı zarar riskidir. Operasyonel riskin diğer risk türlerinden önemli bir

farklılığı subjektif kriterlere sahip olmasıdır. Diğer bir ifadeyle operasyonel riskin sayısallaştırılması oldukça zordur.

3.2.2. Finansal Risk Yönetimi

Risk, bankalar için başarısızlığı ifade etmektedir. Ancak başarılı bir şekilde yönetilmesi durumunda bankalarının karlılığını artıran en önemli faktör haline gelebilir. Finansal risk yönetimi, tüm işletmeler için büyük önem taşımaktadır ve yapılması gereken bir iştir. Bankalar için ise ayrı bir öneme sahiptir çünkü bankacılık sektöründe ortaya çıkabilecek bir risk, sadece o sektörü değil, tüm ekonomik sistemi etkiler (Gençler, 2007). Bankalar etkin finansal risk yönetimleri sayesinde bir yandan maruz kalabilecekleri zararlara neden olabilecek etkenlerin azalmasını sağlarken, diğer yandan da zayıf noktalarını güçlendirerek karlılıklarının artmasını sağlamaktadır.

Finansal piyasada yaşanabilecek ani değişikliklere karşı şirketlerin, kendilerini korumaları ve karşılaşılabilecekleri maksimum kaybı belirlemeleri ve sermaye durumlarını düzenlemeleri gerekmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin finansal piyasasında sıkça görülen dalgalanmalar, yatırımcılar için beklenmeyen kar ve zarar anlamına gelmektedir. Finansal risk yönetimi, bir yandan şirketin değerini arttırırken diğer yandan genel ekonomi ve finansal denge bakımından ülke için istikrarlı bir sistem yaratabilmektedir.

Finansal risk yönetimi, riskleri tamamen ortadan kaldırmaz. Finansal risk yönetiminde riskler tanımlanır, önleyici tedbirler alınır ve risklerin büyüklüğü sayısallaştırılarak kabul edilebilir bir risk düzeyi belirlenir.

Finansal Risk Yönetiminin Gelişimi: Dünyada 1980 ve 1990'lı yıllar uluslararası mali piyasalar açısından önemli bir geçiş dönemidir çünkü bankacılık işlemleri artmış, işlemler karmaşık hale gelmiş, rekabet artmış ve piyasalardaki belirsizlikler bankaların daha büyük ve çeşitli risklerle karşı karşıya bırakmıştır. (Babuşçu, 2005).

1999 yılında Uzak Doğu ve Güney Asya'da meydana gelen krizin ardından, Türkiye bankacılık sistemi içerisinde yer alan bankalar yeni risklerle karşı karşıya gelmişlerdir. Bu risklerden bazıları, finansal piyasalarda hızla büyüyen rekabet,

kurum yapılarının karmaşıklaşması, kontrol eksikliği durumları ile vade yapıları ve döviz pozisyonları arasındaki dengesizliklerdir. Finansal piyasalarda yaşanan bu hızlı değişimler küreselleşmenin de etkisiyle piyasalar arasındaki etkileşimi arttırmaktadır. Bu sonucunda da bankalar, finansal risk yönetimine artan bir ilgi ile odaklanmaktadır.

Finansal Risk Yönetiminin Amacı: Finansal risk yönetiminin amacı, bankanın risk almasını önlemek değildir. Karşılaşılabilecek risklerin zararını azaltıp bunu kâra çevirerek finansal performansı arttırmaktır. Finansal performansın ölçümünde aktif getirisi (net kar / toplam aktifler) veya öz varlık getirisi (net kar / toplam öz kaynaklar) gibi mali tablolardan üretilen geleneksel finansal oranlar yerine, daha sağlıklı olan riske göre düzeltilmiş getiriler esas alınabilir (Bektaş, 2006).

Bilgi teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, bilgisayar destekli simülasyon teknikleri gibi karmaşık hesaplamaların daha az zamanda daha az maliyetle yapılması mümkün hale gelmiş ve bu da finansal risk yönetiminde yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. İşlem hacmindeki artış, iletişim, bilgisayar ve özellikle internet kullanımındaki hızlı gelişmeler finansal piyasaların birleşimini hızlandırmıştır ve bu gelişme piyasalar arasındaki etkileşimi arttırmıştır.

Finansal risk yönetim süreci, banka üst düzey yönetimi ile risk yönetimi gurubunun beraberce belirlediği ve yönetim kurulunun onayladığı esaslar çerçevesinde, risklerin tanımlanması, ölçülmesi, risk politikaları ve uygulama usullerinin oluşturulması ve uygulanması, risklerin analizi ve izlenmesi, raporlanması, araştırılması ve denetimi safhalarından meydana gelir (BDDK, 2010).

Finansal risk yönetimi süreci sırası ile riskin, tanımlanması, ölçülmesi, analizi, kontrol edilmesi, raporlanması ve riske göre yönetim stratejisi ve politikaların belirlenmesidir. Bankaların bu süreci etkin bir şekilde devam ettirebilmesi için risk yönetimine ihtiyaçları vardır. Finansal kurumlarda meydana gelen krizlerin çoğunun sebebi etkin bir finansal risk yönetiminin olmayışıdır. Piyasaların her geçen gün daha karmaşık hale gelmesi etkin bir finansal risk yönetimini zorlaştırmaktadır.

Finansal Risk Yönetiminde Kullanılan Temel Yöntemler: Finans dünyasındaki gelişmelere paralel olarak finansal risk yönetiminde birçok gelişmeler yaşanmıştır, finansal risk yönetimini gelişimine göre dört temel başlıkta toplamıştır.

Boşluk analizi, sadece bilanço içi faiz riskini dikkate almakta ve inceleme döneminden etkilenebilmektedir.

Süre analizi, sadece net gelirdeki değişimi değil aktif ya da pasiflerin fiyatlarındaki değişimi de dikkate almaktadır. Bu nedenle boşluk analizine göre daha kullanışlı bir analizdir. Ancak faiz riski dışındaki riskleri ihmal etmesi ve detaya inmeden kaba olarak incelemeler yapması, yöntemi finansal olmayan şirketler için verimsiz kılmaktadır.

İstatistiksel analiz, normalde piyasada alım-satımı yapılan menkul kıymetlerin fiyat verileri mevcut olduğundan analiz de piyasa fiyat riski ile sınırlı kalmaktadır.

Senaryo analizleri, ise olasılıkların oluşturulması ve değerlendirilmesinde fazlasıyla bireysel yeteneklere dayanmaktadır.

3.2.3. Finansal Riskin Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler

Firmaların riskleri ölçme yolundaki çalışmalar, 1970-1980 yıllarda başlamıştır. Hisse senetleri ve döviz fiyatlarında meydana gelen büyük değişiklikler finansal risk ölçümünün gerekliliğini ortaya koymuştur ve çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemler, finansal kurum ve şirketlere satılmıştır.

Riske Maruz Değer: 1970 ve 1980'li yıllarda geliştirilen sistemlerin en ünlüsü Morgan tarafından geliştirilen, RMD ölçütüdür. Bankalar, ulusal denetim otoriteleri, piyasa riskini nicelleştirirken hem anlaşılması hem de tek bir rakamla ifade edilmesinden dolayı RMD yöntemini kullanmayı tercih etmektedirler. RMD, portföyün ya da varlığın değerinin, faiz oranlarındaki, döviz kurlarındaki ve hisse senedi fiyatlarındaki dalgalanmalar sonucu meydana gelebilecek değişikliklerin sonucunda maruz kalınan en büyük zarar ve belirli bir zaman aralığında, belirli olasılık düzeyinde, sayısal yöntemlerle tahmin edilen değerdir (BDDK, 2002).

RMD'nin en önemli avantajı, piyasa verilerinin değişmesi sonucunda oluşan negatif yönlü riski tek ve anlaşılabilir bir sayıyla göstermesidir ve ortak ölçümler

sonucunda bu sayıya bakılarak bu risk düzeyinin kabul edilebilir mi yoksa kabul edilemez mi olduğu sonucuna karar verilebilmesidir.

RMD'nin ölçülebilmesi için portföyün gelecek değerlerinin dağılımı ya da buna denk olan portföy değerindeki değişimlerin dağılımının bilinmesi gerekmektedir. RMD, ölçülmesini temel anlamda ikiye ayrılmaktadır. Parametrik bir dağılım bazında RMD ölçülmesi ve parametrik olmayan bir dağılım bazında RMD ölçülmesidir. Parametrik kategorisine dâhil olan modeller, getirilerinin normal dağıldığı hipotezi altında, belirli bir güven düzeyine bağlıdır. Parametrik olmayan yöntemler için ise herhangi bir parametreye bağlılık söz konusu değildir.

RMD Hesaplama Yöntemleri:

RMD üç farklı yöntemle hesaplanmaktadır.

Parametrik Yöntemi ile RMD Hesaplanması: Bu yöntem, portföy değişiminde oluşan dağılımın normal dağıldığı varsayımı üzerine kurulmuştur ve Markowitz (1952) tarafından ortaya konulan portföy teoreminin gelişmiş bir uzantısıdır. Parametrik yöntem, portföy volatilitésinin bulunması ve hesaplanması temeline dayanmaktadır. Bu hesaplamada portföyler getirileri üzerinden tek bir portföyün volatilitésini bulunmaya çalışılır ve bu durumda portföyün genel varyansının (ya da standart sapmasının) belirlenmesi gerekir.

Parametrik yöntem ile RMD hesaplanması,

$$RMD = -a_{cl}\sigma_p \quad (3.1.)$$

şeklindedir. σ_p portföyün standart sapması, a_{cl} güven aralığına karşılık gelen olasılık değeridir (Uzunoğlu, Geçer, Eren, Kızıl, Onar, 2005).

Normal dağılıma bağlı olarak RMD'nin hesaplanmasında, en önemli parametrelerden biri standart sapmadır ve durağan olduğu varsayılmaktadır. Ancak piyasa fiyatlarındaki geçmiş veriler incelendiğinde standart sapmanın durağan olmadığı gözlenmiştir. Durağan olmayan standart sapma varsayımı ile yapılacak hesaplamalar gerçek riski yansıtamayacağından dolayı değişkenliğin tahmin edilmesinde farklı yöntemler kullanılabilir.

Tarihsel Simülasyon Yöntemi ile RMD Hesaplanması: Tarihsel simülasyon yönteminde tarihin birebir tekrar ettiği varsayılmaktadır. Böylelikle seçilen bir zaman aralığı boyunca gerçekleşmiş günlük fiyat hareketleri göz önünde bulundurularak dağılım oluşturulur. Bu dağılımda güven aralığına denk gelen gözlem portföyün RMD'sini oluşturur. Tarihsel simülasyon yöntemiyle hesaplanan RMD, Parametrik RMD'ye göre daha basittir.

Tarihsel simülasyon yöntemi, risk faktörlerinin dağılımı konusunda bir varsayım yapmaz, bu nedenle risk faktör getirilerinin normal dağıldığı ve zaman içerisinde birbirinden bağımsız olduğu varsayılmaz. Parametrik olmayan yapısı içerisinde volatilitelerin ve korelasyonların tahmin edilme durumu yoktur. Bu yöntem ile RMD bulunurken geçmiş veri kümesinin değerlerine bugünkü portföyde bulunan varlıkların ağırlıkları uygulanır. Geçmişteki değerlere bugünkü portföy ağırlıklarının uygulanması,

$$R_{p,k} = \sum_{i=1}^N W_{i,t} R_{i,k}, \quad k = 1, 2, \dots, t \quad (3.2.)$$

şeklinindedir. Burada W_t , t anındaki bugünkü portföyde bulunan varlıkların portföy içindeki ağırlıklarını, N ise portföydeki varlık sayısını gösterir.

Tarihsel simülasyon ile RMD hesabı yapılırken şu adımlar izlenmektedir.

-Portföyün temel piyasa etkenleri cinsinden tanımlanması ve portföyde bulunan varlıkların piyasa fiyatlarına göre değerlerini piyasa etkenleri cinsinden ifade edebilecek bir formül belirlenmesi.

-Piyasa etkenleri için N dönemlik bir tarihi veri sağlanması.

-Portföye, piyasa oran ve fiyatlarında geçmiş N dönemde görülen değişimler uygulanmakta ve varsayımsal portföy değerleri bulunduktan sonra her bir varsayımsal portföy değerinden portföyün mevcut değeri çıkarılarak varsayımsal kar ve zararlar bulunmaktadır.

-Piyasa fiyatları ile değerlendirme sonucunda bulunan varsayımsal portföy kar ve zararları sıralanmaktadır.

-Güven aralığına karşılık gelen zarar tespit edilmektedir.

Monte-Carlo Simülasyon Yöntemi İle RMD Hesaplanması: Monte-Carlo Simülasyon Yöntemi, tarihsel veri elde edilemiyorsa yani tarihsel simülasyon işlevini yerine getirmede yetersiz kalıyorsa kullanılmaktadır. Monte-Carlo simülasyon yöntemi, rasgele seçilmiş ve birbirinden bağımsız olan değişkenler, geçmişe dönük verilerin kullanılmasıyla birbiri ile ilişkili piyasa fiyatları haline dönüşmekte ve elde edilen bu piyasa fiyatları kullanılarak portföyün değer dağılımı belirlenmektedir. Elde edilen bu rassal değerler mevcut portföye ilişkin varsayımsal kar ve zararların dağılımını elde etmek için kullanılacak olup RMD tutarı da bu dağılımdan elde edilecektir (Akan, Laçiner, Tüzün, 2003).

RMD yöntemlerinin en güçlüsüdür ve doğru kullanıldığında piyasa riski ölçümünde kullanılan en kapsamlı yöntemdir. Ancak çok işlem gerektirdiği için zaman kaybına neden olmaktadır.

Monte-Carlo Simülasyon Yöntemi ile Tarihsel simülasyon yöntemi benzer olmalarına rağmen; Monte-Carlo Simülasyon, piyasa etkenlerindeki olası değişimleri temsil edeceği düşünülen istatistiksel bir dağılım seçerek, gerçek olmayan tesadüfi piyasa fiyatlarını ve oranlarının ortaya koyar.

Monte-Carlo simülasyon ile RMD hesabı yapılırken şu adımlar izlenmektedir,

-Aynı Tarihsel simülasyon yönteminde olduğu gibi, portföyün temel piyasa etkenleri cinsinden tanımlanması ve portföyde bulunan varlıkların piyasa fiyatlarına göre değerlerini piyasa etkenleri cinsinden ifade edebilecek bir formül belirlenmesi.

-Risk etkenleri belirlendikten sonra bunlardaki değişimler için belli bir dağılım tespit edilmekte ve bu dağılımın parametreleri tahmin edilmektedir.

-Dağılım seçildikten 1.000 veya 10.000 adetten fazla varsayımsal değişim değeri üretilecek ve bu varsayımsal piyasa etkenleri kullanılarak varsayımsal portföy değerleri hesaplanacaktır. Portföyün mevcut değeri ile varsayımsal portföy değerleri karşılaştırılmak suretiyle de varsayımsal kar ve zarar bulunacaktır.

-Piyasa fiyatları ile değerlendirme sonucunda bulunan varsayımsal portföy kar ve zararları sıralanmaktadır.

-Güven aralığına karşılık gelen zarar tespit edilmektedir.

Diğer Risk Ölçüm Yöntemleri

Beklenen Kuyruk Kaybı(ES): Bu Yöntem, Artzner ve ark. (1997) tarafından “koşullu RMD”, “kuyruklu RMD” veya “ortalamaı aşan kayıp” şeklinde ifade edilmekte olup, RMD yaklaşımındaki bazı eksiklikleri gidermek için geliştirilmiştir. ES, RMD seviyesini aşan kayıpların olması durumunda portföydeki koşullu kayıp beklentisini ölçmek için kullanılmaktadır. ES,

$$ES(X) = E[X|X \geq RMD(X)] \quad (3.3.)$$

şeklindedir. Burada $E[X|B]$: B olayı altında, X için şartlı beklenen değerdir (Yamai ve Yoshihara, 2005).

Spektral Risk Ölçümleri: Acerbi (2002) tarafından geliştirilen, kişilerin risk kabul durumlarının da risk hesabına katıldığını gösteren bir yöntemdir (Dowd ve Blake, 2006).

M_ϕ eldeki hasar dağılımına ait yüzdelerinin ağırlıklandırılmış ortalamaları olmak üzere,

$$M_\phi = \int_0^1 \phi(p) q_p d_p \quad (3.4.)$$

şeklindedir. Burada $\phi(p)$ risk kabul durumunu göstermektedir.

Dönüştürülmüş Risk Ölçümleri: Dönüştürülmüş risk ölçümü, dönüştürülmüş dağılım fonksiyonu kullanılarak hesaplanan beklenen hasar miktarıdır. Denneberg (1990) ve Wang (1996) tarafından önerilmiş bir yöntemdir. Değişik tipte dönüştürülmüş risk fonksiyonları önerilmiştir, bunlardan en çok bilineni Wang dönüşümü olarak da bilinen fonksiyondur. Fonksiyon,

$$g(u) = \Phi[\Phi^{-1}(u) - \lambda] \quad (3.5.)$$

şeklindedir. Burada $\Phi(\cdot)$ standart normal dağılım fonksiyonu, λ ise piyasa riskidir (Dowd, Blake, 2006).

4.KARMA DAĞILIM MODELLERİ

4.1. Karma Dağılım

Karma dağılım modelleri heterojen yapıdaki kitleleri modellemek için kullanılır. Karma dağılım modelleri birçok alanda rasgelelik içeren doğal olayların farklı özellikleri hakkında toplanan ölçüm değerlerine istatistiksel olarak model uydurmada matematiksel bir yaklaşım sağlar. Bu nedenle karma modelleri, hem teorik hem de uygulamalı birçok çalışma alanında önemlidir. Çok değişkenli veriye istatistiksel modellemenin yapıldığı her alanda karma dağılım modelleri kullanılabilir (Fraley, 1998). Normal dağılıma sahip olmayan heterojen yapıdaki tek değişkenli veya çok değişkenli veri kümeleri için karma dağılım modelleri oldukça uygun ve güçlü bir istatistiksel modelleme aracıdır (McLachlan ve Peel, 2000).

Karma Dağılım Tarihçesi: Karma dağılım modelleri ile ilgili ilk çalışma Pearson (1894) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada birbirinden farklı μ_1, μ_2 ortalamalı, σ_1, σ_2 varyanslı, π_1, π_2 karma oranlarına sahip tek değişkenli iki bileşenli karma dağılım modelleri incelenmiştir (Çalış, 2005).

Gelişen teknolojiyle birlikte karma dağılım modelinde likelihood tahminine yönelme olmuştur. Bir karma dağılım modeli için bu prensibin ilk kullanımı Rao (1948) tarafından gerçekleştirilmiştir. Hasselblad (1966,1969), likelihood tahminle ilgili olarak üstel aileden karma dağılım modelleri için eşit varyanslı g tek değişkenli normal dağılımların karmasını çalışmıştır. Dempster ve ark. (1977), EM algoritmasının özel uygulamalarına karşılık gelen bir ardışık form göstermişlerdir. Butler (1986), bilinen varyanslarla tek değişkenli normal kitlelerin bir sonlu sayısının bilinen oranlarında bir karmanın ortak ortalamasının maksimum likelihood tahminini hesaplamak için Dempster ve ark. (1977) 'nin EM algoritmasının bir uygulaması olarak yorumlanabilecek ardışık yeniden ağırlıklandırma yöntemini önermiştir. Karma normal dağılım modelinde π_i, μ_i ve σ_i ($i = 1,2$) parametrelerini tahmin etmek için maksimum likelihood yöntemiyle birlikte EM kullanılır (Alexander, 2008).

Veri yapısına en uygun karma dağılım modeli belirlenirken karşılaşılan en önemli problem karma dağılım modelindeki bileşen sayısının belirlenmesi problemidir. Karma dağılım modellerinde bileşen sayılarının belirlenmesi problemi henüz tam olarak çözümlenmemiştir. Bu duruma Lukociene ve Vermunt' un (2010) "Determining the Number of Components in Mixture Models for Hierarchical Data-Hiyerarşik veriler için karma dağılım modellerindeki bileşen sayılarının belirlenmesi" başlıklı makalesi örnek olarak verilebilir. Dardac ve Grigore (2011), farklı piyasa hareketlerini daha iyi modellemek için karma normal dağılım varsayımı altında parametrik modellerin kullanılmasını önermişlerdir.

Karma Dağılım Modelleri İçin Temel Gösterimler: Karma dağılımların yapısını daha iyi anlayabilmek için ilk olarak tek değişkenli genel gösterim şekilleri üzerinde durulacaktır.

