

DÖVİZ KURU OYNAKLIĞININ ÖNGÖRÜLMESİ VE RİSK YÖNETİMİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Özlem Serpil ÜNAL

Danışman

Doç. Dr. Uğur SOYTAŞ

Uzmanlık Yeterlilik Tezi

Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
Piyasalar Genel Müdürlüğü
Ankara, Haziran 2009

ÖNSÖZ

Oynaklık öngörüsü, risk yönetimindeki temel işlevinin yanı sıra, varlık ve opsiyon fiyatlama modelleri gibi piyasa oyuncularından etkin olarak kullanılan modellerin temel değişkenlerinden biridir. Bununla birlikte, ülke ekonomisinin istikrarı döviz kurunun oynaklığı ile ilişkilendirilmekte bu da oynaklık öngörüsünün doğru bir şekilde modellenmesini özellikle merkez bankaları açısından zorunlu hale getirmektedir.

Finans yazınına bakıldığında döviz kuru oynaklığının farklı varsayımlara dayanan çeşitli modeller tarafından oldukça başarılı bir şekilde tahmin edildiği görülmektedir. Diğer taraftan, elde edilen oynaklık öngörü modelinin örneklem dışı öngörü performansı önem kazanmaktadır. Bu amaçla, modellerin örneklem dışı öngörü performanslarının karşılaştırılması ve en başarılı modelin istatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenmesi finans yazınında kabul görmüş bir uygulamadır. Bu çalışmada, Türkiye döviz piyasaları için en uygun oynaklık öngörü modelinin belirlenmesi amacıyla farklı modeller tahmin edilecek ve bu modellerin performansları karşılaştırılacaktır. Ayrıca, Türkiye döviz piyasalarında risk ölçümüne ilişkin çeşitli analizlere yer verilecek ve bu analizlerin küresel finansal krizden etkilenip etkilenmediği araştırılacaktır.

Bu çalışmanın hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Döviz Risk Yönetim Müdürü Orhan Kandar'a ve akademik bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tez danışmanım Doç. Dr. Uğur Soytaş'a, tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen eşim Orhan Ünal ve değerli çalışma arkadaşım Dr. Erk Hacıhasanoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
TABLO LİSTESİ.....	iv
GRAFİK LİSTESİ.....	v
KISALTIMA LİSTESİ.....	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
EK LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

YAZIN TARAMASI.....	4
1.1. Döviz Kuru Oynaklık Modeli Uygulamaları.....	5
1.2. Oynaklık Modelinde Yüksek Sıklıkta Veri Kullanımı.....	9
1.3. Öngörü Modelleri ve Performans Ölçümü.....	11
1.4. Döviz Kuru Oynaklığı Modellerinin Türkiye Uygulamaları.....	13
1.5. Oynaklık Öngörüsü ve Risk Yönetimi.....	16

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM.....	20
2.1. Oynaklık Öngörü Modelleri.....	22
2.1.1. Hareketli Ortalama Modelleri.....	22
2.1.1.1. Tarihsel Oynaklık Modeli.....	22
2.1.1.2. Üssel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama (EWMA) Modeli.....	23

2.1.2. Tek Değişkenli Zaman Serisi Modelleri.....	25
2.1.2.1. Ardışık Bağlanım (AR) Modeli.....	25
2.1.2.2. Ardışık Bağlanımlı Hareketli Ortalama (ARMA) Modeli	26
2.1.3. Ardışık Bağlanımlı Koşullu Değişen Varyans (ARCH) Süreçleri.....	27
2.1.3.1. ARCH Modeli.....	27
2.1.3.2. Kapsamlı ARCH (GARCH) Modeli.....	30
2.1.3.3. Üssel GARCH (EGARCH) Modeli.....	32
2.1.3.4. GJR-GARCH Modeli.....	33
2.2. Oynaklık Öngörü Performansı Ölçümü.....	34
2.3. Riske Maruz Değer Modeli.....	35
2.3.1. Geriye Dönük Test Yöntemleri.....	37

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ VE AMPİRİK SONUÇLAR.....	39
3.1. Veri.....	39
3.2. Model Sonuçları.....	41
3.2.1. GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) Modelleri Tahmin Sonuçları.....	42
3.3. Örneklem Dışı Oynaklık Öngörü Sonuçları.....	48
3.4. Riske Maruz Değer Öngörü Sonuçları.....	54

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKÇA.....	63
EKLER.....	67

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Betimleyici İstatistikler.....	40
Tablo 3.2. Birim Kök Testleri.....	40
Tablo 3.3. Hata Terimi ve Hata Teriminin Karesinin Ardışık Bağlanım Testi.....	41
Tablo 3.4. GARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri.....	43
Tablo 3.5. EGARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri.....	44
Tablo 3.6. GJR-GARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri.....	45
Tablo 3.7. USD Serisi GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) Modelleri Hata Terimi Ardışık Bağlanım Testleri.....	46
Tablo 3.8. EUR Serisi GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) Modelleri Hata Terimi Ardışık Bağlanım Testleri.....	47
Tablo 3.9. GBP Serisi GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) Modelleri Hata Terimi Ardışık Bağlanım Testleri.....	47
Tablo 3.10. Örneklem Dışı RMSE ve MAE Öngörü Hatası İstatistikleri (Nisan 2008- Mart 2009).....	51
Tablo 3.11. Örneklem Dışı RMSE ve MAE Öngörü Hatası İstatistikleri (Eylül 2007- Ağustos 2008).....	53
Tablo 3.12. Riske Maruz Değer Performans İstatistikleri (Nisan 2008- Mart 2009).....	57
Tablo 3.13. Riske Maruz Değer Performans İstatistikleri (Eylül 2007- Ağustos 2008).....	57

GRAFİK LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Grafik 3.1. USD Serisi Döviz Kuru Oynaklık Öngörüleri.....	49
Grafik 3.2. EUR Serisi Döviz Kuru Oynaklık Öngörüleri.....	49
Grafik 3.3. GBP Serisi Döviz Kuru Oynaklık Öngörüleri.....	50
Grafik 3.4. USD Riske Maruz Değer Öngörüleri.....	55
Grafik 3.5. EUR Riske Maruz Değer Öngörüleri.....	55
Grafik 3.6. GBP Riske Maruz Değer Öngörüleri.....	56

KISALTMA LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ADF	: Augmented Dickey- Fuller (Çoğaltılmış Dickey- Fuller)
AR	: Autoregressive (Ardışık Bağlanım)
ARMA	: Autoregressive Moving Average (Ardışık Bağlanımlı Hareketli Ortalama)
ARCH	: Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Ardışık Bağlanımlı Koşullu Değişen Varyans)
EGARCH	: Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Üssel Kapsamlı Ardışık Bağlanımlı Koşullu Değişen Varyans)
EUR	: Avrupa Birliği Bölgesi Para Birimi
EWMA	: Exponentially Weighted Moving Average (Üssel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama)
FED	: Federal Reserve Bank (ABD Merkez Bankası)
FIGARCH	: Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Kademeli Tümüleşik Kapsamlı Ardışık Bağlanımlı Koşullu Değişen Varyans)
GARCH	: Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Kapsamlı Ardışık Bağlanımlı Koşullu Değişen Varyans)
GBP	: İngiliz Sterlini
GJR-GARCH	: GJR- Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GJR- Kapsamlı Ardışık Bağlanımlı Koşullu Değişen Varyans)
HO	: Hata Oranı
IGARCH	: Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Tümüleşik Kapsamlı Ardışık Bağlanımlı Koşullu Değişen Varyans)
i.i.d.	: Independent and Identically Distributed (Birbirinden Bağımsız ve aynı Dağılıma Sahip)

İS	: İstisna Sayısı
LM	: Lagrange Multiplier (Lagrange Çarpanı)
MAE	: Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata)
MAPE	: Mean Absolute Percentage Error (Ortalama Mutlak Oransal Hata)
ME	: Mean Error (Ortalama Hata)
MSE	: Mean Squared Error (Ortalama Hata Karesi)
PP	: Phillips-Perron
RMSE	: Root Mean Squared Error (Ortalama Hata Karesinin Kökü)
TCMB	: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TRL	: Türk Lirası
USD	: Amerikan Doları
VaR	: Value-at-Risk (Riske Maruz Değer)

SEMBOL LİSTESİ

p	: Fiyat
r	: Getiri
σ	: Oynaklık
σ^2	: Varyans
λ	: Eksilme Çarpanı

EK LİSTESİ

Sayfa No

Ek 1. AR, ARMA ve ARCH Model Sonuçları.....	68
Tablo 1A. ARCH(1) Modeli Katsayı Tahminleri.....	68
Tablo 2A. AR(1) Modeli Katsayı Tahminleri.....	68
Tablo 3A. AR(2) Modeli Katsayı Tahminleri.....	68
Tablo 4A. AR(3) Modeli Katsayı Tahminleri.....	69
Tablo 5A. ARMA(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri.....	69
Tablo 6A. ARMA(3,3) Modeli Katsayı Tahminleri.....	69
Ek 2. Nisan 2002- Ağustos 2007 Dönemi Model Sonuçları.....	70
Tablo 1B. ARCH(1) Modeli Katsayı Tahminleri (1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007).....	70
Tablo 2B. AR(1) Modeli Katsayı Tahminleri (1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007).....	70
Tablo 3B. AR(2) Modeli Katsayı Tahminleri (1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007).....	70
Tablo 4B. AR(3) Modeli Katsayı Tahminleri (1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007).....	71
Tablo 5B. ARMA(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri (1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007).....	71
Tablo 6B. ARMA(3,3) Modeli Katsayı Tahminleri (1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007).....	71
Tablo 7B. GARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri (1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007).....	72
Tablo 8B. EGARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri (1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007).....	72
Tablo 9B. GJR-GARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri (1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007).....	73

ÖZET

Döviz kuru oynaklığının öngörülmesi hem araştırmacılar hem de piyasa oyuncularını için oldukça önemli bir konudur. Bu bağlamda bu çalışmada, hareketli ortalama modelleri, tek değişkenli zaman serisi modelleri ve ardışık bağımlı koşullu değişen varyans süreçleri Türkiye döviz piyasalarının oynaklığını tahmin etmek amacıyla uygulanmıştır. Sonrasında ise bu modellerin örneklem dışı öngörü performansları karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte, parametrik VaR modelinin söz konusu varlığın oynaklık öngörüsünün bir fonksiyonu olması dolayısı ile VaR değeri her bir oynaklık öngörü modeline bağlı olarak tahmin edilmiş ve bu modellerin öngörü performansları Basel Komitesi geriye dönük test ölçütleri kapsamında değerlendirilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak bu çalışma Türkiye döviz piyasaları için hem sabit varyans hem de değişen varyans modellerinin karşılaştırmalı örneklem dışı öngörü performansını ve en doğru VaR modelini araştırması açısından bir ilktir. Bununla birlikte son küresel finansal krizin risk ölçüm teknikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, RMSE ölçütüne göre GJR_GARCH(1,1) modelinin TRL/USD ve TRL/GBP serilerinin oynaklık öngörüsünü modellemekte diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğunu, TRL/EUR serisi için ise en başarılı modelin EGARCH(1,1) modeli olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan, MAE ölçütüne göre, AR modeli bütün para birimlerinde diğer modellerin üzerinde bir performans sergilemiştir. Bunun yanı sıra, finansal krizin oynaklık öngörü modellerinin sıralamasını değiştirmedeği ancak finansal krizle birlikte modellerin performanslarının en kötü performansı sergileyen modele yakındasığı görülmüştür. Oynaklık öngörü modellerine dayalı olarak tahmin edilen VaR modellerinin performansları karşılaştırıldığında ise EWMA, GARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) modellerinin USD serisi, GARCH(1,1) modelinin EUR serisi, EWMA modelinin ise GBP serisi için en doğru sonuçları verdikleri görülmüştür. Bununla birlikte, finansal krizin VaR modellerinin doğruluğunu etkilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Döviz Kuru Oynaklık Öngörüsü, Türkiye Döviz Piyasaları, GARCH/EGARCH/GJR-GARCH Modelleri, Value-at-Risk.

