

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT PROGRAMI**

**TÜRKİYE’DE VADELİ İŞLEM VE OPSİYON PİYASASI’NIN
ETKİNLİĞİ VE SÖZLEŞMELERİN KARŞILAŞTIRMALI FİYAT
ÖNGÖRÜMLEMESİ**

Taner TAŞ

**Danışman
Prof. Dr. Sibel SELİM**

MANİSA–2016

TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI

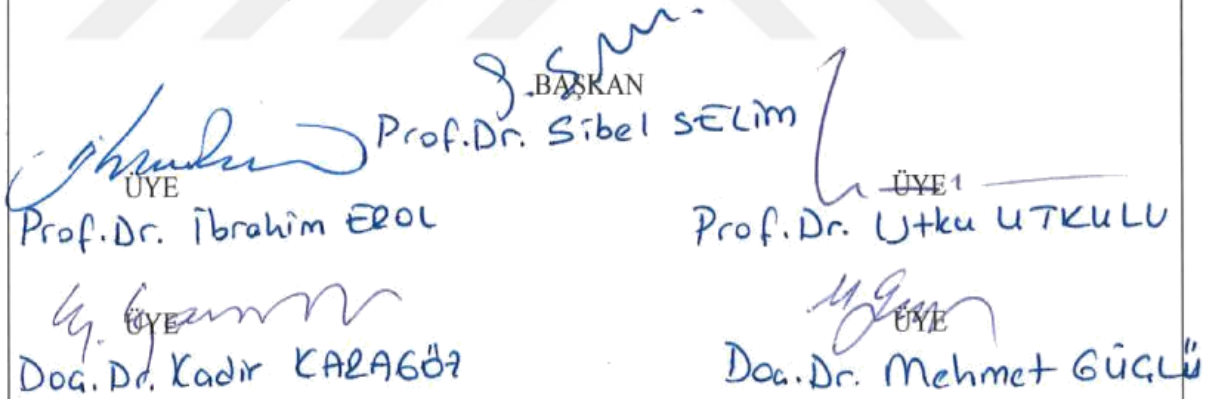
Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 29/12/2016 tarih ve 39/29 sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin 22. Maddesi gereğince Enstitümüz İktisat Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi Taner TAŞ'ın **"Türkiye'de Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası'nın Etkinliği ve Sözleşmelerin Karşılaştırmalı Fiyat Öngörümlemesi"** Konulu tezi incelenmiş ve aday 17/01/2017 tarihinde saat 10.00'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI olduğuna	<input checked="" type="checkbox"/>	OY BİRLİĞİ	<input checked="" type="checkbox"/>
DÜZELTME yapılmasına	* <input type="checkbox"/>	OY ÇOKLUĞU	<input type="checkbox"/>
RED edilmesine	** <input type="checkbox"/>	ile karar verilmiştir.	

* Bu halde adaya 6 ay süre verilir.

** Bu halde adayın tez konusu ve/veya danışmanı değiştirilebilir.


BAŞKAN
Prof. Dr. Sibel SELİM
ÜYE
Prof. Dr. İbrahim EROL
ÜYE 1
Prof. Dr. Utku UTKULU
ÜYE
Doç. Dr. Kadir KARAGÖZ
ÜYE
Doç. Dr. Mehmet GÜÇLÜ

Evet

Hayır

Tez, burs, ödül veya Teşvik programına (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir.

Tez, mutlaka basılmalıdır.

Tez, mevcut haliyle basılmalıdır.

Tez, gözden geçirildikten sonra basılmalıdır.

Tez, basımı gereksizdir.

YEMİN METNİ

Doktora tezi olarak sunduğum ‘‘TÜRKİYE’DE VADELİ İŐLEM VE OPSİYON PİYASASI’NIN ETKİNLİĞİ VE SÖZLEŐMELERİN KARŐILAŐTIRMALI FİYAT ÖNGÖRÜMLEMESİ’’ adlı çalıŐmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı dűőecek bir yardıma baŐvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilen eserlerden oluŐtuđunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmıŐ olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

21.12.2016

Taner TAŞ

ÖZET

TÜRKİYE'DE VADELİ İŞLEM VE OPSİYON PİYASASI'NIN ETKİNLİĞİ VE SÖZLEŞMELERİN KARŞILAŞTIRMALI FİYAT ÖNGÖRÜMLEMESİ

Finansal piyasalarda oluşan belirsizliğin ve riskin giderilmesi amacıyla geliştirilmiş olan türev piyasalarda, piyasaya duyulan güven, piyasa işlevselliğinin en önemli belirleyicisidir. Piyasaların güvenilirliği ise, doğru bilginin piyasaya dahil olan tüm unsurlara aynı anda ulaşmasını takiben alınan doğru kararlar ile yakından ilgilidir. Bu durum ancak piyasaların etkin olarak işlemesi durumunda gerçekleşebilmektedir. Eğer piyasa etkin değilse, piyasadaki mevcut tüm bilgilerin finansal varlıkların fiyatlarına tam ve doğru olarak yansımaması nedeniyle geçmiş dönem fiyat hareketlerinden yararlanarak gelecek döneme ilişkin öngörümleme yapmak mümkün olmaktadır. Etkin olmayan piyasalarda işlem gören finansal varlıkların gelecekte alacakları değerlerin öngörülenmesi ise karar alma birimlerinin ilgilendiği konuların başında gelmektedir. Çünkü risk yönetimi ve geleceğe dönük fiyat oluşumu gibi iki temel fonksiyonu bulunan türev piyasalarda işlem gören sözleşmelerin gelecekte oluşacak fiyatlarının dolayısıyla oynaklığının öngörülenmesi hem ülke ekonomisi hem de piyasa yatırımcıları açısından çok önemlidir.

Bu çalışmada öncelikle, Türkiye'de faaliyet gösteren Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası'nın etkinliği; Genişletilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) doğrusal birim kök testleri ve Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) doğrusal olmayan birim kök testi uygulanarak sınanmıştır. Uygulanan tüm birim kök testleri sonucunda serilerin birim kök içermediğine yani rassal yürüyüş sergilemediğine karar verilmiş, böylece piyasanın etkin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ardından, zayıf formda etkin olmadığı belirlenen Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası'nda işlem gören TL/Dolar ve Bist-30 sözleşmelerinin gün sonu uzlaşma fiyatının öngörülenmesinde en yüksek performansı gösteren yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Borsa İstanbul A.Ş.'den temin edilen ve 04.02.2005 – 31.12.2015 tarihleri arasında kapsayan verilere, tek değişkenli zaman serisi yöntemi olan Box-Jenkins (ARMA – Otoregresif

Hareketli Ortalama), otoregresif koşullu değişen varyans modelleri (ARCH, GARCH, EGARCH...) ve son olarak finansal verilere ilişkin uygulamaları her geçen gün artan yapay sinir ağları yöntemi uygulanmıştır. Zaman serileri analizi yöntemlerinin ürettiği öngörü sonuçları; farklı mimariler, katman sayıları, katmanlardaki hücre sayıları, aktivasyon fonksiyonları ve öğrenme yöntemleri denenerek elde edilen ve en yüksek performansı gösteren yapay sinir ağı modeli sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre, TL/Dolar sözleşme serisi için RBF-1-B-L yapay sinir ağı modeli, ARMA(4,4) ve ARCH(1) modeline kıyasla daha yüksek öngörü performansı göstermiştir. Bist-30 sözleşme serisi için ise TDNN-1-B-L yapay sinir ağı modeli, ARMA(4,5) ve ARCH(1) modeline kıyasla daha yüksek öngörü performansı gösteren model olmuştur. Ayrıca çalışmada uygulanan Brock, Dechert ve Scheinkman (BDS) doğrusallık testi ile doğrusal olmayan bir yapı sergilediği tespit edilen sözleşme serilerinin gelecek dönem öngörümleme işleminde, hem doğrusal hem de doğrusal olmayan seriler ile çalışabilme özelliği olan yapay sinir ağları modellerinin güçlü alternatif bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Türev Piyasalar, Etkin Piyasalar Hipotezi, Birim Kök Testi, ARIMA Modelleri, ARCH/GARCH Modelleri, Yapay Sinir Ağları

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF TURKISH DERIVATIVES MARKET AND FORECASTING COMPARATIVE PRICES FOR THE CONTRACTS

In derivative markets developed for eliminating uncertainty and risk arising from financial markets, confidence in the market is the most important determinant of market functioning as in others. Market credibility is closely related to the right decisions that are made, after the right information is received by all components of the market. This can only be achieved by effectively processing markets. If the market is not effective, it is possible to make forecasts for the future period using past period price movements since all the information available on the market has not been fully and accurately reflected in the prices of financial assets. Forecasting the future values of financial assets traded in ineffective markets is at the top of the issues that decision-making units are interested in. Because forecasting the future prices of contracts that are traded on derivative markets that have two basic functions such as risk management and future price formation is very important for both the country's economy and market investors.

In this study, firstly, the effectiveness of the Turkish Derivatives Market was tested by applying the Augmented Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) and Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) linear unit root tests and Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) nonlinear unit root test. As a result of all unit root tests, it was concluded that the series did not have unit roots, that is, they did not show random walk, so that the market was not effective. Then, the method that shows the highest performance is tried to be determined when forecasting the end of day settlement price of the TL/Dollar and Bist-30 contracts which is traded in the Derivatives Market . For this purpose, Box-Jenkins (ARMA - Autoregressive Moving Average), autoregressive conditionally heteroscedasticity models (ARCH, GARCH, EGARCH, ...), and finally, artificial neural networks method has been applied to the data which is provided from Borsa Istanbul Inc. and covering the dates between 04.02.2005 and 31.12.2015. The forecasting results produced by the time series analysis methods are compared with the results of the artificial neural network model which has the best

performance by employing different architectures, layer numbers, cell numbers in layers, activation functions and learning methods.

According to the results of analysis, RBF-1-BL artificial neural network model performed better than ARMA (4,4) and ARCH (1) model for TL/Dollar contract series. For the Bist-30 contract series, TDNN-1-B-L artificial neural network model has higher predictive performance than ARMA (4.5) and ARCH (1) models. Brock, Dechert ve Scheinkman (BDS) linearity tests conducted in this study have shown that the contract series are non-linear. Thus, artificial neural network models, which are capable of working with both linear and nonlinear series, are powerful alternative methods in the forecasting of the future period.

Keywords: Derivatives Markets, Efficient Market Hypothesis, Unit Root Test, ARIMA Models, ARCH/GARCH Models, Artificial Neural Networks

TEŐEKKÜR

Çalıőmamın tüm aőamalarında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, üstün bilgi ve deneyimleri ile yoluma ıőık tutan, kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum danışman hocam Prof. Dr. Sibel SELİM'e, bilgi ve tecrübeleri ile lisansüstü öğrenim hayatımda maddi, manevi desteklerini her zaman hissettiğim Prof. Dr. Utku UTKULU ve Prof. Dr. İbrahim EROL'a, 2015-175 nolu proje ile bu çalışmanın en önemli maddi destekçisi olan Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine, teőekkür ederim.

Taner TAŞ

MANİSA - 2016

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
TABLolar LİSTESİ	xvi
EKLER LİSTESİ	xviii
GİRİŞ	19
BİRİNCİ BÖLÜM	24
TÜREV PİYASALAR ve TEMEL KAVRAMLAR	24
1.1 Spot ve Türev Piyasa Ayrımı	24
1.2 Türev Ürünlerin Tarihçesi ve Ortaya Çıkış Nedenleri	24
1.3 Türev Piyasaların Olumlu ve Olumsuz Yanları	29
1.4 Türev Ürünlerin Kullanım Amacı	29
1.4.1 Riskten Korunma (Hedging) Amaçlı.....	30
1.4.2 Spekülatif (Yatırım) Amaçlı.....	31
1.4.3 Arbitraj Amaçlı.....	31
1.5 Türev Ürünlerin Taşıdığı Riskler	32
1.6 Türev Piyasalarda Fiyat Oluşumu	33
1.6.1 Taşıma Maliyeti Modeli.....	33
1.6.2 Beklentiler Modeli.....	34
1.7 Türev Ürün Çeşitleri.....	35
1.7.1 Forward Sözleşmeleri (Alivre İşlem Sözleşmeleri).....	35
1.8.1.1 Forward Sözleşmelerin Özellikleri.....	36
1.8.1.2 Forward Sözleşme Türleri.....	36
1.8.2 Futures Sözleşmeleri (Vadeli İşlem Sözleşmeleri).....	37
1.8.2.1 Vadeli İşlem Sözleşmeleri ile İlgili Bazı Temel Kavramlar.....	37
1.8.2.2 Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Özellikleri.....	39
1.8.2.3 Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Türleri.....	41

1.8.3	Opsiyon Sözleşmeleri.....	43
1.8.3.1	Opsiyon ile İlgili Temel Kavramlar.....	43
1.8.3.2	Opsiyon Sözleşme Çeşitleri.....	44
1.8.3.3	Opsiyon Fiyatını Etkileyen Faktörler.....	46
1.8.3.4	Opsiyon Primlerinin Duyarlılığını Ölçen Göstergeler (Greekler).....	47
1.8.3.5	Opsiyon Sözleşmeleri ile Vadeli İşlem Sözleşmeleri Arasındaki Farklar	48
1.8.4	Swap Sözleşmeleri (Takas Sözleşmeleri).....	49
1.8.4.1	Swap Sözleşme Türleri.....	49
1.8.4.2	Swap Sözleşmelerinin Faydaları ve Zararları.....	50
İKİNCİ BÖLÜM		51
TÜREV PİYASALARDA ETKİNLİK ve ETKİNLİK HİPOTEZİ.....		51
2.1	Piyasa Etkinliği Kavramı ve Etkin Piyasalar Hipotezi	51
2.2	Piyasa Etkinlik Türleri	53
2.2.1	Zayıf Formda Piyasa Etkinliği.....	54
2.2.2	Yarı Güçlü Formda Piyasa Etkinliği.....	55
2.2.3	Güçlü Formda Piyasa Etkinliği.....	56
2.3	Piyasa Etkinliğini Test Etmek İçin Kullanılan Modeller	57
2.3.1	Beklenen Getiriler ve Adil Oyun Modeli.....	57
2.3.2	Submartingale Modeli.....	58
2.3.3	Rassal Yürüyüş Modeli.....	59
2.4	Literatürdeki Zayıf Formda Etkinlik Çalışmaları	60
2.5	Getiri Serilerinin Zayıf Formda Etkinliğinin Test Edilmesi	64
2.5.1	Veri Seti ve Değişkenler.....	64
2.5.3	Doğrusallık Sınaması.....	64
2.5.2	Durağanlık (Birim Kök) Sınaması.....	66
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM		72

YAPAY SİNİR AĞLARI ve ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ	72
3.1 Zaman Serilerinin Tanımı ve Özellikleri.....	72
3.1.1 Zaman Serilerinin Bileşenleri.....	72
3.1.2 İç Bağımlılık.....	74
3.1.3 Stokastik Süreç Olma Özelliği.....	74
3.1.4 Zaman Serisi Analizinde Kullanılan Araçlar.....	75
3.1.5 Finansal Zaman Serilerinin Özellikleri ve Oynaklık Kavramı.....	77
3.2 Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA/ARIMA) Modelleri	78
3.2.1 Doğrusal Durağan Modeller.....	78
3.2.1.1 Otoregresif Modeller (AR).....	79
3.2.1.2 Hareketli Ortalama Modelleri (MA).....	79
3.2.1.3 Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli (ARMA)	80
3.2.2 Doğrusal Durağan Olmayan Modeller	81
3.2.3 Box-Jenkins Yaklaşımı	82
3.3 Koşullu Değişen Varyans Modelleri	86
3.3.1 Simetrik Koşullu Değişen Varyans Modelleri	86
3.3.1.1 Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) Modelleri	86
3.3.1.2 Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) Modelleri	88
3.3.1.3 Ortalamada Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH-M) Modeli	89
3.3.1.4 Ortalamada Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH-M) Modeli	90
3.3.1.5 Bütünleşik Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (IGARCH) Modeli	90
3.3.2 Asimetrik Koşullu Değişen Varyans Modelleri	90
3.3.2.1 Üstel Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (EGARCH) Modeli	91

3.3.2.2	Eşik Değerli Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (TARCH) Modeli	92
3.3.2.3	Glosten-Jagannathan-Runkle Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GJRGARCH)	92
3.3.2.4	Asimetrik Etkili Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (APARCH) Modeli	93
3.4	Yapay Sinir Ağları	93
3.4.1	Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri	93
3.4.2	Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	94
3.4.3	Yapay Sinir Hücresi	95
3.4.4	Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması	97
3.4.4.1	Bağlantı Yapılarına Göre Yapay Sinir Ağları (Mimari)	98
3.4.4.2	Öğrenme Şekillerine Göre Yapay Sinir Ağları	99
3.4.5	Yapay Sinir Ağlarının Avantajları ve Dezavantajları	101
3.4.6	Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modeli Geliştirmenin Adımları	102
3.4.7	Çalışmada Kullanılan Ağlar	107
3.4.7.1	Çok Katmanlı Algılayıcılar	107
3.4.7.2	Genelleştirilmiş İleri Beslemeli Ağlar	107
3.4.7.3	Modüler Sinir Ağı	107
3.4.7.4	Temel Bileşenler Analizi Ağları	108
3.4.7.5	RBF/GRNN/PNN Ağları	108
3.4.7.6	Zaman Gecikmeli Geri Beslemeli Ağlar:	108
3.4.7.7	Geri Beslemeli Ağlar	109
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM		110
MODELLERİNİN ÖNGÖRÜMLEME PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ		110
4.1	Öngörümleme Performanslarına İlişkin Literatür Değerlendirmesi	110
4.2	Getiri Serilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri	120

4.3	Box-Jenkins Yöntemi ile Öngörümleme	121
4.4	Koşullu Değişen Varyans Yöntemi ile Öngörümleme	122
4.4.1	Koşullu Değişen Varyans Modellerinin Karşılaştırmalı Performans Değerlendirmesi	131
4.5	Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Öngörümleme	132
4.5.1	En Yüksek Performansı Gösteren Veri Setlerinin Belirlenmesi	132
4.5.2	En Yüksek Performansı Gösteren Modellerin Belirlenmesi	136
4.6	Zaman Serisi ve Yapay Sinir Ağları Modellerinin Performanslarının Karşılaştırması ve Örneklem Dışı Öngörümleme	142
	SONUÇ	148
	KAYNAKLAR	153
	EKLER	167

KISALTMALAR

ACF: Otokorelasyon Fonksiyonu

ADF: Augmented Dickey-Fuller

AIC: Akaiki Bilgi Kriteri

APARCH: Asimetrik Etkili Otoregresif Koşullu Değişen Varyans

ARCH : Otoregresif Koşullu Değişen Varyans

ARMA: Otoregresif Hareketli Ortalama

BİST: Borsa İstanbul

CBOT: Chicago Ticaret Odası

CME: Chicago Ticaret Borsası

EGARCH: Üstel Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans

GARCH: Genelleştirilmiş Koşullu Değişen Varyans

GED: Genelleştirilmiş Hata Dağılımı

GFF: Genelleştirilmiş İleri Beslemeli Ağlar

HQIC: Hannan-Quinn Bilgi Kriteri

İMKB: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası

KPSS: Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin

KSS: Kapetanios, Shin ve Snell

MAE: Ortalama Mutlak Hata

MAPE: Ortalama Mutlak Yüzde Hata

MLP: Çok Katmanlı Algılayıcılar

MPE: Ortalama Yüzde Hata

PACF: Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu

PCA: Temel Bileşenler Analizi

PP: Phillips-Perron

RBF: Radyal Tabanlı Fonksiyon

RMSE: Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü

SBIC: Schwartz Bayesian Bilgi Kriteri

SSE: Hata Kareleri Toplamı

TARCH: Eşik Değerli Otoregresif Koşullu Değişen Varyans

TLRN: Zaman Gecikmeli Geri Beslemeli Ağlar

VIOP: Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası

VOB: Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Türev Ürün Çeşitleri	35
Şekil 2: Beyaz Gürültü Süreci.....	69
Şekil 3: Rassal Yürüyüş Süreci	69
Şekil 4: Box-Jenkins Metodolojisi	82
Şekil 5: Yapay Sinir Ağları İşlem Süreci	95
Şekil 6: Yapay Sinir Hücresi.....	95
Şekil 7: İleri Beslemeli Ağ Yapısı	98
Şekil 8: Geri Beslemeli Ağ Yapısı	99
Şekil 9: Danışmanlı Öğrenmenin İşleyişi	100
Şekil 10: Danışmansız Öğrenmenin İşleyişi	101
Şekil 11: Getiri Serilerindeki Oynaklık.....	120
Şekil 12: Rusd İçin Çalışmada Kullanılan Modellerin Örneklem Öngörü Sonuçlarının Grafığı	145
Şekil 13: Rbist30 için Çalışmada Kullanılan Modellerin Örneklem Dışı Öngörü Sonuçlarının Grafığı.....	147

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Başlıca Vadeli İşlem Borsaları	26
Tablo 2: Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası Hissedarları	27
Tablo 3: Borsa İstanbul'da İşlem Gören Türev Ürünler	28
Tablo 4: Futures ve Forward Sözleşmeleri Arasındaki Farklar	40
Tablo 5: BDS Testi Sonuçları	65
Tablo 6: Birim Kök Testi Sonuçları.....	70
Tablo 7: Box-Jenkins Yaklaşımı.....	83
Tablo 8: ACF ve PACF'nin Davranışları.....	84
Tablo 9: Toplama Fonksiyonu Örnekleri.....	96
Tablo 10: Aktivasyon Fonksiyonu Örnekleri.....	97
Tablo 11: Literatürde Yapay Sinir Ağı Kullanılan Çalışmalar	117
Tablo 12: Getiri Serilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	121
Tablo 13: Modelin Öngörü Doğruluklarına İlişkin Veriler.....	122
Tablo 14: Getiri Serisine Uygulanan ARCH-LM Testi Sonuçlar.....	123
Tablo 15: Rusd için ARCH Modellerine Ait Varyans Denklemleri	124
Tablo 16: Rbist30 için ARCH Modellerine Ait Varyans Denklemleri.....	124
Tablo 17: Rusd için GARCH Modellerine Ait Varyans Denklemleri	125
Tablo 18: Rbist30 için GARCH Modellerine Ait Varyans Denklemleri.....	126
Tablo 19: Rusd için EGARCH Modeline Ait Varyans Denklemi	127
Tablo 20: Rbist30 için EGARCH Modeline Ait Varyans Denklemi.....	128
Tablo 21: Rusd için TGARCH Modeline Ait Varyans Denklemi	129
Tablo 22: Rbist30 için TGARCH Modeline Ait Varyans Denklemi.....	129
Tablo 23: Rusd için APARCH Modeline Ait Varyans Denklemi	130
Tablo 24: Rbist30 için APARCH Modeline Ait Varyans Denklemi	130
Tablo 25: Rusd için ARCH-LM Test Sonuçları	131
Tablo 26: Rbist30 için ARCH-LM Test Sonuçları	131
Tablo 27: Rusd için En İyi Öngörü Performansı Gösteren Koşullu Değişen Varyans Modelleri.....	132
Tablo 28: Rbist30 için En İyi Öngörü Performansı Gösteren Koşullu Değişen Varyans Modelleri.....	132
Tablo 29: Rusd için %70-%15-%15 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar	133

Tablo 30: Rbist30 için %70-%15-%15 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar	134
Tablo 31: Rusd için %70-%20-%10 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar	134
Tablo 32: Rbist30 için %70-%20-%10 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar	135
Tablo 33: Rusd için %80-%10-%10 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar	135
Tablo 34: Rbist30 için %80-%10-%10 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar	136
Tablo 35: En Yüksek Performansı Gösteren Veri Setleri	136
Tablo 36: Rusd İçin En iyi Performans Gösteren RBF Modeli (Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı:2)	137
Tablo 37: Rusd İçin En iyi Performans Gösteren RBF Modeli (Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı:3)	138
Tablo 38: Rusd İçin En iyi Performans Gösteren RBF Modeli (Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı:1)	139
Tablo 39: Rbist30 İçin En iyi Performans Gösteren MLPR Modeli.....	140
Tablo 40: Rbist30 İçin En iyi Performans Gösteren TLRN Modeli	141
Tablo 41: Rbist30 İçin En iyi Performans Gösteren TDNN Modeli	142
Tablo 42: Rusd için Çalışmada Kullanılan Modellerin Performans Karşılaştırması	143
Tablo 43: Rbist30 için Çalışmada Kullanılan Modellerin Performans Karşılaştırması	143
Tablo 44: Rusd İçin Çalışmada Kullanılan Modellerin Örneklem Dışı Öngörü Sonuçları	144
Tablo 45: Rbist30 İçin Çalışmada Kullanılan Modellerin Örneklem Dışı Öngörü Sonuçları	146

EKLER LİSTESİ

EK 1:Serilerin Histogramları ve Tanımlayıcı İstatistikleri	167
EK 2:Getiri Serilerinin ARMA (p,q) ile Modellenmesi	168
EK 3: Rusd Getiri Serisinin ARMA(4,4) Modeline Ait Hataların Korelogramı	173
EK 4: Rbist30 Getiri Serisinin ARMA(4,5) Modeline Ait Hataların Korelogramı .	174
EK 5: ARMA(4,4) ve ARMA(4,5) Modellerine İlişkin Öngörü Sonuçları.....	175
EK 6: Rusd Getiri Serisinin ARMA(4,4) Modeline Ait Hataların Karelerinin Korelogramı	176
EK 7:Rbist30 Getiri Serisinin ARMA(4,5) Modeline Ait Hataların Karelerinin Korelogramı	177
EK 8:Rusd Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları.....	178
EK 9: Rbist30 Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları.....	182
EK 10: Rusd için Normal Dağılıma Göre Öngörü Performansı	186
EK 11: Rusd için Student-t Dağılımına Göre Öngörü Performansı.....	186
EK 12:Rusd için GED Dağılımına Göre Öngörü Performansı	187
EK 13:Rbist30 için Normal Dağılıma Göre Öngörü Performansı	187
EK 14:Rbist30 için Student-t Dağılımına Göre Öngörü Performansı	188
EK 15:Rbist30 için GED Dağılımına Göre Öngörü Performansı	188
EK 16:Rusd Getiri Serisi İçin %70-%15-%15 Modele Ait Sonuçlar	189
EK 17:Rbist30 Getiri Serisi İçin %70-%15-%15 Modele Ait Sonuçlar	190
EK 18:Rusd Getiri Serisi İçin %70-%20-%10 Modele Ait Sonuçlar	191
EK 19:Rbist30 Getiri Serisi İçin %70-%20-%10 Modele Ait Sonuçlar	192
EK 20:Rusd Getiri Serisi İçin %80-%10-%10 Modele Ait Sonuçlar	193
EK 21:Rbist30 Getiri Serisi İçin %80-%10-%10 Modele Ait Sonuçlar	194
EK 22:Rusd Getiri Serisi İçin En İyi Performansı Gösteren 3 Model	195
EK 23:Rbist30 Getiri Serisi İçin En İyi Performansı Gösteren 3 Model.....	195

GİRİŞ

İktisadi unsurların başında gelen karar alma birimlerinin, geleceğe dönük olarak aldıkları tüm kararların içerisinde belirsizlik ve risk faktörü bulunmaktadır. Temeli 18.yy'a (Adam Smith – Ulusların Zenginliği) kadar giden belirsizliğin incelenmesi, özellikle son yıllarda modern iktisat teorisinin ilgilendiği konuların başında gelmektedir. Karar alma birimleri, atacağı tüm adımların öncesinde belirsizliğin ve dolayısıyla oynaklığın en düşük seviyede olmasını istemektedir. Risk yönetimi de benzer şekilde son yıllarda önem kazanan bir konu olmasına rağmen başlangıcı 18. yy'a kadar gitmektedir. Gerek uzun gerekse kısa vadeli yatırım kararları söz konusu olduğunda, yatırıma ilişkin iktisadi değişkenlerin geleceğe dönük öngörülerinin en az hata ile gerçekleştirilmesi, yatırımdan elde edilecek fayda açısından hayati önem arz etmektedir.

Belirsizliğin giderilmesi ve risk yönetimi konusunda önemli bir yere sahip olan türev piyasalarda, herhangi bir varlığın bugün belirlenen fiyat ve miktar üzerinden alım satımı yapılmakta ancak teslimat ileri bir tarihte gerçekleşmektedir. Geçmiş çok eskiye dayanan türev piyasalar ve bu piyasalarda işlem gören türev ürünlerin modern finans anlamında gelişimi 1971 yılında BrettonWoods sabit kur sisteminin çökerek yerine dalgalı kur sisteminin kullanılmaya başlanması ile gerçekleştirilmiştir. Bu tarihten itibaren döviz kurlarında ve faiz oranlarında meydana gelen oynaklıklardan en az düzeyde etkilenmek için forward sözleşmeleri (alivre işlem sözleşmeleri), futures sözleşmeleri (vadeli işlem sözleşmeleri), opsiyon sözleşmeleri ve swap sözleşmeleri (takas sözleşmeleri) gibi çeşitli türev ürünler kullanılmaya başlanmıştır.

Risk yönetimi ve geleceğe dönük fiyat oluşumu gibi iki temel fonksiyonu bulunan türev piyasaların, dış ticaret yapan firmaların kur riskini minimum seviyeye indirmesi, piyasa yatırımcılarının portföylerinde çeşitlilik oluşturarak riskin dağıtılmasını sağlaması gibi olumlu yanlarının yanı sıra, kaldıraçlı işlem yapılabilmesi nedeniyle oynaklığın yüksek olduğu dönemlerde oluşan zararların çok büyük olması gibi olumsuz yanları da mevcuttur. Türkiye'de 4 Şubat 2005 yılında Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası (VOB) çatısı altında işlem görmeye başlayan türev ürünler, 3 Mayıs 2013 tarihinden itibaren Borsa İstanbul bünyesinde faaliyet gösteren

Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası (VİOP) ile birleşerek tek platformda işlem görmeye başlamıştır.

Tüm finansal piyasalarda olduğu gibi, türev piyasalar açısından da güvenilirlik kavramı işlevselliği önemli ölçüde etkilemektedir. Piyasaların güvenilirliği de, piyasaya dahil olan tüm unsurların doğru bilgiye aynı anda ulaşabilmeleri ve bunun sonucunda doğru kararlar alabilmelerine bağlıdır ve bu durum ancak piyasaların etkin olarak işlemesi ile gerçekleşebilmektedir. Piyasa etkinliği kavramı, bilgi (enformasyon) etkinliği, kaynak dağılımı etkinliği ve faaliyet etkinliği olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Bir finansal varlığa ait yeni bir bilginin, bu finansal varlığın fiyatına eş zamanlı ve doğru olarak yansımaları yani cari fiyatların tüm bilgiyi içermesi durumunda piyasadan aşırı bir kazanç elde etmek mümkün olmamaktadır. Güvenilirliğinin temel ölçüsü doğru bilgi olan piyasalardaki etkinlik kavramı, işlem gören fiyatların mevcut tüm bilgiyi bünyesinde barındırması sebebiyle fiyat hareketlerinden faydalanarak normalin üzerinde bir getiri sağlanamayacağı varsayımına dayanmaktadır.

Piyasa etkinliği kavramlarından bilgi (fiyatlama) etkinliği kavramı ile ilgili olan Etkin Piyasalar Hipotezi (EPH), Fama (1965) tarafından geliştirilmiş ve o tarihten günümüze kadar geçen sürede iktisadi anlamda ilgi çeken konular arasındaki yerini korumuştur. Hipotezin temelinde yatan, piyasada bulunan tüm bilgilerin finansal varlıkların fiyatlarına tam ve doğru olarak yansımaları olması sebebiyle, herhangi bir yöntem kullanılarak piyasanın normal getirisinden daha fazla bir getiri sağlanamıyor olmasıdır. Çünkü içinde bulunulan an itibarıyla finansal varlıkların fiyatları piyasada mevcut bulunan tüm bilgiyi içinde barındırdığı için finansal bir varlığın fiyatında meydana gelecek değişim yalnızca piyasaya yeni bir bilgi ulaşması ile mümkün olmaktadır.

Fama (1970), bilgi etkinliği olarak da tanımlanabilen ve temel hipotezi, fiyatların piyasaya gelen yeni bilgiler doğrultusunda ve rassal olarak belirlenmesi üzerine kurulu olan piyasa etkinlik türlerini bilgi girişinin çeşidine göre, Zayıf Formda, Yarı Güçlü Formda ve Güçlü Formda Piyasa etkinliği olmak üzere üç gruba ayırmaktadır. Zayıf formda piyasa etkinliğinde, gelecek dönem fiyatlarının geçmiş dönem fiyatları kullanılarak öngörülemediği, yarı güçlü formda piyasa etkinliğinde, kamuya açıklanan tüm bilgilerin finansal varlık fiyatlarına çok hızlı bir

şekilde yansıdığı, güçlü formda piyasa etkinliğinde ise finansal varlık fiyatlarının kamu ile henüz paylaşılmamış özel bilgileri de içerdiği varsayılmaktadır.

Etkin piyasalar hipotezi genel olarak rassal yürüyüş kavramı ile ilişkilendirilmektedir. Bu durumun en önemli nedeni, etkin piyasalar hipotezi gereği rassal olarak oluşan bir bilginin finansal piyasalardaki fiyatlara yansımalarının da aynı şekilde rassal olduğu varsayımıdır. Bu varsayımın arkasında, birbiri ardından gelen fiyat değişimlerinin veya getirilerin birbirinden bağımsız olması ve bu fiyat değişimi veya getirilerin benzer dağılım göstermesi şeklinde rassal yürüyüş hipotezinin temelini oluşturan iki varsayım bulunmaktadır. Çünkü rassal yürüyüş hipotezine göre bugünkü fiyatlar, dün oluşan fiyatlar ile rassal bir etkinin toplamından oluşmaktadır. Rassal Yürüyüş hipotezinin varlığını sınamak için birim kök testleri kullanılmakta ve herhangi bir finansal değişkene ait serinin birim kök içermesi durumunda o değişkenin rassal yürüyüş sergilediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Rassal yürüyüş hipotezini ve dolayısıyla piyasaların zayıf formda etkinliğini sınavabilmek için kullanılan birim kök testlerinde, rassal yürüyüş boş hipotezi durağanlık alternatifine karşı test edilmekte ve birim kökün varlığı durumunda, piyasanın zayıf formda etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Eğer seride birim kök yoksa yani seri $I(0)$ durağan ise geçmiş dönem fiyatlar kullanılarak gelecek dönemdeki fiyatları öngörebilmenin mümkün olabileceği ihtimali kabul edilmekte ve piyasanın zayıf formda etkin olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sebepten çalışmanın ana konusunu teşkil eden Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası'nda işlem gören sözleşmelerin gelecek dönem fiyat öngörümlemesini gerçekleştirmeden önce piyasanın zayıf formda etkinliği test edilecektir. Bunun için, Brock, Dechert ve Scheinkman (BDS) doğrusallık testi ile doğrusal olmayan bir yapı gösterdiği belirlenen serilere, öncelikle Genişletilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) birim kök testleri ve ardından Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) doğrusal olmayan birim kök testi uygulanacaktır.

Zayıf formda etkin olmayan piyasalarda yer alan ekonomik ve finansal değişkenlerin gelecek dönem değerlerinin öngörülünebilmesi için geliştirilen modeller ve bu modellerin gelecek dönem öngörü performanslarının kıyaslandığı çalışmalara ekonomi ve finans literatüründe sıkça karşılaşılmaktadır. Ancak

ekonomik ve finansal zaman serileri kullanılarak oluşturulacak öngörü modelleri, bu alanda çok sayıda bağımlı ve bağımsız değişkenin mevcut olması sebebiyle oldukça karmaşık ve zor bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, serilerin öngörülenmesi işlemi için uygulanacak ilk yöntem Box-Jenkins (1976) modelidir. Bu model, çalışılan serilerin durağan olup olmamasının veya mevsimsel unsur içerip içermemesinin analiz ve öngörü için herhangi bir sorun teşkil etmiyor olması ve kullanım kolaylığı sebebiyle diğer öngörü modellerine kıyasla daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Finansal zaman serilerinin oynaklığının öngörülenmesinde sıkça kullanılan ve Engle (1982) tarafından, Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) modeli olarak ortaya atılan daha sonra Bollerslev (1986) tarafından geliştirilen, genelleştirilmiş ARCH (GARCH) modeli serilerin öngörülenmesi işleminde kullanılan ikinci yöntemdir. Bu çalışmada son olarak kullanılan yöntem, gelişen bilgisayar teknolojisi ile birlikte önemi ve zaman serisi analizi yöntemlerine alternatif olarak kullanımı her geçen gün artan yapay sinir ağları yöntemidir. Bu yöntemin öngörü işleminde kullanılan zaman serisi analizi yöntemlerine nazaran ilk bakışta göze çarpan üstünlüğü hem doğrusal hem de doğrusal olmayan serilerle analiz yapılabilir olmasından kaynaklanmaktadır. Ekonomik ve finansal değişkenlerin büyük bir bölümünün doğrusal olmayan bir yapı sergilediği ve zaman serisi analizi yöntemlerinin önemli bir kısmının ise serilerin doğrusal olduğunu varsayarak analiz yaptığı göz önünde bulundurulursa, yapay sinir ağları yönteminin üstünlüğü daha net olarak anlaşılmaktadır.

Bu çalışmanın literatüre katkısı, Türkiye’de faaliyet gösteren Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası’nın zayıf formda etkinliğinin hem doğrusal hem de doğrusal olmayan birim kök testleri ile sınanması ve sözleşme verilerinin öngörüsü gerçekleştirilirken yapay sinir ağları ve zaman serileri modellerinin karşılaştırılarak en iyi yöntemin belirlenmesidir. Türkiye ekonomisi için Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası’nda işlem gören sözleşmelerin gün sonu uzlaşma fiyatları için üç ayrı yöntemin öngörü performanslarını karşılaştırarak öngörü işleminde en iyi yöntemi ortaya çıkaran bu çalışma, literatürde bulunan ve finansal değişkenlerin gelecek dönem değerini öngören diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Vadeli döviz kuru fiyatının gelecek dönem değerini öngören bir çalışma olan Akdağ (2010)’da yalnızca Box-Jenkins ve yapay sinir ağları yönteminin öngörü performansı karşılaştırılmıştır. Yöntem açısından benzerlik gösteren Kadılar (2009) ise çalışmasında, Box-Jenkins,

ARCH ve yapay sinir ağı yöntemlerinin öngörü performanslarını karşılaştırmış ancak değişken olarak spot döviz kurunu kullanmıştır. Bu çalışma ile zaman serisi analizi yöntemlerine karşı yapay sinir ağı yönteminin öngörü performansı başarısının, zayıf formda etkin olmadığı belirlenen Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası'nda işlem gören TL/Dolar ve Bist-30 endeks sözleşmelerinde de gerçekleşip gerçekleşmediği belirlenerek literatüre katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma başlıca dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, spot ve türev piyasanın ayrımı temelinde türev ürünlerin tanımı, tarihçesi ve ortaya çıkış nedenleri üzerinde durulmuş ve Türkiye'de vadeli işlemler piyasasının gelişimi incelenmiştir. Daha sonra, türev ürünlerin kullanım amaçları, taşıdığı riskler ve türev piyasalarda fiyat oluşumu ele alınmış son olarak da türev ürün çeşitlerine yer verilmiştir.

İkinci bölümde, türev piyasalardaki etkinliği belirleyebilmek için öncelikle etkinlik kavramı, etkin piyasalar hipotezi ve piyasa etkinliği türleri açıklanmıştır. Ardından piyasa etkinliğini test etmede kullanılan modeller tanıtılmış ve zayıf formda etkinlik üzerine yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Son olarak, Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası'nda işlem gören sözleşmeler kullanılarak piyasanın zayıf formda etkinliği test edilmiştir.

Üçüncü bölümde, zaman serilerine ilişkin tanım ve özellikleri ile çalışmada kullanılan zaman serisi yöntemlerinden otoregresif hareketli ortalama (ARMA/ARIMA) modelleri ve Box-Jenkins yaklaşımı, daha sonra koşullu değişen varyans modelleri (ARCH/GARCH) ele alınmış ve ardından yapay sinir ağı ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde öncelikle yapay sinir ağı ve zaman serisi yöntemlerinin birlikte kullanıldığı ve gelecek dönem öngörü işlemleri gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin literatür değerlendirmesine yer verilmiştir. Daha sonra Borsa İstanbul A.Ş'den elde edilen 2005-2015 dönemini kapsayan günlük TL/Dolar ve Bist-30 sözleşme serilerine sırasıyla, Box-Jenkins, Koşullu değişen varyans ve yapay sinir ağı yöntemleri uygulanmış ve öngörü performansları karşılaştırılmıştır. Son olarak en yüksek performansı gösteren yöntem ile örneklem dışı öngörü işlemi gerçekleştirilmiş ve literatürde yer alan benzer çalışmalar ile karşılaştırılarak yorumlamalarda bulunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

TÜREV PİYASALAR ve TEMEL KAVRAMLAR

1.1 Spot ve Türev Piyasa Ayrımı

Spot ve türev piyasa ayrımında en belirleyici unsur, alım satıma konu olan ürüne ilişkin olarak, yükümlülükleri yerine getirme süreleri olmaktadır. Spot piyasalarda, belirli bir miktardaki varlık (mal veya kıymet) ve bu varlığın bedeli olan para, alım satımın yapıldığı gün el değiştirirken, türev piyasalarda ise herhangi bir varlığın bugün belirlenen fiyat ve miktar üzerinden alım satımı yapılmakta ancak teslimat ileri bir tarihte gerçekleşmektedir. Kısacası, türev araçlar, varlıkların sahipliğinin el değiştirmeksizin ticaretine imkan vermektedir (Viop SSS, 2014:8).

Spot piyasalarda işlemlerin alıcı ve satıcı arasında gerçekleşmesine karşın, türev piyasalarda ise alıcı ve satıcının muhatabı takas kurumudur. Bu sayede spot piyasada oluşan tarafların yükümlülüklerini yerine getirmeme riski ortadan kalkmış olur. Çünkü türev piyasalarda alıcı ve satıcının birbirini tanıma zorunluluğu yoktur ve taraflar yalnızca takas kurumuna karşı sorumlu olmaktadır (Kaya, 2010: 4).

1.2 Türev Ürünlerin Tarihçesi ve Ortaya Çıkış Nedenleri

İlk düzenli vadeli işlem borsasının Chicago'da 1848 yılında kurulduğu bilinmesine rağmen ilk vadeli işlemin çok daha eski zamanlarda yapıldığı düşünülmektedir. M.Ö 5. yüzyılda Anadolu'da yaşamış olan bilge Thales astroloji ve matematik bilgisi sayesinde gelecek yılın zeytin rekoltesini öngörmüş ve bu öngörüsü doğrultusunda Milet ve çevresindeki zeytin sıkma atölyeleriyle kullanım haklarını içeren bazı anlaşmalar imzalamıştır. Thales'in öngörüsü gerçekleşip de zeytin rekoltesi yükselince kullanım hakkı kendisinde olan zeytin sıkma atölyelerini başkalarına yüksek fiyatlarla kiraya vererek çok büyük getiriler elde etmiştir (Vobjektif, 2005:52). Thales'in hiçbir yatırım yapmadan sadece zeytin sıkma atölyelerinin riskini üzerine alarak gerçekleştirdiği bu işlem zeytin hasadının opsiyonlu satışlarıdır (Apak ve Uyar, 2011: 9).

Günümüzdeki modern anlamıyla vadeli işlem sözleşmelerinin ise ilk olarak 1697 yılında Japonya'nın Osaka Dojima pirinç piyasasında gerçekleştiği düşünülmektedir. O dönem Japonya'da uygulanan feodal sistemde pirinç üretimleri teminat gösterilerek para yerine geçen sertifikalar çıkartılmıştır. Pirinç fiyatlarındaki

oyunlar ile birlikte sertifikaların da değerinin değişmesi, ilk spekulatörlerin ve ilk vadeli işlem piyasasının doğmasına sebep olmuştur. Ancak zaman içerisinde bu sertifikaların nakit piyasasındaki pirinç fiyatları ile ilişkisi kopmuş ve aşırı spekulatif hale gelmiştir ve Japon hkmetince yasaklanmıştır. Bahsedilen aşırı spekulasyon, bu sertifikaların fiziki pirinç teslimatına izin vermemesinden kaynaklanmaktadır. Daha sonra Japon hkmeti fiziki teslimatın gerçekleşebildiği ancak daha sert düzenlemelerin olduğu şekilde vadeli işlemlerin yapılmasına tekrar izin vermiştir (İMKB, 1995: 402).

1848 yılına gelindiğinde ise Chicago kentindeki tüccarlar bir araya gelerek Chicago Ticaret Odası'nı (Chicago Board of Trade - CBOT) kurmuşlardır. Buna sebep olan gelişmeler ise şu şekildedir. O dönemde Chicago kenti, çeşitli ulaşım imkanlarına sahip olması sebebiyle çevrede yetiştirilen tarım ürünlerinin bölgede depolanıp ticaretinin yapıldığı bir bölge olmuştur. Ancak tarımsal ürünlerin arz ve talebindeki dalgalanmalar sebebiyle fiyatlar belli dönemlerde çok düşük belli dönemlerde ise çok yüksek olmak üzere çeşitli dalgalanmalar göstermiştir. Bundan dolayı ticaret yapanlar bu duruma ilişkin olarak çözümü geleceğe dönük sözleşmeler yapmakta bulmuşlardır. Geleceğe yönelik ilk kayıtlı sözleşme, 13 Mart 1851 yılında 3000 kile mısır zerine Haziran ayı Chicago teslimi olarak yapılmıştır. Ancak, karşılıklı güvenin esas alındığı sözleşmelerde, fiyat değişiminin aleyhine gerçekleştiği tarafın yükümlülüğünü yerine getirmemesi gibi sorunlar gerçekleşince, sözleşmelerin standartlaştırılması ve borsa tarafından belirlenen bir takas kurumunun garantörlüğünde yapılması kararlaştırılmıştır. Böylece bilinen düzenli ilk vadeli işlem borsası çalışmaya başlamıştır (VİOP SSS, 2014: 9).

Modern anlamda türev sözleşmelerinin gelişimi ise 1971 yılında Bretton Woods sabit kur sisteminin yıkılarak yerini dalgalı kur sistemine bırakması ile başlamıştır. Çünkü bu sistem sonrasında para birimleri dolar karşısında dalgalanmaya başlamış ve döviz ve faiz oranlarında meydana gelen dalgalanmalardan korunmak ihtiyaı doğmuştur. Bu amaçla 1972 yılında Chicago Ticaret Borsası (CME) tarafından yedi farklı yabancı para birimini kapsayacak biçimde düzenlenmiş bir vadeli işlem piyasası kurulmuştur. Ardından 1975 yılında faiz oranına dayalı ilk vadeli işlem sözleşmeleri, Chicago Ticaret Odası (CBOT) bünyesinde işlem grmştir. Hisse senetleri endeksine dayalı ilk vadeli işlemleri ise 1982 tarihinde Kansas Ticaret Odası (KCBT) tarafından düzenlenmiş bunu S&P 500

endeksi üzerine vadeli işlemlere başlayan Chicago Ticaret Borsası izlemiştir (İMKB, 2001: 467). Dünyada işlem gören başlıca vadeli işlem borsaları ve dayanak varlıkları Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1: Başlıca Vadeli İşlem Borsaları

Borsa	Merkezi	Dayanak Varlık
Chicago Board of Trade (CBOT)	Chicago, USA	Tahıl, Enerji
Chicago Mercantile Exchange (CME)	Chicago, USA	Çiftlik Hayvanları
New York Mercantile Exchange	New York, USA	Bitki, metal, enerji, değerli metaller
London Metal Exchange (LME)	London, UK	Metal
NYSE Euronext (Euronext)	Paris, France	Tahıl, Bitki
Tokyo Commodity Exchange (TOCOM)	Tokyo, Japan	Bitki, metal, enerji, değerli metaller
Tokyo Grain Exchange (TGE)	Tokyo, Japan	Tahıl, Bitki

Kaynak: <http://www.theoptionsguide.com/futures-exchanges.aspx> (erişim tarihi: 06.09.2015)

Türkiye’de ise türev piyasalarının gelişiminin 23.07.1995 tarih 22352 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsalarının Kuruluş ve Çalışma Esasları Hakkındaki Genel Yönetmelik” ile başladığı görülmektedir. Bu yönetmeliğin ardından, 18.10.1996 tarih ve 22791 sayılı Resmi Gazete’de çıkarılan “İstanbul, Altın Borsası Vadeli İşlemler ve Opsiyon Piyasası Yönetmeliği” ile altın ve dövize dayalı vadeli işlem ve opsiyon sözleşmelerinin alım satımına ilişkin temel ilkeler düzenlenmiştir. Son olarak 29.01.1997 tarih ve 22892 sayılı Resmi Gazete’de çıkarılan “İMKB Vadeli İşlem Piyasası İşlem ve Üyeliğine ilişkin Yönetmelik” ve “İMKB Vadeli İşlem Piyasası Takas Merkezi Üyeliği ve İşlemlerine İlişkin Yönetmelik” ile hisse senedi, faiz getirili menkul kıymetler, endeks ve diğer finansal göstergeler üzerine vadeli işlemlerin yapılmasının yolu açılmıştır (Chambers, 2007).

Bu gelişmelerin ardından Türkiye’deki ilk Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası’nın (VOB) kuruluşu ve faaliyete geçişine ilişkin süreç aşağıdaki şekilde işlemiştir (Kaya, 2010: 77):

- 23 Şubat 2001 tarih ve 24327 sayılı Resmi Gazete’de “Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsaları’nın Kuruluş ve Çalışma Esasları Hakkında Yönetmelik” yayımlanmıştır.

- 19 Ekim 2001’de alınan Bakanlar Kurulu Kararı ile VOB kurulmuştur.
- 04 Temmuz 2002’de VOB, ticaret siciline tescil ettirilmiş ve 9 Temmuz 2002 tarihli Ticaret Sicil Gazetesinde yayınlanmıştır.
- 05 Mart 2004’te Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsasının faaliyetine SPK tarafından izin verilmiştir.
- 27 Mart 2004’te VOB’a ait Borsa Yönetmeliği Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
- 30 Kasım 2004’te VOB’da işlem gören sözleşmeler SPK tarafından onaylanmıştır.
- 26 Ocak 2005’te VOB üyelik ve işlem esasları ile vadeli işlem sözleşmelerine ilişkin genelgeler yürürlüğe girmiştir.
- 04 Şubat 2005’te VOB resmen faaliyete geçmiş ve VOB’da işlemler başlamıştır.

Tablo 2: Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası Hissedarları

Hissedarın Adı	Pay Tutarı (Milyar TL)	Pay Oranı (%)
Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB)	1,500	25
İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB)	1,080	18
İzmir Ticaret Borsası	1,020	17
Yapı ve Kredi Bankası A.Ş	360	6
Akbank T.A.Ş	360	6
Vakıf Yatırım Menkul Değerler A.Ş	360	6
Türkiye Garanti Bankası A.Ş	360	6
İş Yatırım Menkul Değerler A.Ş	360	6
Türkiye Sermaye Piyasası Aracı kuruluşları Birliği	360	6
İMKB Takas ve Saklama Bankası A.Ş	180	3
Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş	60	1

Kaynak: Özdemir, 2011:28

Sermaye Piyasası Kurulu kararı ile kurulmuş olan Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası A.Ş (VOBAŞ) kurulduğu dönem için kamu tüzel kişiliği olmayan ilk ve tek borsa statüsündedir. Kuruluş itibariyle sermayesi 6 Trilyon TL, ödenmiş sermayesi 9 Milyon TL olan ve 11 ayrı kurumun ortak olduğu VOB’un hissedarlarına ait paylar Tablo 2’de görülmektedir.

Borsa İstanbul bünyesinde faaliyet gösteren Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası (VİOP) 21 Aralık 2012 tarihinde kurulmuştur. 5 Nisan 2013 tarihinden sonra endeks opsiyon sözleşmeleri işlem görmeye başlamıştır. 3 Mayıs 2013 tarihinde VOB'un %100 hissedarı olması nedeniyle VOB-VİOP birleşmiştir. Bu tarihten sonra tüm vadeli işlem ve opsiyon sözleşmeleri VİOP bünyesinde tek platformda işlem görmektedir.

Türkiye'de türev ürünlerin kullanımı her geçen gün daha fazla artmaktadır. Tablo 3'de Eylül 2014 itibariyle türev ürünlerin işlem miktarları ve işlem hacimleri görülmektedir. Türkiye'de en fazla işlem hisse endeks vadeli işlem sözleşmelerinde (futures) ardından da döviz vadeli işlem sözleşmelerinde gerçekleşmektedir. Opsiyon piyasaları, vadeli işlem sözleşmelerine kıyasla daha az yaygın olmakla birlikte en fazla işlem hisse endeksleri üzerine, en az işlem ise döviz üzerine yapılmaktadır.

Tablo 3: Borsa İstanbul'da İşlem Gören Türev Ürünler

Vadeli İşlem Pazarları	İşlem Miktarı	İşlem Hacmi	Açık Pozisyon Sayısı Değişimi
Pay Vadeli İşlem Pazarları	12	8,682	4
Endeks Vadeli İşlem Pazarları	122,552	1,232,946,140	8,694
Döviz Vadeli İşlem Pazarları	58,748	129,270,098	8,872
Kıymetli Madenler Vadeli İşlem Pazarları	7,411	3,624,457	4,417
Endeks Opsiyon Pazarları	İşlem Miktarı	İşlem Hacmi	Açık Pozisyon Sayısı Değişimi
Alım (Call) Opsiyonları	34	360,400	2,172
Satım (Put) Opsiyonları	236	2,224,800	3,295
Endeks Opsiyon Pazarları Toplamı	270	2,585,200	5,467
Döviz Opsiyon Pazarları	İşlem Miktarı	İşlem Hacmi	Açık Pozisyon Sayısı Değişimi
Alım (Call) Opsiyonları	5	10,900	23
Satım (Put) Opsiyonları	0	0	2,505
Döviz Opsiyon Pazarları Toplamı	5	10,900	2,582

Kaynak: Türev araçlar risk yönetimi, 2015, 14

1.3 Türev Piyasaların Olumlu ve Olumsuz Yanları

Türev piyasaların olumlu ve olumsuz yanları aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (TSPAKB, 2002:8) :

- Türev piyasalar, özellikle ithalat ve ihracat işlemi yapan firmaların karşılaşmaları muhtemel olan kur riskini en az seviyeye indirmektedir.
- Yeterli sermayeye sahip olmadığı için para ve sermaye piyasalarında yatırım yapamayan küçük yatırımcılar, türev piyasalardaki kaldıraç etkisi sayesinde küçük paralarla büyük yatırımlar yapabilmektedir.
- Türev ürün sözleşmeleri yatırımcıların portföylerinde meydana getirdikleri çeşitlilik sayesinde riskin dağıtılmasını gerçekleştirmektedir.
- Türev piyasalarda yapılan işlemler spot piyasaların likiditesini artırdıkları için paranın piyasalardaki dolaşım hızı artmış olmakta ve bilgilerin fiyatlara etkisi hızlanmaktadır.
- Türev ürün sözleşmelerine ilişkin ödeme vade tarihine kadar yapılmadığından, bu tutar ödeme yapılana kadar farklı alanlarda değerlendirilme imkanına sahip olmaktadır.
- Türev piyasalarda kaldıraçlı işlem yapılabilmesi nedeniyle fiyatların dalgalanma yaşadığı dönemlerde yatırımcıların zararları büyük olabilmektedir.
- Türev ürün sözleşmeleri çok büyük hacimlerde işlem gördüklerinden sözleşmeye konu olan varlıkların spot piyasalardaki fiyatlarını da olumsuz etkileyebilmektedir.
- Bazı sözleşme türlerinde taraflardan birisi riskten korunurken diğer taraf zarar edebilmektedir.

1.4 Türev Ürünlerin Kullanım Amacı

Türev piyasaların iki temel fonksiyonundan ilki risk yönetimi, ikincisi ise geleceğe dönük fiyat oluşumudur. Tarımsal ürünlerin fiyatlarında gelecekte meydana gelebilecek dalgalanmalar karşısında zarar görmemek ihtiyacından doğmuş olan türev piyasaların ilk temel fonksiyonu gelecekte aleyhte meydana gelebilecek fiyat değişimleri karşısında korunmaktır. İkincisi ise, türev piyasalarda yapılan işlemler sayesinde gelecekte oluşacak olan fiyatların belirlenmesidir (VİOP SSS, 2014: 10).