X , C örneklem uzayındaki değerleri alan rasgele değişken olmak üzere olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$p(x) = \pi_1 f_1(x) + \dots + \pi_g f_g(x) \quad (x \in C) \quad (4.1)$$

şeklindedir. Bu durumda X sonlu karma dağılıma sahiptir. Burada $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_g$ karma oranlarını ve $f_1(\cdot), f_2(\cdot), \dots, f_g(\cdot)$ fonksiyonları karma dağılımdaki bileşenlerin yoğunluklarını göstermek üzere aşağıdaki eşitlikler sağlanmaktadır;

$$0 \leq \pi_i \leq 1 \quad (i = 1, \dots, g) \quad (4.2)$$

ve

$$\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_g = 1 \quad (4.3)$$

$$f_i(\cdot) \geq 0 \quad (4.4)$$

$$\int_C f_i(\cdot) dx = 1 \quad (i = 1, \dots, g) \quad (4.5)$$

(4.1) eşitliği aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir.

$$\pi_1 f_1(x|\theta_1) + \dots + \pi_g f_g(x|\theta_g) \quad (4.6.)$$

Burada θ_i ler f_i' lerin parametrelerini göstermektedir. θ_i , $f_i(\cdot)$ ve π_i parametreleri Ψ parametre ailesinden gelmektedir.

Karma dağılım modeli iki bileşenli olduğunda,

$$p(x|\Psi) = \pi\Phi(x|\mu_1, \sigma) + (1 - \pi)\Phi(x|\mu_2, \sigma) \quad (4.7.)$$

şeklindedir. Burada $\Phi(x|\mu_i, \sigma); (i = 1,2)$, μ_i ortalamalı, σ^2 varyanslı tek değişkenli normal dağılımı $\pi_1 = \pi$, $\pi_2 = 1 - \pi$, $\theta_1 = (\mu_1, \sigma)$, $\theta_2 = (\mu_2, \sigma)$, $\theta = (\mu_1, \mu_2, \sigma)$, $\Psi = (\pi, \mu_1, \mu_2, \sigma)'$ yı göstermektedir.

Yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir.

$$p(x|\Psi) = \sum_{i=1}^g \pi_i f(x|\theta_i) \quad (4.8.)$$

Eğer örneklemin boyutu p, 1'den büyük ise genel olarak olasılık yoğunluk fonksiyonunun yapısı ve karma modelin gösterim şekli değişecektir. Y_1, Y_2, \dots, Y_n , n birimlik bir örneklemini gösterebilir. Burada Y_j , p –boyutlu rasgele bir vektör ve Y_j' nin olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(y_j)$ olsun. Y örneklemin tamamını göstermek üzere,

$$Y = (Y_1^T, Y_2^T, \dots, Y_n^T)^T \quad (4.9.)$$

Şeklindedir ve n tane p –boyutlu vektörden oluşur.

Y_j' lerin gözlenmiş değerleri y_j' lerin oluşturduğu küme ise,

$$y = (y_1^T, y_2^T, \dots, y_n^T)^T \quad (4.10.)$$

ile gösterilir. Y_j' nin olasılık yoğunluk fonksiyonu, $f(y_j)$ aşağıdaki biçimde yazılabilir.

$$f(y_j) = \sum_{i=1}^g \pi_i f_i(y_j) \quad (4.11.)$$

Burada $f(y_j)$, i . bileşene ait olasılık yoğunluk fonksiyonu ve π_i , i . bileşene ait karma oranı veya ağırlığıdır.

Birçok uygulamada bileşen yoğunlukları $f(y_j)$ ' lerin bazı parametrik ailelere ait olduğu vurgulanır. Bu durumda bileşen yoğunlukları için $f_i(y_j)$ yerine $f_i(y_j; \theta_i)$ kullanılır. Burada θ_i karma dağılım modelindeki i . bileşen yoğunluğunun bilinmeyen parametre vektörüdür. $f(y_j)$, karma yoğunluğu aşağıdaki biçimde yeniden yazılabilir.

$$f(y_j; \Psi) = \sum_{i=1}^g \pi_i f_i(y_j; \theta_i) \quad (4.12.)$$

Burada Ψ , karma model içerisindeki bilinmeyen tüm parametreleri içeren vektördür ve

$$\Psi = (\pi_1, \dots, \pi_{g-1}, \xi^T)^T \quad (4.13.)$$

şeklinde yazılabilir. Burada ξ vektörü, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_g$ parametrelerinin tamamını içeren vektördür.

Bileşenlerin genellikle normal aileye ait oldukları varsayılır. Bunun sonucunda ise çok değişkenli normal bileşenlerin olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f_i(y_j; \theta_i) = \phi(y_j; \mu_i, \Sigma_i) \quad (4.14.)$$

şeklinde gösterilebilir.

Burada,

$$\Phi(y_j; \mu_i, \Sigma_i) = (2\pi)^{-p/2} |\Sigma_i|^{1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (y_j - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (y_j - \mu_i) \right\} \quad (4.15.)$$

μ_i ortalamalı ve Σ_i ($i = 1, 2, \dots, g$) varyans-kovaryans matrisli çok değişkenli normal olasılık yoğunluk fonksiyonunu gösterir. Bu fonksiyon için ξ vektörü, bileşen ortalamaları μ_1, \dots, μ_g ve birbirinden farklı varyans-kovaryans matrisleri $\Sigma_1, \dots, \Sigma_g$ 'lerden oluşur. Eğer bileşenler eş varyanslı ise,

$$\Sigma_i = \Sigma \quad (i = 1, 2, \dots, g)$$

alınır ve ξ vektörü, μ_1, \dots, μ_g ve Σ ' dan oluşur.

Karma Dağılım Modelleri için Parametrik Gösterimler: Birçok uygulamada karma dağılımın $f_i(x_j)$ bileşen olasılık yoğunluk fonksiyonları belirli bir parametrik olasılık dağılım ailesinden alınır. Bu durumda $f_i(x_j)$ bileşen olasılık yoğunluk fonksiyonu, $f_i(x_j; \theta_i)$ şeklinde parametrik olarak ifade edilir. Burada θ_i karma dağılım modelinin i . bileşen olasılık yoğunluk fonksiyonunun bilinmeyen parametrelerini içeren bir vektördür. Karma olasılık dağılımı $f(x_j)$ parametrik olarak,

$$f(x_j; \Psi) = \pi_i f_i(x_j; \theta_i) \quad (4.16.)$$

şeklinde ifade edilir. Burada Ψ , karma olasılık dağılım modelinde yer alan tüm bilinmeyen parametrelerin bir vektörüdür ve

$$\Psi = (\pi_1, \dots, \pi_{g-1}, \xi^T)^T \quad (4.17.)$$

şeklinde yazılır. Burada $\xi, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_g$ bileşen dağılımların bilinmeyen parametre vektörlerini içeren bir vektördür.

Tamamlanmış Veri ile İlgili Gösterimler: Karma dağılım modellerinin önceki gösterimlerine ek olarak burada tamamlanmış veri yapısının gösterim şekli üzerinde durulacaktır. Sonraki bölümlerde karşımıza çıkacak olan EM algoritması ve bazı bilgi kriterlerinde tamamlanmış veri yapısına dayalı formüller kullanılmaktadır.

Gözlenmiş veri vektörü,

$$y = (y_1^T, y_2^T, \dots, y_n^T)^T \quad (4.18.)$$

şeklindedir ve (4.18)' e tamamlanmamış veri gözüyle bakılır. Bunun nedeni z_1, z_2, \dots, z_n bileşen etiket vektörlerinin bulunmamasıdır. Her bir y_j gözleminin karma model içerisindeki bileşenlerin hangisine ait olduğu önemlidir. Eğer y_j karmanın i . bileşenine ait ise her bir etiket vektörü z_j , her bir elemanı $z_{ij} = (z_j)_i = 1$ veya 0 olan g –boyutlu bir vektörden oluşur ($i = 1, \dots, g; j = 1, \dots, n$) Bu yüzden tamamlanmış veri aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$y_c = (y^T, z^T)^T \quad (4.19.)$$

Burada,

$$z = (z_1^T, \dots, z_n^T)^T \quad (4.20.)$$

dır. z_1, \dots, z_n bileşen etiket vektörleri multinominal dağılıma sahip Z_1, \dots, Z_n rasgele vektörlerinin gerçek değerleridir. Bu varsayım tamamlanmamış veri vektörü Y ile tamamlanmış veri vektörü Y_c 'nin dağılımlarının benzer olduğunu vurgulamaktadır. Ψ için tamamlanmış veriden elde edilen log-likelihood,

$$\log L_c(\Psi) = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^n z_{ij} \{ \log \pi_i + \log f_i(y_j; \theta_i) \} \quad (4.21.)$$

ile gösterilir.

Karşılaşılan İstatistiksel Problemler: $X_1 = x_1, \dots, X_n = x_n$ gözlemlerin bir rasgele örneklem uzayı olsun. X_j 'nin yoğunluk fonksiyonu $p(x_j|\Psi) = \sum_{i=1}^g \pi_i f(x|\theta_i)$ olmak üzere birçok istatistiksel metodun başlangıç noktası olan likelihood fonksiyonu aşağıdaki gibi olur.

$$L_0(\Psi) = \prod_{j=1}^n p(x_j|\Psi) = \prod_{j=1}^n \left[\sum_{i=1}^g \pi_i f(x|\theta_i) \right] \quad (4.22.)$$

Birçok içerikte bileşenlerin sayısı hakkındaki belirsizlik istatistiksel problemlerin parametrik yapılar hakkındaki güçlü varsayımlarla ve yığın analizi ile yakından ilişkilendirilmesine yol açar. Bazen veri ile daha iyi uyum sağlaması için daha az bileşen içeren karma yapının varlığı araştırılır. Genelde iki bileşenin ya da tek bir bileşenin olup olmadığını bilinmek istenir. Fakat bilinen test yöntemlerinin bu durumda uygulamaları kolay değildir.

Örneğin;

$$H_0 : p(x) = \Phi(x|\mu, \sigma) \quad (4.23.)$$

$$H_a : p(x) = \pi\Phi(x|\mu_1, \sigma_1) + (1 - \pi)\Phi(x|\mu_2, \sigma_2)$$

hipotezleri ile açıkça belirtilen bir yada iki bileşen olduğu problemidir. H_0 ve H_a hipotezleri altında parametreler bilinmemektedir.

Bilindik yöntemleri düşünülecek olunursa genelleştirilmiş likelihood oran testinin göz önüne alınması gerekecektir. Bu testin önemi için χ_r^2 dağılımından faydalanılmaktadır. Burada r , H_0' ı üretmek için H_a üzerindeki kısıtlamaların sayısına eşittir. Bunun dışında H_0' 1, H_a üzerinden elde etmek için aşağıdaki sınırlamalar da kullanılabilir.

$$\pi = 0 \quad (1 \text{ tane sınırlama var})$$

ya da (4.24.)

$$\mu_1 = \mu_2, \sigma_1 = \sigma_2 \quad (2 \text{ tane sınırlandırma altında})$$

Bilinmeyen Parametreler: Bileşen sayısı g 'nin verilmiş değerlerini düşündüğümüzde, karma modelin bilinmeyen parametreleri hakkında yorum yapabilmesi için parametrik formüllere ihtiyaç vardır.

Bazı direk uygulamalarda karma problemden ayrı olarak tek tek bileşenlerin dağılımları ile ilgili detaylı çalışmalar yapmak mümkündür. Yani $f_1(\cdot|\theta_1), f_2(\cdot|\theta_2), \dots, \dots, f_g(\cdot|\theta_g)$ bileşenlerin yoğunluk fonksiyonları bilindiğinde değinilen problem sadece karmanın bilinmeyen oranları $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_g$ ' lar ile ilgili olacaktır.

Diğer uygulamalarda karmanın oranları π_i 'ler biliniyor iken θ_i ' ler hakkında belirsizlikler olacaktır. Bu durumda $f_i(\cdot|\theta_i)$ yoğunluk fonksiyonları ile ilgili elde edilebilir detaylı bilgi olmayacaktır. Bütün bunları yanında uygulamalarda çoğunlukla karşılaşılan hem π_i 'lerin hem de θ_i 'lerin bilinmediği durumlarda olacaktır.

Bilinmeyen parametreleri tahmin etmek istendiğinde, sonlu karma problemlerde uygulanan kayda değer birçok tahmin metodunu kullanılabilir. Bunlar içerisinde en iyi bilinen yöntemler momentler metodu, maksimum likelihood, minimum ki-kare, en küçük kareler ve Bayes yaklaşım metodudur. Bu metotlara ek olarak grafiksel yöntemlerle bilinmeyen parametreleri tahmin etme metodu üzerinde de durulmaktadır.

Karma Modellerin Elde Edilmesi: Bir rasgele X_j vektörü için g bileşenli ve $f(x_j)$ ile ifade edilen bir karma olasılık yoğunluk fonksiyonu elde etmek amacıyla gerekli tanımlamalar aşağıdaki gibi yapılır.

$Z_j, 1, 2, \dots, g$ değerlerini sırasıyla $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_g$ olasılıkları ile alan kategorik rasgele değişken olsun. $i = 1, 2, \dots, g$ olmak üzere $Z_j = i$ verildiğinde X_j rasgele vektörünün koşullu olasılık yoğunluk fonksiyonu $f_i(x_j)$ ile gösterilsin. Bu durumda X_j rasgele vektörünün marjinal yoğunluk fonksiyonu olan koşulsuz olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x_j)$ ile verilir.

Burada kategorik Z_j rasgele değişkeni, X_j değişken vektörünün bileşen etiketi gibi düşünülür. Z_j, g boyutlu bileşen etiket vektörü olmak üzere $i.$ elemanı $Z_{ij} = (Z_j)_i$ olup, $j.$ rasgele değişken vektörü X_j karma modelin $i.$ bileşeninden elde edilmişse 1 diğer durumlarda 0 değerini alır. Bu durumda bileşen etiket vektörünü Z_j 'nin dağılımı $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_g$ olasılıklı g farklı kategori üzerinden bir

çekim ile ilgili olacağından çok terimli bir dağılım olacaktır. Bu durumda Z_j 'nin olasılığı,

$$Pr\{Z_j = z_j\} = \pi_1^{z_{1j}} \pi_2^{z_{2j}} \dots \pi_g^{z_{gj}} \quad (4.25.)$$

ve

$$Z_j = Mult_g(1, \pi) \quad (4.26.)$$

olarak yazılır. Burada $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_g)^T$ şeklinde ifade edilen vektördür. Buna göre (4.11) de verilen bir karma dağılım, G_1, G_2, \dots, G_g gibi g grubu sırasıyla $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_g$ oranlarıyla içeren bir G kitlesinden elde edilmiş olan X_j rasgele vektörünü modellemede kullanılabilir.

Karma Dağılım Modellerinde Parametrelerin Tahmini İçin EM Algoritması:

EM algoritması, Expectation (Beklenen değeri hesaplama adımı) ve Maximization (Maksimum yapma adımı) sözcüklerinin ilk harflerinin kullanılmasıyla ifade edilmiştir. EM algoritması, Dempster ve ark. (1977) tarafından geliştirilmiştir. EM algoritmasıyla ilgili ilk çalışmalar; Baum ve ark. (1970), Orchard ve Woodbury (1972) ve Sundberg (1974) tarafından yapılmıştır. Karma dağılım modellerinde parametre tahmini için en uygun yöntem, maksimum likelihood tahmin yöntemiyle birlikte EM algoritmasının kullanılmasıdır. EM algoritmasının uygulanmasında temel yöntem maksimum likelihood tahmin yöntemidir. EM algoritmasında temel amaç, x tamamlanmamış veri kümesi olmak üzere,

$$L(\Psi) = f(x, \Psi) = \sum_{j=1}^g \pi_j f_j(x; \theta_j) \quad (4.27.)$$

likelihood fonksiyonunu maksimum yapan $\Psi = \hat{\Psi}$ parametre tahminini hesaplamaktır. Burada $f(x; \theta_j) \sim N(x, \mu_j, \Sigma_j)$, normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonunu; π_j , j . bileşenin karma oranını; μ_j , j . bileşenin ortalama vektörünü; Σ_j , j . bileşenin varyans-kovaryans matrisini; θ_j , j . bileşenin yoğunluk

fonksiyonundaki parametrelerin vektörünü ve Ψ , $\Psi = \{\pi, \theta\} = \{\pi, \mu, \Sigma\}$ olmak üzere karma dağılım modelindeki tüm parametrelerin vektörünü göstermektedir.

EM algoritması uygulanırken parametrelerin başlangıç değerlerinin seçimi çok önemlidir. Karma model içerisinde parametre tahminlerinin nasıl bulunacağı basit bir örnek üzerinde aşağıdaki biçimde gösterilebilir.

$X = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\}$ verisinin normal dağılıma sahip iki bileşenli bir karma yapıdan alınsın. Bileşen varyanslarını da eşit ve $\sigma_1 = \sigma_2 = 1$ olsun. Bu durumda X veri kümesi için $\{\mu_1, \mu_2\}$ nin tahminini elde etmek için likelihood ve loglikelihood fonksiyonları aşağıdaki gibi olur.

$$f(x|\mu_1, \mu_2) = \prod_{j=1}^n [\pi_1 f(x_j|\mu_1) + \pi_2 f(x_j|\mu_2)] \quad (4.28.)$$

$$\ln f(x|\mu_1, \mu_2) = \sum_{j=1}^n \ln [\pi_1 f(x_j|\mu_1) + \pi_2 f(x_j|\mu_2)] \quad (4.29.)$$

$$\ln f(x|\mu_1, \mu_2) = \sum_{j=1}^n \ln \left[\pi_1 \exp \left\{ -\frac{1}{2} (x_j - \mu_1)^2 \right\} + \pi_2 \exp \left\{ -\frac{1}{2} (x_j - \mu_2)^2 \right\} \right] - n \ln \sqrt{2\pi} \quad (4.30.)$$

Bu ifade yardımı ile μ_1, μ_2' nin tahminini bulmak oldukça zordur. EM algoritması ile μ_1, μ_2' nin tahminleri için yakın değerler elde edilebilir.

μ, Σ' nin maksimum likelihood tahminleri aşağıdaki gibidir.

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (4.31.)$$

ve

$$\Sigma^* = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \mu)(x_j - \mu)^T \quad (4.32.)$$

EM algoritmasının temelinde tamamlanmış veri yapısı vardır. $x\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ veri kümesine tamamlanmamış veri kümesi denir.

$x\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ veri kümesine tamamlanmamış veri kümesi denilmesinin nedeni, x_i gözleminin karma dağılım modelinde hangi bileşene ait olduğunun bilinmemesidir. $x\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ veri kümesi için bileşen etiket vektörleri,

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & x_i \text{ gözlemin } j. \text{ bileşenine ait ise} \\ 0 & x_i \text{ gözlemin } j. \text{ bileşenine ait değilse} \end{cases} \quad (4.33.)$$

şeklindedir. $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, g$ olmak üzere, x_i gözlemiyle birlikte karşılık gelen z_{ij} etiketinin oluşturdukları,

$$y_i = (x_i, z_{1i}, z_{2i}, \dots, z_{gi}) \quad (4.34.)$$

biçimindeki y_i gözlemlerinden oluşan $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ kümesine tamamlanmış veri kümesi denir. Örneğin $x\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ veri kümesindeki x_3 gözlemi ikinci bileşene ait ise karşılık gelen y_3 tamamlanmış verisi,

$$y_3 = (x_3, 0, 1, 0, \dots, 0) \quad (4.35.)$$

şeklindedir.

$y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ tamamlanmış veri kümesiyle π karma oranı vektörünün, μ ortalama vektörünün ve Σ varyans-kovaryans matrisinin maksimum likelihood tahminleri yeniden yazılırsa,

$$\hat{\mu}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^n x_i^{(j)} = \frac{\sum_{i=1}^n z_{ij} x_i}{\sum_{i=1}^n z_{ij}} = \frac{j.\text{gruba düşen elemanların toplamı}}{j.\text{gruptaki toplam eleman sayısı}} \quad (4.36.)$$

$$\hat{\Sigma}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^n (x_i^{(j)} - \mu_j) (x_i^{(j)} - \mu_j)^T = \frac{\sum_{i=1}^n z_{ij} (x_i - \mu_j) (x_i - \mu_j)^T}{\sum_{i=1}^n z_{ij}} \quad (4.37.)$$

$$\hat{\pi}_j = \frac{n_j}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n z_{ij}}{n} \quad (4.38.)$$

tahminleri elde edilir. Bu tahminler, EM algoritmasında aşağıdaki şekilde kullanılır.

E adımı: Ψ parametresinin t . adımda elde edilen tahmini $\Psi^{(t)}$ olsun. $\Psi^{(t)}$ parametre değeri verildiğinde z_{ij} etiket vektörünün beklenen değeri $E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}]$ hesaplanır.

M adımı : z_{ij} etiket vektörünün yerine $E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}]$ beklenen değeri alınarak $(\pi_j^{(t)}, \mu_j^{(t)}, \Sigma_j^{(t)})$ parametrelerinin bir sonraki adımdaki $(\pi_j^{(t+1)}, \mu_j^{(t+1)}, \Sigma_j^{(t+1)})$ yeni maksimum likelihood tahminleri hesaplanır.

Bu iki adım bir yakınsama kriteri sağlanana kadar uygulanır.

