

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
BANKACILIK VE SİGORTACILIK ENSTİTÜSÜ
SERMAYE PİYASASI VE BORSA ANABİLİM DALI

**BANKA HİSSE SENETLERİNE AİT PİYASA RİSKİNİN
PARAMETRİK OLMAYAN MODELLER İLE TEST EDİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

HABİBE GÜNEY

İSTANBUL, 2019

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
BANKACILIK VE SİGORTACILIK ENSTİTÜSÜ
SERMAYE PİYASASI VE BORSA ANABİLİM DALI

**BANKA HİSSE SENETLERİNE AİT PİYASA RİSKİNİN
PARAMETRİK OLMAYAN MODELLER İLE TEST EDİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

HABİBE GÜNEY

Danışman: Doç. Dr. LEVENT ÇİNKO

İSTANBUL, 2019



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü Müdürlüğü



Sıfır Atık Proje Ortağı

Aşağıda belirtilen lisansüstü tez, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği hükümlerinde belirtilen esaslar çerçevesinde jüri önünde savunulmuş ve jüri tarafından başarılı bulunmuştur.

TEZ BAŞLIĞI : Banka Hisse Senetlerine Ait Piyasa Riskinin Parametrik Olmayan Modeller İle Test Edilmesi

TÜRÜ : Yüksek Lisans

TEZİ HAZIRLAYAN : Habibe GÜNEY

ANABİLİM DALI : Sermaye Piyasası ve Borsa

SAVUNMA TARİHİ : 20.06.2019

JÜRI ÜYELERİ

GÖREVİ

ADI SOYADI

İmza

Danışman

Doç.Dr.Levent ÇİNKO

Üye

Doç.Dr.Server DEMİRCİ

Üye

Doç.Dr.Elif HAYKIR HOBİKOĞLU

ÖZET

BANKA HİSSE SENETLERİNE AİT PİYASA RİSKİNİN PARAMETRİK OLMAYAN MODELLER İLE TEST EDİLMESİ

Küresel bütünleşme ile birlikte finansal piyasalarda yaşanan fiyat dalgalanmaları özellikle bankacılık sektörünü piyasa riskine karşı daha açık hale getirmiştir. Bu durum yatırımcıların portföylerini oluştururken piyasa riskini tutarlı olarak tahmin eden yöntemlere yönlendirmektedir. Getiri ve piyasa riski arasındaki ilişkiyi inceleyen Finansal Varlık Fiyatlama Modelleri'nde kullanılan yöntem ise parametrik regresyon analizi olmuştur. Ancak bu modellerde matematiksel formun önceden belirlenmesi ve modele ait güçlü varsayımların varlığı kullanım alanını sınırlamaktadır. Parametrik olmayan yöntemler ise değişkenler arasındaki ilişkinin açıklanmasında esneklik sağlamaktadır.

Bu çalışmada 12 adet banka hisse senedine ilişkin piyasa riski parametrik regresyon modelleri ve parametrik olmayan yöntemler ile analiz edilerek parametrik olmayan modellerin daha tutarlı ve etkin tahminler yaptığı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bankacılık Sektörü, Piyasa Riski, Finansal Varlık Fiyatlama Modelleri, Parametrik Olmayan Regresyon Modelleri.

SUMMARY

TESTING MARKET RISK OF BANK STOCKS WITH NONPARAMETRIC MODELS

With global integration, price fluctuations in financial markets have made the banking sector more vulnerable to market risk. This leads investors to methods that consistently predict market risk when they are building their portfolios. The method used in Capital Asset Pricing Models, which examines the relationship between return and market risk, is parametric regression analysis. However, in these models, the determination of the mathematical form beforehand and the presence of strong assumptions of the model limit the field of use. Nonparametric methods provide flexibility in explaining the relationship between variables.

In this study, it was mentioned that market risk of 12 bank stocks was analyzed by parametric regression models and nonparametric methods and that nonparametric models made more consistent and effective estimates.

Keywords: Banking Sector, Market Risk, Capital Asset Pricing Models, Nonparametric Regression Models.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER	i
TABLolar LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

BANKACILIKTA RİSK VE RİSK TÜRLERİ

1.1. Risk Kavramı.....	2
1.2. Bankacılıkta Risk ve Risk Türleri.....	3
1.2.1. Piyasa Riski	5
1.2.1.1. Faiz Oranı Riski	5
1.2.1.2. Kur Riski	6
1.2.1.3. Likidite Riski.....	7
1.2.1.4. Hisse Senedi Fiyat Riski	9
1.2.2. Kredi Riski	9
1.2.3. Operasyonel Risk	10
1.3. Risk Ölçüm Yöntemleri	11
1.3.1. Standart Sapma.....	11
1.3.2. Beta Katsayısı.....	13
1.3.3. Riske Maruz Değer Yöntemi.....	14

1.3.4. Stres Testi	17
--------------------------	----

2. BÖLÜM

PORTFÖY TEORİLERİ

2.1. Geleneksel Portföy Teorisi	19
2.2. Modern Portföy Teorisi.....	20
2.2.1. Modern Portföy Teorisinde Kullanılan Temel Kavramlar	22
2.2.2. Etkin Sınır ve Optimal Portföyün Belirlenmesi	23
2.2.3. Ortalama Varyans Teorisi	25
2.3. Finansal Varlık Fiyatlama Modelleri	27
2.4. Finansal Varlık Fiyatlama Modelinin Ampirik Testleri	32
2.4.1. Lintner Testi	33
2.4.2. Black, Jensen ve Scholes Testi.....	33
2.4.3. Fama ve MacBeth Testi.....	34
2.4.4. Gibbons Testi	35
2.4.5. Fama ve French Testi	35

3. BÖLÜM

PARAMETRİK OLMAYAN REGRESYON MODELLERİ

3.1. Regresyon Analizi	37
3.1.1. Parametrik Regresyon Modelleri.....	38
3.1.2. Yarı Parametrik Regresyon Modelleri	39
3.1.3. Parametrik Olmayan Regresyon Modelleri.....	40

3.2. Parametrik Olmayan Modeller İçin Düzgünleştirme Kavramı	42
3.2.1. Kernel Tahmincisi	43
3.2.2. Spline Düzgünleştirme	45
3.2.3. K-En Yakın Komşu Tahmincisi (k-nearest neighbor estimate)	47
3.3. Düzgünleştirme Parametresinin Seçimi	48
3.3.1. Çapraz Geçerlilik Ölçütü (Cross Validation)	48
3.3.2. Cezalandırma Fonksiyonları (Penalizing Functions)	49
3.3.3. Plug-In Yöntemi	49
3.4. Local Doğrusal Regresyon Yöntemi	50

4. BÖLÜM

BANKA HİSSE SENETLERİNE AİT PİYASA RİSKİNİN PARAMETRİK VE PARAMETRİK OLMAYAN REGRESYON MODELLERİ İLE UYGULANMASI

4.1. Veri Seti	52
4.2. Tahminler	52

SONUÇ	64
--------------------	-----------

KAYNAKÇA	66
-----------------------	-----------

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1: Kernel Fonksiyonları	44
Tablo 2: Banka Hisse Senedi Getirileri ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin ADF Birim Kök Testi	53
Tablo 3: Banka Hisse Senetleri ve BİST Ulusal Tüm Endeksi Getirilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri	54
Tablo 4: Akbank Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	55
Tablo 5: Albaraka Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	55
Tablo 6: Denizbank Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	56
Tablo 7: Garanti Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	56
Tablo 8: Türkiye Halk Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	57
Tablo 9: ICBC Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	57
Tablo 10: İş Bankası C Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	58
Tablo 11: Türkiye Kalkınma Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	58
Tablo 12: Şekerbank Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	59
Tablo 13: Türkiye Sınai Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	59
Tablo 14: Türkiye Vakıflar Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	60
Tablo 15: Yapı ve Kredi Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli	60

Tablo 16: Banka Hisse Senetlerine Ait Parametrik Olmayan Regresyon Modeli Tahminleri 62



ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1: Bankacılıkta Riskler	4
Şekil 2: Finansal Varlık ve Portföyler için Risk ve Beklenen Getiri Olasılıkları	21
Şekil 3: Etkin Sınır	23
Şekil 4: Etkin Sınır ve Kayıtsızlık Eğrileri.....	24



KISALTMALAR LİSTESİ

AKBNK	: Akbank
ALBRK	: Albaraka Bankası
ASE	: Averaged Squared Error (Ortalama Hata Karesi)
A.Ş.	: Anonim Şirketi
BIS	: Bank for International Settlement
CV	: Cross Validation
DENİZ	: Denizbank
EKKY	: En Küçük Kareler Yöntemi
EYOY	: En Yüksek Olabilirlik Yöntemi
FVFM	: Finansal Varlık Fiyatlandırma Modeli
GARAN	: Garanti Bankası
HALKB	: Türkiye Halk Bankası
ICBCT	: ICBC Turkey Bank A.Ş.
ISCTR	: Türkiye İş bankası
İMKB	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
KLNMA	: Türkiye Kalkınma Bankası
MISE	: Mean Integrated Squared Error (Ortalama Hata Karesi)
RMD	: Riske Maruz Değer
SKBNK	: Şekerbank
TSKB	: Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
VAKBN	: Türkiye Vakıflar Bankası
YKBNK	: Yapı ve Kredi Bankası

GİRİŞ

Küreselleşen finans piyasaları ile birlikte özellikle bankalar fiyat hareketlerinden kaynaklanan piyasa risklerine daha fazla maruz kalmaya başlamışlardır. Böyle bir konjektürde risklerini en doğru yöntemler ile ölçmeleri hem bankaların hem de yatırımcıların kararlarını etkin bir şekilde vermelerini sağlayacaktır.

Literatürde Finansal Varlık Fiyatlama Modelleri temelinde hisse senetlerine ait riskler parametrik regresyon modelleri ile analiz edilmektedir. Parametrik regresyon modellerinin sağlanması gereken varsayımların fazla olması koşulu finansal piyasalara ait verilerle çalışmayı güçleştirmektedir. Parametrik olmayan regresyon modelleri ise hiçbir varsayımı taşıma şartının olmamasının yanı sıra herhangi bir fonksiyonel formu belirlenmeden tahminler yapmaya da imkan tanımaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde; risk kavramı, bankacılıkta karşılaşılan risk türleri ve risk ölçüm yöntemlerine yer verilmiştir. İkinci bölümde; portföy teorileri ile ilgili teorik bilgilerden bahsedilmiştir. Geleneksel ve modern portföy teorileri ile birlikte finansal varlık fiyatlama modellerinin özelliklerine, finansal varlık fiyatlama modelleri için geliştirilmiş ampirik testlere değinilmiştir. Üçüncü bölümde; regresyon modellerinin çeşitleri, parametrik olmayan regresyon modellerinin tahmin yöntemleri ile düzgünleştirme parametresinin seçiminde sıklıkla kullanılan yöntemler bulunmaktadır. Dördüncü ve son bölümde ise banka hisse senetlerinin piyasa riski, parametrik ve parametrik olmayan regresyon yöntemleri ile uygulamalı olarak analiz edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1. BÖLÜM

BANKACILIKTA RİSK VE RİSK TÜRLERİ

1.1. Risk Kavramı

Risk, ön görülemeyen ya da beklenmeyen bir durumun ortaya çıkma olasılığıdır. Genel olarak beklentiler dışında gelişen ve risk karşısındaki davranış ve yönetim biçimlerine göre neticesinde zarar edilen ya da fayda elde edilen bir durumdur. Geleceğe yönelik belirsizliği ifade eden bir kavramdır. Bu nedenle daha çok kayba uğrama tehlikesi olarak benimsenmiştir.

Finansal anlamda risk; yatırımın olumlu ya da olumsuz sonuçlanma olasılığını, beklenen getiriden sapma ihtimalini ifade eder.¹ Bir işleme ait parasal kaybın oluşması veya bir giderin ya da zararın meydana gelmesi dolayısı ile ekonomik faydanın azalması durumu olarak tanımlanmıştır.²

Yatırımcıların karşılaştıkları risk, literatürde sistematik risk ve sistematik olmayan risk olmak üzere iki alt başlığa ayrılmıştır. Sistematik risk; genel ekonomik, sosyal, politik ve benzeri çevresel etmenlerin değişkenliğinden doğup bütün firmaları farklı şiddet ve yönde etkileyen riskler olarak adlandırılmaktadır.³ Diğer bir deyişle firma dışındaki faktörlerden kaynaklanıp aynı anda tüm finansal piyasaları farklı yönde etkileyen risktir ve ortadan kaldırmak mümkün değildir. Piyasa riski, kur riski, faiz riski, enflasyon riski, politik risk başlıca sistematik risklerdir. Sistematik olmayan risk, sadece o firmayı etkileyen ve o firmadan doğan risktir. Dolayısıyla risklerin etkisi ve şiddeti firmalara göre değişkenlik göstermektedir. Bu risk grubuna faaliyet riski, finansal risk, yönetici riski ve endüstri riski dahil edilebilir. Sistematik risklerin kontrol edilmesi mümkün değilken, sistematik olmayan riskler ise firma tarafından kontrol edilebilen ve yok edilebilen risklerdir.⁴

¹ Robert HAGIN, **Modern Portfolio Theory**, New York: The Dow Jones- Irwin Guide, 1979, s.158.

² **Bankaların İç Denetim ve Risk Yönetimi Sistemleri Hakkında Yönetmelik**, 28.06.2012 tarih ve 28337 Sayılı Resmi Gazete, Madde 3

³ Mehmet Baha KARAN, **Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi**, 1. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi, 2004, s.156.”

⁴ Metin Kamil ERCAN ve Ünsal BAN, **Finansal Yönetim**, Ankara: Gazi Kitabevi, 2005, s.179.

1.2. Bankacılıkta Risk ve Risk Türleri

Bankalar, kişilerin birikimlerini toplayan ve bu birikimleri fona ihtiyaç duyanlara aktaran ve izleyen, kredi mekanizmasıyla para yaratan ve para politikalarının etkinliğini arttıran en önemli finansal aracılık hizmet sunucularıdır. Bu yönüyle finansal piyasalarda en fazla riskle karşılaşan kuruluşlardır.

Finansal piyasaların küreselleşmesi ile birlikte bankacılık sektörü büyüyerek çeşitlendirmiştir. Yatırımcılar ve tasarruf sahipleri arasındaki işlevinin yanı sıra bankalar, kendi hesaplarına da piyasalarda pozisyon almaya başlamıştır. Bu durum ise, bankalar tarafından katlanılan risklerin çeşitlenerek artması sonucuna neden olmuştur.⁵

Bankacılık açısından risk, birey veya kurumlarca onaylanan ya da arzu edilen yükümlülüklerin yerine getirilmemesi, istenilen durumların gerçekleşmemesi ya da beklenmeyen koşulların ortaya çıkması sonucu zarar edilmesi olasılığını ifade etmektedir.⁶ Diğer bir ifadeyle banka tarafından hedeflenen ve istenilen sonuçlara ulaşamamasıdır.

Finansal kurumlar arasında başta bankalar olmak üzere verilen hizmetlerin her biri için riskler söz konusudur. Bankalar, kişi ve kurumların yüklenmek istemediği kredi ve faiz gibi riskleri kabul ederek geleceğe ilişkin belirsizlik hallerini asgari seviyeye getirmeye çalışan ya da yüklenen hizmet sunucularıdır. Bu nedenle bankacılık faaliyetlerde risklerin tamamen yok edilemeyeceğinin bilinmesi gerekir.

Riskler bankaların karlılığını ve sürekliliğini etkileyen unsurlardır. Bankacılık sektöründe karlılığı sağlamak ve korumak için uygulanacak politikalar ise risk yönetimini oluşturur. Risk bankalar açısından belirlenen hedeflerden olumsuz sapmayı ifade etmesine rağmen başarılı bir şekilde yönetildiğinde karlılığı arttıran bir etmendir.⁷

⁵ Ebubekir AYAN, “Türkiye’de Bankacılık Risklerinin Yönetiminde Basel-II Uzlaşması ve Faiz ile Kur Risklerine İlişkin Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli, 2007, s.9.

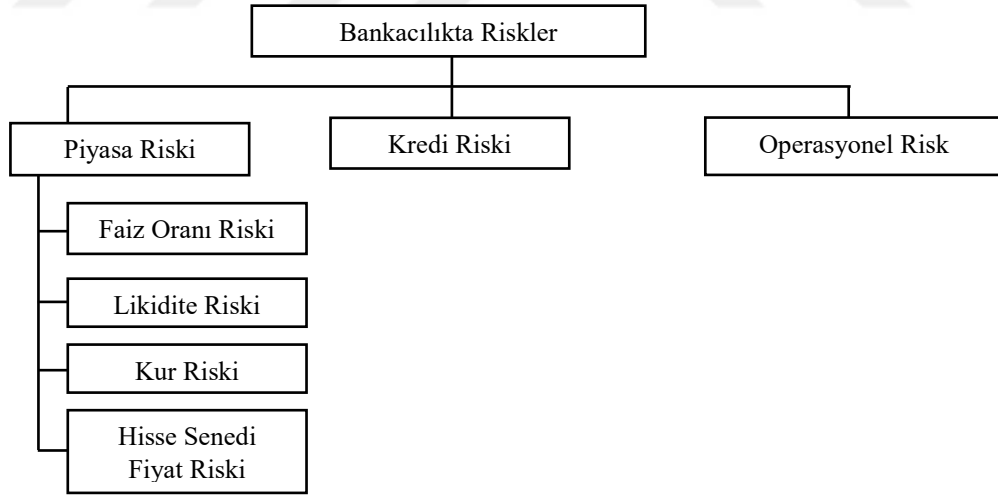
⁶ Emre ALKİN, Tuğrul SAVAŞ, Vedat AKMAN, **Bankalarda Risk Yönetimine Giriş**, İstanbul: Çetin Matbaacılık, 2001, s.105.

⁷ Murat ATAN, “Risk Yönetimi ve Türk Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, Ankara, 2002, s.5.

Günümüzde bankacılık sektöründe sunulan yatırım araçlarının çoğalması, finansal piyasaların küreselleşmesi, teknolojik gelişmeler ile bankalar pek çok risk türüne maruz kalmaktadırlar. Bu risklerin birçoğu birbirlerini etkileyebilmekte ya da birbirlerini tetikleyebilmektedirler. Dolayısıyla bankacılık sektöründe gelecekte karşılaşılabilecek belirsizlik faktörleri ayrıntılı incelenip değerlendirilerek risk yönetimi ile gerekli tedbirler alınmalıdır.

Bankacılıkta riskler, faiz oranları veya döviz kurlarında meydana gelen fiyat değişimlerinden, likidite yetersizliğinden, borçların geri ödenmemesinden, personel hata ve ihmallerinden, yetersiz iş süreçlerinden, teknolojik altyapı ve sistemlerdeki eksikliklerden kaynaklanmaktadır.

Bankacılık sektörünün karşılaştığı riskler konusunda farklı sınıflandırmalar yapılmıştır; ancak 2004 yılında Basel Komitesi tarafından hazırlanan uzlaşıda temel olarak banka riskleri kredi riski, piyasa riski ve operasyonel risk olmak üzere üç grup altında toplanmıştır. Piyasa riski kendi içinde faiz oranı riski, kur riski, likidite riski ve hisse senedi riski olmak üzere alt gruplara ayrılmıştır.⁸



Şekil 1. Bankacılıkta Riskler

Kaynak: Evren BOLGÜN ve M. Barış AKÇAY, **Risk Yönetimi**, 4. Baskı, İstanbul: Scala Yayıncılık, 2009, s.204.

⁸ Evren BOLGÜN ve M. Barış AKÇAY, **Risk Yönetimi**, 4. Baskı, İstanbul: Scala Yayıncılık, 2009, s.204.

1.2.1. Piyasa Riski

Piyasa riski, mali varlıkların fiyatlarındaki dalgalanma sonucu ortaya çıkan risktir. Bir diğer tanıma göre piyasa riski, piyasa fiyatlardaki değişimlerden kaynaklanan bankaların bilanço içi ve bilanço dışı pozisyonlarındaki kayıplarının riskidir.⁹ Philippe Jorion ise piyasa riskini, piyasa fiyatlarının değişimindeki veya volatilitesindeki hareketlerden kaynaklanan risk olarak tanımlamıştır.¹⁰

Bankaların alım ve satıma konu olan hisse senetleri, menkul kıymetleri, döviz varlıklarının faiz oranları, hisse senedi veya döviz kurlarındaki dalgalanmalar yüzünden karşılaşılabilecekleri tehlikeler piyasa risklerini oluşturur.¹¹ Bu bakımdan bankacılık sektörünün varlık ve pozisyonlarının maruz kaldığı en kapsamlı risk türüdür. Piyasa riski likidite riski, faiz riski, kur riski ve hisse senedi riski unsurlarından oluşmaktadır.

1.2.1.1. Faiz Oranı Riski

Faiz oranı riski, faiz oranlarının genel seviyesindeki değişikliklerin bankanın faize duyarlı varlıklarını, yükümlülüklerini, bilançosunu veya bilanço dışı araçlarını olumsuz yönde etkilemesi olarak tanımlanabilir.¹²

Bankaların varlıklarının ortalama vadesinin, yükümlülüklerinin ortalama vadesinden uzun olması bankaları faiz riskine maruz bırakmaktadır. Bankaların yükümlülüklerine nispeten daha uzun vadeli aktiflerinin olması, net faiz gelirlerini ve ekonomik değerini olumsuz etkileyerek yeniden fiyatlama riskiyle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Sabit faizli kısa vadeli mevduatla borçlanıp değişken faizli uzun vadeli kredi verilmesi durumunda faiz oranlarındaki beklenmeyen dalgalanmalar bankanın gelecekteki gelirinde düşüşe sebep olacaktır. Faiz oranları değiştikçe bankanın

⁹ Basel Committee on Banking Supervision, International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework Comprehensive Version, June 2006 <https://www.bis.org/publ/bcbs128.pdf> (08.01.2019), s.157.