Türev piyasalarda riskten korunmak isteyen yatırımcılar ile riski üstlenmek isteyen yatırımcıların bir araya gelmesi suretiyle, bir dayanak varlığına ilişkin

gelecekte oluşacak olan fiyat üzerinden, bugünden alım satım yapılmaktadır. Bu alım satım işlemi üç ayrı amaç ile yapılmaktadır:

- 1- Riskten korunmak (Hedging) amaçlı
- 2- Spekülatif amaçlı
- 3- Arbitraj amaçlı

1.4.1 Riskten Korunma (Hedging) Amaçlı

Yatırımcıların riskten korunmak için işlem yapmasının amacı, yatırım yapılan ürüne ilişkin gelecekte oluşacak olan fiyatı sabitlemektir. Bu işlem, spot piyasada yapılmış olan alım (satım) işleminden dolayı oluşabilecek fiyat riski sebebiyle, türev piyasalarda satım (alım) işlemi yapılarak, olası fiyat hareketlerinden korunmak şeklinde gerçekleştirilmektedir. Uzun pozisyonlu, kısa pozisyonlu ve çapraz korunma şeklinde olmak üzere üç farklı türü bulunmaktadır (VİOP SSS, 2014).

i) Uzun Pozisyonlu Korunma

Gelecekte yaşanma ihtimali olan fiyat artışları yatırımcının aleyhine bir durum teşkil ediyorsa bu durumda yatırımcının türev piyasalarda uzun pozisyon alması gerekmektedir. Örneğin ithalatçı bir firmanın bugün yapılan ve bir yıl sonra ödenmek üzere 100,000 dolarlık bir ithalat anlaşması olsun. Eğer firma, Vadeli işlem ve opsiyon piyasasında bugünün dolar kurundan 100,000 dolarlık sözleşme satın alarak uzun pozisyona geçerse, bir yıl sonra, anlaşması gereği ödemeyi yapacağı gün döviz kuru artsa da azalsa da, türev ürün sözleşmesini yaptığı günkü kurdan Türk Lirası değerini ödeyip 100,000 doları alacaktır. Bu para ile de ithalatı yaptığı firmaya ödemesini dolar üzerinden kayıpsız şekilde yapabilecektir.

ii) Kısa Pozisyonlu Korunma

Kısa pozisyon olarak korunma ise, işleme konu olan ürünün gelecekte fiyatının düşmesi ihtimaline karşılık satış yapılması olarak gerçekleşmektedir. Gerçekleştirmiş olduğu ihracatın bedelini üç ay sonra tahsil edecek olan bir firma bu duruma örnek olarak gösterilebilir. İhracatçı firmanın karşılaşmak istemediği durum, döviz kurunun değer kaybetmesidir. Çünkü satışını yaptığı malın maliyeti Türk Lirası cinsindedir. Firma Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası'nda işlem gören ve vade

tarihi üç ay sonra olan sözleşmeyi ihracat bedeli kadar satarsa üç ay sonra yine bugünkü karşılığı olan Türk Lirası cinsinden ödeme yapmış olacak ve ihracat ödemesi fiyatını sabitlemiş olacaktır.

iii) Çapraz Korunma

Fiyat riskine maruz kalınan ürün üzerine düzenlenmiş bir türev ürün sözleşmesinin olmaması durumunda çapraz koruma yapılarak riski azaltmak mümkün olabilmektedir. İçerisinde farklı türde hisse senedi bulunan bir portföy için hisse senedi endeksine dayalı sözleşmelerde pozisyon alınması örnek olarak verilebilir. Yani elde tutulan ürünün riskinden korunmak için türev piyasada bu ürüne fiyat korelasyonu bakımından en yakın sözleşme seçilerek pozisyon alınmaktadır.

1.4.2 Spekülatif (Yatırım) Amaçlı

Piyasalarda fiyatların yönünü tahmin ederek pozisyon alan yatırımcılara spekülâtör denir ve bu yatırımcılar fiyatların yönünü doğru tahmin ettikleri düşüncesiyle risk taşımayı kabul etmektedir (Ümit, 1999: 3). Risk taşıma işlemini de şu şekilde gerçekleştirmektedirler: Spekülâtörler eğer bir malın türev piyasalarda işlem gören fiyatının, gelecekte oluşacak olan spot fiyattan daha düşük olduğunu düşünüyorlarsa türev piyasalarda alış yapacak, ancak türev piyasalardaki fiyatının gelecekte oluşacak olan spot fiyattan daha yüksek olduğunu düşünüyorlarsa da satış yapacaklardır. Spekülâtörler aldıkları bu risk sayesinde hem piyasalara likidite sağlamış olacak hem de piyasa istikrarının oluşmasına da katkıda bulunmuş olacaktır. Çünkü spekülâtörlerin piyasaya girmesi ile katılımcıların sayısı sadece korunma amaçlı işlem yapanlarla sınırlı kalmamış olmaktadır. Likiditenin artmasının bir diğer yararı da korunma amaçlı işlem yapmak isteyenler için piyasada sürekli olarak işlem yapacak birilerinin bulunmuş olmasıdır. Kısacası spekülâtörler arz ve talep dengesinin kurulmasında yani fiyatın oluşmasında büyük paya sahiptir.

1.4.3 Arbitraj Amaçlı

En temel haliyle arbitraj, aynı ürünün bir piyasadan düşük fiyata alınıp diğer bir piyasada daha yüksek fiyata satılması işlemidir. Daha açık şekilde ifade edilirse, alım satımı yapılan herhangi bir ekonomik ürünün, aynı anda farklı piyasalarda oluşan fiyat farklılıklarından kar elde etmek için, ürünün fiyatının ucuz olduğu

piyasadan alınıp pahalı olduğu piyasada satılmasıdır. Arbitraj imkanı iki şekilde ortaya çıkmaktadır. İlki, tanımında da belirtildiği üzere aynı ürünün farklı piyasalarda aynı anda oluşan fiyat farklılıkları, ikincisi ise spot ile vadeli fiyat arasındaki taşıma maliyeti modeline göre olması gereken fiyat ile mevcut fiyat arasında farklılık durumudur (VOB, 2006). İkinci durumda alım satım işlemleri fiyatlar dengeye gelinceye kadar sürmektedir.

1.5 Türev Ürünlerin Taşıdığı Riskler

Türev ürünlerin temel kullanım amacı riskten korunmak olmasına rağmen, türev ürünler de kendi içlerinde bir takım risk unsurları barındırmaktadır. Bu riskler, kredi riski, likidite riski, piyasa riski, operasyon riski ve düzenleme riski olmak üzere beşe ayrılmaktadır (Durmuşkaya, 2011:8).

i) Kredi Riski

Kredi riski, taraflardan herhangi birinin finansal yükümlülüğünü kısmen veya tamamen yerine getirememesi riskidir.

ii) Likidite Riski

Likidite riski, taraflardan herhangi birinin pozisyonunu likidite edememesi veya ters işlem yaparak ortadan kaldıramaması riskidir.

iii) Piyasa Riski

Piyasa riski, piyasadaki arz ve talep koşulları sebebiyle türev aracın dayanak varlığında yaşanan fiyat hareketleri sonrasında maruz kalınabilecek olan zarar riskidir.

iv) Operasyon Riski

Operasyon riski, genellikle organizasyonun akış süreci içerisinde görev alan kişilere veya sistemin çeşitli teknik kısımlarında oluşan hatalara dayalı olan riskler bütünü olduğu gibi, iç kontrollerdeki sorunlar sonucu gözden kaçan hata ve usulsüzlüklerden de kaynaklanabilmektedir. Tüm bunlara ek olarak, doğal afetler, terör gibi durumlardan dolayı oluşan riskler de operasyon riski kapsamında değerlendirilmektedir.

v) **Düzenleme (Yasal) Risk**

Düzenleme riski, iyi hazırlanmamış standart olmayan sözleşmeler nedeniyle veya sözleşmenin mevcut bulunan mevzuatın hükümlerine aykırı olması nedeniyle herhangi bir kamu kurumunun veya piyasayı düzenleyici otoritenin aldığı karar nedeniyle sözleşmenin uygulanamaması sonucu karşılaşılabilecek muhtemel risktir.

1.6 Türev Piyasalarda Fiyat Oluşumu

Türev piyasalarda fiyat oluşumunun açıklanmasında, spot ve vadeli fiyatlar arasındaki ilişkiye dayanan, iki farklı model kullanılmaktadır. Arbitraj imkanının oluşmaması için türev piyasalarda fiyatlar, bu iki modele göre hesaplanan teorik vadeli fiyatlara eşit olması beklenmektedir. Bu modellerden ilki, Taşıma Maliyeti Modeli, ikincisi ise Beklentiler Modeli'dir (VİOP SSS, 2014: 33).

1.6.1 Taşıma Maliyeti Modeli

Taşıma maliyetine modelinde, işlem gören sözleşmeye dayanak olan varlığın spot fiyatı ile teslim gününe kadar olan sürede oluşacak olan taşıma maliyeti kullanılarak vadeli fiyat belirlenmektedir. Bu tanımdan anlaşılacağı üzere, taşıma maliyetinin temelini faiz oranı teşkil etmektedir. Çünkü herhangi bir varlığı elde tutmanın, diğer bir anlamda taşımanın, alternatif maliyeti o varlığa yatırılan paranın faiz getirisi'dir. Ancak bu noktada emtiaya dayalı sözleşmeler ile finansal sözleşmeler arasında taşıma maliyeti bakımından bazı farklar doğmaktadır. Çünkü emtiaya dayalı sözleşmelerde taşıma maliyeti, ilgili sözleşmenin finansman maliyeti, depolama, sigortalama gibi maliyetlerden oluşurken, finansal sözleşmelerde yalnızca finansman maliyeti bulunmaktadır (Korkmaz, Ceylan, 2006: 380).

Bu durumda, finansal vadeli işlem sözleşmeleri için, alım ve satımın olduğu gün, dayanak varlığa ilişkin spot piyasa fiyatı ve o günkü faiz oranı kullanılarak sözleşmeye ilişkin teorik fiyat hesaplanabilmektedir. Gerçekleşen vadeli fiyat ile teorik olarak hesaplanan vadeli fiyat arasında bir fark oluşursa, bu durumda arbitraj imkanı doğmakta ve arbitrajcılar bu farkın kapanmasını sağlamaktadır. Piyasada belirsizliğin olmadığı durumlarda baz, yani vadeli fiyat ile spot fiyat arasında oluşan fark, taşıma maliyetine eşit olmakta ve bu durumda kar sıfır olmaktadır (Chambers, 2007: 25).

Teorik olarak vadeli fiyat, spot fiyat ile taşıma maliyetinin toplamından oluşmaktadır. Bu durum, vadeli fiyatın P_T^f , spot fiyatın P_t^s , taşıma maliyetinin ise C ile gösterildiği denklem (1.1) ile açıklanmaktadır.

$$P_T^f = P_t^s + C \quad (1.1)$$

$$P_T^f = P_t^s + (r - d)P_t^s \quad (1.2)$$

$$P_T^f = P_t^s(1 + r - d) \quad (1.3)$$

Denklem (1.2)'de r , faiz oranını, d ise ilgili varlığı elde tutma süresi boyunca sağlanan brüt getiriyi (temettü vb.) ifade etmektedir. Denklem (1.3)'den anlaşılacağı üzere vadeli fiyat büyük oranda taşıma maliyetine, taşıma maliyeti de faiz oranına bağlı olarak değişmektedir.

1.6.2 Beklentiler Modeli

Beklentiler modelinde, işlem gören sözleşmeye dayanak olan varlığın spot fiyatının teslim gününe kadar ne ölçüde değişeceğine bağlı olarak vadeli fiyat belirlenmektedir. Beklentiler modeline göre, vadeli işlem sözleşmesinin cari alım fiyatı, teslim gününde oluşması beklenen spot fiyata eşit olmaktadır (VOB, 2006).

Beklentiler hipotezi, yatırımcıları riske karşı duyarsız varsaydıkları için vadeli fiyatlar beklenen spot fiyatlardan farklı olmamakta, vadeli fiyatın bugünkü değeri teslim günündeki beklenen spot fiyata eşit olmaktadır. Bu durum denklem (1.4)'de gösterilmektedir (Chambers, 2007:31):

$$P_t^f = E(P_T^s) \quad (1.4)$$

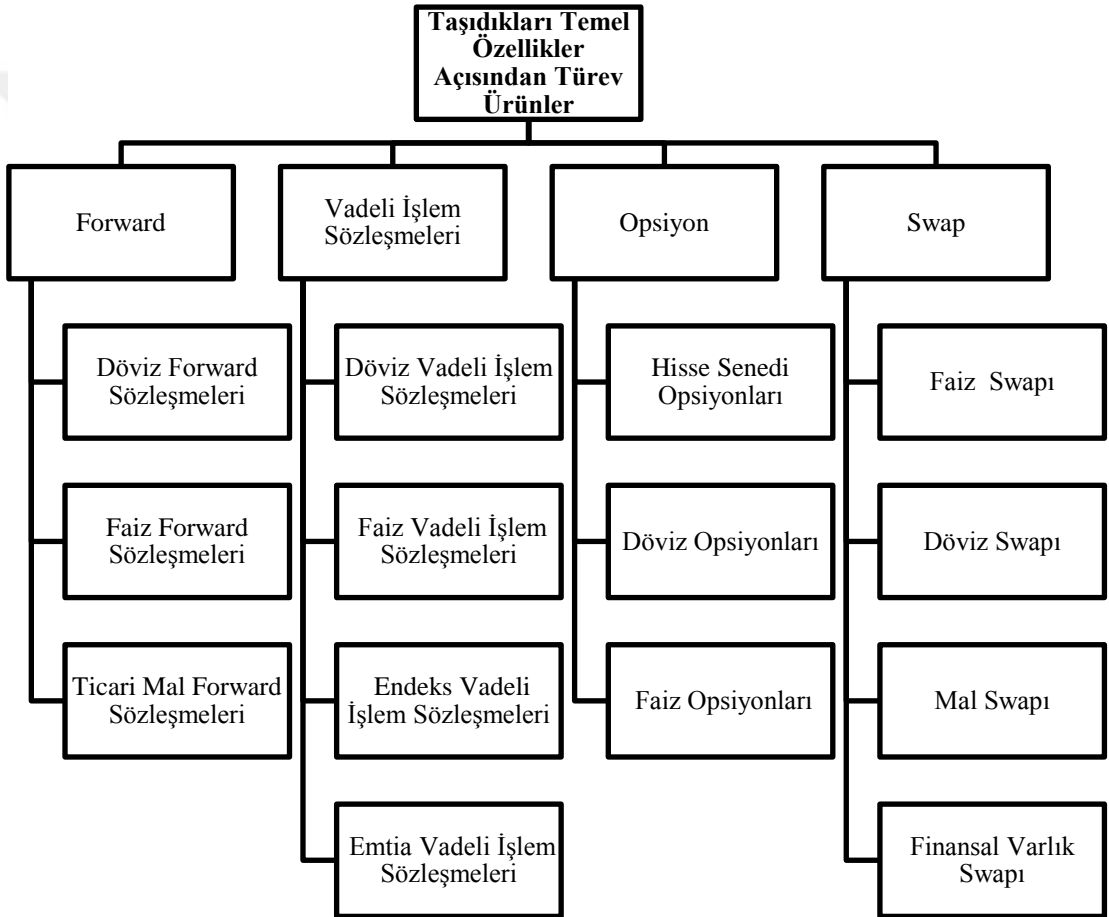
Denklem (1.4)'de P_t^f vadeli sözleşmenin bugünkü değerini, $E(P_T^s)$ ise teslim günündeki beklenen spot fiyatı temsil etmekte ve beklentiler hipotezine göre bu eşitliğin oluşması gerekmektedir. Yani bir vadeli sözleşmeyi satın alan yatırımcı bu sözleşmeyi vade sonuna kadar elinde tutarsa karı sıfır olmaktadır. Ancak türev piyasalarda işlem gören sözleşmelerin vadeli fiyatları genellikle spot fiyatlara göre daha yüksektir ve bu piyasalara da normal piyasalar denilmektedir. Ekonomik kriz, mevsimsel etkiler gibi durumlarda bu durum tersine dönebilmekte yani spot fiyatlar vadeli fiyatlardan daha yüksek olabilmektedir, bu piyasalara da dönmüş (ters) piyasalar denilmektedir.

1.7 Türev Ürün Çeşitleri

Şekil 1'den de görülmekte olduğu üzere, türev ürün çeşitleri dört ayrı başlık altında incelenmektedir:

- Forward Sözleşmeleri (Alivire İşlem Sözleşmeleri)
- Futures Sözleşmeleri (Vadeli İşlem Sözleşmeleri)
- Opsiyon Sözleşmeleri
- Swap Sözleşmeleri (Takas Sözleşmeleri)

Şekil 1: Türev Ürün Çeşitleri



1.7.1 Forward Sözleşmeleri (Alivire İşlem Sözleşmeleri)

Alıcı veya satıcının miktar, kalite, vade ve teslim yeri gibi şartları kendi aralarında belirlediği, belli bir ürünü belli bir tarihte, belli bir fiyattan teslim almasını veya teslim etmesini öngören sözleşmelere forward (alivire) sözleşme denmektedir (VIOP SSS, 2014: 11). Forward sözleşmelerde alım yönlü (uzun) ve satım yönlü (kısa) pozisyon olmak üzere iki çeşit pozisyon alınabilmektedir. Forward piyasaların

temelde iki işlevi bulunmaktadır. İlki gelecekteki döviz kuru, faiz oranı ve ticari malların fiyat değişimlerinden kaynaklanan risklerin ortadan kaldırılması, ikincisi ise spekülasyon amaçlı yatırım yapılabilmesidir (Kocaman, 2004: 125).

1.8.1.1 Forward Sözleşmelerin Özellikleri

Forward sözleşmelerin özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- Forward sözleşmeler tezgahüstü piyasalarda bankalar ile bankalar arasında veya bankalar ile müşterileri arasında yapılan işlemlerdir.
- Forward sözleşmelerinin başlangıcından bitişine kadar geçen süre içerisinde taraflar arasında herhangi bir nakit yükümlülüğü ve nakit akışı olmaz.
- Forward sözleşmeler geleceğe dönük fiyatlar için bilgi vermezler. Çünkü iki taraf arasında yapılan sözleşmeler dışarıya kapalı olarak yapılmaktadır.
- Forward sözleşmeler üçüncü kişilere devredilemedikleri için ikincil piyasaları yoktur.
- Forward sözleşmelerin ayrıntılarını taraflar serbest olarak belirleyebildiklerinden standart sözleşmeler değildir (Durmuşkaya, 2011: 14).

1.8.1.2 Forward Sözleşme Türleri

Forward sözleşme türleri, sözleşmelere konu olan finansal varlıklara göre çeşitlilik göstermektedir. Ancak kullanım ve işlem hacmi bakımından sözleşmeler en çok döviz, faiz ve ticari mallar üzerine düzenlenmektedir.

i) Forward Döviz Sözleşmeleri

Forward döviz sözleşmesi, iki taraf arasında, bugünkü kur düzeyini sabit tutmak kaydıyla yapılan, alım veya satım yükümlülüğü getiren sözleşmelerdir. Daha açık ifadeyle, belirli bir miktardaki döviz, gelecekte belirlenen bir tarihte, belirlenen kurdan satma veya alma mecburiyeti getiren anlaşmalardır. Bu tanımda dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, döviz kurlarının geleceğe yönelik belirsizliğini ortadan kaldıran ve tarafların bu belirsizlikten korunmalarına imkan veren kurun düzeyinin sabitlemesidir (Ceylan, 2008: 113).

ii) Forward Faiz Sözleşmeleri

Forward faiz sözleşmeleri ile forward döviz sözleşmeleri arasında ilişki olarak büyük bir farklılık bulunmamaktadır. Taraflar arasında önceden belirlenmiş

bir faiz oranı üzerinden ve taraflar arasında faiz oranı, anaparası ve vadesi önceden belirlenen sözleşme türüdür. Vade sonunda tarafların belirledikleri faiz oranı ile spot piyasada gerçekleşmiş olan faiz oranı arasındaki fark kadar taraflar birbirine ödeme yaptıklarından dolayı anaparanın el değiştirmesine gerek olmamaktadır (Aydın, 2010:92).

iii) Forward Ticari Mal Sözleşmeleri

Diğer iki sözleşme türüne benzer şekilde, taraflarca belirlenen bir malın yine taraflarca belirlenen bir tarihte ve fiyatta alınmasını ya da satılmasını zorunlu kılan anlaşmalardır. Forward ticari mal sözleşmesinin kullanılmasındaki amaç, gelecekte oluşabilecek fiyat değişiklikleri karşısında alıcı ve satıcıların kendilerini muhtemel zararlardan korumasıdır.

1.8.2 Futures Sözleşmeleri (Vadeli İşlem Sözleşmeleri)

Alım satımı gerçekleştirilen mal veya finansal aracın niteliği, miktarı, süresi ve teslim yeri standart olarak belirlenmiş, ileri bir tarihte fiyat, miktar ve niteliği belirlenmiş olan malı veya finansal aracı (ekonomik veya finansal gösterge, sermaye piyasası aracı, malı, kıymetli madeni veya döviz) alma veya satma yükümlülüğünün yerine getirilme işlemidir. Özet tanımı ile vadeli işlem sözleşmeleri standartlaştırılmış forward sözleşmelerdir. Borsa takas kurumunun garantisi altında olan vadeli işlem sözleşmeleri, vadeli işlem borsalarında işlem görmektedir ve sözleşmelerdeki tek değişken alım satım konu olan fiyat olmaktadır (VIOP SSS, 2014).

Vadeli işlem sözleşmelerindeki işlem hacminin yüksek olmasına sebep olan sözleşmelerdeki miktar ve vadelerin standart oluşu ve sözleşmelerin organize borsalarda işlem görmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu durum aynı zamanda vadeli işlem piyasalarında likiditenin yüksek, fiyat dalgalanmalarının ise düşük olmasına sebep olmaktadır (Durmuşkaya, 2011:17).

1.8.2.1 Vadeli İşlem Sözleşmeleri ile İlgili Bazı Temel Kavramlar

Aşağıdaki alt başlıklarda vadeli işlem sözleşmelerine ilişkin bazı temel kavramlara ilişkin tanımlamalar verilmektedir.

i) Açık Pozisyon

Vadeli işlem piyasalarında herhangi bir sözleşmeyi almış olan yani uzun pozisyonda olan taraf da, satmış olan yani kısa pozisyonda olan taraf da açık pozisyondadır. Uzun ve kısa pozisyon sayısının ayrı ayrı olarak toplanması sonucu açık pozisyon sayısına ulaşılmaktadır.

ii) Uzlaşma Fiyatı

Genellikle gün içinde gerçekleşen işlemlerin ortalama fiyatı olarak belirlenen uzlaşma fiyatı her sözleşme için ayrı olarak belirlenen ve günlük kar, zarar ve teminatların hesaplanmasında kullanılan fiyattır.

iii) Başlangıç Teminatı

Vadeli işlem piyasalarında sözleşme alacak veya satacak olan yatırımcılar, sözleşmelerin belirli bir oranını nakit olarak aracı kuruma yatırmak zorundadır. Asgari seviyesi borsa tarafından belirlenen bu teminata, işlemlerin başında alınmasından dolayı başlangıç teminatı adı verilmektedir. Başlangıç teminatı, borsa tarafından yatırımcıların vade sonunda karlarını realize ederlerken ödeme sorunu ile karşılaşmamaları için alınmaktadır.

iv) Sürdürme Teminatı

Oranı yine borsa tarafından belirlenen ve vadeli işlem sözleşmelerinde oluşan zarar sebebiyle teminatın düşebileceği alt sınıra sürdürme teminatı denir. Çünkü bazı durumlarda gün içerisinde oluşan fiyat hareketleri sebebiyle başlangıç teminatı yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda yatırımcıdan bakiyenin tekrar başlangıç teminatı düzeyine yükseltilmesi istenmektedir. Bu duruma da teminat tamamlama çağrısı (margin call) adı verilmektedir.

v) Taşıma Maliyeti

Bir vadeli işlem sözleşmesinin fiyatı, spot fiyatı ile taşıma maliyetinin toplamından, taşıma maliyeti ise nakit kullanmanın alternatif maliyeti, yani

finansman maliyeti, depolama maliyeti ve sigorta giderlerinin toplamından oluşmaktadır. Taşıma maliyetini belirleyen esas unsur faiz oranıdır. Çünkü sözleşmeyi satın almanın alternatif maliyeti faiz getirisi (Durmuşkaya, 2011:22).

vi) Baz Riski

Vadeli işlem sözleşmelerinin spot fiyatı ile vadeli fiyatı arasındaki farka baz denilmektedir. Fiyatı değiştiren unsurlar sonucu spot fiyat ile vadeli fiyat arasındaki farkın artması veya azalması riskine baz riski denilmektedir (VİOP SSS, 2014: 33).

1.8.2.2 Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Özellikleri

Standart nitelikteki vadeli işlem sözleşmeleri aşağıda yer alan alt başlıklarda sıralanan özelliklere sahiptirler.

i) Organize Borsalar

Vadeli işlem sözleşmelerini forward sözleşmelerinden ayıran en önemli unsur Tablo 4'de de görüldüğü gibi, organize borsalarda işlem görmeleridir. Bu sebepten sözleşmelerin vadelerinden önce el değiştirebilecekleri ikincil piyasaları mevcuttur. Organize edilmiş vadeli işlem borsalarında işlemler, borsaya kayıtlı brokerlar tarafından ve sadece borsaya kote edilmiş olan sözleşmeler için her ülkenin sermaye piyasası otoritesi veya borsanın kendisi tarafından yapılmış olduğu düzenlemeler çerçevesinde gerçekleştirilmektedir (VİOP SSS, 2014).

ii) Takas Merkezi

Vadeli işlem piyasalarının organize borsalar olması ile ilişkili olan bir diğer özelliği de takas sistemine sahip olmalarıdır. Takas merkezinin kuruluş amacı, hem alıcı hem de satıcı açısından tarafların taahhütlerini yerine getirmeme riskini ortadan kaldırmaktır. Bu sayede, alıcı ve satıcı birbirlerini tanımasalar dahi bir vadeli işlem sözleşmesi etrafında bir araya gelebilmektedirler (Hunt ve Kennedy, 2000). Takas merkezi sözleşmelerden doğabilecek riskleri ortadan kaldırmak için, her iki taraftan da sözleşme tutarının belirli bir yüzdesini başlangıç teminatı olarak almaktadır. Ayrıca her günün sonunda oluşan sözleşme fiyatlarına göre, gerekli durumlarda alıcı ve satıcılara teminat dengeleme çağrısı yapmaktadır (Chambers, 2007:12).

iii) Standart Sözleşmeler

Tablo 4'den de görülmekte olduğu üzere, vadeli işlem piyasalarını forward piyasalardan ayıran bir diğer önemli özellik, vadeli işlem sözleşmelerinde sözleşmeye konu olan malın veya finansal varlığın fiyatı, miktarı ve teslim tarihi alıcı ve satıcı tarafından kendi aralarında belirlenmemektedir ve bundan dolayı sadece standart kontratlar kullanılabilir (İMKB, 2010:9).

iv) Devir Hakkı ve Teslimat

Herhangi bir vadeli işlem sözleşmesine sahip olan yatırımcılar istedikleri zaman sözleşmelerini üçüncü kişilere devredebilmektedir. Bu işlemi de satın aldığı sözleşmeyi satarak, yani ters işlem yapıp pozisyonunu kapatarak yapmaktadırlar. Çoğu mal ya da finansal varlığa ait sözleşmelerde vade bitiminde fiziki teslimat yapılmamakta bunun yerine nakit ödeme yapılarak sözleşme sona erdirilmektedir. Vadeli işlem piyasalarında yapılan bu uygulamanın temel amacı borsaların işlem hacimlerini artırmak ve yatırımcılara kolaylık sağlayarak piyasalara olan ilginin artmasını sağlamaktır (İMKB, 2010:11).

Tablo 4: Futures ve Forward Sözleşmeleri Arasındaki Farklar

Forward Sözleşmeleri	Futures Sözleşmeleri
İki taraf arasında gerçekleştirilen özel sözleşmeler oldukları için organize borsalarda işlem görmemektedirler.	Organize borsalarda işlem görmektedirler.
Satıcı belirlenen malı veya finansal ürünü teslim edemeyebileceği gibi alıcı da teslimatı kabul etmeyebilir bu sebepten temerrüt vardır.	Tüm işlemler tarafların birbirini tanımalarını gerektirmeyecek şekilde takas kurumunun garantörlüğü tarafından gerçekleştirilir.
Tarafların ihtiyaçlarına göre düzenledikleri için standart değildirler.	Sözleşmelerin tüm özellikleri standarttır.
Piyasaya katılanlar yapılan diğer forward sözleşmelerinden habersiz oldukları için işlemler şeffaf değildir.	Piyasaya katılanlar yapılan diğer tüm sözleşmeleri anlık olarak izleyebilmektedirler. Bu sebepten tüm işlemler şeffaftır.
Müşteriler arasında, işlem önceliği, teminat oranı vb.gibi bazı farklılıklar oluşturulabilmektedir.	İşlemler verilen emirlerdeki fiyat ve zaman önceliğine göre gerçekleştiği için müşteriler arasında herhangi bir farklılık oluşturulamaz.
Sözleşmelerin vadesi dolmadan önce el değiştirmesi oldukça zordur.	Sözleşmeler vadesi dolana kadar sürekli el değiştirebilirler.
Sözleşmelerden doğacak olan kar ve zarar vade bitiminde ortaya çıkar.	Sözleşmelerden doğan kar veya zarar günlük olarak hesaplanarak yansıtılır.
Günlük olarak oluşabilecek fiyat hareketlerinde sınır yoktur.	Genellikle, oluşan günlük fiyat hareketlerinde sınır vardır.
Teminat yatırılma zorunluluğu yoktur. Risk limitleri kullanılmaktadır.	Teminat yatırılması zorunludur. Kaldıraç etkisi mevcuttur.

Kaynak: VIOP sss syf:12

1.8.2.3 Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Türleri

Vadeli işlem sözleşmeleri dayanak varlıklarına göre çeşitli türlere ayrılmaktadır. Temel olarak bu ayrım finansal vadeli işlem sözleşmeleri ve emtia vadeli işlem sözleşmeleri olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Ayrıca finansal vadeli işlem sözleşmeleri kendi içinde döviz, faiz ve endeks olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

a) Finansal Vadeli İşlem Sözleşmeleri

İkinci dünya savaşının sona ermesinden sonra 1971 yılında imzalanan Bretton Woods anlaşması ile ülkelerin para birimlerinin altın ve dolaylı olarak dolar karşısında sabit olan değeri kaldırılarak sabit kur sistemi terk edilmiştir. Başlangıçta dayanak varlık olarak sadece tarımsal ürünlerin kullanıldığı vadeli işlem sözleşmelerinde bu durum sonucunda ortaya çıkan kur ve faiz riski sebebiyle finansal ürünler de dayanak varlık olarak kullanılmaya başlanmıştır (Bener, 2010: 189).

- Döviz Vadeli İşlem Sözleşmeleri

Uluslararası piyasalarda, sabit kur sisteminin terk edilip bunun yerine dalgalı kur sisteminin kullanılması sonucu döviz kurlarında yaşanan düşüş ve yükseliş sonucu ortaya çıkan riskler geleceğe yönelik bir belirsizlik ortamı oluşturduğu için döviz vadeli işlem sözleşmeleri ortaya çıkmıştır (Özer, 2008:23). En temel tanımı ile döviz vadeli işlem sözleşmeleri, önceden belirlenmiş miktardaki dövizini yine önceden belirlenmiş kur üzerinden alma ya da satma yükümlülüğü getiren sözleşmelerdir. Vadeli işlem sözleşmeleri içerisinde işlem hacmi en yüksek sözleşme, döviz vadeli işlem sözleşmeleridir. Bunun sebepleri arasında, kur riskinden etkilenmek istemeyen ithalatçıların ve ihracatçıların bu sözleşmelere gösterdiği ilgi ilk sırada gelmektedir. Bedeli ileri bir tarihte ödenmek üzere yapılmış olan ithalat anlaşması için döviz vadeli işlem sözleşmesi olarak ve bedeli ileri bir tarihte tahsil edilmek üzere yapılmış olan bir ihracat anlaşması için döviz vadeli işlem sözleşmesi satarak dış ticaret işlemi yapan şirketler kur riskinden korunmaktadır. Bu işlemlerin nasıl yapıldığına ilişkin bilgi uzun ve kısa pozisyonlu korunma konu başlıkları altında verilmiştir.

- Faiz Vadeli İşlem Sözleşmeleri

Mevduat hesabı ya da faiz getirisine sahip menkul kıymetlere dayalı olarak, taraflar tarafından önceden belirlenmiş bir tarih ve faiz oranı üzerinden alınıp satılan vadeli işlem sözleşmelerine faiz vadeli işlem sözleşmesi denilmektedir (Göçgör, 2008:70). Faiz getirili menkul kıymetlerin alım satımında karşılaşılması muhtemel risklerden ilki kredi riskidir. Yani borçlu tarafın faiz ve anapara ödemelerini yapamamasıdır. İkinci risk ise faiz riskidir ki bu da getirisi sabit olan bir menkul kıymetin faiz oranının değişmesi riskidir (Ersan, 1998:50). Faize dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin temel amacı bahsedilen iki riskten korunmaktır. Korunma işleminin yanı sıra yatırımcılar, gelecekte oluşması muhtemel fiyat hareketlerinden faydalanarak kar sağlamak amacıyla faiz vadeli işlem sözleşmesi alıp satmaktadır.

- Endeks Vadeli İşlem Sözleşmeleri

Endeks vadeli işlem sözleşmelerinde önceden belirlenmiş olan gelecekteki bir tarih için sözleşmeye dayanak olan endeksin değerinin bugünden belirlenmesi durumu söz konusudur. Vade tarihi geldiğinde endeksin spot piyasada gerçekleşen değeri ile vadeli işlem sözleşmesinde belirlenmiş olan değeri arasındaki fark sözleşme sahibine kar veya zarar olarak yansımaktadır. Endeks vadeli işlem sözleşmelerinin kullanım amacı, hisse senedi yatırımcılarının kendilerini ekonomideki ve hisse senedi fiyatlarındaki sistematik olmayan risklerden korumak istemeleridir. Bu sözleşmeler yardımıyla hisse senetlerinde oluşabilecek dalgalanmaları kontrol edebilme imkanına sahip olmaktadırlar (Çömlekçi, 201: 65).

b) Emtia Vadeli İşlem Sözleşmeleri

Finansal vadeli işlem sözleşmelerinin de doğmasına sebep olan emtia vadeli işlem sözleşmeleri tarımsal ürünler, enerji, kıymetli madenler ve metaller olmak üzere dört farklı grupta işlem görmektedir (Ayrıçay, 2003:19). Tarımsal ürünlere dayalı vadeli işlem sözleşmeleri hasat zamanında ürünün bol olması veya az olmasına bağlı olarak fiyatlarda meydana gelen değişkenlik ve oluşan zarar durumları sebebiyle türetilmiştir. Pamuk, buğday, un, soya fasulyesi, mısır, pirinç, kakao, kahve gibi tarımsal ürünlerin üzerine düzenlenen vadeli işlem sözleşmeleri

ileri bir tarihte satın alınmak istenen tarımsal ürünün fiyatının bugünden sabitlenmesine yaramaktadır.

Enerji vadeli işlem sözleşmeleri ise petrol, elektrik, doğalgaz gibi enerji maddelerinin fiyatlarında meydana gelen dalgalanmalardan olumsuz yönde etkilenmemek için bugünkü fiyatları gelecekteki bir tarih için sabitlemek amacı ile kullanılmaktadır. Kıymetli maden vadeli işlem sözleşmeleri altın, gümüş, platin gibi madenlerin ileri bir tarih için belirli bir fiyattan alınıp satılmasına imkan veren vadeli işlem sözleşmeleridir. Metal vadeli işlem sözleşmeleri diğerlerine benzer şekilde genellikle sanayide kullanılan demir, çelik, bakır, çinko, alüminyum gibi metallerin diğer vadeli işlem sözleşmelerinde olduğu gibi arz ve talep uyumsuzluğu dönemlerinde gerçekleşen fiyat dalgalanmalarından etkilenmemek için gelecekte belirli bir tarih ve fiyattan alım satımını öngören sözleşmelerdir.

1.8.3 Opsiyon Sözleşmeleri

Opsiyon sözleşmeleri, alıcısına (opsiyon sahibine ya da elinde bulundurana) opsiyona konu mal veya ürün için önceden belirlenmiş bir vadede ve işlem fiyatında (strike price) herhangi bir yükümlülüğe bağlı kalmaksızın alım-satım hakkı veren, satıcısını ise alım-satım işleminde doğan yükümlülüklerini yerine getirmeye zorunlu kılan sözleşmelerdir (Bryan ve Rafferty, 2006: 44).

1.8.3.1 Opsiyon ile İlgili Temel Kavramlar

Opsiyon sözleşmelerinde bilinmesi gereken kavramlar aşağıda listelenmiştir.

- Opsiyon Kullanım Primi: Opsiyon alıcısının, satıcının üstlenmiş olduğu risk karşılığında, alım-satım hakkı elde edebilmek için opsiyon satıcısına ödemekle yükümlü olduğu tutardır. Her opsiyon sözleşmesi için farklı bir prim vardır ve fiyatlar günlük olarak dalgalanmaktadır (Ceylan ve Korkmaz, 2008).
- Opsiyon Kullanım Tarihi: Kullanım tarihi, sözleşmede önceden anlaşılan bir tarih üzerinde opsiyonun işleme konulabileceği, yani opsiyonun geçerlilik tarihine denilmektedir (Chambers,1998:67).
- Opsiyon Kullanım Fiyatı: Alım-satıma konu olan malın opsiyon sözleşmesinde yer alan kalıcı fiyatıdır. Piyasada farklı kullanım fiyatlarında opsiyonlar olmasına karşın, her opsiyon sözleşmesinin işlem fiyatı sabittir ve vade süresinde değişmemektedir.

1.8.3.2 Opsiyon Sözleşme Çeşitleri

Opsiyon sözleşme çeşitleri, kazanılan hakka göre, konularına göre ve son olarak kullanım zamanına göre opsiyonlar olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

a) Kazanılan Hakka Göre Opsiyonlar

Opsiyon sözleşmeleri, sahibine sağladığı haklar itibariyle alım (call) opsiyonu ve satım (sell) opsiyonu olarak iki grupta incelenmektedir (Çömlekçi, 2011: 69).

- Alım (Call) Opsiyonları

Alıcıya opsiyon kullanım tarihi ya da öncesinde, opsiyona konu varlığı sözleşmede yer alan kullanım fiyatı üzerinden satın alma imkanı tanıyan sözleşme tipine alım opsiyonu denmektedir (Chorafas, 2008: 40).

- Satım (Put) Opsiyonları

Alıcıya opsiyon kullanım tarihi ya da öncesinde, opsiyona konu varlığı satıcıya, satıcı lehine doğan prim yükümlülüğünü ödemek kaydıyla, satma imkanı tanıyan sözleşme tipine satım opsiyonu denmektedir (Chorafas, 2008: 40).

b) Konularına Göre Opsiyonlar

Opsiyon sözleşmeleri, dayanak varlığın konusu ile ilgili olarak, hisse senedi opsiyonları, endeks opsiyonları, döviz opsiyonları ve faiz opsiyonları olarak sınıflandırılmaktadır.

- Hisse Senedi Opsiyonları

Opsiyon piyasasının ilk ürünlerinden olan hisse senedi opsiyonunda, sözleşmeye konu dayanak varlık hisse senedi olmaktadır. Bu opsiyon türü, sahibine belirli bir hisse senedini vade sonunda veya vade süresi içinde önceden belirlenmiş olan bir fiyattan alma veya satma hakkı tanımaktadır (Parlakkaya, 2005: 152, Ersan, 1998:112). Hisse senedi yatırımcıları tarafından kar elde etmenin yanı sıra, hisse yatırımlarında doğması muhtemel zarardan korunma amaçlı da kullanılabilir.

- Endeks Opsiyonları

Borsa opsiyonu ya da hisse senedi endeks opsiyonu olarak da bilinen endeks opsiyonu, opsiyona konu olan dayanak varlığın belirli bir hisse senedi portföyünün ya da borsa endeksinin olduğu opsiyon sözleşmeleridir (Chambers (2007: 89).

- Döviz Opsiyonları

Döviz opsiyonu, opsiyon sözleşmesine konu olan dayanak varlığın herhangi bir yabancı para olduğu opsiyon sözleşmesi türüdür. Bu opsiyon türü, yatırımcısına belli bir miktar yabancı para sözleşmesini, önceden belirlenmiş bir kur ve vadede kullanma hakkı vermektedir (Maurice, 1996: 84). Döviz opsiyonları organize olmamış piyasalardaki işlemler de dikkate alındığında en büyük işlem hacmine sahip türev araçtır. Spekülatörler ve döviz kurlarındaki dalgalanmalardan doğması muhtemel kayıpları önlemek açısından riski kontrol etmek isteyen yatırımcılar tarafından kullanılan döviz opsiyonlarında, Amerikan Doları karşısında, Yen, Pound ve Euro yaygın olarak kullanılmaktadır (Tütüncübaşı, 2006: 44, Parlakkaya, 2005: 147).

- Faiz Opsiyonları

Faiz opsiyonu, değişken faize dayalı işlemlerin yaygınlaşması ile birlikte yatırımcı ve spekülatörlerin faizlerdeki dalgalanma neticesinde lehte ve aleyhte doğabilecek sonuçları kontrol altında tutabilmeleri amacıyla faizin opsiyon sözleşmelerine dayanak varlık olarak kullanıldığı sözleşme türüdür.

c) Kullanım Zamanına Göre Opsiyonlar

Opsiyon piyasalarında işlem gören sözleşmeler, sahibinin sözleşmeden doğan haklarını kullanabileceği zaman dilimi açısından, Avrupa tipi opsiyon sözleşmesi ve Amerikan tipi opsiyon sözleşmesi olmak üzere iki farklı tip ile ifade edilmektedir. Avrupa tipi opsiyonlar, opsiyon sahibi tarafından sadece vade sonunda kullanılabilir. Amerikan tipi opsiyonlar ise opsiyon sahibi tarafından opsiyonun yazım tarihi ile vadesi arasında dilendiği tarihte kullanılabilir.

1.8.3.3 Opsiyon Fiyatını Etkileyen Faktörler

Bir opsiyon için yatırım kararı alınmadan önce, alıcı açısından en önemli faktör bu işlemde elde edeceği getiridir. Dolayısıyla opsiyon satın alınması durumunda öncelikle söz konusu dayanak varlığın getirisi, fiyatı etkileyen faktörler göz önünde bulundurularak optimum seviyede tutulmaktadır. Bu noktada; yatırımcının göz önünde bulundurması gereken ve fiyatı etkileyen faktörler hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir.

i) Spot Piyasa Fiyatı

Opsiyonların primi, dayanak varlığın fiyatına bağlı olarak değişmektedir. Bir opsiyon sözleşmesinin alım veya satım işleminde en önemli faktör sözleşmeye konu varlığın spot fiyatıdır. Spot fiyatı ile alım opsiyonunun değeri arasında pozitif, satım opsiyonunun değeri arasında negatif ilişki vardır.

ii) Vadeye Kalan Süre

Opsiyonun fiyatında etkili bir diğer faktör olan vadeye kalan süre uzadıkça fiyattaki oynaklık riski artmakta ve opsiyonun fiyatının artmasına sebep olmaktadır. Vade uzadıkça belirsizlik ve risk artacağından opsiyon satıcısı risk primini fiyatlayacaktır.

iii) Risksiz Faiz Oranı

Bugünkü değer hipotezi gereği risksiz faiz oranlarının artması opsiyonun işlem fiyatını azaltmaktadır. Bu sebepten, işlem fiyatı ve opsiyona konu varlığın fiyatı arasındaki fark artacağından, faiz ile satım opsiyonunun primi arasında ters, alım opsiyonunun primi arasında doğru orantı vardır (VİOP SSS, 2014:52).

iv) Oynaklık (Volatilite)

Volatilitenin artması sonucu, dayanak varlığın satıcısının da riski artmaktadır. Riski artan satıcının, zarar etme ihtimali arttığından dolayı opsiyon değeri de artar. Kısacası, volatilite arttıkça opsiyon değeri artmakta, volatilite azaldıkça opsiyon değeri azalmaktadır (VİOP SSS, 2014:52).

1.8.3.4 Opsiyon Primlerinin Duyarlılığını Ölçen Göstergeler (Greekler)

Opsiyon fiyatının belirleyicilerinin fiyatlar üzerindeki etkisi, opsiyon kullanıcıları açısından önemli bir yer tutmaktadır. Opsiyon fiyatlarındaki söz konusu faktörlerin duyarlılıkları finasta greekler yardımıyla ölçülmektedir. (Haug, 2007: 21).

i) Delta (Δ)

Opsiyon fiyatına etki eden diğer faktörler sabit iken dayanak varlığın fiyatındaki değişimin opsiyon primindeki değişime oranına delta adı verilmektedir. Alım opsiyonlarında daima pozitif, satışta ise negatif olmak üzere -1 ile 1 arasında değer almaktadır (Tekbacak, 2010: 17).

$$\Delta = \frac{\partial V}{\partial S} \quad (1.5)$$

ii) Gamma (Γ)

Deltanın, sözleşmeye konu dayanak varlığın fiyatındaki küçük bir değişmeye olan duyarlılığına gamma adı verilmektedir (Haug, 2007: 38).

$$\Gamma = \frac{\partial \Delta}{\partial S} = \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \quad (1.6)$$

iii) Lambda (λ)

Lambda, deltada olduğu gibi dayanak varlığın fiyatı ile opsiyon primindeki ilişkiyi ölçmektedir. Deltadan ayrıldığı nokta ise, lambda mutlak değil yüzde değişimlerin birbirine oranıdır. Kısacası lambda, opsiyon piyasası için esneklik olarak da adlandırılabilir.

$$\lambda = \frac{\partial V}{\partial S} \times \frac{S}{V} \quad (1.7)$$

iv) Theta (Θ)

Theta, opsiyon fiyatını etkileyen diğer faktörler sabitken, opsiyonun vade sonu yaklaştıkça opsiyon fiyatında meydana getirdiği negatif etkiyi göstermektedir

(Hull, 2002: 309-311). Hem alım hem de satım pozisyonu için, vade süresi ve opsiyon primi arasındaki negatif ilişki dolayısıyla daima negatif değer almaktadır (Ayaz, 2011:79).

$$\Theta = -\frac{\partial V}{\partial T} \quad (1.8)$$

v) Vega (v)

Vega, dayanak varlığın volatilitesindeki değişime karşı opsiyonun duyarlılığını ölçmektedir. Farklı bir ifadeyle vega, standart sapmadaki değişimin opsiyon primindeki etkisini ifade eder (Kurtay, 1997: 59). Vega değerinin büyük olması opsiyon priminin küçük değişimlere karşı hassas, değerinin küçük olması ise katı olduğu anlamına gelmektedir (Hull, 2002: 316).

$$v = \frac{\partial V}{\partial \sigma} \quad (1.9)$$

vi) Rho (ρ)

Rho, opsiyonun faiz oranındaki değişime karşı duyarlılığını ölçmektedir. Risksiz faiz oranında meydana gelen küçük bir değişim sonrasında opsiyon priminde meydana gelen değişimi ifade etmektedir (Haug, 2007: 68-69).

$$\rho = \frac{\partial V}{\partial r} \quad (1.10)$$

1.8.3.5 Opsiyon Sözleşmeleri ile Vadeli İşlem Sözleşmeleri Arasındaki Farklar

Vadeli işlem sözleşmeleri ve opsiyon sözleşmeleri genel hatları ile birbirine benzemekle beraber; opsiyon sözleşmesi, vadeli işlem sözleşmelerinin aksine sahibine yükümlülük de yüklemesi yönüyle ayrıştırmaktadır. Bununla birlikte, vadeli işlem sözleşmeleri organize olmayan piyasalarda işlem görmez iken opsiyon sözleşmeleri tezgahüstü piyasalara da konu olmaktadır. Son olarak, opsiyon sözleşmelerinde vadeye kadar nakit akışı ve ön ödeme, yalnızca satıcı için var iken vadeli işlem sözleşmelerinde hem alıcı hem de satıcı için vardır (İMKB, 2008: 451).

1.8.4 Swap Sözleşmeleri (Takas Sözleşmeleri)

İngilizce kökenli değiştirme ve takas anlamına gelen swap, 1980’li yıllardan itibaren finans piyasalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Kuhn, 1989). Swap ilk olarak 1920’li yıllarda Avusturya Merkez Bankası tarafından kullanılmıştır. 1960’li yıllardan sonra İngiltere’de uygulanmaya başlanılan yabancı para swapı ise organize olmayan piyasa türleri içerisinde en çok tercih edilen sözleşme türüdür.

Swap, tacirlerin ileriki bir dönemdefarklı koşullar içeren ödemelerin takası için taraflar arasında yapılan bir sözleşme türüdür (Brealey vd.,1997:705). Başka bir ifadeyle swap işlemi, tacirlere faiz ve dövizin getirdiği riskleri azaltma fırsatını, belirli bir vadede ödemelerin takası yoluyla veren sözleşme türüdür (Yetim, 1991: 125).

1.8.4.1 Swap Sözleşme Türleri

Finans piyasasında çok fazla swap türü olmasına karşın, swapler başlıca dört ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan türler faiz ve döviz swapıdır.

i) Faiz Swapı

15 yıla kadar vadesi uzanan faiz swapı, sabit faiz ve değişken faizin birbirlerine çevrilmesi yoluyla, faiz ödemelerin değişimini esas alan, borcun niteliğindeki değişim işlemidir (Ceylan vd.,2008:101). Faiz swapı, faizin muhtemel risklerinden kurtulmak ve faizin olası getirileri sonrası borç stoğunu biçimlendirmek adına tercih edilen sözleşme türüdür (Akgün, 1996: 39).

ii) Döviz Swapı

Döviz swapı ya da para swapı, farklı para birimlerinin, önceden belirli bir vadede, sözleşme tarihinde belirlenmiş kur üzerinden başlangıçtaki işlemin tersi vadiyle yapılan sözleşme türüdür. Döviz swapının kullanım amacı, kurdaki oynaklıkların getirdiği riskten arınmak ve uzun vadeli döviz cinsinden borçlanma imkanı sağlamak ve döviz borçlanma sonucu maliyetleri minimize edebilmektir (Chambers, 2007: 132).

iii) Mal Swapı

Mal ya da emtia swapı olarak da bilinen bu sözleşme, tarafların bir miktar mal üzerine belirli bir vadede sabit ve değişken fiyatların değişimine yönelik bir anlaşmadır. Mal swapına konu olan emtialardan bazıları; altın, petrol, bakır, buğday ve mısırdır. Mal swapı, üretici ve tüketicileri mal piyasasındaki volatilitenin getirdiği risklere karşı kısa süreli korunma imkanı sağlamaktadır.

1.8.4.2 Swap Sözleşmelerinin Faydaları ve Zararları

Swap sözleşmeleri, tezgah üstü piyasalarda işlem gören türev ürünlerden en çok tercih edilen sözleşme türüdür. Swap işlemleri, işletmelerin döviz, faiz ve emtia fiyatlarındaki değişimin getirdiği risklere karşın, uzun dönemli risklerden kurtulma, bilanço dışı finansman elde etme ve döviz borçlanmalarında maliyet avantajı elde etme konusunda avantaj sağlamaktadır. Buna karşın, swap işlemlerinde tercih edilen vadede, hacimde ve para biriminde sözleşmeye taraf alıcı ya da satıcının bulunamaması bir handikap olarak nitelendirilmektedir (Çıdamlı 1996: 156-157). Başka bir ifadeyle swap sözleşmeleri, vergi konusunda ve iktisadi yapının getirdiği düzenlemelerden kaçınmak ve düşük maliyetli yabancı kaynak sağlamak açısından avantajlı olmakla birlikte spekülasyonlara da açık bir sözleşme türüdür (Chambers2007: 141–142).

İKİNCİ BÖLÜM

TÜREV PİYASALARDA ETKİNLİK ve ETKİNLİK HİPOTEZİ

2.1 Piyasa Etkinliği Kavramı ve Etkin Piyasalar Hipotezi

Bir varlığın alıcı ve satıcılar arasında değişiminin yapıldığı ortam olan piyasalar, vadeleri bir yıl ve daha kısa süreli menkul kıymetlerin işlem gördüğü para piyasaları ve vadeli bir yıldan uzun olan menkul kıymetlerin işlem gördüğü sermaye piyasaları olarak ikiye ayrılmaktadır (Ceylan ve Korkmaz, 2004: 9-15).

İlk olarak Fama (1965) tarafından ele alınan piyasa etkinliği kavramında, sermaye piyasalarının var oluş amacı, ekonomide bulunan sermaye birikiminin bireyler arasında dağılımını sağlamak şeklinde tanımlanmaktadır. Bundan dolayı piyasada işlem gören fiyatlar kaynak dağılımına veri teşkil etmektedir (Fama, 1970: 383).

Piyasa etkinliği kavramı kendi içerisinde bilgi (enformasyon) etkinliği, kaynak dağılımı etkinliği ve faaliyet etkinliği olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Balaban, 1995: 43). Eğer bir finansal varlığa ait yeni bir bilgi bu finansal varlığın fiyatına eş zamanlı ve doğru olarak yansiyorsa, başka bir deyişle finansal varlığa ait tüm bilgi cari fiyatta bulunuyorsa bu durumda, piyasadan ek bir kazanç elde etmek mümkün değildir. Piyasada bilgi etkinliği, diğer bir adıyla fiyatlama etkinliğinin sağlanamadığı durumlarda, fiyatların manipülasyona açık hale gelmesi sebebiyle haksız kazanç durumları da oluşabilmektedir. Kaynak dağılımı etkinliği, eşit risk seviyesindeki yatırımlara piyasanın aynı getiriye sağlanması üzerine kurulmaktadır. Kaynakların optimum verimliliği üzerine kurulan bu etkinlik türünde kıt kaynakların en verimli olacak şekilde yatırım ve tüketime yönlendirilmesi amaçlanmaktadır. Faaliyet etkinliğinde ise temel amaç, piyasalarda işlem gören finansal varlıkların alım ve satımlarının mümkün olan en düşük maliyetle gerçekleştirilmesi ve bu sayede piyasa etkinliğinin artırılmasıdır.

Çok sayıda rasyonel yatırımcının, kar maksimizasyonu hedefi çerçevesinde birbiriyle rekabet içerisinde olduğu ve fiyatlara etki etmesi muhtemel cari bilgilerin maliyetsiz olarak tüm yatırımcılar tarafından öğrenilebildiği piyasalar etkin olarak tanımlanmaktadır. Ancak herhangi bir piyasaya ilişkin sağlanan etkinlik durumu o

piyasaının kusursuz bir piyasa olduğu anlamına da gelmemektedir. Kusursuz bir sermaye piyasasına ait özellikler aşağıda sıralanmaktadır (Rees, 1990: 256).

- Piyasada vergi, hükümet kısıtlaması vb. gibi herhangi bir işlem maliyeti yoktur.
- Piyasadaki varlıklara ilişkin tüm bilgilere tüm yatırımcılar aynı anda ve maliyetsiz olarak ulaşabilmektedir.
- Hiçbir yatırımcının piyasayı etkileyecek ölçüde büyük paya sahip değildir ve rasyonel davranarak karlarını maksimize etmeyi amaçlayan çok sayıda alıcı ve satıcı bulunmaktadır.
- Son olarak, piyasadaki tüm varlıklar bölünebilir ve pazarlanabilir niteliktedir.

Yukarıda sıralanan özellikler nedeniyle, bir piyasaının etkinliğinin mümkün olan en üst seviyeye ulaşabilmesi için fiyatların rekabete dayalı olarak oluştuğu, bilgiye ulaşım maliyetinin son derece düşük ve hızlı olduğu, ayrıca işlem maliyetlerinin minimum seviyelerde olması gerekmektedir (Bildik, 2000:2).

Piyasa etkinliği kavramlarından bilgi (fiyatlama) etkinliği kavramı ile ilgili olan Etkin Piyasalar Hipotezi (EPH), Fama (1965) tarafından geliştirilmiştir. Hipotezin temelinde yatan, piyasada bulunan bilgilerin finansal varlıkların fiyatlarına tam ve doğru olarak yansımış olmasından dolayı piyasa katılımcılarının herhangi bir model sayesinde piyasaının sağladığı normal getiriden daha yüksek bir getiri sağlayamayacaklarıdır. Başka bir ifadeyle, finansal bir varlığın fiyatında meydana gelecek fiyat değişikliği yalnızca piyasaya yeni bir bilgi ulaşmasıyla mümkün olmaktadır. Çünkü içinde bulunulan an itibariyle finansal varlıkların fiyatları piyasada mevcut olan tüm bilgiyi içinde bulundurmaktadır. Ya da piyasada yeni bir bilgi oluşmuş olsa bile bu bilgi çok hızlı bir şekilde piyasaya ulaşmakta ve finansal varlıkların fiyatlarına etki etmekte bu sayede aşırı karlar oluşmamaktadır (Fama, 1965:39).