ABSTRACT

Forecasting the volatility of the foreign exchange rate is an important concern for both researchers and practitioners. In this respect, this study employed the moving average, univariate time series and autoregressive conditional heteroscedasticity models in order to estimate the exchange rate volatility in Turkish exchange rate market. Then, the performances of the models are compared according to their out-of-sample forecasting powers. Moreover, because the parametric Value-at-Risk model is the function of the volatility forecast of the underlying asset, the performance of the Value-at-Risk measurement based on different volatility forecasting models are investigated by adopting the Basel Committee backtesting criteria. Different from previous studies, this study is the first in examining the comparative out-of-sample forecasting power of both homoscedastic and heteroscedastic models and investigating the most accurate Value-at-Risk model in Turkish foreign exchange market. Besides, the effect of the latest global financial crisis on the accuracy of the risk measurement is investigated.

The results showed that, the GJR-GARCH model is superior to other models in estimating the exchange rate volatility for TRL/USD, TRL/GBP series, whereas the best model for TRL/EUR series is the EGARCH model according to the root mean square error statistic. On the other hand, according to the mean absolute error statistic AR model outperforms the other models for all currencies. Moreover, it is seen that the performances of the models converge to the worst performing model during the financial crisis, although the financial crisis does not too much effect on the order of the volatility forecasting models. When the Value-at-Risk performance of the underlying models are compared, it is seen that the most accurate models for USD series is EWMA, GARCH(1,1) and GJR-GARCH(1,1) models, while it is GARCH(1,1) for EUR series and EWMA model for GBP series. In addition, it is seen that the accuracy of the VaR models are affected by the financial crisis.

Keywords: Exchange Rate Volatility Forecasting, Turkish Foreign Exchange Market, GARCH/EGARCH/GJR-GARCH Models, Value-at-Risk.

GİRİŞ

Risk yönetimi her ne kadar son yıllarda önem kazanan bir konu olsa da, başlangıcı milattan önce 1800'lü yıllara kadar dayanmaktadır. Tarihi kaynaklara bakıldığında, buğday ticaretinde kullanılan ve üreticiyi ya da alıcıyı iklimsel olumsuzluklardan doğan risklere karşı koruyan sözleşmelerin bugünkü opsiyon sözleşmelerinin ilkel bir versiyonu olduğu görülmektedir. Ancak gerek kavram gerekse kullanım olarak bu kadar eski bir tarihe sahip olmasına karşın, risk yönetiminin teorik ve pratik alanlarda gelişimi yirminci yüzyılın başlarından önce gerçekleşmemiştir. Bunun temel nedeninin günün koşullarına yönelik gereksinimler olduğu söylenebilir. Şöyle ki, son yıllarda finansal piyasalardaki hızlı büyüme ve bu sırada meydana gelen mikro ve makro ölçekli finansal felaketler risk yönetiminin gerekliliği ve önemini vurgulamış, bu da risk yönetimi alanındaki akademik birikimin artmasına temel teşkil etmiştir. Bununla birlikte, teknolojide meydana gelen gelişmeler risk ölçümünde kullanılan tekniklerin uygulanabilirliğini sağlamış, bu da risk yönetimi alanında daha büyük adımlar atılmasını kolaylaştırmıştır.

Finansal piyasalarda oynaklık yatırımın taşıdığı riskin ölçütü olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda oynaklığın modellenmesi ve geleceğe dönük öngörülerin yapılması risk yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte finans alanında sıkça kullanılan opsiyon ve varlık fiyatlama modelleri gibi modeller söz konusu varlığın getiri oynaklığının tahminine dayanmakta, bu da oynaklık tahminini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, günümüzde en geniş kullanıcı kitlesine sahip risk ölçüm tekniği olan parametrik (doğrusal) riske maruz değer (VaR) modeli de oynaklık öngörüsünün doğru bir şekilde tahmin edilmesine dayanmaktadır.

Diğer taraftan, günlük ticaret hacmi düşünüldüğünde döviz piyasasının en büyük piyasa olduğu söylenebilir. Son yıllarda uluslararası

ticaret ve yatırım hacminin artmasıyla birlikte döviz piyasası gelişimini olumlu yönde sürdürmektedir. Bununla birlikte döviz kuru oynaklığı bir ülke ekonomisinin istikrarı hakkında ipuçları veren en önemli göstergelerden biridir. İşte bu nedenlerle döviz kuru oynaklığının modellenmesi ve analizi gerek yurtiçi gerekse yurtdışı yatırımcılar için büyük önem taşımaktadır.

Oynaklık öngörü modelleri ve modeller arası performans kıyaslamasına dayanan çalışmalar finans yazınında oldukça büyük bir yer tutmaktadır. Ancak bu çalışmaların çoğu gelişmiş ülkeler üzerinedir ve gelişmekte olan ülkelerle ilgili finans yazınında çok az örnek bulunmaktadır. Türkiye son yıllarda yaşadığı olumlu ekonomik gelişmeler ve finansal düzenlemeler sayesinde yabancı yatırımcıların hem getirilerini artırmak hem de risklerini dağıtmak amacıyla yatırım yapmayı tercih ettiği ülkeler arasında yer almaktadır. Bu gelişmeler akademisyenlerin de ilgisini çekmekte, Türkiye ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, döviz kuru getiri serisinin temel özelliklerinin araştırılması ve farklı oynaklık modellerinin performanslarının karşılaştırılması yoluyla finans yazınına katkıda bulunulması amaçlanmaktadır. Bunun yanında, bu çalışmanın Türkiye'de yatırımcılarının maruz kaldığı kur riskinin hesaplanmasına temel oluşturan oynaklık modeline karar verilmesi açısından uygulamaya yönelik pratik çözümler sunacağı da tahmin edilmektedir.

Döviz kuru getiri serilerinin genel özelliklerine bakıldığında, bu serilerin kimi zaman yüksek, kimi zaman durgun oynaklık seviyelerine sahip olduğu görülmektedir. Finans yazınında bu yapı, serinin değişen varyansa sahip olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda döviz kuru oynaklığını sabit varyans modelleri kullanarak modellemek bazı hatalı sonuçlara neden olabilmektedir. Değişen varyansa sahip zaman serilerinin sahip olduğu bu özellikleri doğru bir şekilde modellemek amacıyla önce Engle (1982) Ardışık Bağımlı Koşullu Değişen Varyans (ARCH) modelini önermiş, sonrasında ise bu model Bollerslev (1986) tarafından geliştirilmiş ve kapsamlı ARCH (GARCH) modeli keşfedilmiştir. Finans yazınında, bu modeller ve çeşitli uyarlamalarının döviz kuru getiri serilerinin özelliklerini

yakalamakta ve şokların neden olduğu oynaklık direncinin modellenmesinde oldukça başarılı olduğuna dair birçok çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı öncelikle Türkiye döviz piyasaları için en uygun oynaklık modelinin araştırılmasıdır. Bu amaçla farklı sınıflardan oynaklık modelleri tahmin edilecek ve bu modellerin performansları örneklem dışı öngörüler üretilerek karşılaştırılacaktır. Ayrıca, tahmin edilen oynaklık modelleri çerçevesinde elde edilen oynaklık öngörülerini kullanılarak VaR değerleri hesaplanacak ve VaR modellerinin performansları Basel Komitesi'nin geriye dönük test ölçütleri temel alınarak karşılaştırılacaktır. Bununla birlikte, 2007 yılı sonlarından itibaren etkili olmaya başlayan küresel finansal krizin oynaklık ve VaR modellerinin performansını etkileyip etkilemediği araştırılacaktır.

Bu çalışma daha önce yapılan çalışmalardan çeşitli noktalarda farklılıklar göstermektedir. Öncelikle, bu çalışma Türkiye döviz piyasaları için sabit varyans ve değişken varyans oynaklık modellerinin örneklem dışı oynaklık performansını karşılaştırması açısından bir ilktir. Bununla birlikte farklı oynaklık öngörü modellerine dayalı olarak VaR performansının karşılaştırıldığı çalışmalar finans yazınında oldukça kısıtlıdır ve Türkiye döviz piyasaları için daha önce böyle bir çalışma yapılmadığı görülmektedir.

Bu çalışma aşağıdaki gibi düzenlenmiştir: İkinci bölümde finans yazınında döviz kuru oynaklığı modelleri, bu modellerin karşılaştırmalı performansları ve VaR uygulamaları üzerine yapılmış çalışmalara kısaca değinilecektir. Üçüncü bölümde farklı oynaklık öngörü modelleri, örneklem dışı oynaklık öngörü performans ölçüm teknikleri ve VaR modellerinin ekonometrik çerçevesi ele alınacaktır. Dördüncü bölümde ise TRY/USD, TRY/EUR ve TRY/GBP döviz kuru serilerinin özellikleri araştırılacak, bu serilerin oynaklığı farklı modeller kullanılarak modellenecek, elde edilen modeller çerçevesinde örneklem dışı öngörülerin ve VaR değerlerinin performansları karşılaştırılacaktır. Beşinci ve son bölümde ise elde edilen sonuçlar özetlenecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

YAZIN TARAMASI

Döviz kuru oynaklığının modellenmesi ve geleceğe ilişkin öngörülerin üretilmesi hem araştırmacıların hem de uygulayıcıların oldukça ilgi gösterdikleri bir konudur. Bu ilginin temel nedeni, oynaklığın, varlık fiyatlama ve opsiyon fiyatlama modelleri gibi finans piyasalarında etkin olarak kullanılan çeşitli modellerde yer alan temel değişkenlerden biri olmasıdır. Diğer taraftan, oynaklık, finansal enstrümanların taşıdığı riskin ölçütü olarak atfedilmekte, bu da var olan ilginin artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, döviz kuru oynaklığının tahmin edilmesi, merkez bankaları açısından para politikası kararlarını alma mekanizmasında önem kazanmakta, yabancı yatırımcılar tarafından uluslararası yatırımların taşıdığı riskin ölçülmesi amacıyla kullanılmakta ve uluslararası ticaret yapan kuruluşların ithalat ve ihracat kararlarında etkin rol oynamaktadır. Bu bağlamda, döviz kuru oynaklığının tahmin edilmesinin birçok pratik uygulamada kullanıldığını ve dolayısıyla doğru bir oynaklık öngörü modelinin geliştirilmesinin hemen hemen zorunlu olduğu söylenebilir.

Oynaklık yazınında temel soru, finansal getiri oynaklığının öngörülebilir olup olmadığı ve eğer öngörülebilir ise en doğru öngörüye hangi model kullanılarak ulaşılabileceğidir (Poon ve Granger, 2003). Oynaklık yazınındaki bulgular, günlük ve aylık getirilerin gelecekteki değerlerinin tahmin edilemeyeceğini ancak, finansal getiri serilerinin oynaklığının öngörülebilir olduğunu göstermektedir (Andersen ve diğerleri, 2001). Bu güçlü bilgi, son yıllarda bu konuda yapılan akademik çalışmaların önünü açmış ve araştırmacılar finansal verilerin özelliklerini doğru biçimde temsil eden yeni modeller keşfetmişlerdir. Bununla birlikte, finansal zaman serilerinin karmaşık özellikler sergilemesi, bu serileri temsil eden oynaklık modellerinin çeşitlenmesine neden olmuştur. Bu durum ise finans yazınında

hangi modelin oynaklığı en iyi temsil eden model olduğuyla ilgili eskiden beri süregelen bir tartışmanın ortaya çıkmasına yol açmıştır. Her ne kadar bu tartışmalar bitmeyecekmiş gibi görünse de, son yıllarda geliştirilen modeller hem finans yazınında hem de finansal piyasalarda oldukça büyük başarılar elde etmişlerdir.