¹⁰ Philippe JORION, **Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk**, Third Edition, 2007, s.22.

¹¹ Mehmet Ayhan ALTINTAŞ, Bankacılıkta Risk ve Sermaye Yönetimi, Ocak 2018, https://books.google.com.tr/books?redir_esc=y&hl=tr&id=vXssDwAAQBAJ&q=piyasa+fiyat+de%C4%9Fi%C5%9Fimleri#v=onepage&q=piyasa%20riski&f=false, (08.01.2019), s.39.

¹² The Prudential Supervision of Netting, Market Risk and Interest Rate Risk, <https://www.bis.org/publ/bcbs11b.pdf>, (08.01.2019), s.4.

varlık, yükümlülük ve bilanço dışı araçlarının gelecekteki nakit akımlarının bugünkü değeri değişecektir.

Yatırım yapılan varlıkların fiyatları ile cari faiz oranları arasında güçlü bir bağ vardır. Faiz oranlarının artması sabit faizli menkul kıymetlerin değerini düşürürken faizlerin düşmesi ile sabit faizli menkul kıymetler değer kazanır.¹³ Faiz oranlarındaki bu yükselme aynı zamanda bankadaki mevcut mevduatların maliyetlerini artırmış olurken, düşme mevduat sahibi müşterilerinin gelirlerini azaltmakta ve bunun sonucunda faiz geliri elde etmek isteyen yatırımcıların bankadan paralarını çekmelerine neden olmaktadır.¹⁴ Böylece bankanın aktiflerinin değeri düşecektir.

Piyasadaki faizler; piyasadaki fon arz ve talebine, genel ekonomik beklentilere, takip edilen para politikalarına, borç alanın risklilik seviyesi ile borç verilen enstrümanın likiditesine göre belirlenmektedir. Bu yönüyle bankaların, faiz oranı riski ile karşı karşıya kalmaması veya riskten bütünüyle kaçınması muhtemel değildir.¹⁵

Faiz oranı riski uygun şekilde yönetilmezse bir bankanın mevcut sermaye tabanında veya gelecekteki kazancında önemli bir tehdit oluşturabilir. Dolayısıyla bankaların faiz oranı risklerine karşı gerekli tedbirleri alması gerekir.

1.2.1.2. Kur Riski

Kur riski, yerli paranın yabancı paralar karşısında değer kaybetmesi veya kazanması halinde bankanın zarara uğrama ihtimalidir. Bankalar bilançolarındaki yabancı para aktiflerinin değer kaybetmesi veya yabancı para pasiflerinin değer kazanması durumunda kur riskine maruz kalırlar.

Bir bankanın yabancı para varlıklarının yabancı para yükümlülüklerinden az olması halinde banka açık pozisyonda, tersi durumda ise banka kapalı pozisyondadır. Yerli paranın yabancı para birimleri karşısında değerlendirilmesi halinde aktifte fazlası bulunan banka, aynı miktar yabancı para için daha az yerel para kazanacağı için zarar

¹³ ALTINTAŞ, age, s.133-134.

¹⁴ Hasan CANDAN ve Alper ÖZÜN, **Bankalarda Risk Yönetimi ve Basel II**, 2.Baskı, İstanbul: İş Bankası Kültür Yayınları, 2006, s.323-324.

¹⁵ ALTINTAŞ, age, s.135.

ederken, pasifte fazlası olan banka aynı miktardaki borcunu daha az yerel para vererek kapatabileceği için kar elde eder. Yerli paranın diğer para birimleri karşısında değer kaybetmesi halinde bu durumun tam tersi gerçekleşecektir.¹⁶ Yani döviz değer kazanırsa açık pozisyonu olan banka zarar, kapalı pozisyonu olan banka kar edecektir. Döviz değer kaybettiğinde açık pozisyonu olan banka kar ederken kapalı pozisyonda olan banka zarar edecektir.

Bankaların spot ve vadeli işlemler piyasalarında döviz arz ve taleplerine karşılık vermesi, kur farkından faydalanmak amacıyla arbitraj işlemlerine başvurması, yabancı para cinsinden kredi kullandırmaları bankaları kur riskine maruz bırakmaktadır. Kur riski ile karşı karşıya kalınmasının bir diğer nedeni, yerli para ile yabancı paraların arasındaki mübadele ölçüsünün ve portföydeki yabancı para mevcutlarının ve alacaklarının birbirlerine karşı değerinin ne yönde ve ne miktarda değişeceğinin belli olmamasıdır.¹⁷

Bankaların yabancı aktiflerin değer kaybetmesi, yabancı pasiflerin değer kazanması, karlılık oranının düşmesi ve nakit harcamalarındaki artış özellikle esnek kur rejimi ile birlikte bankaları döviz kurlarındaki dalgalanmalara daha açık hale getirmiştir.¹⁸

Bankalar döviz kuru riskini swap ve döviz opsiyonu gibi türev araçlar kullanarak yönetmelerinin yanı sıra döviz cinsinden varlıkları ve yükümlülükleri arasındaki vade uyumsuzluklarına da dikkat etmelidirler.

1.2.1.3. Likidite Riski

Vadesi gelen borçları tam ve vaktinde ödeyebilme gücü olarak ifade edilen likidite, daha kapsamlı anlamda aktif varlıkların daha akışkan, kısa vadeli ve daha kolay paraya çevrilebilecek biçimde düzenlenmesi şeklinde kullanılan bir kavramdır.¹⁹

¹⁶ Sudi APAK ve Erhan ATAY, “Bankacılık Sektöründe Operasyonel Riskin Minimize Edilmesi ve Altı Sigma Uygulamaları”, **Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:11, Sayı:1, 2009, s.170-171.

¹⁷ Hasan KAVAL, **Bankalarda Risk Yönetimi**, Ankara: Yaklaşım Yayınları, 2000, s.251.

¹⁸ Brian COYLE, **Introduction to Currency Risk: Currency Risk Management**, United Kingdom: Financial World Publishing, 2000, s.8.

¹⁹ Tezer OÇAL ve Ömer Faruk ÇOLAK, **Finansal Sistem ve Bankaları**, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 1999, s.201.

Likidite riski ise bankaların nakit giriş ve çıkışındaki dengesizlik sonucu beklenen ya da beklenmeyen fon ihtiyaçları olduğu durumlarda bu ihtiyacı karşılayacak seviyede yeterli likit değere sahip olmaması ve bu ihtiyacı karşılayacak seviyede alternatif kaynak oluşturamamaya yükümlülüklerini yerine getirememesi durumudur.²⁰ Daha basit bir ifadeyle, mevduat sahiplerinin beklenmedik para çekme talepleri karşısında bankaların bu istekleri karşılayamama tehlikesidir.

Likidite riskine sebep olan ana etmen, mevduat sahiplerinin ne zaman ve hangi miktarda mevduatlarını talep edeceklerinin; kredi istediğinde bulunanların ne zaman ve hangi miktarda paraya gereksinim duyacaklarının bilinmemesidir. Mevduat sahiplerinin siyasi ve ekonomik krizlerin yaşandığı dönemlerde panik halinde paralarını çekmek istemeleri bankaların kısa sürede nakit temin etmelerini zorlaştıracaktır. Bu nedenle bankalar, hem mevduat sahiplerinin taleplerine karşılık verebilmek hem de kredi işlemlerini ve yatırımlarını devam ettirebilmek için yeterli miktarda likit fona sahip olmaları gerekmektedir.²¹ Bankaların bu fonları likit olarak tutmaları faiz geliri elde etmesini engellediğinden bankanın alternatif maliyetlerini arttıracaktır.

Bankaların likidite riski ile karşı karşıya kalmalarının bir diğer nedeni de bankaların temin ettikleri kaynakların kısa süreli, kullandıkları kredilerin ise kaynaklara oranla daha uzun süreli olmasıdır. Vade uyumsuzluğunun yarattığı bu durum bankaları aktiflerini nakde çevirmeye yönlendirecektir. Kısa vadeli aktiflerin likiditeleri yüksek olduğu için kısa sürede nakde çevrilebilirken uzun vadeli aktiflerin likiditeleri düşük olduğu için acil nakit ihtiyacı durumunda yüksek maliyetlerle nakde çevrilebilmektedir. Aynı zamanda bazı aktiflerin piyasadaki dolaşım hacimlerinin yüksek olmamasından dolayı bu varlıklar nakde dönüşürken az kayba uğrasalar dahi piyasadaki arz-talep dengesi az olduğu için likiditeleri düşük olacaktır.²²

Likidite riski, banka mevduat sahiplerinin hesaplarındaki paralarını çekmesi ile bankanın nakit kaynaklarını bulunduğu interbank piyasalarına veya uluslararası finans

²⁰ ALTINTAŞ, age, s.111.

²¹ Sibel ÇELİK ve Yasemin DENİZ AKARIM, "Likidite Riski Yönetimi: Panel Veri Analizi ile İMKB Bankacılık Sektörü Üzerine Ampirik Bir Uygulama", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:13, Sayı:1, 2012, s.1.

²² Bora Yılmaz AKIN, "Kredi Risk Modellemesi", *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Ticaret Üniversitesi Finans Enstitüsü Finans Anabilim Dalı İstanbul, 2017, s.14-15.

piyasalarına girip kaynak sağlayamaması durumunda büyüyerek bankayı iflasa sürükleyebileceğinden etkin bir şekilde yönetilmelidir.²³

1.2.1.4. Hisse Senedi Fiyat Riski

Hisse senedi fiyat riski, bankaların alım satım konu hesaplarında tutulan hisse senedi pozisyonlarındaki finansal fiyat dalgalanmaları sonucu oluşan zarar etme ihtimalidir.²⁴

Hisse senetleri fiyat riski, bankaların temettü ve sermaye kazancı sağlamak amacıyla hisse senetlerine ya da özel veya kamu kesiminin borçlanma araçlarına paralarını yatırması sebebiyle ortaya çıkabilir. Hisse senetleri, borsada meydana gelen beklenmedik fiyat dalgalanmalarından olumsuz etkilenebilirler. Ayrıca bankalar bu yatırımlarını nakde çevirme güçlüğüyle karşı karşıya kalabilirler.²⁵

Hisse senedi fiyat riskini kabul edilebilir seviyeye düşürmek için, bankanın yatırım yapacağı sektörü, genel makroekonomik koşulları ve firmanın durumunu dikkate almalıdır.

1.2.2. Kredi Riski

Bankalar kaydi para yaratma fonksiyonlarını gerçek veya tüzel kişilere kredi açarak gerçekleştirirler. Bankalar tarafından fona ihtiyacı olan gerçek veya tüzel kişilere bu şekilde verilen kredilerin yapılan sözleşme gereklerine uyulmayarak anapara veya faizlerinin kısmen ya da tamamen zamanında yerine getirilmeme olasılığına kredi riski denir. Kredi riski bir varlık ya da borcun bankaya geri ödenmesinde tahsilat olanağını kaybetmesi ya da tahsilat olanağının sınırlı hale gelmesidir.²⁶

Kredi riskinin temel kaynağı banka müşterisinin aldığı krediyi geri ödeyememesi olarak kabul edilse dahi borçlunun kredi derecelendirmesindeki değişimler, bankanın

²³ Hatice Ayşe OCAKCI, "Bankacılıkta Risk Yönetimi ve Kredi Riskinin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlerle İncelenmesi ve Uygulamalar", **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2009, s.28.

²⁴ Şenol BABUŞÇU, **Basel II Düzenlemeleri Çerçevesinde Bankalarda Risk Yönetimi**, Ankara: Akademi Consulting & Training, 2005, s.20.

²⁵ Ali İhsan KARACAN, **Bankacılık ve Kriz**, Creative Yayıncılık, 2000, s.29.

²⁶ AKIN, **age**, s.17.

faaliyetlerine bağılı olarak interbank işlemleri, swap işlemleri, kabul-aval kredileri, bonolar, opsiyonlar, vadeli işlemler, garanti ve kefaletler gibi bilanço ve bilanço dışı hesaplardaki diğer etmenler de kredi riski kapsamında değerlendirilmektedir.²⁷

Kredi ödemelerindeki gecikmeler, borçlunun iflası veya kredilerin yeniden yapılandırılması gibi verilen kredinin geri dönüşünü olumsuz etkileyecek durumlar bankaların nakit dengesini bozabilmektedir.²⁸ Nakit akışında meydana gelen bozulma bankanın daha maliyetli fon elde etmesine neden olacaktır. Aynı zamanda kredi riskinde meydana gelen artışlar özkaynağın marjinal maliyetini de artırmaktadır.

Ekonomik durgunluklar sonucu firmaların rekabet edemeyecek duruma düşerek iflaslarının artmış olması, sermaye piyasalarının hızlı gelişimi büyük firmaların yanı sıra önemli sayıda küçük ölçekli firmanın bankalarla kredi başvurusunda bulunması, türev ürünlerin artmasıyla bankaların taşıdıkları kredi riskinin bilançolarında bulunan risklerin çok üzerinde olması ve bankacılıkta rekabetin ivme kazanması ile birlikte müşterilere uygulanan marjların hızla daralarak risk-getiri ilişkisini daha mühim hale getirmesi kredi riskine verilen önemi belirgin hale getirmiştir.²⁹

1.2.3. Operasyonel Risk

Deloitte ve Touche operasyonel riski en genel şekliyle “salt kredi ve piyasa riski dışında kalan tüm risk” olarak açıklamışlardır.³⁰ Basel Komitesi ise operasyonel riski “uygun olmayan ya da işlemeyen iç süreçler, insanlar ve sistemler ya da dış etkenler nedeniyle ortaya çıkabilecek zarara uğrama riski” olarak tanımlamıştır.³¹ Diğer tanımda

²⁷ Efsane ASLAN, “Riske Maruz Değere Dayalı Risk Yönetimi ve Ticari Bankalar Üzerine Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı İşletme Programı, İzmir, 2014, s.23.

²⁸ Kemal Çağatay ŞİMŞEK, “Bankacılıkta Risk ve Risk Ölçüm Yöntemleri”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007, s.6-7.

²⁹ Ebru OGAN ERDOĞAN ve Burak DOLGUN, “Dünyada ve Türkiye’de Kredi Riski Uygulamaları”, **Active Bankacılık ve Finans Dergisi**, Sayı:18, Mayıs-Haziran 2001, s.78- 79.

³⁰ Piyasa Riski Ölçümünde Riske Maruz Değeri Tamamlayıcı Yöntemler: Stres Testi ve Senaryo Analizi, **Risk Yönetimi Haber Bülteni**, Eylül-Ekim 2001.

³¹ Dilek LEBLEBİCİ TEKER ve Burç ÜLENGİN, “Bankacılıkta Operasyonel Risk Ölçüm Modellerinin Türk Bankacılık Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Bankaya Uygulanması”, **İTÜ Dergisi Sosyal Bilimler**, Cilt:2, Sayı:1, Aralık 2005, s.14.

ise “operasyonel risk; insanlar, süreçler, teknoloji ve dış olayların neden olduğu kayıplardan kaynaklanan risklerdir.”³²

Operasyonel risk, banka içinde yapılan eksik kontroller sonucu hata ve usulsüzlüklerin tespit edilememesinden, banka yönetim ve personelinin çağın getirdiği koşullara uyum sağlayamamasından, banka yönetim sürecindeki noksanlıklardan, bilgi teknolojisi sistemlerindeki zaaf ve aksamalar ile deprem, yangın, sel gibi banka dışındaki faktörlerden de kaynaklanmaktadır.³³

Bankacılık sektöründe meydana gelen teknolojik gelişmeler, sunulan ürün ve hizmetlerin sayılarındaki çeşitlilik teknik sorun ve aksamalar ile virüs problemlerini beraberinde getirmiştir. Bunun yanı sıra personelin nitelik veya nicelik olarak eksikliği, tecrübesiz olması, görevini kötüye kullanılması gibi beşeri unsurlar da operasyonel riski artırmıştır. Basel Komitesi, bu gelişmeler ışığında Basel I uzlaşısının yanı sıra Basel II’de sermaye yeterliliğinin hesaplanmasında operasyonel riski de göz önüne almıştır.³⁴

1.3. Risk Ölçüm Yöntemleri

1.3.1. Standart Sapma

Risk, menkul kıymetin getirisinin dağılımının değişkenliği olarak kabul edildiğinde bu dağılımın değişkenliğini ölçen standart sapma da risk ölçütü olacaktır.³⁵ Standart sapma, bir yatırımdan beklenen getirinin ortalama değerlerden ne kadar uzaklaşacağı konusunda bilgi verir. Standart sapması düşük olan bir finansal varlığın volatilitesi düşük, standart sapması yüksek olan finansal varlığın volatilitesi ise yüksek olacaktır.

³² Stephen BROWN, William GOETZMANN, Bing LIANG, Christopher SCHWARZ, “Mandatory Disclosure and Operational Risk: Evidence From Hedge Fund Registration”, **Journal of Finance**, Vol.63, 2008, s.1.

³³ BDDK, “Operasyonel Riskin Yönetimine İlişkin Rehber”, Sayı: 6827, https://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/mevzuat_0090.pdf (05.02.2019).

³⁴ Özkan AYGÜL, “Basel II Normlarına Göre Döviz Kuru Riskinin Hesaplanmasında Parametrik Riske Maruz Değer Yöntemi ile Standart Yöntemin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Finansal Piyasalar ve Yatırım Yönetimi, İstanbul, 2008, s.81.

³⁵ Kerem ÜNGİR, “2008-2012 Dönemi Arası Türk Yatırım Fonlarının Portföy Performans Analizi: Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Haziran 2014, s.28-29.

Menkul kıymetin anakütle getirisi alındığında varyans ve standart sapma aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır;

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r}_i)^2}{N} \quad (1.1)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r}_i)^2}{N}} \quad (1.2)$$

σ_i^2 = i. menkul kıymetin varyansı

σ_i = i. menkul kıymetin standart sapması

r_i = Menkul kıymetin i dönemindeki getirisi

\bar{r}_i = N adet menkul kıymetin getirisinin aritmetik ortalaması

N = Menkul kıymet sayısı

Menkul kıymetin örneklem getirileri alındığında ise varyans ve standart sapma aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır;

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r}_i)^2}{N-1} \quad (1.3)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r}_i)^2}{N-1}} \quad (1.4)$$

σ_i^2 = i. menkul kıymetin varyansı

σ_i = i. menkul kıymetin standart sapması

r_i = Menkul kıymetin i dönemindeki getirisi

\bar{r}_i = Örneklemdeki N adet menkul kıymetin getirisinin aritmetik ortalaması

N = Örneklemdeki menkul kıymet sayısı

Menkul kıymet getirilerinin olasılık dağılımları birbirinden farklı ise standart sapma ve varyans aşağıdaki şekilde hesaplanır;³⁶

$$\sigma_i^2 = \sum_{j=1}^M P_{ij} [r_{ij} - E(r_i)]^2 \quad (1.5)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{j=1}^M P_{ij} [r_{ij} - E(r_i)]^2} \quad (1.6)$$

σ_i^2 = i. menkul kıymetin varyansı

σ_i = i. menkul kıymetin standart sapması

P_{ij} = i menkul kıymetinin j durumunda ilgili getirisinin gerçekleşme olasılığı

r_{ij} = i menkul kıymetinin j durumundaki getirisi

$E(r_i)$ = i menkul kıymetinin beklenen getirisi

M= Olasılık içeren durum sayısı

1.3.2. Beta Katsayısı

Beta katsayısı (β) finansal varlıkların sistematik riskini ölçmek amacı ile kullanılır. Bu kapsamda incelemeye konu olan hisse senedinin, ne ölçüde pazarla uyumlu hareket ettiğini gösteren hesaplama yöntemidir.

Mossin (1966), Sharpe (1967), Lintner (1965, 1969) ve Black (1972) yaptıkları çalışmalar sonucu geliştirilen Finansal Varlık Fiyatlandırma Modeli (CAPM) – Capital Asset Pricing Model, riskli finansal varlıkların getirilerini tek bir faktörle açıklamaya çalışan bir modeldir ve yatırımcı tarafından beklenen getiriyi aşağıdaki şekilde formüle etmiştir.

$$E(R_i) = R_f + \beta_i [E(R_M) - R_f] \quad (1.7)$$

$E(R_i)$ = i varlığına yapılan yatırımın beklenen getirisini,

³⁶ Edwin J. ELTON, Martin J. GRUBER, Stephen J. BROW, **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**, Ninth Edition, 2014, s.44-46.

R_f = risksiz getiri oranını,

β_i = i finansal varlığının Pazar portföyüne karşı duyarlılığını,

$E(R_M)$ = Pazar endeksinin beklenen getirisini ifade etmektedir.

Sharpe'ın modeline göre beta katsayısı şu formül ile gösterilebilir;

$$\beta_i = \frac{cov(R_M, r_i)}{var(r_M)} \quad (1.8)$$

$cov(R_M, R_i)$ = i varlığının sağladığı getiri ile pazar endeksinin getirisi arasındaki kovaryansı,

$var(R_M)$ = Pazar endeksi getirisinin varyansını ifade etmektedir.