Fama (1970), piyasaının yeni bilgilere hızlı uyumu şeklinde yaptığı etkin piyasa tanımını daha sonra finansal varlık fiyatlarının etkin bir piyasada mevcut tüm bilgileri yansıtması şeklinde geliştirmiştir. Etkin piyasalar hipotezi, Rasyonel Beklentiler Hipotezi ile ilişkilendirilmek suretiyle üç farklı varsayıma dayandırılmaktadır (Shleifer, 2000):

- Yatırımcılar piyasada alım satım işlemleri gerçekleştirirken rasyonel davranmaktadır ve bu işlemleri fayda maksimizasyonu çerçevesinde gerçekleştirmektedir.
- Alım satım işlemleri sırasında rasyonel olmayan yatırımcıların davranışları birbirini dışlayacağı için bu durum fiyatların etkilenmemesine sebep olmaktadır.
- Yatırımcılar aynı yönde rasyonel davranışlar gösterebilirler bile bu durumda oluşan yanlış fiyatlamalar, benzer şekilde rasyonel davranan arbitrajcılar tarafından düzeltilmektedir.

2.2 Piyasa Etkinlik Türleri

Etkin piyasa hipotezi, bilgi setinin finansal varlık fiyatlarına yansımaya hızı ve şiddetiyle ilgilenebilir ve piyasa etkinliğine ilişkin incelemeler yapılırken bu bilgi setleri alt kümelerle bölünmektedir. Etkin piyasalar hipotezinin bilgi alt kümeleri aşağıda sıralanmaktadır (Kıyılar, 1997: 16):

- Finansal varlıklara ilişkin geçmiş dönem fiyat bilgileri,
- Piyasada bulunan halka açık tüm bilgiler (sermaye artırım, kar payı, hisse senedi bölünmeleri, faiz oranındaki değişiklikler, ekonomi politikasındaki değişiklikler... v.b)
- Finansal piyasalarda işlem gören şirketlerin özel bilgileri ve borsalardaki tüm bilgiler.

Finansal piyasalarda tam etkinlik için gereken özelliklerin tümü geçerli olmasa da, farklı etkinlik seviyelerinde piyasalarda faaliyetlerine devam etmektedir. Fama (1970), bilgi etkinliği türleri olarak da tanımlanabilen piyasa etkinlik türlerini bilgi girişinin çeşidine göre, Zayıf Formda, Yarı Güçlü Formda ve Güçlü Formda Piyasa Etkinliği olmak üzere üç farklı gruba ayırmaktadır. Bu üç farklı durumun belirlenmesi için uygulanan testlerin arka planında, aşağıda sıralanan üç koşulun test edilmesi gerekmektedir (Adalı, 2006: 14):

- Zayıf formda etkinliğin test edilmesinde kullanılan finansal varlık fiyatlarının rassal olarak değişmesi durumu,
- Yarı güçlü formda etkinliğin test edilmesinde kullanılan, finansal varlık fiyatlarının piyasaya gelen yeni bilgilere hemen ve doğru olarak tepki vermesi durumu,

- Güçlü formda etkinliğin test edilmesinde kullanılan, piyasa kuralları ve alım satım yöntemlerinin aşırı kazanç sağlamayı engellemesi ve profesyonel yatırımcıların aşırı kazanç sağlamasının mümkün olmaması durumu.

Bu koşulların temel hipotezi, etkinlik türü ne olursa olsun fiyatların piyasaya gelen yeni bilgilere göre ve rassal olarak belirlenmekte olduğudur. Özetle, zayıf formda piyasa etkinliği gelecekte oluşacak finansal varlık fiyatlarının geçmişteki fiyatlardan yola çıkılarak öngörülemediğini, yarı güçlü formda piyasa etkinliği, kamu ile paylaşılan bilgilerin finansal varlık fiyatlarına yansımalarının çok hızlı olduğunu, güçlü formda piyasa etkinliği ise finansal varlık fiyatlarına kamu ile henüz paylaşılmamış özel bilgilerin de yansıdığını varsaymaktadır.

2.2.1 Zayıf Formda Piyasa Etkinliği

Zayıf formda etkin bir piyasada finansal varlıklara ait tüm geçmiş dönem bilgilerinin fiyatlara yansımış olduğu kabul edilmektedir (Fama, 1970: 384). Bundan dolayı geçmiş dönem fiyat hareketleri kullanılarak gelecek dönem fiyatlarının öngörüsü gerçekleştirilememektedir. Böylece piyasada aşırı getiriler elde etme durumu da ortadan kalkmakta, tüm piyasa yatırımcıları ortalama karlar elde etmektedir. Zayıf formda etkin olmayan piyasalarda ise, anlatılanların aksine geçmiş dönem fiyat serileri kullanılarak oluşturulan çeşitli modeller ile teknik ve temel analiz yöntemleri sayesinde, normalin üzerinde getiriler elde etmek mümkün olmaktadır.

Zayıf formda etkin piyasa hipotezinin test edilmesi rassal yürüyüş hipotezi temelinde gerçekleştirilmektedir. Çünkü zayıf formda etkin bir piyasada, finansal varlıkların fiyat değişimlerinin bütünüyle rassal ve birbirinden bağımsız olması varsayımı geçerlidir. Daha açık bir ifadeyle, bir piyasanın zayıf formda etkin olup olmadığının belirlenebilmesi için o piyasada rassal yürüyüş hipotezinin test edilmesi gerekmektedir. Eğer piyasanın rassal yürüyüş sergilediği tespit edilirse, bu durum piyasanın zayıf formda etkin bir piyasa olduğunu yani geçmiş dönem fiyat bilgileri kullanılarak gelecek dönem fiyatlarını öngörmenin mümkün olmadığını göstermektedir (Fama, 1965).

Zayıf formda piyasa etkinliği, serisel korelasyon testi, dizi sayılar (run) testi, filtre kuralları ve birim kök testleri gibi testler kullanılarak araştırılmaktadır. Serisel

korelasyon testinde bağımlı ve bağımsız değişken ayırımına gidilerek, değişkenler arasında herhangi bir ilişki olup olmadığı incelenmektedir. Kurulan regresyon modelinde değişkenler arasındaki serisel korelasyonun sıfır veya sıfıra yakın bir değer alması durumunda piyasanın zayıf formda etkin olduğuna karar verilmektedir. Dizi sayılar (run) testinde, finansal varlıklara ait serilerde yer alan verilerin işaretleri kullanılmaktadır. Bu sayede, bağımlılık belirlenirken aşırı değerli fiyat değişimlerinin dezavantajları ortadan kaldırılmaktadır. Fiyat artışlarının pozitif ve azalışlarının negatif işaret olarak kaydedildiği yöntemde, finansal varlık serisinde kaç adet pozitif, negatif ve nötr dönemin gerçekleştiği belirlenerek fiyat hareketlerinin rassallığı ortaya çıkarılmaktadır. Filtre kuralı testinde ise, yatırımcı tercihi dahilinde bir finansal varlığın değeri % x artması durumunda satın alınmakta ve ulaştığı en yüksek seviyeden de aynı oranda düşünce satılmaktadır. Bu işlem tekrar edilerek piyasadan ortalamanın üzerinde bir getiri elde edilebiliyorsa piyasanın zayıf formda etkin olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Son olarak, birim kök testleri kullanılarak, rassal yürüyüş sıfır önsavı durağanlık alternatifine karşı test edilmekte ve birim kökün varlığı durumunda, zayıf formda etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Eğer finansal varlıklara ait serilerde birim kök yoksa yani $I(0)$ durağan ise, geçmiş fiyatlar kullanılarak gelecekteki fiyatları tahmin edebilmenin mümkün olabileceği ihtimali reddedilememekte ve zayıf formda etkinliğin bulunmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

2.2.2 Yarı Güçlü Formda Piyasa Etkinliği

Yarı güçlü formda piyasa etkinliği hipotezi, finansal varlığa ilişkin geçmiş dönem fiyat hareketlerinin yanında, muhasebe raporlarına ait bilgiler, şirketlerin hisse yapıları ile ilgili bilgiler, kar payı dağıtım bilgileri, ekonomiye ilişkin açıklanan bilgiler, politik haberler gibi kamuya açıklanmış kullanılabilir tüm bilgilerin fiyatlara hızla ve tamamen yansıdığını varsaymaktadır. Kısacası yarı güçlü formda etkin piyasalar, kamu ile paylaşılmış tüm bilgilerin kullanılabilir diğer tüm bilgiler ile uyum halinde olduğu piyasalardır (Fama, 1970).

Zayıf formda etkin piyasayı da kapsayan yarı güçlü formda etkin piyasa hipotezinde, bahsi geçen bilgilerin kamu ile paylaşılmadan önce öğrenilmesi ve bu bilgilerin kullanılması durumunda piyasa getirisinin üzerinde bir getiri sağlanabilmektedir. Ancak yeni bir bilgi piyasaya ulaştığı anda piyasanın buna tepki vermesi gerekmektedir ve bu tepkinin şeffaflığı piyasayı o ölçüde yarı güçlü formda etkin yapmaktadır.

Yarı güçlü formda piyasa etkinliğini test etmek için kamu ile paylaşılan bilgiler ile finansal varlıklara ilişkin getiriler incelenmekte eğer sürekli olarak aşırı getiriler elde eden yatırımcılar söz konusu ise bu piyasanın yarı güçlü formda etkin bir piyasa olmadığına karar verilmektedir. Daha ayrıntılı olarak açıklanacak olursa, yarı güçlü formda piyasa etkinliğinin testinde kamu ile paylaşılan tüm bilgilere piyasanın verdiği tepkiler ölçülmektedir. Bu amaçla kullanılan en yaygın yöntem olay çalışması yöntemidir. Herhangi bir bilginin finansal varlığın fiyatında meydana getirdiği değişim ölçülerek bu bilgi öncesinde ve sonrasında finansal varlığa ilişkin performans ortalamaları karşılaştırılmakta ve sonuçlar doğrultusunda piyasanın etkinlik durumuna karar verilmektedir. Eğer herhangi bir finansal varlık ile ilgili olarak yapılan şirket açıklaması varlığın fiyatını etkilemiyorsa o piyasanın yarı güçlü formda etkin olduğu, aynı zamanda da zayıf formda etkin olduğu kabul edilmektedir. Çünkü bir piyasanın yarı güçlü formda etkinliğinin sınanabilmesi için piyasanın öncelikle zayıf formda etkin olması gerekmektedir. Yarı güçlü formda piyasa etkinliğinin ölçülmesinde kullanılan diğer testler ise, hisse senedi bölünmeleri testi, yıllık kazanç duyuruları testi ve aracı kurum önerileri testidir (Karan, 2004: 277).

2.2.3 Güçlü Formda Piyasa Etkinliği

Güçlü formda piyasa etkinliği hipotezinde de, piyasada işlem gören finansal varlık fiyatlarına diğer formlarda olduğu gibi kamu ile paylaşılmış tüm bilgilerin ve ayrıca kamu ile henüz paylaşılmamış, şirketlere ait olan özel bilgilerin de yansımış olduğu varsayılmaktadır (Fama, 1970: 409). Güçlü formda etkinlik, zayıf formda ve yarı güçlü formda etkinlik hipotezini kapsayarak finansal varlık fiyatlarının kamu ile paylaşılan yeni bilgileri kısa sürede ve eksiksiz yansıtması varsayımına ek olarak, tüm bilgilerin sıfır maliyetle herkese aynı anda ulaşabildiği varsayımını da kabul etmektedir. Bundan dolayı, güçlü formda etkin piyasa durumunda piyasada yer alan tüm yatırımcılar, aynı bilgilere aynı anda ve maliyetsiz olarak ulaşabildiğinden özel bilgi diye bir durum söz konusu olmamakta ve manipülasyon vb. uygulamalar ile aşırı kar elde edilememektedir. Çünkü piyasada işlem gören finansal varlık fiyatları tüm geçmiş ve gelecek dönem bilgilerini içermektedir. Bir piyasanın güçlü formda etkin olabilmesi için dört koşulun gerçekleşmesi gerekmektedir (Eken, 2002: 6):

- Finansal varlık fiyatları rassal olarak değişmelidir,
- Finansal varlık fiyatları oluşan yeni bilgilere çok hızlı ve eksik olarak tepki göstermelidir,

- Öngörü modelleri, temel ve teknik analiz gibi alım satımda kullanılan yöntemler normalin üzerinde getiri elde etmede başarısız olmalıdır,
- Bütün profesyonel yatırımcılar fazladan kazanç elde etmemelidir.

Henüz genel kabul görmüş bir yöntem olmamasına rağmen, bir piyasanın güçlü formda etkin olup olmadığını test ederken yarı güçlü form etkinliğinde olduğu gibi, finansal varlık getirilerinin anormal artış veya azalış durumları kontrol edilmektedir. Eğer aşırı kar durumu söz konusu ise bu durum içeriden öğrenenlerin ticaretine (insider trading) işaret etmektedir. Yani finansal varlık fiyatının artmasına veya azalmasına sebep olacak bazı bilgiler, şirketler ile direkt veya dolaylı ilişki içinde olan kişiler tarafından kamu ile paylaşılmadan önce öğrenilmekte ve bu durum lehte kullanılmaktadır. Bu durumda piyasanın güçlü formda etkin olmadığı ortaya çıkmaktadır (Çağlarırnak, 2002: 127). Son olarak, güçlü formda etkin bir piyasanın hem zayıf hem de yarı güçlü formda da etkin bir piyasa olması gerekmektedir. Çünkü bir piyasanın güçlü formda etkin olabilmesi için finansal varlık fiyatlarının bu varlık ile ilgili tüm bilgileri içeriyor olması gerekmektedir.

2.3 Piyasa Etkinliğini Test Etmek İçin Kullanılan Modeller

Piyasa etkinliğinin belirlenmesinde beklenen getiriler ve adil oyun modeli, submartingale ve rassal yürüyüş modeli olmak üzere üç farklı model kullanılmaktadır.

2.3.1 Beklenen Getiriler ve Adil Oyun Modeli

Spot Piyasada, denge fiyatının beklenen getiriye göre belirlendiğine dair bir varsayım vardır. Beklenen getiri modelleri olarak da bilinen 'fair game' modelleri özünde piyasada tüm bilgilere sahip olan yatırımcıların beklentilerinin cari fiyatlara yansımını ifade eden modellerdir. Söz konusu bilgiler, beklentiler odaklı bu modelde beklentilerin fiyatlanması ve varlıkların değerlendirilmesinde temel analiz noktası olmaktadır. Buna ek olarak, bu modelin doğal bir sonucu olarak bilgilerin fiyatlanmış olduğu varsayımı ile yatırımcıların ortalamadan fazla bir kazanç sağlaması ihtimalini ortadan kaldırmaktadır (Fama,1970:384). J 'nin finansal varlıkları ve t 'nin zamanı temsil ettiği modelde, E , beklenen getiriyi, $P_{j,t+1}$, j finansal varlığının $(t+1)$ dönemindeki fiyatını Φ_t , t döneminde fiyatlanacak bilgilerin tümünü, $r_{j,t+1}$, j finansal varlığının $(t+1)$ dönemindeki getirisini, $p_{j,t}$, j finansal varlığının t

dönemindeki fiyatını ifade etmekte ve denklem (2.1)'deki gibi tanımlanmaktadır (Fama,1970:384).

$$E(P_{j,t+1}|\Phi_t) = [1 + E(r_{j,t+1}|\Phi_t)]P_{j,t} \quad (2.1)$$

(2.1) denkleminde $P_{j,t+1}$ ve $r_{j,t+1}$, t zamanındaki rassal değişken olarak kabul görmektedir. Başka bir ifadeyle model; j'inci finansal varlığın Φ_t bilgi kümesini de kapsayan t+1'deki fiyatı, t'deki fiyatın ($P_{j,t}$), Φ_t bilgi kümesini kapsayan bir dönemlik beklenen getirisinin t dönemdeki fiyata etkisi ile ifade edilmektedir.

Beklenen getiri teorilerinden hangisinin uygulandığı önem arz etmeksizin, denge fiyatının belirlenmesinde Φ_t bilgi setinin tam olarak fiyatlara yansımaları, 'Fair Game' modeli varsayımlarındandır. Yani Φ_t bilgi kümesi tamamen $P_{j,t}$ 'de fiyatlanmıştır ve bilgi kümesini kullanan sade bir yatırımcının ortalama üstü bir kazanç elde etmesi olası değildir.

2.3.2 Submartingale Modeli

Herhangi bir piyasanın etkinliğinin sınanması ve hipotezinin test edilmesi piyasaların doğası gereği kaçınılmaz bir durumdur. Bu nedenle test edilme imkanı sağlayan bir hipoteze ihtiyaç duyulmaktadır (Fama,1970:383). Söz konusu hipotezin oluşturulabilmesi için finansal varlık fiyatlarının belirlenmesini içeren modellerin var olması ve uygulanacak olan testlerin varlıkların nasıl fiyatlandığına dair bilgiler veren bir model ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu sayede piyasadaki tüm bilgilerin finansal varlık fiyatlarına tam anlamıyla yansıyor yansımadağı da test edilebilmektedir. Fama (1965)'te, "Fair Game" (Beklenen Getiri) Modelini önererek söz konusu ihtiyacı gidermeye çalışmıştır. Beklenen Getiri Modeli'nin özel iki durumu; Submartingale ve Random Walk (Rassal Yürüyüş) modelleri bu bağlamda teorik olarak önem arz etmektedir.

Fama (1970) yılındaki çalışmasında, t zamanındaki Φ_t bilgi kümesi için modeli;

$$E(P_{j,t+1}|\Phi_t) \geq P_{j,t} \text{ veya } E(r_{j,t+1}|\Phi_t) \geq 0 \quad (2.2)$$

Denklem (2.2)'deki gibi tanımlanmaktadır. Bu modelde j terimi, finansal varlığa ait fiyat dizisi ($P_{j,t+1}$) iken, bilgi dizisi olan (Φ_t) ile ilintili olarak bir submartingale izlemektedir. Başka bir deyişle (Φ_t) bilgi dizisi temelinde belirlen gelecek dönemin fiyatına ait değer, cari dönem fiyatından büyük ya da cari dönem fiyatına eşit

olmaktadır. Diğer bir durum ise yukarıdaki denklemlerin sıfıra eşit olması şeklinde karşımıza çıkmakta ve bu haliyle de fiyatlamanın martingale'i takip ettiği ifade edilmektedir. Martingale'i izleme durumu ise bilgi kümesinin fiyata herhangi bir etki yaratmadığı ve fiyatlamanın rassal yürüyüş özelliği göstererek oluştuğu anlamına gelmektedir (Fama, 1970:386).

2.3.3 Rassal Yürüyüş Modeli

Etkin piyasalar hipotezinin rassal yürüyüş kavramı ile ilişkilendirilmesinin en önemli nedeni, etkin piyasalar hipotezinde yeni bir bilginin oluşmasındaki rassallık, bu bilginin finansal piyasalardaki fiyatlara yansımada da aynı şekilde rassal olduğu varsayımdır. Etkin piyasalar hipotezi çerçevesinde finansal piyasalardaki fiyatların mevcut bilgileri tam olarak yansıtması varsayımının arkasında, rassal yürüyüş hipotezinin temelini oluşturan iki ayrı varsayım daha yer almaktadır. İlki, birbiri ardına gelen fiyat değişimlerinin veya getirilerin birbirinden bağımsız olması, ikincisi de bu fiyat değişimi veya getirilerin benzer dağılım göstermesidir (Fama, 1970, 386).

Etkin piyasalar hipotezine göre finansal piyasalarda fiyatların ilerleyişi, rassal yürüyüş göstermekte yani bir sonraki fiyat hareketinin, tüm bilgiler fiyatlara yansıdığı için bir önceki fiyat hareketinden tamamen bağımsız olması gerekmektedir. Çünkü rassal yürüyüş hipotezine göre bugünkü fiyatlara, dünkü fiyatlar ile rassal bir etkinin toplamı ile ulaşılmaktadır. Rassal Yürüyüş hipotezinin varlığını sınamak için birim kök testleri kullanılmaktadır. Bu durumda herhangi bir finansal değişkene ait seri birim kök içeriyorsa, yani seri durağan değilse o değişkenin rassal yürüyüş sergilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Rassal yürüyüş süreci aşağıdaki denklemler ile açıklanmaktadır:

$$y_t = y_{t-1} + u_t \quad (2.3)$$

$$E(y_t) = E(y_{t-1}) \quad (2.4)$$

$$E(u_t) = 0, E(u_t, u_s) = 0 \text{ ve } t \neq s \quad (2.5)$$

Denklemler incelendiğinde, finansal piyasalardaki fiyatların herhangi bir zaman diliminde artma veya azalma olasılığının önceki fiyat değişimlerinden bağımsız olduğu görülmektedir. Bu durumda piyasa için zayıf formda etkinlik söz

konusu olmakta, tüm bilgiler piyasadaki yatırımcılar tarafından bilinmekte ve fiyatlar rassal olarak belirlenmektedir. Son olarak, rassal yürüyüş hipotezi altında geçmiş dönem fiyat bilgileri kullanılarak fiyatların gelecek dönemde izleyeceği seyir hakkında öngörülerde bulunmak ve aşırı getiri sağlamak mümkün olmamaktadır.

2.4 Literatürdeki Zayıf Formda Etkinlik Çalışmaları

Piyasa etkinlik türlerinden olan yarı güçlü formda, piyasa etkinliği test edilirken kullanılan olay açıklaması yöntemi ele alınmaktadır. Bu yöntem, finansal varlıkların fiyatını değiştirebileceği düşünülen bir bilginin kamuya açıklanmasının öncesinde ve sonrasında oluşan getiri performans ortalamaları karşılaştırılarak normal dışı bir getirinin söz konusu olup olmadığını araştırmaktadır. Ancak bu yöntemdeki finansal varlıkların fiyatını değiştirebileceği düşünülen bilgi değişkeninin şiddetinin ve büyüklüğünün ölçülmesi ve bu değişkeni içeren bir model kurularak geleceğe ilişkin öngörümlemede bulunulması mümkün değildir. Güçlü formda piyasa etkinliğini test ederken, herhangi bir şirketin yeni yatırım kararlarından veya herhangi bir ülkenin uygulamaya koyacağı yeni ekonomi politikasına kadar olan geniş bir ölçekte yer alabilen ve kamuya henüz açıklanmamış olan bir bilgi değişkeni mevcuttur. Bu bilginin dolaylı olarak üçüncü kişiler tarafından elde edilip normalin üzerinde bir getiri elde etmek için kullanılıp kullanılmadığı araştırılmaktadır. Bundan dolayı güçlü formda piyasa etkinliğini test etmek için de literatürde var olan ve henüz kabul görmüş bir yöntem bulunmamaktadır.

Piyasanın yarı güçlü form ve güçlü formda test edilmesine ilişkin olarak bahsedilen güçlüklerden dolayı bu çalışmada, veri temini kolaylığı ve test edilmesi bakımından literatürde kabul görmüş yöntemler bulunan zayıf formda piyasa etkinliği sınanmakta ve bu amaçla da çeşitli birim kök testlerinden yararlanılmaktadır. Bu nedenle çalışmanın bu bölümündeki literatür araştırması, zayıf formda etkinliği birim kök testleri ile sınanan çalışmalara odaklanarak gerçekleştirilmiştir.

Birim kök testleri kullanılarak Türkiye için zayıf formda piyasa etkinliğinin analiz edildiği çalışmalardan, Buguk ve Brorsen (2003), 1992 ve 1999 dönemini kapsayan haftalık veriler ile İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda rassal yürüyüş hipotezini test ederek zayıf formda etkinlik sınavasını birim kök, GPH integrasyon,

LOMAC varyans analizi testlerini kullanarak gerçekleştirmiştir. Birim kök testi sonuçlarına göre rassal yürüyüş hipotezi desteklenmekte ve sonuç olarak İMKB'nin zayıf formda etkin olmadığı ifade edilmektedir.

Zengin ve Kurt (2004), 1987 ve 2002 dönemlerine ait İstanbul Menkul Kıymetler Borsası verileriyle gerçekleştirdikleri zayıf formda etkinlik çalışmasında, kullandıkları ADF ve Perron birim kök testi sonuçlarına göre İMKB'nin zayıf formda etkin olduğu sonucuna ulaşmaktadır.

Taş ve Dursunoğlu (2005), İMKB 30 endeksi içerisinde işlem görmekte olan şirketlerin hisselerinin günlük fiyatlarını kullanarak elde ettikleri getiri serileri ile 1995 ile 2004 yılları arasını kapsayan verilerle rassal yürüyüş hipotezini test etmişlerdir. Getiri serilerine uyguladıkları ADF birim kök ve dizilim (run) testleri sonucunda serilerin rassal yürüyüş göstermedikleri yani İMKB 30 endeksinin zayıf formda etkin olmadığı sonucuna ulaşmaktadırlar.

Çelik (2007), Türkiye'nin aralarında bulunduğu gelişmekte olan hisse senetleri piyasası için, 1998 ve 2007 tarihlerini kapsayan 471 adet haftalık gözlem verisini kullanarak aralarında birim kök testlerinin de olduğu zayıf formda etkinlik sınamaları gerçekleştirmiştir. Uygulanan ADF, PP ve KPSS birim kök testi sonuçlarına göre Rusya hisse senetleri piyasası haricindeki tüm borsaların rassal yürüyüş hipotezi kabul edilmiş yani zayıf formda etkin oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

Pınar 2009, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nın zayıf formda etkinliğini sınağığı çalışmasında, İMKB 100 endeksinin 1988 ve 2008 dönemine ait haftalık verilerini kullanarak, ADF, PP ve KPSS doğrusal birim kök testleri, parçalı doğrusal birim kök testleri Zivot-Andrews, Lumsdain-Papell ve doğrusal olmayan birim kök testi olan Caner-Hansen testi ile etkin piyasalar hipotezi sınanmıştır. Test sonuçlarına göre İMKB'nin zayıf formda etkin bir piyasa olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özcan ve Yılandı (2009), İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nın rassal yürüyüş hipotezini doğrulayıp doğrulamadığını KSS ve BDS testleri ile analiz etmiştir. Doğrusal olmayan birim kök testi olan KSS testi sonucuna göre birim kökün varlığı tespit edilmekte ve rassal yürüyüş durumuna ilişkin kanıt elde edilmektedir. Ancak BDS testi sonuçlarına göre, rassal modelin kalıntılarının bağımsız olarak

dağılmadığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum rassal yürüyüş hipotezinin reddedilmesi ve İMKB'nin zayıf formda etkin olmadığının kabul edilmesi anlamına gelmektedir.

Durmuşkaya (2011), İzmir Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası'nda işlem gören İMKB 30, İMKB 100, Dolar ve Euro vadeli işlem (future) sözleşmelerinin zayıf formda etkinliğini test etmek amacıyla 2005 ve 2009 dönemine ait verilerine ADF birim kök, otokorelasyon, koşu (run) ve normallik testlerini uygulamıştır. Analiz sonuçlarına göre, sözleşme serilerinin rassal yürüyüş göstermediği ve İzmir Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası'nın zayıf formda etkin olmadığı ortaya çıkmıştır.

Worthington ve Higgs (2003a), Avrupa'daki borsaların zayıf formda etkin olup olmadığını test etmiştir. Borsa endeksi verilerine ADF, PP ve KPSS birim kök testleri ile Çoklu Varyans Analizi (MVR) testi uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına ilişkin olarak gelişmiş ülkeler değerlendirildiğinde; yalnızca Almanya, İrlanda, Portekiz, İsveç, İngiltere'nin ve gelişmekte olan ülkeler değerlendirildiğinde ise Macaristan'ın rassal yürüyüş hipotezini gerçekleştirdiği ve bu ülkelerin zayıf formda etkin olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Worthington ve Higgs (2003b), Latin Amerika ülkeleri için gerçekleştirdikleri diğer çalışmalarında, Arjantin, Brezilya, Şili, Kolombiya, Meksika, Peru ve Venezuela gibi ülkelerde zayıf formda etkinliği test etmişlerdir. Çalışmada kullanılan, birim kök, otokorelasyon ve çoklu varyans analizi testleri sonuçları rassal yürüyüş hipotezini desteklememekte yani piyasaların zayıf formda etkin olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Chang, Lima ve Tabak (2004), gelişmekte olan ülkelere ait borsalarda rassal yürüyüş hipotezi çerçevesinde zayıf formda etkinlik sınamaları gerçekleştirmiştir. Çoklu varyans analizi ve bootstrap yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlara göre gelişmekte olan ülkelerde rassal yürüyüş hipotezi reddedilmektedir. Bu durum borsaların zayıf formda etkin olmadığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Marashdeh ve Wilson (2005), 1994 ve 2004 yılları arasını kapsayan dönem için gerçekleştirdikleri zayıf formda etkinlik çalışmasında, İsrail, Mısır, Ürdün ve Fas'a ait borsa verilerini kullanmıştır. Analiz sonuçları, orta doğunun gelişmekte olan bu dört ülkesinin de rassal yürüyüş hipotezini destekler nitelikte olduğunu ve ülkelerin piyasalarında zayıf formda etkinliğin geçerli olduğunu göstermektedir.

Demireli, Akkaya ve İbaş (2010), Standart and Poors (S&P500) Endeksi'nin 1991 ile 2010 dönemine ait haftalık getirilerine ilişkin olarak zayıf formda etkinlik sınaması gerçekleştirmiştir. ADF ve PP birim kök testleri ve ARMA modeli çerçevesinde yapılan analize göre, borsa endeksinin rassal yürüyüş hipotezini gerçekleştirdiği ve bundan dolayı piyasanın zayıf formda etkin bir piyasa olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Erdem (2011), zayıf formda piyasa etkinliğini sınadığı çalışmasında gelişmiş ve gelişmekte olan menkul kıymet pazarlarına ait verileri kullanarak ADF, PP ve KPSS birim kök testleri uygulamıştır. 2000 ile 2011 dönemleri arasına ilişkin yapılan analizlerde, çalışmaya konu olan ülkelerden yalnızca ABD, Japonya ve İngiltere'de faaliyet gösteren piyasalara ait verilerde birim kök olduğu yani bu ülkelerin piyasalarının zayıf formda etkin piyasalar oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

Calomfir (2015), Bükreş menkul kıymetler borsasına ait 1997 ile 2015 yılları arasını kapsayan veriler kullanılarak gerçekleştirmiş olduğu çalışmasında, rassal yürüyüş hipotezini ADF birim kök testi ile incelemiştir. Analiz sonucuna göre, Bükreş borsasına ait endeks serisinin birim kökünün olmadığına yani serinin rassal yürüyüş göstermediğine ve dolayısıyla Romanya borsasının zayıf formda etkin bir piyasa olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Shaikh (2016), Pakistan Karaçi Menkul Kıymetler Borsası için 2003 ile 2012 dönemleri arasını kapsayan piyasa etkinliği çalışmasında, borsa endeksine ilişkin olarak getiri serilerini kullanmıştır. Yapılan analizlerde, ADF ve PP birim kök testleri uygulanarak getiri serilerinin birim kök içermediği ve geçmiş dönem fiyatların kullanılarak gelecek dönem fiyatlarını öngörmenin mümkün olduğu ve piyasanın zayıf formda etkin olmadığı görölmüştür.

Stakic vd (2016), Belgrad Menkul Kıymetler Borsası'nın 2006 ve 2013 yılları arasındaki verilerinden elde edilen getiri serilerine ADF ve PP birim kök testleri uygulanarak, piyasanın zayıf formda etkinliği incelemiştir. Birim kök testleri sonucunda, getiri serilerinin birim kök içermediği ortaya çıkmakta ve bundan dolayı piyasanın zayıf formda etkin olmadığına karar verilmektedir.

Eğer finansal varlıklara ait serilerde birim kök yoksa yani $I(0)$ durağan ise, geçmiş fiyatlar kullanılarak gelecekteki fiyatları tahmin edebilmenin mümkün

olabileceği ihtimali reddedilememekte ve zayıf formda etkinliğin bulunmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

2.5 Getiri Serilerinin Zayıf Formda Etkinliğinin Test Edilmesi

Bu bölümde öncelikle çalışmada kullanılan verilerden bahsedilmiş ardından zayıf formda etkinliğin sınanması için getiri serilerine sırasıyla doğrusal serilere uygulanan birim kök testlerinden, Genişletilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) birim kök testleri uygulanmıştır. Daha sonra getiri serilerinin doğrusallığı sınanmış ve doğrusal yapı sergilemediği belirlenen serilere doğrusal olmayan birim kök testi olan Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) uygulanmıştır.

2.5.1 Veri Seti ve Değişkenler

Çalışmada kullanılan veriler Borsa İstanbul A.Ş'den elde edilmiştir. Veriler 4 Şubat 2005 ile 31 Aralık 2015 tarihleri arasında kapsamaktadır. Analizde kullanılan TL/Dolar sözleşme serisi ile BİST-30 sözleşme serisi, her gün itibarıyla en yakın vadeye sahip vadeli işlem sözleşmesinin gün sonu uzlaşma fiyatı verisinden oluşmaktadır.

Uygulamada serilerin logaritmik birinci farkları alınarak elde edilen getiri serileriyle çalışılmıştır. Getirilerin hesaplanmasında kullanılan formül Denklem (2.6) ve (2.7)'de gösterilmektedir;

$$r_t = \ln(d_t/d_{t-1}) \quad (2.6)$$

$$r_t = \ln d_t - \ln d_{t-1} \quad (2.7)$$

denklemlerde yer alan r_t , ilgili sözleşme serisinin t dönemindeki getirisini, d_t , t dönemindeki sözleşmenin gün sonu uzlaşma fiyatını, d_{t-1} ise $t-1$ dönemindeki gün sonu uzlaşma fiyatını göstermektedir. Çalışmanın analiz kısmında kullanılan getiri serileri olan, $Rusd$, VIOP – TL/Dolar sözleşmesini, $Rbist30$, VIOP – BİST30 sözleşmesini ifade etmektedir.

2.5.3 Doğrusallık Sınaması

Herhangi bir finansal zaman serisine ilişkin modeller geliştirilmeden önce serinin doğrusal bir yapı sergileyip sergilemediğinin incelenmesi gerekmektedir. Literatürde zaman serilerinin doğrusallığını test eden çeşitli testler bulunsa da, seriler

için doğrusal olmamaya sebebiyet veren şeylerin farklı olmasından dolayı testler arasında birbirlerine karşı belirli bir üstünlük söz konusu değildir (Guhathakurta, 2011). Bu çalışmada, serilerin doğrusallığı Brock, Dechert ve Scheinkman - BDS (1987) testi ile sınanmıştır.

BDS testi, zaman serilerinde meydana gelen otokorelasyon ve doğrusal olmama durumunun ortaya çıkarılmasında kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Bu yöntem, modelin hatalarının birbirinden bağımsızlığını ve hatalara ilişkin dağılımın aynı olup olmadığını incelemektedir. Yöntemin boş hipotezi modelin hatalarının birbirinden bağımsız ve dağılımlarının aynı olması durumudur (Brock vd., 1987). BDS test istatistiği aşağıdaki şekildedir:

$$W(N, m, \varepsilon) = \sqrt{N} \frac{C(N, m, \varepsilon) - C(N, 1, \varepsilon)^m}{\sigma(N, m, \varepsilon)} \quad (2.8)$$

Denklem (2.8)'e göre, $C(N, m, \varepsilon)$, X_t serisinin herhangi iki geçmiş değeri arasındaki mesafenin ε 'dan küçük olması olasılığının hesaplanmasıdır. Eğer bu iki değer bağımsız ise, bu durumda birleşik olayın olasılığı iki olayın olasılığının çarpımına eşit olmaktadır. Bu iki değer aynı dağılıma sahip ise, çarpım işareti altındaki m olasılıklarının tamamı aynı olmaktadır. BDS test istatistiği, $C(N, m, \varepsilon) = C(N, m, \varepsilon)^m$ bağımsız ve eş dağılımlılık boş hipotezini test etmektedir (Ertokatlı, 2013: 55).

Getiri serilerine uygulanan BDS testine ilişkin sonuçlar Tablo 5'de sunulmaktadır.

Tablo 5: BDS Testi Sonuçları

	Boyut	BDS istatistiği	Standart Hata	z-istatistiği	Olasılık
Rusd	2	0.0214	0.0017	12.1029	0.0000
	3	0.0395	0.0028	14.0281	0.0000
	4	0.0530	0.0033	15.7551	0.0000
	5	0.0598	0.0035	17.0427	0.0000
	6	0.0619	0.0033	18.2748	0.0000
Rbist30	2	0.0119	0.0016	7.1266	0.0000
	3	0.0280	0.0026	10.5254	0.0000
	4	0.0406	0.0031	12.8214	0.0000
	5	0.0475	0.0032	14.4335	0.0000
	6	0.0500	0.0031	15.7664	0.0000

BDS testinin boş hipotezi olan serinin bağımsız ve özdeş dağılıma sahip olması durumunun reddedilmesi halinde seride doğrusal bağımlılığın olduğu, serinin durağan olmadığı ve son olarak seride doğrusal olmayan bağımlılık olduğu anlamlarından herhangi birisi oluşabilmektedir. En genel haliyle doğrusal olmayan yapının sorgulandığı bu testte Tablo 5 incelendiğinde getiri serilerinin tüm boyutlar için olasılık değerlerinin sıfır olması sebebiyle doğrusal olmayan bir yapının var olduğu ortaya çıkmaktadır.

2.5.2 Durağanlık (Birim Kök) Sınaması

Herhangi bir zaman serisine ait geçmiş değerler kullanılmak suretiyle serinin sabit parametrelili modeline ulaşabilmek için bu zaman serisi modelinden elde edilen stokastik sürecin niteliğinin zaman boyunca değişmiyor olması gerekmektedir. Ancak bu şartla serinin durağan olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Yukarıda bahsedilen stokastik sürecin niteliğinin değişmemesinden kasıt, stokastik sürecin olasılık yoğunluk fonksiyonunun zaman içinde değişmemesidir. Yani bir zaman serisinin ilk iki momentinin, ortalamasının ve varyansının, zaman boyunca değişmemesi ve serinin tüm kendi gecikmeli değerleri ile olan kovaryansının yalnızca gecikmeye bağlı olması ve zamana bağlı olmamasıdır. Daha basit bir ifadeyle, durağan bir serinin ortalaması zamanla değişmediği için, bu serideki sıralı iki gözleminin farkı, zamandan değil de, sadece zamanın uzaklığından kaynaklanmaktadır. Ayrıca durağan olmayan serilerde şokların etkileri kalıcıdır yani zaman içerisinde şokların etkileri kaybolmamaktadır ve seri belli bir ortalama değere doğru yakınsamayacaktır.

Durağanlığa ilişkin bilinmesi gereken iki önemli kavram trend durağanlık ve fark durağanlıktır. Bir zaman serisi, sahip olduğu deterministik trendin etkisiyle ortalamasının değişmesinden dolayı seri durağan dışı bir yapı sergiliyorsa, serinin trendden ayrıştırılması yoluyla durağanlık sağlanabilmektedir. Bu durumda seriye trend durağan denilmektedir. Fark durağanlıkta ise seri stokastik bir trende sahiptir ve rassal yürüyüş süreci izlemektedir. Yani seri sabit bir ortalama etrafında dağılmamaktadır ve varyansı sabit değildir. Fark alma işlemi uygulanarak seri stokastik trendden ayrıştırılabilir ve bu seriye de fark durağan seri adı verilmektedir. Uzun dönemli öngörüler açısından trend durağan süreçler daha güvenilirken, fark durağan süreçler güvenilir değildir. Çünkü serinin farkının alınması seri üzerindeki bilginin önemli bir kısmının kaybolmasına neden olur (Gujarati, 2005: 713).

Üç çeşit durağanlık tipi vardır, ilki zayıf durağanlık veya diğer adı ile kovaryans durağanlıktır.

- $E(y_t) = \mu$ bütün t 'ler için sabit (2.9)

- $E(y_t - \mu)^2 = \sigma^2$ bütün t 'ler için sabit (2.10)

- $E[(y_t - \mu) (y_{t-k} - \mu)]$ bütün t 'ler için sabit ve $k \neq 0$ (2.11)

Yani ortalamanın ve varyansın zaman içinde değişmemesi kovaryansın gecikmeye bağlı olup zamana bağlı olmamasıdır. Yani ortalama, varyans ve de kovaryans zamana bağlı değildir (Sevüktekin, Nargeleçekenler, 2005: 336).

Bir zaman serisine ait ortalama varyans ve kovaryans sabit iken serinin gözlem değerleri kümesinin birleşik olasılık dağılımı da değişmiyorsa yani zamanın ileriye veya geriye kaydırılması sonucu olasılık dağılımı değişmiyorsa özetle serinin farklı bölümleri arasında bir değişiklik yok ise bu seriye güçlü durağan veya tam durağan denilmektedir. Eğer tam durağan bir serinin birleşik olasılık dağılımı normal ise bu duruma da kesin durağan denilmektedir (Kutlar, 2005: 252).

Durağanlığın belirlenmesinin ilk yolu serinin zaman serisi grafiğini çizmek ve bu sayede serinin trend etkisinin ve serinin ortalama ve varyansta sergilediği eğilimleri gözlemlemektir. Ardından serinin otokorelasyonu incelenmektedir. Çünkü seride otokorelasyon olması durumu durağan olmama durumuna işaret etmektedir. Örneklem otokorelasyon katsayılarına ait değerlerin % 95 güvenilirlikle, n örneklem büyüklüğünü göstermek üzere, $\pm 1.96 \cdot (1/\sqrt{n})$ aralığında bulunması halinde otokorelasyon katsayısının sıfır ve serinin durağan olduğuna karar verilmektedir (Gujarati, 2005: 717). Ayrıca, seçilen gecikme sürecinde hesaplanan otokorelasyon sıfıra ne kadar yakınsa serinin durağan olma ihtimali o kadar fazladır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2005: 336).

Durağanlığı belirlemenin ikinci yolu ise birim kök sınamasıdır.

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \text{ modelinde,} \quad (2.12)$$

u_t ortalaması sıfır, σ^2 varyansı değişmeyen, otokorelasyonu olmayan, stokastik “beyaz gürültü” (White noise) hata terimidir. Şayet (2.12) denklemindeki Y_{t-1} 'in katsayısı 1'e eşitse birim kök sorunu vardır ve seri durağan değildir. $\rho=1$ bulunursa

bu seri rassal yürüyüş serisi olarak bilinir. Denklem (2.12) genellikle Denklem (2.14)'de görüldüğü gibi yazılır;

$$\Delta Y_t = (\rho - 1)Y_{t-1} + \mu_t \quad (2.13)$$

$$= \delta Y_{t-1} + \mu_t \quad (2.14)$$

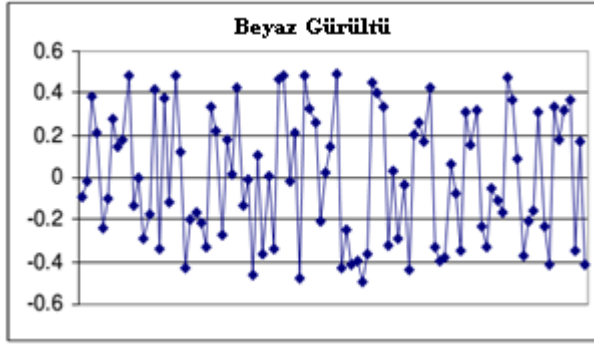
Bu modelde δ 'nın sifira eşit olup olmadığı sınıdır. Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta, u_t hata teriminde otokorelasyon varsa bu durumda hata teriminin otokorelasyonsuz olmasını sağlayacak kadar terimi modele dahil etmek gerekmektedir (Gujarati, 2005: 720).

Durağanlık kavramı ile ilgili olarak daha önce belirtilenlere ek olarak, durağanlığa ilişkin iki özel durum vardır. Bunlardan ilki beyaz gürültü sürecidir ve Denklem (2.15)'de gösterilmektedir;

$$Y_t = Y_{t-1} + \mu_t \quad (2.15)$$

Denklem (2.15)'de yer alan u_t klasik varsayımlara uyan, yani ortalaması sıfır, σ^2 varyansı sabit, otokorelasyonu olmayan, gözlem değerleri arasında ilişki olmayan, bağımsız, $Kov(u_t, u_{t+k})=0$, ve benzer dağılıma sahip olasılıklı hata terimidir. Bu terime beyaz gürültü denilmektedir. En temel durağan zaman serisi Şekil 2'de görülen beyaz gürültü sürecidir ve bu serinin kovaryans terimi sıfırdır. Çünkü durağan serilerin hareketlerinin belli bir sistematiği varken ve modellenebilirken, beyaz gürültü serisi rassal hareketlere sahip olarak modellenemez (Kadılar, 2005: 24).

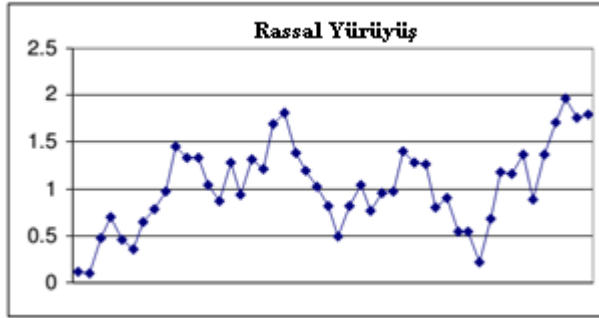
Şekil 2: Beyaz Gürültü Süreci



$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \mu_t \quad (2.16)$$

Eğer, denklem (2.16)'daki gibi bir regresyon hesaplanır ve $p=1$ bulunursa, bu durumda zaman serisinin birim kökü olduğu sonucu ortaya çıkmakta ve bu durumda seriye rassal yürüyüş (random walk) adı verilmektedir. Şekil 3'de görülmekte olan rassal yürüyüş süreci sabit bir ortalama etrafında dağılmamaktadır ve serinin varyansı da sabit değildir. Yani ortalaması ve varyansı zamanla değişmektedir.

Şekil 3: Rassal Yürüyüş Süreci



Bu çalışmada getiri serilerinin zayıf formda etkinliğinin sınanabilmesi için öncelikle serinin birim kök içerip içermediğinin araştırılması gerekmektedir. Serilerin durağanlığının test edilmesi amacıyla Genişletilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP), Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) doğrusal birim kök testleri ve Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) doğrusal olmayan birim kök testi uygulanacaktır. ADF, PP ve KSS testleri serinin birim kök içerdiğini savunan boş hipotezi test ederken, KPSS testi ise serinin durağan olduğunu savunan boş hipotezi test etmektedir.

ADF, PP ve KSS testlerinin hipotezleri aşağıdaki gibidir;

H_0 : Seri birim kök içerir

H_1 : Seri birim kök içermez

$|\text{kritik değer}| < |\text{test istatistiği}|$ ise H_0 reddedilir

KPSS testinin hipotezi ise aşağıdaki gibidir;

H_0 : Seri durağandır

H_1 : Seri durağan değildir

$|\text{kritik değer}| < |\text{test istatistiği}|$ ise H_0 reddedilir

Tablo 6: Birim Kök Testi Sonuçları

ADF Birim Kök Testi			
ADF test istatistiği	Sabitli (olasılık)	Sabitli, Trendli (olasılık)	Sabitsiz (olasılık)
Rusd	-51.44 (0.0001)	-51.46 (0.0000)	-51.40 (0.0001)
Rbist30	-51.04 (0.0001)	-51.03 (0.0000)	-51.02 (0.0001)
%1 kritik değer	-3.43	-3.96	-2.56
%5 kritik değer	-2.86	-3.41	-1.94
%10 kritik değer	-2.56	-3.12	-1.61
PP Birim Kök Testi			
PP test istatistiği	Sabitli (olasılık)	Sabitli, Trendli (olasılık)	Sabitsiz (olasılık)
Rusd	-51.44 (0.0001)	-51.46 (0.0000)	-51.40 (0.0000)
Rbist30	-51.03 (0.0001)	-51.02 (0.0000)	-51.02 (0.0000)
%1 kritik değer	-3.43	-3.96	-2.56
%5 kritik değer	-2.86	-3.41	-1.94
%10 kritik değer	-2.56	-3.12	-1.61
KPSS Birim Kök Testi			
KPSS test istatistiği	Sabitli		Sabitli, Trendli
Rusd	0.18		0.02
Rbist30	0.04		0.03
%1 kritik değer	0.73		0.21
%5 kritik değer	0.46		0.14
%10 kritik değer	0.34		0.11
KSS Birim Kök Testi			
Rusd	-8.244		
Rbist30	-4.085		
%1 kritik değer	-3.48		
%5 kritik değer	-2.93		
%10 kritik değer	-2.66		

Tablo 6'daki birim kök testleri sonuçlarına göre, getiri serileri düzeyde durağandır yani birim kök içermemektedir. Bu sonuçlara dayanarak Türkiye'de faaliyet gösteren Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası'nın zayıf formda etkin bir piyasa olmadığı sonucuna ulaşılmakta ve geçmiş dönemlerde oluşan fiyatlar kullanılarak gelecek dönemlerde oluşacak olan fiyatları öngörümleme ihtimali söz konusu olmaktadır. Bu sebepten dolayı, tek değişkenli zaman serisi yöntemi olan Box-Jenkins (ARMA – Otoregresif Hareketli Ortalama), otoregresif koşullu değişen varyans modelleri (ARCH, GARCH, EGARCH...) ve yapay sinir ağları yöntemi getiri serilerinin gelecek dönem değerini öngörümlemek için kullanılacak ve bu yöntemler arasından öngörümleme performansı en yüksek olan yöntem belirlenecektir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI ve ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ

3.1 Zaman Serilerinin Tanımı ve Özellikleri

Bir değişkenin, belirli bir zaman döneminde farklı nedenlerden dolayı farklı değerler alması sonucu oluşan ve kronolojik sıraya konmuş gözlem değerleri kümesine zaman serisi denir. Zaman serisi verilerinin çoğunlukla birbirlerinden bağımsız olmamalarından dolayı, zaman açısından yakın olan gözlemler uzak olanlara kıyasla daha çok birbirine benzemektedir. Yani veriler arasındaki ilişki zaman ile ters orantılıdır ve uzak zaman aralıklarında ölçülen veriler arasındaki korelasyon daha azdır (Kutlar,2000).

3.1.1 Zaman Serilerinin Bileşenleri

Zaman serisi analizi serinin içerisinde var olan bileşenlerin ayrıştırılması ile başlamaktadır. Gözlem değerlerinde ekonomik, sosyal vb. nedenlerden dolayı zaman içerisinde artma veya azalma yönünde bazı değişimler gerçekleşebilir. Bu değişimler, yön ve şiddetinin farklılığından dolayı,

- Trend
- Mevsimsel değişimler
- Konjonktürel değişimler
- Düzensiz-Arızı (rassal) hareketler

olmak üzere dört farklı şekilde sıralanmaktadır ve genel olarak zaman serisi bileşenleri adını almaktadır (Yüzer,2006: 297).

Nüfus artışı, teknolojik gelişme, sermaye stokundaki büyüme, tüketim alışkanlıklarında değişimler gibi etkiler nedeniyle seri uzun dönemde artış veya azalış eğilimi gösterebilir. Genellikle her zaman serisini etkileyen bazı faktörler vardır ve bu faktörlerin etkisiyle seriler bir takım sapmalar gösterse de uzun dönemde ana eğilimi sabit bir durum göstermektedir. Serinin uzun dönemde gösterdiği bu genel eğilime uzun dönem eğilimi veya trend adı verilmektedir. Ayrıca trend yön ve şiddet açısından hep aynı değildir. Trenddeki artış veya azalış bazen hızlı bazen de yavaş olabilir yani trend doğrusal olabileceği gibi eğrisel de olabilir

(Serper,2000: 329). Araştırmalarda en çok kullanılan trend kalıpları aşağıdaki gibidir (Ataseven,2007: 51);

Doğrusal: $y = \alpha + \beta x$

Parabol : $y = \alpha + \beta x + \theta x^2$

Kübik : $y = \alpha + \beta x + \theta x^2 + \delta x^3$

Hiperbol : $y = \frac{1}{\alpha + \beta x}$

Üstel : $y = \alpha\beta^x$ (doğrusal forma dönüştürüldüğünde; $\log y = \log \alpha + x \log \beta$ veya $\ln y = \ln \alpha + x \ln \beta$)

Lojistik eğri: $\frac{1}{y} = k + \alpha\beta^x$

Mevsimsel değişmeler genellikle doğal ve sosyo-ekonomik nedenler ile ortaya çıkmaktadır. Birbirini izleyen periyotların (yıl, altı ay, üç ay gibi...) aynı zaman dönemlerinde zaman serisinin gözlem değerinde artış veya azalış şeklinde gözlemlenen düzenli değişmeler olarak açıklanır (Yüzer,2006: 229).

Uzun dönemde bir zaman serisinin gözlem değerlerinin trend doğrusu veya eğrisi etrafında göstermiş olduğu dalgalanmalara konjonktürel dalgalanmalar denir. Konjonktürel dalgalanmaların, bolluk, durgunluk, depresyon ve yükselme devreleri gibi kısımları vardır. Yatırım, üretim, satış ve gelir değişimleri gibi çeşitli ekonomik unsurlar sebebiyle ekonomide meydana gelen gelişme ile düşme dönemlerinin birbirini takip ettiği dalgalanmalardır. Bu dalgalanmalar periyodik değildir yani dalga uzunlukları birbirine eşit değildir fakat dalgalanmalar devridir, 5-10 yılda bir tekrarlanmaktadır (Atlas,2000).

Düzensiz (rassal) hareketlerin sebepleri arasında ise deprem, sel gibi doğal olaylar ile siyasi karmaşa, savaş, grev gibi sosyo-ekonomik nedenler gösterilebilmektedir. Zaman serileri analizinde kullanılan istatistiksel yöntemler ile ancak konjonktürel dalgalanmalar ile düzensiz hareketlerin karışık bir halde belirlenmesine imkan vardır. Bu hareketler sistematik olmadığı için önceden belirlenebilmeleri mümkün değildir. Uzun dönem analize bu beklenmedik olaylar sonucu meydana gelen ani artış veya azalışlar dahil edilmemektedir (Orhunbilge, 1999: 7).

3.1.2 İç Bağımlılık

Bir zaman serisinde gözlem değerlerinin birbirine bağımlı olmasına iç bağımlılık adı verilmektedir. Bu sayede zaman serisinin bugünkü ve geçmiş dönem değerleri kullanılarak gelecekte alacağı değerleri tahmin etme ihtimali oluşmaktadır. İç bağımlılık özelliği, zaman serisi analizini bağımsız gözlem değerlerinden meydana gelen analizlerden ayıran en önemli özelliktir.

3.1.3 Stokastik Süreç Olma Özelliği

Bir zaman serisinin gelecek dönemde alacağı değerleri tam olarak tahmin edebilmek için kullanılacak matematiksel modelde, bu olayları açıklayacak bütün değişkenlerin yer alması gerekmektedir. Ancak bu durum pratikte mümkün değildir. Özetle zaman serileri sadece zamanın deterministik bir fonksiyonu değildir yani bu olaylar sadece zaman değişkeni tarafından tam olarak açıklanamamaktadır. Ekonometride kullanılan zaman serileri stokastik (olasılıklı) değişkenler ile stokastik bir sürece bağlı olarak tanımlanmaktadır (Gujarati, 2005: 713). Zaman serisi analizlerinin temel amacı da bu stokastik sürecin özelliklerini bulmak ve bu özelliklerden yararlanarak bir model kurmaktır. Bir stokastik süreci belirlemenin yolu, her iki momentin de zamanın fonksiyonu olduğu, değişkenin birinci ve ikinci momentleri ile bir model oluşturmaktır. Buna ek olarak stokastik süreci belirlemenin bir diğer yolu, t_1, t_2, \dots, t_n gibi bir seri için $Y_{t1}, Y_{t2}, \dots, Y_{tm}$ birleşik olasılık dağılımını tanımlamaktır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2005: 43).

Stokastik sürecin dağılımını belirleyen parametrelerin $\mu_t, \sigma^2, \gamma_k$ olduğu durumda;

$$\text{Ortalama: } u_t = E(Y_t) \quad (3.1)$$

$$\text{Varyans: } \sigma_t^2 = \text{Var}(Y_t) \quad (3.2)$$

Y_t ile Y_{t-1} arasındaki otokovaryans ise

$$\gamma_k = \text{Cov}(Y_t, Y_{t-k}) = E \left[\left(Y_t - E(Y_t) \right) \left(Y_{t-k} - E(Y_{t-k}) \right) \right] \quad (3.3)$$

şeklinde gösterilir. Parametrelerin belirlenme aşamasından sonra rassal değişimi ifade eden şoklar modele eklenir ve bu şokların aşağıda belirtilen özelliklerde olması gerekmektedir (Yıldız, 2009: 7):

- Şokların ortalamasının sıfır olması,
- Şokların sabit varyansa sahip olması,
- Şokların bağımsız olması, yani kovaryanslarının sıfır olması,
- Şokların normal dağılması.