$t + 1$. adımda π_j , μ_j , Σ_j , parametrelerinin tahminleri sırasıyla,

$$\pi_j^{(t+1)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}] \quad (4.39.)$$

$$\mu_j^{(t+1)} = \frac{\sum_{i=1}^n E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}] x_i}{\sum_{i=1}^n E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}]} \quad (4.40.)$$

$$\Sigma_j^{(t+1)} = \frac{\sum_{i=1}^n E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}] (x_i - \mu_j)(x_i - \mu_j)^T}{\sum_{i=1}^n E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}]} \quad (4.41.)$$

eşitlikleri yardımıyla hesaplanır. Burada $E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}]$ beklenen değeri,

$$E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}] = \sum_{n=0}^1 x \cdot P(z_{ij} = x|\Psi^{(t)})$$

$$E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}] = 0 \cdot P(z_{ij} = 0|\Psi^{(t)}) + 1 \cdot P(z_{ij} = 1|\Psi^{(t)})$$

$$E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}] = P(z_{ij} = 1|\Psi^{(t)}) \quad (4.42.)$$

veya

$$E = [z_{ij}|\Psi^{(t)}] = P(\pi_j|x_i, \Psi^{(t)}) \quad (4.43.)$$

şeklinde hesaplanır.

(4.43)'teki $P(\pi_j | x_i, \Psi^{(t)})$ olasılığı,

$$P(\pi_j | x_i, \Psi^{(t)}) = \frac{f(x_i | \pi_j, \Psi^{(t)}) P(\pi_j | \Psi^{(t)})}{f(x_i | \Psi^{(t)})} \quad (4.44.)$$

eşitliğiyle hesaplanır.

Burada,

$$f(x_i | \pi_j, \Psi^{(t)}) = N(x_i; \mu_j^{(t)}, \Sigma_j^{(t)}) \quad (4.45.)$$

ve

$$P(\pi_j | x_i, \Psi^{(t)}) = P(\pi_j)^{(t)} = \pi_j^{(t)} \quad (4.46.)$$

olmak üzere $f(x_i | \Psi^{(t)})$ fonksiyonu,

$$f(x_i | \Psi^{(t)}) = \sum_{i=1}^n f(x_i | \pi_j, \Psi^{(t)}) P(\pi_j | \Psi^{(t)})$$

$$f(x_i | \Psi^{(t)}) = \sum_{i=1}^n N(x_i; \mu_j^{(t)}, \Sigma_j^{(t)}) P(\pi_j)^{(t)}$$

$$f(x_i | \Psi^{(t)}) = \pi_j^{(t)} \sum_{i=1}^n N(x_i; \mu_j^{(t)}, \Sigma_j^{(t)}) \quad (4.47.)$$

şeklinde gösterilir.

4.2. Finansal Risk Analizinde Karma Normal Dağılım Modeli Yaklaşımı

Günümüzde finansal riski hesaplamada standart bir ölçüt olarak Riske Maruz Değer (RMD) kullanılmaktadır. RMD hesaplanmasında en çok kullanılan yöntem parametrik (Varyans-Kovaryans) yöntemidir. Bu yöntemde finansal verilerin normal dağılıma uyduğu varsayımı yapılmaktadır. Finansal verilere normal dağılımın uymadığı durumlarda, Parametrik yöntemine karma normal dağılım modeli yaklaşımı kullanılarak finansal risk hesaplanabilir. Bu bölümde Parametrik yöntemine karma dağılım modeli yaklaşımı ile RMD yeniden modellenecektir.

Parametrik Yöntem İle RMD Hesaplanması: RMD'yi aynı anlama gelecek şekilde ancak farklı matematiksel formlarda tanımlamak mümkündür. En basit gösterimiyle bir finansal varlığın RMD'si matematiksel formda,

$$RMD = (\mu + z_{1-a} \times \sigma \times \sqrt{t}) \times A \quad (4.48.)$$

şeklindedir. Burada μ , ortalama getiri, z_{1-a} , güven aralığı, σ , standart sapma, \sqrt{t} , elde tutma süresi ve A , yatırım miktarıdır (Genç, Bektaş, Çelik, 2008).

Parametrik yöntem ile N sayıda finansal varlıktan oluşan bir portföyün ortalama getirisinin, değişkenliğinin ve dolayısıyla portföyün RMD tutarının hesaplanışına ilişkin formüller aşağıdaki gibidir.

$$\mu_p = \sum_{i=1}^N w_i \mu_i$$

$w_i = i.$ finansal varlığın portföydeki ağırlığı

$\mu_i = i.$ finansal varlığın ortalama getirisi

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} \quad \mu = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_N \end{bmatrix}$$

$$w' = [w_1 w_2 \dots w_N]$$

Yukarıdaki vektör tanımları kullanıldığında portföyün ortalaması $\mu_p = w'\mu$ ifadesine eşittir ve

$$\mu_p = [w_1 w_2 \dots w_N] \times \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_N \end{bmatrix}$$

şeklinde gösterilebilir.

Portföyün standart sapması,

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j}$$

formülü ile ifade edilir. Burada w_i , w_j , i . ve j . finansal varlığın portföy içindeki ağırlıkları, σ_i , σ_j , i . ve j . finansal varlığın standart sapmaları, ρ_{ij} , i . ve j . finansal varlıkla olan korelasyonudur. Portföyün varyansının matris ve vektör formu ile yazımı için yukarıdaki tanımlara ek olarak kovaryans matrisi aşağıdaki gibidir.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \cdots & \sigma_{nn} \end{bmatrix}$$

Bu durumda portföy varyansı,

$$\sigma_p^2 = [w_1 w_2 \dots w_N] \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \dots & \sigma_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \dots & \sigma_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix}$$

olarak ifade edilmektedir. Daha kısa biçimde portföy varyansı aşağıdaki ifade edilir.

$$\sigma_p = \sqrt{w^T \Sigma w}$$

Korelasyon ve kovaryans arasında bulunan ilişki kullanılarak ve

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

tanımlamaları yapılarak portföyün varyans hesaplaması aşağıdaki şekilde yapılabilir.

$$\sigma_p^2 = [w_1 w_2 \dots w_N] \begin{bmatrix} \sigma_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_N \end{bmatrix}$$

Karma Normal Dağılım Modeli Yaklaşımı ile RMD Hesaplanması: Bir finansal varlığın karma normal dağılım modelleri yaklaşımı ile RMD'si matematiksel formda,

$$Karma RMD = \pi_1(\mu_1 + z_{1-a} \times \sigma_1 \times \sqrt{t}) \times A + \pi_2(\mu_2 + z_{1-a} \times \sigma_2 \times \sqrt{t}) \times A \quad (4.49.)$$

şeklindedir. Burada karma dağılım modeli için; μ_1, μ_2 , ortalama getiriler, $z_{1-\alpha}$, güven aralığı, σ_1, σ_2 , standart sapmalar, \sqrt{t} , elde tutma süresi ve A , yatırım miktarıdır.

Parametrik yöntemi ile N sayıda finansal varlıktan oluşan bir portföyün ortalama getirisinin, değişkenliğinin ve dolayısıyla portföyün karma dağılım modelleri yaklaşımı ile RMD tutarının hesaplanışına ilişkin formüller aşağıdaki gibidir.

$$\mu_p = \sum_{i=1}^N w_i (\pi_1 \mu_1 + \pi_2 \mu_2)$$

$\pi_1, \pi_2 = 1$. ve 2. bileşen için karma oranları

$w_i = i$. finansal varlığın portföydeki ağırlığı

$\mu_1, \mu_2 = 1$. ve 2. finansal varlığın ortalama getirileri

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} \quad \mu_1 = \begin{bmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{12} \\ \vdots \\ \mu_{1N} \end{bmatrix} \quad \mu_2 = \begin{bmatrix} \mu_{21} \\ \mu_{22} \\ \vdots \\ \mu_{2N} \end{bmatrix}$$

$$w' = [w_1 w_2 \dots w_N]$$

Yukarıdaki vektör tanımları kullanıldığında portföyün ortalaması

$\mu_p = w'(\pi_1 \mu_1 + \pi_2 \mu_2)$ ifadesine eşittir ve

$$\mu_p = [w_1 w_2 \dots w_N] \times \left(\pi_1 \begin{bmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{12} \\ \vdots \\ \mu_{1N} \end{bmatrix} + \pi_2 \begin{bmatrix} \mu_{21} \\ \mu_{22} \\ \vdots \\ \mu_{2N} \end{bmatrix} \right)$$

şeklinde gösterilir.

Bu durumda karma normal dağılım modeli için oluşturulan portföyün 1. ve 2. bileşeninin standart sapmaları,

$$\sigma_p^{(1)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j}$$

$$\sigma_p^{(2)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j}$$

formülleri ile ifade edilir. Burada w_i , w_j , i . ve j . finansal varlığın portföy içindeki ağırlıkları, σ_i , σ_j , i . ve j . finansal varlığın standart sapmaları, ρ_{ij} , i . ve j . finansal varlıkla olan korelasyonudur.

Karma normal dağılım modeli için oluşturulan portföyün 1. ve 2. bileşeninin kovaryans matrisleri sırasıyla aşağıdaki gibidir.

$$\Sigma^{(1)} = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^{(1)} & \cdots & \sigma_{1n}^{(1)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1}^{(1)} & \cdots & \sigma_{nn}^{(1)} \end{bmatrix}$$

$$\Sigma^{(2)} = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^{(2)} & \cdots & \sigma_{1n}^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1}^{(2)} & \cdots & \sigma_{nn}^{(2)} \end{bmatrix}$$

Karma normal dağılım modeli için oluşturulan portföyün 1. ve 2. Bileşeninin varyansları,

$$\sigma_p^{(1)} = \sqrt{\underline{W}^T \Sigma^{(1)} \underline{W}}$$

$$\sigma_p^{(2)} = \sqrt{\underline{W}^T \Sigma^{(2)} \underline{W}}$$

şeklinde ifade edilir.

Karma normal dağılım modelleri yaklaşımı ile oluşturulan portföyün 1.bileşeni için korelasyon ve kovaryans matrisleri,

$$\sigma^{(1)} = \begin{bmatrix} \sigma_1^{(1)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n^{(1)} \end{bmatrix}$$

ve

$$R^{(1)} = \begin{bmatrix} r_{11}^{(1)} & \dots & r_{1n}^{(1)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1}^{(1)} & \dots & r_{nn}^{(1)} \end{bmatrix}$$

ve 2.bileşeni için korelasyon ve kovaryans matrisleri,

$$\sigma^{(2)} = \begin{bmatrix} \sigma_1^{(2)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n^{(2)} \end{bmatrix}$$

ve

$$R^{(2)} = \begin{bmatrix} r_{11}^{(2)} & \dots & r_{1n}^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1}^{(2)} & \dots & r_{nn}^{(2)} \end{bmatrix}$$

şeklinindedir. Bu matrisler arasında bulunan ilişki kullanılarak ve tanımlamalar yapılarak portföyün 1. ve 2. bileşenlerin varyansları,

$$\sigma_p^{(1)^2} = [w_1 w_2 \dots w_N] \begin{bmatrix} \sigma_1^{(1)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n^{(1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11}^{(1)} & \dots & r_{1n}^{(1)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1}^{(1)} & \dots & r_{nn}^{(1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^{(1)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n^{(1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix}$$

$$\sigma_p^{(2)^2} = [w_1 w_2 \dots w_N] \begin{bmatrix} \sigma_1^{(2)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n^{(2)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^{(2)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n^{(2)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11}^{(2)} & \dots & r_{1n}^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1}^{(2)} & \dots & r_{nn}^{(2)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix}$$

şeklinde ifade edilirler.

5. UYGULAMALAR

5.1. Hisse Senetleri Verisi için uygulama

Bu bölümde Parametrik yönteme normal dağılım ve karma normal dağılım modelleri yaklaşımı ile RMD değerleri hesaplanacaktır. Bunun için İMKB-30 endeksinde yer alan;2 Aralık 2008-14 Mayıs 2012 tarihler arasında, Tofaş, Turkcell, Vestel, Ülker, Eczacıbaşı şirketlerine ait hisse senetlerinin günlük değişimleri ve bu hisse senetlerinden oluşturulan bir portföy ele alınacaktır. RMD değerleri, normal dağılım ve karma normal dağılım modelleri yaklaşımları kullanılarak her bir hisse senedi ve eşit yatırım miktarları alınarak bu hisse senetlerinden oluşturulan bir portföy için tek tek hesaplanacak ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.

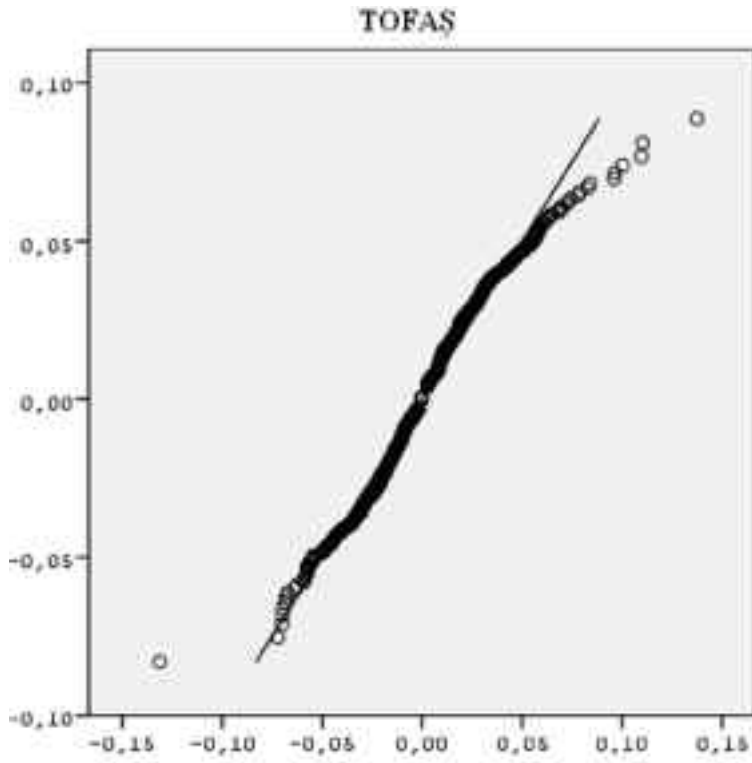
Bu amaç için öncelikle incelenecek olan hisse senetleri ve portföy verilerine ait tanımlayıcı istatistikler hesaplanmış ve verilerin normal dağılıp dağılmadığını incelemek amacıyla normallik testleri yapılmıştır.

Çizelge 1. Hisse senetlerinin getiri serilerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve normallik testleri

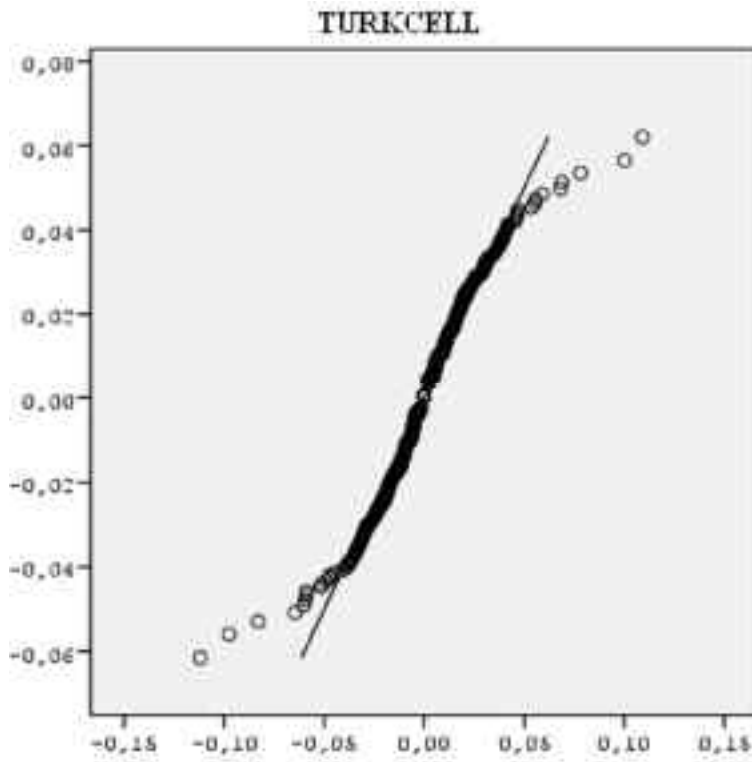
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık	K-S test p
PORTFÖY	0,00158	-0,07129	0,06865	0,01539	-0,324400	1,906296	<,001
TOFAŞ	0,00280	-0,13121	0,13736	0,02695	0,339280	2,350493	<,001
TURKCELL	0,00029	-0,11186	0,10918	0,01938	0,023342	4,668816	<,001
VESTEL	0,00153	-0,09914	0,21739	0,02561	1,657750	11,35580	<,001
ÜLKER	0,00186	-0,09462	0,12998	0,01935	0,649661	6,669241	<,001
ECZACIBAŞI	0,00141	-0,07595	0,13426	0,02311	0,905236	4,334453	<,001

Çizelge 1 incelendiğinde, portföy ortalama olarak %0,158 artmış, en yüksek artış %6,8 ve en yüksek azalış ise %7,1 oranında olmuştur. Tofaş ortalama olarak %0,28 artmış, en yüksek artış %13,7 ve en yüksek azalış ise %13,1 oranında olmuştur. Ülker ortalama olarak %0,18 artmış, en yüksek artış %12,9 ve en yüksek azalış ise %9,4 oranında olmuştur. Ayrıca basıklık, çarpıklık ve Kolmogorov-Smirnov test istatistikleri sonuçları verilerin normal dağılmadığını göstermektedir.

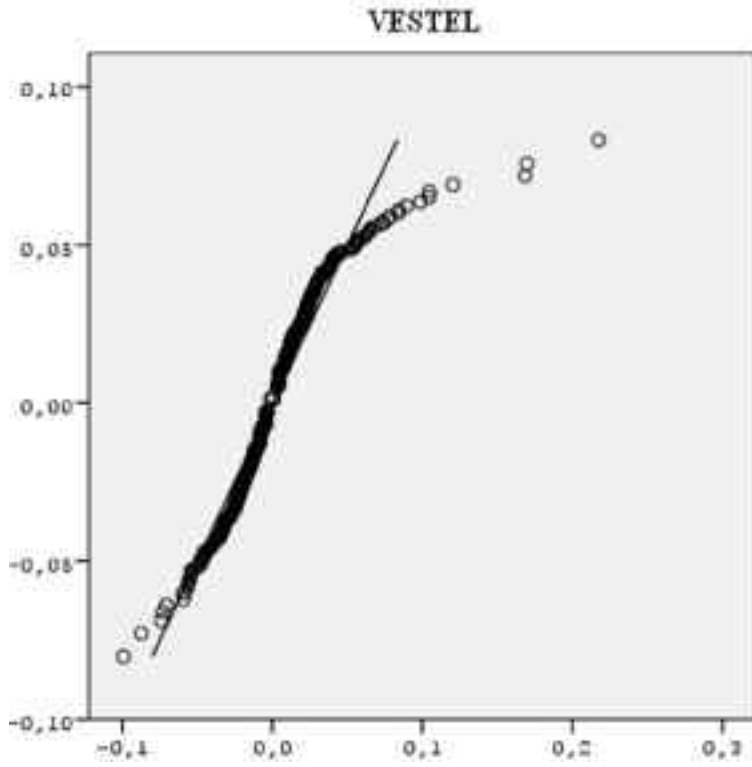
Hisse senetleri ve hisse senetlerinden oluşturulan portföye ilişkin getiri serilerinin normal dağılım gösterip göstermediğini grafiksel olarak görmek için getiri serilerinin Q-Q grafikleri oluşturulmuştur.