Bir finansal varlığın beta değeri ne kadar yüksekse piyasa endeksinde duyarlılığı o kadar yüksek olacaktır. Beta katsayısının 1 olması, varlığın pazar endeksi ile birlikte hareket ettiğini, yani piyasa ile aynı riske sahip olduğunu ifade etmektedir. Beta katsayısı 1'den büyük ise varlığın getirisi pazar endeksinin getirisinde oluşan değişimden daha büyük olacaktır. Beta katsayısının 1'den küçük olması halinde finansal varlıkların getiri değerleri pazar portföyünün getirisinde oluşacak değişimden daha küçük oranda gerçekleşecektir. Beta katsayısının negatif değer alması, söz konusu menkul kıymetin pazar portföyü ile ters yönde ilişkisi olduğunu gösterirken; beta katsayısının sıfır değerini alması ise menkul kıymetin getirisi ile risksiz menkul kıymet getirisinin birbirine eşit olduğu anlamına gelir.³⁷

1.3.3. Riske Maruz Değer Yöntemi

Riske maruz değer (RMD), finansal piyasalarda belirli bir güven düzeyinde, belirli bir dönemde beklenen en yüksek kayıp olarak tanımlanabilir.³⁸ J.P. Morgan'a

³⁷ ÜNGİR, age, s.30.

³⁸ Kevin DOWD, **Beyond Value at Risk: The New Science of Risk Management**, UK, John Wiley & Sons Ltd., 1998, s.39.

göre riske maruz değer, belirli bir süre içinde belirlenen bir olasılık oranında ne kadar finansal kayıp yaşanabileceği sorusuna cevap verir.³⁹

Riske maruz değer, portföydeki bir veya birden fazla yatırım aracı arasındaki farklı risk faktörlerini tek bir sayıyla ifade ettiği için en çok tercih edilen risk ölçüm yöntemlerindedir. Ayrıca risk faktörleri arasındaki korelasyonu da göz önüne alarak birbirini elimine eden veya azaltan riskler var ise bunları hesaplayarak toplam risk değeri gerçeğe daha yakın bulunmaktadır.⁴⁰

Riske maruz değerın hesaplanmasında elde tutma süresi, güven aralığı ve volatilité (standart sapma) parametreleri kullanılmaktadır. Elde tutma süresi, finansal varlıkların ne kadar süre portföyde bulunacağını belirten parametredir ve elde tutma süresi uzadıkça fiyat belirsizliği artacaktır. Güven aralığı ise bir portföyün maksimum kaybının olasılığını vermektedir. Güven aralığı kullanıma göre %90 ile %99 arasında belirlenir ve varlıkların getirilerinin normal dağıldığı varsayılır. Volatilité (standart sapma), belirli bir zaman aralığında varlığın fiyatında meydana gelen dalgalanmaları ifade eder. Standart sapmanın yüksek değer alması, ortalama değerden sapmanın yüksek olduğu anlamına gelir dolayısıyla katlanılan riskin yüksek olduğunu gösterir.

Varyans-Kovaryans Yöntemi, varlıkların getirilerinin normal dağıldığı varsayımı altında geçmiş fiyat verilerinden yararlanarak riske maruz değer aşağıdaki şekilde hesaplamaktadır.

$$\text{RMD} = \text{Portföy Değeri} \sigma \alpha \sqrt{t} \quad (1.9)$$

σ = Portföyün volatilitésini,

t = Elde tutma süresini,

α = Güven aralığını ifade etmektedir.

³⁹ J.P. MORGAN, **Risk Metrics Technical Document**, New York, Fourth Edition, 1996, s.6.

⁴⁰ Umut AKDOĞAN, “Türkiye’de Bireysel Emeklilik Yatırım Fonları ve Risk Yönetimine İlişkin Bir Model Denemesi”, **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, Edirne 2011, s.44.

100.000 TL'lik bir portföyün günlük değişkenliğinin %0,27 olduğu varsayımı altında %99 güven düzeyinde 5 günlük elde tutma süresi için RMD;

$$\sigma = 0,0027$$

$$\alpha = \%99 \text{ güven düzeyine denk gelen sabit güven faktörü} = 2,33$$

$$\text{RMD} = 100.000 * 0,0027 * 2,33 * \sqrt{5}$$

$$\text{RMD} = 1.406,7 \text{ TL}$$

100.000 TL'lik portföyün 5 günlük elde tutma süresi içerisinde, %99 olasılıkla uğrayacağı zarar 1.406,7 TL'yi aşmayacaktır. Başka bir deyişle, %1 olasılıkla portföyün kaybedeceği değer 1.406,7 TL'den fazla olacaktır.

Parametrik olmayan riske maruz değer hesaplama yöntemlerinden biri olan tarihsel simülasyon yönteminde ise, geçmiş verilere dayanılarak risk faktörlerinde oluşabilecek değişimler simüle edilip portföyün kar/zarar dağılımı hesaplanır. Tarihsel simülasyon yönteminde, geçmiş 252 günlük varlık getirilerinin verilerine portföy ağırlıkları uygulanmaktadır.⁴¹

$$R_{p,k} = \sum w_{i,t} R_{i,t} \quad (1.10)$$

$$k \in (1,2,3,\dots,t)$$

w = Portföydeki risk faktörlerinin ağırlıklarını,

R = Getiri değişimini ifade eder.

Parametrik olmayan bir diğer riske maruz değer hesaplama yöntemi Monte Carlo simülasyon yöntemidir. Bu yöntemde, piyasa faktörlerindeki mümkün değişimleri yeteri kadar temsil edebileceği düşünülen bir istatistik model seçilir, daha sonra gerçek

⁴¹ Cantürk KAYAHAN, "Reel Sektörde Riske Maruz Değer Yöntemi ile Ölçülen Kur Riskine Karşılık Vadeli İşlem Kontratlarının Kullanılması", **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007, s.196.

olmayan tesadüfi piyasa fiyat ve oranları üretilir.⁴² Monte Carlo Simülasyonu ile RMD aşağıdaki adımları içerecek şekilde hesaplanır⁴³;

1. RMD'i hesaplanacak portföyün risk faktörleri belirlenir ve bu risk faktörlerinin getiri değişimleri hesaplanır.
2. Getiri değerlerinin istatistiksel dağılımı belirlenir.
3. Risk etmenlerinin korelasyon ve kovaryans matrisleri hesaplanır.
4. Risk faktörlerine göre 1000 veya 10000 adet arasında rassal sayılar üretilir.
5. Kovaryans matrisinden Cholesky & Singular Value Decomposition matrisi üretilir.
6. Cholesky & Singular Value Decomposition matrisinin tranzpozesi ile belirlenen istatistiksel dağılıma uygun rassal fiyat serilerinin matrisi çarpılarak geçmiş dönemdeki risk etmenleri arasındaki ilişki yeni elde edilen fiyat serilerine yansıtılır.
7. Oluşturulan fiyat serileri portföye uygulanır.
8. Portföyün mevcut değeri ile varsayımsal değeri arasındaki kar ve zararlar en yüksek zarardan en yüksek kara doğru sıralanır, ilgili güven düzeyine denk gelen Riske Maruz Değer hesaplanır.

1.3.4. Stres Testi

RMD, elde tutulan portföyün belli bir zaman ve güven seviyesinde maruz kalabileceği en yüksek finansal kaybı ortaya koymasına rağmen faiz oranlarının beklenmeyen bir şekilde artış göstermesi, devalüasyon, likitide krizi, siyasal kriz gibi olağan dışı piyasa ortamlarında ortaya çıkabilecek olası kayıpların tahmini konusunda yetersiz kalan bir yöntemdir.⁴⁴ Bu nedenle gelecekte karşılaşılabilecek beklenmedik durumlara ve olağanüstü fiyat değişikliklerine karşı portföyün duyarlılığı hakkında yeterli düzeyde bilgi sağlayan stres testleri, başta BIS olmak üzere düzenleyici otoritelerce RMD yönteminin tamamlayıcısı olarak görülmüştür.

⁴² Erdem ALTUN, "Riske Maruz Değer ve Türk Bankacılığına Uygulanması", **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2002, s.26.

⁴³ BOLGÜN ve EVREN, **age**, s.410.

⁴⁴ Mehmet BOLAK, **Risk ve Yönetimi**, 1. Baskı, Birsen Yayınevi: İstanbul, 2004, s.276.

Stres testlerinde temel olarak olağan dışı piyasa koşullarındaki zarar hesaplanmaktadır. Örneğin hisse senetleri piyasasında aniden %40 düşüş meydana gelmesi ya da ulusal para biriminin yabancı para birimleri karşısında %50 değer kaybetmesi durumlarında, portföyün kar veya zararının ne düzeyde etkilenebileceği tahmin edilmektedir. Bu şekilde kurgulanan senaryolarda geçmiş kriz dönemlerinde yaşanan fiyat dalgalanmaları dikkate alınmakta ya da çok düşük olasılıklı aşırı uç durumlar göz önüne alınmaktadır.⁴⁵

Stres testi yönteminde senaryo analizi ve mekanik yaklaşımlar olmak üzere iki temel yaklaşım bulunmaktadır.

Senaryo analizi yaklaşımlarından biri olan tarihsel senaryo analizinde, geçmiş dönemde maruz kalınan bir kriz aynı şekilde yaşanması halinde ortaya çıkabilecek zarar tahmin edilir. Bu yöntem verilerin kolay elde edilmesi avantajına sahip olmasına karşın geçmişteki krizlere farklı şartlarda maruz kalındığı için, oluşturulan senaryonun var olan şartlardaki riskleri içermeyebilmesi dezavantajına da sahiptir. Kurgusal senaryo analizinde ise var olan ekonomik koşullarla ve portföyün yapısına uygun bir senaryo oluşturularak bu senaryo sonucunda ortaya çıkabilecek zarar tahmin edilir.

Mekanik yaklaşımlarda ise senaryo analizinden farklı olarak çok sayıda olasılık durumu göz önüne alınmakta ve portföye en olumsuz etkide bulunabilecek olasılık değeri tespit edilmektedir. Mekanik yaklaşım yöntemlerinden etken itme analizinde (Factor push analysis), her bir aracın veya risk ayrıştırması yapılması halinde her bir risk etkeni fiyatı en olumsuz yönde değiştirilmekte (itilmesi) ve bu değişimlerin tamamının portföy değeri üzerindeki toplu etkisi tespit edilmektedir. Maksimum zarar optimizasyonunda ise risk etmenlerinin ortalama değerleri için oluşabilecek zarar incelenir.⁴⁶

⁴⁵ Özgür ESER, “Piyasa Riski Ölçümü Olarak Riske Maruz Değer ve Hisse Senedi Portföyleri İçin Bir Uygulama”, **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sermaye Piyasaları ve Borsa Anabilim Dalı, İstanbul, 2010, s.34.

⁴⁶ Hülya TÜRKER, “Riske Maruz Değer ve Stres Testi: Global Finansal Kriz Sonrası Etkinliklerinin Değerlendirilmesi”, **Araştırma Raporu**, Temmuz 2009, s.13-14.

2. BÖLÜM

PORTFÖY TEORİLERİ

2.1. Geleneksel Portföy Teorisi

Geleneksel Portföy Teorisi, finansal varlıklar arasındaki ilişkiyi göz önünde bulundurmadan portföyde yer alan varlık sayısının artırılması ile portföy riskinin azaltılabileceğini öngören bir yaklaşımdır.

Geleneksel Portföy Teorisi yaklaşımı;

- Yatırımcılara ilişkin bilgilerin bir araya getirilmesi,
- Yatırımcıların beklentilerinin belirlenmesi,
- Yatırım politikaları ve portföyde yer alacak menkul kıymetlerin tespit edilmesi ile
- Portföy çeşitlendirmesi aşamalarından oluşur.⁴⁷

Bu teoriye göre yatırımcılar, birbiriyle ilişki içerisinde bulunmayan farklı sektörlerden hisse senedi, tahvil, hazine bonosu gibi çeşitli finansal varlıklara yatırım yaparak risklerini paylaşdırmayı amaçlarlar. Basit çeşitlendirme olarak kabul edilen bu seçimde, sistematik olmayan riski gidermek ve yatırımcıların elde edeceği fayda maksimize etmek hedeflenir.⁴⁸ “Portföyü oluşturan finansal varlıkların getirileri aynı yönde hareket etmeyecek dolayısıyla portföyün riski de tek bir finansal varlığın riskinden küçük olacaktır” düşüncesinden hareket ile yatırım araçlarının sayısının artırılması teorisinin temelini oluşturmuştur.⁴⁹ Bu yaklaşım, “bütün yumurtaları aynı sepete koymamak” şeklinde ifade edilebilir. Portföydeki hisse sayısındaki artış çeşitlendirmenin daha etkin olmasını sağlayacaktır. Ancak yalnız çeşitlendirmede

⁴⁷ “Portföy Yönetimi”, <http://bizdosyalar.nevsehir.edu.tr/2fc91dc0e5a812525a3c3efb1f2d9d00/portfoy-yonetimi.pdf> (03.03.2019), s. 72.

⁴⁸ Serpil A. GÖKBEL, *Süre Temelli Portföyler ve İMKB’de Uygulanabilirliği*, SPK Yayın No:143, 1. Baskı, Ekim 2003, s.21.

⁴⁹ Sudi APAK ve Engin DEMİREL, *Finansal Yönetim Sermaye Piyasaları Cilt 1*, Papatya Yayıncılık: İstanbul, 1. Baskı, 2009, s.314.

finansal varlıklar arasındaki kovaryans ilişkisi göz önüne alınmadığı için risk istenilen düzeye indirilememiştir.

Geleneksel Portföy Teorisi yaklaşımda portföye alınacak olan varlıklar arasındaki ilişkiler dikkate alınmamıştır, bunun yanı sıra portföyde yer alan menkul kıymetlerin risk ve getiri etkileşimleri matematiksel ve istatistiksel yöntemlere dayandırılmamıştır. Portföydeki çeşitlendirmenin artırılması portföy yönetimini zorlaştırmış aynı zamanda menkul kıymetler için ödenen komisyon ve araştırma giderlerini de artırmıştır. Bu olumsuzluklara rağmen, Geleneksel Portföy Teorisi kolay uygulanabilir olması ile yatırımcılar tarafından 1950’li yıllara kadar tercih edilen bir yöntem olmuştur.

2.2. Modern Portföy Teorisi

Harry Markowitz tarafından 1952 yılında yayınlanan “Portfolio Selection” çalışması ile Modern Portföy Teorisi’nin temelleri atılmıştır. Markowitz’in bu çalışması, portföyde yer alan finansal varlıkların getirilerinin ortalaması ve varyansı ile finansal varlıklar arasındaki korelasyonun belirlenerek portföy oluşturulması için bir çerçeve oluşturmuştur.⁵⁰

Markowitz’e göre portföy seçimi iki bölüme ayrılabilir. İlk aşama gözlem ve deneyimler ile başlar, menkul kıymetin gelecekteki performansına ilişkin beklenti ile sona erer. İkinci aşama ise finansal varlıkların gelecekteki performanslarıyla başlar ve portföy seçimi ile sona erer. Markowitz ikinci aşama ile ilgilenerek çalışmalarını yönlendirmiştir. Bu doğrultuda yatırımcılar hem portföyden bekledikleri getirileri artırmayı hem de bu getirilere ilişkin belirsizlikleri en aza indirmek isterler. Markowitz’in portföy teorisi de yatırımcıların beklentilerine uygun olarak en yüksek beklenen getirili portföyü en düşük risk ile nasıl oluşturulabileceğini araştırmıştır.⁵¹

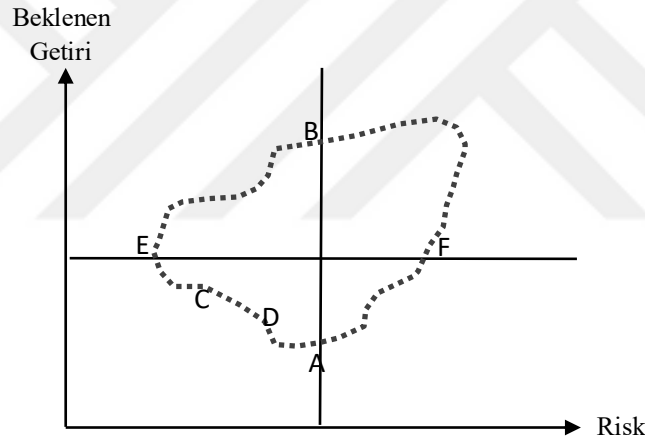
Markowitz portföyün beklenen getirisini, portföyde yer alan hisse senedi sayısının yanı sıra portföyü oluşturan varlıkların birbirleri ile olan ilişkisinin de

⁵⁰ Mikkel RASMUSSEN, *Quantitative Portfolio Optimisation, Asset Allocation and Risk Management*, First Edition, New York: Palgrave Mcmillan, 2003, s.73.

⁵¹ Harry MARKOWITZ, “Portfolio Selection”, *Journal of Finance*, Vol:7, No:1., 1952, s.77.

etkilediğini göstermiştir. Yalnızca portföy çeşitlendirmesine gidilerek riski azaltmanın mümkün olmadığını; portföyde bulunan finansal varlıkların ya da varlık gruplarının, aynı ya da ters yönde hareket ettiklerini ileri sürmüştür. Buna göre, finansal varlıkların getirileri, birlikte yükselip, düşebilmektedir. Ancak, bu ilişkinin yönü ekonomik koşulların sektör veya firmalara etkisine göre değişiklik göstermektedir. Bu ilişki dikkate alınarak portföy riskinin azaltılabilmesi için negatif korelasyona sahip finansal varlıklar portföye dahil edilmelidir. Böylece varlıklardan birinin veya birkaçının getirisi düşerken diğerlerinin artması, portföyün getirisinin topluca düşmesini telafi edecektir.

Modern portföy teorisinin temelini; tüm yatırımcıların aynı risk seviyesinde maksimum getiri elde etmek istemesi veya aynı getiri seviyesinde minimum riske maruz kalmak istemesi fikri oluşturmuştur.



Şekil 2. Finansal Varlık ve Portföyler İçin Risk ve Beklenen Getiri Olasılıkları

Kaynak: Edwin J. ELTON, Martin J. GRUBER, Stephen J. BROW, **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**, Ninth Edition, 2014, s.77.

Bu teoriye göre yatırımcılar B portföyünü aynı risk seviyesinde daha fazla getiri sağladığı için A portföyüne; E portföyünü aynı getiri seviyesinde daha az riske sahip olduğu için F portföyüne tercih edecektirler.

Modern portföy kuramının varsayımları aşağıdaki gibi özetlenebilir⁵²:

- Yatırımcılar rasyonel düşünürler. Yatırımcıların amacı her dönemde beklenen faydalarını maksimum yapmaktır ve refahları azalan marjinal faydaya uygundur.
- Yatırımcılar, yatırıma ilişkin kararlarını sadece yatırımdan bekledikleri getiri ve risk düzeyine göre alırlar.
- Yatırımcılar, belli bir risk düzeyinde yüksek getiri seviyesini düşük getiri seviyesine tercih ederler. Aynı şekilde belli bir getiri düzeyinde düşük risk seviyesini yüksek risk seviyesine tercih ederler.
- Yatırımcılar için portföy riski, getirilerin beklenen getiriden sapmasıdır. Yani risk ölçütü olarak portföy getirilerinin varyansını kabul etmişlerdir.
- Sermaye piyasasında etkinlik hakimdir. Diğer bir ifade ile bilgiler hızlı bir şekilde doğru olarak finansal varlıkların fiyatlarına etki eder. Piyasadaki bilgi akışı herhangi bir şekilde kısıtlanmamıştır ve yatırımcılar bu bilgilere aynı anda ulaşabilmektedirler.

2.2.1. Modern Portföy Teorisinde Kullanılan Temel Kavramlar

Bir portföyün getirisi, onu oluşturan menkul değerlerin getirilerinin ağırlıklı ortalamasıdır ve aşağıdaki şekilde formüle edilir;

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^n X_i E(r_i) \quad (2.1)$$

$E(r_p)$ = portföyün beklenen getirisi

X_i = i varlığının portföydeki oranı

$E(r_i)$ = i varlığının beklenen getirisi

n = finansal varlık sayısı

⁵² “Portföy Yönetimi”, <http://bizdosyalar.nevsehir.edu.tr/2fc91dc0e5a812525a3c3efb1f2d9d00/portfoy-yonetimi.pdf> (03.03.2019), s.97-98.