3.1.4 Zaman Serisi Analizinde Kullanılan Araçlar

Zaman serisi analizinde, otokovaryans fonksiyonu, otokorelasyon fonksiyonu (ACF), kısmi otokorelasyon fonksiyonu (PACF) kullanılmaktadır.

i) Kovaryans ve Korelasyon

İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin büyüklüğünü, derecesini ve yönünü ölçmeye çalışan yöntemler, geleneksel ekonometri ve istatistik için kovaryans ve korelasyon katsayıları iken, zaman serileri analizlerinde bu amaçla otokovaryans ve otokorelasyon kullanılmaktadır.

X ve Y gibi iki rassal değişkenin kovaryansı, değişkenlerin her ikisinin beklenen değerlerinden (ortalamalarından) sapmalarının çarpımlarının beklenen değeri olarak tanımlanmaktadır.

$$Cov(X, Y) = E[(X - E(X))(Y - E(Y))] \quad (3.4)$$

$$= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_{ij} [(X_i - E(X))(Y_j - E(Y))] \quad (3.5)$$

Kovaryans X ve Y arasındaki doğrusal ilişkinin bir ölçüsüdür. Her iki değişken aynı anda ortalamasının altında veya aynı anda ortalamasının üstünde yer aldığı takdirde kovaryans pozitif olmaktadır. Şayet $Cov(X, Y) = 0$ ise bu durum X'in ortalamadan sapması ile Y'nin ortalamadan sapması arasında bir ilişki yoktur anlamına gelmektedir yani bu iki değişken bağımsızdır. Ancak kovaryans ve korelasyon ölçüleri doğrusal bağımlılığı ölçtüğü için bazen kovaryans sıfır çıksa bile değişkenler arasında doğrusal olmayan bir ilişki olabilmektedir.

Korelasyon katsayısı ise X'teki bir standart sapma değişim ile Y'deki bir standart sapma değişimin ilişkisinin bir ölçüsüdür.

$$\rho(X, Y) = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var(X)}\sqrt{Var(Y)}} = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (3.6)$$

Yukarıdaki denklemden de görüldüğü üzere korelasyon katsayısı $Cov(X,Y)$ 'nin X ve Y 'nin standart sapmalarının çarpımlarına bölümüne eşittir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında bir değer almaktadır ve bu yönüyle kovaryansdan farklıdır. Pozitif korelasyon değişkenlerin aynı yönde, negatif korelasyon ters yönde hareket ettiklerini anlatmaktadır (Brooks, 2008:428).

ii) Otokovaryans Fonksiyonu

Bir zaman serisinin Y_t ile Y_{t-k} gibi belirli bir k kadar zaman aralığında birbirinden ayrı iki değeri arasındaki ilişkiye otokovaryans, bu ilişkinin derecesini ölçen katsayıya da otokovaryans katsayısı denir. Bu katsayıları da k gecikmesine bağlayan fonksiyona otokovaryans fonksiyonu adı verilmektedir. Durağan stokastik bir süreç için k -gecikmede otokovaryanslar aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$Cov(Y_t, Y_{t-k}) = \frac{\sum_{t=1}^{T-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{T} \quad (3.7)$$

$$= E[(Y_t - \mu)(Y_{t-k} - \mu)] \quad (3.8)$$

$$= c_k \quad (3.9)$$

iii) Otokorelasyon Fonksiyonu (ACF)

Farklı ölçü birimleriyle ifade edilmiş olabileceği veya terimleri farklı büyüklüklerde olan serilerin karşılaştırılmasında yanıltıcı olabileceği için otokovaryans fonksiyonu yetersiz kalmaktadır. Bu yetersizliği gidermenin yolu otokovaryans katsayılarının standartlaştırılması yani σ_y^2 değerine bölünmesidir.

$$\rho_k = \frac{E[(Y_t - \mu)(Y_{t-k} - \mu)]}{\sqrt{E[(Y_t - \mu)^2]E[(Y_{t-k} - \mu)^2]}} = \frac{Cov(Y_t, Y_{t-k})}{\sigma_{Y_t} \sigma_{Y_{t-k}}} = \rho_{Y_t Y_{t-k}} \quad (3.10)$$

Standartlaştırılmış otokovaryans fonksiyonuna otokorelasyon fonksiyonu adı verilmektedir. Otokorelasyon fonksiyonu Y_t serisindeki yakın komşu veri noktaları arasında ne kadar ilişkili ve ne kadar bağımlı olduklarını belirlemektedir (Enders, 2015:60).

iv) Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu (PACF)

Otokorelasyon fonksiyonu, bir zaman serisinde iki nokta arasındaki ilişkiyi araştırmakta oldukça kullanışlı bir ölçü olmasına karşın bazı durumlarda bu noktalar arasında kalan gözlemlerin etkisinin arındırılması zaman serisi hakkında daha fazla bilgi elde edilmesine imkan tanımaktadır. Çünkü zaman serilerinde Y_t ile Y_{t-k} arasındaki korelasyonun önemli bir bölümü, bu değişkenlerin arasındaki $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k+1}$ gecikmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu sebepten kısmi otokorelasyon fonksiyonu, Y_t ile Y_{t-k} arasındaki ilişkiyi bu iki dönem arasında kalan diğer tüm gecikmeleri sabit tutarak veya dışlayarak ortaya koymaktadır (Akgül,2003: 23). Kısmi otokorelasyon fonksiyonu aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$\rho_{kk} = \frac{p_k - \sum_{j=1}^{k-1} (\rho_{k-1,j})(\rho_{k-j})}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} (\rho_{k-1,j})(\rho_j)} \quad k = 2,3, \dots \text{ise} \quad (3.11)$$

$$\rho_{kj} = \rho_{k-1,j} - \rho_{kk}\rho_{k-1,k-j} \quad j = 1,2, \dots, k-1 \quad (3.12)$$

Yukarıdaki denklemde, p_k , k dönem gecikmeli otokorelasyon katsayısını, ρ_{kk} , k dönem gecikmeli iki zaman serisi arasındaki kısmi otokorelasyon katsayısını göstermektedir (Enders, 2015:65).

3.1.5 Finansal Zaman Serilerinin Özellikleri ve Oynaklık Kavramı

Finansal zaman serilerinde oynaklık kümelenmeleri, aşırı basıklık (kalın kuyruk), kaldıraç etkileri ve uzun bellek gibi özellikler görülmektedir (Mazıbaşı, 2010: 3). Aşağıda bunlara ilişkin açıklamalar yer almaktadır.

- Oynaklık Kümelenmesi (Volatility Clustering): En basit haliyle serilerdeki büyük değişimleri büyük değişimlerin, küçük değişimleri ise küçük değişimlerin takip etme eğilimidir. Bu durumun başka bir açıklaması fiyat değişimlerinin birbirinden etkilendiği yani bağımsız olmadığıdır. Finansal serilerde istatistiksel olarak bağımlılık gözlemlenmektedir (Brooks, 2008:380).

- Aşırı Basıklık (Leptokurtosis)/ Kalın Kuyruk (Thick-tail): Finansal getiri serilerinin kuyruk yapısı normal dağılıma göre daha kalındır. Bundan dolayı getiri serileri daha dar ve sivri bir tepeye sahip olmaktadır. Basıklık değeri hesaplanarak bu durum tespit edilebilir. Basıklık (kurtosis),

$$Kurt(X) = \frac{E(X-\mu)^4}{\sigma^4} \quad (3.13)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Denklem (3.13)'de yer alan, μ , X rassal değişkeninin ortalamasını ve σ , standart sapmasını göstermektedir. Normal dağılımda basıklık 3'tür. Ancak finansal getiri serilerinde basıklık 3'ten büyük olmaktadır. Başka bir deyişle finansal getiri serilerinin dağılımı normal dağılıma göre ortalama daha sivridir.

- **Kaldıraç Etkisi (Leverage Effect):** Finansal varlık fiyatlarında oluşan büyük miktardaki fiyat düşüşleri, aynı oranda gerçekleşen fiyat yükselişlerinden daha büyük oynaklığa neden olmaktadır. Daha genel bir ifadeyle, fiyatlarda meydana gelen azalış yönlü şoklar, oynaklığı aynı miktardaki artış yönlü şoklardan daha fazla arttırmaktadır. Bu durum, piyasalara gelen kötü haberlerin oynaklığı, iyi haberlerden daha çok arttırdığı anlamına gelmektedir.
- **Uzun Bellek (Long Memory):** Finansal zaman serisi verilerinde birbirlerinden uzakta olan gözlemlerin istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlara sahip olması durumudur.

Oynaklık kavramı, finansal varlıklara ilişkin toplam risk olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda, getirilere ait olasılık dağılımının varyansı olarak da ifade edilebilmektedir. Daha teknik bir ifade ile herhangi bir finansal serinin, belli bir ortalama değerine göre, çok fazla artış ve azalışlar göstermesidir (Güneş ve Saltoğlu, 1998: 14). Volatilitenin tanımlanabilmesi ve öngörülünebilmesi için öncelikle finansal zaman serilerinde karşılaşılan değişen varyansın varlığının saptanması ve modellenmesi gerekmektedir.

3.2 Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA/ARIMA) Modelleri

Otoregresif hareketli ortalama modelleri temelde doğrusal durağan modeller ve doğrusal durağan olmayan modeller olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

3.2.1 Doğrusal Durağan Modeller

Doğrusal durağan stokastik modeller, otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) olarak isimlendirilirler. Tek değişkenli bir zaman serisinin kendi geçmiş değerleri ve kalıntılara göre kurulan modelleri genel olarak,

$$Y_t = f(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, e_t, e_{t-1}, e_{t-2}, \dots) \quad (3.14)$$

değişkenleriyle ele alınmaktadır.

3.2.1.1 Otoregresif Modeller (AR)

Bir zaman serisi kendi gecikmeli değerlerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanıyorsa buna otoregresif süreç adı verilmektedir.

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + e_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (3.15)$$

Denklem (3.15) gecikmiş bağımlılığı yansıtan birinci derece otoregresif zaman serisi modeli örneğini temsil etmektedir. Bu modelde δ bir kesme parametresi, ϕ_1 , -1 ile +1 arasında değer alabilen parametre ve e_t ise sıfır ortalamasabit bir varyansta (σ_e^2) korelasyon içermeyen bir hata terimidir. Y_t yalnızca bir önceki dönem değerine (Y_{t-1}) ve bir rassal kalıntıya bağlı olduğu için bu model yapısı AR(1) zaman serisi modeli veya AR(1) süreci olarak tanımlanmaktadır.

Denklem (3.15)'e göre $|\phi_1| < 1$ olması durumunda serinin durağanlığı sağlanmaktadır. Ancak $|\phi_1| > 1$ olması durumunda Y_t sürekli olarak büyüme eğiliminde olmakta ve patlayan bir seri özelliği göstermektedir (Asteriou, Hall, 2006: 232).

Ancak modelin tanımlanmasında kaç adet geçmiş gözlem değerinin modelde yer alacağı başlangıçta tam olarak bilinmemektedir ve sürecin otoregresif olduğunun tahmin edilmesinden sonra denklem (3.15)'deki birinci derece otoregresif süreçten daha karmaşık olabilmektedir. Örneğin Y_t , yalnızca Y_{t-1} 'e değil aynı zamanda Y_{t-2} , Y_{t-3} , ... Y_{t-p} 'ye bağlı olabilir. Özetle p 'inci dereceden bir otoregresif sürecin istatistiksel modeli olan AR(p) denklem (3.16)'daki gibi tanımlanmaktadır:

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t \quad (3.16)$$

Burada sabit terimi ifade eden δ , stokastik süreç Y_t 'nin ortalamasını göstermektedir. $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ ise bilinmeyen otoregresif parametrelerdir. Hata terimi e_t , ortalaması sıfır ve sabit varyanslı (σ^2) korelasyonsuz rassal değişkenler olarak varsayılmaktadır (Sevüktekin, Nargeleçekenler, 2005: 336).

3.2.1.2 Hareketli Ortalama Modelleri (MA)

Bir serinin t dönemindeki değerinin, hata teriminin (e_t) cari dönem değeri ve hata terimine ait gecikmeli değerleri tarafından belirlendiği sürece hareketli ortalama

süreci (MA-Moving Average Process) adı verilmektedir ve denklem (3.17)'deki gibi gösterilmektedir (Göktaş, 2005: 83):

$$Y_t = \mu + e_t + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \dots + \theta_q e_{t-q} \quad (3.17)$$

Burada korelasyonsuz rassal hata terimi e_t , ortalaması sıfır ve sabit bir varyansa sahiptir, θ_i ($i=1,2,\dots,q$) bilinmeyen parametrelerdir.

3.2.1.3 Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli (ARMA)

Zaman serisinin yapısının tanımlanabilmesi için AR ve MA modelinin kullanıldığı bazı durumlarda gerekli parametre sayısı artmakta ve bu durum modellerin derecesinin yükselmesine yol açmaktadır. Dolayısıyla tahmin edilmesi gereken parametre sayısı da artmakta ve bir takım tahmin güçlüklerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu güçlüğü üstesinden gelebilmek için otoregresif hareketli ortalamalar modelinin (ARMA) kullanılması önerilmektedir (Tsay,2010: 64).

Durağan rassal süreçlerin sadece otoregresif veya sadece hareketli ortalama ile modellenememesi durumunda bu süreç aynı anda dikkate alınmaktadır. Böylece zaman serisi modeli p ve q 'uncu dereceden AR ve MA bileşenleri ile birlikte ARMA(p,q) olarak tanımlanmaktadır. ARMA(p,q) modeli denklem (3.18)'deki gösterilmektedir.

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t + \theta_1 e_{t-1} + \dots + \theta_q e_{t-q} \quad (3.18)$$

Burada kesme terimi δ , Y_t ' nin ortalamasını ilgilendirmekte iken, hataların e_t , $E(e_t)=0$ ve varyansın $Var(e_t)=\sigma_e^2$ birbiri ile korelasyonu olmayan rassal değişkenler olduğu varsayılmaktadır. Bu sürecin durağan olması durumunda ortalamanın bütün dönemlerde sabit olması gerekmektedir. Denklem (3.19)'unbeklenen değeri aşağıdaki şekildedir;

$$E(Y_t) = \delta + \phi_{1u} + \dots + \phi_{pu} + 0 + \theta_1 0 + \dots + \theta_q 0 \quad (3.19)$$

Denklem (3.19)'da gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra ortalama, denklem (3.20) elde edilmektedir.

$$\mu = \frac{\delta}{1 - \phi_1 - \dots - \phi_p} \quad (3.20)$$

Yukarıdaki eşitlik aynı zamanda denklem (3.21)'deki durağanlığın gerekli koşulu olmaktadır (Sevüktekin, Nargeleçekenler, 2005: 336).

$$\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_p < 1 \quad (3.21)$$

3.2.2 Doğrusal Durağan Olmayan Modeller

Pratikte pek çok zaman serisinin durağan olmamasından dolayı AR, MA, ve ARMA gibi serinin durağan olduğu varsayımına dayalı modeller çoğu zaman kullanılamamaktadır. Daha net bir ifadeyle durağan bir zaman serisinin ortalama, varyans ve kovaryansı zaman içinde sabit olması gerekirken gerçek hayattan elde edilen ekonomik zaman serilerinin büyük bir kısmı ise durağan değildir. Bundan dolayı otokorelasyon fonksiyonu veya birim kök testleriyle belirlenen durağan olmama durumu fark alma işlemiyle giderilmektedir. Durağanlaştırılma işlemi gerçekleştirildikten sonra uygun olan model bir AR(p) modeli ise ARIMA($p,d,0$) yerine ARI(p,d) ve MA(q) ise ARIMA($0,d,q$) yerine IMA(d,q) şeklinde de gösterilebilmektedir (Franses, 1998: 38).

ARIMA(p,d,q) modelinde d , zaman serisinin durağanlaştırılması için alınması gereken fark sayısını göstermektedir. Bu modele aynı zamanda d . dereceden entegre bir ARIMA(p,d,q) denir. Örneğin durağan olmayan bir Y_t serisinin bir kere farkı alındığında denklem (3.22) bulunmaktadır.

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = Y'_t \quad (3.22)$$

Burada Y_t 'serisi durağan hale gelmiş ise, entegre sürecin derecesi $d=1$ olarak tanımlanmakta ve $I(1)$ ile gösterilmektedir. Ancak fark alma işleminden sonra Y_t serisi hala durağan olmuyorsa Y_t serisinin bir kere daha farkı alınmaktadır ve bu durumda Y_t entegre sürecin derecesi $d=2$ olarak tanımlanmakta ve $I(2)$ şeklinde gösterilmektedir (Sevüktekin, Nargeleçekenler, 2005).

$$\Delta^2 Y_t = \Delta(Y'_t) = Y'_t - Y'_{t-1} \quad (3.23)$$

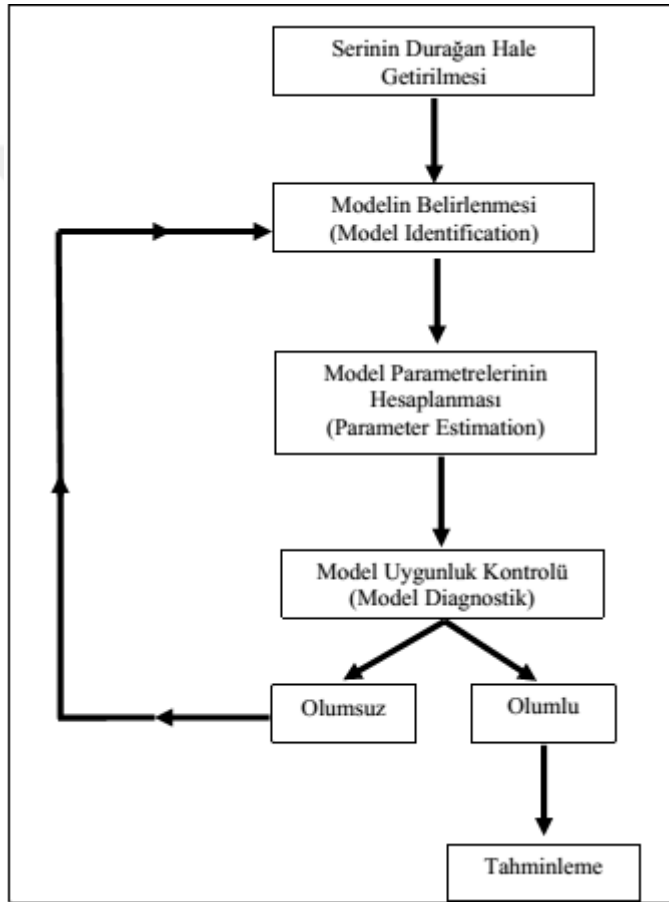
$$= (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) \quad (3.24)$$

$$= Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} = \Delta^2 Y_t = Y''_t \quad (3.25)$$

3.2.3 Box-Jenkins Yaklaşımı

Zaman serilerinin analizinde kullanılan yöntemlerden en çok bilineni Box-Jenkins (1976) yöntemidir. Bu yöntemin diğer adı ARIMA modelleridir. Çalışılan serinin durağan olup olmaması veya mevsimsel unsur içerip içermemesi analiz ve öngörü için engel teşkil etmiyor olması yöntemin bu denli yaygın kullanım sebepleri arasında yer almaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2005). Box-Jenkins modelinde esas olarak aşağıdaki süreç izlenmektedir (Madalla, 1992: 543):

Şekil 4: Box-Jenkins Metodolojisi



Kaynak: Madalla, 1992: 543

Şekil 4'dende görüldüğü gibi Box-Jenkins yöntemi aslında belirleme, parametre tahmini ve modelin uygunluk kontrolü (tanımlayıcı testler) olmak üzere üç aşamadan meydana gelmektedir. Ancak bu aşamalara, öngöründe eklendiğinde aşama sayısı dört olmaktadır. Sonraki bölümde bu aşamalar ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

Box-Jenkins yöntemi, çalışılan zaman serisinin özellikleri göz önünde bulundurularak belirlenen farklı modeller arasından uygun olanını seçerek bu seriye

ilişkin gelecek değerleri öngörme sürecinden oluşmaktadır. Bu tür zaman serisi modellerinde değişken, hem kendinin hem de hata teriminin gecikmeli değerleri tarafından açıklanmaktadır (Göktaş, 2005).

Bu yaklaşıma temel olan nokta cimrilik (tutumluluk) ilkesidir ve yaklaşım dört aşamadan oluşmaktadır(Enders, 2015: 76).Bu yaklaşımın aşamaları Tablo7’de görülmektedir:

- Model belirleme,
- Modelin tahmini,
- Modelin uygunluk testi,
- Geleceğe yönelik öngörü.

Tablo7: Box-Jenkins Yaklaşımı

Modelin Belirlenmesi	Veri Hazırlama:
	<ul style="list-style-type: none"> • Varyans sabitleştirmek için verilere dönüştürme işlemi uygulanır. • Durağan seriyi bulmak için verilerin farkı alınır.
	Model Seçimi:
	<ul style="list-style-type: none"> • Modelleri belirlemek için ACF ve PACF hesaplanır.
Tahmin ve Test	Tahmin:
	<ul style="list-style-type: none"> • Modellerdeki parametrelerin tahminleri yapılır. • Uygun kriterler kullanılarak optimal model seçilir.
	Ayırt edici (Tanı) Kontrol:
	<ul style="list-style-type: none"> • Artıkların (hataların) ACF/PACF’leri kontrol edilir. • Artıkların normallik testleri yapılır. • Artıklar beyaz gürültü müdür? • Model yeterli midir?
Uygulama	Kesitirim (Önraporlama):
	<ul style="list-style-type: none"> • Kesitirim ve kontrol amacıyla model kullanılır.

Kaynak: Sevüktekin ve Nargeleşkenler, 2005:165

i) Modelin Belirlenmesi

Analizi yapılacak zaman serisine uygun olan modeli belirlemek için aşağıdaki üç aşama izlenmektedir:

1. Olağan dışı gözlemleri belirleyebilmek için serilerin zaman yolu grafiği çizilmekte ve varsayım sabitliği sağlanana dek dönüştürme işlemi uygulanmaktadır.

2. Otokorelasyon fonksiyonları ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları hesaplanmakta ve eğer otokorelasyonlar hızlı bir şekilde düşüp ortadan kalkmıyorsa serinin durağan dışılığına kanaat getirilmektedir. Bu durumda durağanlığın sağlanabilmesi için seriye fark alma işlemi uygulanmaktadır.

3. Durağanlık sağlandıktan sonra modelin derecesine karar verebilmek için otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. AR modelinin derecesi anlamlı kısmi otokorelasyon, MA modelinin derecesi ise anlamlı otokorelasyon katsayılarının sayısı ile belirlenmektedir. Eğer süreç, $AR(p)$ ise otokorelasyon katsayıları üstel olarak sifıra yaklaşırken, kısmi otokorelasyon katsayıları p gecikmeden sonra sıfır olmaktadır. Otokorelasyon katsayıları üstel azalmanın yanında sinüs dalgası şeklinde veya sarkaç hareketine benzer bir yapıda da olabilmektedir.

$MA(q)$ ise otokorelasyon katsayıları q gecikmeden sonra sıfır olmakta, buna karşılık kısmi otokorelasyon katsayıları üstel olarak sifıra yaklaşmaktadır. Kısmi otokorelasyon katsayıları sinüsoidal dalgalanma şeklinde de olabilmektedir.

$ARMA(p,q)$ modellerinde ise hem otokorelasyon katsayıları hem de kısmi otokorelasyon katsayıları üstel olarak sifıra yaklaşmaktadır. Ayrıca sinüsoidal dalgalanmalar şeklinde de olabilmektedir. Tablo 8'de otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon katsayılarının davranışlarına ilişkin bilgi yer almaktadır.

Tablo 8: ACF ve PACF'nin Davranışları

MODEL	ACF	PACF
MA(q)	Q gecikme sonrası sifırı keser veya sifıra yaklaşır.	Üstel olarak veya sinüs dalgaları şeklinde azalır.
AR(p)	Üstel olarak veya sinüs dalgaları şeklinde azalır.	p gecikme sonrası sifırı keser veya sifıra yaklaşır.
ARMA(p,q)	Üstel olarak veya sinüs dalgaları şeklinde azalır. p gecikme sonrası sifırı keser veya sifıra yaklaşır.	Üstel olarak veya sinüs dalgaları şeklinde azalır. q gecikme sonrası sifırı keser veya sifıra yaklaşır.

Kaynak: Akgül, 2003

ii) Modelin Tahminlenmesi

Uygun p, q ve d değerleri tespit edildikten sonra, parametrelerin tahmini yapılabilir. Bu işlem için en küçük kareler, maksimum benzerlik veya doğrusal olmayan optimizasyon yöntemi kullanılabilir. Şayet saf bir AR süreci belirlenmişse bu durumda parametre tahmini için en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. Eğer bir MA süreci belirlenmişse maksimum benzerlik veya en küçük kareler yöntemi, her ikisi aynı anda yer alıyorsa doğrusal olmayan optimizasyon yöntemi kullanılmaktadır (Gujarati, 2005: 744).

iii) Modelin Uygunluğunun Araştırılması

Üçüncü aşamada ise, parametreler tahmin edildikten sonra modelin verilere uygunluğu araştırılmaktadır. Öncelikle modelden elde edilen tahmin serisinin otokorelasyon fonksiyonu ile gözlem serisinin otokorelasyon fonksiyonu karşılaştırılmakta ve benzerlik göstermeleri halinde modelin uygunluğu hakkında bir fikir edinilmiş olmaktadır.

Modelin uygun olabilmesi için daha sonra sağlanacak olan koşul, hata terimleri arasında otokorelasyon olmamasıdır. Hata terimleri, sıfır ortalamaya ve sabit varyansa sahip olmalı ve her gecikme için otokorelasyon değerleri anlamsız dolayısıyla birbirinden bağımsız olmalıdır yani beyaz gürültü özelliği göstermelidir. Bunun için modelin hata terimlerinden elde edilen otokorelasyon katsayılarının güven sınırlarını aşp aşmadığı kontrol edilmektedir. Hata terimlerinin otokorelasyon katsayıları güven sınırlarını aşmıyor ise, katsayılar %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı değildir ve belirlenen model uygun bir modeldir. Modelin uygunluğunun araştırılmasında kullanılan başka bir yöntem de hata terimlerinden elde edilen otokorelasyon katsayılarının anlamlılığını tek tek değil de birlikte test edilmesini sağlayan Box-Pierce ve bu testin yeniden düzenlenmiş şekli olan Ljung-Box testleridir. Tahmin edilen parametrelerden bazılarının istatistiki olarak anlamsız olması durumunda ise bu parametrelerin modelden dışlanması gerekmektedir.

Modelin uygunluğunun araştırılmasında hipotez testlerinden başka bilgi temelli seçim kriterleri de kullanılmaktadır. Akaiki Bilgi Kriteri (AIC), Schwartz Bayesian Bilgi Kriteri (SBIC) ve Hannan-Quinn bilgi Kriteri (HQIC) en çok kullanılan bilgi kriterlerinden bazılarıdır. Bilgi kriterleri kendi aralarında

karşılaştırıldığında, SBIC değeri AIC değerinden her zaman küçük iken HQIC değeri SBIC ve AIC değerleri arasındadır. Model karşılaştırılmasında ise her zaman minimum bilgi kriter değerine sahip olan model seçilmelidir (Brooks, 2008: 232).

iv) Öngörü

Uygun olan ARIMA modeli seçildikten sonra son aşama olan öngörü işlemine geçilmektedir. Bu yaklaşımın kullanıldığı zaman serileri analizindeki en önemli nokta, serinin gelecekte alacağı değerlere en yakın öngörüler elde edebilmektir. Bundan dolayı gözlem ve öngörü değerleri arasındaki ortalama hata kareinin en düşük düzeyde olması gerekmektedir.

3.3 Koşullu Değişen Varyans Modelleri

Hata terimlerinin varyansının zaman içinde değişmediği varsayımı klasik doğrusal regresyon modelinin temelini oluşturan birkaç unsurdan bir tanesidir. Ancak literatürde yer alan bazı çalışmalara bakıldığında, özellikle yatay kesit veri içeren ve hisse senedi, döviz kuru gibi finansal veriler kullanılan çalışmalarda hata teriminin varyansının sabit olmayabileceği gözlenmektedir. Bu durumda ise En Küçük Kareler (EKK) tahmin edicileri sapmasızlık ve tutarlılık özelliklerini korumakta ancak tahmin edilen parametreler etkinlik özelliğini kaybetmektedir. Öncülüğünü Engle (1982)'ın yapmış olduğu çalışmalar sayesinde yeni modeller geliştirilmiştir (Yavuz, 2014:434).

3.3.1 Simetrik Koşullu Değişen Varyans Modelleri

Simetrik koşullu değişen varyans modellerinde, piyasa üzerindeki etkisinin olumlu veya olumsuz olduğu düşünülen haberlerin volatiliteye etkisi aynı olmaktadır. Otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modeli, genelleştirilmiş otoregresifkoşullu değişen varyans (GARCH) modeli, ARCH-M ve GARCH-M modelleri üzerindeki simetrik etkilerini açıklayan modellerdir.

3.3.1.1 Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) Modelleri

Engle (1982) tarafından geliştirilen model sayesinde, hata terimlerinin sabit varyansa sahip olduğu yönündeki ortak görüşün geçerli olmadığı kanıtlanmıştır. Buradaki temel mantık, bir sonraki döneme ait varyans tahmininin önceki dönemler ile ilişkili olmasıdır. Engel (1982), koşullu değişen varyansı basit bir AR(1) modelinden yola çıkarak tanımlamıştır.

$$y_t = b_0 + b_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.26)$$

$$\varepsilon_t = z_t h_t^{1/2} z_t, \text{ iid}, E(z_t) = 0, \text{Var}(z_t) = 1 \quad (3.27)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 \quad (3.28)$$

Denklem (3.26)'da y_{t-1} , bağımlı değişkeni açıklayan gecikme değerini, ε_t hata terimini, z_t ortalaması 0, varyansı 1 olan tesadüfi hata sürecini ve b_0 ile b_1 bilinmeyen parametreleri temsil etmektedir.

ε_t 'nin koşulsuz ortalaması ve varyansı;

$$E(\varepsilon_t) = 0 \quad (3.29)$$

$$\text{var}(\varepsilon_t) = \frac{\alpha_0}{(1-\alpha_1)} \quad (3.30)$$

şeklinde, ε_t 'nin koşullu ortalaması ve koşullu varyansı ise ψ_{t-1} ile gösterilmekte olan ve bir dönem önceki bilgisine bağlı olan z_t ve ε_t 'nin bağımsız rassal süreçler olmaları varsayımına dayanılarak denklem (3.31) ve (3.32)'deki gibi gösterilmektedir.

$$E(\varepsilon_t | \psi_{t-1}) = E(\varepsilon_t | \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots) = E(z_t) E[(\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2)^{1/2}] = 0 \quad (3.31)$$

$$E(\varepsilon_t^2 | \psi_{t-1}) = E(\varepsilon_t^2 | \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots) = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 \quad (3.32)$$

ε_t 'nin koşullu varyansının bir dönem gecikmeli değerinin doğrusal bir fonksiyonu olmasından dolayı, ε_{t-1}^2 'nin büyük bir değer alması durumunda koşullu varyans da büyük bir değer alacaktır ve aynı şekilde bu durumun tam tersi de geçerli olabilecektir. Bu sayede finansal verilerin modellenmesinde görülen değişen varyans ve oynaklık kümelenmesi bu model içerisinde yer almaktadır.

Denklem (3.28) ile gösterilen basit ARCH(1) modelinde, ε_t için denklem (3.26)'dan hareketle, varyans denklemi, h_t 'yi zamanla değişen bir yapıda göstererek açıklamaktadır. Bu denklemde yer alan α_0 ve α_1 sabit parametreleri, koşullu varyansın negatif değerler almaması ve modelin istikrarının sağlanması amacıyla $\alpha_0 > 0$ ve $0 < \alpha_1 < 1$ koşulları ile sınırlandırılmış birer parametredir. Ayrıca ARCH(p) modeli için, sabit terim hariç diğer α değerlerinin her biri ya da toplamı 1'den küçük olmalıdır. Modelde durağanlığın sağlanması varyansın sonsuz bir değere sahip olmaması açısından önemlidir.

Zaman serisi verilerinde karşılaşılan değişen varyans ve bağımlılığı modelleyen ARCH modelinin bazı zayıflıkları da vardır. Bu zayıflıklar aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Tsay,2010: 119):

1- Model, volatilité üzerinde pozitif ve negatif şokların aynı etkiye sahip olduklarını ve volatilitenin önceki şokların karelerine bağılı olduğunu varsaymaktadır. Ancak gerçek hayatta finansal bir varlığın fiyatının pozitif ve negatif şoklara farklı tepkiler verdiği bilinmektedir.

2- ARCH modeli oldukça sınırlayıcı bir modeldir. Koşullu varyansın negatif olmaması gibi bazı özelliklerini sağlayabilmek için $\alpha_0 > 0$ ve $0 < \alpha_1 < 1$ gibi kısıtlamalar gerektirmektedir.

3- ARCH modeli, finansal serilerdeki değişiminin kaynağını anlamak için farklı bir bakış açısı sağlamamaktadır. Yalnızca koşullu varyansın davranışını açıklamaya yarar bu duruma sebep olan şeyi göstermemektedir.

4- ARCH modeli büyük izole şoklara yavaş cevap verdiği için volatilitéyi geç tahmin etmektedir.

3.3.1.2 Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) Modelleri

ARCH modeli volatilité sürecini açıklarken gecikme sayısının fazla olduğu durumlarda çok fazla parametreye ihtiyaç duyar ve bu durum tahmincilerin etkinliğini düşürmektedir. Ayrıca gecikmelerin uzun olduğu durumlarda koşullu varyans denklemindeki parametrelerin negatif olmama kısıtı da sağlanamamaktadır. Bundan dolayı Bollerslev (1986: 308), ARCH modelinin genişletilmiş hali olan, içerisinde daha fazla geçmiş bilgi barındıran ve gecikme yapısı daha esnek olan bir model geliştirmiştir. Bu modele genelleştirilmiş ARCH veya GARCH modeli denilmektedir. Bu model ARCH modelinin bir alternatifi değildir sadece ARCH modelinin eksikliklerini gidermeyi amaçlamaktadır. GARCH (p, q) modeli aşağıdaki şekilde formüle edilir.

$$y_t | \psi_{t-i} \sim N(0, h_t) \quad (3.33)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j} = \alpha_0 + \alpha(L) \varepsilon_t^2 + \beta(L) h_t \quad (3.34)$$

$$\varepsilon_t = y_t - x_t \beta \quad (3.35)$$

Y_t serisi, ψ_{t-i} bilgi kümesine koşullu ortalaması 0 ve koşullu varyansı h_t olan normal bir dağılımı temsil etmektedir. Burada, $p > 0$, $q \geq 0$, $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$ ($i=1,2,\dots,p$) ve $\beta_j \geq 0$ ($j=1,2,\dots,q$) koşulları sağlanmalıdır. GARCH(p,q) modelinde $q=0$ durumunda standart ARCH(p) modeli elde edilmektedir. Eğer $p=q=0$ olursa süreç ε_t , saf hata terimine eşit olmaktadır. Finans literatüründe en sık kullanılan model olan GARCH(1,1) modeli denklem (3.36)'da gösterildiği gibidir;

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1} \quad (3.36)$$

Bu modelde denklemin kararlılığı için $\alpha_0 > 0$ ve $\alpha_1, \beta_1 \geq 0$ koşulları sağlanmalıdır. GARCH(1,1) modelinin durağan olabilmesi için $\alpha_1 + \beta_1$ toplam değerinin 1'den küçük olması şartı aranmaktadır. $\alpha_1 + \beta_1$ toplamının 1'e yakın değer alması ise getiri volatilitésinin yüksek olduğu ve süreklilik arz ettiği anlamına gelmektedir.

GARCH modeli de ARCH modelindeki zayıflıklara sahiptir (Sarioğlu,2005: 54);

1- GARCH modelinde şokların pozitif ya da negatif olmasının bir önemi yoktur. Çünkü model sadece şokların büyüklüklerini dikkate almaktadır. Bu sebepten mutlak değer olarak aynı büyüklüğe sahip şoklar volatilitéye aynı şekilde etki etmektedir.

2- GARCH modelinin içerdiği kısıt miktarının fazla olmasından dolayı modelin mertebesi arttıkça kısıtlar daha da karmaşık hale gelmektedir.

GARCH modeli de ARCH modeli gibi finansal zaman serilerindeki varyansın değişim nedenini araştırmayan bir modeldir.

3.3.1.3 Ortalamada Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH-M) Modeli

Engle, Lilien ve Robins, 1987 yılında yapmış oldukları faizlerin vade yapısı ile ilgili çalışmada ARCH modelini geliştirerek, bir serinin ortalamasının kendi koşullu varyansına bağlı olduğunu ileri sürmüşler ve ortalama modeline koşullu varyansı ya da standart sapmayı dahil ederek ARCH-M modelini ortaya çıkarmışlardır (Enders, 2015: 143). Bir ARCH-M modelinin genel biçimi aşağıdaki şekildedir:

$$y_t | \psi_{t-i} \sim N(x_t \beta + \pi h_t, h_t) \quad (3.37)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (3.38)$$

$$\varepsilon_t = y_t - x_t \beta \quad (3.39)$$

3.3.1.4 Ortalamada Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH-M) Modeli

ARCH-M modelinin Bollerslev(1987), tarafından genişletilmesi sonucu GARCH-M modeli oluşturulmuştur. Bu modelde de, koşullu varyans ya da koşullu standart sapma, ortalama denklemi içerisine açıklayıcı bir değişken olarak eklenmekte ve aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

$$e_t = \sqrt{h_t} Z_t \quad (3.40)$$

$$Y_t = X_t b + \lambda \sqrt{h_t} + e_t \quad (3.41)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1} \quad (3.42)$$

Denklem (3.41)'de yer alan λ parametresi, risk primini ifade etmektedir. Pozitif olması durumunda getirinin kendi geçmiş volatilitesi ile pozitif ilişki içinde olduğu anlamına gelmektedir.

3.3.1.5 Bütünleşik Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (IGARCH) Modeli

Birim kök içeren GARCH modellerine IGARCH modelleri denir ve ARIMA modellerinde olduğu gibi şokların karesi IGARCH modellerinde de kalıcı etkilere sahiptir (Tsay, 2010: 140).

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_i \sum_{i=1}^q \varepsilon_{t-i}^2 + \beta_i \sum_{i=1}^p h_{t-i} \quad (3.43)$$

Denklem (3.43)'de yer alan GARCH(p, q) sürecinde, model GARCH(1,1) olarak ele alındığında şayet $\alpha_1 + \beta_1 = 1$ kısıtı mevcut ise modelde IGARCH süreci var demektir. Yani bu durum varyansta birim kökün olduğu anlamına gelmekte ve bütünleşik GARCH olarak adlandırılmaktadır.

3.3.2 Asimetrik Koşullu Değişen Varyans Modelleri

Simetrik koşullu değişen varyans modelleri şokların volatilité üzerindeki etkisinin simetrik olduğunu varsaymaktadır. Örneğin getirilerde meydana gelen

artışlar ve azalışlar, iyi ve kötü haberler olarak düşünülürse kötü bir haberin yaratacağı negatif yöndeki volatilité, iyi bir haberin yaratacağı pozitif yöndeki volatiliteden daha fazla olabilmektedir. Yani olumsuz haberlerin volatilitéyi olumlu haberlerden daha fazla artırması beklenmektedir. Black (1976) tarafından ortaya konan bu etkiye kaldıraç etkisi denir ve bu durum asimetrik koşullu değişen varyans modelleriyle incelenmektedir.

3.3.2.1 Üstel Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (EGARCH) Modeli

Varyansın etkisinin simetrik olduğu kabul edilen ARCH ve GARCH modellerinde, pozitif veya negatif olduğuna bakılmaksızın büyüklüğü mutlak değerce eşit olan şokların volatilité üzerinde aynı etkiye sahip olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca bu modeller volatilitenin sadece büyüklüğünü ele almaktadır. Oysa finansal piyasaların algılama şekillerine göre olumlu ve olumsuz bir haberin volatilité üzerindeki etkisi farklı olmakta, azalış yönündeki dalgalanmalar artış yönündeki dalgalanmalardan daha fazla volatilitéye sebep olmaktadır (Nelson, 1991:347). Bu sebeple, asimetrik ilişkinin varlığının yanında kaldıraç etkisi olarak bilinen etkinin de belirlenmesine imkan tanıyan EGARCH modeli geliştirilmiştir. EGARCH modelinde koşullu varyans;

$$\ln(h_t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i g(z_{t-i}) + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln_{t-j} \quad (3.44)$$

(3.44) denklemi ile tanımlanmakta ve bu denklemde yer alan $g(z_t)$ asimetrik tepki fonksiyonu olarak ifade edilmekte ve aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

$$g(z_t) = \theta z_t + \gamma [|z_t| - E|z_t|] \quad (3.45)$$

$g(z_t)$ tepki fonksiyonunda yer alan θ , hata teriminin işaretinin koşullu varyans üzerindeki etkisini gösterirken, γ ise, şokun büyüklüğünün koşullu varyans üzerindeki etkisini göstermektedir. Şayet $\theta < 0$ ise asimetri etkisi vardır, $\theta = 0$ ise asimetri etkisi yoktur. $\theta < 0$ olması durumu kaldıraç etkisini ortaya koymaktadır. Bu durum kötü haberlerin oynaklığı, iyi haberlerden daha çok etkilediği şeklinde yorumlanmaktadır. Büyüklük etkisini gösteren γ 'nın $\gamma > 0$ olması beklenmektedir.

EGARCH modelinin diğer koşullu değişen varyans modellerine göre üstün olmasının en önemli nedeni, koşullu varyansın modelde logaritmik olarak ifade ediliyor olmasıdır. Böylece denklemin parametreleri negatif olsa bile koşullu varyans

pozitif bir değer almakta ve parametrelere konulan negatif olmama koşuluna gerek kalmamaktadır. Koşullu varyansın pozitif olabilmesi için parametreler üzerine ek kısıtlamalar koymaya gerek yoktur(Brooks,2008: 406).

Ayrıca Nelson (1991), EGARCH modelinin standartlaştırılmış hata terimlerinin normal dağılıma değil Genelleştirilmiş Hata Dağılımı'na (Generalized Error Distribution – GED) uyduğunu varsaymaktadır.

3.3.2.2 Eşik Değerli Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (TARCH) Modeli

Volatilitiyi açıklamada asimetrik etkiyi dikkate alan bir diğer modelde eşik değerli ARCH (TARCH) modelidir (Zakoian, 1994: 931). TARCH(1,1) modeli aşağıdaki şekilde gösterilmektedir;

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 D_{t-1} \quad (3.46)$$

Denklem (3.46)'da ε_{t-i} için bir eşik değer temel alınarak koşullu varyans modeline eşiği ifade eden bir kukla değişken eklenmiştir. Kukla değişken,

$$D_{t-1} = \begin{cases} 1, & \varepsilon_{t-1} < 0 \\ 0, & \varepsilon_{t-1} \geq 0 \end{cases}$$

Şeklinde tanımlanmaktadır. TARCH modelinde eşik etkisinin varlığı γ_1 parametresinin istatistiksel açıdan anlamlı olup olmamasına bağlıdır.

3.3.2.3 Glosten-Jagannathan-Runkle Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GJRGARCH)

Asimetrik bir model olan GJR modeli, Glosten, Jagannathan ve Runkle (1993) tarafından geliştirilmiştir. Denklem (3.47)'deki gibi gösterilmektedir;

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \gamma_j D_{t-j} \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \quad (3.47)$$

Bu modelde, koşullu varyansın negatif olmaması için EGARCH modelinin aksine bazı parametrelere kısıtlamalar konulması durumu söz konusudur. Modelin kısıtları aşağıdaki şekildedir:

$$\varepsilon_t < 0 \text{ ise } D_t = 1 \text{ ve}$$

$$\varepsilon_t \geq 0 \text{ ise } D_t = 0$$

Bu modelde asimetri parametresi γ , $\varepsilon_{t-i} < 0$ olması durumunda anlamlı olmaktadır. Ayrıca $\gamma > 0$ durumunda ise, geçmişte gerçekleşen negatif şokların pozitif şoklara kıyasla varyans üzerindeki etkisi daha fazladır.

3.3.2.4 Asimetrik Etkili Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (APARCH)

Modeli

Koşullu varyans üzerindeki asimetriklik etkisini hesaba katan bir diğer model ise, Ding, Granger ve Engle (1993) tarafından geliştirilen asimetrik üslü ARCH (Asymmetry Power ARCH-APARCH) modelidir. Bir APARCH(p, q) modeli aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$h_t^{\omega/2} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| - \delta_i \varepsilon_{t-i})^\omega + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^{\omega/2} \quad (3.48)$$

Denklem (3.48)'de $\omega > 0$, $T \leq p$, $i=1, 2, \dots, T$ için $|\delta_i| \leq 1$ ve tüm $T < i$ için $\delta_i = 0$ koşullarının gerçekleşmesi gerekmektedir. Ayrıca denklemde δ kaldıraç, ω ise kuvvet parametresidir. Bu model kaldıraç etkisini modellemek için değiştirilebilir. Üstel dönüşümcü ω 'nin esnekliği, asimetriyi sağlayan δ_i değişkeni ile birleştirilmektedir.

3.4 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Öztemel, 2012: 29).

Bir başka deyişle yapay sinir ağları, insan beyninden esinlenerek geliştirilen, insan beynini taklit eden, çeşitli ağırlıklara sahip bağlantılar ile birbirine bağlı ve her birinin kendine ait belleğinin olduğu işlem elemanlarından oluşan sistemlerdir (Elmas, 2003).

3.4.1 Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

Yapay sinir ağlarının tümünde geçerli olan özellikler aşağıda verilmiştir.

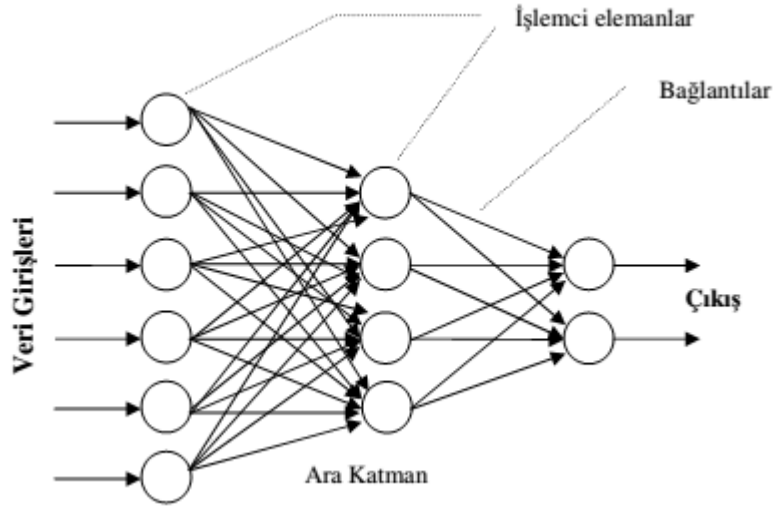
- Yapay sinir ağlarının öğrenme yöntemi makine öğrenmesidir.
- Yapay sinir ağlarının programlarının çalışması mevcut programlama teknikleri ile benzerlik göstermektedir.
- Bilgi saklanabilmektedir.

- Yapay sinir ağıları benzer örnekleri kullanma şeklinde öğrenmelerini gerçekleştirirler.
- Yapay sinir ağlarından güvenilir sonuçlar beklenebilmesi için öncelikle eğitiminin gerçekleştirilmesi ardından performans testlerinin yapılması gerekmektedir.
- Daha önce karşılaşmadıkları örnekler hakkında bilgi üretebilmektedirler.
- Algılamaya dönük durumlarda kullanılabilirler.
- Şekilleri (örüntü) ilişkilendirebilmekte ve bunları sınıflandırabilmektedirler.
- Örüntüleri tamamlayabilmektedirler.
- Kendiliğinden organize olabilmekte ve öğrenebilmektedirler.
- Bazı bilgilerin eksik olması durumunda bile çalışabilmektedirler.
- Hatalara ilişkin toleransa sahiptirler.
- Belirsizlikler içeren veya tamamına sahip olunamayan bilgileri işleyebilmektedirler.
- Dereceli bozulma gösterirler.
- Bellekleri dağıktır.
- Yalnızca nümerik bilgileri analiz edebilmektedirler (Öztemel, 2012: 33).

3.4.2 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Yapay sinir ağları, insan beynine ait biyolojik sinir ağlarından esinlenerek geliştirilen, birbirlerine belirli ağırlıklar ile bağlı öğrenme algoritmalarından ve transfer fonksiyonlarından oluşmaktadır. Daha açık bir ifadeyle yapay sinir ağlarının yapısı, girişi yapılan verilerden çıktılar üretebilen, basit bir matematiksel fonksiyonu ifade eden bir kara kutu olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 5: Yapay Sinir Ağları İşlem Süreci



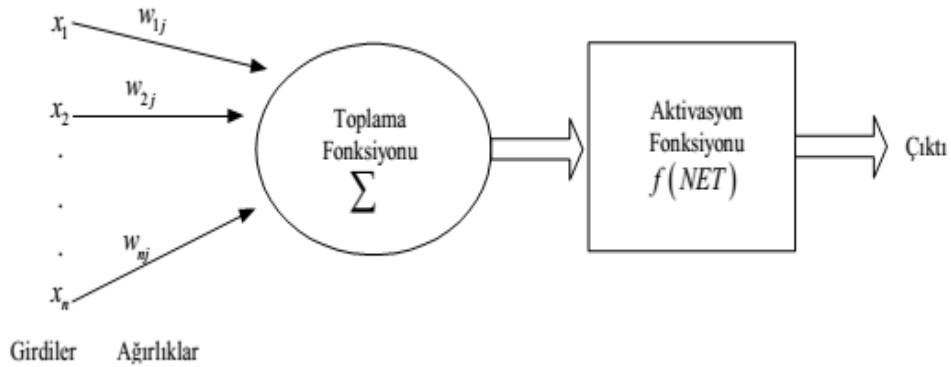
Kaynak: Öztemel, 2012:30

Yapay sinir ağları işlem süreci yukarıdaki Şekil 5’de gösterilmiştir. Sistemin ilk adımı olan veri girişlerinin ardından işlemci elemanlar (nöronlar) ve bağlantı elemanları (aksonlar), işlemi çıkışa doğru devam ettirmektedir.

3.4.3 Yapay Sinir Hücresi

Yapay sinir hücresi, biyolojik sinir hücresinin gösterdiği davranışlar temel alınarak geliştirilen matematiksel kalıbı çalıştıran bir algoritma şeklinde tanımlanabilir. Şekil 6’da bir yapay sinir hücresi görülmektedir.

Şekil 6: Yapay Sinir Hücresi



Kaynak: Öztemel, 2012

i. Girdiler: Girdi sayısı çözülen probleme göre değişmek koşuluyla, dışarıdan veya başka bir sinir hücresinden gelen bilgilerdir (X_1, X_2, \dots, X_n).

ii. Ağırlıklar: Ağırlıklar bir yapay sinir hücresine iletilen bilginin önem derecesini ve hücreye olan etkisini göstermektedir. Şekil 6'dan da görüldüğü gibi ağırlık W_j , girdi X_j ile gösterilmekte ve ağırlık değerleri sinir hücresine gelen girdinin, hücre çıktısına olan etkisine göre belirlenmektedir.

iii. Toplama Fonksiyonu: Bu fonksiyonun görevi, hücreye gelen net girdiyi hesaplayarak en çok kullanılan ağırlıklı toplamı bulmaktır. Bunu da farklı fonksiyonlar kullanarak hesaplamaktadır. Hücreye gelen girdi değerlerinin kendisine ait olan ağırlığı ile çarpılması sonucu ağırlıklı net girdisi bulunmaktadır (Öztemel, 2012:49). Toplama fonksiyonu denklem (3.49)'da gösterilmektedir.

$$NET = \sum_{i=1}^n w_{ij}x_i + \theta_j \quad (3.49)$$

Bu fonksiyona göre, öncelikle her ağırlık kendi giriş değeri ile çarpılmaktadır. Ardından eşik değeri (θ_j) ile toplanarak etkinlik işlevine gönderilmektedir. Burada eşik değeri (θ_j) ağırlıklı net girdinin engel olmak için kullanılmaktadır. Hangi toplama fonksiyonunun kullanılacağına deneme-yanılma yöntemi ile karar verilmektedir. Toplama fonksiyonuna ilişkin örnekler Tablo 9'da görülmektedir.

Tablo 9: Toplama Fonksiyonu Örnekleri

Net Giriş	Açıklama
Çarpım NET Girdi = $\prod G_i A_i$	Ağırlık değerlerinin girdiler ile çarpılması sonucu bulunan değerlerin tekrar birbirleri ile çarpılması sonucu net girdi değerleri hesaplanmaktadır.
Maksimum Net Girdi = $\text{Max}(G_i A_i), i=1 \dots N$	N sayıda girdi ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra elde edilen en büyük değer, yapay sinir hücresinin net girdisini oluşturmaktadır.
Minimum Net Girdi = $\text{Min}(G_i A_i), i=1 \dots N$	N sayıda girdi ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra elde edilen en küçük değer, yapay sinir hücresinin net girdisini oluşturmaktadır.
Çoğunluk Net Girdi = $\sum \text{sgn}(G_i A_i)$	N sayıda girdi ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra elde edilen pozitif ve negatif değerlerin sayısı bulunduktan sonra büyük olan sayı hücrenin net girdisini oluşturmaktadır.
Kümülatif Toplam Net Girdi = $\text{Net}(\text{eski}) + \sum(G_i A_i)$	Yapay sinir hücresine gelen bilgiler ağırlıklandırılarak toplanır ve önceki bilgilere eklenerek hücrenin net girdisine ulaşılır.

Kaynak: Öztemel, 2012:50

iv. Aktivasyon (Transfer) Fonksiyonu: Tablo 10’de örnekleri görülmekte olan aktivasyon fonksiyonu, hücreye ulaşan net girdiyi işleme tabi tutarak bu girdiden elde edilecek çıktıyı oluşturmaktadır. Bunun için farklı formüller kullanılır. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi, aktivasyon fonksiyonunda da deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Çünkü uygun fonksiyonu gösteren bir formül yoktur.

Tablo 10: Aktivasyon Fonksiyonu Örnekleri

Aktivasyon Fonksiyonu	Açıklama
Sigmoid fonksiyonu $F(\text{NET}) = \frac{1}{1 + e^{-\text{NET}}}$	Toplama fonksiyonu ile belirlenen, işlem elemanına gelen NET, girdi değerini ifade etmektedir.
Lineer fonksiyon $F(\text{NET}) = \text{NET}$	Hücreye gelen girdilerin tamamı hücrenin çıktısı olarak işlem görmektedir.
Step Fonksiyonu $F(\text{NET}) = \begin{cases} 1 & \text{eğer NET} > \text{eşik değer} \\ 0 & \text{eğer NET} \leq \text{eşik değer} \end{cases}$	Bir eşik değer belirlenir ve NET girdi değerinin bu değer altında veya üstünde olması durumlarına bağlı olarak hücre çıktısı 1 veya 0 değerini almaktadır.
Sinüs Fonksiyonu $F(\text{NET}) = \text{Sin}(\text{NET})$	Yapay sinir ağına öğretilmesi istenen durumların dağılımının sinüs fonksiyonuna uyması halinde kullanılmaktadır.
Eşik Değer Fonksiyonu $F(\text{NET}) = \begin{cases} 0 & \text{eğer NET} \leq \text{eşik değer} \\ \text{NET} & \text{eğer } 0 < \text{NET} < 1 \\ 1 & \text{eğer NET} \geq \text{eşik değer} \end{cases}$	Eşik değerler olan 0 veya 1’den büyük veya küçük olması durumlarına göre değerler almaktadır. Yalnızca 0 ve 1 arasında değerler alabilmekte bunların dışında değerler alamamaktadır.
Hiperbolik tanjant fonksiyonu $F(\text{NET}) = (e^{\text{NET}} + e^{-\text{NET}}) / (e^{\text{NET}} - e^{-\text{NET}})$	Gelen NET girdi değerinin tanjant fonksiyonu ile işlemden geçirilmesi sonucu hesaplanmaktadır.

Kaynak: Öztemel, 2012:30

v. Hücre Çıktısı: Yapay sinir hücresinin ürettiği değere hücre çıktısı adı verilmektedir. Üretilen çıktı sonuç olarak kullanılabilceği gibi başka bir hücreye de gönderilebilmektedir. Ayrıca hücre, kendisinin elde ettiği çıktı değerini yine kendisine girdi olarak iletebilmektedir.