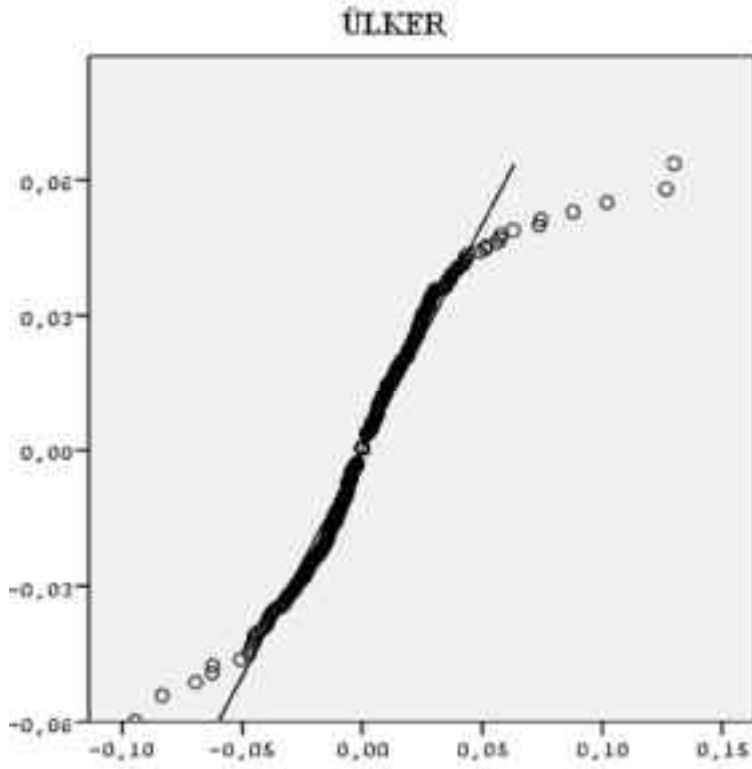
Şekil 1.1. Tofaş getiri serisine ait Q-Q grafiği



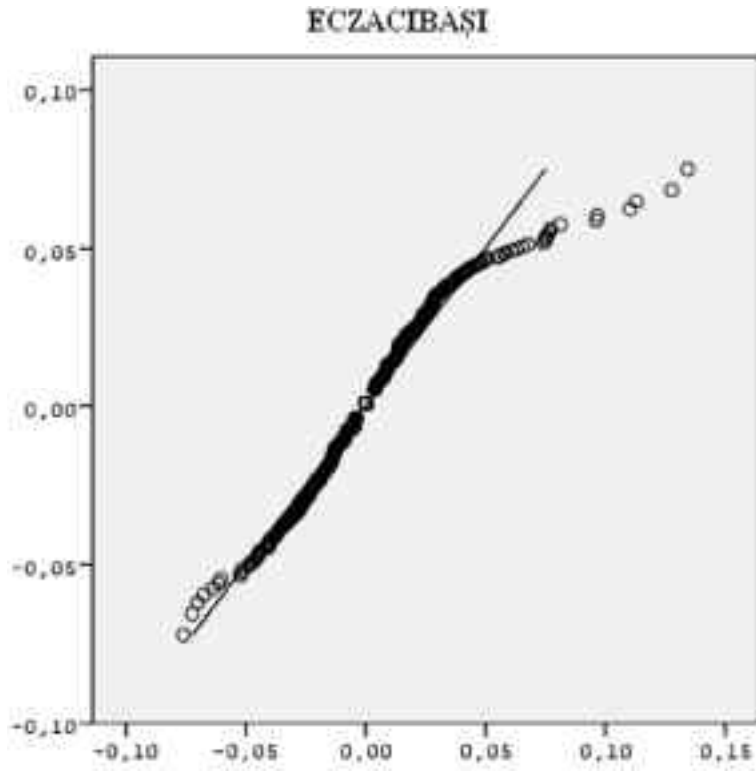
Şekil 1.2. Turkcell getiri serisine ait Q-Q grafiği



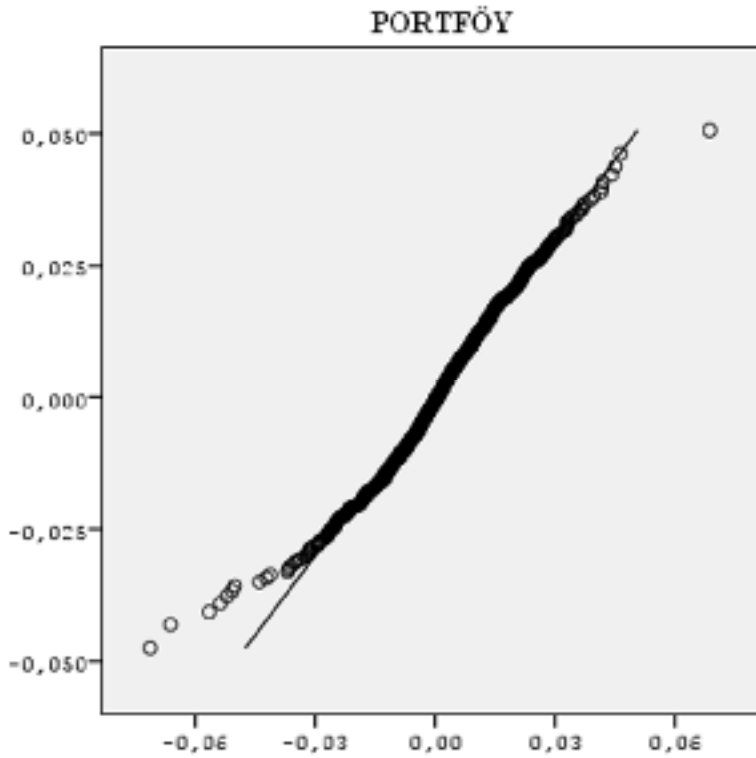
Şekil 1.3. Vestel getiri serisine ait Q-Q grafiği



Şekil 1.4. Ülker getiri serisine ait Q-Q grafiği



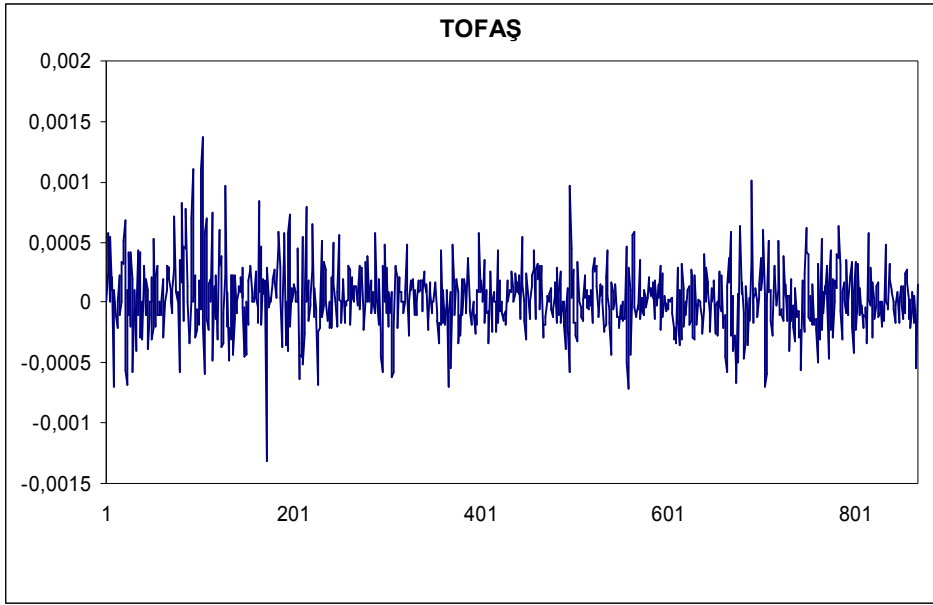
Şekil 1.5. Eczacıbaşı getiri serisine ait Q-Q grafiği



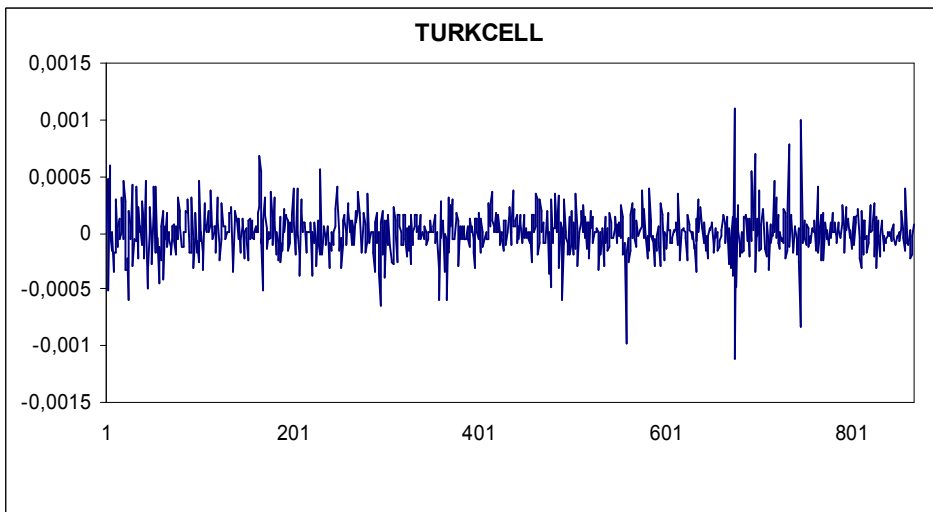
Şekil 1.6. Portföy getiri serisine ait Q-Q grafiği

Grafiklerde getiri serilerinin dağılım çizgileri standart normal dağılım çizgilerinden farklı seyir izlemektedir. Dolayısıyla getiri serilerinin normal dağılıma uymadığı söylenebilir.

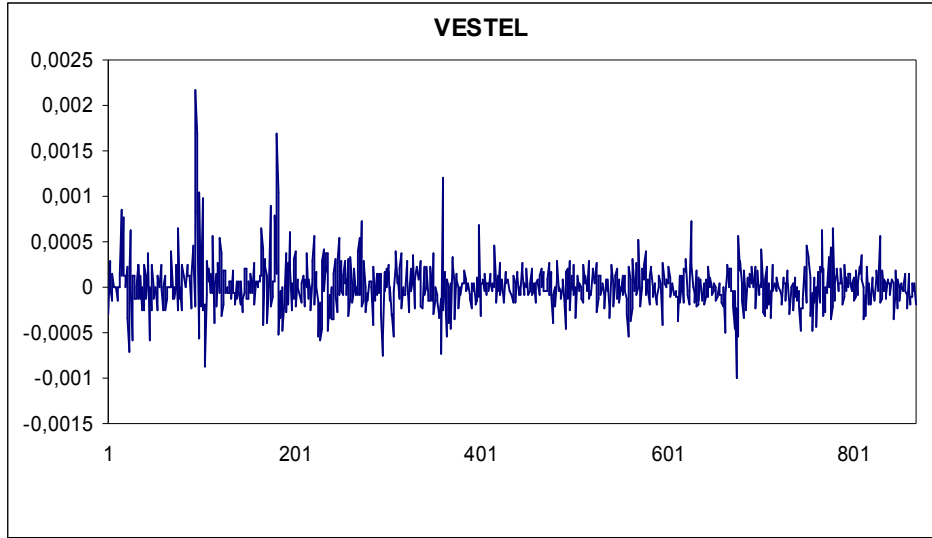
Hisse senetleri ve hisse senetlerinden oluşturulan portföye ilişkin getiri serilerinin durağanlıklarına bakmak için getiri serilerinin zaman yolu grafikleri çizilmiştir.



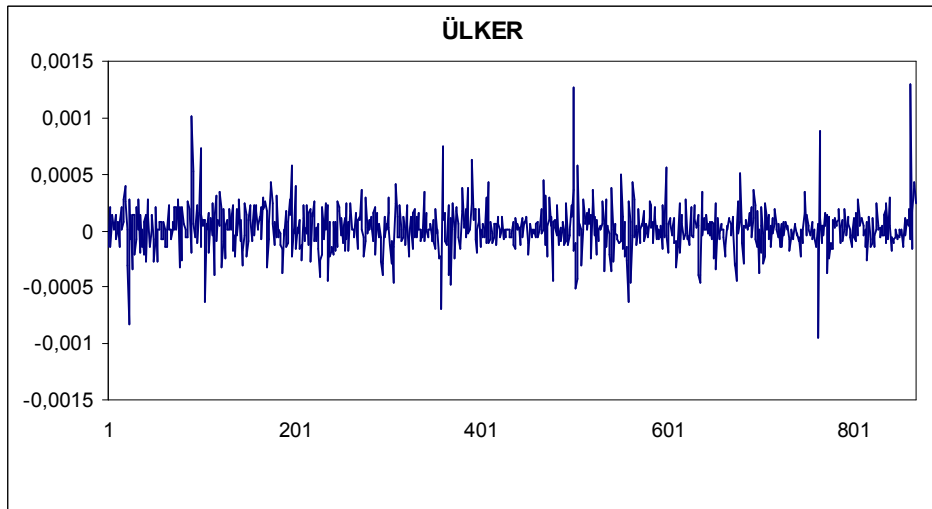
Şekil 2.1. Tofaş getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği



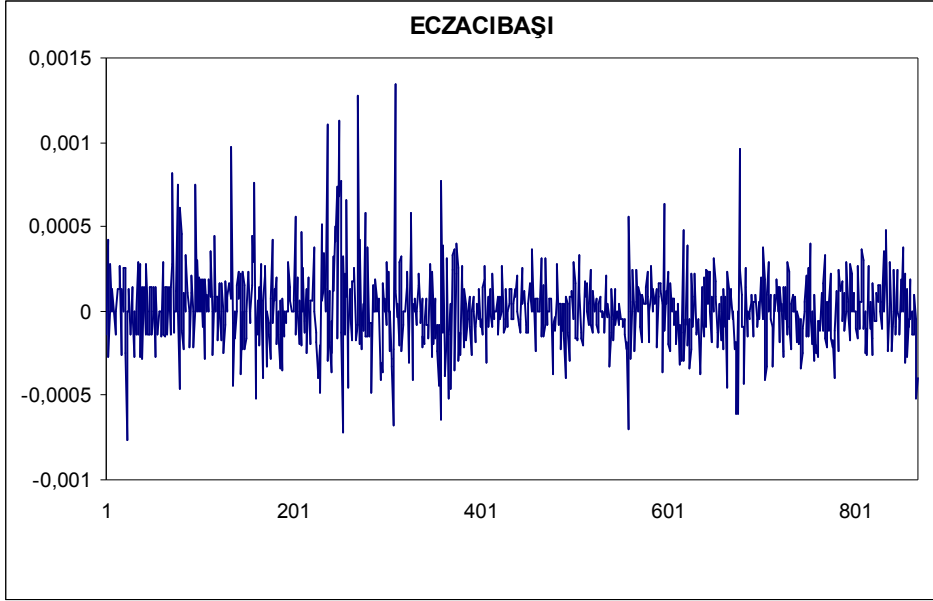
Şekil 2.2. Turkcell getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği



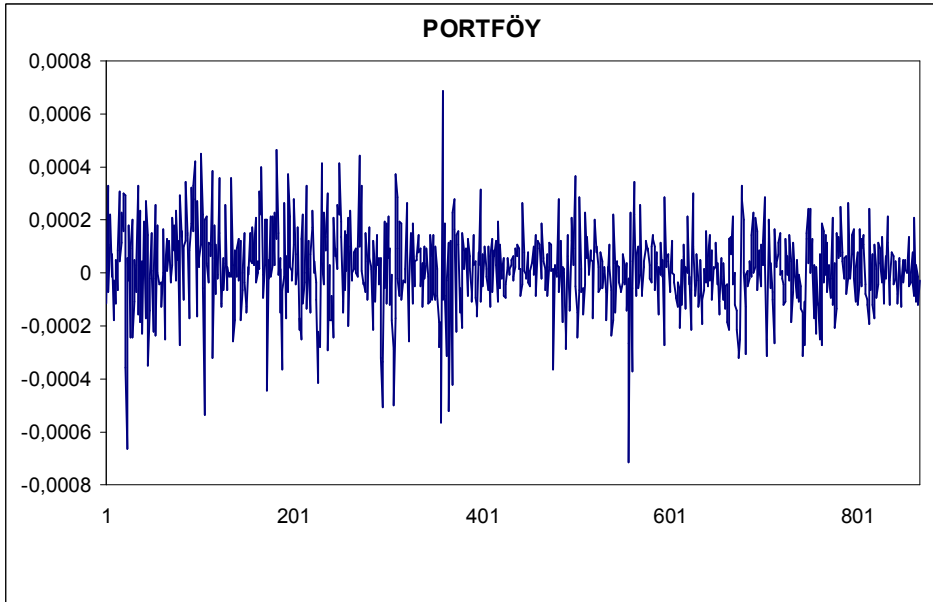
Şekil 2.3. Vestel getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği



Şekil 2.4. Ülker getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği



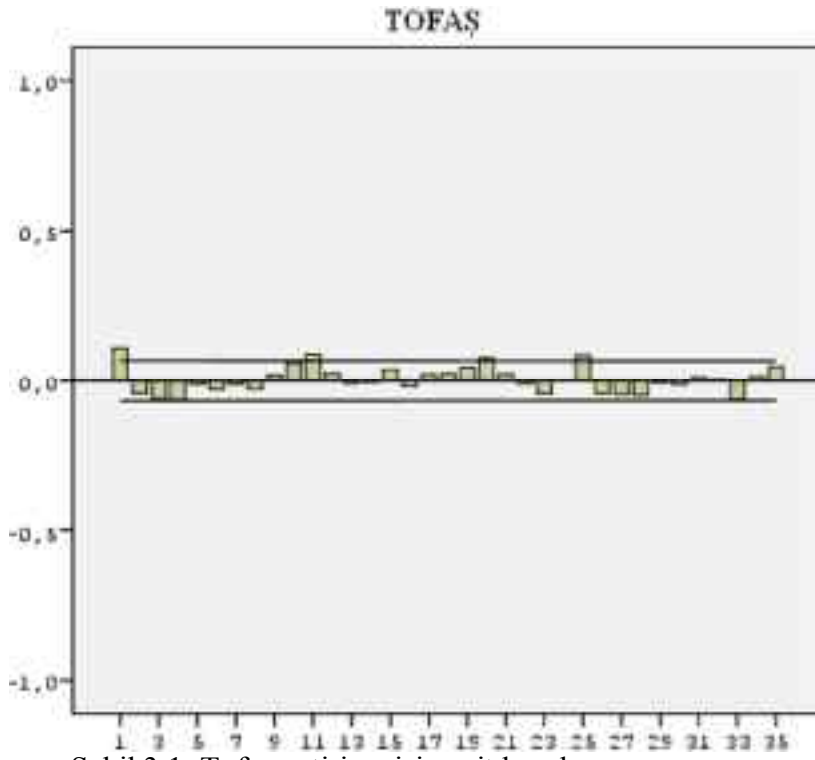
Şekil 2.5. Eczacıbaşı getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği



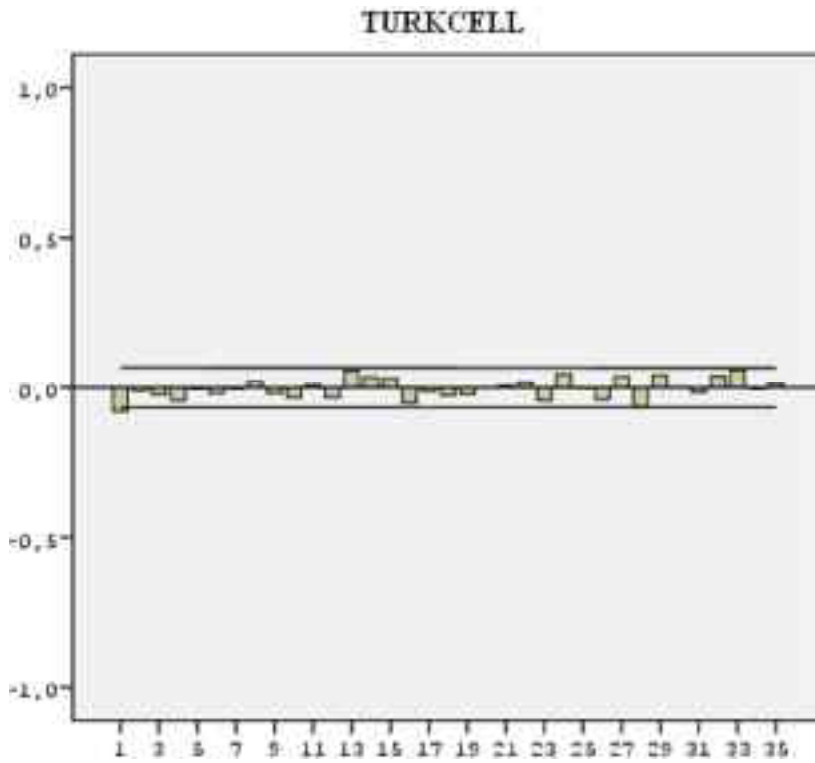
Şekil 2.6. Portföy getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği

Kabaca grafikler incelendiğinde serilerin durağan oldukları söylenebilir. Ancak getiri serilerinin durağanlıkları hakkında kesin bir karar verilemez.

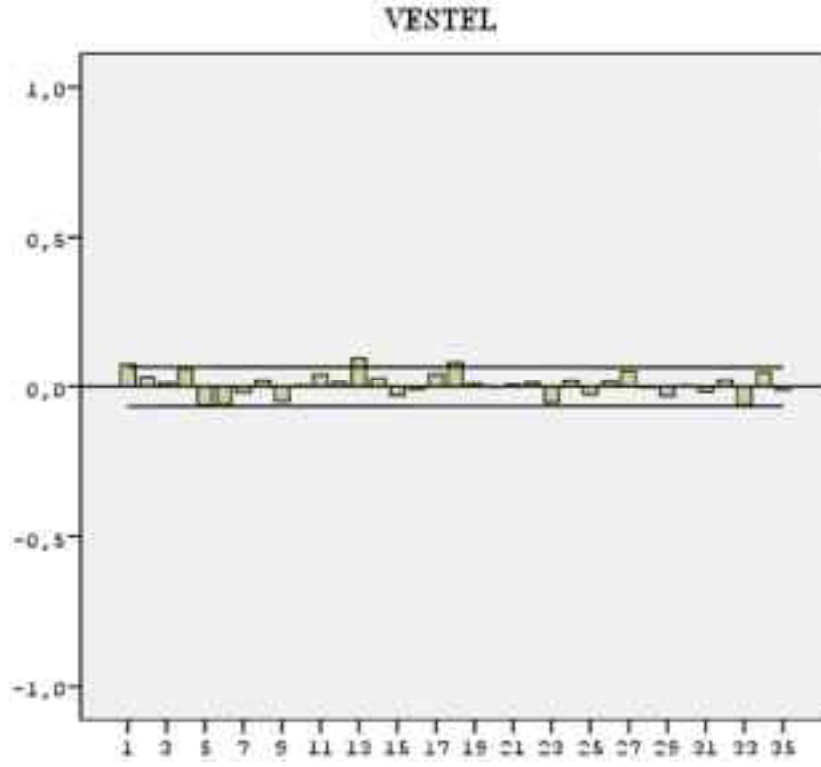
Hisse senetleri ve hisse senetlerinden oluşturulan portföye ilişkin getiri serilerinin durağanlıkları hakkında karar vermek için serilere ait korelagramlar gözden geçirilmiştir.