Portföyün riski ise; portföyün gerçekleşen getirisinin, beklenen getirisinden ne ölçüde saptığını gösterir ve aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \text{cov}(r_i, r_j)} \quad (2.2)$$

σ_p = portföyün standart sapması

X_i = i varlığının portföy içindeki oranı

X_j = j varlığının portföy içindeki oranı

$\text{cov}(r_i, r_j)$ = i ve j varlıklarının getirilerinin kovaryansı

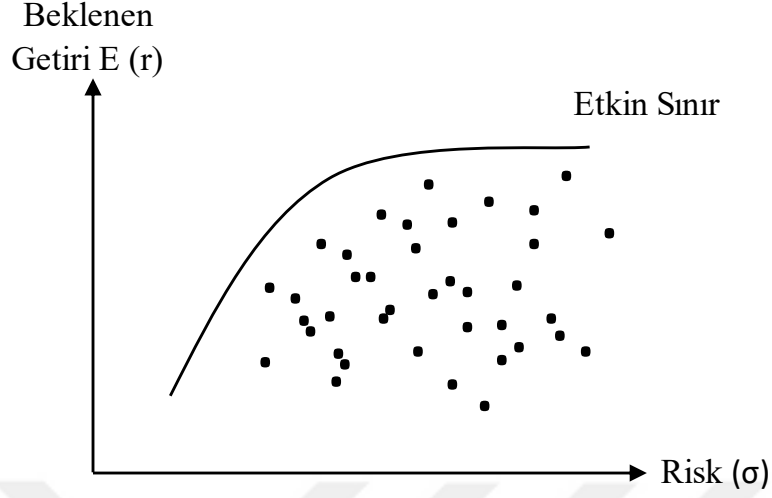
2.2.2. Etkin Sınır ve Optimal Portföyün Belirlenmesi

Yatırımcıların risk ve getiri arasındaki tercihlerini göstermek üzere kayıtsızlık eğrilerinden faydalanılmaktadır. Bu eğriler yatırımcıların riskten kaçınma veya risk alma derecelerine göre ne kadarlık bir getiri kaybetmeye veya ne kadarlık bir getiri elde etmeye razı olduklarını göstermektedirler.⁵³ Kayıtsızlık eğrilerinin eğimi arttıkça yatırımcıların riskten kaçınma eğilimleri de artmaktadır. Aynı kayıtsızlık eğrisi üzerinde yer alan bütün portföyler yatırımcılara eşit fayda sağlamaktadır. Yatırımcılar kayıtsızlık eğrisi üzerindeki portföylerden kendisine daha fazla fayda sağlayacak olanı, daha az fayda sağlayacak olan portföye tercih etmektedirler.

Markowitz'e göre yatırımcılar, belirli bir risk seviyesinde en yüksek getiriyi sağlayan veya belirli bir getiri seviyesinde en düşük riske sahip olan portföyleri tercih etmektedirler. Bu portföylere "etkin portföy", risk ve getiri grafiğinde etkin portföyleri bir araya getiren eğriye ise "etkin sınır" adını vermiştir.⁵⁴

⁵³ Erkan SEVİNÇ, "İMKB-30 Endeksinde Yer Alan Menkul Kıymetlerden Ortalama- Varyans Modeline Göre Optimal Portföy Oluşturulması ve Riske Maruz Değer Yaklaşımıyla Portföy Riskinin Hesaplanması", **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Finansman Bilim Dalı, İstanbul 2007, s.24.

⁵⁴ Filiz KARDİYEN, "Portföy Optimizasyonunda Ortalama Mutlak Sapma Modeli ve Markowitz Modelinin Kullanımı ve İMKB Verilerine Uygulanması", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt:13, Sayı:2, 2008, s.338.



Şekil 3. Etkin Sınır

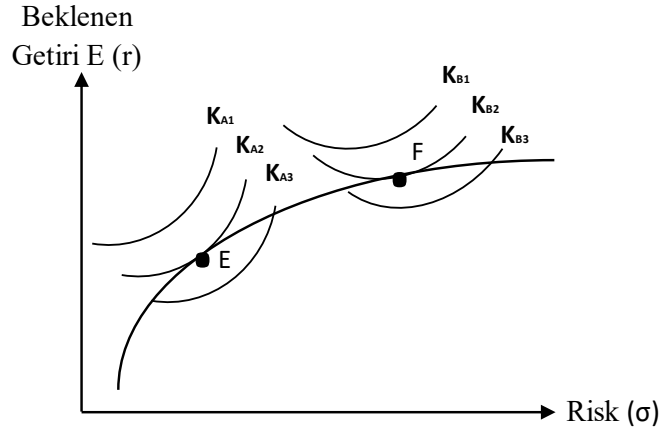
Kaynak: Mehmet TANIK, “Finansal Varlıkları Fiyatlama Modeli ve İMKB’de Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2006, s.20.

Şekil 3’te etkin sınırın altında kalan bölge yatırımcının yatırım yapabileceği olası tüm portföylerin kümesini, etkin sınırın üzerinde kalan kısım ise mümkün olmayan yatırım alanını göstermektedir.

Markowitz’e göre portföy sahibinin hedefi etkin sınır üzerinde yer alan noktaları belirlemektir.⁵⁵ Etkin sınır üzerinde bulunan noktanın seçiminde ise yatırımcının risk ve verimlilik arasındaki tercihlerine bağlı olarak değişiklik gösteren kayıtsızlık eğrilerinden yararlanır. Kayıtsızlık eğrisinin, etkin sınırla teğet olduğu noktada yatırımcının faydası maksimum düzeydedir. Bu noktadaki portföyler yatırımcı açısından en ideal verim ve risk bileşimini ortaya koyacaktır ki bunlara “optimum portföy” adı verilmektedir.⁵⁶

⁵⁵ Turhan KORKMAZ ve Ali CEYLAN, **Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi**, Bursa: Ekin Kitabevi, 5. Baskı, 2010, s.513.

⁵⁶ TANIK, **age**, s.20.



Şekil 4. Etkin Sınır ve Kayıtsızlık Eğrileri

Kaynak: Gürel KONURALP, *Sermaye Piyasaları, Analizler, Kuramlar ve Portföy Yönetimi*, İstanbul: Alfa Basım, 2005, s.321.

Şekil 4'te K_{A1} , K_{A2} ve K_{A3} kayıtsızlık eğrileri riskten kaçınan yatırımcılara; K_{B1} , K_{B2} ve K_{B3} kayıtsızlık eğrileri ise riske eğilimli yatırımcılara aittir. Yatırımcının elde edeceği fayda kayıtsızlık eğrilerinde yukarı çıktıkça artmaktadır. Rasyonel davrandıkları kabul edilen yatırımcılar, etkin sınırın üzerindeki ve etkin sınırın altındaki olası yatırım olanaklarından birisine yatırım yapacaktır. Buna göre riskten kaçınan yatırımcı için E portföyü, riske eğilimli yatırımcı için ise F portföyü optimal portföydür. E portföyünü tercih eden yatırımcının riskten kaçarak daha az getiriye razı olduğu; F portföyünü seçen yatırımcının ise riski kabullenerek daha yüksek beklenen getiri elde etme istediğinde olduğu anlaşılmaktadır.

2.2.3. Ortalama Varyans Teorisi

Modern portföy kuramını ortaya koyan Markowitz tarafından geliştirilen Ortalama-Varyans yöntemi herhangi bir portföyden beklenen getiriden vazgeçmeksizin, portföy riskini minimuma indirmek üzere aralarında olumsuz korelasyon olan menkul değerlerin bir portföyde bir araya getirilmesi olarak bilinir.⁵⁷

⁵⁷ Barış ALTAYLIGİL, Portföy Seçimi için Ortalama-Varyans-Çarpıklık Modeli, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*. Cilt:37, Sayı: 2, 2008, s.67.

Markowitz tarafından geliştirilen bu yöntemde menkul kıymetler tekil olarak değil, oluşturulan portföy içinde yer alan diğer menkul kıymetlerle olan ilişkileri göz önüne alınarak portföye dahil edilir. Bu portföyler, menkul kıymetler arasındaki ilişkinin göz önüne alınmadığı durumda kurulan portföye göre aynı beklenen getiri seviyesinde daha az riskli bir portföy olabilir.⁵⁸

Ortalama- Varyans yöntemine göre yatırımcılar riskten kaçınırlar ve yatırımların olasılık dağılımları yaklaşık olarak normaldir. Markowitz, rasyonel yatırımcıların etkin portföy oluşturabilmeleri için menkul kıymetlerin beklenen getirilerinin, bu getirinin varyansının ve menkul kıymetler arasındaki kovaryansın göz önüne alınması gerektiğini belirtmiştir.

Markowitz'in ortalama-varyans modeli, amaç fonksiyonu portföyün varyansını minimize etmeye çalışır. Etkin bir portföy elde etmek için amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij} \quad (2.3)$$

Sınır şartları,

$$\sum_{i=1}^n X_i E(r_i) \geq E(R_p)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1$$

$$0 \leq x \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

X_i = i varlığının portföydeki oranı

σ_{ij} = i. ve j. varlıkları arasındaki kovaryans

$E(r_i)$ = i. varlığın beklenen getirisi

$E(R_p)$ = portföyün beklenen getirisi

⁵⁸ Edwin J. ELTON, Martin J. GRUBER, "Modern Portfolio Theory, 1950 to Date", **Journal of Banking & Finance** 21, 1997, s.1744-1745.

n = mevcut finansal varlık sayısı

Markowitz, portföy yönetimine üç noktada katkıda bulunmuştur⁵⁹:

1. Portföy riskinin (σ_p), portföyü oluşturan finansal varlıkların riskinden (σ_i) daha düşük değer alabileceğini göstermiştir.

$$\sigma_p \leq \sum \sigma_i$$

2. İkincisi, yatırımcılar aynı getiri imkanını sunan iki portföyden daha az risk düzeyine sahip olanı; aynı risk seviyesindeki iki portföyden ise daha yüksek getiri sağlayacak olan portföyü seçeceklerdir. Bu duruma “üstünlük ilkesi” adı verilmiştir. Böylece finansal varlıkların tercihinde etkin sınır söz konusu olacaktır.

A ve B portföyleri için;

$E(r_A) = E(r_B)$ ve $\sigma_A \leq \sigma_B$ durumunda, A portföyü

$E(r_A) \leq E(r_B)$ ve $\sigma_A = \sigma_B$ durumunda, B portföyü tercih edilir.

3. Etkin sınır üzerindeki portföyleri kuadratik programlama yolu ile hesaplamak mümkündür.

2.3. Finansal Varlık Fiyatlama Modelleri

Markowitz’in modern portföy kuramını temel alınarak William Sharpe 1964’teki “Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium” çalışması ile, John Lintner 1965’teki “The Valuation of Risk Assets and Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets” çalışması ile ve Jan Mossin 1966’daki “Equilibrium in a Capital Asset Market” çalışması ile Finansal Varlık Fiyatlandırma Modelini (FVFM)

⁵⁹ Ömer AKÇAKIR, Buhari DOĞAN, Yusuf DEMİR, “Elton-Gruber Kısıtlı Markowitz Kuadrik Programlama Modeli ile Portföy Optimizasyonu: BİST 50 Üzerine Bir Uygulama”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:19, Sayı:3, 2014, s.338.

ortaya koymuşlardır. Özellikle Black, Jensen ve Scholes (1972) ile Fama ve Macbeth (1973) tarafından yapılan çeşitli testler ile model desteklenmiştir.⁶⁰

Finansal varlık fiyatlandırma modeli, risksiz finansal varlık kavramını modele dahil ederek yeni bir etkin sınıra ulaşmış ve böylece Markowitz'in modern portföy teorisini bir adım daha ileriye götürülmüştür. Ayrıca finansal varlık fiyatlama modeli ile portföyde yer alan her varlığın diğer bütün varlıklarla olan korelasyonunu hesaplamak yerine, bütün varlıkların ağırlıklı ortalamasını veya oluşturulan bir endeks ile, portföydeki varlıkların hesaplanan ortalama veya endeksle olan korelasyonu hesaplanmıştır.⁶¹ Böylece portföye ilave edilecek menkul kıymet sayısı arttıkça portföy risk ve getirisinin hesaplanması sürecinde karşılaşılan sorunlar ortadan kalkmıştır.

FVFM'nin temel varsayımları aşağıdaki gibidir⁶²:

- Yatırımcılar riskten kaçınırlar ve yatırım dönemi sonundaki servetlerinden bekledikleri faydayı maksimize etmeye çalışırlar.
- Portföy seçiminde, yatırımcılar sadece getirilerin dağılımının iki hareketini dikkate alırlar: beklenen getiri ve varyans.
- Yatırımcılar sadece bir yatırım dönemi olduğunu ve bu dönemin tüm yatırımcılar için aynı olduğunu varsayarlar.
- Yatırımcılar risksiz faiz oranından sınırsız olarak borç alıp verebilmektedirler.
- Piyasadaki bilgilerine erişim ücretsizdir ve yatırımcılar eş zamanlı olarak bilgilere ulaşırlar. Bu nedenle yatırımcıların tüm varlıklar için aynı beklenen getiri, varyans ve kovaryans tahminleri vardır.
- Piyasa etkindir, herhangi bir vergi veya işlem masrafı yoktur. Bütün varlıklar işlem görürler ve sonsuz şekilde bölünebilirler.

⁶⁰ Cudi Tuncer GÜRSOY ve Gulnara REJEPOVA, "Test of Capital Asset Pricing Model in Turkey", **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, Cilt:8, Sayı:1, 2007, s.47.

⁶¹ Hakkı Yavuz AKAGÜN, "Finansal Varlıkları Fiyatlama Modeli (FVFM) ve Newyork Borsası (NYSE)'de Uygulanması", **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Bilim Dalı, İstanbul 2006, s.53.

⁶² Noel AMENC ve Veronique Le SOURD, **Portfolio Theory and Performance Analysis**, Wiley: USA, 2003, s.98-99.

Markowitz'in geliştirdiği modelde bir finansal varlığın diğer bütün varlıklarla olan korelasyonunu hesaplamaktaydı. Ancak uygulamada bu durum birçok karmaşık hesaplamayı gerektirdiğinden kullanışsız olarak nitelendirilmekteydi. William Sharpe ise yaptığı çalışmalar ile her bir varlığın sadece bir endekse göre değişiminin aynı korelasyon yapısını verdiğini göstermiş ve finansal varlık getirileri arasındaki ilişkiyi daha basite indirgeyen bir model oluşturmuştur. Geliştirdiği model, tek endeks kullanıldığından, "Tek Endeks Modeli" olarak anılmaktadır.⁶³

Riskli ve risksiz varlıkların yer aldığı bir portföyün değerlendirmesinde Sharpe-Lintner-Mossin-Black modeli en çok tercih edilen FVFM olmuştur ve Sharpe-Lintner modeli aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir.

$$E(R_i) = R_f + \beta_i [E(R_M) - R_f] \quad (2.4)$$

$E(R_i)$ = i varlığına yapılan yatırımın beklenen getirisini,

R_f = risksiz getiri oranını,

β_i = i finansal varlığının piyasa riskini,

$E(R_M)$ = pazar endeksinin beklenen getirisini ifade etmektedir.

Sharpe'in modelinden yola çıkılarak beta katsayısı şu formül ile gösterilebilir;

$$\beta_i = \frac{cov(R_M, R_i)}{var(R_M)} \quad (2.5)$$

$cov(R_M, R_i)$ = i varlığının getirisi ile pazar endeksinin getirisi arasındaki kovaryansı,

$var(R_M)$ = pazar endeksi getirisinin varyansını göstermektedir.

Sistematik riski temsil eden beta katsayısı, menkul kıymet getirisinin piyasanın ortalama getirisine olan duyarlılığını vermektedir. Bu duyarlılık arttığı, yatırımcıların menkul kıymetten beklediği getiri de artacaktır.

⁶³ AKAGÜN, age, s.58.

Beta katsayılarının hesaplanmasında uygulamada kullanılan yöntemler geçmişteki verilerden faydalanılarak gelecekteki beta değerlerinin tahmin edilmesidir. Bir finansal varlığın betasının tahmin edilmesinde zaman serilerinin temel alınmasıyla aşağıdaki regresyon eşitliği kullanılmaktadır:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{Mt} + e_{it} \quad (2.6)$$

R_{it} = t yılında i finansal varlığının getiri oranını,

α_i = i finansal varlığının sabit terimini,

R_{Mt} = t yılında pazar portföyünün getiri oranını,

β_i = i menkul kıymetinin tahmin edilen betasını,

e_{it} = tesadüfi hata terimini ifade eder.

Tek endeksli parametrik regresyon modelinde yer alan hata terimi, çeşitlendirme ile minimize edilebilen sistematik olmayan riski göstermekte olup normal dağılıma uygunluk gösterdiği $e_{it} \sim N(0, \sigma^2)$ varsayılır.

F.Black 1972 yılında yayımladığı çalışmasında ise yatırımcıların borç verebildikleri orandan borç alamadıklarını dolayısıyla risksiz ödünç verme ve ödünç almanın sınırsız olması varsayımının gerçekçi olmadığını belirtmiştir.⁶⁴ Geliştirdiği modelde risksiz finansal varlıklar yerine pazar portföyü ile aralarında korelasyonu olmayan varlıklara yer vermiştir. Böylece betası sıfır olan bir portföy elde etmiştir. Black tarafından geliştirilen Sıfır Beta FVFM matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$E(R_i) = R_Z + \beta_i [E(R_M) - E(R_Z)] \quad (2.7)$$

$E(R_i)$ = i varlığın beklenen getirisini,

$E(R_Z)$ = sıfır betalı portföyün beklenen getirisini,

⁶⁴ Eugene F. FAMA ve Kenneth R. FRENCH, "The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence," **Journal of Economic Perspectives**, Vol:18, No:3, 2004, s.28.

β_i = i finansal varlığının sistematik riskini,

$E(R_M)$ = pazar portföyünün beklenen getirisini göstermektedir.

Denklemden sıfır beta portföyünün beklenen getirisi, piyasa riskinden bağımsızdır. Aynı zamanda Sharpe ve Lintner tarafından geliştirilen modeldeki risksiz finansal varlığa göre sıfır betalı portföy daha yüksek getiri sağlamaktadır.

Merton, 1973 yılında yaptığı çalışmada birden fazla belirsizlik kaynağı ile karşı karşıya kaldıklarında yatırımcıların ömür boyu tüketim kararlarını çözümlenmeye odaklanmıştır. Geliştirdiği Çok Betalı FVFM, belirsizliğin kaynağı olarak sadece menkul kıymetlerin gelecekteki değerini değil; aynı zamanda gelecekteki emek gelirini, tüketim mallarının gelecekteki fiyatlarını, gelecekteki yatırım fırsatları ve benzeri diğer etkileri de ele almıştır.⁶⁵ Böylece oluşturulan model ile finansal varlıkların beklenen getirisinin tüm risk kaynakları tarafından belirlenebileceği ortaya konulmuştur. Çok Betalı FVFM matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$E(R_i) = R_f + \beta_{iM} [E(R_M) - R_f] + \beta_{ij1} [E(R_{ij1}) - R_f] + \dots + \beta_{ijn} [E(R_{ijn}) - R_f] \quad (2.8)$$

$$j=1,2,\dots,n$$

$E(R_i)$ = i varlığının beklenen getirisi,

$E(R_M)$ = pazar portföyünün beklenen getirisi,

R_f = risksiz faiz oranı,

β_{iM} = i finansal varlığının pazar portföyüne karşı duyarlılığı,

$E(R_{ijn})$ = j, n risk unsurundan korunmayı sağlayacak portföyün beklenen getiri oranı,

β_{ijn} = i varlığının j, n risk unsurundan korunmayı sağlayacak portföye karşı duyarlılığıdır.

⁶⁵ ELTON vd., **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**, s.328.

Rubinstein (1976) ve Breeden (1979) tarafından yapılan çalışmalar ise yatırımcıların belirli bir süreçte aldıkları yatırım kararlarının, ömür boyunca tüketim fayda fonksiyonlarının en yüksek seviyeye getirilmesini sağlamak üzere yatırım tercihlerinin bir aşamasını temsil ettiği varsayımından yola çıkmıştır. Bu şekilde çok dönemli ve Tüketim Temelli FVFM önerilmiştir. Modelde sermaye piyasalarının tam rekabet halinde olduğu, yatırımcıların homojen beklentilere sahip olduğu ve aynı yatırım fırsatlarına ulaşabildikleri varsayılmıştır.⁶⁶ Tüketim temelli FVFM aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$E(R_i) = R_f + \beta_{ic} [E(R_c) - R_f] \quad (2.9)$$

$E(R_c)$ = tüketimde kişi başına beklenen büyüme oranını,

β_{ic} = i finansal varlığının tüketim betasını ifade eder.

2.4. Finansal Varlık Fiyatlama Modelinin Ampirik Testleri

Finansal varlık fiyatlama modellerinin, varlıkların beklenen getirilerini açıklamada ne ölçüde başarılı olduğunu açıklamak üzere birçok ampirik test kullanılmıştır. Uygulanan testlerin önemli bir bölümü kesit veya zaman serisi analizleri kullanılmıştır. FVFM için geliştirilen testler, modelde ifade edilen beklenen getiri ve beta arasındaki ilişkinin üç etkisine dayanmaktadır:⁶⁷

- Tüm finansal varlıkların beklenen getirileri doğrusal olarak betalarıyla ilişkilidir ve başka hiçbir değişkenin marjinal açıklayıcı gücü yoktur.
- Beta primi pozitifdir. Bu durum piyasa portföyünün beklenen getirisinin; pazar getirisi ile arasında korelasyon olmayan piyasa portföyünün getirisini aştığı anlamına gelmektedir.
- Modelin Sharpe-Lintner versiyonunda, piyasa ile aralarında korelasyon olmayan finansal varlıkların beklenen getirileri risksiz faiz oranına eşittir ve beta primleri, beklenen piyasa getirisi ile risksiz faiz oranının farkına eşittir.

⁶⁶Ali F. DARRAT, Bin LI, Jung Chul PARK, "Consumption-Based CAPM Models: International Evidence", *Journal of Banking & Finance*, Vol:35, 2011, s.2148.

⁶⁷FAMA ve FRENCH, *age*, s.30.