3.4.4 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Yapay sinir ağlarını, bağlantı yapılarına, öğrenme şekillerine ve katman sayılarına göre olmak üzere üç sınıfa incelemek mümkündür.

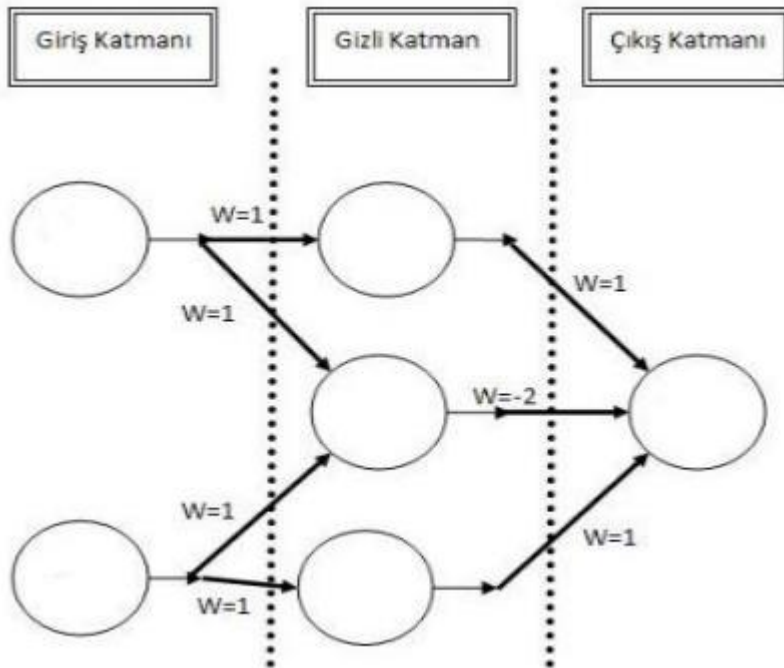
3.4.4.1 Bağlantı Yapılarına Göre Yapay Sinir Ağları (Mimari)

Yapay sinir ağları, bağlantı yapılarına göre, ileri beslemeli ağlar (feedforwardnetworks) ve geri beslemeli ağlar (recurrentnetworks) olmak üzere iki ayrı başlık altında incelenmektedir.

i) İleri Beslemeli Ağlar

İleri beslemeli ağlarda katmanlar halinde bulunan işlem elemanları tüm katmanlardaki işlem elemanları ile bağlantı kurarlar ancak sadece kendi aralarında yani aynı katman içerisinde bağlantı kurmazlar. İleri beslemeli ağlarda sinyallerin iletimi girdi katmanından çıktı katmanına doğru olarak yalnızca tek yönde gerçekleşmektedir. Ayrıca gizli katmandaki nöronların doğrusal olmayan davranışları, ileri beslemeli ağlarda doğrusal olmayan bir yapı göstermesine neden olmaktadır (Efe ve Kaynak, 2000:13). Çok Katmanlı Algılayıcı (MultilayerPerceptrons) ve Doğrusal Vektör Parçalama Modeli (Learning Vector Quantization) ileri beslemeli ağ örneklerindedir (Sağiroğlu vd., 2003:41). İleri beslemeli ağa ilişkin yapı Şekil 7’de gösterilmektedir.

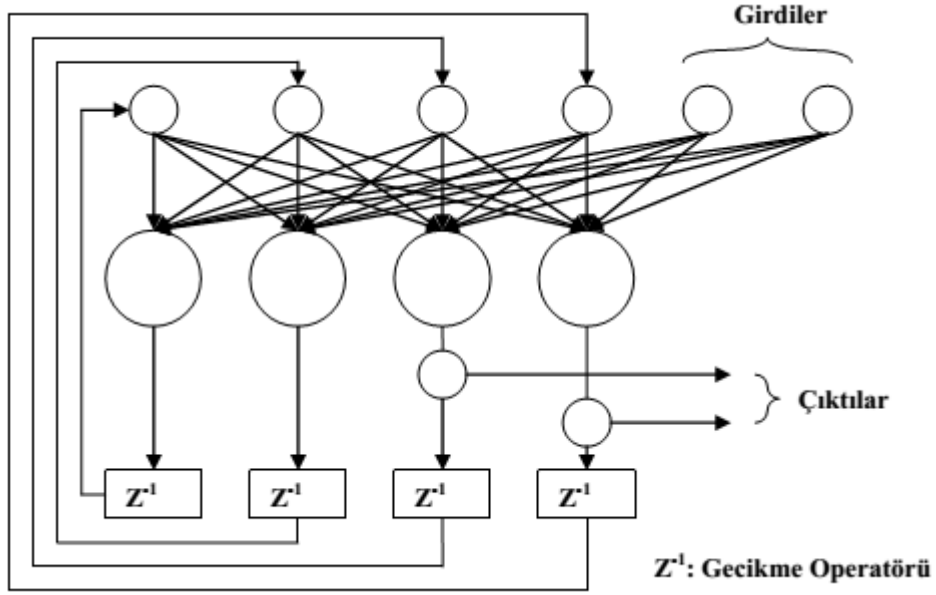
Şekil 7: İleri Beslemeli Ağ Yapısı



ii) Geri Beslemeli Ağlar

Geri beslemeli ağların, ileri beslemeli ağlardan temel farkı Şekil 8’de de görüldüğü gibi, hücrelerin ürettiği çıktılarının girdi katmanına gönderilerek yeniden girdi olarak kullanılabilmesidir (Zhang, 2003:5). Bu duruma geri besleme denmektedir ve katman içinde bulunan hücreler arasında olabildiği gibi, katmanlar arasında bulunan hücreler arasında da olabilmektedir.

Şekil 8: Geri Beslemeli Ağ Yapısı



Kaynak: Haykin, 2005: 45

3.4.4.2 Öğrenme Şekillerine Göre Yapay Sinir Ağları

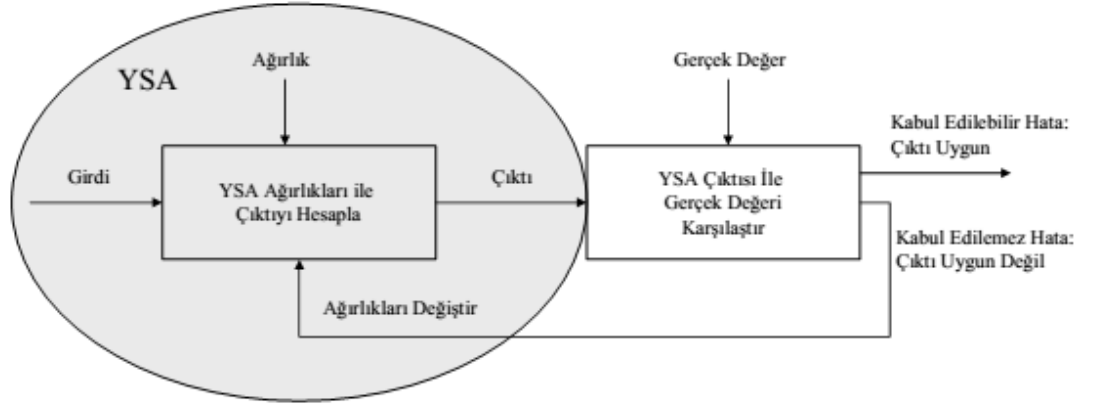
Yapay sinir ağlarının en belirleyici özelliklerinin başında, sinir hücreleri arasındaki bağlantı ağırlıklarını ayarlayarak gerçekleştirdiği öğrenme yeteneği gelmektedir. Öğrenme kurallarını kullanarak hücreler arasında bulunan ağırlıkları öğrenen yapay sinir ağlarının performansı, ağırlıkların değiştirilmesi sayesinde artırılabilir. Öğrenme şekilleri basit olarak, danışmanlı (öğretmenli) ve danışmansız (öğretmensiz) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

i) Danışmanlı Öğrenme

Şekil 9’da işleyiş süreci görülmekte olan danışmanlı öğrenmede, danışmanın girdi ve çıktıları (hedef değer) verdiği sistemin (ağın) temel görevi, olayın girdileri ve çıktıları arasındaki ilişkiyi öğrenebilmek için girdileri danışmanın belirlediği

çıktılara uygun şekilde haritalamaktır (Öztemel, 2012:25). Kısaca sistemin görevi, verilen hedef değerlere göre hedef çıktıyı üretebilmektir. Bu öğrenme sisteminin danışmanlı öğrenme sistemi adını almasının sebebi ise, sistemin çıktılarının, bir danışmanın kontrolündeymiş gibi, hedef değerlerle kıyaslanıyor olması ve kabul edilebilir değerler arasında olup olmadığının kontrol edilmesidir. Bundan dolayı hataların minimum olması için işlem boyunca ağırlıklar sürekli olarak güncellenmektedir. Danışmanlı öğrenmede hataların hesaplanması için genellikle MAE (Ortalama Mutlak Hata) ve RMSE (Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü) performans kriterleri kullanılır.

Şekil 9: Danışmanlı Öğrenmenin İşleyişi

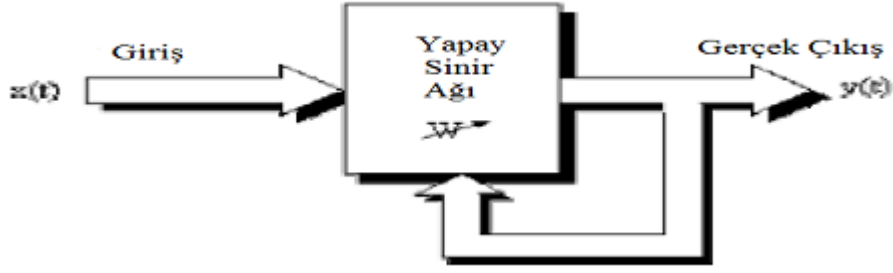


Kaynak: Yıldız, 2009: 49

ii) Danışmansız Öğrenme

Daha çok sınıflandırma türü problemlerin çözümünde kullanılan danışmansız öğrenme yönteminde, öğrenme işlemine yardım eden bir danışman bulunmadığı için, ağa sadece girdi değerleri sunulur ve parametreler arasındaki ilişkileri kendi kendisine öğrenmesi sağlanır (Öztemel, 2012:25). Burada sistemin üretmiş olduğu çıktıları karşılaştırarak kontrol işlemini gerçekleştirecek bir danışman bulunmamaktadır. Şekil 10'da bu sürecin işleyişi görülmektedir.

Şekil 10: Danışmansız Öğrenmenin İşleyişi



Kaynak: Sağiroğlu vd.,2003:81

3.4.5 Yapay Sinir Ağlarının Avantajları ve Dezavantajları

Yapay sinir ağlarının avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir (Öztemel,2012; Yurtoğlu,2005; Duman,2006):

- Herhangi bir matematiksel modele ihtiyaç duymazlar ve aynı zamanda doğrusal olan veya olmayan yapıları da kapsarlar. Evrensel fonksiyon yakınsayıcı yöntem olarak tanımlanmaktadır.

- Öğrenme yetenekleri vardır ve farklı öğrenme algoritmalarıyla öğrenebilirler. Özellikle, herhangi bir ön tanımlama olmadan, girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi öğrenebilme ve bu ilişkiyi hafızasında tutma yeteneğine sahiptirler.

- Ayrıca bahsedilen öğrenme yetenekleri sayesinde bilinen örnekleri kullanarak daha önce karşılaşmadığı durumlarda bile genelleme yapabilmektedirler.

- Yapay sinir ağları uygulamaları diğer sistemlere göre pratik ve ekonomiktir. Probleme uygun örneklerin bulunması, ağın oluşturulması, öğrenmesi çok kısa zamanda yapılabilmektedir.

- Sınırsız sayıda değişken ve parametre ile çalışabileceği gibi bir problemi çözebilmek için başlangıçta herhangi bir tanımlamaya ihtiyaç duymadan matematiksel olarak ifade edilemeyecek kadar karmaşık olan problemleri bile çözebilirler.

Yapay sinir ağlarının yukarıda belirtilen avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır (Öztemel, 2012:34):

- Çözümü aranan probleme ilişkin olarak en uygun ağıın tespiti çoğunlukla deneme yanılma yöntemine göre belirlenmektedir. Bu sebepten, yapay sinir ağları belirlenen ağıın en iyi çözüm yolu olduğunu garanti edememektedir.

- Yapay sinir ağlarına ilişkin başka bir sorun da ağlardaki öğrenme katsayısı, katman sayısı, katmanlardaki işlem elemanı sayısının belirlenmesine ilişkin bir kural olmayışıdır. Bahsedilen parametrelerin belirlenmesi tamamen araştırmacının deneyimine bağlıdır.

- Ağıın eğitiminin bitirilmesi için gereken zamanın seçilmesine dair de herhangi bir genel geçer kural yoktur. Bundan dolayı optimum (en iyi) öğrenmenin gerçekleştiği zamanı tespit etmek mümkün olmamaktadır. Yalnızca ağıın oluşturduğu hatanın belirlenen bir değerin altına inmesi durumunda eğitim bitirilmektedir.

- En önemli dezavantaj ise, ağıın davranışlarının açıklanamamasıdır. Bir yapay sinir ağından, girdi vektörlerinin çıktı vektörlerine dönüşümleri hakkında bilgi elde etmek mümkün değildir.

3.4.6 Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modeli Geliştirmenin Adımları

Yapay sinir ağları ile yapılacak olan öngörü işleminde kullanılacak olan ağıın tasarımı için izlenecek olan adımlar 8 ana başlık altında toplanmaktadır (Kaastra, Boyd, 1994).

1. Değişken seçimi
2. Verilerin toplanması
3. Verilerin hazırlanması ve bir ön işlemden geçirilmesi
4. Eğitim, test ve doğrulama verilerinin ayrıştırılması
5. Yapay sinir ağının tasarlanması
 - a. Girdi katmanında bulunan nöron sayısını belirleme
 - b. Gizli katman ve nöron sayısını belirleme
 - c. Çıktı katmanında bulunan nöron sayısını belirleme
 - d. Aktivasyon (Transfer) Fonksiyonunu Belirleme
6. Hesaplama kriteri
7. Yapay sinir ağının eğitilmesi
8. Uygulama

- Değişken Seçimi

Başarılı bir ağ tasarlamak için problemin en iyi şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle öngörü işleminde kullanılacak olan girdi değişkenin hangi değişkenler ile ilişki içerisinde olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Burada girdi değişkenin seçimi teknik veya temel veriler olmak üzere iki farklı şekilde olabilir. Teknik girdiler, yani bağımsız değişkenler, bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri olabileceği gibi gecikmeli değerlerden hesaplanan veriler de olabilmektedir. Temel veriler ise bağımlı değişkenler üzerinde etkisi olduğu düşünülen farklı bağımsız değişkenlerdir (Hu, 2002:137). Öngörü için kullanılacak girdi değişkenlerinin doğru seçilmesi, ağın daha hızlı öğrenmesini, daha iyi genelleştirme yapabilmesini ve öngörü performansının daha iyi düzeylere çıkmasını sağlamaktadır.

- Verilerin Toplanması

Bu aşamada araştırmacının dikkat etmesi gereken en önemli husus çalışmada kullanılacak olan verilere ilişkin erişim kolaylığıdır. Teknik verilerin, Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, vb. gibi kurumlara ait resmi internet sayfalarından sağlanabiliyor olmasına rağmen temel değişkenlere ait verilerin temin edilmesi ise teknik veriler kadar kolay olmamaktadır. Bundan dolayı verilerin doğruluğu ve eksiksizliği konusunda çok hassas davranılmalıdır.

- Verilerin Hazırlanması ve Bir Ön İşlemden Geçirilmesi

Girdi ve çıktı değişkenlerine ait verilerin ağa uygulanmasından önce ağın kullanımına uygun bir şekilde hazırlanması ve ön işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Çünkü yapay sinir ağlarının veri işleme yeteneğinin en uygun seviyeye ulaşması için verilerin ağa sunum formatı son derece yüksek önem arz etmektedir. Yapay sinir ağlarında kullanılacak olan veriler, aktivasyon fonksiyonu ile ilişkili olarak, (0,1) ya da (0,-1) aralığında ölçeklenerek kullanılmaktadır. Bunun için verilere normalizasyon işlemi uygulanmaktadır. Normalizasyon işlemi sayesinde verilen küçük bir aralıkta değerlendirilmekte ve bu sayede yapay sinir ağı modelinin performansı artmaktadır. Normalizasyon işleminin yapılmaması durumunda, girdi ya

da çıktı değerleri, çok büyük olabilmekte ve özellikle kullanılan katman sayısının fazla olması durumunda önemli sorunlar oluşabilmektedir (Yao ve Tan, 2002: 192).

- Eğitim, Test ve Doğrulama Verilerinin Ayırıştırılması

Yapay sinir ağları kullanılarak yapılacak olan analizlerde veri seti genellikle üç kısma ayrılmaktadır. Bunlar:

1. Eğitim veri seti
2. Test veri seti
3. Doğrulama veri seti

Eğitim veri seti, veriler arasındaki ilişkilerin doğru olarak ortaya çıkarılabilmesi için, test veri seti ise yapay sinir ağının öğrendiği ilişkileri ilk defa karşılaştığı veri seti ile kontrol edebilmesi amacı ile ayrılmaktadır. Doğrulama veri setinin ayrılma amacı ise aşırı uyum sorunu ile karşılaşmamak ve eğitimin durma noktasını belirlemektir. Veri setinin ayrılmasına ilişkin teorik olarak bir kural yoktur. Bu ayırım aşamasında, analiz edilen problemin özelliği, veri türü ve boyutu gibi çok sayıda faktör göz önünde bulundurulmaktadır (Zhang, Patuwo ve Hu, 1998:50).

- Yapay Sinir Ağının Tasarlanması

Herhangi bir probleme ilişkin, katmanlar arasındaki bağlantıların türü, kullanılacak katman ve nöron sayısı, aktivasyon fonksiyon sayısı gibi özelliklere bağlı olarak çok sayıda yapay sinir ağı tasarlanabilmektedir. Kullanılacak yapay sinir ağının başarılı sonuçlar üretmesi büyük ölçüde ağın tasarlanması aşamasında bahsedilen özelliklerin seçimine bağlı olmaktadır.

a. Girdi Katmanında Bulunan Nöron Sayısını Belirleme

Verinin herhangi bir işleme tabi tutulmadan bir sonraki katman olan gizli katmana geçtiği bu aşamada girdi nöron sayısını, girdi vektöründeki değişkenlerin sayısı belirlemektedir. Bu değer yapay sinir ağı analizinde kullanılacak bağımsız değişken sayısı kadar olmaktadır. Tek değişkenin kullanıldığı zaman serilerinde, girdi sayısının Box-Jenkins yöntemindeki $AR(p)$ 'nin gecikme sayısı kadar olması gerekmektedir (Tang ve Fishwick, 1993:376). Ancak MA süreçleri düşünüldüğünde, AR terimlerinin olmayışı ve buna ek olarak Box-Jenkins modellerinin doğrusal

modeller olmasından dolayı bu yaklaşımın doğru olmadığı da düşünülmektedir (Zhang ve diğerleri., 1998:45). Öngörü problemlerinin çözümünde genellikle aylık veriler için 12 girdi (gecikme) ve üç aylık veriler için ise 4 girdi kullanılmaktadır.

b. Gizli Katman ve Nöron Sayısını Belirleme

Yapay sinir ağları teorisinde çok önemli yer tutan gizli katman sayısının ne olması gerektiğine karar verme işlemi girdi nöron sayısını belirleme işlemi kadar kolay değildir. Çünkü gizli katmanlar; yapay sinir ağlarının öğrenme, öğrenilenleri hafızada tutma ve öğrenilenlere ilişkin genelleme yapabilme özelliklerini geliştirirken, bir yandan da ezberleme sorununun ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Çelik, 2008:104). Gizli katman sayısının belirlenmesi problemin türüne, veri sayısına ve ağına tasarımına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çok sayıda gizli katman kullanılması ağına ezberlemesine neden olacağı için araştırmacı katman sayısını deneme-yanılma yöntemiyle belirlemektedir. Ancak çalışmalarda genellikle bir adet gizli katman kullanılmaktadır (Zhang ve diğerleri, 1998:44). Benzer şekilde nöron sayısı içinde teorik anlamda kesin bir kural yoktur. Yapılan denemeler sonucunda ağına ürettiği hata oranının yükselmeye başladığı noktaya kadar gizli nöron sayısı artırılır ve hata oranının yükseldiği noktada gizli katman için uygun gizli nöron sayısı belirlenmiş olmaktadır. Burada da amaç, az sayıda nöron kullanarak ağına öğrenmesini zorlaştırmayan ve çok sayıda nöron kullanarak ezberleme sorunu oluşturmayan optimum nöron sayısını seçmektir.

c. Çıktı Katmanında Bulunan Nöron Sayısını Belirleme

Çıktı katmanındaki nöron sayısı da analizi yapılan problemin türüne göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, öngörüsü yapılan zaman serilerinde çıktı nöron sayısı, öngörü yapılan dönem sayısına eşit olmaktadır.

d. Aktivasyon (Transfer) Fonksiyonunu Belirleme

Her katmanda farklı veya aynı olarak belirlenebilen aktivasyon fonksiyonu, bir nöronun girdisi ve çıktısı arasındaki ilişkiyi belirleme görevini yerine getirmektedir. Bir başka deyişle, çıktı değerlerini hesaplayan matematiksel bir denklemdir. Doğrusal olmadıkları için uygulamalarda genellikle sigmoid ve hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu kullanılmaktadır. Ancak doğrusal problemlerin çözümünde de lineer fonksiyon kullanılmaktadır. Aktivasyon

fonksiyonu belirlerken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, sigmoid aktivasyon fonksiyonunun çıktı nöron değerlerinin $[0,1]$, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonunun çıktı nöron değerlerinin ise $[-1,1]$ aralığında yer alacağıdır (Zhang ve diğerleri, 1998:47).

- Hesaplama Kriteri

Kurulan yapay sinir ağı modelinin öngörü sonuçlarının değerlendirilebilmesi için aşağıda yer alan kriterler doğrultusunda değerlendirilmesi gerekmektedir. En uygun modelin elde edilebilmesi için seçilen kriterler dikkate alınarak ağın geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla en çok kullanılan kriterler aşağıda sıralanmaktadır (Çelik, 2008:110):

- a. Ortalama Hata Kriteri (MeanError)
- b. Ortalama Mutlak Hata Kriteri (MeanAbsoluteError)
- c. Ortalama Karesel Hata Kriteri (MeanSquaredError)
- d. Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RootMeanSquaredError)
- e. Ortalama Yüzde Hata Kriteri (MeanPercentageError)
- f. Ortalama Mutlak Yüzde Hata Kriteri (MeanAbsolutePercentageError)
- g. Theill – U Kriteri
- h. Belirlilik Katsayısı (R^2)

- Yapay Sinir Ağının Eğitilmesi

Yapay sinir ağlarının eğitimindeki asıl amaç bağlantı ağırlıklarının en uygun şekilde belirlenmesi ve bu sayede sistemin hatasının minimum düzeye indirilmesidir. Eğitim ile anlatılmak istenen yapay sinir ağının bağlantı ağırlıklarının her defasında yenilenerek optimum seviyeye ulaşılmasıdır. Öncelikle eğitim devir (epoch) sayısı, öğrenme katsayısı ve momentum değeri belirlenmektedir. Ağın eğitimini tamamlaması için bir devir sayısı belirlenmektedir ya da hatanın minimum olduğu seviyede ağ araştırmacı tarafından da durdurulabilmektedir. Çünkü ağın hatayı minimize etmesi durumunda çalışmaya devam etmesine gerek kalmamaktadır (Yıldız, 2006:107).

- Uygulama

Tüm aşamalardan geçen yapay sinir ağı için son olarak uygulama aşamasına geçilmektedir. Buna ilave olarak eğer ağa yeni veriler eklenerek eğitilmesine devam edilirse bu durum ağın başarısını artırmaktadır.

3.4.7 Çalışmada Kullanılan Ağlar

Bu bölümde bu çalışmanın analiz kısmında kullanılan yapay sinir ağlarına ilişkin açıklamalar yer almaktadır (NeuroSolution 7).

3.4.7.1 Çok Katmanlı Algılayıcılar

Çok katmanlı algılayıcılar (Multilayer perceptrons - MLPs), genellikle statik geri yayılım ile eğitilen ileri beslemeli ağlardan oluşmaktadır. Bu ağlar, statik örüntü sınıflandırma gerektiren sayısız uygulamalardan oluşmaktadır. En büyük avantajları kullanım kolaylığı ve kendi kendilerine herhangi bir girdi ve çıktının haritasını oluşturabilmeleridir. En önemli dezavantajları ise çok yavaş çalışmaları ve çok fazla eğitim verisine ihtiyaç duymalarıdır. Çoğunlukla ağ ağırlıklarından üç kat daha fazla eğitim örneğine ihtiyaç duymaktadırlar.

3.4.7.2 Genelleştirilmiş İleri Beslemeli Ağlar

Genelleştirilmiş ileri beslemeli ağlar (Generalized feed forward networks – GFF), bağlantıları bir veya daha fazla katman üzerinden atlayabilen, çok katmanlı algılayıcıların (MLP) genelleştirilmiş haline denilmektedir. Teorik olarak, herhangi bir çok katmanlı algılayıcı, genelleştirilmiş ileri beslemeli ağın çözdüğü bir problemi çözebilmektedir. Ancak uygulamada ise genelleştirilmiş ileri beslemeli ağlar çoğu problemin çözümünde daha verimli sonuçlar üretmektedir. İkili sarmal problemi bunun klasik bir örneğidir. Standart bir çok katmanlı algılayıcı, aynı sayıda işlem elemanı içeren genelleştirilmiş ileri beslemeli ağa kıyasla yüzlerce kat daha fazla eğitim döngüsüne ihtiyaç duymaktadır.

3.4.7.3 Modüler Sinir Ağı

Modüler ileri beslemeli ağlar, çok katmanlı algılayıcı (MLP) sınıfının özel bir türüdür. Bu ağlar girdilerini birkaç paralel çok katmanlı algılayıcı kullanarak ve daha sonra sonuçları yeniden birleştirerek işlemektedir. Bu durum, topoloji içinde her alt bölüm için uzmanlaşmaya sebep olacak olan bazı yapıların oluşturulmasını sağlamaktadır. Çok katmanlı algılayıcının aksine, modüler ağların katmanları

arasında tam bir birleştirici yoktur. Bu nedenle, aynı büyüklükteki ağlar için daha az sayıda ağırlığa ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece eğitim için geçen süre ve ihtiyaç duyulan örneklem sayısı azalmaktadır. Herhangi bir çok katmanlı algılayıcıyı modüllere ayırmanın bir çok yolu vardır. Verilere dayalı en iyi modüler sinir ağı topoloji tasarımının nasıl olması gerektiği net bir şekilde belli değildir. Hiçbir modüler sinir ağının, çalıştığı eğitim verileri üzerinde uzmanlaşmasının garantisi yoktur.

3.4.7.4 Temel Bileşenler Analizi Ağları

Temel bileşenler analizi ağları (Principal component analysis Networks – PCAs) danışmanlı ve danışmansız öğrenmeyi aynı topolojide birleştirebilmektedir. Temel bileşenler analizi, girdiden bir dizi ilişkisiz özellik ve temel bileşen bulabilen danışmansız doğrusal bir yöntemdir. Herhangi bir çok katmanlı algılayıcı (MLP) ise bu bileşenlerden doğrusal olmayan sınıflandırma yapabilen danışmanlı bir ağıdır.

3.4.7.5 RBF/GRNN/PNN Ağları

Radyal tabanlı fonksiyon (Radial basis funsciton – RBF) ağları, genellikle işlem elemanları tek gizli katman içeren doğrusal olmayan melez (hibrid) ağlardır. Bu katman, çok katmanlı algılayıcılar tarafından kullanılan standart sigmoidal (s biçimli, çift kıvrımlı) fonksiyonlar yerine gauss fonksiyonlar kullanılmaktadır. Gauss merkezleri ve genişlikleri danışmansız öğrenme kuralları tarafından belirlenmekte ve çıktı katmanına danışmanlı öğrenme uygulanmaktadır. Bu ağlar, çok katmanlı algılayıcılardan çok daha hızlı öğrenmeye eğilimlidir. Eğer genelleştirilmiş regresyon ağı (Generalized regression neural network – GRNN) veya olasılıklı ağ (probabilistic neural network – PNN) kullanılırsa, ağın tüm ağırlıkları analitik olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda, küme merkezlerinin sayısı tanım gereği örneklemin sayısına eşit olmakta ve hepsi aynı varyansa (çapraz doğrulama kümesi belirtilmişse optimize edilebilen) ayarlanmaktadır. Bu tipteki radyal tabanlı fonksiyon ağları genellikle küçük örneklemlerde (<1000) en iyi şekilde çalışmaktadır.

3.4.7.6 Zaman Gecikmeli Geri Beslemeli Ağlar:

Zaman gecikmeli geri beslemeli ağlar (Time lagged recurrent networks – TLRNs) çok katmanlı ağın kısa dönem hafıza yapılarıyla genişletilmiş halidir. Gerçek hayattaki çoğu veri kendi zaman yapısındaki bilgiyi içermektedir. Birçok sinir ağında statik sınıflandırıcılar vardır ve zaman gecikmeli geri beslemeli ağlar

doğrusal olmayan zaman serileri tahmini, sistem tanımlaması ve geçici örnek sınıflandırılması yapıldığı ağlardır.

3.4.7.7 Geri Beslemeli Ağlar

Tam geri beslemeli ağlar (Recurrent network) gizli katmana geri beslemede bulunurken, kısmi geri beslemeli ağlar ise tam yinelemeli ağ ile başlamakta ve yinelemeyi atlayarak geri beslemeli bağlantı eklemektedir. Geri beslemeli ağlar sonsuz hafıza derinliğine sahip olabilmekte ve böylece girdi uzayının yanı sıra zaman içinde de ilişki bulabilmektedirler. Gerçek hayattaki birçok veri kendi zaman yapısındaki bilgileri içermektedir. Geri beslemeli ağlarda zaman gecikmeli geri beslemeli ağlar gibi doğrusal olmayan zaman serileri tahmini, sistem tanımlaması ve geçici örnek sınıflandırılmasının yapıldığı ağlardır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

MODELLERİNİN ÖNGÖRÜMLEME PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Öngörümleme Performanslarına İlişkin Literatür Değerlendirmesi

Zaman serilerinin gelecek dönem öngörümleme işlemlerinin gerçekleştirilmesine ilişkin literatür incelendiğinde, uygulanan yöntemlerin ayrı ayrı ve bir arada kullanıldığı çok sayıda çalışma içerisinde özellikle finansal verilerin analiz edildiği çalışmalar belirgin biçimde göze çarpmaktadır. İlgili literatür aşağıda sunulmuştur.

Öngörümleme yöntemi olarak yalnızca ARIMA modelini kullanan çalışmalardan olan Subaşı (2005), tüketici fiyat endeksi verilerini kullanarak Türkiye için enflasyon öngörüsü yaptığı çalışmasında ARIMA (0,1,1)(0,0,1) ve ARIMA (1,0,1)(0,0,1) modellerini hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) kriterini kullanarak karşılaştırmış ve ARIMA(1,0,1)(0,0,1) modelinin daha yüksek performans gösterdiği sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca bu modeli kullanarak son 12 ay için örneklem dışı öngörü yapmıştır.

Erdoğan (2006), Türkiye'nin 12 aylık ithalat verilerini kullanarak gelecek dönem öngörüsü yaptığı çalışmasında, en uygun modelin ARIMA(2,1,0) olduğuna karar vermiştir. Ayrıca veri setinin son 9 ayı için örneklem dışı öngörüsünü gerçekleştirerek %5 hata payıyla öngörü sonuçlarına ulaşmıştır.

Özkan (2006), Türkiye'nin toplam dış borçlar, gayri safi milli hasıla ve ihracat verilerini kullanarak Türkiye'nin dış borçlarının sürdürülebilirliğini incelemiştir. Bu çalışmada kurulan 25 farklı ARIMA modeli içerisinde en uygun model olan ARIMA(2,1,2) modeli tespit edilmiş ve bu model kullanılarak gelecek beş yıla ait dış borçlar verisi öngörülmüştür.

Çörtük (2007), öngörü yöntemi olarak yalnızca koşullu değişen varyans modellerini kullandığı çalışmasında, günlük USD/YTL döviz kuru verileri ile döviz kurunun oynaklığını modellemiştir. Farklı koşullu değişen varyans modelleri

içerisinden, söz konusu döviz kuru oynaklığını en iyi açıklayan modelin EGARCH(1,2) olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Adlığ (2009), İMKB-100 endeks verileri, EURO/YTL döviz kuru verisi ve altın fiyatları (*Ytl/Kg*) gibi üç farklı finansal zaman serisi verisi kullanarak oynaklık tahmini gerçekleştirmiştir. Bunun için farklı koşullu değişen varyans modellerini kullanmış ve tüm seriler için oynaklık tahminini gerçekleştiren en uygun modelin GARCH(1,1) olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Çolak (2013), İMKB-100 borsa endeks verilerini kullanarak üç farklı döneme ayırdığı örnekleme üzerinde oynaklığı en iyi modelleyen koşullu değişen varyans modelini farklı istatistiksel dağılımları göz önünde bulundurarak belirlemeye çalışmıştır. Analize konu olan veri dönemi ve kullanılan istatistiksel dağılımın değişmesi durumunda, oynaklığı modelleyen en uygun koşullu değişen varyans modelinin de değiştiği sonucuna ulaşmıştır.

Avcı (2007), çalışmasında yalnızca çok katmanlı yapay sinir ağı modellerini kullanarak İMKB-100 endeksinin getirilerinin öngörülmesini amaçlamıştır. Çalışmada ulaşılan sonuçlar, yapay sinir ağlarının öngörü başarısının zamana bağlı olduğunu ayrıca veri frekansının ve girdi seçiminin de öngörü performansı üzerinde etkili olduğunu ortaya çıkarmıştır. Verinin frekansı günlükten seanslığa doğru azaldıkça öngörü performansının arttığını belirtmiştir.

Akcan ve Kartal (2011), İMKB'de faaliyet gösteren ve sigorta sektörü endeksini oluşturan yedi farklı şirkete ait hisse senedi fiyatlarını yapay sinir ağları modelleri ile öngörmeye çalışmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre, iki aya kadar yapılan tüm öngörülerin başarılı olduğu, fakat bir aya kadar yapılan öngörülen en yüksek performansı gösterdiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Qi ve Zhang (2008), zaman serilerinin gelecek dönem öngörüsünün hangi yapay sinir ağı modeli ile en etkili şekilde elde edileceğini incelemektedir. Bunun için analizde, ABD üç aylık gayri safi milli hasıla verisine dört farklı strateji ile (ham veri, zaman endeksli ham veri, trendden arındırma ve fark alma) çeşitli trend modellerini (doğrusal, doğrusal olmayan, deterministik, stokastik ve kırılmalı trend) uygulamışlardır. Çalışmada, bu dört farklı stratejinin hangisinin daha iyi olduğuna

ilişkin kesin bir ayırım yapılamadığı ancak örneklem dışı öngöründe doğrusal trendden arındırılmış verinin öngörü performansının daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Zahedi ve Rounaghi (2015), Tahran hisse senetleri piyasasındaki hisselerin gelecek dönem değerlerini öngörmeyi amaçladıkları çalışmalarında hisselerle ilişkin olarak 20 farklı muhasebe değişkeni kullanmışlardır. Öngörü işleminde kullanılan çok katmanlı yapay sinir ağlarının ve temel bileşenler analizi yönteminin basit regresyon modellerine oranla daha yüksek performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Birden çok öngörü yöntemini kullanarak performans karşılaştırmalarının yapıldığı çalışmaların ilkinde, Yeşil (2014), BİST-100 endeks verilerinden hareketle hisse senedi getirilerinin öngörülerini ARIMA ve koşullu değişen varyans modellerini kullanarak karşılaştırmıştır. Analizde elde edilen en uygun modeller olan ARIMA (1,1,0) ile EGARCH(1,1) modellerinin karşılaştırılması ile endeks getiri öngörüsünde koşullu değişen varyans modellerinin daha yüksek performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Eğrioğlu ve Aladağ (2005), yapay sinir ağları ve ARIMA modelinin melez yaklaşımı ile Ankara ilinin hava kirliliği değerlerini öngördükleri çalışmalarında yapay sinir ağları ile kurulan modelin diğer modellere nazaran daha üstün olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ataseven (2007), PETKİM'de satışı yapılan dört ürünün aylık olarak satış miktarlarının öngörülmesi amacıyla, trendin bileşenlerine ayrılması, ARIMA ve yapay sinir ağları yöntemlerini kullanarak öngörü performansı en yüksek olan modeli tespit etmiştir. Analiz sonuçlarına göre satış miktarının öngörülenmesinde yapay sinir ağlarının daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Usta (2007) çalışmasında Türkiye ekonomisi için Üretici Fiyat Endeksini ele almış ve gelecek dönem öngörü işlemini Vektör otoregresif model, Box-Jenkins ve Yapay sinir ağları yöntemini kullanarak gerçekleştirmiştir. Yapay sinir ağları için geri yayılma algoritması kullanılarak belli bir örneklem için eğitimi gerçekleştirilen daha sonra Üretici Fiyat Endeksinin ileriki dönemler için öngörüsü yapılan çalışmada yapay sinir ağları yönteminin diğer yöntemlere oranla daha iyi bir öngörü performansına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özdemir (2008), İMKB-100 endeksi verilerini kullanarak yapmış olduğu çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak yapılan öngörünün ARIMA modeli ile yapılan öngöründen daha iyi performansa sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yıldız (2009), aylık olarak yabancı portföy yatırımların gelecek değerini öngördüğü çalışmada yapay sinir ağlarının hem ARIMA hem de VAR yöntemine karşılık daha üstün bir performans gösterdiğini ölçmüştür.

Kaynar ve Taştan (2009), döviz kurunun (USD/TL) öngörüsünün ARIMA ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılarak gerçekleştirdikleri çalışmada, aylık döviz kuru verileri için ARIMA daha yüksek performansa sahip iken, günlük döviz kuru için ise yapay sinir ağları yöntemi daha yüksek performansa sahiptir. Ayrıca analiz sonuçlarından, daha önce yapılmış çalışmalara benzer olarak eğitimde kullanılan veri sayısı arttıkça yapay sinir ağlarının daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Polat (2009), aylık ihracat ve ithalat verilerini kullanarak gerçekleştirdiği çalışmada, ARIMA ve yapay sinir ağlarının örneklem içi ve örneklem dışı öngörü performansları değerlendirilmiştir. Örneklem içi performansta ithalat ve ihracat zaman serilerinin öngörüsünde yapay sinir ağları daha başarılı sonuçlar elde ederken, örneklem dışı öngöründe ise ARIMA modellerinin daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İnsel ve diğerleri (2010), Türkiye ekonomisine ait makroekonomik değişkenlerden, nominal dolar döviz kuru endeksi değişim oranı, enflasyon oranı, nominal faiz oranı ve reel GSMH verilerini kullanarak ARMA ve yapay sinir ağları yöntemlerine ilişkin öngörü performanslarını karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Uygulanan yöntemlerin analiz sonuçlarına göre yalnızca reel GSMH öngörüsü için ARMA modelinin daha yüksek performans gösterdiği sonucuna ulaşılrken diğer tüm değişkenlerde yapay sinir ağları yöntemi daha başarılı sonuçlar elde etmiştir.

Uslu (2011), çalışmada ARIMA ve yapay sinir ağları yöntemlerini kullanarak, gelecek yıl elektrik tüketimi öngörüsünde bulunmuştur. Yapay sinir ağları ARIMA modeline göre öngörü işleminde daha üstün bir performans göstermiştir.

Bozdağ (2011), Antalya havalimanından giriş yapan aylık yolcu sayısını öngörmede mevsimsel ARIMA ve yapay sinir ağlarını karşılaştırdığı çalışmada

mevsimsel ARIMA'nın oldukça iyi sonuçlar vermesine rağmen, gerçek değerlere en yakın sonuçları yapay sinir ağı yönteminin verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Moralı (2011), günlük veriler kullanarak İMKB-100 endeksinin gelecek değerini ARMA, Newton Nümerik Arama modelleri ve yapay sinir ağı yöntemlerini karşılaştırarak en yüksek performans gösteren yöntem ile öngörmeye çalışmıştır. Analiz sonuçlarına göre, kullanılan performans ölçüm kriterleri göz önüne alındığında en iyi performansı yapay sinir ağlarının, en kötü performansı da ARMA yönteminin gösterdiği görülmüştür.

Aygören ve diğerleri (2012), BIST-100 endeksinin gelecek dönem değerini, geleneksel zaman serisi yöntemleri, nümerik arama modelleri ve yapay sinir ağı kullanarak öngörmeye çalışmışlardır. Modellerinde kullandıkları değişkenler altın fiyatları, faiz oranı, bankalar arası piyasada TL/Dolar gün sonu kapanış fiyatlarından oluşmaktadır. Model sonuçlarına göre, geleneksel zaman serisi yöntemlerini temsilen ARMA'ya ve nümerik arama modellerine nazaran yapay sinir ağlarının daha yüksek performans gösterdiği görülmüştür.

Aydın ve Cavdar (2015), altın fiyatları, döviz kuru (USD/TL) ve BİST-100 endeksinin ayrı ayrı gelecek değer öngörüsü yaptıkları çalışmalarında, VAR ve yapay sinir ağlarının öngörü performanslarını karşılaştırmışlardır. Yapay sinir ağlarının tüm değişkenler için daha üstün olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Olson ve Mossman (2003), çalışmalarında Kanada'da faaliyet gösteren 2352 şirkete ait mali tabloları kullanarak elde ettikleri 61 adet muhasebe rasyosunu veri olarak kullanmışlardır. Çalışmada amaç, bu rasyolar ve makroekonomik göstergeler ile en küçük kareler, lojistik regresyon ve yapay sinir ağı yöntemlerini kullanarak hisse senedi getirilerini tahmin etmektir. Analiz sonucunda, hisse senedi getirilerinin öngörüsünde, yapay sinir ağlarının kullanılan diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek oranda başarı sağladığı görülmüştür.

Kihoro ve diğerleri (2004)'da aylık havayolu yolcu sayısı, turist sayısı ve hava sıcaklığı gibi değişkenler ayrı ayrı değerlendirilerek yapay sinir ağlarının ARIMA'ya göre daha yüksek öngörü performansı gerçekleştirdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Panda ve Narasimhan (2007), haftalık veriler kullanarak Indianrupee/US dolar döviz kuru öngörüsü yaptıkları çalışmalarında hem örneklem içi hem de örneklem dışı öngöründe yapay sinir ağlarının doğrusal otoregresif ve rassal yürüyüş modeline göre daha üstün oldukları sonucuna ulaşmışlardır.

Zou ve diğerleri (2007); Çin ekonomisi için buğday fiyatlarının gelecek dönem öngörüsünü gerçekleştirmek amacı ile ARIMA ve yapay sinir ağları yöntemlerini kullandıkları çalışmalarında bu iki yöntemin öngörü performanslarını karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlarda, buğday fiyatlarının gelecek dönem öngörüsünde yapay sinir ağlarının daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Adebiyi ve diğerleri (2014) New York borsası için günlük veriler kullanarak yapay sinir ağları ve ARIMA modellerinin öngörü performanslarını karşılaştırdıkları çalışmalarında iki modelin de hisse senetleri fiyatlarının öngörülmesinde oldukça etkili olduğu ancak yapay sinir ağları temelli öngörü yönteminin ARIMA'ya göre daha üstün performans gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Godarzi ve diğerleri (2014), 1974-2004 dönemleri arasındaki veriler ile yapay sinir ağlarının bir çeşidi olan NARX modelini (Nonlinear Auto Regressive Model With Exogenous) ve ARIMA kullanarak petrol fiyatı öngörüsünü gerçekleştirdikleri çalışmalarında NARX modelin diğer yonteme kıyasla daha doğru sonuçlar ürettiği sonucuna ulaşmışlardır.

Lasheras ve diğerleri (2015), bakır fiyatlarını öngördükleri çalışmalarında geçmiş çalışmalara benzer şekilde yapay sinir ağlarının ARIMA ile karşılaştırdıklarında daha yüksek performanslı öngörü sonuçları elde ettiği görülmektedir.

Öngörü amacıyla koşullu değişen varyans modellerinin de kullanıldığı çalışmada Arabacı (2007), çeşitli dönemlere ait dört ayrı zaman serisi kullanarak dört ayrı yöntem karşısında yapay sinir ağlarının başarısını incelemiştir. İlk olarak, üç aylık verilerle ele aldığı özel nihai tüketim serisi için periyodik otoregresif model ile yapay sinir ağlarının performansını karşılaştırmış ve kullandığı kriterlere göre yapay sinir ağlarının öngörü performansının daha iyi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Günlük veriler kullanarak İMKB-100 endeksinin haftalık getirisini modellediği ikinci çalışmasında, GARCH modelinin volatilité modellemesinde yapay sinir ağlarından

daha iyi olduğunu hesaplamıştır. Üç aylık sanayi üretim endeksi serisi için ARMA ve yapay sinir ağlarını kullandığı analizde, yapay sinir ağlarının öngörü yöntemi olarak doğrusal bir model olan ARMA'dan daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Son olarak, aylık verilerle elde edilen kapasite kullanım oranı serisi için doğrusal olmayan bir model olan TAR ve STAR ile yapay sinir ağları karşılaştırılmış ve çalışmada farklı kriterlere göre farklı modeller daha iyi veya daha kötü sonuçlar ürettikleri için hangi modelin daha iyi olduğuna dair kesin bir sonuca ulaşılmamıştır.

Kadılar ve diğerleri (2009), haftalık döviz kuru TL/USD verilerine, yapay sinir ağlarına alternatif olarak kullanılan ARIMA ve ARCH yöntemleri sonucunda hem örneklem içi hem de örneklem dışı öngörü işlemi gerçekleştirmişlerdir. Ortalama karesel hata, ortalama mutlak yüzde hata ve ortalama mutlak hata kriterlerine göre yapay sinir ağları yönteminin döviz kuru öngörüsünde diğer yöntemlerden daha üstün olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca analizde, öngörü problemlerinde aktivasyon fonksiyonunun seçiminin öngörü performansını doğrudan etkilediği ve TL/Dolar için en iyi öngörünün lojistik fonksiyon kullanarak bulunduğu bilgisi de elde edilmiştir.

Analizde Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası verilerini kullanarak yapay sinir ağları yöntemini kullanan Akdağ (2010), Vadeli İşlem Borsası'nda en yakın vadeye sahip TL/Dolar vadeli işlem sözleşmesinin gün sonu uzlaşma fiyatı öngörüsünü gerçekleştirmiştir. Bunun için ARIMA ve yapay sinir ağları yöntemlerinin öngörü performanslarını ortalama mutlak hata, ortalama mutlak yüzde hata, hata kareleri toplamı ve hata kareleri ortalaması kriterlerine göre karşılaştırmıştır. ARIMA (5,13,14) modeli ile elde edilen öngörü sonuçlarının, yapay sinir ağları ile elde edilen sonuçlardan daha düşük performans sergilediği ortaya çıkmıştır.

Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası verilerini kullanarak yapay sinir ağları yöntemi ile gelecek dönem öngörüsü yapan Dumlu (2011)'da İMKB ve döviz kuru sözleşme serileri kullanılmıştır.

Literatürde zaman serileri analizi ve yapay sinir ağlarının kullanıldığı diğer çalışmalar ayrıntılı bir şekilde Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11: Literatürde Yapay Sinir Ağı Kullanılan Çalışmalar

Yazarlar	Veri	Kullanılan Yöntemler	Çıktı	Girdi	Eğitim-Doğrulama-Test (%)	Ağ Yapısı	Transfer (Aktivasyon) Fonksiyonu	Öğrenme Yöntemi (Algoritması)	Karşılaştırma Ölçütü
Polat (2009)	Aylık	Box-Jenkins ve YSA	İthalat ve İhracat değerleri (milyon dolar)	Gecikmeli Değerleri	70-15-15	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik Tanjant	Hızlı Yayılım Levenberg-Marquardt	SSR-RMSE-MAE
Avcı (2007)	Günlük	YSA	Bist-100 Endeks	Gecikmeli Değerleri	70-20-10	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik Tanjant Doğrusal	Geri Yayılım	SSE-MAE-MSE-RMSE-MAPE
Kihoro, Otieno, Wafula (2004)	Aylık	Box-Jenkins ve YSA	Yolcu Sayısı Turist Sayısı Hava Sıcaklığı	Gecikmeli Değerleri	Son 12 değer – Ondan önceki 12 değer	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik Tanjant Doğrusal	Levenberg-Marquardt	MED-MAD-PMC
Qi ve Zhang (2008)	Üç aylık	YSA	GSMH	Gecikmeli Değerleri	10-10-80	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Lojistik Özdeş	Levenberg-Marquardt	RMSE-MAE
Eğrioğlu ve Aladağ (2005)	Aylık	Box-Jenkins ve YSA	Hava kirliliği Verisi	Gecikmeli Değerleri	----	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Lojistik	Geri Yayılım	MSE-RMSE
Zahedi ve Rounaghi (2015)	Günlük	YSA	Hisse senedi fiyatı	20 farklı muhasebe değişkeni	85-15	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Doğrusal olmayan	Levenberg-Marquardt	----
Shazly ve Shazly (1999)	Üç aylık	YSA	Döviz kuru	5 farklı değişken	90-10	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Sigmoid	Geri Yayılım	MAE-TAE
Lasheras (2015)	Günlük	ARIMA ve YSA	Bakır fiyatı		85-15	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik Tanjant	Levenberg-Marquardt	RMSE
Adebiyivd (2014)	Günlük	ARIMA ve YSA	Hisse senedi fiyatı	Gecikmeli değerleri	--	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik Tanjant	Geri Yayılım? Gradientdescentwith momentum weightandbias	MSE

Tablo 11: Literatürde Yapay Sinir Ağı Kullanılan Çalışmalar (Devamı)

Yazarlar	Veri	Kullanılan Yöntemler	Çıktı	Girdi	Eğitim-Doğrulama-Test (%)	Ağ Yapısı	Transfer (Aktivasyon) Fonksiyonu	Öğrenme Yöntemi (Algoritması)	Karşılaştırma Ölçütü
Panda ve Narasimhan (2007)	Haftalık	YSA ve doğrusal AR ve Rassal yürüyüş modeli	Döviz kuru	Gecikmeli değerleri	70-30	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Sigmoid (gizli katman) Doğrusal (çıkı katmanı)	Geri Yayılım	RMSE-MAE-MAD
Kadılar, Şimşek ve Aladağ (2009)	Haftalık	YSA, ARIMA ve ARCH	Döviz kuru	Gecikmeli değerleri	90-10	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Lojistik Doğrusal	Geri Yayılım	RMSE-MAPE-MAE
Aydın ve Cavdar (2015)	Aylık	VAR ve YSA	Bist100 USDTL Atın fiyat	Gecikmeli değerleri	80-20	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Sigmoid	Esnek (resilient) Yayılım	---
Kaynar ve Taştan (2009)	Günlük ve Aylık	Box-Jenkins ve YSA	Döviz Kuru	Gecikmeli değerleri	80-20	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Sigmoid (gizli katman) Doğrusal (çıkı katmanı)	Geri Yayılım	MSE-MAPE
Akcan ve Kartal (2011)	Günlük	YSA	Hisse senedi fiyatı	12 farklı değişken	70-30	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Doğrusal olmayan hiperbolik tanjant (gizli katman) doğrusal hiperbolik tanjant (çıkı katmanı)	Geri Yayılım	MAE-MAPE
Uslu (2011)	Yıllık	ARIMA ve YSA	Elektrik tüketim	Gecikmeli değerleri	90-10 k-katlı çapraz doğrulama	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik tanjant (gizli katman) doğrusal (pürelin) (çıkı katmanı)	Levenberg-Marquardt	MSE-MAE-RMSE-MAPE
Moralı (2011)	Günlük	ARIMA, Newton Metodu ve YSA	İmkb 100 endeks	4 farklı değişken	80-10-10 (ve türevleri)	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik tanjant (gizli katman) doğrusal (çıkı katmanı)	Levenberg-Marquardt	R ² - MSE
Çelik (2008)	Günlük	Çoklu regresyon, ARCH ve YSA	Döviz kuru	3 farklı değişken	70-30	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik tanjant	Genelleştirilmiş Delta Kuralı	---

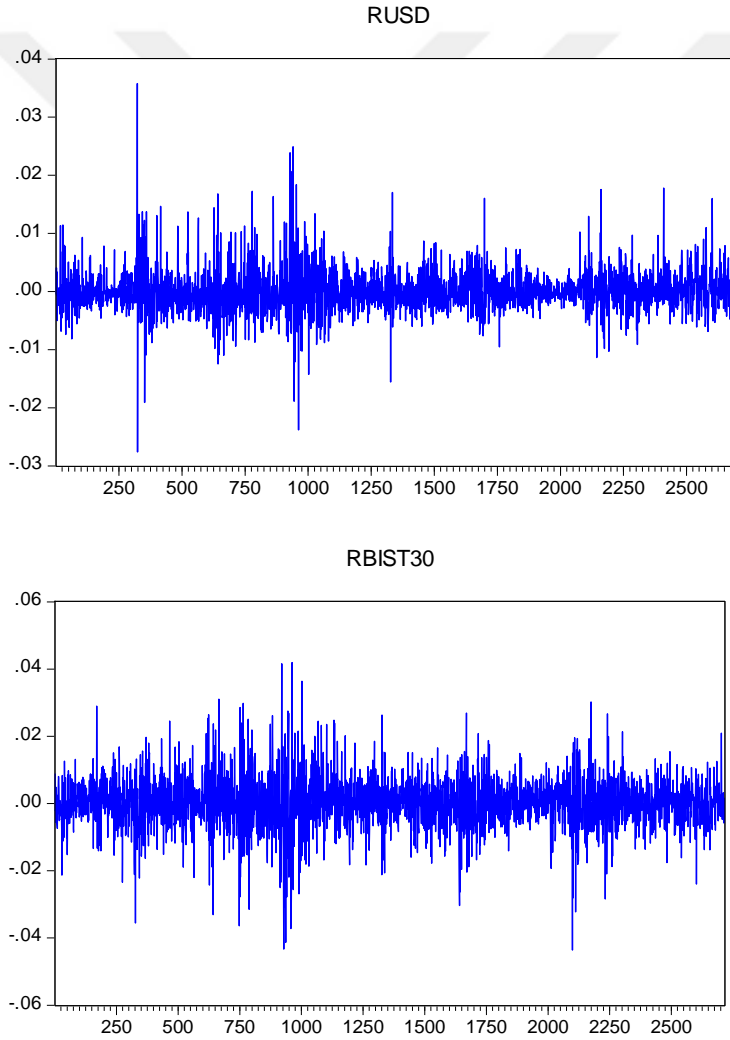
Tablo 11: Literatürde Yapay Sinir Ağı Kullanılan Çalışmalar (Devamı)

Yazarlar	Veri	Kullanılan Yöntemler	Çıktı	Girdi	Eğitim-Doğrulama-Test (%)	Ağ Yapısı	Transfer (Aktivasyon) Fonksiyonu	Öğrenme Yöntemi (Algoritması)	Karşılaştırma Ölçütü
Yıldız (2009)	Aylık	VAR, ARIMA ve YSA	Yabancı portföy yatırımları	Gecikmeli	80-30	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Sigmoid	Geri Yayılım	---
Ataseven (2007)	Aylık	Trend, ARIMA ve YSA	Ürün satış miktarı	Gecikmeli	80-10-10	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Sigmoid (gizli katman) doğrusal (çıkıt katmanı)	Geri Yayılım Levenberg-Marquardt	MSE-RMSE-MAE-SSE-MAPE
Arabacı (2007) a	Üç aylık	PEAR ve YSA	Nihai tüketim	Gecikmeli		Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik tanjant	Levenberg-Marquardt	MAE-MAPE-MSE-RMSE
Arabacı (2007) b	Haftalık	ARCH ve YSA	İmkb-100	Gecikmeli	70-20-10	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik tanjant	Geri Yayılım	MAE-MAPE-RMSE
Arabacı (2007) c	Üç aylık	ARMA ve YSA	Sanayi üretim endeksi	Gecikmeli		Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Hiperbolik tanjant	Newton Rapson	MAE-MAPE-RMSE
Arabacı (2007) d	Aylık	TAR, LSTAR, ESTAR ve YSA	Kapasite kullanım oranı	Gecikmeli	70-20-10	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Lojistik	Levenberg-Marquardt	MAE-MAPE-RMSE
Akdağ (2010)	Günlük	ARIMA ve YSA	TL/Dolar gün sonu uzlaşma fiyatı	Gecikmeli	75.3-12.3-12.3	Çok Katmanlı Algılayıcı İleri Beslemeli	Sigmoid (Gizli katman) Hiperbolik Tanjant (çıkıt katmanı)	Eşlenik Gradyen (ConjugateGradientDescent)	MAE-MAPE-MSE-SSE

4.2 Getiri Serilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

İkinci bölümde uygulanan birim kök testleri ile durağan oldukları tespit edilen getiri serilerine ilişkin oynaklık Şekil 11’de görülmektedir. Getiri serilerinin EK 1’de yer alan histogramları ile birlikte tanımlayıcı istatistiklerine ilişkin bilgiler Tablo 12’de görülmektedir. Ortalama değerleri oldukça düşük olan getiri serilerinin basıklık değerlerinin normal dağılım için kritik değer olan 3’den oldukça büyük olduğu görülmektedir. Getiri serilerinin sıfırdan farklı olan çarpıklık değerleri Jarque-Bera istatistiği büyümekte vebu durum da normal dağılım hipotezinin reddedilmesi anlamına gelmektedir.