Bu bölümde, döviz kuru serilerinin temel özelliklerini ve bu serilerin oynaklığını modellemekte kullanılan teknikler hakkındaki genel kavrayışımızı geliştirmek amacıyla, finans yazınında döviz kuru oynaklığı üzerine yapılmış çeşitli çalışmalara yer verilecektir. Ayrıca, oynaklık modelinde yüksek sıklıkta veri kullanımının öngörü performansı üzerindeki etkileri ele alınacaktır. Sonrasında, oynaklık öngörü performansı ölçüm tekniklerine değinilecek, takip eden bölümde ise Türkiye'deki finansal sistemin yapısının anlaşılması amacıyla, döviz kuru oynaklık modellerinin Türkiye uygulamaları gözden geçirilecektir. Son kısımda ise farklı döviz kuru oynaklığı modellerinin VaR performansı üzerindeki etkileri tartışılacaktır.

1.1. Döviz Kuru Oynaklık Modeli Uygulamaları:

Mandelbrot (1963) ve Fama'nın (1965) yaptığı çalışmalardan beri finansal getirilerin zaman içinde birlikte hareket etmediği, ancak birbirinden bağımsız da olmadığı bilinmektedir. Bununla birlikte, finansal getiri serilerinin, ardışık bağımlı değişen varyans süreci olarak adlandırılan, büyük fiyat değişimlerini büyük değişimlerin, küçük fiyat değişimlerini ise küçük değişimlerin takip ettiği hareketi sergilediği görülmektedir. Bu, finansal zaman serilerinin hata teriminin sabit oynaklığa sahip olmadığı ve bu serilerin tesadüfi hata süreci (white noise process) varsayımı altında doğru olarak modellenemeyeceği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla böyle durumlarda, değişen varyansın modellenmesine olanak tanıyan yeni tekniklerin kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla, öncelikle Engle (1982), Ardışık Bağımlı Koşullu Değişen Varyans (ARCH) modelini önermiş, sonrasında ise Bollerslev (1986) ARCH modelini geliştirerek Kapsamlı ARCH (GARCH) modelini keşfetmiştir. Bu gelişmelerden sonra, ARCH modeli ve bu modelin çeşitli uyarlamaları, finansal getiri serilerinin oynaklığının modellenmesinde oldukça güçlü yöntemler haline gelmişlerdir (Bollerslev ve diğerleri, 1992).

Finans yazınına bakıldığında, günlük döviz kuru serilerinin sergilediği özelliklerin incelendiği birçok çalışma bulunduğu görülmektedir. Örneğin, Hsieh (1988) ABD doları karşılığı beş ayrı döviz kurunun istatistiksel analizini yapmış ve döviz kuru serilerinin dağılımının normal olmadığını ve bu serilerin değişen ortalama ve değişen varyansa sahip olduğunu görmüştür. ARCH modeli, söz konusu serilerin modellenmesinde kullanılmış ve bu modelin döviz kuru serilerini oldukça iyi temsil ettiği görülmüştür. Bununla birlikte, Hsieh (1989) önceki çalışmasını ARCH ve GARCH modellerini aynı zaman serilerine uygulayarak genişletmiş ve bu modellerin performansını karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, GARCH(1,1) ve EGARCH(1,1) modellerinin günlük döviz kuru hareketlerinde mevcut olan koşullu değişen varyansı yakalamakta ARCH modeline kıyasla daha başarılı olduğu belirtilmiştir. GARCH(1,1) ve EGARCH(1,1) modellerini kıyaslamak için yapılan tanılayıcı testlerin (diagnostic tests) sonuçlarına göre ise EGARCH(1,1) modelinin performansının GARCH(1,1) modeline göre bir parça daha iyi olduğu söylenmektedir.

Hata terimi koşullu normal dağılıma sahip ARCH ve GARCH modelleri, döviz kuru serisinin oynaklığını modellemekte başarılı bulunmalarına rağmen, bu modeller standartlaştırılmış artık değerlerde görülen ortalama etrafında aşırı basıklığı ortadan kaldırmakta yetersiz kalmaktadır (Hsieh, 1989; Bollerslev, 1987; Baillie ve Bollerslev 1989). Bu sorunun üstesinden gelmek amacıyla Hsieh (1989) Student-t dağılımı ile birlikte normal-Poisson ve normal- lognormal karışımı dağılımları önermektedir.

Bu bağlamda, Bollerslev (1987) ARCH ve GARCH modellerinin genişletilmiş bir uyarlaması olan ve koşullu t-dağılımlı hata terimine izin verilerek elde edilen bir model kullanmıştır. GARCH(1,1)-t olarak adlandırılan bu modelin ampirik sonuçlarına göre model günlük döviz kuru ve hisse senedi fiyat verilerinin modellenmesinde oldukça başarılı bulunmuştur. Benzer şekilde, Baillie ve Bollerslev (1989) altı farklı para biriminin dinamiklerini ve dağılımsal özelliklerini incelemiştir. Çalışmada günlük verideki koşullu değişen varyansın, GARCH(1,1) modeli tarafından başarıyla

yakalandığı gözlenmiştir. Ayrıca, verinin daha iyi temsil edilmesini sağlamak amacıyla, ortalama etrafında aşırı basıklık dağılımı sergileyen, Student-t ve üssel kuvvet dağılımı kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, hata terimi koşullu Student-t dağılımına sahip GARCH modeli, üssel kuvvet dağılımına sahip GARCH modelinden daha başarılı bulunmuştur.

Bu çalışmalara ek olarak, Lastrapes (1989) para politikası değişikliklerinin koşullu değişen varyans üzerindeki etkisini araştırmıştır. Lastrapes (1989), FED'in para politikası değişiklikleri için model içinde kukla değişken kullanımının standartlaştırılmış artık değerlerde görülen ortalama etrafında aşırı basıklığın derecesini düşürdüğünü belirtmiştir.

Birçok çalışmada, artık değerlerde görülen ortalama etrafında aşırı basıklığın yanı sıra, şokların neden olduğu oynaklık direncinin döviz kurunun koşullu varyansında oldukça yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Engle ve Bollerslev, 1986; Bollerslev, 1987; Bollerslev ve diğerleri 1992). Oynaklık direncinin kaynağı hakkında araştırmacılar arasında henüz bir fikir birliğine varılamamasına (Berger ve diğerleri, 2006) rağmen bu, oynaklık direncinin varyansı modellemede neden olduğu sorunların üstesinden gelen alternatif modellerin ortaya atılmasına bir engel teşkil etmemektedir. Finans yazınında, ardışık bağımlı polinomun birim kök içermesi koşullu varyans tahmininde oynaklık direncinin varlığının göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Engle ve Bollerslev (1986) modelin sergilediği bu hareketi “varyansta tümleşme” olarak adlandırmakta ve bu özelliğe sahip finansal zaman serilerinde oynaklık direncinin yakalanabilmesi amacıyla tümleşik GARCH (IGARCH) modelini önermektedir.

Diğer taraftan, IGARCH modeli şokların yarattığı oynaklık direncini yakalamakta başarısız olmaktadır. Baille ve diğerleri (1996), karşılaşılan bu problemi çözmek amacıyla kademeli tümleşik GARCH (FIGARCH) modeli adını verdikleri yeni bir yöntem geliştirmiştir. Baille ve diğerleri (1996) tarafından günlük Alman markı ve ABD doları döviz kuru zaman serileri üzerinde yapılan ampirik çalışmada, döviz kuru zaman serisinin uzun dönemli dinamiklerinin FIGARCH modeli tarafından IGARCH modeline kıyasla daha

iyi temsil edildiği sonucuna varılmıştır. Benzer bir şekilde, Vilasuso (2002) da altı farklı para birimi üzerinde yaptığı çalışmada zaman serilerinde birim kökün varlığını kanıtlamış ve FIGARCH modelinin döviz kuru oynaklığını tahmin etmekte GARCH ve IGARCH modellerine göre daha üstün olduğunu kaydetmiştir.

Bununla birlikte, Christoffersen ve Diebold (1998) oynaklık direncinin varlığını uzun dönemli tahmin dönemleri için test etmiştir. Christoffersen ve Diebold (1998), tahmin dönemi arttıkça oynaklık direncinin azaldığını ve üç hafta ve daha fazla dönem için yapılan tahminlerde muhtemelen oynaklık direnci görülmeyeceğini belirtmiştir.

Bunlara ek olarak, Lamoureux ve Lastrapes (1990) şokların neden olduğu oynaklık direncinin, varyansta meydana gelen yapısal değişikliklerden kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Söz konusu değişikliklerin, finansal krizler ya da finansal sistemde yapılan yapısal değişikliklerden kaynaklanabileceği ileri sürülmekte ve belirtilen bu etkilerin modele yansıtılması amacıyla çeşitli yöntemler önerilmektedir. Önerilen yöntemlerden bir tanesi, Hamilton (1989) tarafından ABD'deki konjonktür dalgalanmalarını modellemek amacıyla geliştirilen Markov rejim değişikliği modelinin şokların neden olduğu oynaklık direncinin modellenmesinde kullanılmasıdır.

Bu bağlamda, Klaassen (2002) şokların neden olduğu yüksek dirençten dolayı, standart GARCH veya uyarlamaları kullanılarak yapılan oynaklık öngörülerinin, oynaklığın yüksek olduğu dönemlerde oynaklığı olması gerekenden daha yüksek tahmin ettiğini öne sürmüştür. Bu sorunu çözmek amacıyla, GARCH modeli genişletilerek yapısal değişikliğin öncesi ve sonrasını temsil etmek üzere iki farklı varyans seviyesini veren bir model elde edilmiştir. Markov rejim değişikliği GARCH modeli olarak adlandırılan bu yeni modelin oynaklık direncine karşı daha esnek olduğu ve standart GARCH modeline kıyasla veriyi temsil etme açısından daha başarılı olduğu gözlenmiştir. Klaassen (2002) aynı zamanda üç farklı para birimi için uyguladığı bu modelin sonuçlarını diğer modellerin sonuçlarıyla karşılaştırmış ve Markov rejim değişikliği GARCH modelinin üstünlüğünü ampirik olarak da

kanıtlamıştır. Ayrıca, rejim değişikliği GARCH modelinin oynaklık direncini tamamen ortadan kaldırdığı sonucuna varılmıştır.

Diğer taraftan, Christoffersen ve Diebold (1998) küresel döviz piyasasında oynaklığın uzun dönem öngörülebilirliğini incelemiştir. Bu amaçla, herhangi bir modele bağlı olmayan bir yöntem uygulayan Christoffersen ve Diebold (1998) öngörü döneminin süresinin artmasının oynaklığın öngörülebilirliğini azalttığı sonucuna varmıştır. Hatta bu bağlamda 20 işlem gününden uzun dönemler için yapılan öngörülerin risk yönetimi açısından anlamsız olacağı ileri sürülmüştür.

1.2. Oynaklık Modelinde Yüksek Sıklıkta Veri Kullanımı:

Finansal zaman serileri, makroekonomik zaman serilerinden farklı olarak yüksek sıklıkta veri erişiminin mümkün olduğu serilerdir. Yüksek sıklıkta veri kullanarak oynaklığın modellenmesi ise oynaklığın tahmin edilmesinde farklı bir bakış açısı geliştirilmesine fırsat tanımaktadır. Bilindiği üzere, finansal piyasalarda fiyatlar oldukça hareketli olabilmekte, gün içinde fiyat seviyelerinde büyük boyutlarda değişiklikler meydana gelebilmektedir. Ancak, günlük getiri verisi kullanılarak tahmin edilen oynaklık, gün içindeki fiyat hareketlerini dikkate almamakta sadece birbirini takip eden günler arasındaki fiyat değişimini oynaklığa yansıtmaktadır. Dolayısıyla, gün içinde meydana gelen ani bir fiyat hareketinin fiyatın gün sonunda normal seviyesine geri dönmesi durumunda, günlük oynaklık üzerinde hiçbir etkisi olmayacaktır. Diğer taraftan, yüksek sıklıkta veri kullanarak oynaklık öngörüsünün modellenmesi fiyatların gün içindeki hareketlerinin oynaklık üzerindeki etkisini dikkate alacaktır.