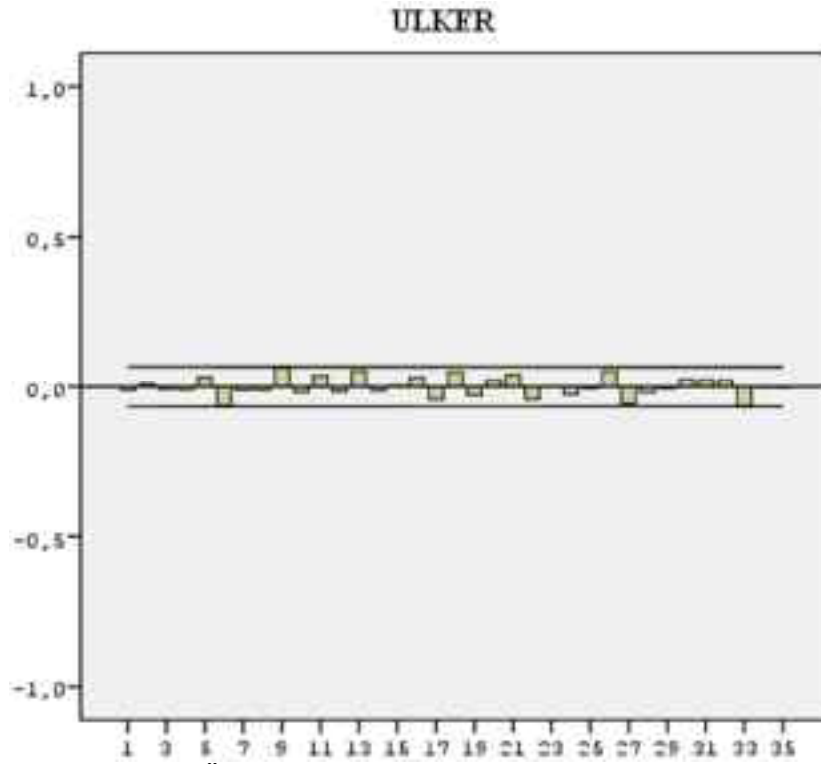
Şekil 3.1. Tofaş getiri serisine ait korelagram



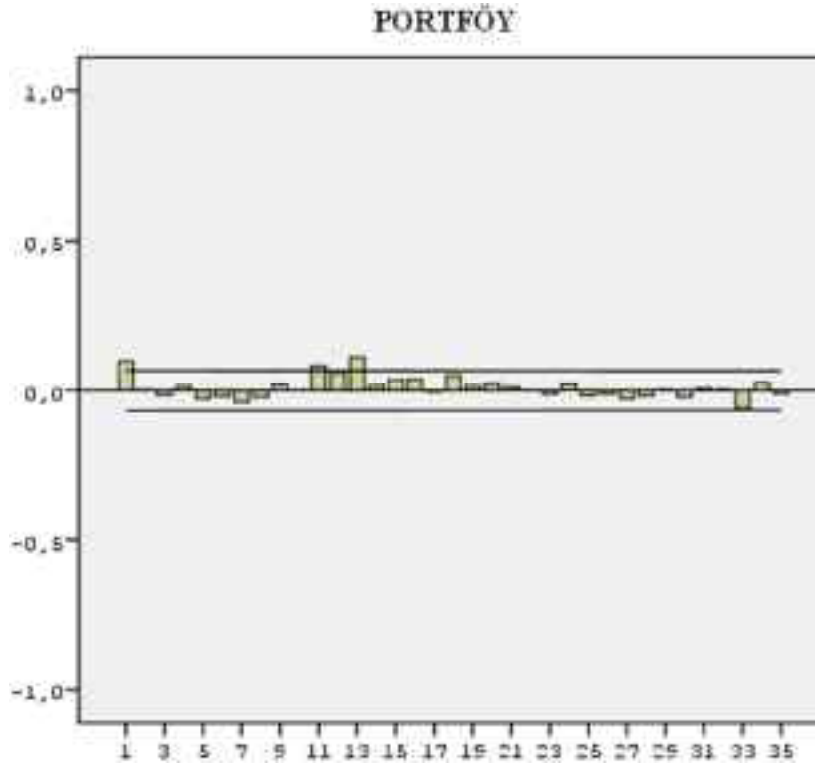
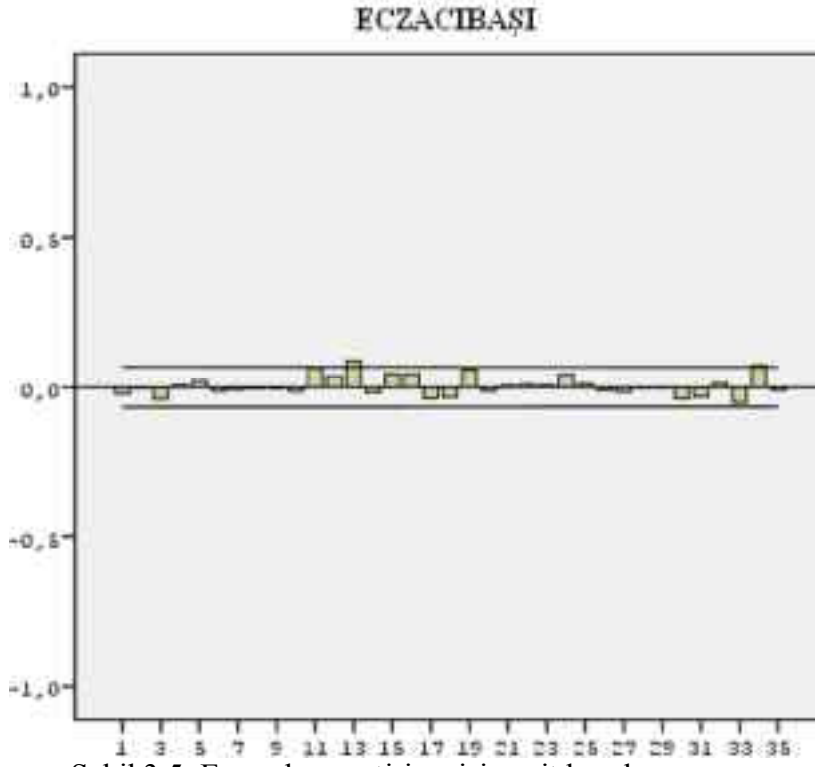
Şekil 3.2. Turkcell getiri serisine ait korelagram



Şekil 3.3. Vestel getiri serisine ait korelagram



Şekil 3.4. Ülker getiri serisine ait korelagram



Otokorelasyon fonksiyonu (ACF) getiri serilerinin durağan olup olmadıkları konusunda bize ipucu vermektedir. Bazı hisse senetlerine ait ACF değerleri uzun bellek sürecinde güven bantları içerisinde hareket etmemiştir. Dolayısıyla serilerin durağan olup olmadığı kesin olarak söylenemez. Bunun için otokorelasyon ve p değerlerine bakılır.

Çizelge 2. Hisse senetleri ve portföye ait otokorelasyon ve p değerleri

HİSSE SENETLERİ	ACF	p
TOFAŞ	0,11	<0,05
TURKCELL	-0,081	<0,05
VESTEL	0,075	<0,05
ÜLKER	-0,013	>0,05
ECZACIBAŞI	-0,021	>0,05
PORTFÖY	0,098	<0,05

Çizelge 2’de p değerleri 0,05 ten büyük olan hisse senetleri için otokorelasyon önemli değildir.

Bu bölümde hisse senetlerinin her birinden 0,2 ağırlıklarda alınarak portföy oluşturulmuştur.

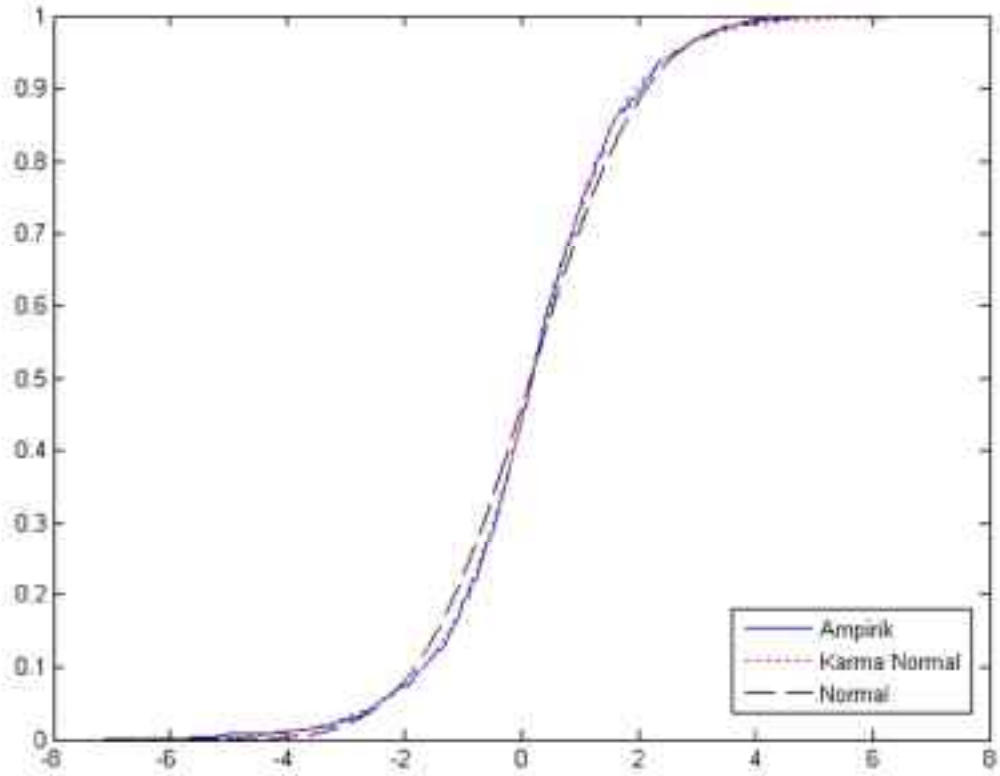
Çizelge 3. Hisse senetlerine ait portföy verileri için oluşturulan karma normal dağılım modeline ait parametreler tahminleri

Bileşen	Karma Oranları Tahminleri	Ortalama Vektörleri Tahminleri	Kovaryans Matrisleri
Bileşen 1	$\hat{\pi}_1 = 0,8303$	$\hat{\mu}_1 = \begin{bmatrix} 0,0021 \\ 0,0008 \\ -0,0003 \\ 0,0007 \\ 0,0005 \end{bmatrix}$	$\hat{\Sigma}_1 = \begin{bmatrix} 0,00056 & 0,00009 & 0,00019 & 0,00015 & 0,00017 \\ 0,00009 & 0,00025 & 0,00006 & 0,00005 & 0,00006 \\ 0,00019 & 0,00006 & 0,00030 & 0,00013 & 0,00018 \\ 0,00015 & 0,00005 & 0,00013 & 0,00020 & 0,00013 \\ 0,00017 & 0,00006 & 0,00018 & 0,00013 & 0,00032 \end{bmatrix}$
Bileşen 2	$\hat{\pi}_2 = 0,1697$	$\hat{\mu}_2 = \begin{bmatrix} 0,0021 \\ -0,0020 \\ 0,0106 \\ 0,0075 \\ 0,0060 \end{bmatrix}$	$\hat{\Sigma}_2 = \begin{bmatrix} 0,00156 & 0,00007 & 0,00061 & 0,00031 & 0,00047 \\ 0,00007 & 0,00099 & 0,00016 & 0,00022 & 0,00023 \\ 0,00061 & 0,00016 & 0,00229 & 0,00051 & 0,00057 \\ 0,00031 & 0,00022 & 0,00051 & 0,00117 & 0,00039 \\ 0,00047 & 0,00023 & 0,00057 & 0,00039 & 0,00157 \end{bmatrix}$

Çizelge 4. Hisse senetlerine ait portföy için normal ve karma normal dağılım modellerine ait MSE ve KS (Kolmogorov-Smirnov) test istatistiği değerleri

Dağılım	MSE	KS
Normal	18,99	0,0526
Karma Normal	4,15*	0,0147*

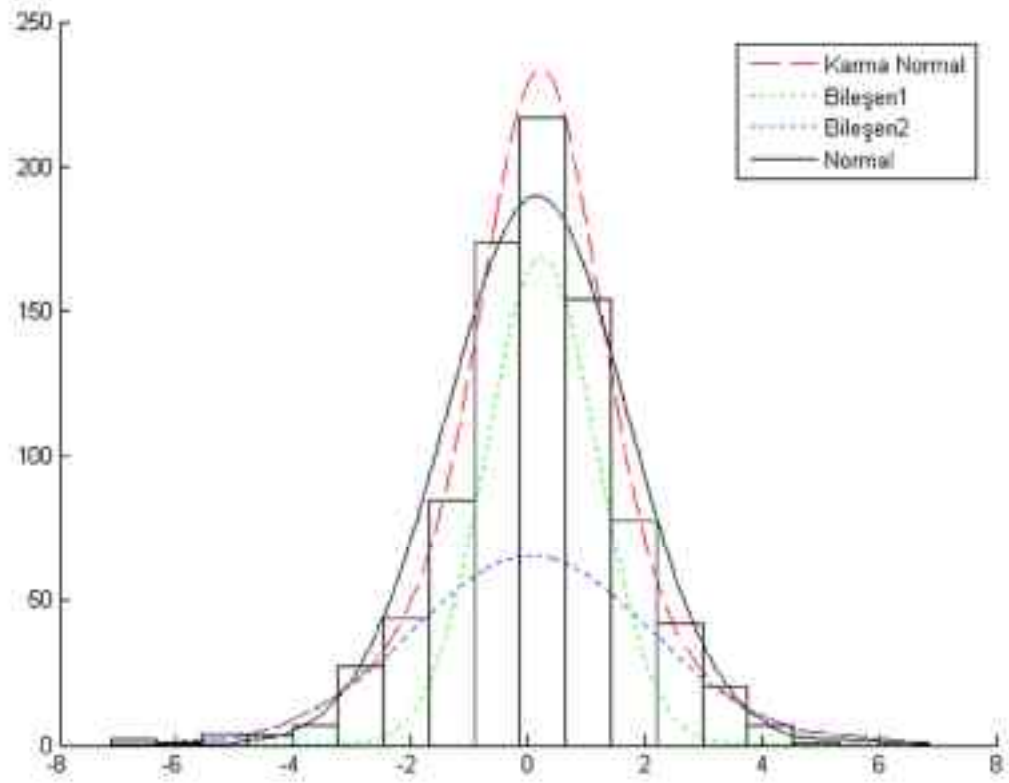
Çizelge 4 incelendiğinde karma normal dağılımın portföy verisine daha iyi uyum sağladığı görülmektedir.



Şekil 4. Hisse senetleri portföyüne ait normal, karma normal ve ampirik birikimli dağılım fonksiyonu

Hisse senetleri portföyüne ait normal dağılım, karma normal dağılım ve ampirik birikimli dağılım fonksiyonu gösterilmiştir. Hisse senetleri portföy verileri

için karma normal dağılım fonksiyonu, normal dağılıma göre ampirik dağılım fonksiyonunu daha yeterli düzeyde yakalamıştır



Şekil 5. Hisse senetlerine ait portföy için karma normal dağılım ile getirilerin yaklaşık dağılımı

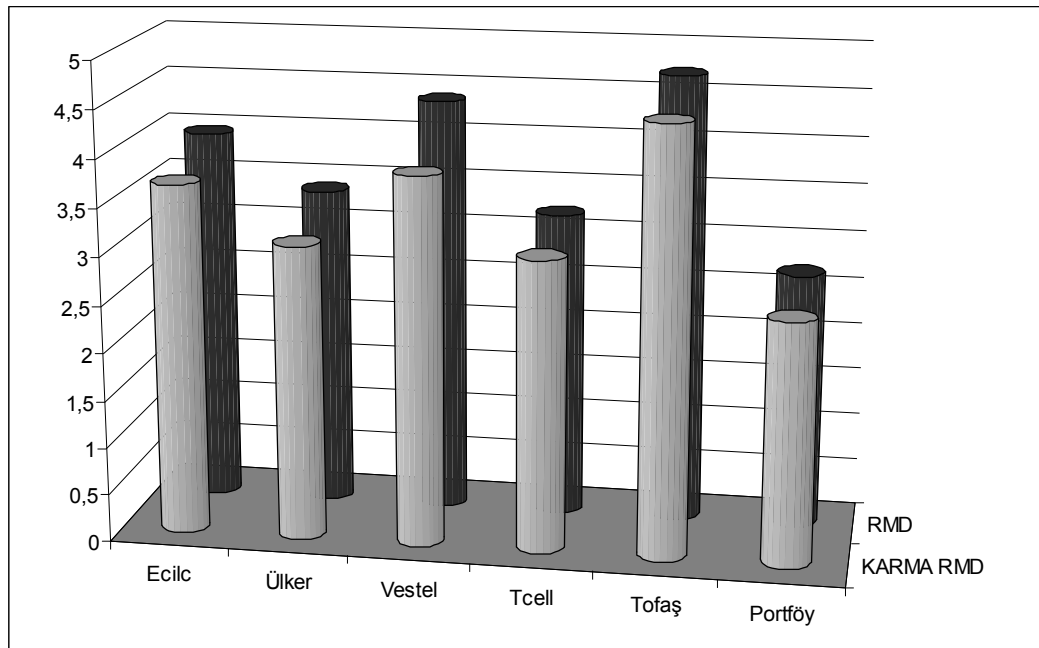
Hisse senetlerinden oluşturulan portföy için karma normal dağılım kullanılarak getirinin yaklaşık dağılımı gösterilmiştir. Normal dağılımlardan bir tanesi daha küçük standart sapmaya sahiptir ve bu da daha ılımlı piyasaya karşılık gelmektedir. Diğer dağılım daha büyük bir standart sapmaya sahiptir bu ise daha hareketli bir piyasa rejimi ile ilgilidir.

Hisse senetlerinin normal dağıldığı varsayıldığında standart sapmanın sabit kalacağı yani değişmeyeceği kabul edilerek RMD değerleri hesaplanır. Her bir hisse senedi ve hisse senetlerinden oluşturulan portföy için Parametrik yöntemle normal dağılım ve karma normal dağılım yaklaşımları ile sırasıyla RMD ve Karma RMD değerleri hesaplanmıştır. Bu yöntemler yardımıyla elde edilen RMD ve Karma RMD değerleri aşağıdaki Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Hisse senetleri ve portföy için hesaplanan RMD ve Karma RMD değerleri

$\alpha=0,05$	RMD	Karma RMD	W
PORTFÖY	2,6974	2,5551	[0,2 0,2 0,2 0,2 0,2]
TOFAŞ	4,7274	4,4817	[1 0 0 0 0]
TURKCELL	3,2271	3,0678	[0 1 0 0 0]
VESTEL	4,3795	3,8691	[0 0 1 0 0]
ÜLKER	3,3797	3,1013	[0 0 0 1 0]
ECZACIBAŞI	3,9546	3,6855	[0 0 0 0 1]

Hisse senetlerinden eşit ağırlıklarda alınarak portföy oluşturulsa, RMD 2,69 ve Karma RMD 2,55 olarak bulunmuştur. Sadece Eczacıbaşına yatırım yapılırsa RMD 3,95 ve Karma RMD 3,68 olarak bulunmuştur. Çeşitli ağırlıklarda hisse senetleri alınarak portföyler oluşturulabilir ve en iyi yatırım şekli belirlenebilir.



Şekil 6. Çizelge 5'te verilen hisse senetleri ve portföy için hesaplanan RMD ve Karma RMD değerlerine ait çubuk grafikleri

Portföy için %95 güven düzeyinde karma normal dağılım yaklaşımı ile hesaplanan Karma RMD normal dağılım varsayımı ile hesaplanan RMD'ye göre daha küçük bulunmuştur. Tek tek hisse senetlerine bakıldığında; her bir hisse senedi için oluşturulan RMD değerleri, Karma RMD değerlerine göre daha büyüktür. Ayrıca her bir hisse senedine ait RMD değerleri, oluşturulan portföye ait RMD ve Karma RMD değerlerinden daha büyüktür.