2.4.1. Lintner Testi

Lintner, 1954-1963 yılları arasında 301 hisse senedinin verilerini kullanarak yürüttüğü çalışmasında iki aşamalı regresyon modeli kullanmıştır.⁶⁸ İlk aşamada zaman serilerinden faydalanarak aşağıdaki formül ile betayı tahmin etmiştir:

$$R_{it} = \alpha_i + b_i R_{Mt} + e_{it} \quad (2.10)$$

Denklemden yer alan b_i , i hisse senedinin gerçek beta değerini temsil etmektedir. İkinci aşamada kesit regresyon analizini uygulamış ve FVFM'ne göre beklenen getiri ile risk arasındaki ilişki aşağıdaki model ile test etmiştir.

$$E(R_i) = a_1 + a_2 b_i + a_3 S_{ei}^2 + \eta_i \quad (2.11)$$

Lintner'in ikinci regresyona ilave ettiği S_{ei}^2 , ilk aşamadaki regresyonun kalıntı varyansını ifade etmektedir. Finansal varlık fiyatlandırma modeline göre a_1 katsayısı R_f veya $E(R_Z)$ 'ye eşit olmalı, a_2 katsayısı $[E(R_M) - R_f]$ veya $[E(R_M) - E(R_Z)]$ 'ye, a_3 katsayısı ise sifıra eşit olmalı iken Lintner'in kurduğu modele göre a_1 katsayısı 0.108, a_2 katsayısı 0.063 ve a_3 katsayısı 0.237 tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, FVFM'nin varsayımlarının ihlal edildiği görülmektedir. Douglas 1968 yılında benzer bir metodoloji kullanmış ve Lintner'inkine benzer sonuçlar bulmuştur.⁶⁹

2.4.2. Black, Jensen ve Scholes Testi

Black, Jensen ve Scholes⁷⁰, 1972 yılında Black tarafından geliştirilen Sıfır Beta FVFM'ni sınamışlardır.

Ocak 1926-Mart 1966 dönemi için New York Borsası'nda işlem gören hisse her bir hisse senedine ait getiriler kullanılarak kurulan modelde tahmin edilen beta katsayıları en büyükten en küçüğe doğru sıralanmış ve bu sıralamaya göre 10 portföy oluşturulmuştur. Hisse senetlerinin tek tek kullanılması sonucu oluşturulan regresyon

⁶⁸ John LINTNER, "Security Prices, Risk, and Maximal Gains From Diversification", **The Journal of Finance**, Vol:20, No:4, 1965, s.587-615.

⁶⁹ ELTON vd., **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**, s.344.

⁷⁰ Fischer BLACK, Michael C. JENSEN, Myron SCHOLE, "The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests", **Studies in the Theory of Capital Markets**, Praeger Publishers Inc., 1972.

doğrusuna ait hata terimlerinin birbirleriyle ilişkili olması sebebiyle bireysel menkul kıymetler yerine portföylerle çalışmışlardır.⁷¹

Yapılan tahmin sonucunda α sabit terimi yüksek riskli portföylerde ($\beta > 1$) negatif, düşük riskli portföylerde ($\beta < 1$) pozitif olarak saptanmıştır. Aynı zamanda yüksek riskli menkul kıymetler modelde tahmin edilen tutardan ortalama olarak daha az, düşük betaya sahip menkul kıymetler modelde tahmin edilen miktara kıyasla ortalama daha fazla kazandırmıştır.

2.4.3. Fama ve MacBeth Testi

Fama ve MacBeth⁷², 1973 yılında yayımladıkları çalışmada New York Borsası'nda işlem gören 1935-1968 yıllarına ilişkin bütün hisse senetlerinin aylık getiri oranlarından faydalanarak iki parametrelili regresyon modelini tahmin etmişlerdir. Black, Jensen ve Scholes (1972)'un çalışmasındaki gibi her bir hisse senedi için beta katsayısını tahmin etmişler ve bu hisse senetlerinden hareketle 20 portföy üzerinden regresyon modeli oluşturmuşlardır. Ancak Black, Jensen ve Scholes'un testinden farklı olarak kesit regresyon modelleri ile finansal varlık fiyatlama modelinin geçerliliğini test etmişlerdir.⁷³ Tahmin edilen regresyon modeli aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.

$$R_{it} = \gamma_{0t} + \gamma_{1t} \beta_i + \gamma_{2t} \beta_i^2 + \gamma_{3t} S_{et} + \eta_{it} \quad (2.12)$$

R_{it} = i varlığının getiri oranını,

β_i = i varlığının sistematik riskini,

S_{et} = varlıkların hata terimlerinin standart sapması, sistematik olmayan riski ifade eder.

Modele β_i^2 parametresi eklenerek beklenen getiri ile sistematik risk arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı test edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre β_i^2 'nin model

⁷¹ Age, s.10-13.

⁷² Eugene E. FAMA ve James D. MACBETH, "Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests", **The Journal of Politic Economy**, Vol:81, No:3, May-June, 1973, s. 607-636.

⁷³ Aycan HEPSAĞ, "Parametrik Olmayan Regresyon ve Tahmin Yöntemleri: İMKB'de İşlem Göre Hisse Senetlerine Ait Piyasa Riskinin Tahmini Üzerine Bir Uygulama", **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, İstanbul, 2007, s.87.

üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı, portföydeki menkul kıymetin riski ile beklenen getirisi arasında doğrusal bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca sistematik olmayan riski temsil eden S_{it} değişkeninin beklenen getiri oranı üzerinde bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Fama ve MacBeth'in bu bulgusu, kalıntı riskinin önemini göz önünde bulunduran Lintner ve Douglas'ın aksini göstermiştir. Yine γ_{1t} katsayısının test sonuçlarına göre sistematik risk ile beklenen getiri oranı arasında istatistiksel olarak pozitif bir ilişki olduğu görülmüştür.⁷⁴ Bununla birlikte γ_{1t} beta katsayısı $E(R_M) - R_f$ 'den önemli ölçüde küçük olduğu ortaya konulmuştur. γ_{0t} istatistiksel olarak anlamlı ve R_f 'den önemli ölçüde büyüktür.⁷⁵ Dolayısıyla Fama ve MacBeth tarafından geliştirilen model, Black, Jensen ve Scholes'un çalışmalarını bir adım daha ileri götürmüştür.

2.4.4. Gibbons Testi

Gibbons 1982 yılında yayımladığı çalışmasında doğrusal regresyon modelleri ile tahmin edilen beta katsayısının ölçüm hatalarına neden olduğunu belirterek kısıtlı model olarak adlandırdığı doğrusal olmayan çok değişkenli regresyon modelini kullanmıştır. Kısıtsız model olarak kabul ettiği doğrusal finansal varlık fiyatlama modeli ile kısıtlı modelin açıklama gücünü Benzerlik Oranı Testi (Likelihood Ratio Test) test etmiştir. 1926-1975 yıllarını kapsayan New York Borsası hisse senedi verilerini kullanarak elde ettiği sonuçlar doğrultusunda hem klasik hem de sıfır beta finansal varlık fiyatlama modelinin formlarının doğruluğunu reddetmiştir.⁷⁶

2.4.5. Fama ve French Testi

Fama ve French 1992 yılında ortaya koydukları çalışmada NYSE, AMEX, NASDAQ'daki finansal varlıkların zamana bağlı farklılaşmalarını incelerken firma

⁷⁴ FAMA, MACBETH, *age*, s.633-634.

⁷⁵ ELTON vd., *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, s.349.

⁷⁶ Michael R. GIBBONS, "Multivariate Tests of Financial Models", *Journal of Financial Economics*, Vol:10, 1982, s.3-27.

büyüklüğü, fiyat/kazanç oranı ve defter değeri/piyasa değeri (DD/PD) oranı gibi finansal varlık getiri oranını etkileyen beta dışındaki faktörleri de araştırmışlardır.⁷⁷

Fama ve French yatay kesit regresyon yöntemini kullanarak yürüttükleri çalışmada, FVFM'nin temel varsayımlarından biri olan varlıkların beklenen getirileri ile beta arasında pozitif ilişki olduğu varsayımını destekler bulgular elde edememişlerdir. 1963-1990 döneminde NYSE, AMEX ve NASDAQ hisse senetlerinin beklenen getirisi ile betası arasında hiçbir ilişkinin olmadığını göstermişlerdir.⁷⁸

Fama ve French 1993 yılında yayımladıkları çalışmada ise firma büyüklük ve defter değeri/piyasa değeri (DD/PD) faktörlerini ilave edip üç faktörlü varlık fiyatlama modelini geliştirmişlerdir.⁷⁹ Fama ve French tarafından kurulan Üç Faktörlü Model aşağıdaki şekilde formüle edilebilir:

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_i (R_{Mt} - R_{ft}) + s_i \text{SMB}_t + h_i \text{HML}_t + \varepsilon_i \quad (2.13)$$

$\text{SMB}_t = t$ zamanındaki küçük ve büyük piyasa değerli portföylere ilişkin getiri farkını,

$\text{HML}_t = t$ zamanındaki yüksek ve düşük PD/DD oranlı portföylere ait getiri farkını,

$\beta_i, s_i, h_i =$ Beta katsayılarını ifade etmektedir.

Fama ve French 1995 yılında yaptıkları çalışma ile yüksek DD/PD oranlı firmaların düşük DD/PD oranlı firmalara göre; küçük ölçekli firmalara ait hisse senetlerinin büyük ölçekli firmaların hisse senetlerine göre daha yüksek getiri sağladığını tespit etmişlerdir.⁸⁰

⁷⁷ Eugene F. FAMA ve Kenneth R. FRENCH, "The Cross-Section of Expected Stock Returns", **The Journal of Finance**, Vol:47, No:2, June 1992, s.427-465.

⁷⁸ Semra BANK ve Hüseyin DAĞLI, "Finansal Varlık Fiyatlandırma Modeli ve Sonrasındaki Gelişmeler", **Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi**, Cilt:4, Sayı:8, Haziran 2013, s.199.

⁷⁹ Eugene F. FAMA ve Kenneth R. FRENCH, "Common Risk Factors In The Returns On The Stocks and Bonds", **Journal of Finance Economics**, Vol:47, 1993, s.3-56.

⁸⁰ Harun GÜZELDERE ve Serra EREN SARIOĞLU, "Varlık Fiyatlamada Fama-French Üç Faktörlü Model'in Geçerliliği: İMKB Üzerine Bir Araştırma", **Business and Economic Research Journal**, Vol:3, No:2, 2012, s.3.

3. BÖLÜM

PARAMETRİK OLMAYAN REGRESYON MODELLERİ

3.1. Regresyon Analizi

Francis Galton⁸¹, 1886 yılında yayımladığı çalışmasında yetişkin çocukların boylarını ebeveynleri ile karşılaştırmış ve kısa boylu ebeveynlerin kısa, uzun boylu ebeveynlerin uzun çocukları olur genellemesine karşın, yetişkin çocuklarının ortalama boylarının genel nüfustaki ortalama boya yaklaşıma eğiliminde olduğunu belirtmiştir.⁸² Bu yaklaşıma için “ortalamaya doğru çekilme (regression to mediocrity)” ifadesini kullanarak regresyon terimini ilk olarak kullanan isim olmuştur. Yine Galton⁸³ tarafından yayımlanan bir başka çalışmada, aralarında sebep-sonuç ilişkisi olan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi ortaya koymak ve bu ilişki yardımıyla söz konusu değişkenler ile ilgili tahminler yapmak amacıyla kullanılan “regresyon analizi” kavramı literatüre girmiştir.

Regresyon analizi; X_i bağımsız değişken ve Y_i bağımlı değişken olmak üzere, X_1, \dots, X_n bağımsız değişkenlerine göre Y bağımlı değişkenin koşullu ortalamasının fonksiyonel bağımlılığını ortaya koymayı amaçlar.⁸⁴ En basit hali ile regresyon modeli aşağıdaki gibi gösterilir:

$$Y_i = E(Y_i / X_i) + e_i \quad i = 1, \dots, n \quad (3.1)$$

Eşitlikte e_i hata terimini göstermektedir.

Fonksiyonel ilişkinin içeriğine göre regresyon analizi farklı modeller ile matematiksel olarak ifade edilmiştir. Bu bölümde parametrik regresyon, yarı parametrik regresyon ve parametrik olmayan regresyon modellerine yer verilecektir.

⁸¹ Francis GALTON, “Family Likeness in Stature”, *Proceedings of Royal Society*, Vol:40, 1886, s.42-72.

⁸² Damodar N. GUJARATI, *Temel Ekonometri*, 8. Baskı, Literatür Yayıncılık: İstanbul, 2011, s.15.

⁸³ Francis GALTON, “Regression Towards Mediocrity in Hereditary Stature”, *Journal of Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, Vol:15, 1886, s.246-263.

⁸⁴ Dursun AYDIN, “Semiparametrik Regresyon Modellemede Splayn Düzeltme Yaklaşımı ile Tahmin ve Çıkarımlar”, *Yayımlanmamış Doktora Tezi*, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, Kasım 2015, s.5.

3.1.1. Parametrik Regresyon Modelleri

Parametrik regresyon modelleri, bağımlı ve bağımsız değişken veya değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel bir fonksiyonla ifade edilmesidir. Temel amacı bu fonksiyonda yer alan parametrelerin en iyi değerlerini bulmaktır.

Parametrik modellerde değişkenler kendi aralarında doğrusal, yarı-logaritmik ve logaritmik-doğrusal gibi aşağıdaki fonksiyonel formlara sahip olabilir:

$$m(X_i) = \beta_1 X_i$$

$$m(X_i) = \beta_1 \sqrt{X_i}$$

$$m(X_i) = \beta_1 X_i^{\beta_2}$$

$$m(X_i) = \beta_1 + \beta_2 \exp(\beta_3)$$

Ekonometrik literatürde en yaygın olarak kullanılan parametrik model, doğrusal regresyon modeli olmuştur. Bağımlı değişken ile bağımsız değişken veya değişkenler arasındaki ilişkinin parametrelere göre doğrusal olduğu varsayılan klasik doğrusal regresyon modeli aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$Y_i = m(X_i) + e_i \quad (3.2)$$

$$E(Y_i / X_i) = X_i \beta$$

$$Y_i = E(Y_i / X_i) + e_i$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$$

Model, X_i bağımsız değişkenlerindeki değişime karşılık Y_i bağımlı değişkeninin ortalama tepkisini verecektir. Mümkün olan diğer tüm hataları açıklayan e_i 'nin normal dağıldığı kabul edilmektedir. Parametrik klasik doğrusal regresyon modeli olarak adlandırılan bu modeller aşağıdaki varsayımları da yerine getirmelidir:

- Hata teriminin beklenen değeri sıfırdır. $E(e_i) = 0$

- Tüm X_i gözlem değerleri için hata terimlerinin varyansı sabittir. Bu varsayıma homoskedasite de denilmektedir. $\text{Var}(e_i/X_i) = \sigma^2$
- Hata terimlerinin ardışık değerleri arasında ilişki yoktur. $\text{Kov}(e_i, e_j / X_i, X_j) = 0$
- Hata terimleri ve bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur. $\text{Kov}(e_{ij} / X_{ij}) = 0$

Bu varsayımlar doğrultusunda regresyon modelinde belirlenen parametreler tahmin edilir. Parametrelerin tahmini için “En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY)” veya “En Yüksek Olabilirlik Yöntemi (EYOY)” kullanılmaktadır. Parametrik regresyon modellerinde sıklıkla kullanılan EKKY, hata terimlerinin kareleri toplamını minimize ederek parametreleri tutarlı, sapmasız ve etkin bir şekilde tahmin etmeyi amaçlar.

3.1.2. Yarı Parametrik Regresyon Modelleri

Parametrik regresyon modellerinde varsayımların yerine getirilmesi her zaman mümkün olmamaktadır. Parametrik olmayan regresyon modellerinde ise hiçbir varsayım bulunmamakta ancak bağımsız değişken sayısının artması halinde model tahmininde zorluklar yaşanmaktadır. Yarı parametrik regresyon modelleri, parametrik ve parametrik olmayan regresyon yöntemlerini birlikte kullanarak tahminler yapmayı amaçlamıştır.

Yarı parametrik regresyon modellerinde, bağımlı değişkenin bir ya da birden fazla bağımsız değişkenle doğrusal olarak ilişkili olduğu; fakat bazı bağımsız değişken ya da değişkenlerle doğrusal olmayan bir ilişkiye sahip olduğu varsayılır. Bu durumda yarı parametrik regresyon modeli aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$Y_i = E(Y_i / X_{1i}, X_{1i}^*) + e_i \quad (3.3)$$

$$Y_i = \beta X_{1i} + g(X_{1i}^*) + e_i$$

Denklemden βX_{1i} doğrusallık varsayımından dolayı parametrik modelin özelliğini, $g(X_{1i}^*)$ ise modelin doğrusal olmayan yani parametrik olmayan regresyon modelinin bir özelliğini yansıtmaktadır. X_{1i} bağımsız değişkenler vektörünü, β

parametrik kısma karşılık gelen parametre vektörünü ve $g(X_{li}^*)$ parametrik olmayan kısma denk gelen düzgünleştirme fonksiyonunu gösterir. Düzgünleştirme fonksiyonunun biçimi uygulayıcı tarafından belirlenmektedir.⁸⁵

Kurulan model için hata teriminin beklenen değerinin $E(e_i / X_{li}, X_{li}^*) = 0$ ve varyansının $Var(e_i / X_{li}, X_{li}^*) = \sigma^2$ olduğu; $X_{li} = (X_{li1}, X_{li2}, \dots, X_{lik})$ parametrik değişkenler vektörü ile parametrik olmayan $X_{li}^* = (X_{li1}^*, X_{li2}^*, \dots, X_{lik}^*)$ değişkeni ile düzgün bir regresyon ilişkisine sahip olduğu varsayılmıştır.⁸⁶

Parametrik olmayan model tahminlerinde tutarlı sonuçlar elde edebilmek için en fazla iki bağımsız değişken ile çalışmaya olanak sağlanır iken, yarı parametrik modellerde k tane bağımsız değişkenin bağımlı etkisi incelenebilmektedir. Bununla birlikte yarı parametrik modeller için parametrik modellerdeki kadar varsayımların olmaması bu yöntemin uygulamalı çalışmalarda kullanılmanı artırmıştır.⁸⁷

3.1.3. Parametrik Olmayan Regresyon Modelleri

Parametrik tahmin yöntemlerinin aksine önceden herhangi bir tanımlı fonksiyonel forma dayanmadan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışan regresyon çeşidine parametrik olmayan regresyon modeli denilmiştir. Bu modeller regresyon eğrisinin şeklini doğrudan verilerden tahmin edilmesine imkan sağlamaları nedeniyle değişkenler arasındaki ilişkiyi tam olarak açıklayabilmektedirler.

$\{(X_i, Y_i)\}_{i=1}^n$ ($i = 1, \dots, n$) biçiminde n adet gözlem sayısına sahip veriler kullanılarak parametrik olmayan regresyon ilişkisi aşağıdaki şekilde gösterilebilir:

$$Y_i = m(X_i) + e_i \quad (3.4)$$

$m(X_i)$ herhangi bir fonksiyonel form varsayımı taşımadan bilinmeyen regresyon fonksiyonunu ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile $m(X_i)$ 'nin doğrusal veya üstel gibi bir

⁸⁵ HEPSAÇ, age, s.19.

⁸⁶ Adonis YATCHEW, *Semiparametric Regression For The Applied Econometrician*, Cambridge University Press, Cambridge, 2003, s.2.

⁸⁷ Joel L. HOROWITZ, "Semiparametric Estimation of a Work-Trip Mode Choice Model", *Journal of Econometrics*, Vol:58, 1993, s.58.

fonksiyonel forma sahip olup olmaması hakkında kısıtlama yapılmamıştır. Ayrıca modelde yer alan e_i rassal hata terimi olup aşağıdaki koşulları yerine getirdiği varsayılmıştır:⁸⁸

$$E(e_i/X_i) = 0$$

$$\text{Var}(e_i / X_i = x) = \sigma^2$$

Parametrik regresyon modellerinde; X_i veri iken hata teriminin varyansının sabit olması ve hata terimi e_i ile X_i arasındaki ilişkinin olmaması gibi X_i ve Y_i 'nin parametrik ortak yoğunluğunun genellikle normal olduğu varsayımları bulunmaktadır. Parametrik olmayan regresyon modellerinde ise en önemli varsayım hata terimlerinin sıfır ortalama ve sabit bir varyansa sahip olmasıdır.⁸⁹ Bu yönüyle parametrik olmayan regresyon yöntemleri iki değişken arasındaki ilişkiyi açıklarken esnek bir method sağlamaktadır.

Aykırı gözlemlerin (outliers) bulunduğu veri setleri ile yapılan çalışmalarda değişkenler arasındaki ilişki tam olarak ortaya konulamamaktadır. Parametrik regresyon modelleri aykırı gözlemlerin etkilerine yeterli çözüm üretememektedir dolayısıyla verinin gerçek yapısına ulaşamadığı için güvenilir sonuçlar elde edilememektedir. Buna karşın parametrik olmayan yöntemler aykırı gözlemlerden daha az etkilenmektedir.⁹⁰

Parametrik olmayan yöntemler, parametrik yöntemlerin aksine birimlerin büyüklüklerinden daha çok onların sıralamalarıyla ilgilenirler. Bu yüzden normal dağılım varsayımının yerine getirilemediği birçok uygulamada kullanılabilir.

Parametrik olmayan regresyon modellerinin avantajlarının yanı sıra parametrik regresyon modellerine göre dezavantajları da vardır. Bağımsız değişken sayısı fazla

⁸⁸ Wolfgang HARDLE, Oliver LINTON, **Applied Nonparametric Methods**, Cowles Foundation Discussion Paper 1069, 1994, s.13.