Şekil 11: Getiri Serilerindeki Oynaklık



Kaynak: Çalışmanın verileri kullanılarak tarafımca düzenlenmiştir.

Sonuçları Tablo 12’de yer alan Jarque-Bera testine göre, getiri serilerinin normal dağılması üzerine kurulu olan boş hipotez tüm getiri serileri için %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Çarpıklık değerinin negatif olması serinin soldan çarpık dağılıma sahip olduğu anlamına geldiği için, Tablo 12’deki değerlere göre, *Rusd* serisi sağa çarpık, *Rbist30* serisi ise sola çarpıktır. Basıklık değeri ise normal dağılımda 3 değerini alırken getiri serilerinde 3’den oldukça büyük olduğu için, seriler normal dağılıma göre daha sivri bir tepeye (leptokurtik) ve daha kalın kuyruk (thick-tail) yapısına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 12: Getiri Serilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

	Rusd	Rbist30
Ortalama	0.000126	0.000167
Medyan	-0.000146	0.000195
Maksimum	0.035784	0.041940
Minimum	-0.027607	-0.043563
Standart Sapma	0.003810	0.008066
Çarpıklık	0.806074	-0.165997
Basıklık	11.09327	6.109282
Jarque-Bera	7706.663	1106.527
Olasılık	0.0000	0.0000

4.3 Box-Jenkins Yöntemi ile Öngörümleme

En uygun otoregresif hareketli ortalama modelinin bulunabilmesi için Box-Jenkins metodolojisi izlenerek model parametrelerinin anlamlılığı, belirlilik katsayısı, bilgi kriterleri, hata karelerinin toplamı (SSE) ve modelin F istatistiği gibi değerler dikkate alınmış ve uygulanan modellerin korelogramlarından otokorelasyon ve kısmi korelasyon katsayıları incelenmiştir. Öncelikle getiri serileri düzey değerlerinde durağan olduğu için, ARIMA modelinde serinin durağan olabilmesi için kaç defa farkının alınması yani bütünleşme derecesini gösteren kısım olan “*I*”, sıfır değerini alır ve model $ARIMA(p,0,q)$ yani $ARMA(p,q)$ olur. $AR(p)$, $MA(q)$ ve $ARMA(p,q)$ modellerine ait *p* ve *q* terimlerinin belirlenebilmesi için $p,q=1,2,3,4,5$ modelleri tahmin edilmiştir. Öncelikle farklı *p* ve *q* kombinasyonları ile kurulan modellerde katsayıların istatistiksel olarak anlamlılığı %1 anlamlılık düzeyinde test edilmiştir. Sonraki aşamada katsayıları istatistiksel anlamlı olan $ARMA(p,q)$ modellerinin istatistiksel olarak anlamlılığının kontrolü F testi yardımıyla yapılmıştır.

Son olarak, diğer iki koşulun sağlanması şartıyla en düşük Akaike Bilgi Kriteri (AIC) değerine sahip olan model uygun model olarak seçilmiştir. Ek 2’de yer alan sonuçlar incelendiğinde, *Rusd* için ARMA(4,4), *Rbist30* için ise ARMA(4,5) uygun model olarak seçilmiştir.

Bu aşamadan sonra uygun modellerin hata terimleri arasında otokorelasyon olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla sonuçları ek 3’de verilen korelogram testi yapılmıştır. ARMA(4,4) ve ARMA(4,5) modellerinin hataları için hesaplanan otokorelasyon, kısmi otokorelasyon ve Q istatistiği olasılık değerlerinin yer aldığı korelogram oluşturulmuştur. Burada otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri genellikle sıfıra yakındır ve Q istatistiğinin olasılık değerleri $\alpha=0.01$ ’den büyüktür. Ayrıca otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon katsayılarının büyük çoğunluğunun güven aralığının içinde kaldığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre modellerin hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.

Uygun modellere ilişkin yapılan incelemeler sonucunda modellerin yeterli olduğuna karar verilmiştir. Daha sonra modellere ilişkin öngörüler yapılmış ve her model için ortalama mutlak hata (mean absolute error – MAE), ortalama mutlak yüzde hata (mean absolute percent error – MAPE), hata kareler ortalamasının karekökü (root mean squared error – RMSE), theil eşitsizlik katsayısı (theil inequality coefficient – TIC) belirlenerek Tablo 13 oluşturulmuştur. Ayrıca öngörü işlemine ilişkin grafiklerde ek 4’de verilmiştir.

Tablo 13: Modelin Öngörü Doğruluklarına İlişkin Veriler

	Rusd – ARMA(4,4)	Rbist30 – ARMA(4,5)
RMSE	0.003786	0.008001
MAE	0.002615	0.005795
MAPE	110.0826	112.2808
TIC	0.886945	0.875445

4.4 Koşullu Değişen Varyans Yöntemi ile Öngörümleme

Getiri serilerini koşullu varyans modelleri ile modelleyebilmek ve bu modellerle öngörü yapabilmek için öncelikle bulunan ortalama modellerinin hata terimlerinin karesinde ARCH etkisinin olup olmadığı araştırılmalıdır. Bu nedenle serilere önce ARCH-LM testi uygulanmış ardından hata terimlerinin

korelogramlarından ARCH etkisinin varlığı araştırılmıştır. ARCH-LM testine ilişkin sonuçlar Tablo14’de sunulmuştur.

ARCH-LM testinin hipotezi aşağıdaki gibidir;

H_0 : ARCH etkisi yoktur (değişen varyans vardır)

H_1 : ARCH etkisi vardır (değişen varyans yoktur)

$|kritik\ değer| < |test\ istatistiği|$ ise H_0 reddedilir.

Tablo 14: Getiri Serisine Uygulanan ARCH-LM Testi Sonuçlar

	Rusd ARMA(4,4)	Rbist30 ARMA(4,5)
F-İstatistiği	13.2028	49.5573
Olasılık F	0.0000	0.0000
Gözlem sayısı*R²	537.1757	48.7030
Olasılık Ki-Kare(1)	0.0000	0.0000

Tablo 14 incelendiğinde *Rusd* ve *Rbist30* getiri serilerinin olasılık değerleri %1’den küçük olduğu için bu serilerde ARCH etkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilir. Yani ARCH etkisinin varlığı tespit edilmiş olup bu etkinin giderilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

ARCH etkisinin belirlenmesine ilişkin ikinci aşamada, modelin hata terimlerinin karelerine ait korelogramlarında anlamlı otokorelasyon katsayısı bulunup bulunmadığı incelenmiştir. Hata terimlerinin kareleri arasında otokorelasyon bulunursa bu durum, koşullu değişen varyansın (ARCH etkisinin) varlığına işaret etmektedir (bkz. Ek 3). Korelogramlar incelendiğinde *Rusd* ve *Rbist30* getiri serileriyle kurulan modelin hata terimlerinin karelerine ait korelogramlarda otokorelasyon olduğuna ilişkin kanıt bulunmuştur. Bu durum ARCH-LM testinin sonuçlarını doğrular niteliktedir. Yani *Rusd* ve *Rbist30* getiri serileri ile kurulan modellerde ARCH etkisi vardır. Modellerin hata terimlerinin karelerine ait korelogramlar ek 5’te verilmiştir. Çalışmanın bundan sonraki aşamasında varlığı tespit edilen ARCH etkisini giderecek en uygun model belirlenecektir.

Çalışmada kullanılan tüm $ARCH(p)$ modelleri Tablo15 ve Tablo 16’da verilmiştir. Ek 6’da ise bu modellere ilişkin tahmin sonuçları ayrıntılı bir şekilde

sunulmuştur. Tüm modellere ilişkin tahmin edilen parametreler %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Ayrıca, tüm ARCH(p) modellerinde parametrelere konulan $\alpha_0 > 0$ ve $\alpha_i \geq 0$ koşulları sağlanmıştır.

Tablo 15: Rusd için ARCH Modellerine Ait Varyans Denklemleri

Hata Dağılımı	Model	Denklem [ARCH(1) - $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$]
Normal Dağılım	ARCH(1)	$h_t = 9.53E - 06 + 0.313\varepsilon_{t-1}^2$
	ARCH(2)	$h_t = (8.67E - 06) + 0.253\varepsilon_{t-1}^2 + 0.127\varepsilon_{t-2}^2$
	ARCH(3)	$h_t = (7.29E - 06) + 0.218552\varepsilon_{t-1}^2 + 0.079072\varepsilon_{t-2}^2 + 0.194745\varepsilon_{t-3}^2$
	ARCH(4)	$h_t = (6.80E - 06) + 0.187577\varepsilon_{t-1}^2 + 0.062729\varepsilon_{t-2}^2 + 0.178417\varepsilon_{t-3}^2 + 0.095643\varepsilon_{t-4}^2$
Student-t Dağılımı	ARCH(1)	$h_t = (1.05E - 05) + 0.349043\varepsilon_{t-1}^2$
	ARCH(2)	$h_t = (8.71E - 06) + 0.280039\varepsilon_{t-1}^2 + 0.191441\varepsilon_{t-2}^2$
	ARCH(3)	$h_t = (6.98E - 06) + 0.244962\varepsilon_{t-1}^2 + 0.127755\varepsilon_{t-2}^2 + 0.225652\varepsilon_{t-3}^2$
	ARCH(4)	$h_t = (6.19E - 06) + 0.183314\varepsilon_{t-1}^2 + 0.090517\varepsilon_{t-2}^2 + 0.184583\varepsilon_{t-3}^2 + 0.113930\varepsilon_{t-4}^2$
GED Dağılımı	ARCH(1)	$h_t = (9.54E - 06) + 0.305230\varepsilon_{t-1}^2$
	ARCH(2)	$h_t = (8.19E - 06) + 0.257072\varepsilon_{t-1}^2 + 0.161583\varepsilon_{t-2}^2$
	ARCH(3)	$h_t = (6.74E - 06) + 0.217721\varepsilon_{t-1}^2 + 0.106990\varepsilon_{t-2}^2 + 0.211108\varepsilon_{t-3}^2$
	ARCH(4)	$h_t = (6.19E - 06) + 0.183314\varepsilon_{t-1}^2 + 0.090517\varepsilon_{t-2}^2 + 0.184583\varepsilon_{t-3}^2 + 0.113930\varepsilon_{t-4}^2$

Tablo 16: Rbist30 için ARCH Modellerine Ait Varyans Denklemleri

Hata Dağılımı	Model	Denklem [ARCH(1) - $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$]
Normal Dağılım	ARCH(1)	$h_t = (5.42E - 05) + 0.158084\varepsilon_{t-1}^2$
	ARCH(2)	$h_t = (4.41E - 05) + 0.132937\varepsilon_{t-1}^2 + 0.183404\varepsilon_{t-2}^2$
	ARCH(3)	$h_t = (3.41E - 05) + 0.086400\varepsilon_{t-1}^2 + 0.152524\varepsilon_{t-2}^2 + 0.256605\varepsilon_{t-3}^2$
	ARCH(4)	$h_t = (3.04E - 05) + 0.075743\varepsilon_{t-1}^2 + 0.097791\varepsilon_{t-2}^2 + 0.200983\varepsilon_{t-3}^2 + 0.150915\varepsilon_{t-4}^2$
Student-t Dağılımı	ARCH(1)	$h_t = (5.72E - 05) + 0.164103\varepsilon_{t-1}^2$
	ARCH(2)	$h_t = (4.43E - 05) + 0.139495\varepsilon_{t-1}^2 + 0.213978\varepsilon_{t-2}^2$
	ARCH(3)	$h_t = (3.50E - 05) + 0.095502\varepsilon_{t-1}^2 + 0.175464\varepsilon_{t-2}^2 + 0.222588\varepsilon_{t-3}^2$
	ARCH(4)	$h_t = (3.09E - 05) + 0.076536\varepsilon_{t-1}^2 + 0.128120\varepsilon_{t-2}^2 + 0.188288\varepsilon_{t-3}^2 + 0.146631\varepsilon_{t-4}^2$
GED Dağılımı	ARCH(1)	$h_t = (5.39E - 05) + 0.156313\varepsilon_{t-1}^2$
	ARCH(2)	$h_t = (4.37E - 05) + 0.130182\varepsilon_{t-1}^2 + 0.189485\varepsilon_{t-2}^2$
	ARCH(3)	$h_t = (3.44E - 05) + 0.089982\varepsilon_{t-1}^2 + 0.147176\varepsilon_{t-2}^2 + 0.240842\varepsilon_{t-3}^2$
	ARCH(4)	$h_t = (3.05E - 05) + 0.071391\varepsilon_{t-1}^2 + 0.112398\varepsilon_{t-2}^2 + 0.192450\varepsilon_{t-3}^2 + 0.149823\varepsilon_{t-4}^2$

Bu çalışmada kullanılan ve gecikmeli koşullu varyansın modele girmesine izin verildiği tüm GARCH(p,q) modellerine ait denklemler Tablo17 ve Tablo 18'de görülmektedir. Ek 6'da ise bu modellere ilişkin tahmin sonuçları ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Tüm modellere ilişkin tahmin edilen parametreler %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Ayrıca model parametreleri sıfırdan büyük ve tüm koşullu değişen varyans denklemlerinde $\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j < 1$ durağanlık koşulu sağlanmaktadır. Modellerde α parametresinin büyüklüğü oynaklığın şoklara (piyasa hareketleri) karşı anlık tepkisini ifade ederken, β parametresinin büyüklüğü oynaklığın oynaklık direncine karşı tepkisini ifade etmektedir. Aynı zamanda, bir dönem önceki oynaklığın cari dönem oynaklığı üzerindeki etkisi de β parametresi tarafından temsil edilmektedir.

Tablo 17: Rusd için GARCH Modellerine Ait Varyans Denklemleri

Hata Dağılımı	Model	Denklem [GARCH(1,1) - $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}$]
Normal Dağılım	GARCH(1,1)	$h_t = (2.37E - 07) + 0.080700\varepsilon_{t-1}^2 - 0.905442h_{t-1}$
	GARCH(2,1)	$h_t = (1.14E - 07) + 0.149842\varepsilon_{t-1}^2 - 0.106503\varepsilon_{t-2}^2 + 0.948777h_{t-1}$
	GARCH(1,2)	$h_t = (2.85E - 07) + 0.104915\varepsilon_{t-1}^2 + 0.230991h_{t-1} + 0.645772h_{t-2}$
	GARCH(2,2)	$h_t = (1.55E - 07) + 0.150367\varepsilon_{t-1}^2 - 0.092522\varepsilon_{t-2}^2 + 0.678237h_{t-1} - 0.253068h_{t-2}$
Student-t Dağılımı	GARCH(1,1)	$h_t = (1.11E - 07) + 0.075732\varepsilon_{t-1}^2 - 0.922627h_{t-1}$
	GARCH(2,1)	$h_t = (8.65E - 08) + 0.129940\varepsilon_{t-1}^2 - 0.066418\varepsilon_{t-2}^2 + 0.935229h_{t-1}$
	GARCH(1,2)	$h_t = (1.41E - 07) + 0.084091\varepsilon_{t-1}^2 + 0.359945h_{t-1} + 0.537980h_{t-2}$
	GARCH(2,2)	$h_t = (1.29E - 07) + 0.127129\varepsilon_{t-1}^2 - 0.036674\varepsilon_{t-2}^2 + 0.568932h_{t-1} - 0.338556h_{t-2}$
GED Dağılımı	GARCH(1,1)	$h_t = (1.58E - 07) + 0.073612\varepsilon_{t-1}^2 - 0.917649h_{t-1}$
	GARCH(2,1)	$h_t = (1.12E - 07) + 0.128543\varepsilon_{t-1}^2 - 0.072751\varepsilon_{t-2}^2 + 0.937542h_{t-1}$
	GARCH(1,2)	$h_t = (2.23E - 07) + 0.106405\varepsilon_{t-1}^2 + 0.318314h_{t-1} + 0.562181h_{t-2}$
	GARCH(2,2)	$h_t = (1.83E - 07) + 0.128856\varepsilon_{t-1}^2 - 0.042227\varepsilon_{t-2}^2 + 0.530078h_{t-1} - 0.372519h_{t-2}$

Tablo 18: Rbist30 için GARCH Modellerine Ait Varyans Denklemleri

Hata Dağılımı	Model	Denklem [GARCH(1,1) - $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}$]
Normal Dağılım	GARCH(1,1)	$h_t = (1.68E - 06) + 0.086139\varepsilon_{t-1}^2 + 0.888366h_{t-1}$
	GARCH(2,1)	$h_t = (1.91E - 06) + 0.072791\varepsilon_{t-1}^2 + 0.016688\varepsilon_{t-2}^2 + 0.881405h_{t-1}$
	GARCH(1,2)	$h_t = (1.53E - 06) + 0.075695\varepsilon_{t-1}^2 + 1.047918h_{t-1} - 0.146824h_{t-2}$
	GARCH(2,2)	$h_t = (1.69E - 06) + 0.073372\varepsilon_{t-1}^2 + 0.009863\varepsilon_{t-2}^2 + 0.967240h_{t-1} + 0.076139h_{t-2}$
Student-t Dağılımı	GARCH(1,1)	$h_t = (1.51E - 06) + 0.076706\varepsilon_{t-1}^2 + 0.900491h_{t-1}$
	GARCH(2,1)	$h_t = (1.76E - 06) + 0.056959\varepsilon_{t-1}^2 + 0.027573\varepsilon_{t-2}^2 + 0.888896h_{t-1}$
	GARCH(1,2)	$h_t = (1.37E - 06) + 0.067211\varepsilon_{t-1}^2 + 1.072904h_{t-1} - 0.160796h_{t-2}$
	GARCH(2,2)	$h_t = (2.65E - 06) + 0.058838\varepsilon_{t-1}^2 + 0.079401\varepsilon_{t-2}^2 + 0.035821h_{t-1} + 0.785916h_{t-2}$
GED Dağılımı	GARCH(1,1)	$h_t = (1.60E - 06) + 0.079231\varepsilon_{t-1}^2 + 0.895592h_{t-1}$
	GARCH(2,1)	$h_t = (1.81E - 06) + 0.064619\varepsilon_{t-1}^2 - 0.021350\varepsilon_{t-2}^2 + 0.885777h_{t-1}$
	GARCH(1,2)	$h_t = (1.46E - 06) + 0.070062\varepsilon_{t-1}^2 + 1.066727h_{t-1} - 0.1595971h_{t-2}$
	GARCH(2,2)	$h_t = (1.77E - 06) + 0.064802\varepsilon_{t-1}^2 + 0.019356\varepsilon_{t-2}^2 + 0.908528h_{t-1} - 0.020361h_{t-2}$

Çalışmada tahminlenen tüm GARCH modellerinde, GARCH gecikmeli parametresi β , GARCH hata parametresi α 'dan daha büyüktür. Buradan oynaklıkta kalıcılık ve direnç olduğu şoklara karşı anlık tepkinin göreceli olarak sınırlı kaldığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Yani oynaklık direncinin etkisi, oynaklığın piyasadaki fiyat değişimlerine karşı anlık tepkisinden daha yüksektir. Diğer taraftan α ve β parametrelerinin toplamının 1'e çok yakın olması, ilgili serideki oynaklık yapılarındaki direnci göstermesi açısından önemlidir. Bu çerçevede koşullu varyansın cari dönem bilgisi sonraki dönem öngörülerinde önemli olmaya devam etmektedir.

GARCH(p,q) modeli koşulsuz varyansı gecikmeli hata terimlerinin işaretlerinden bağımsız olarak sadece büyüklüklerinin bir fonksiyonu olarak tanımlamaktadır. Bu nedenle oynaklık yapısındaki asimetriyi yakalamakta başarısız kalmaktadır. Bu çerçevede, oynaklık yapısındaki asimetriyi dikkate alan EGARCH, TARARCH ve APARCH modelleri getiri serilerine uygulanmıştır.

Tablo 19 ve Tablo20'de sonuçları görülmekte olan getiri serilerine ilişkin pozitif varyanslılığı sağlayan ve oynaklık üzerindeki iyi ve kötü haberlerin etkisinin asimetrik olduğunu gösteren EGARCH(1,1)'e ait varyans denklemindeki tüm

parametreler istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlıdır. Varyansın logaritmik olarak ifade edilmesiyle denklemdeki parametrelerin pozitif olma koşulu terk edilmiştir. Koşullu varyans, gecikmeli hata teriminin karesine değil, standardize edilmiş hata teriminin ($\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{1/2}$) hem büyüklüğüne hem de işaretine bağlıdır. Bu terimin işaretini gösteren kısmın katsayısı üç dağılım için ayrı ayrı olarak sıfırdan farklı bir değer olarak asimetri etkisinin var olduğunu göstermektedir. Büyüklük katsayısı, *Rusd* için, 0.135211, 0.148722 ve 0.154748, *Rbist30* için ise 0.181733, 0.204091 ve 0.182907' dir. log(GARCH) teriminin katsayısının yine üç dağılım için ayrı ayrı olarak öncelikle *Rusd* için, 0.981363, 0.986046 ve 0.980323 ardından *Rbist30* için 0.962819, 0.933050 ve 0.960298 ile büyük bir değer olması oynaklığın kalıcılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Standardize edilmiş hata teriminin (γ) pozitif olması, ortaya çıkan pozitif bir şokun (iyi bir haberin) oynaklığı, negatif bir şoktan (kötü bir haberden) daha fazla artırdığını göstermektedir.

Tablo 19: Rusd için EGARCH Modeline Ait Varyans Denklemi

Hata Dağılımı	Model	Denklem [EGARCH(1,1) - $\log(h_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} \right + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} + \beta_1 \log(h_{t-1})$]
Normal Dağılım	EGARCH(1,1)	$\log(h_t) = -0.312725 + 0.135211 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} \right + 0.030341 \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} + 0.981363 \log(h_{t-1})$
Student-t Dağılımı	EGARCH(1,1)	$\log(h_t) = -0.270474 + 0.148722 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} \right + 0.043779 \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} + 0.986046 \log(h_{t-1})$
GED Dağılımı	EGARCH(1,1)	$\log(h_t) = -0.340436 + 0.154748 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} \right + 0.034171 \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} + 0.980323 \log(h_{t-1})$

Tablo 20: Rbist30 için EGARCH Modeline Ait Varyans Denklemi

Hata Dağılımı	Model	Denklem [EGARCH(1,1) - $\log(h_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} \right + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} + \beta_1 \log(h_{t-1})$]
Normal Dağılım	EGARCH(1,1)	$\log(h_t) = -0.504335 + 0.181733 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} \right - 0.067983 \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} + 0.962819 \log(h_{t-1})$
Student-t Dağılımı	EGARCH(1,1)	$\log(h_t) = -0.811327 + 0.204091 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} \right - 0.106109 \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} + 0.933050 \log(h_{t-1})$
GED Dağılımı	EGARCH(1,1)	$\log(h_t) = -0.529723 + 0.182907 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} \right - 0.075822 \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{1/2}} + 0.960298 \log(h_{t-1})$

EGARCH(1,1) modelinde asimetri parametresinin (γ) anlamlı ve negatif olması serilerde şokların etkisinin simetrik olmadığını göstergesidir. *Rusd* getiri serisi için Tablo 21'e göre, GED dağılımı hariç EGARCH modellerinde asimetri parametresi negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Model sonuçları Tablo 22'de görülmekte olan *Rbist30* getiri serisi için ise, asimetri parametresi hem anlamsız hem de pozitif olması sebebiyle serideki şokların etkisi simetrik değildir. Meydana gelen pozitif bir şok durumunda ($\varepsilon_{t-1} \geq 0$) kukla değişken I_{t-1} , 0 değerini aldığı için, *Rusd* getiri serisi için, hata teriminin karesine ait parametre üç dağılım için ayrı ayrı olarak 0.081733, 0.078067 ve 0.077855 değerini almaktadır. Negatif bir şok durumunda ($\varepsilon_{t-1} < 0$) ise, kukla değişken I_{t-1} , 1 değerini aldığı için hata teriminin karesine ait parametre değeri 0.046554, 0.049199 ve 0.058109 olarak bulunmaktadır. Bu durumda pozitif bir şokun oynaklık üzerindeki etkisinin her üç dağılım için de daha büyük olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 21: Rusd için TGARCH Modeline Ait Varyans Denklemi

Hata Dağılımı	Model	Denklem [TGARCH(1,1) - $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} + \beta_1 h_{t-1}$]
Normal Dağılım	TGARCH(1,1)	$h_t = (2.11E - 07) + 0.081733\varepsilon_{t-1}^2 - 0.035179\varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} + 0.920002h_{t-1}$
Student-t Dağılımı	TGARCH(1,1)	$h_t = (1.00E - 07) + 0.078067\varepsilon_{t-1}^2 - 0.028868\varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} + 0.931190h_{t-1}$
GED Dağılımı	TGARCH(1,1)	$h_t = (1.64E - 07) + 0.077855\varepsilon_{t-1}^2 - 0.019746\varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} + 0.920065h_{t-1}$

Tablo 22: Rbist30 için TGARCH Modeline Ait Varyans Denklemi

Hata Dağılımı	Model	Denklem [TGARCH(1,1) - $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} + \beta_1 h_{t-1}$]
Normal Dağılım	TGARCH(1,1)	$h_t = (2.13E - 07) + 0.048256\varepsilon_{t-1}^2 + 0.083861\varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} + 0.876259h_{t-1}$
Student-t Dağılımı	TGARCH(1,1)	$h_t = (2.12E - 06) + 0.036396\varepsilon_{t-1}^2 + 0.096829\varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} + 0.882439h_{t-1}$
GED Dağılımı	TGARCH(1,1)	$h_t = (2.15E - 06) + 0.041341\varepsilon_{t-1}^2 + 0.091922\varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} + 0.878855h_{t-1}$

APARCH(1,1) modelinde tüm katsayılar her iki getiri serisi için de istatistiksel olarak %5 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır. Tablo 23 ve Tablo 24’de görülmekte olan sonuçlara göre, *Rusd* getiri serisi için, standart sapma kuvvet parametresi değeri üç dağılım için yaklaşık olarak 1.46, 0.92 ve 1.17, *Rbist30* getiri serisi için ise 1.23, 1.51 ve 1.39’dur. Asimetri parametresi sıfırdan farklı bir değer aldığı için serilerin koşullu varyansındaki asimetriklik etkisi de kanıtlanmaktadır. Fakat parametre değeri *Rusd* getiri serisinde negatif olduğu için kaldıraç etkisi bulunmamaktadır. Yani olumlu ve olumsuz haberlerin oynaklık üzerindeki etkisi birbirinden farklıdır fakat olumsuz haberlerin etkisi daha fazla değildir.

Tablo 23: Rusd için APARCH Modeline Ait Varyans Denklemi

Hata Dağılımı	Model	Denklem [$APARCH(1,1) - h_t^{\delta/2} = \alpha_0 + \alpha_1(\varepsilon_{t-1} - \gamma_1\varepsilon_{t-1})^\delta + \beta_1h_{t-1}^{\delta/2}$]
Normal Dağılım	APARCH(1,1)	$h_t^{1.465957/2} = 4.54E-06 + (0.069133 (\varepsilon_{t-1} - (-0.245283) \varepsilon_{t-1})^{1.465957} + 0.925335h_{t-1}^{1.465957/2})$ $h_t^{1.465957/2} = (4.54E - 06) + \left((0.069133(\varepsilon_{t-1} - (-0.0245283)\varepsilon_{t-1}))^{1.465957} + 0.925335h_{t-1}^{1.465957/2} \right)$
Student-t Dağılımı	APARCH(1,1)	$h_t^{0.920482/2} = 8.00E-05 + (0.082506 (\varepsilon_{t-1} - (-0.388364) \varepsilon_{t-1})^{0.920482} + 0.924816h_{t-1}^{0.920482/2})$
GED Dağılımı	APARCH(1,1)	$h_t^{1.179696/2} = 2.24E-05 + (0.082714 (\varepsilon_{t-1} - (-0.216163) \varepsilon_{t-1})^{1.179696} + 0.918487h_{t-1}^{1.179696/2})$

Tablo 24: Rbist30 için APARCH Modeline Ait Varyans Denklemi

Hata Dağılımı	Model	Denklem [$APARCH(1,1) - h_t^{\delta/2} = \alpha_0 + \alpha_1(\varepsilon_{t-1} - \gamma_1\varepsilon_{t-1})^\delta + \beta_1h_{t-1}^{\delta/2}$]
Normal Dağılım	APARCH(1,1)	$h_t^{1.231665/2} = 0.000226 + (0.096695 (\varepsilon_{t-1} - (0.401478) \varepsilon_{t-1})^{1.231665} + 0.886453 h_{t-1}^{1.231665/2})$
Student-t Dağılımı	APARCH(1,1)	$h_t^{1.512779/2} = 1.25E-05 + (0.084397 (\varepsilon_{t-1} - (0.318758) \varepsilon_{t-1})^{1.512779} + 0.886272 h_{t-1}^{1.512779/2})$
GED Dağılımı	APARCH(1,1)	$h_t^{1.395684/2} = 5.06E-05 + (0.091870 (\varepsilon_{t-1} - (0.386173) \varepsilon_{t-1})^{1.395684} + 0.885062 h_{t-1}^{1.395684/2})$

Tablo 25’de görülmekte olan ARCH-LM test sonuçlarına göre, *Rusd* getiri serisi için yalnızca ARCH(1), ARCH(2), ARCH(3), ARCH(4), GARCH(2,1) ve GARCH(2,2) modellerinin hata terimlerinin karelerine uygulanan ARCH-LM testi sonucu ARCH etkisinin giderildiği görülmektedir. Tablo 26’da görülmekte olan ARCH-LM test sonuçlarına göre ise, *Rbist30* getiri serisi için tüm modellerde ARCH etkisinin giderildiği görülmektedir.

Tablo 25: Rusd için ARCH-LM Test Sonuçları

	Normal Dağılım		Student-T		GED Dağılım	
	F-İst	Olasılık	F-İst	Olasılık	F-İst	Olasılık
ARCH(1)	0.031562	0.8590	0.262969	0.6081	0.166716	0.6830
ARCH(2)	0.000529	0.9816	0.348563	0.5549	0.196328	0.6577
ARCH(3)	0.277133	0.5986	1.047436	0.3061	0.763910	0.3821
ARCH(4)	0.003116	0.9555	0.335118	0.5627	0.163443	0.6860
GARCH(1,1)	13.80163	0.0002	11.58108	0.0007	12.74708	0.0004
GARCH(2,1)	2.672631	0.1021	1.645377	0.1996	2.023706	0.1549
GARCH(1,2)	8.396355	0.0038	10.26766	0.0013	4.093257	0.0432
GARCH(2,2)	2.446895	0.1179	2.454232	0.1173	1.809173	0.1787
EGARCH(1,1)	26.56520	0.0000	8.473274	0.0036	11.06033	0.0009
TGARCH(1,1)	13.64040	0.0002	10.00611	0.0016	10.06762	0.0015
APARCH(1,1)	16.94697	0.0000	8.334833	0.0039	9.950844	0.0016

Tablo 26: Rbist30 için ARCH-LM Test Sonuçları

	Normal Dağılım		Student-T		GED Dağılım	
	F-İst	Olasılık	F-İst	Olasılık	F-İst	Olasılık
ARCH(1)	0.464710	0.4955	0.886432	0.3465	0.645923	0.4216
ARCH(2)	1.303579	0.2537	1.784588	0.1817	1.409632	0.2352
ARCH(3)	0.892723	0.3448	0.518719	0.4715	0.518055	0.4717
ARCH(4)	0.028655	0.8656	0.005355	0.9417	0.038511	0.8444
GARCH(1,1)	0.027351	0.8687	0.002175	0.9628	0.020344	0.8866
GARCH(2,1)	0.081686	0.7750	0.797517	0.3719	0.295002	0.5871
GARCH(1,2)	0.016881	0.8966	0.190441	0.6626	0.122606	0.7263
GARCH(2,2)	0.048667	0.8254	0.238972	0.6250	0.296578	0.5861
EGARCH(1,1)	1.577038	0.2093	1.508910	0.2194	1.462872	0.2266
TGARCH(1,1)	1.220932	0.2693	1.791256	0.1809	1.512433	0.2189
APARCH(1,1)	1.035389	0.3090	1.596582	0.2065	1.199049	0.2736

4.4.1 Koşullu Değişen Varyans Modellerinin Karşılaştırmalı Performans Değerlendirmesi

Bu çalışmada 3 ayrı dağılım için hesaplanan 11 ayrı koşullu değişen varyans modelinin öngörü işlemi gerçekleştirilmiştir ve en iyi öngörü performansı gösteren modellere ilişkin sonuçlar Tablo 27 ve Tablo 28'de sunulmuştur. Tüm modellere ilişkin sonuçlar ek 7 ve ek 8'de yer almaktadır.

Tablo 27: Rusd için En İyi Öngörü Performansı Gösteren Koşullu Değişen Varyans Modelleri

Sıralama	Model	Dağılım	RMSE	MAE	MAPE	TIC
1	ARCH(1)	Normal	0.003795	0.002622	110.0102	0.892563
2	ARCH(1)	Student-t	0.003806	0.002601	102.7311	0.925485
3	GARCH(1,2)	GED	0.003811	0.002599	101.1398	0.932783

Tablo 28: Rbist30 için En İyi Öngörü Performansı Gösteren Koşullu Değişen Varyans Modelleri

Sıralama	Model	Dağılım	RMSE	MAE	MAPE	TIC
1	ARCH(1)	Normal	0.008027	0.005823	112.2579	0.882351
2	ARCH(4)	GED	0.008032	0.005796	109.9203	0.891834
3	ARCH(1)	Student-t	0.008041	0.005799	107.0116	0.905711

Tablo 27 ve Tablo 28'den de görüldüğü gibi, RMSE kriterine göre yapılan sıralamada, normal dağılım ARCH(1) modeli her iki getiri serisi için de en yüksek performansı gösteren modeldir.

4.5 Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Öngörümleme

Çalışmada kullanılan, TL/Dolar ve Bist30 endeksi veri setinden elde edilen getiri serilerinin (-1,1) aralığında yer alması ve durağan olması sebebiyle serilere herhangi bir normalizasyon işlemi uygulanmamıştır. Ayrıca 2746 adet verinin son 30'u örneklem dışı öngörü yapabilmek amacıyla ayrılmıştır.

4.5.1 En Yüksek Performansı Gösteren Veri Setlerinin Belirlenmesi

Yapay sinir ağları analizini uygulayabilmek için veri seti eğitim, geçerlilik ve test kısımlarına ayrılmış ve farklı girdi katman nöron sayılarına göre model performansları ölçülmüştür. Bunun için literatürde en çok kullanılan üç farklı veri ayırma yüzdesi denenmiştir.

i) Veri Setinin %70 Eğitim, %15 Geçerlilik ve %15 Test Olarak Kısımlara Ayrılması ile Analiz Sonucu

İlk olarak, %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test olmak üzere üç kısma ayrılan veri seti, 1,2,3,4,5 ve 10 girdi katmanı nöron sayıları ile bu çalışmanın ikinci bölümünde ele alınan yapay sinir ağları modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu işlemlerin amacı, öngörü amacı ile kullanılacak olan en iyi yapay sinir ağına ilişkin veri setini ve bu veri seti kullanılarak oluşturulan ağdaki en düşük RMSE değerine sahip girdi katmanı nöron sayısını belirleyebilmektir. Analiz sonuçlarına göre en iyi performansı gösteren 3 ağın değerleri Tablo 29 ve Tablo 30'da, tüm modellerin sonuçlarına ilişkin Tablo ise Ek 9'da yer almaktadır.

Tablo 29'da görülmekte olduğu üzere *Rusd* getiri serisi için girdi katmanında 2 adet nöron kullanılan, 1 adet gizli katmana sahip, eğitim türü Batch olan ve öğrenme algoritmasının Levenberg Marquardt olan RBF modeli en düşük RMSE değerine sahip olan model olmuştur. Bu modeli, girdi katmanında 3 nöron ve 1 nöron kullanılan model izlemiştir.

Tablo 29: Rusd için %70-%15-%15 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
RBF-1-B-L	2	0.00407	0.00279	0.01202	0.00279	0.00313	0.00231
RBF-1-B-L	3	0.00407	0.00280	0.01201	0.00279	0.00314	0.00234
RBF-1-B-L	1	0.00408	0.00279	0.01201	0.00280	0.00314	0.00234

Rbist30 getiri serisi için ise, girdi katmanında 5 adet nöron kullanılan, 2 adet gizli katmana sahip, eğitim türü Batch olan ve öğrenme algoritması ise RDROP olan MLPR modeli en düşük RMSE değerine sahip model olmuştur. Bu modelin sonuçları Tablo 30'da yer almaktadır.

Tablo 30: Rbist30 için %70-%15-%15 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
MLPR-2-B-R	5	0.00844	0.00618	0.00775	0.00562	0.00548	0.00416
TLRN-1-O-M	3	0.00845	0.00620	0.00794	0.00573	0.00548	0.00415
TDNN-1-B-L	2	0.00833	0.00612	0.00776	0.00554	0.00551	0.00417

ii) Veri Setinin %70 Eğitim, %20 Geçerlilik ve %10 Test Olarak Kısımlara Ayrılması ile Analiz Sonucu

%70 eğitim, %20 geçerlilik ve %10 test olmak üzere üç kısma ayrılan veri seti, 1,2,3,4,5 ve 10 girdi katmanı nöron sayıları kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre en düşük RMSE değerine sahip 3 ağıın değerleri Tablo 31’de, tüm modellerin sonuçlarına ilişkin Tablo ise ek 10’da görülmektedir. Bu sonuçlara göre, girdi katmanında 2 adet nöron kullanılan, 1 adet gizli katmana sahip, eğitim türü Batch olan ve öğrenme algoritması RDRÖP olan RBF modeli en düşük RMSE değerine sahip olan modeldir.

Tablo 31: Rusd için %70-%20-%10 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
RBF-1-B-R	2	0.00407	0.00279	0.01052	0.00259	0.00323	0.00247
RBF-1-B-L	2	0.00408	0.00280	0.01049	0.00259	0.00326	0.00249
MLPRPC-1-B-L	4	0.00408	0.00285	0.01090	0.00290	0.00327	0.00253

Tablo 32’de görülmekte olan sonuçlara göre ise, *Rbist30* getiri serisi için girdi katmanında 5 adet nöron kullanılan, 1 adet gizli katmana sahip, eğitim türü Batch olan ve öğrenme algoritması ise Levenberg Marquardtolan TDNN modeli en düşük RMSE değerine sahip modeldir.

Tablo 32: Rbist30 için %70-%20-%10 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
TDNN-1-B-L	5	0.00825	0.00609	0.00725	0.00523	0.00561	0.00425
TDNN-1-B-L	3	0.00840	0.00615	0.00725	0.00516	0.00562	0.00423
RBF-1-B-R	5	0.00849	0.00615	0.00725	0.00516	0.00563	0.00425

iii) Veri Setinin %80 Eğitim, %10 Geçerlilik ve %10 Test Olarak Kısımlara Ayrılması ile Analiz Sonucu

Son olarak, %80 eğitim, %10 geçerlilik ve %10 test olmak üzere üç kısma ayrılan veri seti, 1,2,3,4,5 ve 10 girdi katmanı nöron sayıları kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre en iyi sonuçları veren 3 ağıın değerleri Tablo 33’de, tüm modellerin sonuçlarına ilişkin Tablo ise Ek 11’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, girdi katmanında 2 adet nöron kullanılan, 1 adet gizli katmana sahip, eğitim türü Batch olan ve öğrenme algoritması Levenberg Marquardt olan RBF modeli en düşük RMSE değerine sahip olan modeldir.

Tablo 33: Rusd için %80-%10-%10 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
RBF-1-B-L	2	0.00393	0.00266	0.01459	0.00344	0.00325	0.00248
GFFC-1-O-M	5	0.00398	0.00272	0.01468	0.00371	0.00326	0.00251
GFFC-1-B-L	4	0.00395	0.00269	0.01466	0.00362	0.00327	0.00252

Tablo 34’de görülmekte olan sonuçlara göre ise, *Rbist30* getiri serisi için girdi katmanında 3 adet nöron kullanılan, 1 adet gizli katmana sahip, eğitim türü Batch olan ve öğrenme algoritması ise RDROPolan TDNN modeli en düşük RMSE değerine sahip model olmuştur.

Tablo 34: Rbist30 için %80-%10-%10 En İyi 3 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
TDNN-1-B-R	3	0.00825	0.00602	0.00683	0.00514	0.00560	0.00420
GFFR-1-B-R	10	0.00845	0.00611	0.00700	0.00531	0.00563	0.00424
TLRN-1-O-M	3	0.00835	0.00606	0.00700	0.00527	0.00563	0.00425

Veri setinin üç farklı yüzde kullanılarak kısımlara ayrılması ile elde edilen dokuz farklı model birlikte değerlendirildiğinde *Rusd* getiri serisi için, %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test verisinden oluşan ve sırasıyla, girdi katmanında 2,3 ve 1 adet nöron bulunan RBF modelleri en düşük RMSE değerlerine sahip olan ilk üç model olmuştur. Rbist30 getiri serisi için ise yine %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test verisinden oluşan, girdi katmanında sırasıyla 5,3 ve 2 adet nöron bulunan MLPR, TLRN ve TDNN modelleri en düşük RMSE değerlerine sahip olan ilk üç model olmuştur. Sonuçları Tablo 35’de görülmekte olan bu modeller, getiri serilerinin öngörüsünde en yüksek performansı gösteren modellerin tespiti için yapılacak olan analize dahil olacaktır. Tüm modellere ilişkin sonuçlar ek 12’de yer almaktadır.

Tablo 35: En Yüksek Performansı Gösteren Veri Setleri

	Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim	Geçerlilik	Test
			RMSE	RMSE	RMSE
Rusd %70-15-15	RBF-1-B-L	2	0.00407	0.01202	0.00313
	RBF-1-B-L	3	0.00407	0.01201	0.00314
	RBF-1-B-L	1	0.00408	0.01201	0.00314
Rbist30 %70-15-15	MLPR-2-B-R	5	0.00844	0.00775	0.00548
	TLRN-1-O-M	3	0.00845	0.00794	0.00548
	TDNN-1-B-L	2	0.00833	0.00776	0.00551

4.5.2 En Yüksek Performansı Gösteren Modellerin Belirlenmesi

Her iki getiri serisi için, en düşük RMSE değerlerine sahip üç yapay sinir ağı modeli belirlendikten sonra, ağların gizli katmanı ve çıktı katmanı için farklı aktivasyon fonksiyonları, eğitim türü ve öğrenme algoritmaları denenerek modellerin analizine devam edilmiştir. Tüm modellerin analiz sonuçları ek 10’da yer almaktadır.

Bölüm 2’de yer alan yapay sinir ağlarının tasarlanması alt başlığında anlatıldığı üzere tüm modeller için gizli katmanda bulunan nöron sayısı 18 olarak belirlenmiştir.

i) Rusd Getiri Serisi İçin En Yüksek Performans Gösteren Modelin Belirlenmesi

Rusd getiri serisi için en düşük RMSE değerine sahip olan modeller arasında ilk sırada yer alan %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test olarak kısımlara ayrılan ve girdi katmanında 2 adet nöron kullanılan RBF modeli olduğu daha önce belirtilmişti. Bu aşamadan sonra, bu modelin gizli katmanı ve çıktı katmanı için farklı aktivasyon fonksiyonlarının denendiği 64 farklı yapay sinir ağının içerisinde en düşük RMSE değerine sahip olan model tespit edilmiştir. Bu modele ilişkin sonuçlar Tablo 36’da yer almaktadır.

Tablo 36: Rusd İçin En İyi Performans Gösteren RBF Modeli (Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı:2)

Ağın Türü	RBF-1-B-L	
Veri Sayısı (Eğitim-Test-Doğrulama)	%70 (1932) - %15 (407) - %15 (407)	
Ağdaki Toplam Katman Sayısı	3	
Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	2	
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	18	
Çıktı Katmanındaki Nöron Sayısı	1	
Gizli Katmandaki Aktivasyon Fonksiyonu	Linear Sigmoid Axon	
Çıktı Katmanındaki Aktivasyon Fonksiyonu	Linear Tanh Axon	
Öğrenme Algoritması	Levenberg Marquardt	
Eğitim Türü	Batch	
Döngü (epoch) Sayısı	1000	
RMSE	Eğitim	0.004094
	Doğrulama	0.012020
	Test	0.003138
MAE	Eğitim	0.002832
	Doğrulama	0.002841
	Test	0.002346

Tablo 37’de ise %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test veri seti için girdi katmanında 3 adet nöron bulunan ve en iyi ikinci modelin gizli katman ve çıktı katmanı için farklı aktivasyon fonksiyonlarının denendiği 64 yapay sinir ağının içerisinde en düşük RMSE değerine sahip olan modele ilişkin sonuçlar görülmektedir.

Tablo 37: Rusd İçin En iyi Performans Gösteren RBF Modeli (Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı:3)

Ağın Türü	RBF-1-B-L	
Veri Sayısı (Eğitim-Test-Doğrulama)	%70 (1932) - %15 (407) - %15 (407)	
Ağdaki Toplam Katman Sayısı	3	
Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	3	
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	18	
ıktı Katmanındaki Nöron Sayısı	1	
Gizli Katmandaki Aktivasyon Fonksiyonu	Soft Max Axon	
ıktı Katmanındaki Aktivasyon Fonksiyonu	Axon	
ğrenme Algoritması	Levenberg Marquardt	
Eğitim Türü	Batch	
Döngü (epoch) Sayısı	1000	
RMSE	Eğitim	0.004089
	Doğrulama	0.012013
	Test	0.003143
MAE	Eğitim	0.002837
	Doğrulama	0.002823
	Test	0.002358

Son olarak, %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test veri seti için, girdi katmanında 1 adet nöron bulunan en iyi üçüncü modele ilişkin olarak gizli katman ve çıktı katmanında farklı aktivasyon fonksiyonlarının denendiği 64 yapay sinir ağının içerisinden en düşük RMSE değerine sahip olan modele ilişkin sonuçlar Tablo 38’de görülmektedir.

Tablo 38: Rusd İçin En İyi Performans Gösteren RBF Modeli (Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı:1)

Ağın Türü	RBF-1-B-L	
Veri Sayısı (Eğitim-Test-Doğrulama)	%70 (1932) - %15 (407) - %15 (407)	
Ağdaki Toplam Katman Sayısı	3	
Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	1	
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	18	
Çıktı Katmanındaki Nöron Sayısı	1	
Gizli Katmandaki Aktivasyon Fonksiyonu	Linear Sigmoid Axon	
Çıktı Katmanındaki Aktivasyon Fonksiyonu	Axon	
Öğrenme Algoritması	Levenberg Marquardt	
Eğitim Türü	Batch	
Döngü (epoch) Sayısı	1000	
RMSE	Eğitim	0.004065
	Doğrulama	0.012011
	Test	0.003146
MAE	Eğitim	0.002794
	Doğrulama	0.002798
	Test	0.002345

Tablo 36-37-38’de sonuçları görülmekte olan %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test veri seti içinen düşük RMSE değerlerine sahip olan ve girdi katmanında 2, 3 ve 1 adet nöron bulunan modellerin gizli ve çıktı katmanında farklı aktivasyon fonksiyonları denenerek en düşük RMSE değerine sahip model belirlenmiştir. Bu durumda, Tablo36’de yer alan ve girdi katmanında 2 adet nörona sahip RBF-1-B-L modeli en yüksek performansı gösteren model olmuş ve analizin sonunda yapılan Rusd getiri serisinin örneklem dışı öngörü işleminde kullanılmıştır.

ii) Rbist30 Getiri Serisi İçin En Yüksek Performans Gösteren Modelin Belirlenmesi

Rbist30 getiri serisi için ise, %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test olarak kısımlara ayrılan ve en düşük RMSE değerine sahip olan 3 model incelenmiştir. Bunun için öncelikle girdi katmanında 5 adet nöron bulunan MLPR modelinin girdi ve çıktı katmanı için farklı aktivasyon fonksiyonları denenmiş ve oluşturulan 64 farklı yapay sinir ağının içerisinde en yüksek performansı gösteren MLPR-2-B-R modeline ulaşılmıştır. Model sonuçları Tablo 39’da görülmektedir.

Tablo 39: Rbist30 İçin En iyi Performans Gösteren MLPR Modeli

Ağın Türü	MLPR-2-B-R	
Veri Sayısı (Eğitim-Test-Doğrulama)	%70 (1932) - %15 (407) - %15 (407)	
Ağdaki Toplam Katman Sayısı	3	
Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	5	
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	18	
ıktı Katmanındaki Nöron Sayısı	1	
Gizli Katmandaki Aktivasyon Fonksiyonu	Tanh Axon	
ıktı Katmanındaki Aktivasyon Fonksiyonu	Linear Axon	
ğrenme Algoritması	Rdrop	
Eğitim Türü	Batch	
Döngü (epoch) Sayısı	1000	
RMSE	Eğitim	0.008211
	Doğrulama	0.007859
	Test	0.005524
MAE	Eğitim	0.006022
	Doğrulama	0.005671
	Test	0.004209

Tablo 40’da ise yine veri seti, %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test olarak kısımlara ayrılan ve girdi katmanında 3 adet nöron bulunan gizli katman ve çıktı katmanı için farklı aktivasyon fonksiyonlarının denendiği 64 yapay sinir ağının içerisinden en iyi performansı gösteren TLRN-1-O-M modeline ilişkin sonuçlar görülmektedir.

Tablo 40: Rbist30 İçin En iyi Performans Gösteren TLRN Modeli

Ağın Türü	TLRN-1-O-M	
Veri Sayısı (Eğitim-Test-Doğrulama)	%70 (1932) - %15 (407) - %15 (407)	
Ağdaki Toplam Katman Sayısı	3	
Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	3	
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	18	
ıktı Katmanındaki Nöron Sayısı	1	
Gizli Katmandaki Aktivasyon Fonksiyonu	Tanh Axon	
ıktı Katmanındaki Aktivasyon Fonksiyonu	Sigmoid Axon	
ğrenme Algoritması	Momentum	
Eğitim Türü	On-Line	
Döngü (epoch) Sayısı	1000	
RMSE	Eğitim	0.008514
	Doğrulama	0.007799
	Test	0.005505
MAE	Eğitim	0.006205
	Doğrulama	0.005603
	Test	0.004180

Son olarak, Tablo 41’de veri seti, %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test olarak kısımlara ayrılan ve girdi katmanında 5 adet nöron bulunan ve gizli katman ve çıktı katmanı için farklı aktivasyon fonksiyonlarının denendiği 64 yapay sinir ağının içerisinden en iyi performansı gösteren MLPR-2-B-R modeline ilişkin sonuçlar görülmektedir.

Tablo 41: Rbist30 için En iyi Performans Gösteren TDNN Modeli

Ağın Türü	TDNN-1-B-L	
Veri Sayısı (Eğitim-Test-Doğrulama)	%70 (1932) - %15 (407) - %15 (407)	
Ağdaki Toplam Katman Sayısı	3	
Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	2	
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	18	
Çıktı Katmanındaki Nöron Sayısı	1	
Gizli Katmandaki Aktivasyon Fonksiyonu	Linear Tanh Axon	
Çıktı Katmanındaki Aktivasyon Fonksiyonu	Sigmoid Axon	
Öğrenme Algoritması	Levenberg Marquardt	
Eğitim Türü	Batch	
Döngü (epoch) Sayısı	1000	
RMSE	Eğitim	0.008564
	Doğrulama	0.007799
	Test	0.005505
MAE	Eğitim	0.006245
	Doğrulama	0.005621
	Test	0.004189

Tablo 39-40-41’de yer alan üç modele ilişkin sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, sonuçları Tablo 41’de görülen ve girdi katmanında 2 adet nörona sahip TDNN-1-B-L modeli en düşük RMSE değerine sahip olan dolayısıyla en yüksek performansı gösteren model olmuş ve analizin sonunda yapılan *Rbist30* getiri serisinin örneklem dışı öngörü işleminde kullanılmıştır.

4.6 Zaman Serisi ve Yapay Sinir Ağları Modellerinin Performanslarının Karşılaştırması ve Örneklem Dışı Öngörümleme

Bu çalışmada kullanılan tüm modellere ilişkin bir performans karşılaştırmasına gidilmiş bunun için tüm modellerin hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) kullanılarak sıralama yapılmıştır. Tablo42’de sonuçları görülmekte olan bu sıralama sonucunda, Rusd getiri serisi için, yapay sinir ağlarına ilişkin RBF-1-B-L modeli çalışmada kullanılan tüm modeller içerisinde en yüksek performansı göstermiştir. Bu modeli ARMA(4,4) modeli ile ARCH(1) modeli izlemiştir.

Tablo 42: Rusd için Çalışmada Kullanılan Modellerin Performans Karşılaştırması

Sıralama	Model	RMSE	MAE
1	RBF-1-B-L	0.003138	0.002346
2	ARMA(4,4)	0.003786	0.002615
3	ARCH(1)	0.003795	0.002622

Benzer şekilde *Rbist30* getiri serisi için yapılan sıralamada ise yapay sinir ağlarına ilişkin TDNN-1-B-L modeli çalışmada kullanılan tüm modeller içerisinde en yüksek performansı göstermiştir. Analiz sonuçları Tablo 43’de görülmektedir.

Tablo 43: Rbist30 için Çalışmada Kullanılan Modellerin Performans Karşılaştırması

Sıralama	Model	RMSE	MAE
1	TDNN-1-B-L	0.005505	0.004189
2	ARMA(4.5)	0.008001	0.005795
3	ARCH(1)	0.008027	0.005796

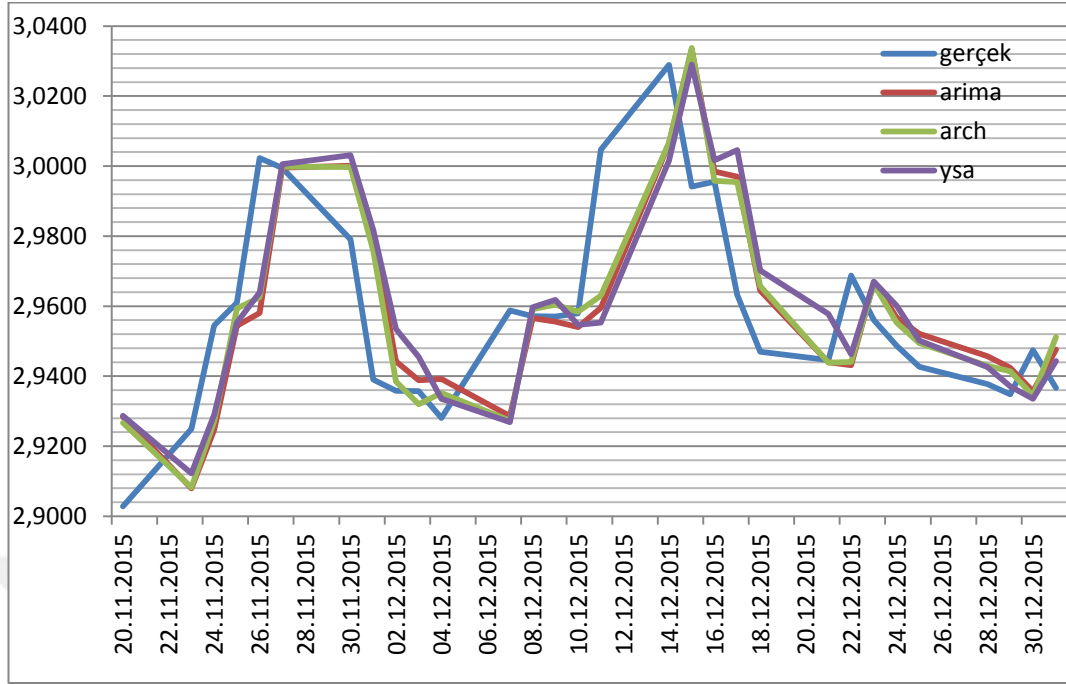
Tablo 44’de, *Rusd* getiri serisi için, 20.11.2015 ve 31.12.2015 dönemleri için, gerçek değerler ile RBF-1-B-L, ARMA(4,4) ve ARCH(1) modellerine ait örneklem dışı öngörü sonuçları yer almaktadır. Ayrıca Şekil 12’de *Rusd* getiri serisi için çalışmada kullanılan modellerin örneklem dışı öngörü sonuçlarının grafiği görülmektedir.