5.2. Para Birimleri Verisi için Uygulama

Bu bölümde Parametrik yöntemle normal dağılım ve karma normal dağılım yaklaşımları ile RMD hesaplanacaktır. Bunun için 2 Aralık 2008-14 Mayıs 2012 tarihleri arasında dört para birimi (Euro, Dolar, Pound, Frank) ve dört para biriminden oluşturulan bir portföy ele alınacaktır ve portföy için EUR/TRY, USD/TRY, GBP/TRY ve CHF/TRY günlük değişim oranları kullanılacaktır. RMD değerleri, normal dağılım ve karma normal dağılım modelleri yaklaşımları kullanılarak her bir para birimi ve eşit yatırım miktarları alınarak bu para birimlerinden oluşturulan bir portföy için tek tek hesaplanacak ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.

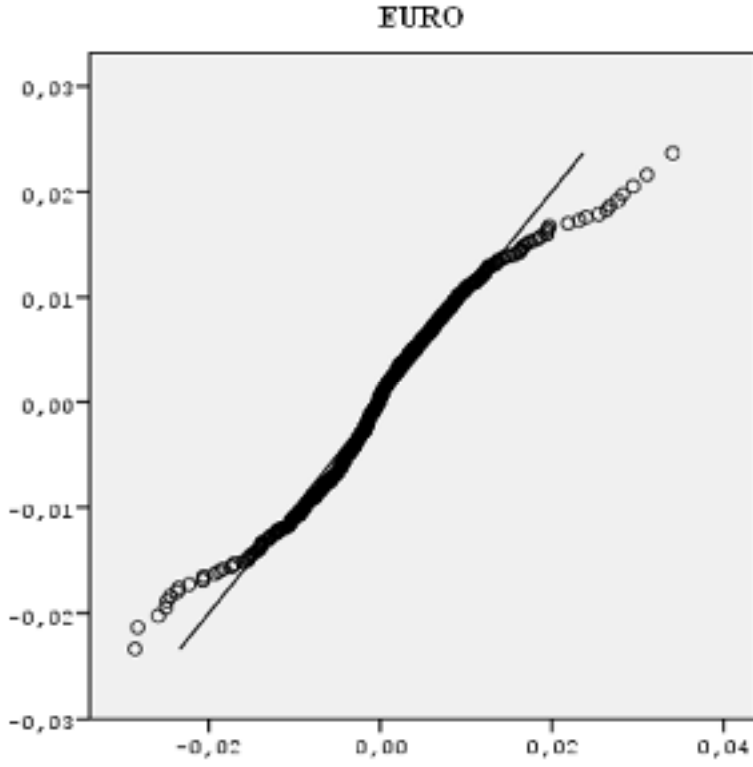
Bu amaç için öncelikle incelenecek olan para birimleri ve portföy verilerine ait tanımlayıcı istatistikler hesaplanmış ve verilerin normal dağılıp dağılmadığını incelemek amacıyla normallik testleri yapılmıştır.

Çizelge 6. Para birimlerinin getiri serilerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve normallik testleri

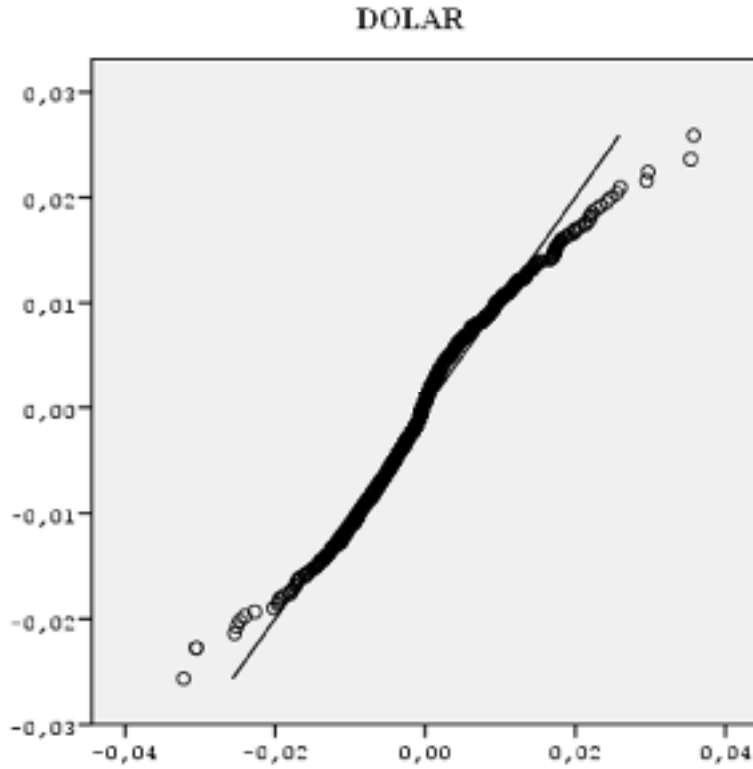
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık	K-S test p
PORTFÖY	0,00020	-0,0315	0,0348	0,00668193	0,227144	3,342304	<,001
EURO	0,00014	-0,0286	0,0341	0,00724964	0,218171	2,680215	<,001
DOLAR	0,00011	-0,0322	0,0358	0,00794295	0,329346	2,043935	<,001
POUND	0,00022	-0,0403	0,0367	0,00756838	0,092997	2,618297	<,001
FRANK	0,00035	-0,0940	0,0393	0,00949999	-0,85117	12,07023	<,001

Çizelge 6 incelendiğinde, portföy ortalama olarak %0,02 artmış, en yüksek artış %3,4 ve en yüksek azalış ise %3,1 oranında olmuştur. Dolar ortalama olarak %0,011 artmış, en yüksek artış %3,5 ve en yüksek azalış ise %3,2 oranında olmuştur. Frank ortalama olarak %0,035 artmış, en yüksek artış %3,93 ve en yüksek azalış ise %9,4 oranında olmuştur. Ayrıca basıklık, çarpıklık ve Kolmogorov-Smirnov test istatistikleri sonuçları verilerin normal dağılmadığını göstermektedir.

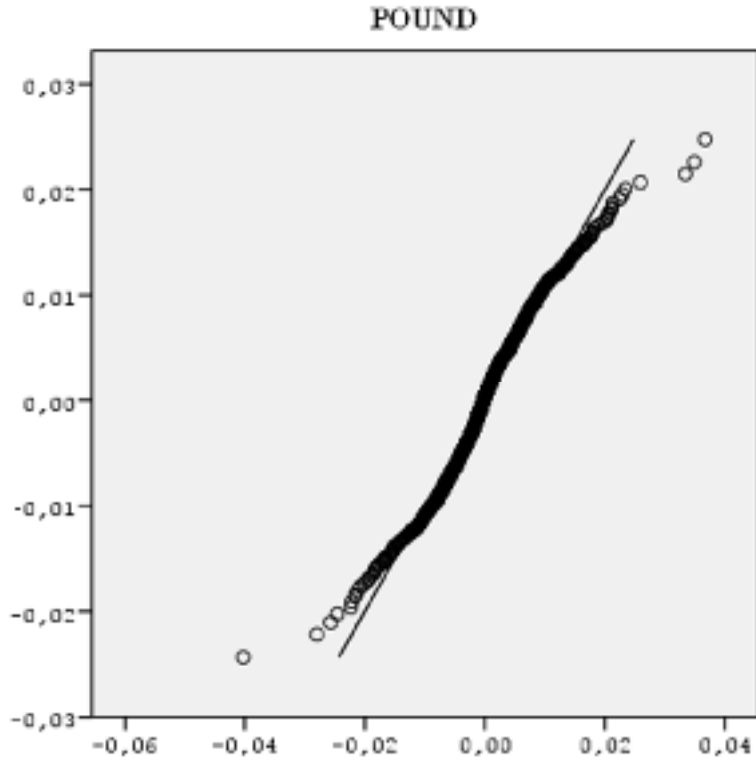
Para birimleri ve para birimlerinden oluşturulan portföye ilişkin getiri serilerinin normal dağılım gösterip göstermediğini grafiksel olarak görmek için getiri serilerinin Q-Q grafiklerine oluşturulmuştur.



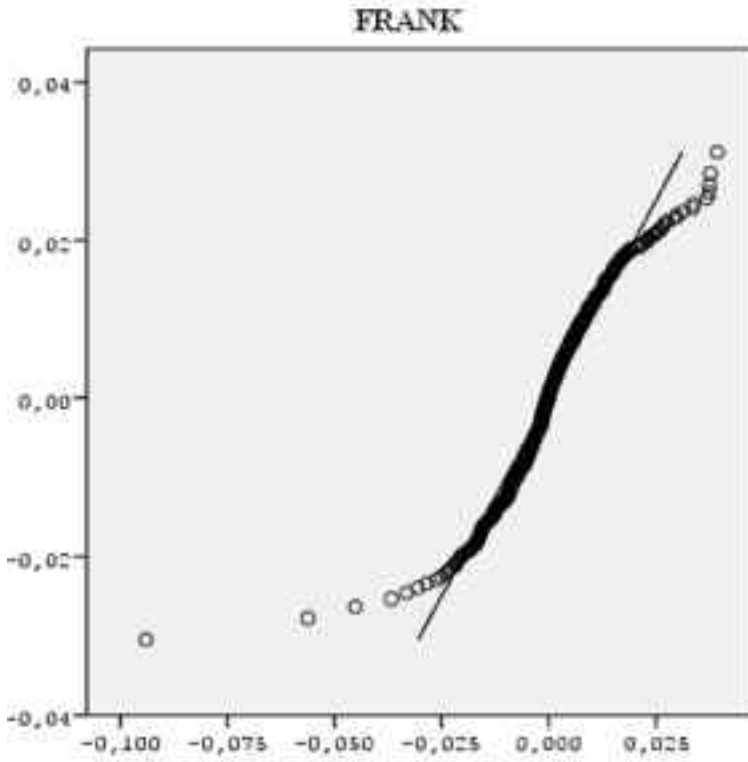
Şekil 7.1. Euro getiri serisine ait Q-Q grafiği



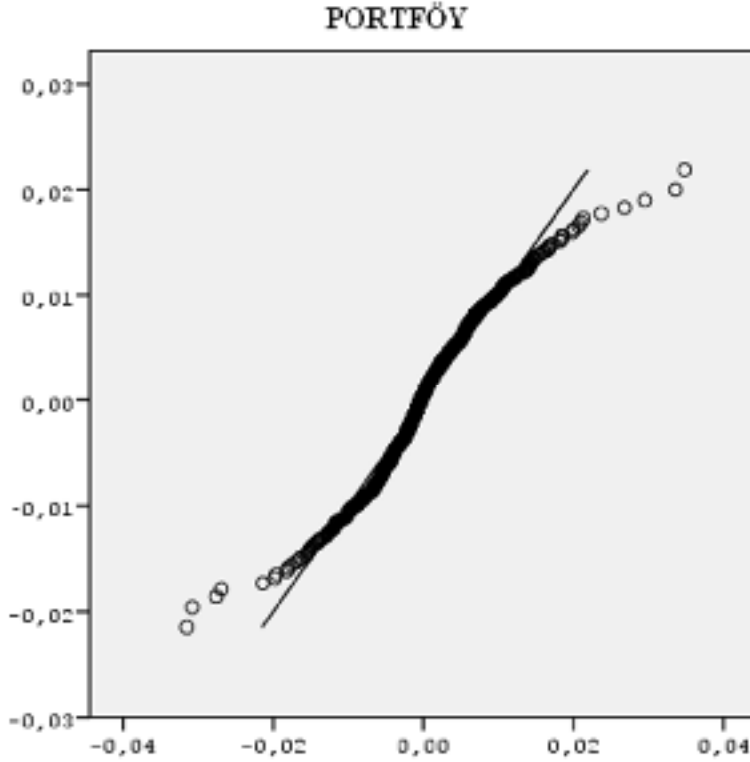
Şekil 7.2. Dolar getiri serisine ait Q-Q grafiği



Şekil 7.3. Pound getiri serisine ait Q-Q grafiği

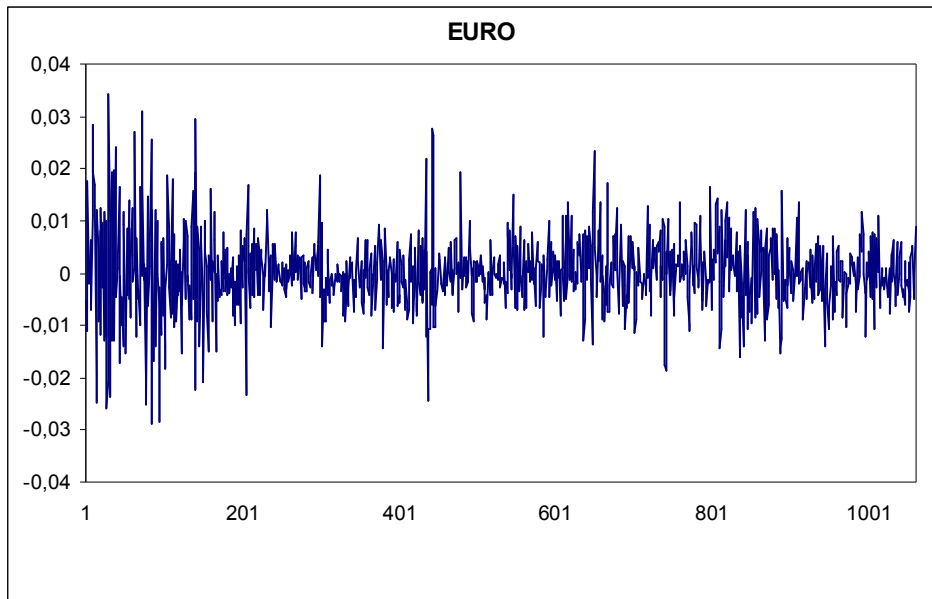


Şekil 7.4. Frank getiri serisine ait Q-Q grafiği

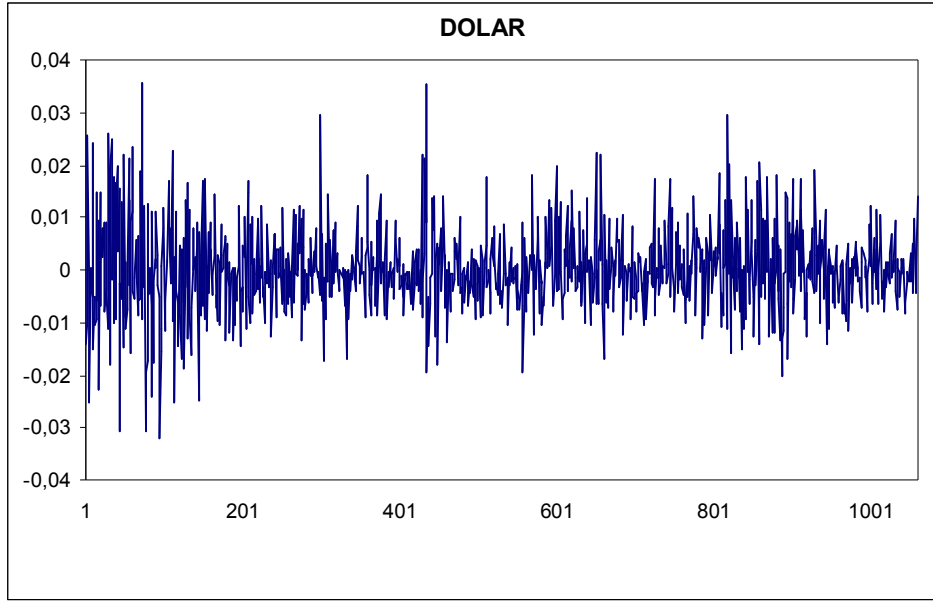


Şekil 7.5. Portföy getiri serisine ait Q-Q grafiği

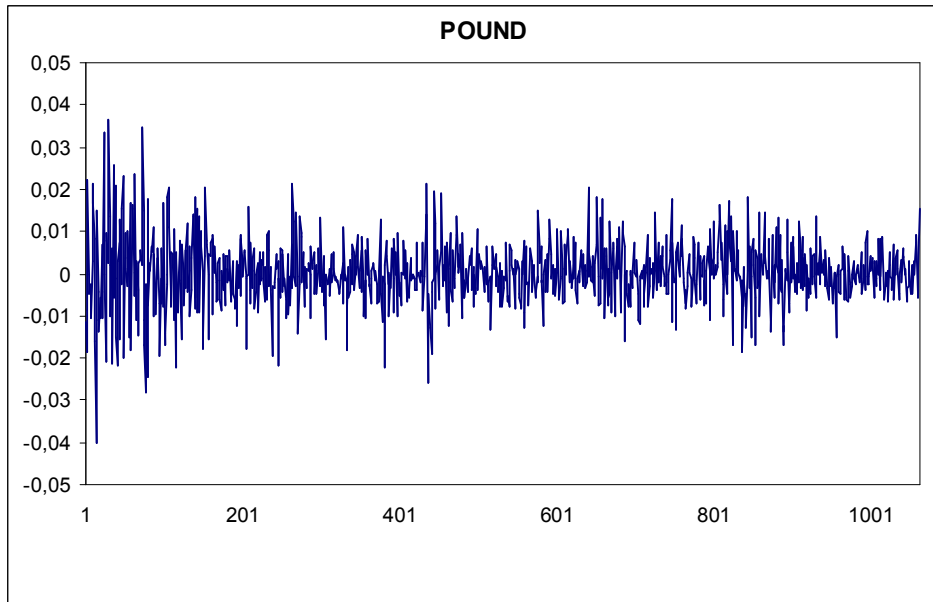
Grafiklerde getiri serilerinin dağılım çizgileri standart normal dağılım çizgilerinden farklı seyir izlemektedir. Dolayısıyla getiri serilerinin normal dağılıma uymadığı söylenebilir. Para birimleri ve para portföyüne ilişkin getiri serilerinin durağanlıklarına bakmak için getiri serilerinin zaman yolu grafikleri çizilmiştir.



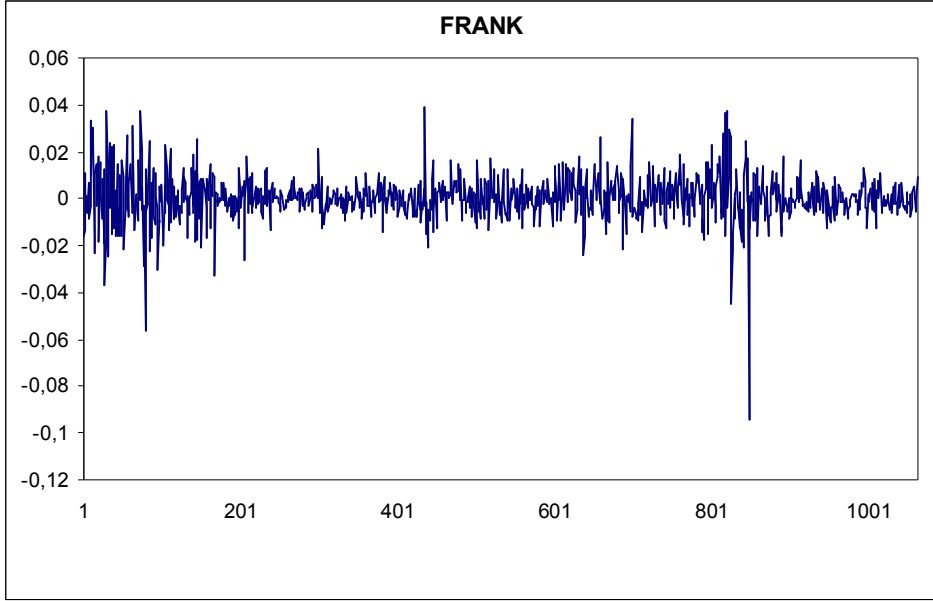
Şekil 8.1. Euro getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği



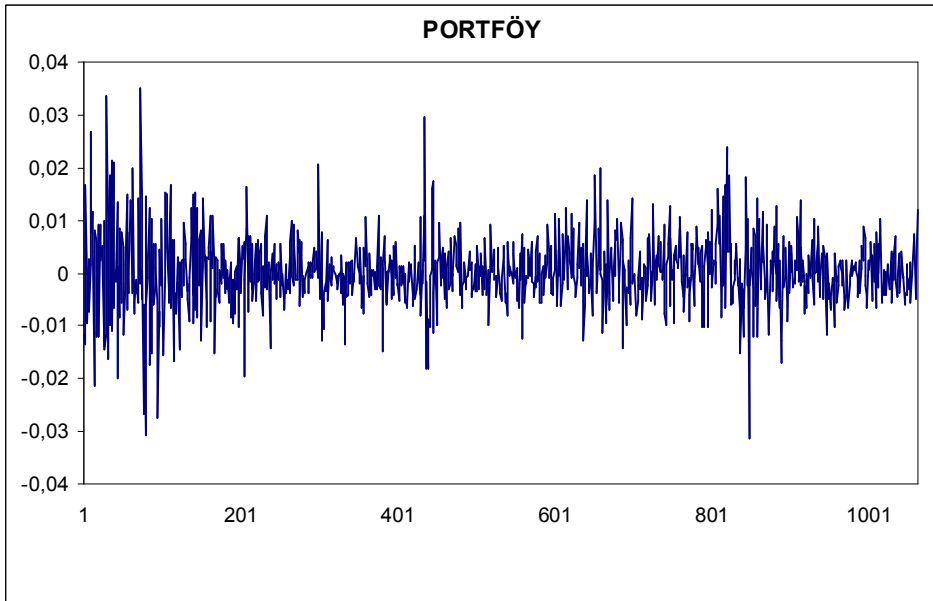
Şekil 8.2. Dolar getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği



Şekil 8.3. Pound getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği



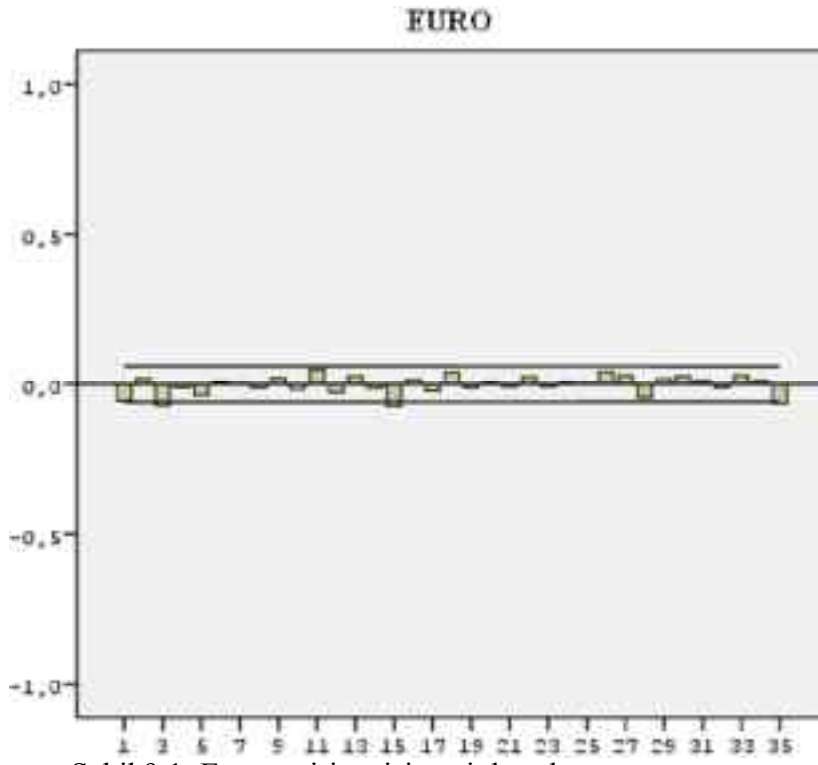
Şekil 8.4. Frank getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği



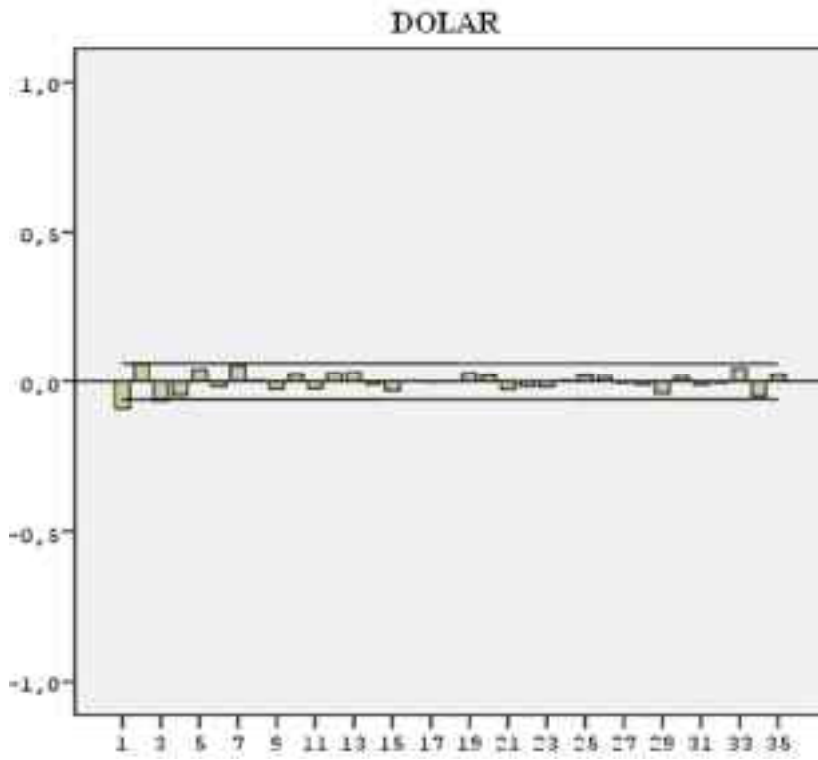
Şekil 8.5. Portföy getiri serisi için oluşturulan zaman yolu grafiği

Kabaca grafikler incelendiğinde serilerin durağan oldukları söylenebilir. Ancak getiri serilerinin durağanlıkları hakkında kesin bir karar verilemez.

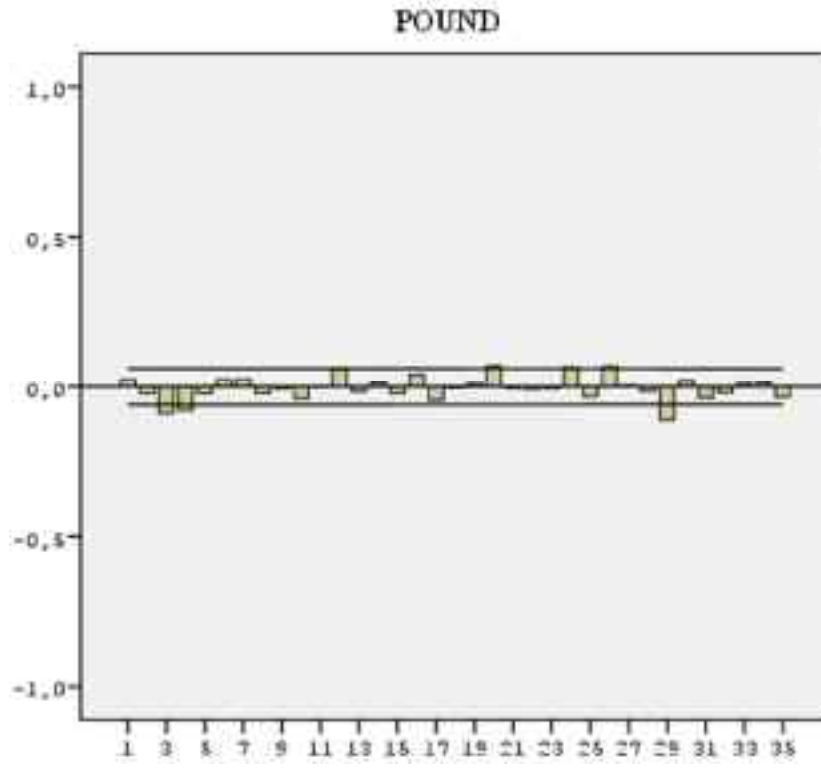
Para birimleri ve para birimlerinden oluşturulan portföye ilişkin getiri serilerinin durağanlıkları hakkında karar vermek için serilere ait korelagramlar gözden geçirilmiştir.



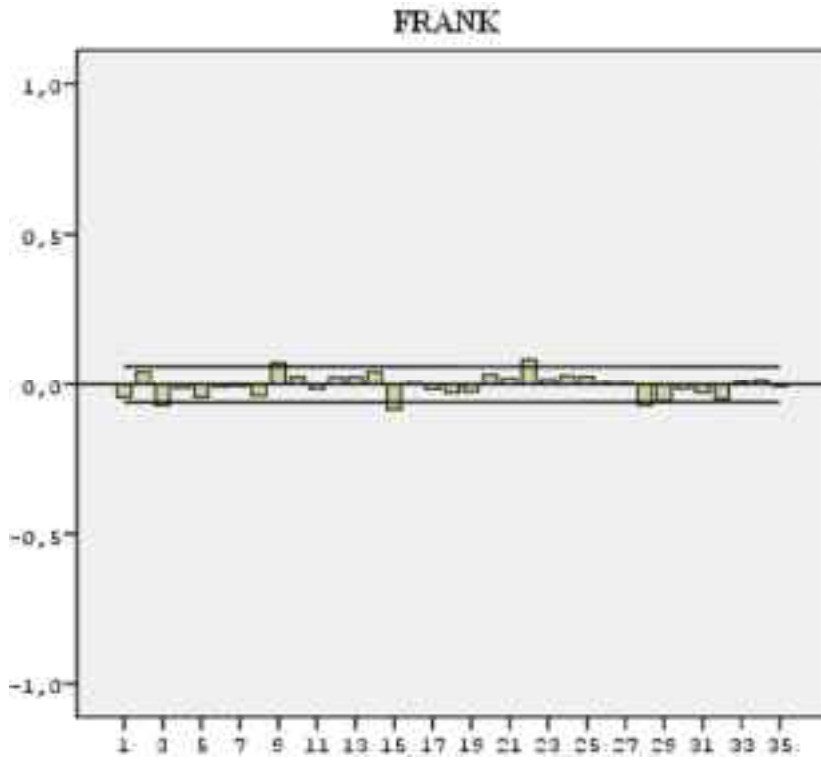
Şekil 9.1. Euro getiri serisine ait korelasyon matrisi



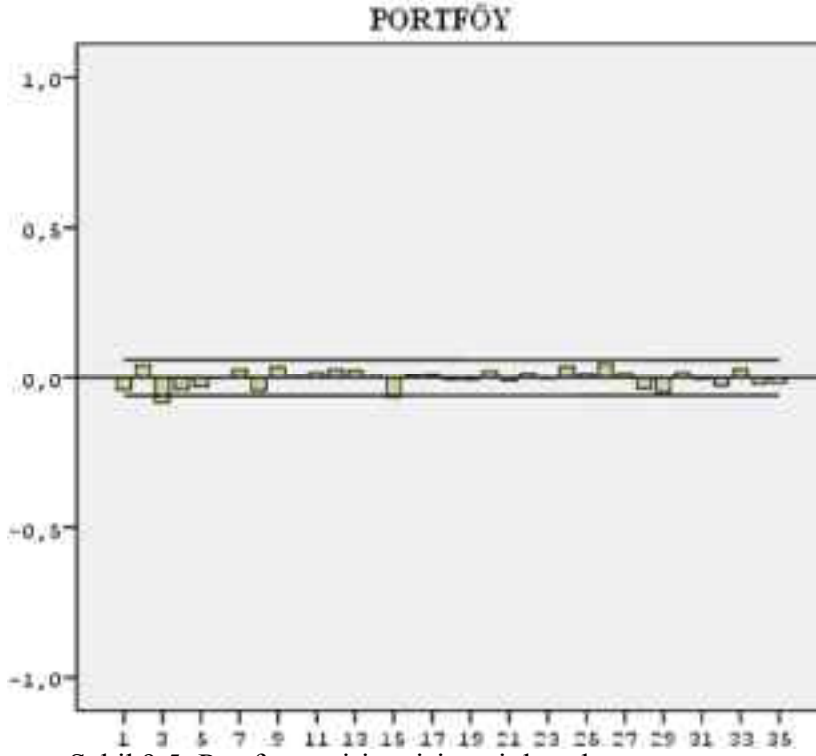
Şekil 9.2. Dolar getiri serisine ait korelasyon matrisi



Şekil 9.3. Pound getiri serisine ait korelagram



Şekil 9.4. Frank getiri serisine ait korelagram



Otokorelasyon fonksiyonu (ACF) getiri serilerinin durağan olup olmadıkları konusunda bize ipucu vermektedir. Bazı para birimlerine ait ACF değerleri uzun bellek sürecinde güven bantları içerisinde hareket etmemiştir. Dolayısıyla serilerin durağan olup olmadığı kesin olarak söylenemez. Bunun için otokorelasyon ve p değerlerine bakılır.

Çizelge 7. Para birimleri ve portföye ait otokorelasyon ve p değerleri

PARA BİRİMLERİ	ACF	p
EURO	-0,057	>0,05
DOLAR	-0,091	<0,05
POUND	0,023	>0,05
FRANK	-0,045	>0,05
PORTFÖY	-0,042	>0,05

Çizelge 7'de p değerleri 0,05 ten büyük olan hisse senetleri için otokorelasyon önemli değildir.

Bu bölümde para birimlerinin her birinden 0,25 ağırlıklarda alınarak portföy oluşturulmuştur.

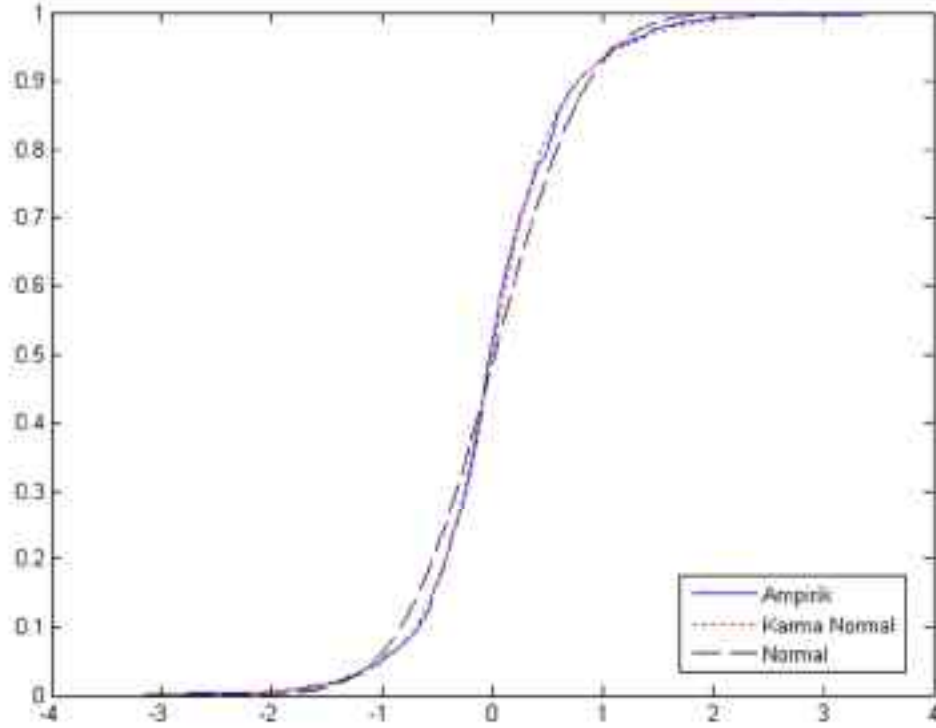
Çizelge 8. Para birimlerine ait portföy verileri için oluşturulan karma normal dağılım modeline ait parametreler tahminleri

Bileşen	Karma Oranları Tahminleri	Ortalama Vektörleri Tahminleri	Kovaryans Matrisleri
Bileşen 1	$\hat{\pi}_1 = 0,4384$	$\hat{\mu}_1 = \begin{bmatrix} 0,000495 \\ 0,001018 \\ 0,000773 \\ 0,000773 \end{bmatrix}$	$\hat{\Sigma}_1 = \begin{bmatrix} 0,000095 & 0,000052 & 0,000060 & 0,000093 \\ 0,000052 & 0,000112 & 0,000055 & 0,000080 \\ 0,000060 & 0,000055 & 0,000101 & 0,000069 \\ 0,000093 & 0,000080 & 0,000069 & 0,000180 \end{bmatrix}$
Bileşen 2	$\hat{\pi}_2 = 0,5616$	$\hat{\mu}_2 = \begin{bmatrix} -0,000143 \\ -0,000595 \\ -0,000219 \\ 0,000016 \end{bmatrix}$	$\hat{\Sigma}_2 = \begin{bmatrix} 0,000019 & 0,000010 & 0,000014 & 0,000017 \\ 0,000010 & 0,000024 & 0,000014 & 0,000010 \\ 0,000014 & 0,000014 & 0,000023 & 0,000013 \\ 0,000017 & 0,000010 & 0,000013 & 0,000020 \end{bmatrix}$

Çizelge 9. Para birimlerine ait portföy için normal ve karma normal dağılım modellerine ait MSE ve KS (Kolmogorov-Smirnov) test istatistiği değerleri

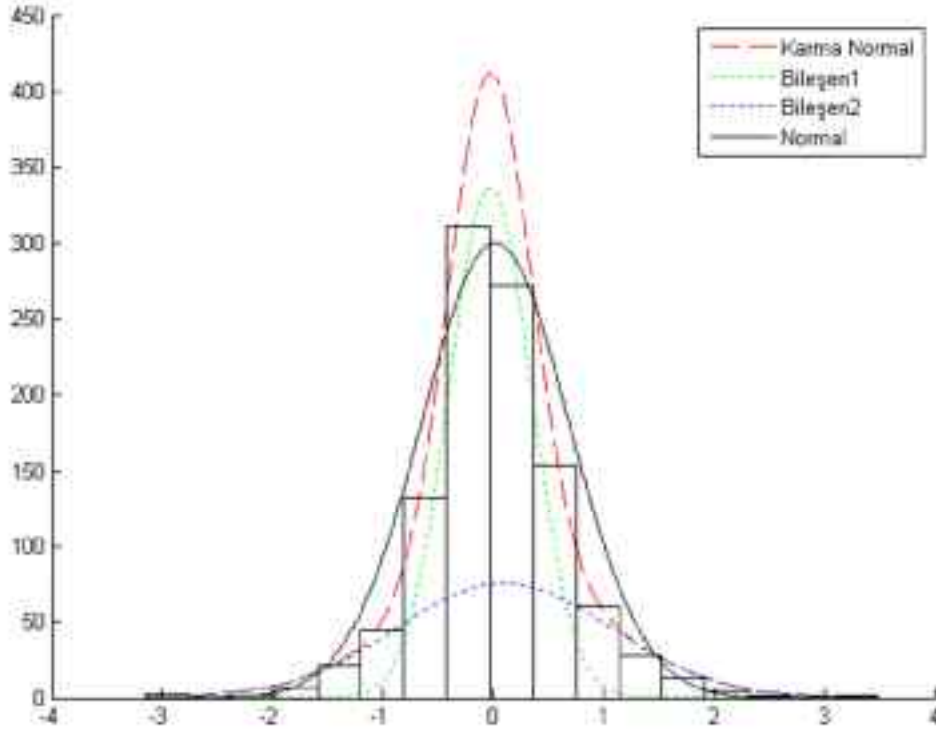
Dağılım	MSE	KS
Normal	28,138	0,0696
Karma Normal	6,570*	0,0264*

Çizelge 9 incelendiğinde karma normal dağılımın portföy verisine daha iyi uyum sağladığı görülmektedir.



Şekil 10. Para birimleri portföyüne ait normal, karma normal ve ampirik birikimli dağılım fonksiyonu

Para portföyüne ait normal dağılım, karma normal dağılım ve ampirik birikimli dağılım fonksiyonu gösterilmiştir. Para portföy verileri için karma normal dağılım fonksiyonu, normal dağılıma göre ampirik dağılım fonksiyonunu daha yeterli düzeyde yakalamıştır.



Şekil 11. Para birimlerine ait portföy için karma normal dağılım ile getirilerin yaklaşık dağılımı

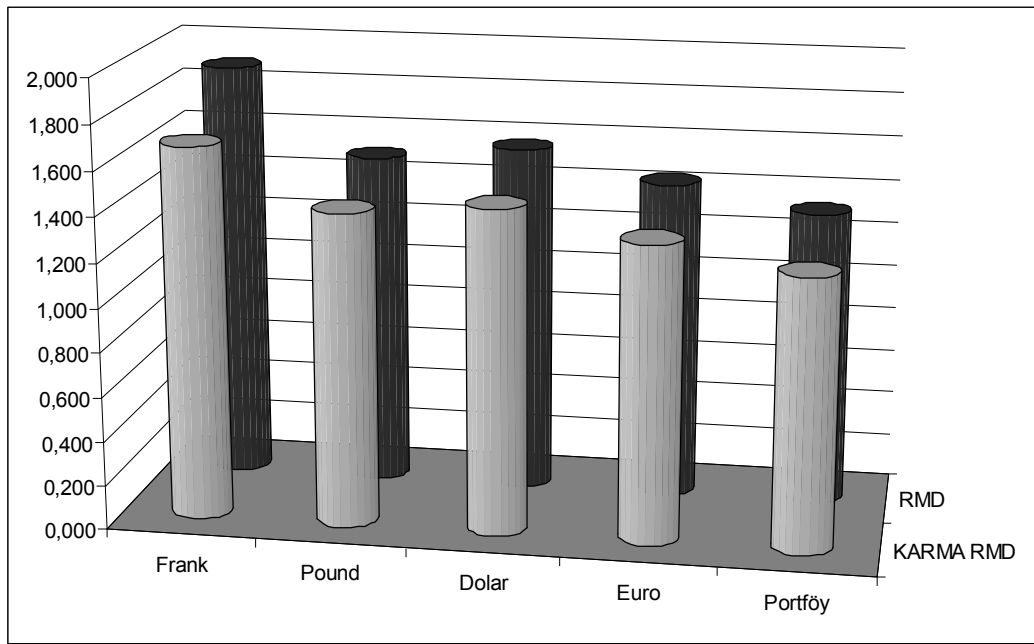
Para birimlerinden oluşturulan portföy için karma normal dağılım kullanılarak getirinin yaklaşık dağılımı gösterilmiştir. Normal dağılımlardan bir tanesi daha küçük standart sapmaya sahiptir ve bu da daha ılımlı piyasaya karşılık gelmektedir. Diğer dağılım daha büyük bir standart sapmaya sahiptir bu ise daha hareketli bir piyasa rejimi ile ilgilidir.