Yüksek sıklıkta döviz kuru getiri serisinin sergilediği özelliklere bakıldığında, söz konusu serinin dağılımının günlük getiri serisine benzer şekilde ortalama etrafında aşırı basıklık sergilediği görülmüştür (Goodhart ve Figliuoli, 1991; Alexander 2001). Bununla birlikte, Teräsvirta (1996) GARCH(1,1) ve IGARCH(1,1) modellerinin yüksek sıklıktaki verinin sergilediği kalın kuyruk dağılımını yakalamakta başarısız olduğunu belirtmiştir. Diğer taraftan, Goodhart ve O'Hara (1997) FIGARCH modelinin

yüksek sıklıkta veri kullanarak yapılan oynaklık modellemesinde daha uygun olacağını belirtmiştir.

Kısa dönem oynaklık modellemesinde yüksek sıklıkta veri kullanımının sağladığı avantajlara rağmen bazı zaman serilerinde zamansal toplama problemiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Bu sorun, farklı frekanslarda veri kullanarak elde edilen oynaklık tahminlerinin, oynaklığın sahip olduğu temel yapıdan farklılaşması durumunda ortaya çıkmaktadır. Drost ve Nijman (1993) oynaklık serisinin yapısının zamansal toplama sürecinde korunması gerektiğini teorik olarak ispatlamışlardır. Ancak, bu özelliğin korunması pratikte o kadar da kolay gerçekleşmemektedir. Bunun temel nedeni ise veri frekansının artmasıyla birlikte oynaklık direncinin düşmesidir (Diebold, 1988; Baillie ve Bollerslev, 1989).

Diğer taraftan, Müller ve diğerleri (1997), yüksek ve düşük sıklıkta veri kullanarak tahmin edilen GARCH modellerinin öngörü performanslarını karşılaştırmış, yüksek frekanstaki verinin düşük frekanstaki oynaklığın tahmin edilmesinde başarısız olduğu sonucuna varmıştır. Bunun yanı sıra, Andersen ve diğerleri (1999) farklı sıklıkta veri kullanarak tahmin ettikleri standart GARCH modellerinin performanslarını karşılaştırmış ve bir saat ve daha uzun zaman aralığı kullanılarak hesaplanan uzun dönem gün içi oynaklık öngörüsünün oldukça başarılı bir performans sergilediği sonucuna varılmıştır. Ancak, veri sıklığının bir saatten daha az olması durumunda model istenilen sonuçları vermemektedir.

Bunlara ek olarak, Andersen ve diğerleri (2001), beşer dakikalık getiri karelerinin toplamını kullanarak günlük gerçekleşen varyansı elde etmiştir. Bu yöntemle elde edilen gerçekleşen oynaklığın, standart yöntemlerde ortaya çıkan oynaklık direnci ve ortalama etrafında aşırı basık dağılım özelliklerini koruduğu görülmüştür. Bununla birlikte logaritmik standart sapmaların dağılımının Gaussian olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan, Christoffersen ve Diebold (1998)'un aksine, Andersen ve diğerleri (2001) aylık gerçekleşmiş oynaklıkta yüksek oynaklık direnci ile karşılaşmıştır.

1.3. Öngörü Modelleri ve Performans Ölçümü:

Tahmin edilen model çerçevesinde yapılan öngörüler, örneklem içi ve örneklem dışı öngörüler olmak üzere ikiye ayrılır. Örneklem içi öngörü, tahmin edilen model çerçevesinde gerçekleşen verinin hesaplanması, örneklem dışı öngörü ise zaman serisinin gelecekteki bir değerinin model parametreleri kullanılarak tahmin edilmesi anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, bir zaman serisinin gelecekteki değerinin model parametrelerine bağlı olarak tahmin edilmesi örneklem içi öngörüden oldukça farklı bir işlemdir. Burada temel sorun modelin geçmiş veri kullanılarak tahmin edilmesi ve bu verinin gelecekte tam da modelde öngörüldüğü şekilde gerçekleşmesinin beklenmesidir. Daha önce yapılan çalışmalarda, küçük ölçekte şoklar karşısında istikrarlı örneklem içi öngörüler veren modellerin, örneklem dışı öngörüler söz konusu olduğunda başarısız olabileceği görülmüştür (Figlewski, 1997). Dolayısıyla, bir modelin örneklem içi öngörü performansı ile birlikte örneklem dışı öngörülerinin de yeterli düzeyde istikrarlı olması büyük önem taşımaktadır.

Bu amaçla, farklı modeller için elde edilen örneklem dışı öngörüler bu modellerin mutlak ya da göreceli faydası açısından karşılaştırılmalıdır. İdeal olan, söz konusu modellerin modellemede kullanımının fayda ve maliyetlerinin belirlenmesidir. Ancak, fayda ve maliyetlerin belirlenmesi her zaman mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda, istatistiksel öngörü hatası ölçüm teknikleri kullanılmaktadır (Poon ve Granger, 2003).

Finans yazınında en çok kullanılan performans ölçüm yöntemleri Ortalama Hata (ME), Ortalama Hata Karesi (MSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Hata Karesinin Kökü (RMSE) ve Ortalama Mutlak Oransal Hata (MAPE) olarak sıralanmaktadır.

Farklı döviz kuru oynaklık modellerinin uzun dönem öngörü performansları West ve Cho (1995) tarafından incelenmiştir. Bu amaçla, tek değişkenli sabit varyans modeli, GARCH(1,1) modeli, IGARCH(1,1) modeli, iki farklı ardışık bağımlı model ile birlikte parametrik olmayan bir model de tahmin edilmiştir. Bu modeller çerçevesinde bir, on iki ve yirmi dört haftalık

öngörüler üretilmiş ve performans ölçümü RMSE ölçütü kullanılarak yapılmıştır. Örneklem dışı öngörü sonuçlarına göre, on iki ve yirmi dört haftalık öngörüler modellerin göreceli performansı hakkında bir bilgi vermemektedir. Dolayısıyla, uzun dönemde en iyi öngörü modelinin tespit edilmesinin mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır. Diğer taraftan, bir haftalık öngörü evreninde GARCH modeli diğer modellere kıyasla daha başarılı bulunmuştur.

Balaban (2004) ise Alman markının ABD doları karşısında gösterdiği oynaklığı modellemek amacıyla simetrik ve asimetrik koşullu varyans modellerini kullanmış ve bu modellerin performanslarını ME, MSE, MAE ve MAPE ölçütlerini kullanarak karşılaştırmıştır. Simetrik model olarak ARCH ve GARCH, asimetrik model olarak ise GJR-GARCH ve EGARCH modellerini kullanan Balaban (2004) bütün modellerin oynaklığı olması gerekenden daha fazla tahmin ettiği sonucuna varmıştır. Bununla birlikte, standart GARCH modeli aylık oynaklığın öngörülmesinde asimetrik modellere kıyasla daha başarılı bulunmuştur.

Bununla birlikte, Dunis ve Laws (2000) altı farklı döviz kurunun oynaklığını klasik zaman serisi modelleri ve fiyatlanan oynaklığın zaman serisinde kullanılması yoluyla elde edilen 'karma' bir model kullanarak tahmin etmiştir. Örneklem dışı öngörü performansları RMSE, MAE, MAPE ve Theil-U ölçütleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Performans sonuçlarına göre 'karma' model diğer modellere kıyasla daha başarılı bulunmuş ancak elde edilen tahminler tek bir modelin seçilmesi konusunda yetersiz kalmıştır.

Diğer taraftan, bir performans ölçütü bir modeli en iyi model tayin ederken başka bir ölçüt farklı bir modeli işaret edebilmektedir. Lee (1991) yapmış olduğu çalışmada GARCH ve parametrik olmayan oynaklık modellerinin performanslarını RMSE ve MAE ölçütlerini kullanarak karşılaştırmıştır. MAE ölçütüne göre parametrik olmayan model GARCH modelinden daha başarılı bulunmuş ancak RMSE ölçütüne göre modeller arasında seçim yapılması mümkün bulunamamıştır. Brailsford ve Faff (1996) da bu soruna dikkat çekerek hata istatistiğinin rasgele seçilmesi durumunda yanlış model seçimi gibi hatalarla karşılaşılabilen vurgusunu yapmıştır.

Lopez (2001) ise kayıp fonksiyonunun seçiminin performans değerlendirme sonucunu etkileyeceğini savunmuştur. Lopez (2001), MSE ve MAE gibi standart kayıp fonksiyonlarını kullanmak yerine, oynaklık öngörülerinin ilgili ekonomik olayların olasılıksal öngörülerine dönüştürülmesini ve sonrasında modellerin performansının bir notlandırma yöntemi seçilerek ölçülmesini önermiştir. Bu önerinin doğruluğu, ampirik bir çalışmayla da desteklenmiştir. Bu çalışmaya göre dört ayrı döviz kurunun öngörü performansı ölçülmüş ve kayıp fonksiyonunun seçiminin değerlendirme sonuçlarını etkilediği görülmüştür.

Ayrıca, standart öngörü performans ölçütleri ikinci dereceden ve simetrik kayıp fonksiyonları için geçerlidir. Bu çerçevede, Diebold ve Mariano (1995) sıfır ortalamaya ve Gaussian dağılıma sahip olmayan, ardışık ve eş zamanlı bağımlı hata terimi özelliklerini sergileyen zaman serilerinin oynaklığının performans değerlendirmesinde, standart ölçütler haricinde asimptotik ve tam sınırlı örnek testlerini önermiştir.

1.4. Döviz Kuru Oynaklığı Modellerinin Türkiye Uygulamaları:

Bilindiği üzere, Türkiye ekonomisi uzun yıllardır yüksek enflasyon oranı ile mücadele etmektedir. Kronik enflasyonu düşürme kapsamında çeşitli istikrar programları uygulanmış ancak bu programlar çoğunlukla başarıya ulaşamamış ve ülke ekonomik krizlerden kaçamamıştır. En son 2001 yılında gerçekleşen finansal krizin temel nedeni olarak finansal sistemdeki zayıflıklar gösterilmiş ve krizden hemen sonra alınan tedbirler çerçevesinde finansal sistemde önemli yapısal reformlar gerçekleştirilmiştir.

Yapısal reformlarla birlikte, sıkı para ve maliye politikaları uygulamaya konulmuş, enflasyonla mücadele kapsamında, 2001 krizinde başarısız sonuç alınan döviz çapası rejimi terk edilerek dalgalı kur rejimine geçilmiştir. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) tarafından uygulanan döviz kuru rejimi dalgalı kur rejimi olarak adlandırılrsa da, TCMB kur seviyelerindeki aşırı oynaklığı kontrol etmek amacıyla döviz ihaleleri düzenleyebileceğini veya doğrudan müdahalede bulunabileceğini bildirmiştir.

Bu bağlamda, Türkiye’de uygulanan döviz kuru rejiminin kirli dalgalı kur rejimi olduğu söylenebilir.

Ayrıca, 2002 yılı başında TCMB enflasyonla mücadele kapsamında enflasyon hedeflemesi rejimine geçileceğini bildirmiştir. Ancak, 2002 yılında finansal piyasaların içinde bulunduğu hassas durumun rejimin başarısını engelleyebileceği, bu nedenle para politikasının etkinliğini kısıtlayan koşullar zayıflayana kadar örtük enflasyon hedeflemesi uygulanacağı duyurulmuştur (TCMB Basın Duyurusu, 2002). Söz konusu uygulama dört yıl boyunca sürmüş ve gerekli önkoşulların sağlandığı 2006 yılı başından itibaren TCMB resmi olarak enflasyon hedeflemesi rejimine geçmiştir (TCMB Basın Duyurusu, 2005). Enflasyon hedeflemesi rejiminde enflasyon hedefi TCMB tarafından belirlenmekte ve hükümetle ortak alınan karar sonucu yürürlüğe girmektedir. Bu çerçevede, TCMB hedeflenen enflasyon değerini aşmamak amacıyla para politikası aracı olarak kısa vadeli faiz oranlarını kullanmaktadır. Finansal piyasalarda istikrarın ve Merkez Bankasına olan güvenin yeniden sağlanması ile birlikte bu program etkisini göstermiş ve uzun yıllardır kronikleşen enflasyonda düşüş başlamıştır. Bununla birlikte, Türkiye ekonomisi krizin neden olduğu olumsuz etkilerden kısa bir sürede çıkmış ve ekonomi yüksek büyüme oranlarına ulaşmıştır.