⁸⁹ Aman ULLAH, "Nonparametric Estimation of Econometric Functionals", **Centre for Decision Sciences and Econometrics Technical Reports No. 17**, London, 1987, s.1.

⁹⁰ Wolfgang HARDLE, **Applied Nonparametric Regression**, Cambridge University Press, 1994, s.12-13.

olduğu durumlarda parametrik olmayan regresyon modelleri ile tahmin yapmak zorlaşmaktadır. Bu durum ‘boyutluluk sorunu’ olarak adlandırılmıştır.⁹¹

3.2. Parametrik Olmayan Modeller İçin Düzgünleştirme Kavramı

Parametrik olmayan regresyon analizinin amacı, parametreleri tahmin etmek yerine $Y_i = m(X_i) + e_i$ regresyon ilişkisindeki $m(X_i)$ fonksiyonunu doğrudan tahmin etmektir. Bu tahmin düzgünleştirme (smoothing) adı verilen yöntemler ile yerine getirilmektedir.

Düzgünleştirmenin temelini ise lokal ortalama alma fikri oluşturmaktadır, diğer bir deyişle, belli bir x noktasında bağımlı değişkenin tahmini değeri, x 'in komşuluğundaki noktaların ağırlıklı ortalamasının alınması ile elde edilmektedir.⁹² Yerel ortalama yaklaşımı ile parametrik olmayan regresyon düzleştiricisi aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$\hat{m}(x) = n^{-1} \sum_{i=1}^n w_{in}(x) Y_i \quad (3.5)$$

Eşitlikte yer alan $w_{in}(x)$ bağımsız değişkenlerin tüm gözlemleri için ağırlıklarını göstermektedir. Aynı zamanda $w_{in}(x)$, seçilen yönteme ve x ile X arasındaki uzaklığa bağlıdır. Her düzgünleştirme metodu yukarıdaki denklemin asimptotik formu olup regresyon tahmincisi $\hat{m}(x)$, düzgünleştiren (smoother); bu düzgünleştirme yaklaşımının sonucu ise düzgün tahmin (smooth) olarak ifade edilmektedir.⁹³ Yerel ortalama yaklaşımının bir başka varsayımı da $w_{in}(x)$ ağırlıklarının pozitif ve x değerlerinin tümünün toplamının 1 olduğudur.⁹⁴

Literatürde birçok düzgünleşme yöntemi bulunmakla birlikte burada yaygın olarak kullanılan Kernel, Spline ve K-En Yakın Komşu (k-nearest neighbor) tahmincilerinden bahsedilecektir.

⁹¹ John FOX, **Nonparametric Simple Regression: Smoothing Scatterplots**, Sage University Paper, 2000, s.2.

⁹² Nuray TEZCAN, “Tahmine Parametrik Olmayan Regresyon Yöntemiyle Yaklaşım”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, İstanbul, 2009, s.2.

⁹³ HARDLE, **age**, s.22.

⁹⁴ **Age**, s.24.

3.2.1. Kernel Tahmircisi

Parametrik olmayan regresyon analizinde en yaygın kullanılan tahmin yöntemi, kernel regresyon düzgünleştirmesi veya kernel düzgünleştirmesi olarak anılmaktadır. Bu yöntemde bağımlı değişkene kernel (çekirdek) adı verilen fonksiyonlarla yerel ağırlıklar verilerek eğri tahmini yapılmaktadır.⁹⁵ Kernel 1 değerine entegre olmuş simetrik, sınırlı ve sürekli bir reel fonksiyondur.⁹⁶ Bu özellikler aşağıdaki ifadelerle gösterilebilir:

$$K(-u) = K(u) \quad (3.6)$$

$$\int K(u)du = 1 \quad (3.7)$$

$\forall u$ için $K(u) \geq 0$ 'dır.

Tek boyutlu değişken için kernel düzgünleştiricisinde ağırlık dizisi;

$$W_{ni}(x) = K_{h_n}(x - X_i) / \hat{f}_{h_n}(x) \quad (3.8)$$

olarak tanımlanmıştır. Burada $\hat{f}_{h_n}(x)$,

$$\hat{f}_{h_n}(x) = n^{-1} \sum_{i=1}^n K_{h_n}(x - X_i) \quad (3.9)$$

denkliğine eşittir ve

$$K_{h_n}(u) = h_n^{-1} K(u / h_n) \quad (3.10)$$

fonksiyonu ise ölçek faktörü h_n 'li bir kerneldir. Ölçek faktörü olan h , kernel tahmircisinin örneklem büyüklüğüne (n) bağlıdır. $\hat{f}_{h_n}(x)$ fonksiyonu ise X 'in (marjinal) yoğunluk fonksiyodur ve Rosenblatt-Parzen kernel yoğunluk tahmircisi olarak adlandırılır. Kernel ağırlığı olan $W_{ni}(x)$ 'ın bu formu, aşağıda eşitliği verilen Nadaraya (1964) ve Watson (1964) tarafından önerilmiştir ve bu yüzden genellikle "Naradaya Watson Tahmircisi" olarak bilinmektedir.

⁹⁵ Taner AKMERCAN, "Hanehalkı Tüketim Harcamalarının Parametrik Olmayan Regresyon Yöntemi ile Tahmini: Türkiye Örneği", **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, 2016, s.18.

⁹⁶ HARDLE, **age**, s.32.

$$\hat{m}(x) = \frac{n^{-1} \sum_{i=1}^n K_h(x - X_i) Y_i}{n^{-1} \sum_{i=1}^n K_h(x - X_i)} \quad (3.11)$$

Burada Kernel ağırlıklarının şekli K ile gösterilmiştir. h ise bant genişliği de denilen düzgünleştirme parametresidir. X_i 'nin bir gözlem değeri için $h \rightarrow 0$ 'a giderken $\hat{m}(x) = Y_i$ yani bağımlı değişkenin kendi değerini verecektir; X_i 'nin keyfi noktası için $h \rightarrow \infty$ 'a giderken ise $\hat{m}(x) = \bar{Y}$ olacak ve çok fazla düzgünleştirilmiş eğriler elde edilecektir. Bu iki limit noktasının gösterdiği üzere, örneklem büyüklüğü n ile ilişkili içerisinde olan düzgünleştirme parametresi h , sıfıra ne çok hızlı ne de çok yavaş yaklaşmalıdır.⁹⁷ Düzlüğün elde edileceği en küçük h değeri seçilmelidir. Gereğinden küçük h değeri pürüzlü (rough) bir tahmin verirken, h 'nin gereğinden büyük olması halinde düz bir eğri tahmin edilmektedir.⁹⁸

Uygulamada sıklıkla kullanılan kernel fonksiyonları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1. Kernel Fonksiyonları

Uniform	$\frac{1}{2} (I(u \leq 1))$
Epanechnikov	$\frac{3}{4} (1-u^2) I(u \leq 1)$
Triangular	$(1- u) (I(u \leq 1))$
Biweight, Quartic	$\frac{15}{16} (1-u^2)^2 I(u \leq 1)$
Triweight	$\frac{35}{32} (1-u^2)^3 I(u \leq 1)$
Gaussian	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{1}{2} u^2) (I(u < \infty))$
Cosinus	$\frac{\pi}{4} \cos(\frac{\pi}{2} u) I(u \leq 1)$

⁹⁷ HARDLE, LINTON, *age*, s.14.

⁹⁸ İdris BAKIRHAN, "Parametrik Olmayan Regresyonda Düzeltme Teknikleri", **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, 2012, s.12.

Gasser ve Müller 1979 yılında yaptıkları çalışma ile kernelin ağırlık dizisine farklı bir yorum getirerek $\hat{f}(x) = [n(X_i - X_{i-1})]^{-1}$ formunu eklemiştir. Gasser-Müller tahmin edicisi için ağırlık fonksiyonu,

$$W_{hi}^{GM}(x) = n \int_{S_{i-1}}^{S_i} K_h(x - u) du \quad (3.12)$$

$$X_{i-1} \leq S_{i-1} \leq X_i$$

$$S_0 = 0, S_i = (X_i + X_{i+1})/2 \quad i=1, \dots, n-1$$

şeklinde. Buradan Gasser- Müller tahmin yöntemi ise aşağıdaki gibi ifade edilir⁹⁹:

$$\hat{m}(x) = n^{-1} \sum_{i=1}^n W_{hi}^{GM}(x) Y_i \quad (3.13)$$

3.2.2. Spline Düzgünleştirme

Fonksiyonel formu bilinmeyen $g(t)$ fonksiyonunun verilere ait en uygun regresyon eğrisini tahmin edilebilmesi için kalıntı kareler toplamı (RSS) ölçütünü kullanmıştır.

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - g(t))^2 \quad (3.14)$$

$g(x)$ 'in fonksiyonel formunda herhangi bir kısıtlama yapılmamış bir eğri ise yukarıda yer alan uzaklık ölçüsü, verilere interpolasyon uygulayarak $g(x)$ tarafından sifıra indirgeyebilmektedir. Spline düzleştirme yöntemi, bu sorunu pürüzlülük cezası (roughness penalty) olarak bilinen $\int g''(x)^2 dx$ fonksiyonu ile gidermektedir.¹⁰⁰ Bu ölçü kullanılarak aşağıdaki gibi bir eşitlik elde edilir:

$$S(g) = \sum_{i=1}^n (Y_i - g(t_i))^2 + \lambda \int g''(x)^2 dx \quad (3.15)$$

Eşitlikte yer alan ilk terim hata kareler toplamını gösterirken ikinci terim pürüzlülük cezası (roughness penalty) olarak bilinen fonksiyondaki eğriliği cezalandıran

⁹⁹ HARDLE, *age*, s.263.

¹⁰⁰ *Age*, s.70.

ifadedir.¹⁰¹ Burada yer alan λ düzgünleştirme parametresi olup g eğrisinin pürüzlülüğü ve kalıntılar arasındaki değişimin oranını göstermektedir.

$\lambda \rightarrow \infty$ 'a giderken $\int g''^2$ sıfır olacak ve \hat{g} eğrisi doğrusal regresyon formuna yaklaşacaktır. λ göreceli olarak küçük olursa $S(g)$ 'de ana etmen kalıntı kareler toplamı olacaktır. $\lambda \rightarrow 0$ 'a giderken ise $\hat{g}(x)$ fonksiyonu sadece Y gözlem değerlerinin interpolasyonu olacaktır. \hat{g} eğrisinin özellikleri aşağıdaki gibidir¹⁰³:

- Ardışık t değerleri için \hat{g} kübik polinomiyaldir.
- t_i noktalarındaki eğri ve onun ilk iki türevi süreklidir ancak üçüncü türev süreksiz olabilir.
- Her bir $(-\infty, t_1)$ ve (t_n, ∞) aralığındaki noktada ikinci türev sıfırdır, böylece \hat{g} veri aralığı dışında doğrusaldır.

Spline düzgünleştirme gibi eğri tahminleri ile ilgili yapılan en büyük kavramsal problem; verilerin açık değerlerini içeren açık bir formül yerine, bir minimizasyon problemine üstü kapalı bir şekilde çözüm üretilmesidir. Bu sorun en azından tahminin büyük veri kümelerinde nasıl davrandığı göz önünde bulundurularak çözülebilir. Düzeltilmiş kareler toplamı olarak da ifade edilen $S(g) = \sum_{i=1}^n (Y_i - g(t_i))^2 + \lambda \int g''(x)^2 dx$ eşitliğinde de görüldüğü üzere \hat{g} , Y_i gözlemlerinde doğrusaldır. Buradan $G(s, t_i)$ ağırlık fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanabilir¹⁰⁴:

$$\hat{g}(s) = \sum_{i=1}^n Y_i G(s, t_i) \quad (3.16)$$

Ağırlık fonksiyonu t_1, \dots, t_n tasarım noktaları ile düzgünleştirme parametresi λ 'ya bağlıdır. Böylece ağırlık fonksiyonunun asimptotik formunu ve dolayısıyla tahminin yaklaşık olarak formunu elde edebiliriz.

$$G(s, t) = \frac{1}{f(t)} \frac{1}{h(t)} K\left(\frac{s-t}{h(t)}\right) \quad (3.17)$$

¹⁰¹ Gülin TABAKAN, "Yarı Parametrik Regresyonda Tahmin Metodları", **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009, s.39.

¹⁰² P.J. GREEN ve B.W. SILVERMAN, **Nonparametric Regression And Generalized Linear Models: A Roughness Penalty Approach**, Chapman&Hall/CRC, New York, 1994, s.6.

¹⁰³ B.W. SILVERMAN, "Some Aspects of the Spline Smoothing Approach to Non-Parametric Regression Curve Fitting", **Journal of the Royal Statistical Society**, Vol:47, No:1, 1985, s.3.

¹⁰⁴ **Age**, s.3-4.

Buradan kernel fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir:

$$K(u) = \frac{1}{2} \exp(-|u|/\sqrt{2}) \sin(-|u|/\sqrt{2} + \pi/4) \quad (3.18)$$

3.2.3. K-En Yakın Komşu Tahmincisi (k-nearest neighbor estimate)

Kernel tahmincisi olan $\hat{m}(x)$ için Kernel K fonksiyonu ve h bant genişliği tarafından belirlenen x'in sabit komşuluğundaki y bağımlı değişkenlerinin ağırlıklı ortalaması belirlenir. K-en yakın komşu tahmincisinde ise kernel tahmincisinden farklı olarak x etrafındaki değişken komşuluğun ağırlıklı ortalaması alınır. K- en yakın komşu düzelticisi aşağıdaki gibidir¹⁰⁵:

$$\hat{m}_k(x) = n^{-1} \sum_{i=1}^n W_{ki}(x) Y_i \quad (3.19)$$

Eşitlikte yer alan $\{W_{ki}(x)\}_{i=1}^n$ ağırlıkları ifade eder ve

$J_x = \{i : X_i, x'e k \text{ en yakın gözlemden biri} \}$ indeks seti ile

$$W_{ki}(x) = W_{ki}(x) = \begin{cases} n/k, & i \in J_x \text{ ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

k-en yakın komşu ağırlık dizisi oluşturulmuştur.

Burada yer alan k düzeltme parametresidir ve tahmini eğrinin pürüzsüzlük derecesini düzenler. Kernel düzelticisindeki bant genişliğine benzer bir rol oynar. Düzgünleştirme parametresi k'nin seçimi ise önemli bir husustur. Sabit n için, k'nin n'den daha büyük hale geldiği durumda k-en yakın komşu tahmincisi y değişkenlerinin ortalamasına eşit olacaktır. Bu nedenle k n'nin hatta verilerin bir fonksiyonu olarak seçilmelidir.¹⁰⁶

¹⁰⁵ HARDLE, **age**, s.53.

¹⁰⁶ **Age**, s.54.

3.3. Düzgünleştirme Parametresinin Seçimi

Parametrik olmayan regresyon modellerinde anakütle regresyon eğrisi ile uyumlu bir şekilde eğri tahmininin yapılabilmesi düzgünleştirme parametresi olarak da bilinen bant genişliğine bağlıdır.

Büyük bir bant genişliği seçilmesi halinde tahmincinin varyansı ile tahmincinin eğilim azalacak fakat aşırı düzgünleştirilmiş veriler sebebiyle yanlış tahminler elde edilecektir. Küçük bir düzgünleştirme parametresinin seçilmesi halinde ise tahminin yanlışlığı azalırken varyans artacaktır.¹⁰⁷ Bu nedenle Hardle tahmincilerin başarısını esas olarak düzgünleştirme parametresinin seçimine bağlı olduğunu savunmuştur.

Optimal düzgünleştirme parametresine farklı bant genişliklerine karşılık gelen ortalama entegre hata kare (MISE-Mean Integrated Squared Error) kriterini minimize ederek ulaşılabilmektedir.¹⁰⁸

$$\text{MISE}(h) = n^{-1} h^{-1} \int K^2 dx + h^4 \int x^2 K dx \int (f'')^2 / 4 \quad (3.20)$$

Uygun düzgünleştirme parametresi için bir diğer kriter ortalama hata kriteridir (ASE- Averaged Squared Error):

$$\text{ASE}(h) = \widehat{m}(x) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (\widehat{m}(x) - m(xi))^2 \quad (3.21)$$

Uygulanmasının kolaylığından dolayı ASE kriteri en çok tercih edilen ölçüttür. ASE(h)'in tarafsız bir tahminini bulmak için cezalandırma fonksiyonları, çapraz geçerlilik ve Plug-In yöntemleri kullanılmaktadır.¹⁰⁹

3.3.1. Çapraz Geçerlilik Ölçütü (Cross Validation)

Düzgünleştirme parametresinin seçiminde en sık kullanılan yöntem olan çapraz geçerlilik (CV) ölçütü, gözlem noktaları $\{X_i, Y_i\}_{i=1}^n$ olmak üzere verilerden birinin dışarıda bırakılması sonucu (n-1) veri ile bağımlı değişkenin tahmin edilmesi

¹⁰⁷ John DINARDO ve Justin TOBIAS, "Nonparametric Density and Regression Estimation", *The Journal of Economic Perspectives*, Vol:15, No:4, Autumn 2001, s.18.

¹⁰⁸ Wolfgang HARDLE, *Smoothing Techniques With Implementation in S*, Springer-Verlag, 1991, s.90.

¹⁰⁹ HARDLE, *Applied Nonparametric Regression*, s.180.

yöntemidir. Verilerden birini dışarıda bıraktığı için leave one out yöntemi olarak da bilinmektedir. j . gözlemin dışarıda bırakılması sonucu regresyon tahmincisi aşağıdaki gibi ifade edilir¹¹⁰:

$$\hat{m}_{h,j}(X_j) = n^{-1} \sum_{i \neq j} W_{hi}(X_j) Y_i \quad (3.22)$$

Bu tahminci ile çapraz geçerlilik fonksiyonu,

$$CV(h) = n^{-1} \sum_{j=1}^n [Y_j - \hat{m}_{h,j}(X_j)]^2 w(X_j) \quad (3.23)$$

şeklinde olacaktır. Bu fonksiyon ile kernel regresyonu için CV'yi minimum yapan bant genişliği (h) değerine ulaşılabilecektir.¹¹¹

3.3.2. Cezalandırma Fonksiyonları (Penalizing Functions)

Bant genişliği parametresinin seçiminde Taylor açılımından faydalanılarak aşağıdaki fonksiyon kullanılır¹¹²:

$$\Xi(u) = 1 + 2u + O(u^2), u \rightarrow 0 \quad (3.24)$$

Cezalandırma işlevinin bu formu ile düzgünleştirme parametresi ise

$$G(h) = n^{-1} \sum_{j=1}^n [Y_j - \hat{m}_h(X_j)]^2 \Xi(n^{-1} W_{hj}(X_j) w(X_j)) \quad (3.25)$$

olarak ifade edilecektir. Cezalandırma fonksiyonları ile h 'nin çok küçük değerleri cezalandırılmakta böylece bant genişliğinin çok küçük olması durumu kontrol altında tutulmaktadır.

3.3.3. Plug-In Yöntemi

Plug-in yöntemi, uygun düzgünleştirme yönteminin seçiminde hata karelerinin asimptotik genişlemesini temel almaktadır:

¹¹⁰ HARDLE, *age*, s.181.

¹¹¹ Wolfgang HARDLE ve James Stephen MARRON, "Optimal Bandwidth Selection in Nonparametric Regression Function Estimation", *The Annals of Statistics*, Vol:13, No:4, 1985, s.1466.

¹¹² HARDLE, *Applied Nonparametric Regression*, s.182-183.

$$\text{MSE} = n^{-1} h^{-1} \sigma^2(x) c_K / f(x) + h^4 [d_K(m''(x) + 2m'(x)(f' / f)(x)) / 2]^2 \quad (3.26)$$

Optimal bant genişliği \hat{h}_{pl} hesaplanması için $\hat{\sigma}_h^2(x)$, $\hat{f}_h(x)$ ve $\hat{f}'_h(x)$ bilinmeyen fonksiyonlarının yerine $\hat{m}_h''(x)$ kullanılmaktadır.¹¹³

Çapraz geçerlilik ölçütüne göre daha düşük değişkenlik göstermesi ile birlikte gözlem sayısı 15 ile 25 arasındaki tahminlerde dahi başarılı olması plug-in yönteminin avantajlarından biridir.¹¹⁴ Ancak ilk adımda düzgünleştirme parametresinin seçiminde belirsizliğe sahip olması ve yukarıdaki eşitlikte de görüldüğü üzere iki kez türevi alınabilir regresyon fonksiyonları gibi belirli düzgünlük fonksiyonlarıyla sınıflandırılmış olması yöntemin dezavantajlarından biridir.¹¹⁵

3.4. Lokal Doğrusal Regresyon Yöntemi

Lokal doğrusal regresyon, birden fazla açıklayıcı değişkenin olduğu durumlarda uygulanan lokal polinomial tahmincinin uzantısı olarak kullanılan bir yöntemdir. Bilinmeyen $m(x)$ fonksiyonunun tutarlı parametrik olmayan regresyon tahminini elde etmek üzere lokal doğrusal en küçük kareler yönteminden faydalanılmaktadır.¹¹⁶

Kernel ağırlıkları belirlenmesi ile ağırlıklı en küçük kareler yönteminde m ve β katsayılarını minimize etmek için aşağıdaki ifadeden faydalanılır:

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - m - \beta(x_i - x))^2 K\left(\frac{x_i - x}{h}\right) \quad (3.27)$$

Eşitlikte $K\left(\frac{x_i - x}{h}\right)$ ağırlık fonksiyonudur ve W gibi bir diyagonal matris ile ifade edilsin. X matrisi ise $(X_i - x)^{j-1}$ ve $y = (Y_1, \dots, Y_n)^T$ olmak üzere ağırlıklandırılmış en küçük kareler problemi aşağıdaki şekilde ifade edilir¹¹⁷:

$$\min(y - X\beta)^T W (y - X\beta) \quad (3.28)$$

¹¹³ HARDLE, LINTON, *age*, s.25.