Para birimlerinin normal dağıldığı varsayıldığında standart sapmanın sabit kalacağı yani değişmeyeceği kabul edilerek RMD değerleri hesaplanır. Her bir para birimi ve para birimlerinden oluşturulan portföy için Parametrik yöntemle normal dağılım ve karma normal dağılım yaklaşımları ile sırasıyla RMD ve Karma RMD değerleri hesaplanmıştır. Bu yöntemler yardımıyla elde edilen RMD ve Karma RMD değerleri aşağıdaki Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge10. Para birimleri ve portföy için hesaplanan RMD ve Karma RMD değerleri

$\alpha=0,05$	RMD	Karma RMD	W
PORTFÖY	1.1212	1.0334	[0,25 0,25 0,25 0,25]
EURO	1.2099	1.1232	[1 0 0 0]
DOLAR	1.3218	1.2273	[0 1 0 0]
POUND	1.2704	1.1898	[0 0 1 0]
FRANK	1.6023	1.4160	[0 0 0 1]

Para birimlerinden eşit ağırlıklarda alınarak portföy oluşturulsa, RMD 1,12 ve Karma RMD 1,03 olarak bulunmuştur. Sadece Pound'a yatırım yapılırsa RMD 1,2 ve Karma RMD 31,18 olarak bulunmuştur. Çeşitli ağırlıklarda para birimleri alınarak portföyler oluşturulabilir ve en iyi yatırım şekli belirlenebilir.



Şekil 12. Çizelge10'da verilen para birimleri ve portföy için hesaplanan RMD ve Karma RMD değerlerine ait çubuk grafikleri

Portföy için %95 güven düzeyinde karma normal dağılım yaklaşımı ile hesaplanan RMD normal dağılım varsayımı ile hesaplanan RMD'ye göre daha küçük bulunmuştur. Tek tek para birimlerine bakıldığında; her bir para birimi için oluşturulan RMD değerleri, Karma RMD değerlerine göre daha büyüktür. Ayrıca her bir para birimine ait RMD değerleri, oluşturulan portföye ait RMD ve Karma RMD değerlerinden daha büyüktür.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde yaşanan bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler ticari hayatı derinden etkilemiştir. Bunun sonucunda firmalardaki işlem sayısı artmış, firmalar hızlı bir değişimin içine girmiştir. Firmaların finans yapılarındaki bu değişimler riskleri de beraberinde getirmiştir. Ayrıca dünyada yaşanan küreselleşme akımının dünya ticareti üzerinde rekabet anlamında çok önemli etkisi olmuştur ve firmaların bu rekabet ortamında finansal risklerini hızlı ve etkin algılayabilmeleri önem kazanmıştır. Bu da firmaların çok daha etkin yönetilmesini ve faaliyetlerinin iyileştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Firma risklerinin yönetilmesi özellikle son 20-30 yıl içerisinde önem kazanmıştır. Çünkü başarısız risk yönetimi ile yönetilen firmaların karşılayabileceklerinden fazla risk üstlenmeleri büyük finansal krizlere neden olmuştur. Finansal krizlerin ardından uluslararası düzenleyiciler hem firmaların rekabet eşitliğini korumak hem de fazla risk üstlenmeleri ile meydana gelebilecek krizlerin ülke ekonomilerini etkilemesini önlemek için çalışmışlardır. Böylelikle risk yönetimi finansal piyasalarda faaliyet gösteren firmaların yönetimlerinin vazgeçilmezi olmuştur. Risk yönetiminde risk ölçüm yöntemi olarak eksikliklerine rağmen dünyada en çok kullanılan yöntem RMD yöntemidir. RMD hesaplanmasında en çok kullanılan yöntem ise Parametrik yöntemidir. Bu yöntemde finansal verilerin normal dağılıma uyduğu varsayımı yapılmaktadır. Finansal verilere normal dağılımın uymadığı durumlarda, Parametrik yöntemde karma normal dağılım modelleri yaklaşımı kullanılarak finansal risk hesaplanabilir.

Bu çalışmada finansal risk analizi için RMD hesaplama yöntemlerinden Parametrik yöntem, normal dağılım ve karma normal dağılım yaklaşımları kullanılarak RMD hesaplanmıştır. Bu amaç için dört para birimi ve bu para birimlerinden oluşturulan portföy verileri ile beş hisse senedi ve bu hisse senetlerinden oluşturulan portföy verileri kullanılmıştır. İncelenen bu veriler için iki bileşenli karma normal dağılım modellerinin, normal dağılım modellerine göre daha iyi uyum sağladığı gösterilmiştir ve veri yapısına daha uygun bir yaklaşımla hesaplanan Karma RMD sonuçlarının daha gerçekçi olduğu söylenebilir. Finansal

risk analizinde, Parametrik yöntemde Karma RMD hesaplanması, RMD hesaplanmasına alternatif yeni bir yaklaşımdır ve incelenen veri yapısının dağılım durumuna göre her iki RMD'nin de hesaplanması ve veri yapısına uygun olan RMD için sonuçların yorumlanması uygun olur.

KAYNAKLAR

- ACERBİ, C., 2002. *Spectral Measures of Risk: A Coherent Representation of Subjective Risk Aversion*. Journal of Banking and Finance, 26:1505-1518.
- AKAN, B., LAÇİNER, O., TÜZÜN, Y., 2003. *Bankacılık Sektöründe Finansal Riskin Ölçülmesi ve Gözetiminde Yeni Bir Yaklaşım: Value at Risk Metodolojisi*. Bankacılar Dergisi, Sayı:56.
- ALEXANDER, C., 2008. *Market Risk Analysis, Value-at-Risk Models*. Volume IV, John Wiley&Sons, Chichester.
- ALTAY, A., 2008. “*İşletmelerde Riske Yönelik Denetim ve Raporlanması*”. Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, s.62.
- ARTZNER, P., DELBAEN, F., EBER, J.M., HEATH, D., 1999. Coherent Measures of Risk, *Mathematical Finance*, 9 (3), 203–228.
- BABUŞÇU, S., 2005. *Basel II Düzenlemeleri Çerçevesinde Bankalarda Risk Yönetimi*. Ankara;Akademi Yayıncılık.
- BAUM, L.E., BETRIE, T., SOLUES, G., and WEİSS, N., 1970. *Amaximization technique occuring in the Statistical Analysis of probabilistic functions of Marko chains*. Annals of Mathematical Statistics 41, s. 164-171.
- BDDK, 2010. *Piyasa Riski Ölçümleme Yöntemlerine İlişkin Analiz*.
- BDDK, 2002. *Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine ilişkin Yönetmelik*.
- BEKTAŞ, Z., 2006. *Türk Bankacılık Sisteminde Risk Yönetimi ve Basel II Kriterleri*. Master Tezi, Gazi Üniversitesi S.B.E Finansman-Muhasebe Ana Bilim Dalı, Ankara.
- BERMAN, K., KNİGHT, J., 2006. *Financial Intelligence, Business Literacy* .Inc. Boston, s.160-161.
- BOLAK, M., 2004. *Risk ve Yönetimi*. İstanbul, Birsen yayınevi, s.9.
- BUTLER, R.W., 1986. *Predictive likelihood inference with applications, with discussion*. Journal of the Royal Statistical Society B 48,s. 1-38.
- CEYLAN, A., KORMAZ, T., 1995. *Borsada Uygulamalı Portföy Yönetimi*. Ekin Yayınları, Bursa, s.35.

- ÇALIŞ, N., 2005. *Karma Dağılım Modellerinde Bileşen Sayısını Tahmin Etmek için Yöntemler*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- DARDAC, N., GRİGORE, A., 2011. *Modeling the Market Risk in the Context of the Basel III Acord*. Theoretical and Applied Economics Volume XVIII, No. 11 (564), pp.5-20.
- DEMPSTER, A.P., LAIRD, N.M., and RUBİN, D.M., 1977. *Maximum likelihood form incomplete data via the EM algorithm, with discussion*. Journal of the Royal Statistical Society B 39, 1-38.
- DENNEBERG, D., 1990. *Distorted Probabilities and Insurance Premiums*. Methods of Operations Research, 63, 3-5.
- DOWD, K., BLAKE, D., 2006. *AfterVaR: The theory, estimation, and insurance applications of quantile based risk measures*, *The journal of Risk and Insurance*, Vol.73, No.2, 193-229.
- EMBRECHTS, P., FREY, R., McNEİL, A., 2005, *Quantitative Risk Management*. Princeton University Press.
- ERÇEL, G., 2000. *Konuşmalar-1999, Bankacılıktaki Son Gelişmeler*. TCMB, İktisadi Kalkınma Vakfı-AKDENET, Eylül, İstanbul, s.135.
- FLANAGAN, R., NORMAN, G., 1993. *"Risk Management and Construction"*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, s.48.
- FRALEY, C., 1998. *Algorithms for model-based Gaussian hierarchical clustering*. SIAM Journal on Scientific Computing. (20). 270-281.
- GENÇ, A., BEKTAŞ, M., ÇELİK, N., 2008. *Finansal Risk Analizine Giriş*. Selçuk Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü, KONYA.
- GENÇLER, A., 2007. *2001 Ekonomik Krizinin Bankacılık Sektöründeki İstihdama Etkisi*. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Siyaset Konferansları Kitabı, Sayı.50.
- GIDDENS, A., 2000. *Üçüncü Yol*. Çev: Mehmet ÖZAY, Birey Yayıncılık, İstanbul, s.222.
- HASSELBLAD, V., 1966. *Estimation of parameters for a mixture of normal distributions*. Technometrics 8, 431-444.

- HASSELBLAD, V., 1969. *Estimation of finite mixture distributions from the exponential family*. Journal of the American Statistical Association 64, 1459-1471.
- [HTTP://www.bddk.org.tr](http://www.bddk.org.tr) (Erişim tarihi Mart 2012)
- [HTTP://www.denetim.net](http://www.denetim.net) (Erişim tarihi Mart 2012)
- [HTTP://www.forexprostr.com](http://www.forexprostr.com) (Erişim tarihi Mart 2012)
- [HTTP://www.spk.gov.tr](http://www.spk.gov.tr) (Erişim tarihi Mart 2012)
- [HTTP://www.tbb.org.tr](http://www.tbb.org.tr) (Erişim tarihi Mart 2012)
- [HTTP://www.tcmb.gov.tr](http://www.tcmb.gov.tr) (Erişim tarihi Mart 2012)
- JONES, C.P., 1991. *Investments Analysis and Management*. 3.Baskı, John Wiley and Sons Inc., New York, s.282–283.
- JORION, P., 2001, *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. McGraw-Hill.
- KAHYAOĞLU, H., 2007. *Türkiye’de Finansal Risklerin Reel Piyasalara Etkisi: Aktarım Mekanizmalarının Analizi (1989-2003)*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- KÜÇÜKKOCAOĞLU, G., 2010. *Risk Yönetimi ve Riske Maruz Değer*. www.baskent.edu.tr/~gurayk/finpazcuma24.doc s.12.
- LEVY, H., SARNAT, M., 1990. *Capital investments; Business enterprises; Finance*. 4th edition. Prentice Hall (New York), 711p.
- LUKOCIENE, O., VERMUNT, K., 2010. *Determining the Number of Components in Mixture Models for Hierarchical Data*. *Advances in Data Analysis, Data Handling and Business Intelligence*. Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization, Part 3, 241-249, DOI: 10.1007/978-3-642-01044-6.
- MANDACI, P.E., 2003. *Türk Bankacılık Sektörünün Taşıdığı Riskler ve Finansal Krizi Aşmada Kullanılan Risk Ölçüm Teknikleri*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, İzmir, s.4.
- MARKOWITZ, H.M., 1952. *Portfolio Selection*. Journal of Finance 7.
- McLACHLAN, G., PEEL, D., 2000. *Finite Mixture Models*. John Wiley&Sons, Inc. New York.

- McCULLOCH, J.H., 1977. *The Austrian theory of the marginal use and of ordinal marginal utility*. Zeitschrift für Nationalökonomie. No 3-4.
- MORGAN, J.P., 1994. *Risk Metrics*. Second Edition, JP Morgan.
- ORCHARD, T., WOODBURY M.A., 1972. *A missing information principle: theory and applications*. In: Proceedings of the 6th Berkeley Symposium in Mathematical Statistics and Probability, Vol I, 697-715.
- PEARSON, K., 1894. *Contributions to the theory of mathematical evolution*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A 185, 71-110.
- RAO, C.R., 1948. *The utilization of multiple measurements in problems of biological classification*. Journal of Royal Statistical Society B 10, 159-203.
- SARIASLAN, H., 1990. *Yatırım Projelerini Hazırlanması ve Değerlendirilmesi*. Turhan Kitabevi, Ankara, s.161.
- STETTLER, H.F., 1982. *Auditing Principles, A System Based Approach*. New Jersey, Prentice-Hall Inc., s.112.
- SUNDBERG, R., 1974. Maximum likelihood theory for incomplete data from an exponential family. Scandinavian Journal of Statistics: Theory and Applications 1, 49-58.
- SWALN, R., 1966. *Utility Theory-Inside into Decision-Taking*. Harvard Business Review.
- YAMAİ, Y., YOSHİBA, T., 2005. *Value-at-Risk Versus Expected Shortfall: A Practical Perspective*, Journal of Banking and Finance, 29, 997-1015.
- YANARTAŞ, M., 2010. *Firmaların Finansal Riskliliğinin Belirlenmesine Yönelik Bir Model Önerisi*. Kadir Has Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- YASLIDAĞ, B., 2007. *Kredi Derecelendirme Sistemi*. Literatür Yayınları, İstanbul, s.109-115.
- UZUNOĞLU, M., GEÇER, T., EREN, K., KIZIL, A., ONAR, Ö.Ç., 2005. *Matlab ile Risk Yönetimi*. Türkmen Kitabevi, İstanbul, s.13-16.
- ÜÇKARDEŞ, İ., 2012. *Risk Analizi ve Havacılık Sektöründe Kaza Risklerinin Değerlendirilmesi*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

WANG, S. S., 1996. *Premium Calculation by Transforming the Layer Premium Density*, ASTIN Bulletin, 26:71-92.

WINTERS, L., 2007. *Coherence and the WTO*. Oxford Review of Economic Policy, Oxford: Autumn, Cilt 23, Sayı. 3; s.462.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Adana'da tamamladıktan sonra 2005 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesinde İstatistik bölümünde lisans eğitimine başladı. 2009 yılında lisans eğitimini tamamladı ve Çukurova Üniversitesinde İstatistik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2012 yılında Finansal Risk Analizinde Karma Dağılım Modeli Yaklaşımı başlıklı yüksek lisans tez çalışmasını Sayın Yrd. Doç. Dr. Deniz ÜNAL'ın danışmanlığında tamamladı.

EKLER

EK1 Para Birimleri verisi için örnek kesit (2012 yılı Nisan ayı)

	eur/try	usd/try	gbp/try	chf/try
14.05.2012	0.88%	1.42%	1.56%	0.91%
11.05.2012	-0.28%	-0.17%	-0.56%	-0.28%
10.05.2012	-0.49%	-0.42%	-0.49%	-0.50%
09.05.2012	0.54%	0.93%	0.93%	0.55%
08.05.2012	0.47%	0.99%	0.72%	0.50%
07.05.2012	0.29%	-0.45%	-0.02%	0.26%
04.05.2012	-0.75%	-0.23%	-0.45%	-0.74%
03.05.2012	0.21%	0.20%	0.15%	0.21%
02.05.2012	-0.33%	0.31%	0.21%	-0.33%
01.05.2012	-0.12%	-0.12%	-0.18%	-0.14%
30.04.2012	-0.24%	-0.22%	-0.49%	-0.25%
27.04.2012	0.24%	-0.24%	0.31%	0.27%
26.04.2012	-0.58%	-0.27%	-0.28%	-0.58%
25.04.2012	-0.30%	-0.60%	-0.35%	-0.28%
24.04.2012	-0.45%	-0.82%	-0.64%	-0.44%
23.04.2012	-0.24%	0.21%	0.12%	-0.26%
20.04.2012	0.60%	0.02%	0.41%	0.65%
19.04.2012	0.32%	0.22%	0.36%	0.30%
18.04.2012	-0.03%	0.03%	0.61%	-0.08%
17.04.2012	-0.42%	-0.49%	-0.21%	-0.38%
16.04.2012	0.60%	-0.04%	0.33%	0.63%
13.04.2012	-0.63%	0.21%	-0.47%	-0.69%
12.04.2012	-0.28%	-0.77%	-0.61%	-0.16%
11.04.2012	-0.01%	-0.41%	0.09%	-0.18%
10.04.2012	0.64%	0.92%	0.58%	0.71%
09.04.2012	0.36%	0.18%	0.36%	0.28%
06.04.2012	0.38%	0.18%	0.39%	0.48%
05.04.2012	-0.77%	-0.13%	-0.61%	-0.65%
04.04.2012	0.10%	0.68%	0.69%	0.20%
03.04.2012	-0.35%	0.33%	-0.37%	-0.43%
02.04.2012	-0.47%	-0.25%	-0.11%	-0.45%
30.03.2012	0.09%	-0.12%	0.22%	0.22%
29.03.2012	-0.00%	0.13%	0.50%	-0.02%
28.03.2012	-0.31%	-0.34%	-0.67%	-0.30%
27.03.2012	-0.08%	0.13%	0.08%	-0.03%
26.03.2012	-0.24%	-0.79%	-0.28%	-0.33%
23.03.2012	0.03%	-0.46%	-0.17%	0.09%
22.03.2012	-0.36%	-0.23%	-0.59%	-0.36%
21.03.2012	-0.66%	-0.55%	-0.44%	-0.63%
20.03.2012	1.10%	1.04%	0.89%	1.11%
19.03.2012	0.92%	0.51%	0.84%	0.95%
16.03.2012	0.67%	-0.07%	0.83%	0.78%
15.03.2012	-0.26%	-0.64%	-0.36%	0.20%
14.03.2012	0.74%	1.14%	0.85%	0.33%
13.03.2012	-1.05%	-0.35%	-0.01%	-1.25%
12.03.2012	0.77%	0.40%	0.29%	0.81%

EK2 Hisse Senetleri verisi için örnek kesit (2009 yılı)

	ECZACIBAŞI	TURKCELL	TOFAŞ	ÜLKER	VESTEL
02/01/2009	0,03	0,05	0,05	0,03	0,00
05/01/2009	0,03	0,03	0,07	0,00	0,02
06/01/2009	-0,02	-0,03	-0,06	-0,03	-0,03
07/01/2009	-0,08	-0,03	-0,07	-0,08	-0,07
08/01/2009	0,00	-0,02	0,01	0,03	0,01
09/01/2009	0,00	-0,06	-0,01	-0,01	0,06
12/01/2009	0,01	0,02	0,04	0,01	0,00
13/01/2009	-0,01	0,01	-0,02	-0,03	-0,06
14/01/2009	-0,01	-0,01	0,04	0,01	0,01
15/01/2009	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01
16/01/2009	0,00	-0,03	-0,06	-0,02	-0,01
19/01/2009	-0,03	-0,01	0,00	-0,01	-0,01
20/01/2009	0,00	-0,01	0,01	0,02	0,00
21/01/2009	-0,01	-0,01	-0,04	0,00	0,02
22/01/2009	0,00	0,04	-0,01	0,00	-0,01
23/01/2009	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
26/01/2009	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,01
27/01/2009	0,03	0,02	0,04	0,01	0,01
28/01/2009	-0,03	0,00	-0,03	-0,01	-0,02
29/01/2009	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
30/01/2009	-0,03	-0,01	-0,03	-0,02	-0,02
02/02/2009	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03
03/02/2009	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
04/02/2009	-0,01	-0,02	-0,01	-0,03	-0,01
05/02/2009	0,03	0,05	0,02	0,03	0,01
06/02/2009	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04
09/02/2009	-0,01	-0,05	-0,04	-0,01	-0,06
10/02/2009	-0,01	-0,03	-0,01	-0,01	0,00
11/02/2009	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,03
12/02/2009	0,01	0,02	0,00	0,01	0,03
13/02/2009	0,00	-0,01	0,02	-0,01	0,00
16/02/2009	-0,01	-0,03	-0,03	-0,03	-0,01
17/02/2009	0,00	0,02	-0,02	-0,01	0,00
18/02/2009	0,01	0,04	0,05	0,02	0,00
19/02/2009	-0,03	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03
20/02/2009	0,01	0,04	0,02	0,00	0,01
23/02/2009	-0,01	-0,02	0,03	0,00	0,00
24/02/2009	-0,01	0,00	-0,01	0,01	0,00
25/02/2009	0,00	-0,04	-0,01	0,01	0,03
26/02/2009	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,00
27/02/2009	0,00	-0,02	-0,01	-0,01	-0,03
02/03/2009	-0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
03/03/2009	0,03	0,02	0,02	0,00	0,01
04/03/2009	-0,01	-0,04	-0,03	-0,01	-0,03