Türkiye ekonomisi ekonomik alanda son yıllarda gösterdiği hızlı gelişim sayesinde birçok araştırmacının ilgisini çeken bir ekonomi haline gelmiştir. Bunun yanı sıra Türkiye, Avrupa Birliği’ne katılma sürecinde yürüttüğü ekonomik istikrar ve yapısal reform programı sayesinde, güvenli ve getirileri yüksek yatırım olanakları sunmaktadır. Bu ise risklerini dağıtmak isteyen yatırımcıların ilgisini çekmekte ve dolayısıyla döviz kuru ve oynaklık seviyesi, özellikle yabancı yatırımcılar için önem kazanmaktadır. Türkiye’de döviz kuru oynaklığını modelleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalara bakıldığında genelde ARCH sınıfı modellerin tercih edildiği görülmektedir.

Aysoy ve diğerleri (1996) Türk Lirası karşılığı ABD doları ve Alman markı serileri için döviz kuru oynaklığını ve bu serilerde haftanın günleri etkisini araştırmıştır. Araştırma sonuçları, döviz kuru getiri serilerinde koşullu

değişen varyansın varlığını ispatlamış ve serilerde hafta günleri etkisinin dikkate değer ölçüde bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca finansal kriz için kukla değişken kullanılarak tahmin edilen GARCH(1,1) modeli sonuçlarına göre ABD doları ve Alman markı getiri oranlarının kriz dönemleri hariç düşük oynaklık sergilediği söylenmektedir.

Diğer taraftan, Öztürk (2006) Türkiye döviz piyasalarında ABD doları döviz kurunun oynaklığını GARCH(1,1) ve EGARCH(1,1) modellerini kullanarak tahmin etmiş, ayrıca bu modeller için normal dağılım ile T dağılımın açıklayıcılığını karşılaştırmıştır. Bunlara ek olarak, döviz müdahalelerinin ve merkez bankası tarafından alınan faiz kararlarının oynaklık üzerindeki etkisini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, döviz kuru serisinin temsilinde T dağılımının normal dağılıma kıyasla daha başarılı olmadığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, gösterge faiz oranlarının artırılması, TCMB tarafından yapılan alım yönündeki müdahaleler ve döviz ihalelerinin durdurulacağı ya da miktarının azaltılacağı yönündeki duyuruların Türk lirasının değerini düşürdüğü belirtilmektedir.

TCMB'nin yaptığı döviz müdahalelerinin döviz kuru oynaklığı üzerindeki etkisi ayrıca Domaç ve Mendoza (2002) tarafından araştırılmıştır. Alım ve satım yönündeki müdahalelerin ayrı ayrı etkilerinin ölçülmesinin yanı sıra, genel olarak müdahalelerin etkisini ölçmek amacıyla EGARCH modeli kullanılmıştır. Genel olarak müdahalelerin etkisine bakıldığında müdahalenin döviz kurunun koşullu varyansını düşürdüğü görülmüştür. Alım ve satım yönündeki müdahalelerin ayrı ayrı etkisine bakıldığında ise oynaklıkta meydana gelen düşüşün satım yönündeki müdahaleler sayesinde olduğu, alım yönündeki müdahalelerin oynaklık seviyesi üzerinde kayda değer bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Bu bağlamda, Ağcaer (2003) TCMB ihale ve doğrudan müdahale işlemlerinin ABD doları döviz kuru üzerindeki etkisini TCMB verilerini kullanarak incelemiştir. Döviz kuru oynaklığı EGARCH(1,1) modeli kullanılarak modellenmiş ve TCMB işlemlerinin döviz kuru seviyesi ve oynaklığı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ancak, Domaç ve Mendoza (2002) tarafından öne sürülenin tersine, alım yönündeki müdahalelerin döviz

kuru seviyesi üzerinde etkin olduğu, satış yönündeki müdahalelerin ise döviz kuru seviyesi üzerinde bir etkisi olmadığı sonucu çıkarılmıştır.

Diğer taraftan, Akçay ve diğerleri (1997) döviz ikamesinin Türkiye piyasalarında döviz kuru istikrarsızlığı üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu amaçla, Akçay ve diğerleri (1997) 1987–1996 yılları arası aylık Türk lirası-ABD doları kur verisini kullanmış ve EGARCH-M modelini kullanarak döviz kuru oynaklığını tahmin etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dolarizasyonun artmasıyla birlikte döviz kuru oynaklığının da arttığı görülmüştür.

Türkiye’de döviz kurunun vade yapısı Aysoy ve Balaban (1996) tarafından incelenmiştir. Aysoy ve Balaban (1996) gerçekleşmiş oynaklık ve fiyatlanmış oynaklığı rassal yürüyüş varsayımı çerçevesinde karşılaştırmıştır. Ampirik sonuçlara göre, ABD doları ve Alman markı için oynaklığın vade yapısı rassal yürüyüş varsayımı öngörülerini ile uyuşmamaktadır. Bununla birlikte, kısa dönemde her iki döviz kurunun oynaklığı da rassal yürüyüş modelinin ileri sürdüğü oynaklık seviyesinin altında kalmıştır. Kısa dönem sonuçlarının tersine uzun dönemde ise her iki döviz kuru oynaklığı da rassal yürüyüş modelinin öngördüğü oynaklık seviyesinin üstünde gerçekleşmiştir.

Ayhan (2006) ise Türkiye’de uygulanan döviz kuru rejiminin döviz kuru oynaklığı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu amaçla Ayhan (2006) GARCH(1,1) ve EGARCH(1,1) modellerini “yasal olan” ve “gerçekte yapılan” kur rejimleri sınıflandırması kapsamında uygulamıştır. Elde edilen sonuçlara göre GARCH(1,1) modeli şokların neden olduğu oynaklık direncinin azalmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, gerek “yasal olan” gerekse “gerçekte yapılan” sınıflandırmasında “dalgalı kur”, “kontrollü dalgalı kur” ve “yönlendirilmiş sabit parite” rejimlerinin oynaklık üzerindeki etkisi birbirine benzer bulunmuştur.

1.5. Oynaklık Öngörüsü ve Risk Yönetimi:

Son yıllarda finans piyasalarında enstrüman çeşitliliğinin artması ve bazı finansal kuruluşların özellikle türev enstrümanları içeren pozisyonlarından dolayı iflas etmeleri finans piyasasında doğru ve güvenilir

risk yönetim tekniklerinin ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamıştır (Jorion, 1995). JP Morgan tarafından geliştirilen VaR da bu tekniklerden biridir. VaR 'belirli bir güven aralığında, önceden belirlenmiş bir süre boyunca, bir portföyün değerinde meydana gelebilecek en yüksek kayıp' olarak tanımlanmaktadır (JP Morgan, 1996, s.6). Portföyün taşıdığı riski karmaşık olmayan yöntemlerle hesaplamasının yanı sıra, elde edilen sonuçların yorumlanmasının kolaylığı bu yöneme karşı yatırımcıların büyük ilgi göstermesini sağlamıştır (Brooks ve Persand, 2003). Bununla birlikte, VaR yöntemi, Basel Komitesi Bankacılık Denetleme Kurulu'nun finansal kuruluşların sermaye yeterliliğini ölçmeleri için önerdiği yöntemlerden biri olması nedeniyle de finans şirketleri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.

VaR modeli yöntem olarak içinde çeşitli varsayımlar bulundurmaktadır. Bu varsayımların doğruluğunun test edilmesi ise doğru bir piyasa riski ölçümü gerçekleştirmek açısından önem kazanmaktadır. Örneğin, parametrik VaR modeli getirilerin dağılımının normal olduğu varsayımına dayanırken tarihsel simülasyon yöntemi geçmiş getiriler temel alınarak hesaplanmaktadır. Bu bağlamda, Jackson ve diğerleri (1998) farklı VaR modellerinin performanslarını karşılaştırmış ve simülasyona dayalı modellerin parametrik modellere göre daha tutarlı sonuçlar verdiği sonucuna varmıştır. Bununla birlikte, kısa dönemli veri kullanılarak elde edilen parametrik yöntem tahminlerinin uzun dönemli veri kullanılarak öngörülen VaR değerlerine kıyasla daha kötü performans sergilediği görülmüştür.

Parametrik VaR modelinde piyasa riski oynaklık öngörüsü kullanılarak hesaplanmaktadır. Dolayısıyla, her bir oynaklık öngörü modeli için farklı parametrik VaR değerleri elde edilmektedir. Bu ise VaR modelinin performansının her bir oynaklık öngörü modeli için farklılaşmasına neden olmaktadır. Bu çerçevede, Brooks ve Persand (2002) tarafından yapılan çalışmada oynaklık öngörüsü için tarihsel oynaklık modeli, üssel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama (EWMA) modeli, GARCH(1,1) modeli ve kapsamlı Pareto dağılımına dayanan bir uç değer model kullanılmış ve İngiltere ve ABD kıymetlerinin tek tek ve bu kıymetlerden oluşan bir portföyün

VaR değeri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tarihsel oynaklık modeli kullanılarak tahmin edilen VaR değerlerinin diğer modellere kıyasla daha kararlı bulunduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, tarihsel simülasyon yöntemi parametrik yöntemden daha yüksek olmakla birlikte daha istikrarlı VaR sonuçları vermiştir. Brooks ve Persaud (2002) ayrıca, getirilerin dağılımının kalın kuyruk özelliği sergilemesi durumunda, normal dağılım varsayımı altında hesaplanan parametrik yöntemin VaR değerini olması gereken değerden daha düşük hesaplanmasına neden olduğunu belirtmiştir.

Bununla birlikte, Brooks ve Persaud (2003) İngiltere'deki çeşitli varlık sınıfları için parametrik VaR değerini tarihsel oynaklık modeli, ardışık bağlanım modeli ve farklı GARCH modelleri (GARCH(1,1), EGARCH(1,1), T dağılımına sahip GARCH modeli ve çok değişkenli GARCH modeli) kullanarak hesaplamıştır. Oynaklık öngöruları bir, beş, on ve yirmi günlük dönemler için üretilmiş ve bu öngörülerin performansları MSE ve MAE ölçütleri kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlara bakıldığında GARCH modeli ve uyarlamalarının finansal getiri oynaklığının özelliklerini oldukça iyi temsil ettiği görülmüştür. Diğer taraftan, örneklem dışı öngörü performansına bakıldığında, tarihsel oynaklık ve ardışık bağlanım modeline dayalı VaR tahminleri diğer modellere kıyasla daha başarılı bulunmuştur.

Bu çalışmalara ek olarak, Wong ve diğerleri (2003) ardışık bağlanımlı, rassal yürüyüş, ARCH ve GARCH'a dayalı VaR modellerinin performanslarını Basel Komitesi geriye dönük test kriterlerine göre ölçmüştür. Avustralya borsasına ait veriler kullanılarak yapılan çalışmada, ARCH ve GARCH oynaklık modellerine dayalı tahminlerin, Basel Komitesi geriye dönük test ölçütlerini sağlamadığı görülmüştür. Diğer taraftan, rasgele değişim, AR(1) ve ARMA(1,1) modellerinin geriye dönük test ölçütlerini başarıyla sağladığı söylenmektedir.

Diğer taraftan, Sadorsky (2005) stokastik oynaklık öngörü modelinin risk yönetimi açısından performansını diğer öngörü modelleriyle karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Bu amaçla, rassal yürüyüş, tarihsel ortalama modeli, hareketli ortalama modeli, üssel düzleştirme modeli, en küçük kareler rassal yürüyüş modeli, ardışık bağlanım modeli ile stokastik

modele dayalı olarak oynaklık öngöröleri hisse senedi, hazine ihracı ve döviz piyasası future işlemleri gibi farklı varlık sınıfları için üretilmiştir. Örnekleme dışı öngörü performansı MAE, MPE, MAPE ve Theil-U ölçütlerine göre ölçülmüştür. Sonrasında ise bu modellere dayalı olarak üretilen parametrik VaR tahminlerinin performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, hareketli ortalama, üssel düzleştirme ve ardışık bağlanım modelleri stokastik modele göre daha başarılı bulunmuştur. Sadorsky (2005) ayrıca, farklı oynaklık modellerine dayalı olarak elde edilen performans sonuçlarının farklı modelleri en iyi model olarak işaret etmesi nedeniyle iyi bir parametrik VaR modeli geliştirmenin oldukça zor olduğunu ifade etmiştir.