¹¹⁴ TEZCAN, *age*, s.83.

¹¹⁵ HARDLE, *Applied Nonparametric Regression*, s.185.

¹¹⁶ Syed F. MAHMUD, Aman ULLAH, Eray M. YÜCEL, "Testing Marshall-Lerner Condition: a Non-Parametric Approach", *Applied Economic Letters*, No:11, 2004, s. 232.

¹¹⁷ Jianqing FAN, Irene GIJBELS, Tien-Chung HU, Li-Shan HUANG, "A Study Of Variable Bandwidth Selection For Local Polynomial Regression", *Statistica Sinica*, No:6, 1996, s.114.

Buradan $\hat{\beta} = (X^T W X)^{-1} X^T W y$ olacaktır. $\hat{\beta}$ tahmincisinin performansı h düzgünleştirme parametresinin seçimine bağlıdır.

$m(x) = E(Y/X = x)$ olmak üzere $(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$ anakütlesinden (X, Y) rastgele bir örnek seçilmesi durumunda local doğrusal regresyon aşağıdaki koşulları sağlamalı¹¹⁸:

- Regresyon fonksiyonu $m(x)$, sınırlı ve sürekli ikinci dereceden türeve sahiptir.
- Koşullu varyans $\sigma^2(x) = \text{Var}(Y/x)$ sabit ve sürekli.
- X 'in marjinal yoğunluğu olan $f(x)$ sürekli.
- Kernel fonksiyonu $\int_{-\infty}^{\infty} x K(x) dx$ ve $\int_{-\infty}^{\infty} x^4 K(x) dx < \infty$ şartları ile sınırlı bir yoğunluk fonksiyonudur.

¹¹⁸ Jianqing FAN, "Design-Adaptive Nonparametric Regression", **Journal of the American Statistical Association**, Vol:87, No:420, 1992, s.1000.

4. BÖLÜM

BANKA HİSSE SENETLERİNE AİT PİYASA RİSKİNİN PARAMETRİK VE PARAMETRİK OLMAYAN REGRESYON MODELLERİ İLE UYGULANMASI

4.1. Veri Seti

Çalışmada banka hisse senetlerine ait piyasa riskinin hesaplanması için finansal varlık fiyatlama modelleri yardımıyla 2013-2018 yılları arasında Borsa İstanbul'da devamlı olarak işlem gören 12 adet banka hisse senedinin verileri ile BİST Ulusal Tüm endeksi kullanılmıştır. Bu hisse senetleri; Akbank, Albaraka, Denizbank, Garanti Bankası, Türkiye Halk Bankası, ICBC Bankası, İş Bankası C, Türkiye Kalkınma Bankası, Şekerbank, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, Türkiye Vakıflar Bankası ile Yapı ve Kredi Bankası'dır. ICBC Bankası'na ait hisse senedi 2016 yılına kadar Tekstil Bankası A.Ş. ticaret ünvanına sahipken bu tarihten itibaren "ICBT" işlem kodu ile borsada işlemlerine devam etmiştir. Veri aralığı 03.01.2013–31.12.2018 dönemi günlük değerleridir ve 1499 gözlem sayısı ile uygulama yapılmıştır. Bu hisse senetlerinin günlük kapanış fiyatları ve BİST Ulusal Tüm endeksi "Borsa İstanbul A.Ş. (<https://datastore.borsaistanbul.com/>)" dan temin edilmiştir. Veriler getiri oranlarına dönüştürülerek Eviews 5.0 programı üzerinden analiz edilmiştir.

4.2. Tahminler

Zaman serileri ile yapılan uygulamalarda öncelikle serilerin durağan olup olmadığı analiz edilmelidir. Bu çalışmada da ilk olarak banka hisse senetlerinin getirileri ile BİST Ulusal Tüm endeks getirilerinin durağanlığı sınanmıştır. Bunun için Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testinden faydalanılmıştır. Banka hisse senedi getirileri ile BİST Ulusal Tüm endek getirisinin deterministik trende sahip olduğu ve olmadığı durumlarda % 5 anlamlılık düzeyinde ADF test istatistikleri Tablo 2'de gösterildiği gibidir.

Tablo 2. Banka Hisse Senedi Getirileri ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin ADF Birim Kök Testi

Değişkenler	Sabitli ADF	Sabit ve Trendli ADF
AKBNK	-40.01017	-39.99710
ALBRK	-42.91522	-42.90083
DENİZ	-33.11788	-33.30466
GARAN	-41.69116	-41.67796
HALKB	-39.73563	-39.72244
ICBCT	-18.27246	-18.26700
ISCTR	-40.75532	-40.74221
KLNMA	-10.93925	-10.98486
SKBNK	-38.76194	-38.74919
TSKB	-38.97855	-38.97552
VAKBN	-39.28919	-39.28105
YKBNK	-41.39349	-41.40685
BISTTUM	-38.99896	-38.99236
Sabit terimli modeller için MacKinnon kritik değerleri: %1: -3.434508 %5: -2.863264 %10: -2.567736 Sabit terim ve trendli modeller için MacKinnon kritik değerleri: %1: -3.964182 %5: -3.412813 %10: -3.128388		

Tablo 2’de yer alan ADF birim kök test istatistikleri mutlak değer olarak %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde MacKinnon kritik değerlerinden büyük çıkmıştır. Bu nedenle 12 adet banka hisse senedi getirileri ile BİST Ulusal Tüm endeks getiri serileri düzey değerlerinde durağandır ve birim kök içermemektedir.

Uygulamada kullanılan banka hisse senetleri ile BİST Ulusal Tüm endeksi getirilerine ait tanımlayıcı istatistikler tahmin edilmiş ve Tablo 3’te bu değerlere yer verilmiştir.

Tablo 3. Banka Hisse Senetleri ve BİST Ulusal Tüm Endeksi Getirilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

	AKBNK	ALBRK	DENİZ	GARAN	HALKB	ICBCT	ISCTR
Mean	5.35E-05	-5.61E-05	0.001450	0.000128	-0.000329	0.001771	-8.02E-06
Median	0.00000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Maximum	0.096939	0.200000	1.169811	0.132029	0.146119	0.229358	0.078313
Minimum	-0.093960	-0.138889	-0.705556	-0.131959	-0.142620	0.318612	-0.132159
Std. Dev.	0.021536	0.019264	0.047109	0.022613	0.024320	0.036098	0.020532
Skewness	0.092542	0.597785	8.153712	-0.035967	-0.165424	0.030532	-0.390031
Kurtosis	4.258819	16.61292	291.8299	5.832014	6.963070	18.26237	5.334624
Jarque-Bera	101.1126	11663.54	5227053.0	501.2579	987.8026	14549.27	378.4330
Probability	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	KLNMA	SKBNK	TSKB	VAKBN	YKBNK	BISTTUM	
Mean	-0.009612	-0.000125	-0.000450	0.000147	-0.000524	0.000391	
Median	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001087	
Maximum	0.200000	0.200000	0.107784	0.117788	0.115819	0.366143	
Minimum	-1.000000	-0.107527	-0.227074	-0.109375	-0.355615	-0.109948	
Std. Dev.	0.114406	0.021732	0.021732	0.023366	0.022910	0.014300	
Skewness	-7.449441	1.299333	-1.616291	-0.168370	-2.619374	10.37403	
Kurtosis	65.40180	15.83518	17.31480	5.082634	43.10753	292.3702	
Jarque-Bera	253646.1	10711.29	13451.23	277.9869	102185.5	5256844.0	
Probability	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000000	

Verilerin normal dağılıma uygunluğu hakkında bilgi veren Jarque-Bera normallik sınaması, basıklık (kurtosis) ve çarpıklık (skewness) ölçüleri ile birlikte değerlendirilir. Buna göre çarpıklığın 0 ve basıklığın 3 değerinde olduğu, 2 serbestlik derecesinde Jarque-Bera istatistiği ki-kare dağılımına yaklaşacaktır.

Tablo 3'teki değerlere göre 12 adet banka hisse senedinin getirileri ile BİST Ulusal Tüm endeksinin getiri değerlerinin çarpıklık katsayıları 0'dan basıklık katsayıları ise 3'den sapmalar göstermiş böylece Jaque-Bera istatistikleri 2 serbestlik derecesinde χ^2 değeri olan 5,99'dan büyük çıkmıştır. Diğer bir ifadeyle veriler normal dağılıma uygunluk göstermemektedir.

Banka hisse senetlerinde piyasa riskinin ölçümünde kullanmak üzere her bir hisse senedi için finansal varlık fiyatlama modeli oluşturulmuş ve parametrik regresyon modellerinin varsayımlarını yerine getirip getirmediikleri incelenmiştir.

Tablo 4. Akbank Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: AKBNK				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.000264	0.000469	-0.562064	0.5742
BISTTUM	0.811129	0.032798	24.73136	0.0000
$R^2 = 0.290064$				
Jaque-Bera	57344.15		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	1381.157		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	20.48743		Probability	0.9032

Akbank hisse senedinin getirisi ile BİST Ulusal Tüm endeks getirisi arasında kurulan finansal varlık fiyatlama modeli sonucuna göre sabit terim % 5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. BİST Ulusal Tüm endeks getirisindeki % 1'lik artış halinde ise Akbank hisse senedinin % 0,811129'luk bir artış sağlayacağı görülmüştür. Modelin R^2 belirginlik katsayısı düşük belirlenmekle birlikte Jaque-Bera normallik test istatistiği 5,99 değerinden büyük çıkarak hata teriminin normal dağıldığı varsayımı yerine getirilememiştir. Aynı zamanda modelde % 5 anlamlılık düzeyine göre heteroskedasite tespit edilmiştir.

Tablo 5. Albaraka Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: ALBRK				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.000274	0.000453	-0.603681	0.5461
BISTTUM	0.556621	0.031707	17.55537	0.0000
$R^2 = 0.170725$				
Jaque-Bera	45156.90		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	466.1472		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	61.07542		Probability	0.0007

Tablo 5'te yer alan Albaraka hisse senedinin getirisi ile BİST Ulusal Tüm endeks getirisi arasında kurulan finansal varlık fiyatlama modeli sonucuna göre ise sabit terim % 5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. BİST Ulusal Tüm endeks getirisindeki % 1'lik artış Albaraka hisse senedinde % 0,556621'lik bir artış görülecektir. Bu modelde de normallik varsayımı sağlanamamıştır. Aynı zamanda hata teriminin ardışık değerleri arasında korelasyon (otokorelasyon) olduğu ve heteroskedasiteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 6. Denizbank Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: DENİZ				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	0.001319	0.001211	1.089033	0.2763
BISTTUM	0.335055	0.084705	3.955558	0.0001
$R^2 = 0.010344$				
Jaque-Bera	5592397.		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	0.515716		Probability	0.7727
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	103.6986		Probability	0.0000

Denizbank hissesi ile tahmin edilen regresyon modelinde sabit terim ile β katsayısı %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. BİST Ulusal Tüm'deki % 1'lik artışa karşılık Denizbank hisse senedi % 0,335055 getiri sağlamaktadır. Normallik varsayımı yerine getirilememiştir. Ayrıca heteroskedasite sorunu görülmüştür.

Tablo 7. Garanti Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: GARAN				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.000208	0.000491	-0.423224	0.6722
BISTTUM	0.859217	0.034313	25.04056	0.0000
$R^2 = 0.295207$				
Jaque-Bera	66687.51		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	1357.506		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	27.90213		Probability	0.5756

Tablo 7’de yer alan Garanti Bankası hisse senedi getirisi ile yapılan finansal varlık fiyatlama modeli tahminine göre sabit terim %5 kritik düzeyinde istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır. β katsayısı anlamlı olup BİST Ulusal Tüm’deki % 1’lik artışa karşılık % 0,859217 getiri sağlamaktadır. Normallik varsayımı ise sağlanamamıştır. Modelde değişken varyans sorunu vardır.

Tablo 8. Türkiye Halk Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: HALKB				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.000673	0.000538	-1.252291	0.2107
BISTTUM	0.880750	0.037604	23.42156	0.0000
$R^2 = 0.268175$				
Jaque-Bera	86748.61		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	1313.589		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	14.95689		Probability	0.9900

Halk Bankası hisse senedinin getirisi ile yapılan tahminlerde sabit terim anlamsız bulunmuştur. BİST Ulusal Tüm’deki %1’lik artış halinde Halk Bankası hissesinin % 0,880750 artacağı görülmüştür. Bu model için de normallik varsayımı yerine getirilememiştir. Ayrıca heteroskedasite sorunu mevcuttur.

Tablo 9. ICBC Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: ICBC				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	0.001551	0.000910	1.705388	0.0883
BISTTUM	0.561767	0.063609	8.831538	0.0000
$R^2 = 0.049521$				
Jaque-Bera	17697.13		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	45.22773		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	109.7206		Probability	0.0000

Tablo 9’da ICBC Bankası hisse senedine ait finansal varlık fiyatlama modelinde sabit terim % 5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamsız sonuç elde edilmiştir.

BİST Ulusal Tüm'deki % 1'lik artış ICBC hisse senedinin getirisini % 0,561767 artıracaktır. Hata terimi normallik varsayımını sağlayamamıştır. Modelde hem değişken varyans hem de otokorelasyon vardır.

Tablo 10. İş Bankası C Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: ISCTR				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.000316	0.000444	-0.710840	0.4773
BISTTUM	0.786710	0.031044	25.34152	0.0000
$R^2 = 0.300203$				
Jaque-Bera	83636.01		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	1357.449		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	21.58641		Probability	0.8687

İş bankası C hisse senedi getirisine ait modelde sabit terim anlamsız bulunmuştur. β katsayısı anlamlı olup BİST Ulusal Tüm getirisindeki % 1'lik artışa karşılık % 0,786710 artış göstermektedir. Normal dağılım varsayımı yerine getirilememiştir. Modelde heteroskedasite sorunu vardır.

Tablo 11. Türkiye Kalkınma Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: KLNMA				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.009782	0.002973	-3.290392	0.0010
BISTTUM	0.414597	0.206921	2.003654	0.0453
$R^2 = 0.002711$				
Jaque-Bera	255094.5		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	0.207164		Probability	0.9016
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	0.0000		Probability	0.0000

Kalkınma Bankası hisse senedi getisi ile yapılan finansal varlık fiyatlama modeli tahmin sonuçlarına göre sabit terim % 5 kritik değer için anlamsızdır. β katsayısı ise anlamlı olup BİST Ulusal Tüm endeksinin getirisindeki % 1'lik artış durumunda Kalkınma Bankası'nın hisse senedi getirisi % 0,414597 artmaktadır. Bu model için de

normal dağılım varsayımı sağlanamamıştır. Aynı zamanda hata terimlerinin birbirini izleyen değerleri için otokorelasyon söz konusudur.

Tablo 12. Şekerbank Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: SKBNK				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.000356	0.000518	-0.687648	0.4918
BISTTUM	0.590338	0.036195	16.31010	0.0000
$R^2 = 0.150889$				
Jaqu-Bera	31918.15		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	433.6912		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	23.77195		Probability	0.7822

Şekerbank hisse senedinin getirisi ile elde edilen modele göre sabit terim istatistiksel olarak anlamsızdır. BİST Ulusal Tüm'deki % 1'lik artış Şekerbank hisse senedi getirisini % 0, 590338 artıracaktır. Modelde değişken varyans sorunu olup normallik varsayımı sağlanamamıştır.

Tablo 13. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: TSKB				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.000705	0.000507	-1.389569	0.1649
BISTTUM	0.651609	0.035485	18.36308	0.0000
$R^2 = 0.183842$				
Jaqu-Bera	46102.87		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	604.5947		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	36.66770		Probability	0.1870

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası hisse senedi getirisi ile yapılan finansal varlık fiyatlandırma modeli tahmini sonucunda sabit terim % 5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. β katsayısı anlamlı elde edilip BİST Ulusal Tüm endeksi getirisinde % 1'lik artış Sınai Bankası'nın hisse senedi getirisini % 0,651609 artırır.

Nomallik dağılım varsayımı sağlanamamıştır ve modelde heteroskedasite söz konusudur.

Tablo 14. Türkiye Vakıflar Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: VAKBN				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.000188	0.000514	-0.366122	0.7143
BISTTUM	0.856514	0.035967	23.81413	0.0000
$R^2 = 0.274749$				
Jaque-Bera	67991.30		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	1372.515		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	26.49298		Probability	0.6497

Türkiye Vakıflar Bankası hisse senedinin getirisi ile BİST Ulusal Tüm endeks getirisi arasında kurulan finansal varlık fiyatlama modeli tahminlerine göre sabit terim katsayısı % 5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamsızdır. BİST Ulusal Tüm getirisindeki %1'lik artışa karşın Vakıflar Bankası hisse senedi getirisi % 0,856514 artacaktır. Jaque-Bera istatistik değeri ki-kare 5,99 değerinden büyük olması nedeniyle normal dağılım koşulunun yerine getirilemediği anlaşılmıştır. Bununla birlikte modelde değişken varyans sorunu vardır.

Tablo 15. Yapı ve Kredi Bankası Hisse Senedi Getirisi ile BİST Ulusal Tüm Endeks Getirisinin Parametrik Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken: YKBNK				
Değişkenler	Katsayı	Std. Sapma	t- İstatistik	Prob.
C	-0.000833	0.000515	-1.616867	0.1061
BISTTUM	0.789729	0.036028	21.91995	0.0000
$R^2 = 0.242977$				
Jaque-Bera	433205.8		Probability	0.000000
White Heteroskedasite Testi	383.6666		Probability	0.0000
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi (30)	32.41059		Probability	0.3487

Tablo 15'te yer alan Yapı ve Kredi Bankası hisse senedi getirisi ile kurulan finansal varlık fiyatlama modelinde sabit terim anlamsız olmakla birlikte β katsayısı

anlamlıdır ve BİST Ulusal Tüm getirisindeki % 1'lik artış Yapı ve Kredi Bankası hisse senedi getirisini % 0,789729 artıracaktır. Bu modelde de normallik varsayımı sağlanamamış olup heteroskedasite problemi de mevcuttur.

Parametrik regresyon denklemi ile kurulan finansal varlık fiyatlama modelleri genel olarak değerlendirildiğinde 10 hisse senedi için sabit terim katsayısı % 5 anlamlılık değerinde anlamsız istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur. Piyasa riskini ifade eden β katsayıları ise tüm modellerde anlamlı olarak tahmin edilmiştir. En yüksek piyasa riskine sahip hisse senedi 0,880750 katsayı ile Türkiye Halk Bankası'na ait olurken en düşük piyasa riski 0.335055 ile Denizbank'a aittir.

Parametrik regresyon modellerinin en önemli varsayımı olan hata terimlerinin normal dağılımı, kurulan modellerin hiçbirinde sağlanamamıştır. Breusch-Godfrey LM korelasyon testine göre Albaraka Bankası, ICBC Bankası ve Türkiye Kalkınma Bankası'na ait hisse senetleri ile kurulan modellerde 0,05 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon tespit edilmiştir. Bu hisse senetlerinden Albaraka ve ICBC'de otokorelasyonun yanı sıra heteroskedasite problemi ile de karşılaşmıştır. Heteroskedasitenin tespiti için White testinden faydalanılmış ve olasılık değerleri % 5 anlamlılık düzeyi ile karşılaştırılmıştır. Banka hisse senetlerinin getirileri ile kurulan modellerde Kalkınma Bankası'nın hisse senedi hariç diğer hisse senetlerinde değişken varyans sorunu görülmüştür.

12 adet banka hisse senedi ile oluşturulan finansal varlık fiyatlama modellerinde, hem finansal varlık fiyatlama modeli için kabul edilen varsayımların hem de parametrik regresyon modellerinin EKKY ile yapılan tahmin varsayımlarının yerine getirilemediği görülmüştür. Elde edilen sonuçlarının tamamında EKKY'nin temel varsayımı olan hata terimlerinin normal dağılım göstermemesi, β katsayısı olarak da bilinen piyasa riskinin sapmalı ve tutarsız olarak tahmin edilmesine sebep olmuştur. Bu durum ise yatırımcıların ve karar alıcıların yanlış portföy veya hisse senedi tercih etmelerine sebep olacaktır.

Parametrik regresyon yöntemleri ile oluşturulan finansal varlık fiyatlama modellerinde yaşanan bu olumsuzluk nedeniyle banka hisse senetlerine ait piyasa riskinin ölçümü için parametrik olmayan yöntemler tercih edilmiştir.

Parametrik olmayan regresyon analizde lokal doğrusal en küçük kareler yönteminden faydalanılmıştır. En düşük asimptotik ortalama hata karesine sahip olmasından dolayı Epanechnikov Kernel fonksiyonu ile çalışılmıştır.