Tablo 44: Rusd İçin alışmada Kullanılan Modellerin rneklem Dışı ngr Sonuçları

Örneklem Periyodu	Gerçek Değer	ngr Değeri		
		RBF-1-B-L	ARMA(4,4)	ARCH(1)
20.11.2015	2.9028	2.9287	2.9284	2.9267
23.11.2015	2.9250	2.9122	2.9080	2.9082
24.11.2015	2.9545	2.9290	2.9247	2.9270
25.11.2015	2.9610	2.9553	2.9544	2.9593
26.11.2015	3.0023	2.9639	2.9580	2.9625
27.11.2015	2.9995	3.0005	2.9996	2.9998
30.11.2015	2.9791	3.0031	3.0001	2.9998
01.12.2015	2.9390	2.9818	2.9799	2.9758
02.12.2015	2.9358	2.9535	2.9443	2.9384
03.12.2015	2.9357	2.9455	2.9389	2.9320
04.12.2015	2.9281	2.9336	2.9393	2.9352
07.12.2015	2.9588	2.9269	2.9286	2.9274
08.12.2015	2.9571	2.9597	2.9566	2.9592
09.12.2015	2.9570	2.9618	2.9556	2.9604
10.12.2015	2.9580	2.9547	2.9540	2.9584
11.12.2015	3.0047	2.9553	2.9595	2.9630
14.12.2015	3.0289	3.0015	3.0065	3.0067
15.12.2015	2.9942	3.0290	3.0333	3.0338
16.12.2015	2.9955	3.0017	2.9985	2.9958
17.12.2015	2.9633	3.0046	2.9970	2.9955
18.12.2015	2.9470	2.9702	2.9644	2.9657
21.12.2015	2.9446	2.9578	2.9440	2.9439
22.12.2015	2.9687	2.9463	2.9431	2.9440
23.12.2015	2.9560	2.9670	2.9669	2.9663
24.12.2015	2.9487	2.9601	2.9567	2.9553
25.12.2015	2.9427	2.9502	2.9521	2.9495
28.12.2015	2.9378	2.9426	2.9457	2.9430
29.12.2015	2.9348	2.9372	2.9424	2.9414
30.12.2015	2.9474	2.9335	2.9357	2.9345
31.12.2015	2.9367	2.9444	2.9476	2.9512

Kaynak: Çalışmanın verileri ve öngörü sonuçları kullanılarak tarafımca düzenlenmiştir.

Şekil 12: Rusd İçin Çalışmada Kullanılan Modellerin Örneklem Öngörü Sonuçlarının Grafiği



Kaynak: Çalışmanın verileri ve öngörü sonuçları kullanılarak tarafınca düzenlenmiştir.

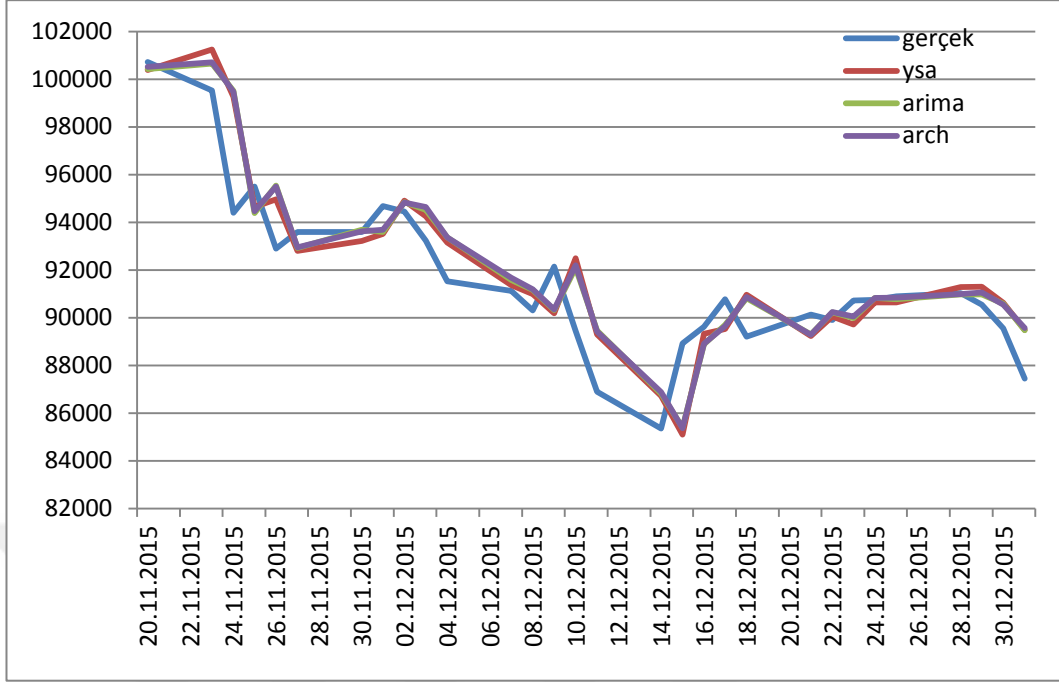
Benzer şekilde, Tablo 45’de *Rbist30* getiri serisine ilişkin gerçek değerler ile TDNN-1-B-L, ARMA(4,5) ve ARCH(1) modellerine ait örneklem dışı öngörü sonuçları yer almaktadır. Şekil13’de ise *Rbist30* getiri serisi için çalışmada kullanılan modellerin örneklem dışı öngörü sonuçlarının grafiği görülmektedir.

Tablo 45: Rbist30 İçin alışmada Kullanılan Modellerin rneklem Dışı ngr Sonuçları

Örneklem Periyodu	Gerçek Değer	ngr Değeri		
		TDNN-1-B-L	ARMA(4,5)	ARCH(1)
20.11.2015	100725	100385	100420	100513
23.11.2015	99525	101249	100659	100710
24.11.2015	94400	99257	99515	99466
25.11.2015	95500	94636	94384	94462
26.11.2015	92900	94969	95535	95493
27.11.2015	93600	92805	92921	92945
30.11.2015	93600	93216	93694	93620
01.12.2015	94675	93508	93597	93691
02.12.2015	94450	94913	94847	94827
03.12.2015	93225	94245	94515	94643
04.12.2015	91525	93147	93367	93363
07.12.2015	91125	91366	91581	91674
08.12.2015	90300	90996	91165	91191
09.12.2015	92150	90190	90318	90351
10.12.2015	89450	92497	92096	92200
11.12.2015	86900	89295	89464	89424
14.12.2015	85350	86718	86821	86878
15.12.2015	88925	85091	85389	85365
16.12.2015	89625	89322	88884	88914
17.12.2015	90775	89529	89708	89653
18.12.2015	89200	90961	90812	90874
21.12.2015	90125	89226	89304	89285
22.12.2015	89900	90055	90223	90237
23.12.2015	90725	89711	89982	90055
24.12.2015	90750	90641	90828	90834
25.12.2015	90900	90639	90770	90837
28.12.2015	91025	91291	90976	90995
29.12.2015	90550	91296	90973	91053
30.12.2015	89550	90631	90589	90546
31.12.2015	87450	89487	89476	89567

Kaynak: Çalışmanın verileri ve öngörü sonuçları kullanılarak tarafımca düzenlenmiştir.

Şekil 13: Rbist30 için Çalışmada Kullanılan Modellerin Örneklem Dışı Öngörü Sonuçlarının Grafiği



Kaynak: Çalışmanın verileri ve öngörü sonuçları kullanılarak tarafımca düzenlenmiştir.

SONUÇ

Başlangıcı gelişmiş ülkelere dayanan türev ürünler, özellikle ekonomiye ve piyasa yatırımcılarına yönelik olumlu etkileri sebebiyle, gelişmekte olan ülkelerde de kullanımı hızla artan finansal bir araç olmaktadır. Temel amacı finansal piyasalar ve ekonomideki riskin yönetimi olan türev piyasalardaki işlemlerin etkin olarak uygulanması, karar alma birimleri tarafından kabul görmekte ve bu alandaki önemli bir eksikliği tamamlamaktadır. İşlem hacmi göz önünde bulundurulduğunda Türkiye ve Dünya finans sistemi üzerindeki önemi her geçen gün artmaktadır. Döviz kurları özelinde bakıldığında, dalgalı döviz kuru rejimi uygulayan ülkelerin dış ticaretinin hem ülke hem de firmalar açısından finansmanında, kurlarda meydana gelen oynaklıklar sebebiyle ciddi anlamda riskler bulunmaktadır. Türev ürünlerin kullanımının ülke ekonomilerindeki finansal derinliğe yaptığı katkıların yanında, diğer finansal ve ekonomik değişkenlerdeki oynaklık riskinin azaltılması yönünde de çok önemli faydaları bulunmaktadır.

Modern anlamda gelişimi 1971 yılında BrettonWoods sabit kur sisteminin yıkılması ile başlayan ancak geçmişi M.Ö 5 yy.'a kadar giden türev ürünler, başlangıçta tarım ürünlerine dayalı olarak uygulanmaya başlanmıştır. Bu sistem sonrasında, döviz ve faiz oranlarında meydana gelen oynaklıktan korunmak için 1972 yılında Chicago Ticaret Borsası (CME) tarafından yedi farklı yabancı para birimini kapsayacak biçimde düzenlenmiş bir vadeli işlem piyasası kurulmuştur. Günümüzde riskten korunma, spekülasyon ve arbitraj şeklinde üç farklı amaç için kullanılan türev piyasalar, forward sözleşmeleri (alivre işlem sözleşmeleri), futures sözleşmeleri (vadeli işlem sözleşmeleri), opsiyon sözleşmeleri ve swap sözleşmeleri (takas sözleşmeleri) olmak üzere dörde ayrılmaktadır.

Türkiye’de türev piyasaların gelişiminin 23.07.1995 tarih 22352 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsalarının Kuruluş ve Çalışma Esasları Hakkındaki Genel Yönetmelik” ile başladığı görülmektedir. 10 yıl kadar süren bürokratik sürecin ardından, 4 Şubat 2005 tarihinde Türkiye’deki ilk Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası (VOB) İzmir’de kurulmuş ve faaliyete başlamıştır. 21 Aralık 2012 tarihinde kurulmuş olan ve Borsa İstanbul bünyesinde faaliyet gösteren Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası’nın (VİOP) 3 Mayıs 2013 tarihinde VOB’un %100 hissedarı olması sebebiyle bu tarihten itibaren Türkiye’deki tüm vadeli işlem ve opsiyon sözleşmeleri VİOP bünyesinde tek platformda işlem görmektedir. Eylül

2014 tarihi itibariyle bakıldığında, Türkiye'deki türev ürünlerin işlem miktarları ve işlem hacimleri bakımından en fazla işlemin hisse endeks vadeli işlem sözleşmelerinde (futures), ardından da döviz vadeli işlem sözleşmelerinde gerçekleştiği görülmektedir.

Diğer tüm piyasalarda olduğu gibi türev piyasaların da iyi işleyebilmesi için piyasa etkinliğinin gerçekleşmiş olması gerekmektedir. Çünkü piyasaların etkin olması durumunda, bu piyasada işlem gören fiyatlar mevcut tüm bilgiyi içerdikleri için fiyat hareketlerinden yararlanılarak normalin üzerinde bir getiri sağlanması mümkün olmamaktadır. Piyasadaki fiyatların rassal olarak belirlenmesi üzerine kurulu olan etkin piyasalar hipotezi, Fama (1970) tarafından, Zayıf formda, Yarı güçlü formda ve Güçlü formda etkinlik olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Zayıf formda piyasa etkinliğinde, geçmiş dönemlerde oluşan fiyatlar kullanılarak gelecek dönemdeki fiyatların öngörülemediği varsayılırken, piyasa fiyatlarının kamuya açıklanan tüm bilgilere çok hızlı bir şekilde uyarlandığı piyasalara da yarı güçlü formda piyasalar adı verilmektedir. Son olarak güçlü formda piyasa etkinliğinin varsayımı ise kamu ile henüz paylaşılmamış özel bilgilerin de finansal varlık fiyatlarına yansıma şeklindedir.

Etkin piyasalar hipotezi, piyasada oluşan rassal bir bilgi sebebiyle piyasadaki fiyatların da rassal olarak belirlenmesi varsayımına dayalı olarak rassal yürüyüş kavramı ile ilişkilendirilmektedir. Bugünün fiyatlarını, dünün fiyatları ile rassal bir etkinin toplamının oluşturduğunu varsayan ve birbiri ardından gelen fiyat değişimlerinin veya getirilerin birbirinden bağımsız olması ve bu fiyat değişimi veya getirilerin benzer dağılım göstermesi şeklinde iki temele dayanan rassal yürüyüş hipotezini sınamak için birim kök testleri kullanılmaktadır. Bu noktadan hareketle, herhangi bir finansal değişkene ait serinin birim kök içermesi durumunda o değişkenin rassal yürüyüş sergilediği ve bu durum piyasa genelinde düşünüldüğünde ise piyasanın zayıf formda etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bundan dolayı çalışmanın ana amacını teşkil eden Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası'nda işlem gören sözleşmelerin gelecek dönem fiyat öngörümlemesini gerçekleştirmeden önce piyasanın zayıf formda etkinliği birim kök testleri yardımıyla sınanmıştır. Bunun için Brock, Dechert ve Scheinkman (BDS) doğrusallık testi ile doğrusal olmayan bir yapı gösterdiği belirlenen serilere, öncelikle Genişletilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) birim

kök testleri ve ardından Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) doğrusal olmayan birim kök testi uygulanmış ve serilerin düzey değerlerinde durağan yani $I(0)$ olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre Türkiye’de faaliyet gösteren Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası zayıf formda etkin olmayan bir piyasa olarak karşımıza çıkmakta ve geçmiş dönem fiyatlar kullanılarak gelecek dönem fiyat öngörüsü yapılabilme ihtimali doğmaktadır.

Zayıf formda etkin olmadığı belirlenen Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası’nda işlem gören TL/Dolar ve Bist-30 sözleşme serilerinin, her gün itibariyle en yakın vadeye sahip sözleşmesinin gün sonu uzlaşma fiyatının öngörülmesi amacıyla, Borsa İstanbul A.Ş’den elde edilen ve 4 Şubat 2005 ile 31 Aralık 2015 tarihleri arasında kapsayan verilere otoregresif hareketli ortalama (ARMA), otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) ve yapay sinir ağları yöntemleri uygulanmıştır. Analizde serilerin logaritmik birinci farkları alınarak elde edilen getiri serileriyle çalışılmıştır. Bundan dolayı yapay sinir ağı modelleri oluşturulurken verilere normalizasyon işlemi uygulanmamıştır. Bu çalışmada elde edilen serilerin tanımlayıcı istatistiklerine bakıldığında serilerin normal dağılmadıkları belirlenmiştir. İkinci bölümde yer alan BDS doğrusallık testi sonuçlarına göre, serilerin doğrusal olmayan bir yapı gösterdiği anlaşılmıştır. Bu durum, serilerin doğrusal olduğunu varsayarak analizleri buna göre gerçekleştiren Box-Jenkins yaklaşımına göre hem doğrusal hem de doğrusal olmayan seriler ile çalışabilme yeteneğine sahip olan yapay sinir ağları yönteminin daha başarılı öngörü performansı sonuçları üretmesi ihtimalini artırmaktadır.

Otoregresif hareketli ortalama yöntemi için en uygun modelin bulunarak Box-Jenkins yaklaşımı ile serilere ilişkin gelecek dönem öngörü üretebilmek için, $AR(p)$, $MA(q)$ ve $ARMA(p,q)$ ($p,q=1,2,3,4,5$) modelleri tahmin edilmiştir. Öncelikle farklı p ve q kombinasyonları ile kurulan modellerde katsayıların istatistiksel olarak anlamlılığı %1 önem düzeyinde test edilmiş, ardından belirlilik katsayısı, bilgi kriterleri, hata karelerinin toplamı (SSE) ve modelin F istatistiği gibi değerler dikkate alınarak en düşük Akaike Bilgi Kriteri (AIC) değerine sahip olan TL/Dolar sözleşme serisi için $ARMA(4,4)$, Bist-30 endeks sözleşme serisi için ise $ARMA(4,5)$ modeli uygun model olarak seçilmiştir.

Öngörüsü yapılacak olan sözleşme serilerini koşullu değişen varyans yöntemi ile modelleyebilmek için öncelikle bulunan ortalama modellerinin hata terimlerinin

karesinde ARCH etkisinin olup olmadığı araştırılmış bunun için serilere ARCH-LM testi uygulanmış ardından hata terimlerinin korelogramlarından ARCH etkisinin varlığı araştırılmış ve iki seri içinde bu etki tespit edilmiştir. Bu etkiyi gidermek için serilere, normal dağılım, student-t dağılımı ve GED dağılımı gibi üç farklı dağılım için 11 ayrı ARCH, GARCH, EGARCH, TGARCH ve APARCH koşullu değişen varyans modeli uygulanmış ve en uygun model belirlenmiştir. Belirlenen kriterler doğrultusunda, TL/Dolar sözleşme serisi için en iyi öngörü performansı gösteren koşullu değişen varyans modelinin normal dağılım için ARCH(1) modeli olduğu, bu modeli student-t dağılımı için ARCH(1) ve GED dağılımı için GARCH(1,2) modelinin izlediği, Bist-30 endeks sözleşme serisi için ise, normal dağılım için ARCH(1) modelinin en iyi model olduğu, GED dağılımı için ARCH(4) ve student-t dağılımı için ARCH(1) modelinin izlediği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan son yöntem olan yapay sinir ağları ile öngörü işleminin ilk adımı veri setini eğitim, geçerlilik ve test olmak üzere kısımlara ayırmaktır. Bunun için %70 eğitim, %15 geçerlilik ve %15 test, %70 eğitim, %20 geçerlilik ve %10 test ve son olarak %80 eğitim, %10 geçerlilik ve %10 test olmak üzere literatürde en çok kullanılan üç farklı veri ayırma yüzdesi kullanılmıştır. Her veri ayırma yüzdesi grubu için 1,2,3,4,5 ve 10 girdi katmanı nöron sayıları ile bu çalışmanın ikinci bölümünde ele alınan yapay sinir ağları modelleri kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sayesinde, öngörü amacı ile kullanılacak olan en iyi yapay sinir ağına ilişkin veri seti ve bu veri seti kullanılarak oluşturulan ağdaki en düşük RMSE değerine sahip girdi katmanı nöron sayısı belirlenmiştir. Her iki seri için, en düşük RMSE değerlerine sahip üç yapay sinir ağı modeli belirlendikten sonra en yüksek performansı gösteren modellerin belirlenebilmesi için ağların gizli katmanı ve çıktı katmanı için farklı aktivasyon fonksiyonları, eğitim türü ve öğrenme algoritmaları denenerek modellerin analizine devam edilmiştir. TL/Dolar sözleşme serisi için girdi katmanında iki adet nörona sahip, gizli katmanındaki aktivasyon fonksiyonu Linear Sigmoid Axon, çıktı katmanındaki aktivasyon fonksiyonu Linear Tanh Axon ve öğrenme algoritması Levenberg Marquardt olan RBF-1-B-L modeli en yüksek performansı gösteren model olmuştur. Bist-30 endeksi sözleşme serisi için ise, girdi katmanında iki adet nörona sahip, gizli katmanında Linear Sigmoid Axon, çıktı katmanında Sigmoid Axon aktivasyon fonksiyonu kullanılan ve öğrenme algoritması Levenberg Marquardt olan TDNN-1-B-L modeli en düşük RMSE

değerine sahip olan dolayısıyla en yüksek performansı gösteren model olmuştur. Ayrıca bu modeller serilerin örneklem dışı öngörü işleminde de kullanılmıştır.

Son olarak, bu çalışmada kullanılan tüm modellere ilişkin bir performans karşılaştırmasına gidilmiş, bunun için tüm modellerin hata kareler ortalamasının karekökü kriteri (RMSE) kullanılarak sıralama yapılmıştır. Bu sıralamanın sonucuna göre, TL/Dolar sözleşme serisi için, RBF-1-B-L yapay sinir ağı modeli çalışmada kullanılan tüm modeller içerisinde en yüksek performansı gösteren model olmuş, bu modeli ARMA(4,4) modeli ile ARCH(1) modeli izlemiştir. Bist-30 endeks sözleşme serisi için yapılan sıralamada TDNN-1-B-L yapay sinir ağı modeli çalışmada kullanılan tüm modeller içerisinde en yüksek performansı gösteren model olmuş, bu modeli ARMA(4,5) modeli ile ARCH(1) modeli izlemiştir.

Genellikle doğrusal olmayan yapı sergileyen finansal verilere ait gelecek dönem öngörü işleminde, zaman serisi analizi yöntemlerine kıyasla yapay sinir ağı modelleri daha yüksek başarı göstermektedir (Sterbaand ve Hilovska, 2010). Bu çalışmanın sonuçları, zaman serisi analizi yöntemlerinin yapay sinir ağı modellerine kıyasla daha yüksek performans sergilediği diğer çalışmaların (Lee vd., 2007, Merh ve Pardasani, 2010) aksine, gelecek dönem öngörü işleminde yapay sinir ağlarının daha üstün olduğu sonucuna ulaşan çalışmalar ile (Moralı,2011, Adebıy vd.,2014, Kadılar vd.,2009, Panda ve Narasimhan,2007, Akdağ,2010) benzerlik göstermektedir. Türkiye’de faaliyet gösteren Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası’nın zayıf formda etkin olmadığını kanıtlayıp sözleşme serilerini üç farklı yöntem ile öngörümleyerek literatüre katkı sağlayan bu çalışmanın sonuçlarına göre, türev piyasalara ilişkin finansal verilerin gelecek dönem değer öngörüsü yapılırken yapay sinir ağı yöntemi, zaman serileri yöntemlerine göre güçlü alternatif bir yöntemdir.

Bu sonuçlardan hareketle, finansal varlık fiyatlarının rassal olarak hareket etmediği yani zayıf formda etkin olmadığı kanıtlanan piyasalarda geleceğe ilişkin risk ve belirsizliği ortadan kaldırmak için finansal varlıkların fiyatlarına ilişkin öngörümlemelerde bulunmak isteyen karar alma birimlerinin ARIMA ve ARCH modellerindenense, doğrusal olmayan yapıları da modelleyebilen yapay sinir ağı modellerini kullanmasının daha uygun olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Adalı, S. (2006). *Piyasa Etkinliği Ve İMKB: Zayıf Formda Etkinliğe İlişkin Ekonometrik Bir Analiz*.(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Adebiyi, A., A., Adewumi, A., O., ve Ayo, C., K. (2014). Comparison of ARIMA and Artificial Neural Networks Models for Stock Price Prediction. *Journal of Applied Mathematics*.

Adlıg, Ş., G. (2009). *Finansal Piyasalarda Ardışık Bağımlı Koşullu Varyans Etkileri, Oynaklık Tahmini ve Türkiye Üzerine Bir Uygulama*.(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Akcan, A. ve Kartal, C. (2011). İMKB Sigorta Endeksini Oluşturan Şirketlerin hisse Senedi Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*. Temmuz: 27-40

Akdağ, Y. (2010). *Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası'nda TLDolar Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Gün Sonu Uzlaşma Fiyatının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü. 2010.

Akgül, I. (2003). *Zaman Serilerinin Analizi Ve Arima Modelleri*. İstanbul: Der Yayınları.

Akgün, A. İ. (1996). Borç Yönetim Aracı Olarak Faiz Swap'ı. *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*. 123: 34-41.

Akpamuk, S., N. (2014). *Çok Değişkenli Deterministik Oynaklık Modelleri: Borsa Endeksleri Arasındaki Oynaklık Etkileşimi Üzerine Bir Uygulama*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Apak, S. ve Uyar, M. (2011). *Türev Ürünler ve Finansal Teknikler*. İstanbul: Beta Yayınevi.

Arabacı, Ö. (2007). *Makroekonomik Zaman Serisi Analizi ve Yapay Sinir Ağı Uygulamaları*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Asteriou, D., Hall G., S., (2006). *Applied Econometrics*. New York: Palgrave Macmillan.

Ataseven, B. (2007). *Satış Öngörü Modellemesi Tekniği Olarak Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı: Petkim'de Uygulanması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Manisa: Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Atlas, M. (2000), *İstatistik: Çözümlü Örnekler*.Eskişehir: Birlik Ofset Yayıncılık.

Avcı, E. (2007). Forecasting Daily and Sessional Returns of the ISE-100 Index With Neural Network Models. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*. 8(2): 128-142.

Avcı, E. (2007). Forecasting Daily and Sessional Returns of The ISE-100 Index with Neural Network Models. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*.8(2), 128-142.

Ayaz, N. (2011). *Alım Satım Opsiyonlarında Black Scholes Opsiyon Fiyatlama Modeli Uygulanması ve Duyarlılık Analizi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Aydın, A., D. ve Çavdar, S., Ç. (2015). Comparison of Prediction Performances of Artificial Neural Network (ANN) and Vector Autoregressive (VAR) Models by Using the Macroeconomic Variables of Gold Prices, Borsa İstanbul (BIST) 100 Index and US Dollar-Turkish Lira (USD/TRY) Exchange Rates. *Procedia Economics and Finance*, 30, 3-14.

Aydın, N. (2010). *Finansal Yönetim*.Ankara: Detay Yayıncılık.

Aygören, H., Sarıtaş, H. Ve Moralı, T. (2012). İMKB 100 Endeksinin Yapay Sinir Ağları ve Newton Nümerik Arama Modelleri ile Tahmini. *International Journal of Alanya Faculty of Business*. 4(1), 73-88.

Ayrıçay, Y. (2003). Türev Piyasaların Gelişmekte Olan Piyasalara Olası Etkileri. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 5: 1 – 19.

Balaban, E. (1995). Informational Efficiency of the Istanbul Securities Exchange and Some Public Rationale for Public Regulation. *The Central Bank of the Republic of Turkey Research Department Discussion Paper*. 9502: 43.

Bener, G. (2010). Finansal Türevlerin Muhasebeleştirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 15(1): 189 – 215.

Bildik, R. (2000). Hisse Senedi Piyasalarında Dönemsellikler ve ĐMKB Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *İMKB Yayınları*, İstanbul.

Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. *Journal Of Econometrics*. 31: 307-327.

Bollerslev, T. (1987). A Conditional Heteroscedastic Time Series Model For Speculative Prices and Rates of Return. *Review Of Economics and Statistics*. 69: 542-547.

Borsa İstanbul. (2014). *Viop Hakkında Sıkça Sorulan Sorular*. www.borsaistanbul.com/data/kilavuzlar/VIOP-Hakkinda-SSS.pdf, (28.03.2016).

Box, G.E.P., Jenkins, G.M., Reinsel, G.C., (2008). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. John Wiley and Sons.

Brealey, R. A., Stewart C. M. ve Alan J. M. (1997). *İşletme Finansının Temelleri*. (Çev. Ünal Bozkurt, Türkan Arıkan, ve Hatice Doğukanlı). İstanbul: Literatür Yayınevi

Brock, W. A., Dechert, W. D., Scheinkman, J. A. (1987). A Test for Independence Based on the Correlation Dimension. *Econometric Reviews*. 15(3).

Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge University Press.

Bryan, D. ve Rafferty M. (2006). *Capitalism with Derivatives – A Political Economy of Financial Derivatives, Capital and Class*. New York: Palgrave Macmillan.

Buguk, C., ve Brorsen, B.W. (2003). ‘Testing Weak-Form Market Efficiency: Evidence From The Istanbul Stock Exchange. *International Review of Financial Analysis*, 579-590

Calomfir, A. M. (2015). Romanian Capital Market: Random Walk Or Weak Form Of Inefficiency?. *Management Research and Practice*. 7(4): 23.

Ceylan A. ve Korkmaz T. (2008). *İşletmelerde Finansal Yönetim*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Ceylan, A. ve Korkmaz, T. (2008). *Finansal Teknikler*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Ceylan, A., Sarıkamış, C., Aydın, N., Coşkun, M., (2008). *Sermaye Piyasaları ve Finansal Kurumlar*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları

Chambers N.R. (2007). *Türev Piyasalar*. İstanbul: Beta Basım Yayın.

Chang, E., J., Lima, E., J., A., ve Tabak, B., M., (2004), Testing For Weak Form Efficiency In Emerging Equity Markets. *Emerging Markets Review*. Issue 3 :295-316.

Chorafas, D. N. (2008). *Introduction to Derivative Financial Instruments, Finance and Investing*. Usa: McGraw-Hill Companies.

Çağlarırnak U., N. (2002). *Finansal Piyasalarda Etkinlik ve Etkinliğin Zayıf Formda Test Edilmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çelik, B. (2008). *Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Zaman Serisi Analizi: Teori Ve Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çelik, T. T. (2007). *Etkin Piyasa Hipotezi ve Gelişmekte Olan Hisse Senedi Piyasalarında Eşhareketlilik*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çıdamlı, M. (1996). *Çok Uluslu İşletmelerde Kur Riskine Karşı Korunma Yöntemleri*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çolak, F., D. (2013). *Volatilitenin Modellenmesi ve Öngörülmesinde ARCH Modelleri: İmkb-100 Endeksi Üzerine Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çömlekçi, İ. (2011). *Turizm İşletmelerinin Finansal Risklerden Korunma Yöntemlerinden Faydalanma Düzeyi Türkiye’de Faaliyet Gösteren 5 Yıldızlı Otel İşletmelerine Yönelik Bir Araştırma.*(Yayınlanmamış Doktora Tezi). Erzurum:Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çörtük, O. (2007). Döviz Kuru Volatilitésinin / Oynaklığının Modellenmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Daniel B. N. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns a New Approach. *Econometrica*. 59(2): 347-370.

Demireli, E., Akkaya G. C. ve İbaş E. (2010). Finansal Piyasa Etkinliği: S&P 500 Üzerine Bir Uygulama.*C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*.11 (2): 53-67.

Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1979). Distribution of Estimators for Time Series Regressions with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*. 74, 427-431.

Ding, Z., Granger, W.J. & Engle, R.F. (1993). A Long Memory Property of Stock Market Returns and A New Model. *Journal of Empirical Finance*. 1: 83-106.

Durmuşkaya, S. (2011). *Türev Piyasaların Etkinliğinin Testi: İmkb 30-100 Ve Döviz Piyasası*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Durmuşkaya, S. (2011).*Türev Piyasaların Etkinliğinin Testi: İmkb 30-100 ve Döviz Piyasası*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi).Sakarya: Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Efe, M. Ö. ve Kaynak, O. (2000). *Yapay Sinir Ağları Ve Uygulamaları*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınları.

EKEN, M., H. (2002). Temel Yatırım Analizi ve Hisse Senedi Değerleme Yöntemleri. *Marmara Üniversitesi Ders Notları*.

Elmas, Ç. (2003). *Yapay Sinir Ağları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Enders W. (2014). *Applied Econometric Time Series*. John Wiley and Sons.

- Engel, R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity With Estimates of The Variance Of U.K Inflation. *Econometrica*. 50: 987-1008.
- Engle, R. F., Lilien D. M. ve Robins, R. (1987) Estimating Time Varying Risk Premian the Term Structure: The Arch-M Model. *Econometrica*. 55(2): 391-407
- Erdem, M. S.(2011). *Gelişmiş Ve Gelişmekte Olan Menkul Kıymet Pazarlarında Zayıf Formda Pazar Etkinliği Ve Dönemsel Anomaliler Üzerine Ampirik Uygulama*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Erdoğan, E. (2006). *Zaman Serilerinde ARIMA Modelleri*.(Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Muğla: Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ersan, İ. (1998). *Finansal Türevler (Futures&Options&Swaps)*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Ertokatlı, C., T. (2013) *Borsa Endeks Getirilerinin Kaotik Süreçleri: Deneysel Bir Sınama*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Kocaeli: Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Fama, E., F. (1965). The Behavior of Stock Market Prices. *Journal of Business*. 38, 34-105.
- Fama, E., F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Works. *The Journal of Finance*. 25 (2): 383-417.
- Franses, P. H. (1998). *Time Series Models For Business And Economic Forecasting*. Cambridge University Press.
- Glosten, L. R., R. Jagannathan and D.E. Runkle. (1993). On The Relationship Between the Expected Value and the Volatility Of The Nominal Excess Returns On Stock. *Journal Of Finance American Finance Association*. 48(5): 1779-1801.
- Göktaş, Ö. (2005). *Teorik Ve Uygulamalı Zaman Serileri Analizi*. İstanbul: Beşir Kitabevi.

Gözcü, G. (2008). *Finansal Türev Piyasaları: Forward, Futures, Options ve Döviz Üzerine Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Guhathakurta, K. (2011). *Nonlinearity in Indian Stock & Commodity Markets: a Pre-Diagnostic Investigation*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Kolkata: Department of Physics, Jadavpur University.

Gujarati, N.D. (2005). *Temel Ekonometri*. Çevirenler: Ümit Şenesen Ve Gülay Günlük Şenesen. İstanbul: Literatür Yayınları.

Güneş, H. Ve Saltoğlu, B. (1998). İmkb Getiri Volatilitésinin Makroekonomik Konjonktür Bağlamında İrdelenmesi. *İstanbul, İmkb Yayınları*.

Haug, E., G. (2007). *The Complete Guide to Option Pricing Formulas*. New York: McGraw-Hill Professional.

Haykin, S. (2005). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. India: Prentice Hall.

Hu, C. (2002). *Advanced Tourism Demand Forecasting: Artificial Neural Network And Box-Jenkins Modelling*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Purdue University.

Hull, J. (2002). *Options, Futures and Other Derivative Securities*. New Jersey: Prentice Hall.

Hunt, P.J ve Kennedy, J.E. (2000). *Financial Derivatives in Theory and Practice* England: John Wiley and Sons Ltd.

İstanbul Menkul Kıymetler Borsası. (1995). *Sermaye Piyasası Ve Borsa Temel Bilgiler Kılavuzu*. İstanbul: İmkb Eğitim Yayınları.

İstanbul Menkul Kıymetler Borsası. (2001). *Sermaye Piyasası Ve Borsa Temel Bilgiler Kılavuzu*. İstanbul: İmkb Eğitim Yayınları.

İstanbul Menkul Kıymetler Borsası. (2008). *Sermaye Piyasası ve Borsa Temel Bilgiler Kılavuzu*. İstanbul: İmkb Eğitim Yayınları.

İstanbul Menkul Kıymetler Borsası. (2010). *Vadeli İşlemler Piyasaları (Türev Piyasalar)*. İstanbul:İmkb Eğitim Yayınları.

K. Iebeling, B. Milton (1994). Designing A Neural Network For Forecasting Financial And Economic Time Series. *Neurocomputing*.

Kadılar, C. (2005). *Spss Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş*. Ankara: Bizim Büro Basımevi.

Kadılar, C., Şimşek, M. ve Aladağ Ç., H. (2009). Forecasting the Exchange Rate Series With ANN: The Case of Turkey. *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*.9, 17-29.

Karan M.B. (2004).*Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi*.Ankara: Gazi Kitabevi.

Kaya, F. (2010). *Vadeli İşlem Piyasalarına Genel Bir Bakış Ve Vadeli İşlem Sözleşmeleri İle Riskten Korunma*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kaya, H. (2010).*Vadeli İşlem Borsalarının Finansal Piyasalara Etkisi ve Türkiye Üzerine Uygulamaları*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kaynar, O. ve Taştan, S. (2009). Zaman Serisi Analizinde MLP Yapay Sinir Ağları ve ARIMA Modelinin Karşılaştırılması. *Erciyes Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Dergisi*. 33, 161-172.

Kıyılar, M. (1997).Etkin Pazar Kuramı Ve Etkin Pazar Kuramının İMKB'deİrdenmesi ve Test Edilmesi.*Sermaye Piyasası Kurulu*, YayınNo:86.

Kocaman, B. Ç. (2004). *Finansal Piyasalar – Kurumlar, Teknikler ve Araçlar-*. Ankara: Siyasal Kitabevi.

Korkmaz, T. Ve Ceylan, A. (2006). *Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi*. Ankara: Ekin Kitabevi.

Kurtay S. (1997). Foreign Currency Options: Market Structure, Pricing, Strategies, Accountancy. *Capital Markets Board of Turkey*. 76: 59

Kutlar, A. (2000). *Ekonometrik Zaman Serileri*.Ankara: Nobel Yayınevi.

Kutlar, A. (2005). *Uygulamalı Ekonometri*.Ankara: Nobel Yayınevi.

Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., Shin, Y. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root, How Sure Are We That Economic Time Series Have a Unit Root? *Journal of Econometrics*. 54, 159-178.

Lee, C., K., Sehwan, Y. ve Jongdae, J. (2007). Neural Network Model Versus SARIMA Model in Forecasting Korean Stock Price Index (KOSPI). *Issues in Information System*. 8(2), 372–378.

Madalla G.S. (1992). *Introduction to Econometrics*. New York: Macmillan Publishing Company.

Maddala, G.S. ve Kim, I.M. (1998). *Unit Root Cointegration and Structural Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mandelbrot, B. (1963). The Variation of Certain Speculative Prices. *The Journal of Business*, 36(4): 394-419.

Marashdeh, H. ve Wilson, E.J. (2005). Structural Changes in the Middle East Stock Markets: The Case of Israel and Arab Countries. *Economics Working Paper Series*, University of Wollongong.

Maurice, D. L. (1996). *International Finance*. New York: McGraw Hill Book Company.

Mazıbaş, M. (2005) İMKB Piyasalarındaki Volatilitenin Modellenmesi ve Öngörülmesi: Asimetrik GARCH Modelleri ile bir Uygulama. *VII. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*. Düzenleyen İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Bölümü, İstanbul, Çevrimiçi 28.12.2008: www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o16s3.pdf

Merh, N., Saxena, V., P. ve Pardasani, K., R. (2010). A Comparison Between Hybrid Approaches of ANN and ARIMA for Indian Stock Trend Forecasting. *Journal of Business Intelligence*. 3(2), 23–43.

Moralı, T. (2011) *İmkb 100 Endeksinin Yapay Sinir Ağları ve Newton Nümerik Arama Modelleri ile Tahmini ve Sonuçlarının Karşılaştırılması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Denizli: Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Nelson, D. B. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica*. 59: 347-370.

Orhunbilge, N. (1999). *Zaman Serileri Analizi Tahmin Ve Fiyat Endeksleri*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları.

Özcan, B.ve Yıllancı, V. (2009). Testing Weak-Form Efficiency of the Turkish Stock Market. *İktisat, İşletme ve Finans*. 24(274): 100-115.

Özdemir, Ö. (2008). *Zaman Serisi Modellemesinde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı ve Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özer, A. (2008). *Türev Ürünler Piyasası, Vergilendirilmesi, Muhasebeleştirilmesi Ve Türkiye'deki Durumu*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Özkan, H. (2006). *Dış Borçların Sürdürülebilirliği ve Türkiye Örneği*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Adana: Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Öztemel, E. (2012), *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Panda, C. ve Narasimhan, V. (2007). Forecasting Exchange Rate Better with Artificial Neural Network. *Journal of Policy Modelling*. 29, 227-236.

Parlakkaya, R. (2005). *Finansal Türev Ürünler ile Mali Risk Yönetimi ve Muhasebe Uygulamaları*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Phillips, P. C. B. Ve Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regressions. *Biometrika*. 75, 335-346.

Pınar, M. E.(2009). *İMKB'de Yapısal Değişimler*.(Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Poon, S,H. (2005). *A Practical Guide to Forecasting Financial Market Volatility*. John Wiley and Sons.

Qi, M. ve Zhang, G., P. (2008). Trend Time-Series Modelling and Forecasting With Neural Networks. *Ieee Transactions on Neural Networks*, 19(5): 808 – 816.

- REES, B. (1990). *Financial Analysis*. Prentice Hall.
- Rueys, T. (2010). *Analysis Of Financial Time Series*. John Wiley and Sons.
- Sağıroğlu, Ő., BeŐdok, E. ve Erler, M. (2003). *Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1: Yapay Sinir Ağları*. Kayseri: Ufuk Yay.
- Sarioğlu, S. Eren, (2006). *Değişkenlik Modelleri Ve İmkb Hisse Senetleri Piyasasında Değişkenlik Modellerinin Kesitsel Olarak İrdelenmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Serper, Ö. (2000), *Uygulamalı İstatistik*. Bursa: Ezgi Kitabevi.
- Servüktekin, M., Nargeleçekenler, M. (2005). *Zaman Serileri Analizi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Seyar, A. Z. (2006). Riskten Kaçınmada Kullanılan Türev Ürünler Ve Yeni Uygulamalar. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Shaikh, S. A. (2016). Analysis & Test of Market Efficiency: A Case Study of KSE. SSRN 2713276 (2016).
- Shazly, M., R. ve Shazly, H., E. (1999). Forecasting Currency Prices Using a Genetically Evolved Neural Network Architecture. *International Review of Financial Analysis*. 8(1), 67-82.
- Shleifer, A. (2000). *Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance*. Oxford: Oxford University Press.
- Stakic, N., Jovancai, A., ve Kapor, P. (2016). The efficiency of the stock market in Serbia. *Journal of Policy Modeling*. 38(1): 156-165.
- Sterbaand, J., Hilovska, K. (2010). The Implementation of Hybrid ARIMA Neural Network Prediction Model for Aggregate Water. *Aplimat Journal of Applied Mathematics*. 3(3), 123-131.
- Subaşı, D., B. (2005). *Enflasyon Arima Modelleri ile Tahminlenmesi: 1994-2005 Türkiye Uygulaması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Tang, Z. and Fishwick, P.A. (1993). Feedforward Neural Nets As Models For Time Series Forecasting. *Orsa Journal On Computing*. 5(4): 374–385.

Taş, O. ve Dursunoğlu, S. (2005). *Testing Random Walk Hypothesis for İstanbul Stock Exchange*. International Trade and Finance Association Conference Papers, Working Paper 38.

Tekbacak, S. (2010). *Opsiyonlar ve Döviz Opsiyonlarının Merkez Bankalarında Döviz Kuruna Müdahale Aracı Olarak Kullanımı*. (TCMB Uzmanlık Yeterlilik Tezi). Ankara: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası

TSPAKB, (1 Aralık 2011). *Türev Araçlar, Vadeli İşlem Ve Opsiyon Piyasalarının İşleyişi Türev Araçlarla Arbitraj ve Korunma*. [Http://Www.Tspakb.Org.Tr/Docs/Egitim_Notlari/Vadeli_Islemler_Turev.Pdf](http://www.tspakb.org.tr/docs/egitim_notlari/vadeli_islemler_turev.pdf), S.8.

TSPAKB. (2002). *Türev Araçlar, Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasalarının İşleyişi, Türev Araçlarla Arbitraj ve Korunma*. İstanbul: Eğitim Notları

Tütüncübaşı, C. (2006). *Türev Araçları ile İlgili İşlemler ve Bu İşlemlerin Hukuki Niteliği*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü.

Ümit, E. (1999). *Vadeli İşlem Piyasaları Teori ve Pratik, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB)*. İstanbul: Emir Ofset Matbaacılık Ltd. Şti.

Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası. (2005) Vobjektif. *Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası Haber Bülteni*. Eylül 2005(6): 52.

VOB. (2006). *Türev Araçlar Lisanslama Rehberi*. http://www.vob.org.tr/VOBPortalTur/docs/turev_araclar_kilavuz.doc. 15.07.2010.

Worthington, A.C., Higgs H. (2003a). Tests of Random Walks and Market Efficiency in Latin American Stock Markets: An Empirical Note. <http://www.bus.qut.edu.au> 01.05.2009

Worthington, A.C., Higgs H. (2003b). Weak-Form Market Efficiency in European Emerging and Developed Stock Markets. <http://www.bus.qut.edu.au> 01.05.2009.

Yao, J.T. ve Tan, C.L. (2002). Neural Networks For Technical Forecasting Of Foreign Exchange Rates. *Neural Networks in Business, Techniques And Applications*.

Yavuz, N., Ç. (2014). *Finansal Ekonometri*. Der Yayınları.

Yeşil, H. (2014). *Hisse Senedi Getirilerinin Öngörüsünde Finansal Zaman Serisi Modellerinin Karşılaştırılması: Borsa İstanbul Örneği*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yetim, S. (1991). “Repo, Swap, Forward, Türkiye ve Dünya Uygulaması”. *Hazine ve Dış Ticaret Dergisi*. 10: 128-133.

Yıldız, D. (2009). *Zaman Serileri Analizi Ve Yapay Sinir Ağları İle Tahmin: Yabancı Portföy Yatırımları Üzerine Uygulama*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yıldız, Ö. (2006). *Döviz Kuru Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yılmaz, A. (2004), *Hava Kirliliği Zaman Serilerinin Öngörü Amacıyla Analizinde Arıma Modelleri Ve Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yurtoğlu, H. (2005). *Yapay Sinir Ağları İle Öngörü Modellemesi : Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği*. Ankara: Dpt Yayınları, No: Dpt-2683.

Yüzer, A., F. (2006). *İstatistik*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Zahedi, J. ve Rounaghi, M., M. (2015). Application of Artificial Neural Network Models and Principal Component Analysis Method in Predicting Stock Prices on Tehran Stock Exchange. *Physica A*. 438: 178-187

Zakoian, J. (1994), Threshold Heteroskedastik Models. *Journal Of Economic Dynamics And Control*. 18: 931-955.

Zengin, H. ve Kurt, S. (2004). İMKB'nin Zayıf ve Yarı Güçlü Formda Etkinliğinin Ekonometrik Analizi. *Öneri Dergisi*. 21(6): 145–152.

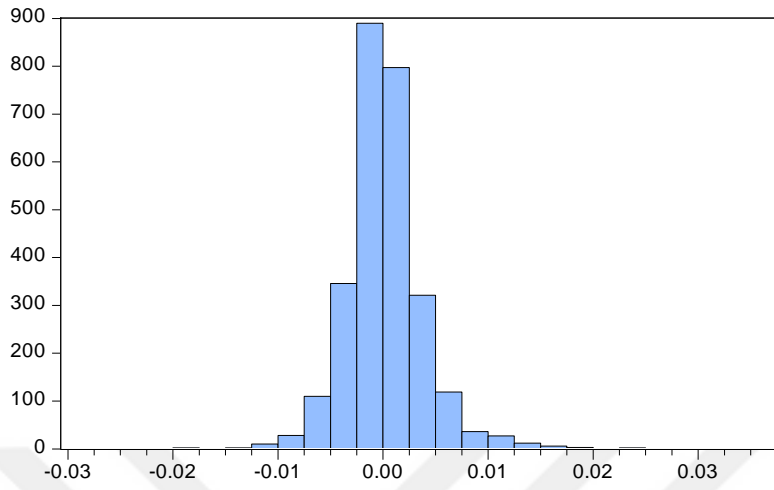
Zhang Guogiang, B. Eddy Patuwo ve Micheal Y.Hu. (1998). Forecasting With Artificial Neural Networks: The State Of The Art. *International Journal Of Forecasting*. 14.

Zhang, P. G. (2003). *Business Forecasting With Artificial Neural Networks: An Overview*. Neural Networks in Business Forecasting, (Ed.: Zhang, G. P.) Idea Group Publishing.



EKLER

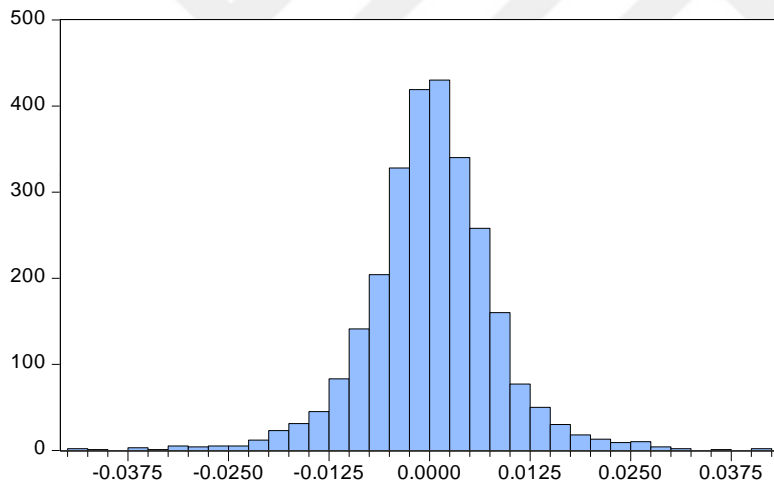
EK 1: Serilerin Histogramları ve Tanımlayıcı İstatistikleri



Series: RUSD
Sample 1 2716
Observations 2716

Mean	0.000126
Median	-0.000146
Maximum	0.035784
Minimum	-0.027607
Std. Dev.	0.003810
Skewness	0.806074
Kurtosis	11.09327

Jarque-Bera	7706.663
Probability	0.000000



Series: RBIST30
Sample 1 2716
Observations 2716

Mean	0.000167
Median	0.000195
Maximum	0.041940
Minimum	-0.043563
Std. Dev.	0.008066
Skewness	-0.165997
Kurtosis	6.109282

Jarque-Bera	1106.527
Probability	0.000000

EK 2: Getiri Serilerinin ARMA (p,q) ile Modellenmesi

Rusd	AR(1)	AR(2)	AR(3)	AR(4)	MA(1)	MA(2)	MA(3)	MA(4)	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)	ARMA(1,3)	ARMA(1,4)
c	0.00012	0.00012	0.00012	0.00012	0.00012	0.00012	0.00012	0.00012	0.000128	0.00012	0.00013	0.00012
olasılık	0.0899	0.0947	0.0911	0.1009	0.0897	0.0945	0.0910	0.1023	0.0888	0.0897	0.0772	0.1027
Φ_1	0.01282	0.01264	0.01280	0.01314	0.01266				0.54349	0.51180	0.74914	-0.56895
olasılık	0.5044	0.5104	0.5151	0.4940	0.5267				0.01848	0.2596	0.0106	0.0226
Φ_2		0.01448	0.01461	0.01418								
olasılık		0.4510	0.4468	0.4603								
Φ_3			-0.01117	-0.01153								
olasılık			0.5607	0.5483								
Φ_4				0.02899								
olasılık				0.1313								
Θ_1						0.01264	0.01310	0.01569	-0.53119	-0.49949	-0.73680	0.58483
olasılık						0.5108	0.4955	0.4141	0.1993	0.2715	0.0121	0.0192
Θ_2						0.01397	0.01293	0.01317		0.00148	0.00402	0.02322
olasılık						0.4671	0.5010	0.4931		0.9431	0.8677	0.3059
Θ_3							-0.01016	-0.00941			-0.01592	-0.00219
olasılık							0.5972	0.6244			0.4082	0.9223
Θ_4								0.03080				0.03583
olasılık								0.01090				0.1074
F-istatistiği (prob)	0.5043	0.6023	0.7167	0.4583	0.5207	0.6147	0.7409	0.4390	0.4914	0.7004	0.6937	1.4568
Akaike Bilgi Kriteri	-8.3011	-8.3006	-8.3000	-8.3001	-8.3011	-8.3006	-8.2999	-8.3001	-8.3007	-8.3000	-8.2995	-8.3007

EK 2: Getiri Serilerinin ARMA (p,q) ile Modellenmesi (Devamı)

Rusd	ARMA(2,1)	ARMA(2,2)	ARMA(2,3)	ARMA(2,4)	ARMA(3,1)	ARMA(3,2)	ARMA(3,3)	ARMA(3,4)	ARMA(4,1)	ARMA(4,2)	ARMA(4,3)	ARMA(4,4)
c	0.00012	0.00013	0.00013	0.00012	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00012	0.00012	0.00013	0.00012
olasılık	0.0896	0.0859	0.0775	0.0939	0.0768	0.0773	0.0851	0.0830	0.1019	0.0941	0.0829	0.0922
Φ_1	0.51507	-0.15736	0.05370	-1.74787	0.75981	0.08974	-0.88477	-0.88452	-0.52188	-1.73809	-0.87568	-0.24448
olasılık	0.2613	0.5661	0.8657	0.0000	0.0089	0.7783	0.0035	0.0075	0.0682	0.0000	0.0085	0.0000
Φ_2		0.82169	0.61672	-0.97775	0.00538	0.62024	0.53082	0.53201	0.02078	-0.94819	0.53949	0.66202
olasılık		0.0025	0.0390	0.0000	0.8255	0.0354	0.3153	0.3573	0.3448	0.0000	0.3488	0.0000
Φ_3					-0.01741	-0.03288	0.84286	0.84343	-0.00395	0.03137	0.83805	-0.25743
olasılık					0.3654	0.1189	0.0043	0.0091	0.8580	0.4163	0.0082	0.0000
Φ_4									0.03317	0.01221	-0.00783	-0.96443
olasılık									0.1405	0.5269	0.6924	0.0000
Θ_1	-0.50286	0.15718	-0.03971	1.76631	-0.74788	-0.07655	0.89639	0.90238	0.53627	1.75643	0.89381	0.24800
olasılık	0.2728	0.5726	0.9005	0.0000	0.0099	0.8101	0.0034	0.0065	0.0608	0.0000	0.0071	0.0000
Θ_2		-0.81103	-0.59652	1.02083		-0.60001	-0.51876	-0.51583		0.99134	-0.52321	-0.65929
olasılık		0.0032	0.0490	0.0000		0.0451	0.3342	0.3781		0.0000	0.3693	0.0000
Θ_3			-0.03353	0.03115			-0.85163	-0.85870			-0.85372	0.25855
olasılık			0.1107	0.4272			0.0050	0.0105			0.0094	0.0000
Θ_4				0.01203				-0.007571				0.98861
olasılık				0.5385				0.7057				0.0000
F-istatistiği	0.70056	0.19437	0.43176	0.00542	0.68265	0.44084	0.00504	0.00927	0.25198	0.00539	0.00923	0.0000
Akaike Bilgi Kriteri	-8.3000	-8.3010	-8.29983	-8.30407	-8.29961	-8.29980	-8.30414	-8.30346	-8.30047	-8.30407	-8.30346	-8.30831

EK 2: Getiri Serilerinin ARMA (p,q) ile Modellenmesi (Devamı)

rnist30	AR(1)	AR(2)	AR(3)	AR(4)	AR(5)	MA(1)	MA(2)	MA(3)	MA(4)	MA(5)	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)	ARMA(1,3)
c	0.000166	0.00016	0.00016	0.00016	0.000166	0.00016	0.000166	0.000166	0.000166	0.000166	0.000166	0.000166	0.000166
olasılık	0.2942	0.3021	0.3047	0.3106	0.2975	0.2936	0.3011	0.3044	0.3135	0.3004	0.3037	0.3056	0.3070
Φ_1	0.02069	0.02036	0.02027	0.02021	0.02053						0.40137	0.25129	0.16156
olasılık	0.2815	0.2893	0.2914	0.2930	0.2854						0.5231	0.7829	0.9083
Φ_2		0.01595	0.01584	0.01565	0.01577								
olasılık		0.4065	0.4098	0.4155	0.4118								
Φ_3			0.00536	0.005019	0.005426								
olasılık			0.7843	0.7940	0.7777								
Φ_4				0.011892	0.01241								
olasılık				0.5362	0.5183								
Φ_5					-0.02627								
olasılık					0.1716								
Θ_1						0.02008	0.02021	0.02011	0.02091	0.01930	-0.37829	-0.23107	-0.14139
olasılık						0.2960	0.2929	0.2954	0.2765	0.3154	0.5515	0.8000	0.9197
Θ_2							0.01560	0.01601	0.01719	0.01535		0.01184	0.01299
olasılık							0.4168	0.4047	0.3713	0.4246		0.6865	0.7037
Θ_3								0.006634	0.00821	0.00709			0.005719
olasılık								0.7300	0.6692	0.7123			0.8543
Θ_4									0.01549	0.01499			
olasılık									0.4203	0.4354			
Θ_5										-0.02198			
olasılık										0.2530			
F-istatistiği (prob)	0.2815	0.3967	0.5888	0.6796	0.5243	0.2884	0.4054	0.5896	0.6379	0.5628	0.4398	0.5941	0.7433
Akaike Bilgi Kriteri	-6.8004	-6.8000	-6.7993	-6.7987	-6.7986	-6.8004	-6.7999	-6.7992	-6.7987	-6.7985	-6.7999	-6.7992	-6.7985

EK 2: Getiri Serilerinin ARMA (p,q) ile Modellenmesi (Devamı)