Önceki çalışmalardan farklı olarak Beltratti ve Morana (1999) yüksek sıklıkta veri kullanımının VaR performansı üzerine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla, yüksek sıklıkta veri kullanılarak GARCH ve FIGARCH modelleri çerçevesinde birden fazla dönem için oynaklık öngöröleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ayıklanmış yüksek sıklıkta veri kullanılarak tahmin edilen FIGARCH modelinin daha iyi katsayı tahminleri elde edilmesini sağladığı ancak, GARCH ve FIGARCH modelleri kullanılarak, birden fazla dönem için elde edilen oynaklık öngörülerinin birbirine oldukça yakın gerçekleştiği görülmüştür. Bu nedenle, Beltratti ve Morana (1999) uygulamalarda mümkün olduğunca basit oynaklık öngörü modellerinin kullanılmasını tavsiye etmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM

Oynaklık öngörü modelleri, bu modellerin risk yönetimi ve varlık fiyatlama modellerindeki etkin rolü nedeniyle son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Bununla birlikte, zaten karmaşık bir yapıya sahip olan finans piyasalarında, her geçen gün farklı nitelikte yatırım enstrümanlarının türemesi, kuruluşları taşıdıkları riskin ölçümünde ve kontrolünde daha dikkatli olmaya mecbur bırakmıştır. Oynaklık modellerine karşı piyasa uygulayıcılarının gösterdiği ve gün geçtikçe artan bu ilgiye paralel olarak, bu konudaki finans yazınında da önemli gelişmeler olmuştur.

Akademik çalışmalara bakıldığında oynaklık öngörü modellerinin basit yöntemlerden oldukça karmaşık modellere kadar değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu modellerin gelişimindeki temel etken finansal zaman serilerinin sahip olduğu istatistiki özelliklerdir. Mandelbrot (1963) ve Fama'nın (1965) yaptığı çalışmalardan beri finansal getirilerin zaman içinde birlikte hareket etmediği, ancak birbirinden bağımsız da olmadığı bilinmektedir. Bununla birlikte, finansal getiri serilerinin normal dağılım özelliği göstermeyip kalın kuyruk, ortalama etrafında aşırı basıklık, oynaklık kümelenmesi, asimetrik tepki ve kaldıraç etkisi gibi özellikler sergilediği görülmektedir.

Basit oynaklık modeli temel olarak üç varsayıma bağlı olarak oluşturulmuştur. Bunlar,

- i. Getiriler birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahiptir.
- ii. Getirilerin ortalaması sıfırdır.
- iii. Getirilerin varyansı sabittir.

Ancak finansal getiri serilerinin genellikle bu özellikleri sergilemediği,

hata teriminin değişen varyansa sahip olduğu, çeşitli ampirik çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Robert M. Engle'nin 1982 yılında yayımladığı ardışık bağlanımlı koşullu değişen varyans adlı çalışmasına kadar, finansal zaman serilerinde değişen varyansın varlığı, gerek akademik çalışmalarda gerekse pratik uygulamalarda finansal getirilerin ileriye dönük olarak tahmin edilmesinde temel sorun olarak kabul edilmiştir. Engle'in hata terimindeki değişen varyansın finansal getiri serilerinde bir soruna işaret etmeyip, zaman serisinin varyansı olarak modellenmesi gerektiğine dair çalışması büyük yankı uyandırmış, bu çalışmadan sonra ARCH modeli ve bu modelin çeşitli uyarlamaları ekonomi ve finans yazınında oynaklığın modellenmesinde sıkça kullanılmaya başlanmıştır.

ARCH grubu modeller oynaklık modellemesinde farklı bir bakış açısı yaratmış, bu da farklı istatistiki özelliklere sahip finansal getiri serilerinin oynaklığının modellenmesinde başarılı ve bazen oldukça karmaşık yöntemlerin ortaya çıkmasına olanak tanımıştır. Ancak, finans yazınında teorik başarıları nedeniyle kabul gören bu modellerin uygulamasında bazen çeşitli zorluklarla karşılaşılmakta, bu da tahmin edilen modelin karar mekanizmasındaki katkısını gölgede bırakmaktadır. Bu nedenle, oynaklık öngörü modeline karar verirken, zaman serisinin bu model tarafından başarılı bir şekilde temsil edilmesinin yanı sıra, model çerçevesinde öngörülen değer ile gerçekleşen değeri karşılaştırarak hesaplanan, modelin örneklem dışı öngörü performansı da önem kazanmaktadır. Farklı varsayımlar çerçevesinde oluşturulan, farklı oynaklık öngörü modellerinin performansını karşılaştırmak, hem uygulamada daha doğru sonuçlar veren modelin tespitini kolaylaştırması, hem de karmaşık ve oynaklık öngörüsüne katkısı küçük modellerle ilgili kullanıcıya ipuçları vermesi açısından oldukça faydalı bulunmaktadır.

Bununla birlikte, oynaklık, kıymetlerin taşıdığı finansal risk ile birebir ilişkilendirilmekte ve çeşitli risk parametrelerinin hesaplanmasında doğrudan kullanılmaktadır. Finansal piyasalarda oldukça yaygın olarak kullanılan VaR yöntemi de oynaklık öngörüsü kullanılarak hesaplanan risk yönetim tekniklerinden biridir. Dolayısıyla, oynaklık öngörü modelinin doğru bir şekilde

seçilmesi, varlıkların taşıdığı VaR değerini en doğru şekilde vermesi açısından da önem kazanmaktadır.

Bu bölümde oynaklık öngörü modelleri; hareketli ortalama modelleri, tek değişkenli zaman serisi modelleri ve ardışık bağımlı koşullu değişen varyans uygulamaları olmak üzere üç ana başlık altında incelenecektir. Bu modellerin çeşitli uyarlamaları tanıtılacak ve avantajları ve dezavantajları tartışılacaktır. Sonrasında, oynaklık öngörü performans ölçüm tekniklerinden bahsedilecek ve en son kısımda ise VaR yöntemi ve geriye dönük test teknikleri ele alınacaktır.

2.1. Oynaklık Öngörü Modelleri:

2.1.1. Hareketli Ortalama Modelleri:

Hareketli ortalama yönteminde oynaklık, sabit sayıda gözlem kullanılarak, her bir oynaklık öngörüsü için zaman serisi içerisindeki tarihsel sıraya göre yeni veri eklenip en eski veri örneklem dışında bırakılarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem ayrıca kayan pencere yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Hareketli ortalama modelleri arasında en sık kullanılan modeller tarihsel oynaklık modeli ve üssel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama modelleridir.

2.1.1.1. Tarihsel Oynaklık Modeli:

Tarihsel oynaklık modelinde bir kıymetin geçmiş fiyat hareketleri o kıymetin gelecekteki fiyat hareketlerinin bir göstergesidir. Bu varsayım altında, kıymet getirisinin belirli bir dönem için tarihsel varyansı, söz konusu kıymetin aynı dönem için elde edilen getirilerinin karesinin toplamının gözlem sayısına bölümü ile hesaplanmaktadır. Tarihsel oynaklık modelinde, istatistikteki standart varyans tahmininden farklı olarak, örneklem kümesi büyük olan ampirik çalışmalar için getiri ortalamasının sıfır olduğu kabul edilmektedir. Diğer taraftan, aylık varyansın tahmin edilmesinde olduğu gibi, eğer örneklem kümesi az sayıda gözlem içeriyorsa bu kural uygulanamamaktadır. Sonuç olarak tarihsel varyans

$$\hat{\sigma}_t^2 = \sum_{i=1}^n \frac{r_{t-i}^2}{n} \quad (2.1)$$

ifadesine eşittir. Bu eşitlikte r günlük getiriye, n örneklem kümesinde yer alan gözlem sayısını temsil etmektedir. Getiri oynaklığının varyansın karekökü olduğu düşünüldüğünde oynaklık,

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{r_{t-i}}{n}} \quad (2.2)$$

olarak ifade edilmektedir. Bu yöntemle hesaplanan değer, gelecek dönemlerdeki oynaklık öngörüsü olarak kullanılmaktadır.

Tarihsel oynaklık yönteminde temel olarak iki sorun ortaya çıkmaktadır. Problemlerden ilki, tarihsel oynaklık yöntemi ile hesaplanan oynaklığın koşulsuz ve sabit olması varsayımından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, tarihsel varyansta meydana gelen standart sapma ancak örneklem hatası olarak açıklanmaktadır (Alexander, 2001). Diğer problem ise geleceğe dair oynaklık öngörüsü hesaplanırken her bir gözlemin eşit ağırlığa sahip olmasından dolayı ortaya çıkmaktadır. Bu durumda, olağanüstü koşullarda meydana gelen bir fiyat hareketi, yakın zamanda meydana gelip gelmediğine bakılmaksızın bütün bir tahmin süresi için etkinliğini eşit ölçüde korumaktadır. Ancak, oynaklık konusundaki yazına bakıldığında, yakın zamanda meydana gelmiş fiyat hareketlerinin oynaklık üzerindeki etkisinin, daha eski fiyat hareketlerinin etkisine oranla daha fazla olduğu görülmektedir.

2.1.1.2. Üssel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama (EWMA) Yöntemi:

EWMA modeli, tarihsel oynaklık modelinin farklılaştırılmış bir uyarlaması olup, tarihsel oynaklık modelinde her bir gözlemin eşit ağırlığa sahip olmasından kaynaklanan probleme çözüm getirmektedir. Bu model temel olarak, yakın zamanda meydana gelen fiyat hareketlerinin oynaklık tahmininde daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanmaktadır. Bu amaçla, oynaklık öngörüsü hesaplanırken, gözlemlerin hesaplamadaki ağırlığı zaman serisinde geriye gittikçe üssel olarak azalmaktadır.

Dolayısıyla, güncel fiyat hareketlerinin oynaklık tahmini hesabındaki ağırlığı artarken, geçmişte meydana gelen anormal fiyat hareketlerinin etkisinin zamanla azalması sağlanmaktadır.

EWMA modeline göre bir kıymetin getirisinin varyansı

$$\hat{\sigma}_t^2 = (1 - \lambda) \sum_{i=1}^{\infty} \lambda^{i-1} r_{t-i}^2 \quad (2.3)$$

eşitliği ile verilmektedir. Bu eşitlikte r günlük getiriye, λ ise $0 < \lambda < 1$ koşulunu sağlayan eksilme çarpanını ifade etmektedir. Eğer (2.3) eşitliğini iç içe ifadeleri dikkate alarak yeniden yazarsak

$$\hat{\sigma}_t^2 = (1 - \lambda)r_{t-1}^2 + \lambda \hat{\sigma}_{t-1}^2 \quad (2.4)$$

eşitliğini elde ederiz. Bu eşitlikte $(1 - \lambda)r_{t-1}^2$ bileşeni oynaklığın piyasada meydana gelen fiyat hareketlerine karşı hassasiyeti, $\lambda \hat{\sigma}_{t-1}^2$ bileşeni ise piyasa hareketlerinden bağımsız olarak, önceki dönem oynaklığın gelecek dönem oynaklığı üzerindeki etkisini ifade eden, oynaklık direnci olarak yorumlanmaktadır. λ 'nın bire yakın olması durumunda oynaklık direnci piyasa hareketlerine baskın gelmekte, sıfıra yakın olduğu durumda ise tersi meydana gelmektedir.