Tablo 16. Banka Hisse Senetlerine Ait Parametrik Olmayan Regresyon Modeli Tahminleri

AKBNK				ALBRK			
	Katsayı	t- İstatistik	Prob.		Katsayı	t- İstatistik	Prob.
C	-0.053841	-1.29E+16	0.0000	C	-0.062375	-7.06E+15	0.0000
BISTTUM	0.431935	1.96E+16	0.0000	BISTTUM	0.725461	1.55E+16	0.0000
DENİZ				GARAN			
	Katsayı	t- İstatistik	Prob.		Katsayı	t- İstatistik	Prob.
C	-0.268943	-5.91E+15	0.0000	C	-0.074836	-1.05E+16	0.0000
BISTTUM	3.911621	1.63E+16	0.0000	BISTTUM	0.584484	1.55E+16	0.0000
HALKB				ICBCT			
	Katsayı	t- İstatistik	Prob.		Katsayı	t- İstatistik	Prob.
C	-0.07971	-1.01E+16	0.0000	C	-0.193614	-1.53E+16	0.0000
BISTTUM	0.635912	1.52E+16	0.0000	BISTTUM	1.163073	1.74E+16	0.0000
ISCTR				KLNMA			
	Katsayı	t- İstatistik	Prob.		Katsayı	t- İstatistik	Prob.
C	-0.087214	-1.48E+16	0.0000	C	-0.721757	-3.03E+16	0.0000
BISTTUM	0.470668	1.51E+16	0.0000	BISTTUM	2.511802	1.99E+16	0.0000
SKBNK				TSKB			
	Katsayı	t- İstatistik	Prob.		Katsayı	t- İstatistik	Prob.
C	-0.038872	-4.59E+15	0.0000	C	-0.152787	-1.70E+16	0.0000
BISTTUM	0.664406	1.48E+16	0.0000	BISTTUM	0.727117	1.54E+16	0.0000
VAKBN				YKBN			
	Katsayı	t- İstatistik	Prob.		Katsayı	t- İstatistik	Prob.
C	-0.061197	-1.01E+16	0.0000	C	-0.249471	-2.23E+16	0.0000
BISTTUM	0.510574	1.60E+16	0.0000	BISTTUM	1.011515	1.71E+16	0.0000

Tablo 16’da görüldüğü üzere banka hisse senetlerine ait sabit parametreler ile piyasa riskini ifade eden BISTTUM katsayılarının tamamı % 5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

BİST Ulusal Tüm endeks getirisindeki %1'lik artış sırasıyla Albank hisse getirisini % 0.431935, Albaraka hisse getirisini % 0.725461, Denizbank hisse getirisini % 3.911621, Garanti Bankası hisse getirisini % 0.584484, Halk Bankası hisse getirisini % 0.635912, ICBC Bankası hisse getirisini % 1.163073, İş Bankası C hisse getirisini % 0.470668, Kalkınma Bankası hisse getirisini % 2.511802, Şekerbank hisse getirisini % 0.664406, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası hisse getirisini % 0.727117, Türkiye Vakıflar Bankası hisse getirisini % 0.510574 ve Yapı ve Kredi Bankası hisse getirisini % 1.011515 artıracaktır. Böylece en yüksek piyasa riski % 3.911621 ile Denizbank'a ait olurken en düşük piyasa riski % 0.431935 ile Akbank'a ait olmuştur.



SONUÇ

Sermaye piyasalarında bankalar, aracılık faaliyetlerinin yanı sıra tamamı olmasa dahi hisse senetleri borsada işlem gören en önemli finansal kurumlardır. Finans sektöründe kullanılan enstürmanların çeşitlenmesi, ulusal ve uluslararası piyasalarda yaşanan dalgalanmalar sonucu gelecekteki bu fiyat belirsizliklerinden en çok etkilenen kuruluşlar da yine bankalar olmaktadır.

Rasyonel bir yatırımcının amacı ise faydasını maksimum yapacak etkin bir portföy oluşturmaktır. Bu doğrultuda varlıkların beklenen getirileri ile riskleri arasındaki ilişkinin analizinde kullanılan Finansal Varlık Fiyatlama Modellerinden yararlanabilmektedir. Finansal Varlık Fiyatlama Modelleri, finansal varlıkların getirileri ile piyasa riski arasındaki ilişkiyi açıklamada parametrik regresyon analizini kullanmakta ve piyasa riskini tahmin etmektedir. En Küçük Kareler Yöntemi ile yapılan bu tahminlerde kurulan modellerin bu yöntemin varsayımlarını yerine getirmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, 12 adet banka hisse senedine ait piyasa riskinin tahmin edilmesinde öncelikle parametrik regresyon modelleri ile Finansal Varlık Fiyatlama Modelleri kurulmuştur. Modellerde BİST Ulusal Tüm endeks getirisi bağımsız değişken, banka hisse senetlerinin getiri değerleri ise bağımlı değişkendir. Parametrik regresyon modelleri ile yapılan tahminler sonucunda modellerin tamamında piyasa riskini ifade eden beta katsayıları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ancak parametrik regresyon modellerinin en temel varsayımı olan hata terimlerinin normal dağılması koşulu kurulan Finansal Varlık Fiyatlama Modellerinin hiçbirinde yerine getirilememiştir. Bunun yanı sıra modellerde hata terimlerinin birbirini izleyen değerleri arasında ilişki olmaması ile hata terimlerinin varyansının sabit olması varsayımları sağlanamamaktadır. Bu durumda piyasa riskinin bulunmasına ilişkin yapılan tahminler eğilimli ve tutarsız olarak elde edilmiştir.

Finansal Varlık Fiyatlama Modellerinde yaşanan bu olumsuzluk nedeniyle parametrik olmayan regresyon modeli kullanılarak yatırımcıların karar alma sürecini etkileyecek piyasa riski tahmin edilmiştir. Parametrik olmayan regresyon modelinde lokal doğrusal en küçük kareler yönteminden faydalanılmıştır. Kernel'in Epanechnikov

fonksiyonu kullanılarak yapılan tahminler sonucunda modellerin tamamında istatistiki olarak anlamlı beta katsayıları elde edilmiştir.

Sonuç olarak, parametrik regresyon modelleri ile piyasa riskinin eğilimli ve tutarsız tahmin edilmesi yatırımcıların kararlarını yanlış almalarına sebep olacaktır. Parametrik olmayan yöntemlerle piyasa riskinin tahmininde ise anlamlı modeller ile yatırımcılar etkin portföylerini oluşturabileceklerdir.



KAYNAKÇA

Kitaplar:

AKAGÜN Hakkı Yavuz, “Finansal Varlıkları Fiyatlama Modeli (FVFM) ve Newyork Borsası (NYSE)’de Uygulanması”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Bilim Dalı, İstanbul 2006.

AKÇAY M. Barış, BOLGÜN Evren, **Risk Yönetimi**, 4. Baskı, İstanbul: Scala Yayıncılık, 2009.

AKDOĞAN Umut, “Türkiye’de Bireysel Emeklilik Yatırım Fonları ve Risk Yönetimine İlişkin Bir Model Denemesi”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, Edirne 2011.

AKIN Bora Yılmaz, “Kredi Risk Modellemesi”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Ticaret Üniversitesi Finans Enstitüsü Finans Anabilim Dalı İstanbul, 2017.

AKMAN Vedat, ALKİN Emre, SAVAŞ Tuğrul SAVAŞ, **Bankalarda Risk Yönetimine Giriş**, İstanbul: Çetin Matbaacılık, 2001.

AKMERCAN Taner, “Hanehalkı Tüketim Harcamalarının Parametrik Olmayan Regresyon Yöntemi ile Tahmini: Türkiye Örneği”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, 2016.

ALTUN Erdem, “Riske Maruz Değer ve Türk Bankacılığına Uygulanması”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2002.

AMENC Noel, SOURD Veronique Le, **Portfolio Theory and Performance Analysis**, Wiley: USA, 2003.

APAK Sudi, DEMİREL Engin, **Finansal Yönetim Sermaye Piyasaları Cilt 1**, Papatya Yayıncılık: İstanbul, 1. Baskı, 2009.

ASLAN Efsane, “Riske Maruz Değere Dayalı Risk Yönetimi ve Ticari Bankalar Üzerine Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı İşletme Programı, İzmir, 2014.

ATAN Murat, “Risk Yönetimi ve Türk Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, Ankara, 2002.

AYAN Ebubekir, “Türkiye’de Bankacılık Risklerinin Yönetiminde Basel-II Uzlaşması ve Faiz ile Kur Risklerine İlişkin Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli, 2007.

AYDIN Dursun, “Semiparametrik Regresyon Modellemede Splayn Düzeltme Yaklaşımı ile Tahmin ve Çıkarımlar”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, Kasım 2015.

AYGÜL Özkan, “Basel II Normlarına Göre Döviz Kuru Riskinin Hesaplanmasında Parametrik Riske Maruz Değer Yöntemi ile Standart Yöntemin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Finansal Piyasalar ve Yatırım Yönetimi, İstanbul, 2008.

BABUŞÇU Şenol, **Basel II Düzenlemeleri Çerçevesinde Bankalarda Risk Yönetimi**, Ankara: Akademi Consulting & Training, 2005.

BAKIRHAN İdris, “Parametrik Olmayan Regresyonda Düzeltme Teknikleri”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, 2012.

BAN Ünsal, ERCAN Metin Kamil, **Finansal Yönetim**, Ankara: Gazi Kitabevi, 2005.

BDDK Yönetmelik, **Bankaların İç Denetim ve Risk Yönetimi Sistemleri Hakkında Yönetmelik** 08.02.2001 tarih ve 24312 Sayılı Resmi Gazete.

BOLAK Mehmet, **Risk ve Yönetimi**, 1. Baskı, Birsen Yayınevi: İstanbul, 2004.

BROW Stephen J., ELTON Edwin J., GRUBER Martin J., **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**, Ninth Edition, 2014.

CANDAN Hasan, ÖZÜN Alper, **Bankalarda Risk Yönetimi ve Basel II**, 2.Baskı, İstanbul: İş Bankası Kültür Yayınları, 2006.

CEYLAN Ali, KORKMAZ Turhan, **Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi**, 5. Baskı, Bursa: Ekin Kitabevi, 2010.

COYLE Brian, **Introduction to Currency Risk: Currency Risk Management**, United Kingdom: Financial World Publishing, 2000.

ÇOLAK Ömer Faruk, ÖÇAL Tezer, **Finansal Sistem ve Bankaları**, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 1999.

DOWD Kevin, **Beyond Value at Risk: The New Science of Risk Management**, UK, John Wiley& Sons Ltd., 1998.

ESER Özgür, “Piyasa Riski Ölçümü Olarak Riske Maruz Değer ve Hisse Senedi Portföyleri İçin Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sermaye Piyasaları ve Borsa Anabilim Dalı, İstanbul, 2010.

FOX John, **Nonparametric Simple Regression: Smoothing Scatterplots**, Sage University Paper, 2000.

GREEN P.J., SILVERMAN B.W., **Nonparametric Regression And Generalized Linear Models: A Roughness Penalty Approach**, Chapman&Hall/CRC, New York, 1994.

GÖKBEL Serpil A., **Süre Temelli Portföyler ve İMKB’de Uygulanabilirliği**, SPK Yayın No:143, 1. Baskı, Ekim 2003.

GUJARATI Damodar N., **Temel Ekonometri**, 8. Baskı, Literatür Yayıncılık: İstanbul, 2011.

HAGIN Robert, **Modern Portfolio Theory**, New York: The Dow Jones- Irwin Guide, 1979.

HARDLE Wolfgang, **Smoothing Techniques With Implementation in S**, Springer-Verlag, 1991.

HARDLE Wolfgang, LINTON Oliver, **Applied Nonparametric Methods**, Cowles Foundation Discussion Paper 1069, 1994.

HARDLE Wolfgang, **Applied Nonparametric Regression**, Cambridge University Press, 1994.

HEPSAĞ Aycan, “Parametrik Olmayan Regresyon ve Tahmin Yöntemleri: İMKB’de İşlem Göre Hisse Senetlerine Ait Piyasa Riskinin Tahmini Üzerine Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, İstanbul, 2007.

JORION Philippe, **Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk**, Third Edition, 2007.

KARACAN Ali İhsan, **Bankacılık ve Kriz**, Creative Yayıncılık, 2000.

KARAN Mehmet Baha, **Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi**, 1. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi, 2004.

KAVAL Hasan, **Bankalarda Risk Yönetimi**, Ankara: Yaklaşım Yayınları, 2000.

KAYAHAN Cantürk, “Reel Sektörde Riske Maruz Değer Yöntemi ile Ölçülen Kur Riskine Karşılık Vadeli İşlem Kontratlarının Kullanılması”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007.

KONURALP Gürel, **Sermaye Piyasaları, Analizler, Kuramlar ve Portföy Yönetimi**, İstanbul: Alfa Basım, 2005.

MORGAN J.P., **Risk Metrics Technical Document**, Fourth Edition, New York, 1996.

OCAKCI Hatice Ayşe, “Bankacılıkta Risk Yönetimi ve Kredi Riskinin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlerle İncelenmesi ve Uygulamalar”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2009.

RASMUSSEN Mikkel, **Quantitative Portfolio Optimisation, Asset Allocation and Risk Management**, First Edition, New York: Palgrave Mcmillion, 2003.

SEVİNÇ Erkan, “İMKB-30 Endeksinde Yer Alan Menkul Kıymetlerden Ortalama-Varyans Modeline Göre Optimal Portföy Oluşturulması ve Riske Maruz Değer Yaklaşımıyla Portföy Riskinin Hesaplanması”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Finansman Bilim Dalı, İstanbul 2007.

ŞİMŞEK Kemal Çağatay, **Bankacılıkta Risk ve Risk Ölçüm Yöntemleri**, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007.

TABAKAN Gülin, “Yarı Parametrik Regresyonda Tahmin Metodları”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

TANIK Mehmet, “Finansal Varlıkları Fiyatlama Modeli ve İMKB’de Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2006.

TEZCAN Nuray, “Tahmine Parametrik Olmayan Regresyon Yöntemiyle Yaklaşım”, **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, İstanbul, 2009.

TÜRKER Hülya, “Riske Maruz Değer ve Stres Testi: Global Finansal Kriz Sonrası Etkinliklerinin Değerlendirilmesi”, **Araştırma Raporu**, Temmuz 2009.

ÜNGİR Kerem, “2008-2012 Dönemi Arası Türk Yatırım Fonlarının Portföy Performans Analizi: Bir Uygulama”, **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Haziran 2014.

YATCHEW Adonis, **Semiparametric Regression For The Applied Econometrician**, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

Sürelî Yayınlar:

AKÇAKIR Ömer, DOĞAN Buhari, DEMİR Yusuf, “Elton-Gruber Kısıtlı Markowitz Kuadrik Programlama Modeli ile Portföy Optimizasyonu: BİST 50 Üzerine Bir Uygulama”, **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt:19, Sayı:3, 2014.

ALTAYLIGİL Barış, Portföy Seçimi için Ortalama-Varyans-Çarpıklık Modeli, **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**. Cilt:37, Sayı: 2, 2008.

APAK Sudi, ATAY Erhan, “Bankacılık Sektöründe Operasyonel Riskin Minimize Edilmesi ve Altı Sigma Uygulamaları”, **Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:11, Sayı:1, 2009.

BANK Semra, DAĞLI Hüseyin, “Finansal Varlık Fiyatlandırma Modeli ve Sonrasındaki Gelişmeler”, **Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi**, Cilt:4,Sayı:8, Haziran 2013.

BLACK Fischer, JENSEN Michael C., SCHOLLES Myron, “The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests”, **Studies in the Theory of Capital Markets**, Praeger Publishers Inc., 1972.

BROWN Stephen, GOETZMANN William, LIANG Bing, Christopher SCHWARZ, “Mandatory Disclosure and Operational Risk: Evidence From Hedge Fund Registration”, **Journal of Finance**, Vol:63, 2008.

ÇELİK Sibel, DENİZ AKARIM Yasemin, “Likidite Riski Yönetimi: Panel Veri Analizi ile İMKB Bankacılık Sektörü Üzerine Ampirik Bir Uygulama”, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:13, Sayı:1, 2012.

DARRAT Ali F., LI Bin, PARK Jung Chul, “Consumption-Based CAPM Models: International Evidence”, **Journal of Banking & Finance**, Vol:35, 2011.

DINARDO John, TOBIAS Justin, “Nonparametric Density and Regression Estimation”, **The Journal of Economic Perspectives**, Vol:15, No:4, Autumn 2001.

DOLGUN Burak, OGAN ERDOĞAN Ebru, “Dünyada ve Türkiye’de Kredi Riski Uygulamaları”, **Active Bankacılık ve Finans Dergisi**, No:8, Mayıs-Haziran 2001.

ELTON Edwin J., GRUBER Martin J., Modern Portfolio Theory, 1950 to Date, **Journal of Banking & Finance** 21, 1997.

EREN SARIOĞLU Serra, GÜZELDERE Harun, “Varlık Fiyatlamada Fama-French Üç Faktörlü Model’in Geçerliliği: İMKB Üzerine Bir Araştırma”, **Business and Economic Research Journal**, Vol:3, No:2, 2012.

FAMA Eugene E., MACBETH James D., “Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests”, **The Journal of Politic Economy**, Vol:81, No:3, May-June, 1973.

FAMA Eugene F., FRENCH Kenneth R., “The Cross-Section of Expected Stock Returns”, **The Journal of Finance**, Vol:47, No:2, June 1992.

FAMA Eugene F., FRENCH Kenneth R., “Common Risk Factors In The Returns On The Stocks and Bonds”, **Journal of Finance Economics**, Vol:47, 1993.

FAMA Eugene F., FRENCH Kenneth R., “The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence,” **Journal of Economic Perspectives**, Vol:18, No: 3, 2004.

FAN Jianqing, “Design-Adaptive Nonparametric Regression”, **Journal of the American Statistical Association**, Vol:87, No:420, 1992.

FAN Jianqing, GIJBELS Irene, HU Tien-Chung, HUANG Li-Shan, “A Study Of Variable Bandwidth Selection For Local Polynomial Regression”, **Statistica Sinica**, No:6, 1996.

GALTON Francis, “Family Likeness in Stature”, **Proceedings of Royal Society**, Vol:40, 1886.

GALTON Francis, "Regression Towards Mediocrity in Hereditary Stature", **Journal of Anthropological Institute of Great Britain and Ireland**, Vol:15, 1886.

GIBBONS Michael R., "Multivariate Tests of Financial Models", **Journal of Financial Economics**, Vol:10, 1982.

GÜRSOY Cudi Tuncer, REJEPOVA Gulnara, "Test of Capital Asset Pricing Model in Turkey", **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, Cilt:8, Sayı:1, 2007.

HARDLE Wolfgang, James Stephen MARRON, "Optimal Bandwidth Selection in Nonparametric Regression Function Estimation", **The Annals of Statistics**, Vol:13, No:4, 1985.

HOROWITZ Joel L., "Semiparametric Estimation of a Work-Trip Mode Choice Model", **Journal of Econometrics**, Vol:58, 1993.

KARDİYEN Filiz, "Portföy Optimizasyonunda Ortalama Mutlak Sapma Modeli ve Markowitz Modelinin Kullanımı ve İMKB Verilerine Uygulanması", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt:13, Sayı:2, 2008.

LINTNER John, "Security Prices, Risk, and Maximal Gains From Diversification", **The Journal of Finance**, Vol:20, No:4, 1965.

MAHMUD Syed F., ULLAH Aman, YÜCEL Eray M., "Testing Marshall-Lerner Condition: a Non-Parametric Approach", **Applied Economic Letters**, No:11, 2004.

MARKOWITZ Harry, "Portfolio Selection", **Journal of Finance**, Vol:7, No:1, 1952.

SILVERMAN B.W., "Some Aspects of the Spline Smoothing Approach to Non-Parametric Regression Curve Fitting", **Journal of the Royal Statistical Society**, Vol:47, No:1, 1985.

ULLAH Aman, "Nonparametric Estimation of Econometric Functionals", **Centre for Decision Sciences and Econometrics Technical Reports No. 17**, London, 1987.

İnternet Adresleri:

Anadolu Üniversitesi Yayını, “Portföy Yönetimi”, 2013,
[http://bizdosyalar.nevsehir.edu.tr/2fc91dc0e5a812525a3c3efb1f2d9d00/portfoy-
yonetimi.pdf](http://bizdosyalar.nevsehir.edu.tr/2fc91dc0e5a812525a3c3efb1f2d9d00/portfoy-
yonetimi.pdf) (03.03.2019).

Basel Committee on Banking Supervision, International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework Comprehensive Version, June 2006 <https://www.bis.org/publ/bcbs128.pdf> (08.01.2019).

BDDK, “Operasyonel Riskin Yönetimine İlişkin Rehber”, Sayı: 6827,
https://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/mevzuat_0090.pdf

Mehmet Ayhan ALTINTAŞ, Bankacılıkta Risk ve Sermaye Yönetimi, Ocak 2018,
[https://books.google.com.tr/books?redir_esc=y&hl=tr&id=vXssDwAAQBAJ&q=piyas
a+fiyat+de%C4%9Fi%C5%9Fimleri#v=onepage&q=piyasa%20riski&f=false](https://books.google.com.tr/books?redir_esc=y&hl=tr&id=vXssDwAAQBAJ&q=piyas
a+fiyat+de%C4%9Fi%C5%9Fimleri#v=onepage&q=piyasa%20riski&f=false),
(08.01.2019).

The Prudential Supervision of Netting, Market Risk and Interest Rate Risk,
<https://www.bis.org/publ/bcbs11b.pdf>, (08.01.2019).