Rbist30	ARMA(1,4)	ARMA(1,5)	ARMA(2,1)	ARMA(2,2)	ARMA(2,3)	ARMA(2,4)	ARMA(2,5)	ARMA(3,1)	ARMA(3,2)	ARMA(3,3)	ARMA(3,4)	ARMA(3,5)
c	0.000166	0.000167	0.000166	0.000167	0.000167	0.000167	0.000167	0.000166	0.000167	0.000167	0.000166	0.000167
olasılık	0.3078	0.2698	0.3053	0.3016	0.3018	0.3078	0.2801	0.3061	0.3018	0.2661	0.3089	0.2729
Φ_1	-0.66262	0.60621	0.21835	-0.44803	-0.45277	-0.67207	1.77334	0.12640	-0.45236	0.93837	0.001334	0.96498
olasılık	0.1474	0.0466	0.8168	0.4727	0.8216	0.4822	0.0000	0.9336	0.8418	0.0168	0.9967	0.0189
Φ_2			0.01245	0.27017	0.26720	-0.00905	-0.9840	0.01368	0.26765	0.49239	-0.24946	0.44803
olasılık			0.6743	0.6210	0.8463	0.9910	0.0000	0.7060	0.8578	0.4787	0.3702	0.5387
Φ_3								0.00443	0.00023	-0.82063	-0.60638	-0.79584
olasılık								0.8886	0.9974	0.0337	0.0352	0.0493
Φ_4												
olasılık												
Φ_5												
olasılık												
Θ_1	0.6832	-0.5879	-0.19809	0.46862	0.47332	0.69263	-1.76185	-0.10615	0.47292	-0.93450	0.01833	-0.95235
olasılık	0.1354	0.0536	0.8335	0.4560	0.8137	0.4688	0.0000	0.9442	0.8347	0.0187	0.9542	0.0207
Θ_2	0.03020	0.00410		-0.24274	-0.23960	0.03942	0.97401		-0.2400	-0.49075	0.26498	-0.44994
olasılık	0.2288	0.8579		0.6596	0.8662	0.9617	-0.00254		0.8763	0.4839	0.3377	0.5343
Θ_3	0.01876	-0.00131			0.000291	0.01907	0.9530			0.80398	0.62266	0.76675
olasılık	0.4416	0.9538			0.9963	0.6207	-0.01254			0.0375	0.0303	0.0588
Θ_4	0.02044	0.01124				0.02054	0.7483				0.04269	0.00994
olasılık	0.3019	0.6162				0.3496	0.01378				0.0400	0.7459
Θ_5		-0.0417					0.4797					0.00272
olasılık		0.0338										0.9009
F-istatistiği (prob)	0.6734	0.3241	0.5937	0.6625	0.7914	0.7869	0.0004	0.74761	0.79144	0.0002	0.4059	0.0009
Akaike Bilgi Kriteri	-6.7982	-6.7989	-6.7992	-6.7987	-6.7980	-6.7975	-6.8053	-6.7985	-6.7849	-6.8059	-6.7983	-6.8045

EK 2: Getiri Serilerinin ARMA (p,q) ile Modellenmesi (Devamı)

Rbist30	ARMA(4,1)	ARMA(4,2)	ARMA(4,3)	ARMA(4,4)	ARMA(4,5)	ARMA(5,1)	ARMA(5,2)	ARMA(5,3)	ARMA(5,4)	ARMA(5,5)
c	0.000167	0.000167	0.000166	0.000161	0.000165	0.000167	0.000167	0.000167	0.000167	0.000167
olasılık	0.3070	0.3066	0.3101	0.3113	0.2745	0.2678	0.2814	0.2735	0.2734	0.2871
Φ_1	-0.64038	-0.70586	0.04634	0.36902	-0.14642	0.60828	1.78079	0.97813	-0.16409	-0.16371
olasılık	0.1806	0.5136	0.8871	0.5720	0.0000	0.0339	0.0000	0.0236	0.0000	0.5712
Φ_2	0.02891	-0.03142	-0.24418	0.09864	1.4231	0.00396	-0.98311	0.44123	1.50762	0.06821
olasılık	0.2443	0.9712	0.3961	0.8098	0.0000	0.8647	0.0000	0.5659	0.0000	0.7162
Φ_3	0.01539	0.01778	-0.60146	-0.74949	-0.12874	-0.00364	-0.00290	-0.80826	-0.21847	0.23877
olasılık	0.5228	0.6642	0.0422	0.0271	0.0000	0.8739	0.9469	0.0542	0.0000	0.0793
Φ_4	0.01799	0.01888	0.04221	-0.13654	-0.97831	0.00974	-0.01196	0.00962	-0.96096	-0.44000
olasılık	0.3692	0.3874	0.0408	0.8158	0.0000	0.6656	0.7621	0.7616	0.0000	0.0144
Φ_5						-0.04217	0.01421	0.00359	0.01816	-0.76748
olasılık						0.0353	0.4715	0.8736	0.3688	0.0050
Θ_1	0.66092	0.72641	-0.02658	-0.35158	0.16366	-0.58881	-1.76843	-0.96537	0.17976	0.17419
olasılık	0.1669	0.5015	0.9351	0.5889	0.0000		0.0000	0.0254	0.0000	0.5519
Θ_2		0.06171	0.25983	-0.09328	-1.42176		0.97223	-0.44272	-1.49565	-0.06194
olasılık		0.9449	0.3635	0.8203	0.0000		0.0000	0.5616	0.0000	0.7385
Θ_3			0.61755	0.74238	0.09709			0.77863	0.18023	-0.23939
olasılık			0.0371	0.0283	0.0016			0.0636	0.0000	0.0763
Θ_4				0.16359	0.96992				0.94199	0.45787
olasılık				0.7808	0.0000				0.0000	0.106
Θ_5					0.00593					0.76585
olasılık					0.7616					0.0060
F-istatistiği (olasılık)	0.69238	0.8003	0.4051	0.0953	0.0000	0.29518	0.0004	0.0009	0.0000	0.0821
Akaike Bilgi Kriteri	-6.7982	-6.7975	-6.7983	-6.7998	-6.8086	-6.7990	-6.8053	-6.8045	-6.8068	-6.7995

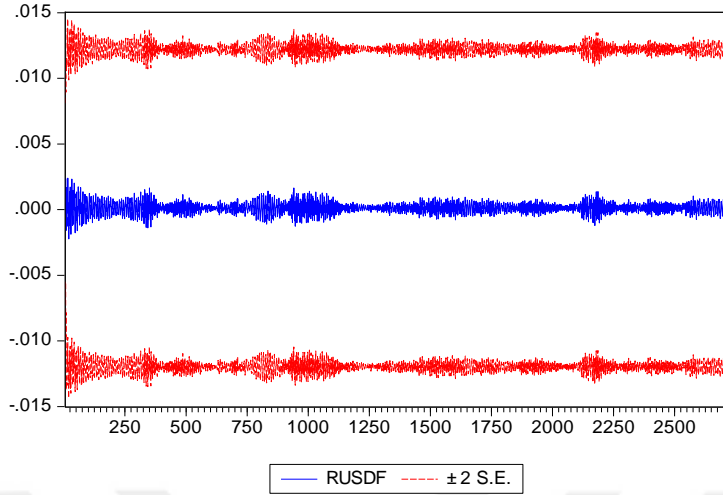
EK 3: Rusd Getiri Serisinin ARMA(4,4) Modeline Ait Hataların Korelogramı

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.010	0.010	0.2763	
		2	0.008	0.008	0.4508	
		3	-0.010	-0.010	0.7095	
		4	0.013	0.013	1.1866	
		5	-0.039	-0.039	5.2694	
		6	-0.003	-0.003	5.2959	
		7	0.006	0.007	5.4017	
		8	-0.003	-0.004	5.4330	
		9	-0.016	-0.015	6.1283	0.013
		10	0.000	-0.001	6.1283	0.047
		11	0.021	0.020	7.2827	0.063
		12	-0.003	-0.004	7.3154	0.120
		13	0.033	0.033	10.371	0.065
		14	0.062	0.061	20.955	0.002
		15	-0.011	-0.013	21.270	0.003
		16	-0.035	-0.033	24.551	0.002
		17	0.014	0.015	25.084	0.003
		18	0.022	0.023	26.390	0.003
		19	-0.009	-0.005	26.599	0.005
		20	-0.005	-0.005	26.669	0.009
		21	-0.022	-0.025	27.962	0.009
		22	-0.016	-0.014	28.664	0.012
		23	-0.015	-0.010	29.266	0.015
		24	0.021	0.019	30.454	0.016

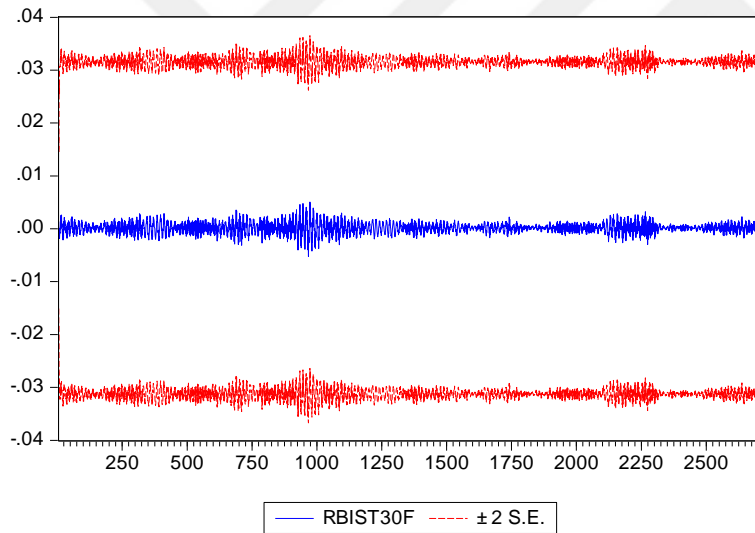
EK 4: Rbist30 Getiri Serisinin ARMA(4,5) Modeline Ait Hataların Korelogram

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.000	0.000	1.E-05	
		2	0.016	0.016	0.7254	
		3	0.008	0.008	0.9017	
		4	0.029	0.029	3.1639	
		5	-0.001	-0.001	3.1656	
		6	-0.010	-0.011	3.4185	
		7	-0.009	-0.009	3.6301	
		8	-0.009	-0.009	3.8296	
		9	0.018	0.019	4.7213	
		10	0.015	0.016	5.3568	0.021
		11	-0.015	-0.015	5.9452	0.051
		12	-0.027	-0.027	7.8759	0.049
		13	0.013	0.012	8.3235	0.080
		14	0.011	0.011	8.6365	0.124
		15	0.007	0.009	8.7841	0.186
		16	-0.011	-0.009	9.1012	0.245
		17	0.006	0.005	9.1988	0.326
		18	0.025	0.024	10.961	0.278
		19	0.039	0.038	15.209	0.125
		20	-0.027	-0.027	17.249	0.101
		21	0.000	-0.000	17.249	0.140
		22	0.038	0.037	21.154	0.070
		23	-0.001	-0.004	21.157	0.098
		24	-0.018	-0.019	22.092	0.105

EK 5: ARMA(4,4) ve ARMA(4,5) Modellerine İlişkin Öngörü Sonuçları



Forecast:	RUSDF
Actual:	RUSD
Forecast sample:	6 2716
Included observations:	2711
Root Mean Squared Error	0.003786
Mean Absolute Error	0.002615
Mean Abs. Percent Error	110.0826
Theil Inequality Coefficient	0.886945
Bias Proportion	0.000000
Variance Proportion	0.792529
Covariance Proportion	0.207471



Forecast:	RBIST30F
Actual:	RBIST30
Forecast sample:	1 2716
Adjusted sample:	5 2716
Included observations:	2712
Root Mean Squared Error	0.008001
Mean Absolute Error	0.005795
Mean Abs. Percent Error	112.2808
Theil Inequality Coefficient	0.875445
Bias Proportion	0.000000
Variance Proportion	0.768174
Covariance Proportion	0.231826

EK 6: Rusd Getiri Serisinin ARMA(4,4) Modeline Ait Hataların Karelerinin Korelogramı

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.359	0.359	350.39	0.000
		2	0.113	-0.018	385.06	0.000
		3	0.108	0.084	416.59	0.000
		4	0.170	0.122	494.81	0.000
		5	0.121	0.020	534.62	0.000
		6	0.101	0.048	562.29	0.000
		7	0.082	0.019	580.80	0.000
		8	0.147	0.103	639.72	0.000
		9	0.120	0.020	678.99	0.000
		10	0.084	0.015	698.14	0.000
		11	0.053	-0.004	705.78	0.000
		12	0.112	0.069	740.06	0.000
		13	0.107	0.021	771.14	0.000
		14	0.118	0.057	808.99	0.000
		15	0.062	-0.020	819.32	0.000
		16	0.092	0.046	842.27	0.000
		17	0.088	0.011	863.54	0.000
		18	0.094	0.027	887.43	0.000
		19	0.076	0.018	903.25	0.000
		20	0.079	0.012	920.16	0.000
		21	0.040	-0.029	924.53	0.000
		22	0.114	0.082	960.12	0.000
		23	0.048	-0.050	966.52	0.000
		24	0.043	0.011	971.63	0.000

EK 7:Rbist30 Getiri Serisinin ARMA(4,5) Modeline Ait Hataların Karelerinin Korelogramı

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.134	0.134	48.769	0.000
		2	0.183	0.168	140.15	0.000
		3	0.207	0.172	256.95	0.000
		4	0.204	0.147	370.09	0.000
		5	0.129	0.046	415.41	0.000
		6	0.100	0.004	442.34	0.000
		7	0.077	-0.015	458.65	0.000
		8	0.219	0.160	589.51	0.000
		9	0.143	0.082	645.18	0.000
		10	0.133	0.055	693.54	0.000
		11	0.106	0.001	724.06	0.000
		12	0.150	0.038	785.18	0.000
		13	0.146	0.054	843.25	0.000
		14	0.130	0.049	889.12	0.000
		15	0.057	-0.029	898.09	0.000
		16	0.132	0.027	945.42	0.000
		17	0.137	0.046	996.44	0.000
		18	0.061	-0.031	1006.7	0.000
		19	0.077	0.001	1023.0	0.000
		20	0.132	0.054	1070.6	0.000
		21	0.122	0.042	1111.6	0.000
		22	0.103	0.016	1140.9	0.000
		23	0.086	0.008	1161.1	0.000
		24	0.070	-0.030	1174.6	0.000

EK 8:Rusd Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları

Parametre	ARCH(1)			ARCH(2)			ARCH(3)		
	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)
Ortalama Denklemi									
C	9.56E-05	-0.000110*	-0.000121*	5.92E-05	-0.000109*	-0.000129	7.22E-05	-0.000113*	-0.000124*
AR(1)	0.016763	0.353265*	0.569586	0.302895*	0.663032*	0.565662	0.608960	0.133700*	0.597821
AR(2)	1.125359*	-0.262420*	0.139494	0.463350*	-0.526334*	0.114861	0.123830	-0.455760*	0.087746
AR(3)	0.024904	0.827540*	-0.077185	-0.421772*	1.012010*	-0.100592	-0.154134	0.448736*	-0.108895
AR(4)	-0.952415*	-0.470441*	0.013721	0.382582*	-0.478482*	0.046367	0.101560	0.459493*	0.111191
MA(1)	0.012661	-0.329420*	-0.548509	-0.287249*	-0.648565*	-0.556843	-0.587273	-0.127606*	-0.587213
MA(2)	-1.116638*	0.259808*	-0.148137	-0.422601*	0.518019*	-0.114205	-0.103176	0.449740*	-0.090897
MA(3)	-0.055941	-0.839442*	0.053797	0.408923*	-1.020044*	0.075818	0.110293	-0.446629*	0.081370
MA(4)	0.945860*	0.454433*	-0.008569	-0.411771*	0.464640*	-0.050422	-0.097393	-0.472713*	-0.110328
Varyans Denklemi									
C	9.53E-06*	1.05E-05*	9.54E-06*	8.67E-06*	8.71E-06*	8.19E-06	7.29E-06*	6.98E-06*	6.74E-06*
ARCH- α 1	0.313527*	0.349043*	0.305230*	0.253318*	0.280039*	0.257072	0.218552*	0.244962*	0.217721*
ARCH- α 2				0.127927*	0.191441*	0.161583	0.079072*	0.127755*	0.106990*
ARCH- α 3							0.194745*	0.225652*	0.211108*
ARCH- α 4									
T-DIST.DOF		3.707323*			3.824741*			4.027318*	
GED Parametresi			1.090233*			1.103705*			1.132945*
LogL.	11468.88	11634.31	11618.59	11471.04	11650.12	11633.55	11511.92	11677.60	11661.95
AIC	-8.452880	-8.574188	-8.562587	-8.453739	-8.585111	-8.572889	-8.483158	-8.604645	-8.593105
SIC	-8.428920	-8.548049	-8.536449	-8.427601	-8.556795	-8.544572	-8.454842	-8.574151	-8.562610

*%5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

EK 8:Rusd Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları (Devamı)

Parametre	ARCH(4)			GARCH(1,1)			GARCH(2,1)		
	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)
	Ortalama Denklemi								
C	6.27E-05	-0.000140*	-0.000133*	8.51E-05	-0.000100*	-0.000114*	9.95E-05	-0.000100*	-0.000107*
AR(1)	1.199954*	1.532539*	0.562861	1.197050*	-0.491194*	0.456736	-1.315611	-0.609357*	-0.664658*
AR(2)	-0.547880*	-0.922213*	0.106275	-0.854157*	0.944571*	0.217907	-0.282232	0.901416*	0.806551*
AR(3)	-0.298612*	0.888156*	-0.110935	1.154787*	0.465406*	-0.093567	0.332287	0.657331*	0.539611*
AR(4)	0.629074*	-0.649618*	0.067056	-0.953157*	-0.462026*	0.003395	-0.050128	-0.301644*	-0.312447
MA(1)	-1.191820*	-1.525482*	-0.552131	-1.193176*	0.498982*	-0.447870	1.341292	0.621427*	0.676109*
MA(2)	0.555138*	0.913724*	-0.111178	0.842832*	-0.942188*	-0.223878	0.312172	-0.896880*	-0.805867*
MA(3)	0.279657*	-0.909039*	0.086747	-1.159855*	-0.492014*	0.068366	-0.328769	-0.680166*	-0.568172*
MA(4)	-0.630540*	0.670125*	-0.074865	0.958990*	0.439245*	-0.006633	0.047135	0.282846*	0.282834
	Varyans Denklemi								
C	6.80E-06*	6.32E-06*	6.19E-06*	2.37E-07*	1.11E-07*	1.58E-07*	1.14E-07*	8.65E-08*	1.12E-07*
ARCH- α 1	0.187577*	0.201152*	0.183314*	0.080700*	0.075732*	0.073612*	0.149842*	0.129940*	0.128543*
ARCH- α 2	0.062729*	0.108871*	0.090517*				-0.106503*	-0.066418*	-0.072751*
ARCH- α 3	0.178417*	0.200093*	0.184583*						
ARCH- α 4	0.095643*	0.140537*	0.113930*						
GARCH- β 1				0.905442*	0.922627*	0.917649*	0.948777*		0.937542*
GARCH- β 2									
T-DIST.DOF		3.975003*			4.507996*			4.556528*	
GED Parametresi			1.137144*			1.185884			1.179573*
LogL.	11523.46	3.975003	11671.05					11758.60	11731.15
AIC	-8.490934	-8.614433	-8.599080	-8.550178	-8.662141	-8.639230	-8.556813	-8.633908	-8.644150
SIC	-8.460439	-8.581760	-8.566407	-8.524040	-8.633825	-8.610914	-8.528497	-8.653377	-8.613655

EK 8:Rusd Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları (Devamı)

Parametre	GARCH(1,2)			GARCH(2,2)		
	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)
	Ortalama Denklemi					
C	0.000109	-4.00E-05	-0.000110	0.000110	-9.90E-05*	-0.000124*
AR(1)	-1.242741	-0.001473	-0.689151	-1.462956	-0.240712	-0.599809*
AR(2)	0.131418	0.361029*	0.741165	-0.148905	0.599151*	0.798235*
AR(3)	0.434749	0.520581*	0.550345	0.477319	0.665504*	0.445983*
AR(4)	-0.089596	0.106377*	-0.316449	0.044620	-0.381918	-0.419559*
MA(1)	1.267295	0.016036	0.705750	1.485477	0.250301	0.610326*
MA(2)	-0.099377	-0.352140*	-0.738542	0.186334	-0.602865*	-0.793727*
MA(3)	-0.455869	-0.539381*	-0.587974	-0.482126	-0.680488*	-0.475057*
MA(4)	0.063716	-0.112471*	0.287006	-0.062068	0.367259	0.395636*
	Varyans Denklemi					
C	2.85E-07*	1.41E-07*	2.23E-07	1.55E-07*	1.29E-07*	1.83E-07
ARCH- α 1	0.104915*	0.084091*	0.106405	0.150367*	0.127129*	0.128856
ARCH- α 2				-0.092522*	-0.036674*	-0.042227
ARCH- α 3						
ARCH- α 4						
GARCH- β 1	0.230991*	0.359945*	0.318314	0.678237*	0.568932	0.530078
GARCH- β 2	0.645772*	0.537980*	0.562181	0.253068*	0.338556	0.372519
T-DIST.DOF		13.79531*			4.548658*	
GED Parametresi			1.189338			1.186629
LogL.	11606.60	11704.48	11733.90	11611.65	11754.95	11733.35
AIC	-8.553009	-8.624479	-8.646180	-8.555997	-8.660971	-8.645040
SIC	-8.524693	-8.593985	-8.615685	-8.525503	-8.628298	-8.612367

EK 8: usd Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları (Devamı)

Parametre	EGARCH(1,1)			TGARCH(1,1)			APARCH(1,1)		
	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)
	Ortalama Denklemi								
C	0.000127*	-9.46E-05	-0.000115*	0.000126*	-9.11E-05	-0.000109	0.000134*	-8.87E-05	-0.000119*
AR(1)	-0.850991*	0.648845*	0.169004*	0.939616	-0.306931	0.557788	-0.679966	1.297676*	-0.865104*
AR(2)	0.116004*	-0.363018*	-0.416345*	0.352712	1.144060*	0.129673	-0.481157	-0.019856	0.639735*
AR(3)	0.071855*	-0.364070*	0.844986*	-0.501016	0.299657	-0.094669	0.269237	-0.208834	0.770445*
AR(4)	-0.453661*	-0.203200*	0.062484*	-0.196433	-0.445064	0.023212	-0.211949	-0.112645	-0.096627
MA(1)	0.871924*	-0.637087*	-0.151778*	-0.922323	0.308242	-0.548660	0.705359	-1.283780	0.882708*
MA(2)	-0.103252*	0.369156*	0.400999*	-0.359580	-1.139023*	-0.137079	0.503261	0.006928	-0.626837*
MA(3)	-0.082916*	0.354371*	-0.846123*	0.471429	-0.310575	0.072185	-0.264254	0.184680	-0.799318*
MA(4)	0.450644*	0.221557*	-0.087130*	0.217861	0.429562	-0.024789	0.199786	0.138778	0.067532
	Varyans Denklemi								
C	-0.312725*	-0.270474*	-0.340436*	2.11E-07*	1.00E-07*	1.64E-07	4.54E-06	8.00E-05	2.24E-05
α_1	0.135211*	0.148722*	0.154748*	0.081733*	0.078067*	0.077855	0.069133*	0.082506*	0.082714*
γ_1	0.030341*	0.043779*	0.034171*	-0.035179*	-0.028868*	-0.019746	-0.245283*	-0.388364*	-0.216163*
β_1	0.981363*	0.986046*	0.980323*	0.920002*	0.931190*	0.920065	0.925335*	0.924816*	0.918487*
δ							1.465957*	0.920482*	1.179696*
T-DIST.DOF		4.629945*			4.525577			4.559117*	
GED Parametresi			1.193967*			1.185874			1.173945
LogL.	11599.67	11761.95	11730.37	11600.07	11753.62	11724.40	11599.17	11763.26	11735.20
AIC	-8.547897	-8.666876	-8.643582	-8.548188	-8.660733	-8.639174	-8.546784	-8.667106	-8.646404
SIC	-8.519580	-8.636381	-8.613087	-8.519871	-8.630238	-8.608680	-8.516289	-8.634433	-8.613731

*%5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

EK 9: Rbist30 Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları

Parametre	ARCH(1)			ARCH(2)			ARCH(3)		
	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)
Ortalama Denklemi									
C	0.000269	0.000305*	0.000242	0.000550*	0.000349*	0.000317*	0.000495*	0.000400*	0.000347*
AR(1)	0.565563*	2.927561*	-0.040258	-0.131909*	1.809284*	1.673047*	-0.775843*	-0.367745*	-0.081951
AR(2)	0.163320*	-3.730779*	-0.257227*	-0.122118*	-1.176190	-0.739767*	0.389167*	-0.363400*	-0.259485*
AR(3)	0.569112*	2.311395*	0.071741	0.874439*	-0.064558	-0.537958*	-0.769365*	-0.986660*	0.085003
AR(4)	-0.977711*	-0.597289*	-0.808133*	0.091820	0.233876	0.446895*	-0.993282*	-0.035787	-0.836814*
MA(1)	-0.550470*	-2.933748*	0.034560	0.161471*	-1.806828*	-1.677580*	0.793332*	0.371392*	0.084514
MA(2)	-0.165709*	3.756659*	0.278015*	0.151159*	1.188263	0.767326*	-0.376486*	0.381779*	0.277921*
MA(3)	-0.583938*	-2.362174*	-0.061190	-0.872305*	0.017541	0.486282*	0.763295*	0.996531*	-0.070433
MA(4)	0.966555*	0.641554*	0.839776*	-0.093924	-0.177887	-0.403232*	1.012466*	0.046444*	0.864207*
MA(5)	-0.001638	-0.020849	-0.008194	-0.037325	-0.037273*	-0.028106*	0.021867	0.009902	0.006588
Varyans Denklemi									
C	5.42E-05*	5.72E-05*	5.39E-05*	4.41E-05*	4.43E-05*	4.37E-05*	3.41E-05*	3.50E-05*	3.44E-05*
ARCH- α 1	0.158084*	0.164103*	0.156313*	0.132937*	0.139495*	0.130182*	0.086400*	0.095502*	0.089982*
ARCH- α 2				0.183404*	0.213978*	0.189485*	0.152524*	0.175464*	0.147176*
ARCH- α 3							0.256605*	0.222588*	0.240842*
ARCH- α 4									
T-DIST.DOF		4.183016*			4.669854*			5.318556*	
GED Parametresi			1.168947*			1.212502*			1.284592*
LogL.	9281.952	9415.873	9398.740	9326.926	9448.899	9436.610	9389.967	9476.862	9467.940
AIC	-6.836248	-6.934272	-6.921638	-6.868677	-6.957890	-6.948828	-6.914430	-6.977774	-6.971194
SIC	-6.810117	-6.905964	-6.893330	-6.840369	-6.927405	-6.918342	-6.883945	-6.945111	-6.938532

*%5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

EK 9: Rbist30 Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları (Devamı)

Parametre	ARCH(4)			GARCH(1,1)			GARCH(2,1)		
	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)
Ortalama Denklemi									
C	0.000586*	0.000472*	0.000439*	0.000474*	0.000398*	0.000416*	0.000499*	0.000403*	0.000376*
AR(1)	0.459872*	0.284000	0.440541*	-0.750404*	-0.729314	-0.611110	-0.596108	-0.720523	-0.858890
AR(2)	0.999907*	1.095613*	0.304235*	0.386234*	-0.185338	0.594961	-0.213083	-0.183639	-0.391408
AR(3)	-0.673397*	-0.486714	0.462501*	-0.753448*	-0.511235	0.506338	-0.802910*	-0.518239	-0.642945
AR(4)	-0.348613*	-0.522756	-0.935882*	-0.954395*	-0.248580	0.132854	-0.348293	-0.254506	-0.297992
MA(1)	-0.437509*	-0.277278	-0.434677*	0.783626*	0.744354	0.625041	0.630775	0.735245	0.874706
MA(2)	-0.993853*	-1.085330*	-0.300244*	-0.357419*	0.219348	-0.569205	0.266186	0.217069	0.428250
MA(3)	0.631662*	0.457405	-0.482701*	0.746177*	0.525877	-0.524004	0.830567*	0.532951	0.661701
MA(4)	0.338206*	0.502623	0.931049*	0.991462*	0.269907	-0.173445	0.384106	0.275888	0.322578
MA(5)	0.030667*	0.019220	-0.011335	0.046449*	0.029380	-0.005562	0.044974*	0.029591	0.035081
Varyans Denklemi									
C	3.04E-05*	3.09E-05*	3.05E-05*	1.68E-06*	1.51E-06*	1.60E-06*	1.91E-06*	1.76E-06*	1.81E-06*
ARCH- α 1	0.075743*	0.076536*	0.071391*	0.086139*	0.076706*	0.079231*	0.072791*	0.056959*	0.064619*
ARCH- α 2	0.097791*	0.128120*	0.112398*				0.016688	0.027573	0.021350
ARCH- α 3	0.200983*	0.188288*	0.192450*						
ARCH- α 4	0.150915*	0.146631*	0.149823*						
GARCH- β 1				0.888366*	0.900491*	0.895592*	0.881405*	0.888896*	0.885777*
GARCH- β 2									
T-DIST.DOF		5.696988*			6.611039*			6.592605*	
GED Parametresi			1.319745*			1.382434*			1.381804*
LogL.	9424.343	9499.136	9494.957	9467.656	9519.633	9512.997	9459.927	9520.102	9514.091
AIC	-6.939044	-6.993463	-6.990381	-6.972460	-7.010054	-7.005160	-6.966023	-7.009663	-7.005229
SIC	-6.906381	-6.958623	-6.955541	-6.944153	-6.979568	-6.974675	-6.935538	-6.977000	-6.972567

EK 9: Rbist30 Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları (Devamı)

Parametre	GARCH(1,2)			GARCH(2,2)		
	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)
Ortalama Denklemi						
C	0.000479*	0.000400*	0.000374*	0.000480*	0.000414*	0.000375*
AR(1)	-0.750080*	-0.727115	-0.840351	-0.750035*	-1.101168*	-0.841844
AR(2)	0.386697*	-0.185696	-0.327928	0.386833*	-1.085474*	-0.336334
AR(3)	-0.754179*	-0.513497	-0.566259	-0.754416*	-1.077423*	-0.578129
AR(4)	-0.954085*	-0.251447	-0.270145	-0.954028*	-0.941790*	-0.275060
MA(1)	0.783782*	0.742163	0.856230	0.783811*	1.113183*	0.857659
MA(2)	-0.358109*	0.219727	0.365042	-0.358408*	1.107965*	0.373177
MA(3)	0.746791*	0.528430	0.584885	0.747022*	1.092915*	0.596567
MA(4)	0.991565*	0.272925	0.293687	0.991584*	0.962580*	0.298691
MA(5)	0.046349*	0.029529	0.034341	0.046208*	0.016587	0.034482
Varyans Denklemi						
C	1.53E-06*	1.37E-06*	1.46E-06*	1.69E-06	2.65E-06*	1.77E-06
ARCH- α 1	0.075695*	0.067211*	0.070062*	0.073372*	0.058838*	0.064802*
ARCH- α 2				0.009863	0.079401*	0.019356
ARCH- α 3						
ARCH- α 4						
GARCH- β 1	1.047918*	1.072904*	1.066727*	0.967240	0.035821	0.908528
GARCH- β 2	-0.146824	-0.160796*	-0.159597	-0.076139	0.785916*	-0.020361
T-DIST.DOF		6.605637*			6.496059*	
GED Parametresi			1.382322			1.382055*
LogL.	9467.895	9519.890	9514.031	9467.916	9523.108	9514.094
AIC	-6.971899	-7.009506	-7.005185	-6.971177	-7.011141	-7.004494
SIC	-6.941414	-6.976843	-6.972522	-6.938514	-6.976301	-6.969654

EK 9:Rbist30 Serisi İçin Koşullu Değişen Varyans Model Sonuçları (Devamı)

Parametre	EGARCH(1,1)			TGARCH(1,1)			APARCH(1,1)		
	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)	Normal	Student-t	GeneralizedError (GED)
Ortalama Denklemi									
C	0.000392*	0.000272*	0.000316*	0.000351*	0.000297*	0.000268*	0.000389*	0.000320*	0.000281
AR(1)	-1.120006*	1.157255*	-0.340995	-0.317272	-1.193013*	-0.835985	-0.222018	-0.609244	-0.792460
AR(2)	-1.025604*	0.136712*	0.261395*	0.260392*	-1.005235*	-0.293565	0.230069*	-0.097390	-0.233062
AR(3)	-1.255286*	-1.103019*	-0.792711*	-0.805433*	-1.322552*	-0.509681	-0.809615*	-0.698058	-0.470750
AR(4)	-0.491463*	0.482734*	-0.591310*	-0.560837*	-0.630504*	-0.252913	-0.475682*	-0.280061	-0.244350
MA(1)	1.160941*	-1.134847*	0.361273	0.353881	1.210279*	0.856323	0.265235	0.635966	0.813167
MA(2)	1.104158*	-0.132382*	-0.226362*	-0.223593*	1.047626*	0.334976	-0.184177*	0.144967	0.276990
MA(3)	1.319149*	1.079192*	0.789859*	0.798915*	1.361521*	0.531721	0.802918*	0.718051	0.492856
MA(4)	0.565774*	-0.464387*	0.606594*	0.592368*	0.674145*	0.278500	0.510569*	0.312042	0.271256
MA(5)	0.061520*	-0.000127	0.046270*	0.056267*	0.035713	0.036730	0.066053*	0.042129*	0.039587*
Varyans Denklemi									
C	-0.504335*	-0.811327*	-0.529723*	2.13E-06*	2.12E-06*	2.15E-06*	0.000226	1.25E-05	5.06E-05
α_1	0.181733*	0.204091*	0.182907*	0.048256*	0.036396*	0.041341*	0.096695*	0.084397*	0.091870*
γ_1	-0.067983*	-0.106109*	-0.075822*	0.083861*	0.096829*	0.091922*	0.401478*	0.318758*	0.386173*
β_1	0.962819*	0.933050*	0.960298*	0.876259*	0.882439*	0.878855*	0.886453*	0.886272*	0.885062*
δ							1.231665*	1.512779*	1.424960*
T-DIST.DOF		6.452957*			6.587788*			18.46587*	
GED Parametresi			1.406803*			1.392195*			1.395684*
LogL.	9475.928	9529.964	9525.711	9478.662	9535.405	9525.364	9481.045	9512.589	9526.267
AIC	-6.977823	-7.016935	-7.013799	-6.979839	-7.020948	-7.013543	-6.980859	-7.003384	-7.013471
SIC	-6.947337	-6.984272	-6.981136	-6.949354	-6.988285	-6.980880	-6.948196	-6.968544	-6.978631

*%5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

EK 10: Rusd için Normal Dağılıma Göre Öngörü Performansı

Model	RMSE	MAE	MAPE	TIC
ARCH(1)	0.003795	0.002622	110.0102	0.892563
GARCH(2.1)	0.003799	0.002613	103.7832	0.924174
EGARCH(1.1)	0.003799	0.002617	106.1735	0.91882
GARCH(1.2)	0.003802	0.00262	103.4306	0.920226
GARCH(2.2)	0.003802	0.00262	103.0366	0.921508
ARCH(4)	0.003806	0.002617	102.1267	0.941749
GARCH(1.1)	0.003808	0.002622	104.07	0.919991
ARCH(2)	0.003809	0.002623	102.5257	0.939764
ARCH(3)	0.003809	0.002616	100.2623	0.094826
TGARCH(1.1)	0.003809	0.002624	104.822	0.934761
APARCH(1.1)	0.003809	0.002619	101.6738	0.942717

EK 11: Rusd için Student-t Dağılıma Göre Öngörü Performansı

Model	RMSE	MAE	MAPE	TIC
ARCH(1)	0.003806	0.002601	102.7311	0.925485
ARCH(2)	0.003811	0.002603	102.3651	0.937056
GARCH(2.1)	0.003811	0.0026	100.1716	0.939353
APARCH(1.1)	0.003812	0.002606	99.22791	0.956989
GARCH(1.1)	0.003813	0.002599	100.255	0.935775
GARCH(1.2)	0.003813	0.002611	98.47579	0.09724
ARCH(3)	0.003814	0.002605	100.453	0.953414
GARCH(2.2)	0.003814	0.002601	98.84675	0.094983
EGARCH(1.1)	0.003814	0.002605	98.65923	0.959763
TGARCH(1.1)	0.003814	0.002604	99.07964	0.957599
ARCH(4)	0.003819	0.002602	101.4962	0.092836

EK 12:Rusd için GED Dağılımına Göre Öngörü Performansı

Model	RMSE	MAE	MAPE	TIC
GARCH(1.2)	0.003811	0.002599	101.1398	0.932783
GARCH(2.2)	0.003813	0.002598	101.765	0.92453
APARCH(1.1)	0.003813	0.002599	100.9585	0.92889
EGARCH(1.1)	0.003815	0.002605	100.7931	0.948106
ARCH(1)	0.003817	0.002605	99.30509	0.955436
GARCH(1.1)	0.003818	0.002605	99.89437	0.953384
TGARCH(1.1)	0.003818	0.002605	99.70433	0.954711
ARCH(2)	0.003819	0.002605	99.757	0.952182
ARCH(3)	0.003819	0.002605	99.93614	0.951113
GARCH(2.1)	0.003819	0.002599	100.0343	0.942208
ARCH(4)	0.003821	0.002605	100.4317	0.947654

EK 13:Rbist30 için Normal Dağılıma Göre Öngörü Performansı

Model	RMSE	MAE	MAPE	TIC
ARCH(1)	0.008027	0.005823	112.2579	0.882351
ARCH(2)	0.00803	0.005824	112.4953	0.883779
ARCH(3)	0.008041	0.005822	111.5436	0.897498
ARCH(4)	0.008046	0.005827	114.6397	0.882846
GARCH(1,1)	0.008063	0.005836	108.3833	0.915173
GARCH(2,1)	0.008063	0.005836	108.5376	0.91464
APARCH(1,1)	0.008063	0.005838	107.2363	0.91569
TGARCH(1,1)	0.008071	0.005846	107.2359	0.916984
GARCH(1,2)	0.008073	0.005849	109.4991	0.910945
GARCH(2,2)	0.008073	0.005849	109.5196	0.910893
EGARCH(1,1)	0.008077	0.005849	105.4851	0.926817

EK 14:Rbist30 için Student-t Dağılımına Göre Öngörü Performansı

Model	RMSE	MAE	MAPE	TIC
ARCH(1)	0.008041	0.005799	107.0116	0.905711
ARCH(2)	0.008043	0.005799	108.8764	0.907338
APARCH(1,1)	0.008048	0.005811	106.7911	0.907693
GARCH(2,1)	0.008054	0.005816	106.048	0.925921
EGARCH(1,1)	0.008058	0.005823	104.2293	0.933836
GARCH(1,1)	0.008059	0.005822	105.454	0.929945
GARCH(1,2)	0.008059	0.005822	105.5028	0.929686
GARCH(2,2)	0.00806	0.005822	105.5692	0.929318
ARCH(3)	0.008062	0.005804	106.363	0.913994
ARCH(4)	0.008078	0.00584	105.7233	0.932666
TGARCH(1,1)	0.008082	0.005833	108.6424	0.90705

EK 15:Rbist30 için GED Dağılımına Göre Öngörü Performansı

Model	RMSE	MAE	MAPE	TIC
ARCH(4)	0.008032	0.005796	109.9203	0.891834
GARCH(1,2)	0.008041	0.005801	108.3312	0.910859
TGARCH(1,1)	0.008047	0.005811	104.8247	0.921901
EGARCH(1,1)	0.008049	0.005806	107.5018	0.913988
ARCH(1)	0.008054	0.005797	105.3116	0.903912
GARCH(1,1)	0.008059	0.005819	105.359	0.927399
GARCH(2,1)	0.008059	0.005819	105.5089	0.9267
GARCH(2,2)	0.008059	0.005819	105.5128	0.926665
APARCH(1,1)	0.00806	0.005825	106.5053	0.912698
ARCH(2)	0.008061	0.005804	104.9472	0.915003
ARCH(3)	0.008063	0.005803	105.795	0.909505

EK 16:Rusd Getiri Serisi İçin %70-%15-%15 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	2	0.004077	0.002798	0.012024	0.002795	0.003133	0.002313
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	3	0.004079	0.002805	0.01201	0.002791	0.003147	0.002342
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	1	0.00408	0.002795	0.012017	0.002806	0.003149	0.002345
MLPR-1-B-L (Regression MLP)	1	0.004065	0.002818	0.012356	0.00299	0.003152	0.002357
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	4	0.004078	0.002797	0.012006	0.00279	0.003156	0.002337
MLPR-1-B-L (Regression MLP)	2	0.004095	0.002833	0.012013	0.002833	0.00316	0.002365
GFFR-1-B-R (Reg Gen Feedforward)	2	0.004092	0.002815	0.012037	0.002848	0.00316	0.002348
MLPCPC-1-B-L (Class MLP with PCA)	4	0.004088	0.002827	0.012016	0.002814	0.003161	0.002361
LogR-0-B-R (LogisticRegression)	4	0.004093	0.002808	0.012047	0.002866	0.003162	0.002351
MLPCPC-1-B-R (Class MLP with PCA)	5	0.004091	0.002815	0.012011	0.0028	0.003163	0.002353
GFFC-1-O-M (Class Gen Feedforward)	1	0.004095	0.002813	0.012032	0.002845	0.003163	0.002352
MLPC-1-O-M (Classification MLP)	5	0.004091	0.002813	0.012004	0.002806	0.003163	0.002356
MLPR-2-B-L (Regression MLP)	3	0.004087	0.002808	0.012012	0.002797	0.003164	0.002349
MLPRPC-1-B-R (Reg MLP with PCA)	3	0.004084	0.002804	0.012014	0.00281	0.003164	0.002348
MLPC-2-O-M (Classification MLP)	5	0.004091	0.002817	0.012012	0.002801	0.003166	0.002355
MLPC-2-O-M (Classification MLP)	10	0.00409	0.002814	0.012014	0.002798	0.003167	0.002353
MLPCPC-1-B-L (Class MLP with PCA)	10	0.004085	0.002823	0.012018	0.002821	0.003168	0.00236
MLPC-1-B-R (Classification MLP)	10	0.004088	0.002806	0.012022	0.00281	0.003169	0.002349

EK 17:Rbist30 Getiri Serisi İçin %70-%15-%15 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
MLPR-2-B-R (Regression MLP)	5	0.008445	0.006182	0.007754	0.005627	0.005486	0.004165
TLRN-1-O-M (Time-Lag Recurrent Network)	3	0.008452	0.006202	0.007947	0.00573	0.005489	0.004158
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	2	0.008338	0.006121	0.007762	0.005547	0.005513	0.004179
MLPCPC-1-B-L (Class MLP with PCA)	4	0.008504	0.006192	0.007818	0.005657	0.005516	0.004201
RBF-1-B-R (Radial Basis Function)	4	0.008533	0.006226	0.007868	0.005648	0.005517	0.004209
MLPR-2-B-R (Regression MLP)	10	0.008375	0.006141	0.007732	0.005561	0.005517	0.004165
RBF-1-B-R (Radial Basis Function)	10	0.008508	0.006204	0.007924	0.00572	0.005517	0.004193
GFFR-1-B-R (Reg Gen Feedforward)	4	0.008482	0.006198	0.007845	0.005642	0.005519	0.004193
MLPR-1-B-R (Regression MLP)	5	0.008361	0.006171	0.007693	0.005558	0.005522	0.004197
GFFR-1-B-L (Reg Gen Feedforward)	5	0.008349	0.006152	0.007799	0.005602	0.005523	0.004199
MLPC-1-B-R (Classification MLP)	10	0.008556	0.006228	0.007854	0.005652	0.005523	0.004193
LinR-0-B-R (Linear Regression)	3	0.008549	0.006223	0.007868	0.00565	0.005531	0.004195
MLPR-1-B-L (Regression MLP)	1	0.008545	0.006218	0.007869	0.005662	0.005533	0.004203
MLPRPC-1-B-L (Reg MLP with PCA)	3	0.008541	0.006213	0.007839	0.00565	0.005533	0.004204
GFFC-1-O-M (Class Gen Feedforward)	2	0.008548	0.006224	0.007873	0.005659	0.005537	0.004209
MLPRPC-1-B-L (Reg MLP with PCA)	1	0.008544	0.006221	0.007876	0.005669	0.005537	0.004211
MLPRPC-1-B-R (Reg MLP with PCA)	1	0.008547	0.006225	0.00788	0.005671	0.005537	0.004211
MLPC-1-B-R (Classification MLP)	2	0.008555	0.006222	0.007851	0.005638	0.005537	0.004206
MLPR-2-B-R (Regression MLP)	5	0.008445	0.006182	0.007754	0.005627	0.005486	0.004165
TLRN-1-O-M (Time-Lag Recurrent Network)	3	0.008452	0.006202	0.007947	0.00573	0.005489	0.004158
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	2	0.008338	0.006121	0.007762	0.005547	0.005513	0.004179

EK 18:Rusd Getiri Serisi İçin %70-%20-%10 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
RBF-1-B-R (RadialBasisFunction)	2	0.004073	0.002798	0.01052	0.002593	0.00323	0.002477
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	2	0.004082	0.002801	0.010492	0.002594	0.003269	0.002496
MLPRPC-1-B-L (Reg MLP with PCA)	4	0.004081	0.002853	0.010905	0.002901	0.003274	0.002537
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	1	0.004081	0.002798	0.010497	0.002609	0.003276	0.002514
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	4	0.004074	0.002798	0.010495	0.002588	0.003279	0.00251
RBF-1-B-R (RadialBasisFunction)	3	0.004078	0.002806	0.010482	0.0026	0.003283	0.002531
MLPRPC-1-B-R (Reg MLP with PCA)	3	0.004093	0.002826	0.010498	0.002606	0.003286	0.002534
TDNN-1-B-R (Time-Delay Network)	3	0.004007	0.002795	0.010578	0.002741	0.003286	0.002512
RBF-1-O-M (RadialBasisFunction)	2	0.004115	0.002794	0.010535	0.002625	0.00329	0.0025
RBF-1-O-M (RadialBasisFunction)	4	0.004145	0.002827	0.010455	0.002623	0.00329	0.002475
RBF-1-B-R (RadialBasisFunction)	1	0.004077	0.002794	0.010477	0.002592	0.003297	0.002535
MLPCPC-1-B-R (Class MLP with PCA)	5	0.004091	0.002816	0.010498	0.002594	0.003299	0.002536
MLPR-2-B-R (Regression MLP)	1	0.004088	0.002806	0.010498	0.002593	0.0033	0.002533
MLPC-1-O-M (Classification MLP)	5	0.004093	0.002811	0.010489	0.002592	0.003302	0.002532
RBF-1-B-R (RadialBasisFunction)	5	0.004069	0.002798	0.010498	0.002593	0.003303	0.002528
MLPC-2-O-M (Classification MLP)	10	0.004091	0.002817	0.010495	0.002594	0.003305	0.002539
MLPC-2-B-R (Classification MLP)	10	0.004092	0.002809	0.010499	0.002589	0.003305	0.002536
MLPCPC-1-O-M (Class MLP with PCA)	10	0.004094	0.002822	0.010494	0.002598	0.003307	0.002544

EK 19:Rbist30 Getiri Serisi İçin %70-%20-%10 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	5	0.008254	0.006099	0.007255	0.005235	0.005613	0.004257
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	3	0.008408	0.006159	0.007258	0.005162	0.005622	0.004235
RBF-1-B-R (Radial Basis Function)	5	0.008496	0.006213	0.007309	0.005257	0.005638	0.004253
MLPRPC-1-B-L (Reg MLP with PCA)	10	0.008465	0.006211	0.007319	0.005278	0.005638	0.004261
TDNN-1-B-R (Time-Delay Network)	4	0.008346	0.00614	0.007247	0.005199	0.005638	0.004231
GFFR-1-B-R (Reg Gen Feedforward)	10	0.008332	0.00615	0.007316	0.005203	0.005644	0.004262
GFFC-1-B-L (Class Gen Feedforward)	10	0.008472	0.006194	0.007329	0.005237	0.005646	0.004247
TLRN-1-B-R (Time-Lag Recurrent Network)	3	0.008397	0.006149	0.007281	0.005256	0.005651	0.004253
MLPR-2-B-L (Regression MLP)	5	0.008428	0.006189	0.007225	0.005266	0.005653	0.00424
TDNN-1-B-R (Time-Delay Network)	3	0.008463	0.006181	0.007296	0.005261	0.005659	0.004249
MLPRPC-1-B-L (Reg MLP with PCA)	1	0.00855	0.006226	0.007298	0.005269	0.005671	0.00426
TLRN-1-B-R (Time-Lag Recurrent Network)	1	0.008549	0.006224	0.007299	0.005262	0.005671	0.004258
GFFR-1-B-R (Reg Gen Feedforward)	4	0.008494	0.006204	0.007311	0.005254	0.005672	0.004297
MLPR-2-O-M (Regression MLP)	4	0.008479	0.006203	0.007274	0.00525	0.005673	0.004275
RBF-1-B-L (Radial Basis Function)	1	0.008536	0.006225	0.007323	0.005277	0.005678	0.004297
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	2	0.008364	0.006146	0.00718	0.005171	0.005684	0.004297
GFFC-1-B-R (Class Gen Feedforward)	2	0.008549	0.006226	0.007298	0.005259	0.005684	0.004276
LinR-0-B-L (Linear Regression)	2	0.008545	0.006224	0.007311	0.00527	0.005685	0.004283

EK 20:Rusd Getiri Serisi İçin %80-%10-%10 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	2	0.003933	0.002666	0.014599	0.003448	0.003258	0.002488
GFFC-1-O-M (Class Gen Feedforward)	5	0.003985	0.00272	0.014689	0.003719	0.003269	0.002513
GFFC-1-B-L (Class Gen Feedforward)	4	0.003959	0.00269	0.014669	0.003628	0.003277	0.002527
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	4	0.003974	0.002747	0.014576	0.003659	0.00328	0.002514
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	3	0.003937	0.00268	0.014585	0.003444	0.003281	0.002518
RBF-1-O-M (RadialBasisFunction)	2	0.003996	0.002789	0.014639	0.003546	0.003281	0.002522
MLPRPC-1-B-R (Reg MLP with PCA)	3	0.003957	0.002689	0.014586	0.003498	0.003283	0.002529
GFFC-1-O-M (Class Gen Feedforward)	2	0.003952	0.00269	0.014634	0.003566	0.003287	0.002526
MLPRPC-1-B-L (Reg MLP with PCA)	5	0.003918	0.002661	0.01634	0.00442	0.003291	0.002532
RBF-1-O-M (RadialBasisFunction)	4	0.004	0.002814	0.014594	0.003558	0.003295	0.002557
MLPC-2-B-L (Classification MLP)	3	0.003947	0.002701	0.01458	0.003448	0.003298	0.002545
MLPC-1-B-R (Classification MLP)	5	0.003944	0.002677	0.014594	0.003478	0.003301	0.002539
MLPC-1-B-R (Classification MLP)	10	0.00395	0.002676	0.014574	0.003516	0.003303	0.002537
MLPC-2-B-R (Classification MLP)	10	0.003945	0.002683	0.014582	0.003459	0.003304	0.00254
MLPC-2-O-M (Classification MLP)	10	0.003944	0.00268	0.014585	0.003469	0.003306	0.002541
MLPR-2-B-R (Regression MLP)	1	0.003945	0.002688	0.014467	0.003378	0.003346	0.002571
TDNN-1-B-R (Time-Delay Network)	1	0.003985	0.002738	0.014528	0.003604	0.003352	0.002573
GFFR-1-B-L (Reg Gen Feedforward)	1	0.003938	0.002684	0.014548	0.003493	0.003355	0.002576

EK 21:Rbist30 Getiri Serisi İçin %80-%10-%10 Modele Ait Sonuçlar

Model Adı	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
TDNN-1-B-R (Time-Delay Network)	3	0.008257	0.006022	0.006839	0.005145	0.005609	0.004208
GFFR-1-B-R (Reg Gen Feedforward)	10	0.008452	0.006117	0.007009	0.005319	0.00563	0.004246
TLRN-1-O-M (Time-Lag Recurrent Network)	3	0.008351	0.006065	0.007	0.005278	0.005632	0.004258
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	4	0.008164	0.005995	0.007059	0.005259	0.005634	0.004244
TLRN-1-O-M (Time-Lag Recurrent Network)	2	0.008375	0.006071	0.006956	0.005191	0.00564	0.004254
GFFR-1-B-L (Reg Gen Feedforward)	5	0.008287	0.006041	0.006918	0.005183	0.005648	0.00426
RBF-1-O-M (Radial Basis Function)	5	0.008402	0.0061	0.006987	0.005218	0.005649	0.004276
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	10	0.008281	0.00602	0.007016	0.005253	0.005651	0.004251
MLPR-2-B-L (Regression MLP)	5	0.008317	0.006047	0.006927	0.005171	0.005655	0.00427
TLRN-1-B-R (Time-Lag Recurrent Network)	4	0.008428	0.006103	0.006936	0.005249	0.005656	0.00424
MLPR-2-B-R (Regression MLP)	4	0.008303	0.00605	0.00688	0.005167	0.005658	0.004261
RBF-1-B-R (Radial Basis Function)	10	0.008459	0.006116	0.006914	0.005227	0.005659	0.004266
RBF-1-O-M (Radial Basis Function)	1	0.008434	0.006113	0.006986	0.005254	0.005661	0.004294
RBF-1-O-M (Radial Basis Function)	3	0.008418	0.006098	0.006984	0.005229	0.005662	0.004269
MLPCPC-1-B-L (Class MLP with PCA)	2	0.008435	0.006111	0.006986	0.00523	0.005671	0.004268
MLPR-1-B-L (Regression MLP)	1	0.008436	0.006107	0.006975	0.00522	0.005672	0.004266
MLPRPC-1-B-L (Reg MLP with PCA)	1	0.008432	0.006107	0.006987	0.005232	0.005676	0.004269
TDNN-1-O-M (Time-Delay Network)	2	0.008436	0.006099	0.006977	0.00521	0.00568	0.004278

EK 22:Rusd Getiri Serisi İçin En İyi Performansı Gösteren 3 Model

Model Adı	Veri	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
			RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	%70-15-15	2	0.004094	0.035093	0.002832	0.01202	0.168053	0.002841
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	%70-15-15	3	0.004089	0.035368	0.002837	0.012013	0.167893	0.002823
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	%70-15-15	1	0.004065	0.035689	0.002794	0.012011	0.167504	0.002798
RBF-1-B-R (RadialBasisFunction)	%70-20-10	2	0.004073	0.002798	0.01052	0.002593	0.00323	0.002477
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	%80-10-10	2	0.003933	0.002666	0.014599	0.003448	0.003258	0.002488
RBF-1-B-L (RadialBasisFunction)	%70-20-10	2	0.004082	0.002801	0.010492	0.002594	0.003269	0.002496
GFFC-1-O-M (Class Gen Feedforward)	%80-10-10	5	0.003985	0.00272	0.014689	0.003719	0.003269	0.002513
MLPRPC-1-B-L (Reg MLP with PCA)	%70-20-10	4	0.004081	0.002853	0.010905	0.002901	0.003274	0.002537
GFFC-1-B-L (Class Gen Feedforward)	%80-10-10	4	0.003959	0.00269	0.014669	0.003628	0.003277	0.002527

EK 23:Rbist30 Getiri Serisi İçin En İyi Performansı Gösteren 3 Model

Model Adı	Veri	Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	Eğitim		Geçerlilik		Test	
			RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
MLPR-2-B-R (Regression MLP)	%70-15-15	5	0.008445	0.006182	0.007754	0.005627	0.005486	0.004165
TLRN-1-O-M (Time-Lag Recurrent Network)	%70-15-15	3	0.008452	0.006202	0.007947	0.00573	0.005489	0.004158
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	%70-15-15	2	0.008338	0.006121	0.007762	0.005547	0.005513	0.004179
TDNN-1-B-R (Time-Delay Network)	%80-10-10	3	0.008257	0.006022	0.006839	0.005145	0.005609	0.004208
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	%70-20-10	5	0.008254	0.006099	0.007255	0.005235	0.005613	0.004257
TDNN-1-B-L (Time-Delay Network)	%70-20-10	3	0.008408	0.006159	0.007258	0.005162	0.005622	0.004235
GFFR-1-B-R (Reg Gen Feedforward)	%80-10-10	10	0.008452	0.006117	0.007009	0.005319	0.00563	0.004246
TLRN-1-O-M (Time-Lag Recurrent Network)	%80-10-10	3	0.008351	0.006065	0.007	0.005278	0.005632	0.004258
RBF-1-B-R (Radial Basis Function)	%70-20-10	5	0.008496	0.006213	0.007309	0.005257	0.005638	0.004253