(2.4) eşitliğinde de görüldüğü gibi bu modelde oynaklık öngörüsü λ 'nın alacağı değere doğrusal olarak bağlıdır. Dolayısıyla EWMA modelinde problem, λ 'nın alacağı değere karar verme aşamasında ortaya çıkmaktadır. Bu problemin çözümü için tavsiye edilen yöntemlerden ilki farklı λ değerleri kullanılarak oynaklık öngörüsü hesaplandıktan sonra sonuçların performanslarının karşılaştırılması, diğeri ise λ 'nın olasılıksal dağılımı kullanılarak oynaklık öngörüsünün hesaplanmasıdır (Alexander, 2001). Bu çalışmada RiskMetrics'in önerisi de göz önünde bulundurularak, günlük oynaklık öngörüsü hesaplanırken, λ 'nın değeri 0.94 olarak seçilecektir.

2.1.2. Tek Değişkenli Zaman Serisi Modelleri:

Tek değişkenli zaman serisi modelleri, bir değişkenin gecikmeli değerlerine veya gecikmeli değerleri ile birlikte gecikmeli hata terimlerine bağlı olarak tahmin edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu modellerin uygulanabilirliği iki ana kısıtlamayı sağlaması durumunda geçerlilik kazanmaktadır. Kısıtlamalardan ilki, tahmin edilen modelin kararlılık şartını sağlaması, diğeri ise tesadüfi hata süreci (ortalama sıfır, varyans sabit, kovaryans sıfır) olmasıdır. Bu koşullar çerçevesinde, finans yazınında zaman serisinin taşıdığı özelliklere göre çeşitli tek değişkenli zaman serisi modeli uyarlamaları bulunmaktadır. Bunlar arasında oynaklık yazınında en sık kullanılan modeller Ardışık Bağlanım (AR) ve Ardışık Bağlanımlı Hareketli Ortalama (ARMA) modelleridir.

2.1.2.1. Ardışık Bağlanım (AR) Modeli:

Ardışık bağlanım modeli, varyansın şimdiki değerinin, varyansın gecikmeli değerlerini kullanarak tahmin edilmesine dayanan tek değişkenli zaman serisi modellerinden biridir. Temel olarak, kendinden önceki p adet değere bağlı olarak tahmin edilen ardışık bağlanım modeli AR(p)

$$\hat{\sigma}_t^2 = \alpha + \sum_{i=1}^p \beta_i \hat{\sigma}_{t-i}^2 + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

eşitliği ile ifade edilir. Eşitlikte hata terimi olarak adlandırılan ε_t teriminin tesadüfi hata süreci olma koşulunu sağlaması gerekmektedir. Ayrıca, AR(p) modelinin kararlılık şartını sağlaması için

$$1 - \beta_1 x - \beta_2 x^2 - \dots - \beta_p x^p = 0 \quad (2.6)$$

denkleminin köklerinin birim çember dışında kalması gerekmektedir.

En basit AR(p) modeli, bir önceki varyansa bağlı olarak tahmin edilen AR(1) süreci ile verilmektedir ve

$$\hat{\sigma}_t^2 = \alpha + \beta \hat{\sigma}_{t-1}^2 + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim \text{i.i.d. } (0, \sigma^2) \quad (2.7)$$

eşitliği ile gösterilmektedir.

Bu modelde α eğilim bileşeni olarak adlandırılmakta ve zaman serisinin yukarı ya da aşağı yönlü oluşunu belirlemekte, β ise modelin istikrarlı olup olmadığına dair bilgi vermektedir. Bu eşitlikte $|\beta| > 1$ olması, $t \rightarrow \infty$ durumunda, bağımlı değişken için $\hat{\sigma}_t \rightarrow \pm\infty$ sonucunu doğurmaktadır. Bu durumda bu model ancak kararlılık şartı olan $|\beta| < 1$ koşulunun sağlanması durumunda uygulanabilirlik kazanmaktadır.

2.1.2.2. Ardışık Bağımlı Hareketli Ortalama (ARMA) Modeli:

ARMA modeli varyansın şimdiki değerinin, varyansın gecikmeli değerlerine ve gecikmeli hareketli ortalama terimine bağlı olarak tahmin edilmesi esasına dayanmaktadır. p adet gecikmeli varyans değerine ve q adet gecikmeli hareketli ortalama terimine bağlı olarak tahmin edilen model ARMA(p,q) olarak gösterilmekte ve varyans

$$\hat{\sigma}_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \beta_i \hat{\sigma}_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma_j \varepsilon_{t-j}^2 \quad \varepsilon_t \sim \text{i.i.d. } (0, \sigma^2) \quad (2.8)$$

eşitliği ile verilmektedir.

Bu modelde $\sum_{i=1}^p \beta_i \hat{\sigma}_{t-i}$ ifadesi modelin ardışık bağımlı terimini,

$\sum_{j=1}^q \gamma_j \varepsilon_{t-j}^2$ ifadesi ise modelin hareketli ortalama terimini oluşturmaktadır.

ARMA(p,q) modelinin kararlılık şartının belirlenmesi AR(p) modeline kıyasla oldukça zordur. Bu modelin özelliklerinin ardışık bağımlı ve hareketli ortalama süreçlerinin bir birleşimi olacağı düşünülürse, kararlılık şartının sağlanması için geometrik olarak azalan ardışık bağımlı fonksiyonuna ve kısmi ardışık bağımlı fonksiyonuna sahip olacağı söylenebilir.

2.1.3. Ardışık Bağımlı Koşullu Değişen Varyans (ARCH) Süreçleri:

Finansal piyasalarda getirilerin zaman içinde birlikte hareket etmediği, ancak birbirinden bağımsız da olmadığı bilinmektedir. Getiri serilerine bakıldığında büyük fiyat değişimlerini büyük fiyat değişimlerinin, küçük fiyat değişimlerini ise küçük fiyat değişimlerinin takip ettiği görülmektedir. Bu hareket, hata teriminin değişen varyansa sahip olduğunun ve oynaklık kümelenmesinin varlığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu durumda sabit varyans varsayımı altında kurulan modellerin finansal zaman serilerinin modellenmesi için kullanılması uygun olmamaktadır. ARCH grubu süreçler ise finansal zaman serilerindeki bu özellikleri yakalayabilmesi ve veriye uygunluğu açısından doğru oynaklık öngörü modelinin elde edilmesini sağlayan yöntemlerden biridir. Finans yazınında, zaman serisinin özelliklerine göre, farklı uygulama alanları olan çeşitli ardışık bağımlı koşullu değişen varyans uyarlamaları mevcuttur. Bu modeller arasında en sık kullanılan simetrik modeller ARCH ve Kapsamlı ARCH (GARCH) modelleri, asimetrik modeller ise Üssel GARCH (EGARCH) ve GJR-GARCH modelleridir.

2.1.3.1. ARCH Modeli:

ARCH yöntemi Engle (1982) tarafından keşfedilmiş ve sonrasında birçok araştırmacı tarafından kullanılarak, finansal getirilerin modellenmesinde diğer modellere kıyasla üstünlüğü ortaya konmuştur. ARCH modelinde temel fikir, bir sonraki döneme ait varyans öngörüsünün önceki dönemlerde mevcut olan bilgiye bağlı olmasıdır. Varyansı tahmin edilen rassal değişkenin y_t olduğu düşünülürse, önceki döneme ait bilgiye dayalı olarak tahmin edilen varyans $\text{Var}(y_t | y_{t-1})$ ifadesi ile gösterilmekte ve y_t 'nin koşullu varyansı olarak adlandırılmaktadır.

Engle (1982) çalışmasında koşullu değişen varyansı tanımlarken, x_t değişkenine bağlı basit bir regresyon modelinden yola çıkmıştır. Bu regresyon modeli

$$y_t = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t \quad (2.9)$$

ile verilmektedir. Burada x_t değişkeni, farklı dışsal değişkenlerin ve gecikmeli bağlı değişken (y_t) değerlerinin doğrusal birleşimi olarak tanımlanmaktadır.

Bu durumda y_t değişkeninin koşullu varyansı

$$\text{Var}(y_t | y_{t-1}) = E(\varepsilon_t^2) \quad (2.10)$$

olacaktır.

Bu eşitlikle verilen koşullu varyans AR, ARMA ya da standart regresyon modeli gibi farklı metotlar kullanılarak modellenenabilir. Ancak Engle bu metotların koşullu varyansın modellenmesinde uygun olmadığını göstermiş ve ε_t için aşağıdaki eşitliği önermiştir;

$$\varepsilon_t = z_t h_t^{1/2} \quad (2.11)$$

burada

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 \quad (2.12)$$

eşitliği ile verilmekte ve h_t zaman içinde değişen, sıfırdan büyük ve $t-1$ zamanında mevcut olan bilgi kümesinin ölçülebilir bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. z_t ortalaması sıfır, varyansı 1'e eşit, birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip rassal bir değişken, ε_t ise tek değişkenli bir işlemcidir. α_0 ve α_1 birer sabit ve koşullu varyansın pozitif, modelin ise istikrarlı olması koşullarını sağlaması amacıyla $\alpha_0 > 0$ ve $0 < \alpha_1 < 1$ koşulları ile sınırlandırılmışlardır.

Engle tarafından ε_t için önerilen bu fonksiyonun koşulsuz ortalaması

$$E(\varepsilon_t) = E(z_t)E(h_t^{1/2}) \quad (2.13)$$

olacaktır. z_t 'nin ortalaması sıfır, varyansı 1'e eşit ve birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip rassal bir değişken olduğu, ε_t 'nin ise zaman içinde birlikte hareket etmediği göz önüne alınırsa koşulsuz ortalama

$$E(\varepsilon_t) = E(z_t)E(h_t^{1/2}) = 0 \quad (2.14)$$

olacaktır.

Koşulsuz varyans ise yine aynı varsayımlar altında

$$E(\varepsilon_t^2) = \alpha_0 / (1 - \alpha_1) \quad (2.15)$$

ifadesine eşit olacaktır.

Bu durumda (2.14) ve (2.15)'den ortaya çıkan sonuç, koşulsuz ortalama ve koşulsuz varyansın (2.11)'de tanımlanan hata fonksiyonu tarafından etkilenmeyeceğidir.

Diğer taraftan, ε_t 'nin koşullu ortalaması ve koşullu varyansı, ψ_{t-1} ile gösterilen bir önceki döneme ait bilgi kümesine bağlı olduğunu düşünelim. Bu durumda z_t ve ε_t 'nin birbirinden bağımsız ve tesadüfi hata süreçleri olmaları varsayımı altında, ARCH(1) süreci için koşullu ortalama

$$E(\varepsilon_t | \psi_{t-1}) = E(\varepsilon_t | \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots) = E(z_t)E[(\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2)^{1/2}] = 0 \quad (2.16)$$

olacaktır.

Koşullu varyans ise

$$E(\varepsilon_t^2 | \psi_{t-1}) = E(\varepsilon_t^2 | \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots) = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 \quad (2.17)$$

ifadesine eşit olacaktır. Bu denklemden de görüleceği üzere ε_t 'nin koşullu varyansı bir önceki değerinin doğrusal bir fonksiyonudur. Bu durumda eğer ε_{t-1}^2 büyük (küçük) bir değer olursa koşullu varyans da büyük (küçük) bir değer olacaktır. Böylelikle, finansal getirilerin modellenmesinde karşılaşılan, değişen varyans ve oynaklık kümelenmesi gibi özelliklerin bu modelle temsil edilmesi olanaklı kılınmıştır.

Yukarıda da görüleceği üzere ε_t zaman içinde birlikte hareket etmeyen, koşullu ve koşulsuz ortalaması sıfır olan bir hata terimidir. Bu eşitlikten çıkarılacak temel sonuç ise hata teriminin kendi ikinci derece

kuvvetine bağılı olmasındır. Bu doğrultuda, y_t 'nin koşullu varyansı h_t 'ye eşit olmakta ve y_t de koşullu değişen varyansa sahip hata terimi olan bir ARCH süreci olmaktadır. Dolayısıyla, y_t zaman serisinde görülebilecek durgun ve aşırı oynaklık dönemlerinin temsili bu modelle temin edilmektedir.

Yukarıda verilen ARCH süreci ARCH(1) modeli olarak adlandırılmaktadır. Bunun nedeni, hata teriminin koşullu varyansının, sadece kendinden bir önceki değere bağılı bir fonksiyon olarak verilmesidir. Bu modelde koşullu varyansın kendinden önceki q adet değere bağılı olarak tahmin edilmesi ise bize ARCH(q) modelini verir. Bu durumda ARCH(q) süreci:

$$\varepsilon_t = z_t h_t^{1/2} = z_t \sqrt{\alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2} \quad (2.18)$$

olacaktır. Eşitlikten de anlaşılacağı üzere q adet geçmiş hata teriminin ε_t üzerinde doğrudan etkisi vardır. Bu nedenle koşullu varyans q 'inci dereceden ardışık bağılanım süreci olarak adlandırılmaktadır.

ARCH(q) modeli, oynaklık modellemesinde karşılaşılan birçok sorunu çözmesine rağmen bu modelde de çeşitli aksaklıklar bulunmaktadır. Öncelikle modelin hangi dereceden tahmin edileceğine, yani q değerine karar verilmesi gerekmektedir. Daha büyük q değerlerinin kullanılması olabilirlik (likelihood) fonksiyonunun düzleşmesine neden olmakta bu da değişkenlerin tahmin edilmesini güçleştirmektedir. Bununla birlikte, ARCH modelinde gecikme değeri arttıkça, parametrelerin sıfırdan büyük olma koşulunun ihlal edilmesi durumu ortaya çıkmaktadır. Bu ve benzeri problemlerin üstesinden gelmek için Bollerslev (1986) daha esnek gecikme işlemcisi yapısına sahip bir model olan kapsamlı ARCH modelini ortaya koymuştur.

2.1.3.2. Kapsamlı ARCH (GARCH) Modeli:

GARCH modeli ARCH modelinin genişletilmiş bir uyarlamasıdır. Bu modelde koşullu varyans ardışık bağılanım ve hareketli ortalama terimlerinden oluşan bir fonksiyon olarak tanımlanmış ve koşullu varyans bir ARMA sürecine dönüştürülmüştür. Bu modelin ARCH modeline üstünlüğü ise

fazla sayıda değişken tahminine gerek duymadan oynaklık direncini modelleyebilmesinden kaynaklanmaktadır.

GARCH modelinde hata terimi ARCH modelinde olduğu gibi

$$\varepsilon_t = z_t h_t^{1/2}$$

ile ifade edilmektedir. Yalnız GARCH(p,q) modeli için h_t

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \quad (2.19)$$

eşitliği ile verilmektedir. Bu eşitliğin istikrarlı bir koşullu varyans tahmini vermesi için ise

$$p \geq 0, q > 0, \alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0 \text{ her } i = 1, \dots, q, \beta_i \geq 0 \text{ her } i = 1, \dots, p$$

koşullarının sağlanması gerekmektedir. Burada ayrıca z_t 'nin varyansı bire eşit olan bir tesadüfi hata süreci olduğuna dikkat edilmelidir. Bu demektir ki, ε_t , koşullu ve koşulsuz ortalaması sıfıra, koşullu varyansı ise h_t 'ye eşit olan bir hata terimidir.

Finans yazınında en sık kullanılan GARCH süreci GARCH(1,1) modelidir. Bu model

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1} \quad (2.20)$$

eşitliği ile verilir ve $\alpha_0 > 0$ ve $\alpha_1, \beta \geq 0$ koşulları ile sınırlandırılmıştır.

Ayrıca modelin zayıf kovaryans kararlılık şartını yerine getirebilmesi için $\alpha_1 + \beta < 1$ eşitsizliğinin sağlanması gerekmektedir.

(2.20)'de h_t için verilen denklemini yeniden yazarsak

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 (\varepsilon_{t-1}^2 - h_{t-1}) + (\alpha_1 + \beta) h_{t-1} \quad (2.21)$$

denklemini elde ederiz. Burada $(\varepsilon_{t-1}^2 - h_{t-1})$ teriminin ortalaması sıfır ve değeri t-1 zamanında mevcut olan bilgi kümesine bağlıdır. Bu durumda bu terim t-1 zamanında meydana gelen ani oynaklık değişimlerinin t zamanında oynaklık

üzerindeki etkisi olarak yorumlanabilir. Yani, α_1 katsayısının büyüklüğü, t-1 zamanında meydana gelen oynaklık şokunun t zamandaki oynaklık üzerindeki etkisinin bir ölçütüdür. Diğer taraftan, $(\alpha_1+\beta)$, oynaklık şokundaki azalma derecesinin bir ölçütüdür. Bu durum, α_1 'in piyasa hareketlerinin mevcut oynaklık üzerindeki etkisini ölçen ARCH katsayısı, β 'nin ise oynaklık direncinin derecesini ölçen GARCH katsayısı olduğu anlamına gelmektedir.

GARCH(1,1) denklemini yeniden yazarsak

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta)\varepsilon_{t-1}^2 + (\varepsilon_t^2 - h_t) - \beta(\varepsilon_{t-1}^2 - h_{t-1}) \quad (2.22)$$

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta)\varepsilon_{t-1}^2 + u_t - \beta u_{t-1} \quad (2.23)$$

eşitliğini elde ederiz. Bu demek oluyor ki, GARCH(1,1) süreci aslında ε^2 için bir ARMA(1,1) sürecidir. Burada dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta ise ε^2 'nin sabit varyansa sahip bir hata terimi (u) olması gerekliliğinin olmamasıdır.

2.1.3.3. Üssel GARCH (EGARCH) Modeli:

GARCH modelinde koşullu varyansın pozitif ve negatif şoklara karşı simetrik tepki verdiği görülmektedir. Bunun nedeni GARCH modelinde sadece getirinin büyüklüğünün dikkate alınması, işaretinin ise göz ardı edilmesidir. Ancak, finansal piyasalarda negatif şokların, aynı büyüklükte pozitif şoklara oranla oynaklığı daha fazla artırdığı bilinmektedir. Finans yazınında kaldıraç etkisi olarak adlandırılan bu durum, koşullu varyansın modellenmesinde GARCH modelinin zaman zaman yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Zaman serilerindeki bu asimetrik özelliğin model tarafından en iyi şekilde yansıtılmasını sağlamak amacıyla Nelson (1991) GARCH modelinin farklı bir uyarlaması olan Üssel GARCH (EGARCH) modelini önermiştir.

EGARCH modelinde koşullu varyans

$$\ln h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i g(z_{t-i}) + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln h_{t-j} \quad (2.24)$$

eşitliği ile tanımlanmaktadır. Burada $g(z_t)$ asimetrik tepki fonksiyonu olarak adlandırılmakta ve

$$g(z_t) = \theta z_t + \gamma [|z_t| - E|z_t|] \quad (2.25)$$

ile verilmektedir. $g(z_t)$ ortalaması sıfır, birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip, rassal bir ardışık seridir. Tepki fonksiyonunun ilk terimi hata teriminin işaretinin koşullu varyans üzerindeki etkisini verirken, ikinci terim ise meydana gelen şokun büyüklüğünün koşullu varyans üzerindeki etkisini temsil etmektedir.

Tepki fonksiyonunda $\gamma > 0$, $\theta = 0$ olması ve z_t 'nin mutlak değerinin beklenen değerinin üstünde gerçekleşmesi durumunda, koşullu varyansın değişimi pozitif yönde olacaktır. Diğer taraftan, $\gamma = 0$ ve $\theta < 0$ olması durumunda koşullu varyansın değişiminin pozitif yönde gerçekleşebilmesi için getirideki sapmanın negatif olması gerekmektedir. Demek ki, asimetri etkisinin var olması durumunda $\theta < 0$, var olmaması durumunda ise θ sıfır olacaktır.

Bununla birlikte, EGARCH modelinde koşullu varyans h_t 'nin logaritmasına bağlı bir fonksiyon olduğu için, katsayılar negatif olsa dahi, koşullu varyans pozitif olacaktır. Dolayısıyla, bu modelde koşullu varyansın pozitif olma koşulunu sağlaması için katsayılar üzerine ek kısıtlamalar getirmeye gerek yoktur.

2.1.3.4. GJR-GARCH Modeli:

Birbirinden bağımsız olarak Glosten, Jagannathan ve Runkle (1993) ve Zakoian (1994) tarafından geliştirilen GJR-GARCH modeli oynaklığın modellenmesinde kullanılan diğer bir asimetrik ARCH sürecidir. Bu model EGARCH modelinde olduğu gibi koşullu varyansın modellenmesinde kaldıraç etkisinin varlığını göz önünde bulundurmakla birlikte EGARCH modelinden farklı bir yöntem önermektedir.

GJR-GARCH modelinde koşullu varyans

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I(\varepsilon_{t-1} < 0) + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \quad (2.26)$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada $I(\bullet)$ gösterge fonksiyonu olarak tanımlanmakta ve

$$I(\bullet) = 1 \quad \text{eğer } \varepsilon_{t-1} < 0 \\ = 0 \quad \text{eğer } \varepsilon_{t-1} \geq 0$$

değerini almaktadır. Dolayısıyla bu modelde asimetri parametresi γ , $\varepsilon_{t-1} < 0$ olması durumunda anlamlı olmaktadır. Ayrıca, (2.24)'de görüldüğü üzere $\gamma > 0$ olması durumunda, geçmiş negatif şokların koşullu varyans üzerindeki etkisi pozitif şoklara oranla daha yüksektir.

GJR-GARCH(1,1) modelinde koşullu varyans

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I(\varepsilon_{t-1} < 0) + \beta h_{t-1} \quad (2.27)$$

eşitliği ile verilmektedir. Koşullu varyansın pozitif olma şartının sağlanması için $\alpha_1 \geq 0$ ve $\alpha_1 + \gamma \geq 0$ sınırlamaları getirilmiştir. Ayrıca bu modelde, iyi haberlerin koşullu varyans üzerindeki etkisi α_1 katsayısı ile ölçülürken, negatif haberlerin koşullu varyans üzerindeki etkisi $(\alpha_1 + \gamma)$ ile verilmektedir.

2.2. Oynaklık Öngörü Performansı Ölçümü:

Farklı modellerin oynaklık öngörü sonuçları, modellerin özelliklerine ve piyasa koşullarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin, EWMA modelinde oynaklık öngörüsü lambda katsayısının değerine, AR, ARMA ve ARCH süreçlerinde ise gecikme işlemcisinin derecesine bağlıdır. Belirli bir dönem için en iyi oynaklık öngörü değerini veren katsayının, sadece belirli piyasa koşulları altında geçerliliğini koruması, koşulların değişmesi durumunda elde edilen sonuçların güvenilirliğini temelden sarsacaktır. Bu durumda modellerin örneklem dışı öngörü performansları önem kazanmaktadır. Örneklem dışı öngörü, $\{0, n-t\}$ zaman aralığındaki veriler kullanılarak model

katsayılarının tahmin edilmesi ve bu katsayılar kullanılarak $\{n-t+1, n\}$ zaman aralığı için öngörülerin üretilmesi ile elde edilmektedir. Farklı modeller için elde edilen örneklem dışı öngörülerin göreceli performanslarının ölçülmesi ise oynaklığın hesaplanmasında doğru yöntemin seçilmesine yönelik bilgi vermektedir. İşte bu amaçla araştırmacılar tarafından önerilen çeşitli istatistiki yöntemler mevcuttur.

Farklı oynaklık öngörü modellerinin performanslarının sınanması için kullanılan ve araştırmacılar tarafından kabul görmüş simetrik öngörü hatası istatistikleri, ortalama hata karesinin kökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) istatistikleridir. Bu istatistikler RMSE ve MAE değerlerinin en aza indirilmesi esasına dayanmaktadır. Dolayısıyla, en doğru sonucu veren model, bu istatistikler sonucunda elde edilen değerlerin büyüklüğüne göre seçilmektedir.

RMSE ve MAE istatistikleri

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\hat{\sigma}_t^2 - \sigma_t^2)^2}{n}} \quad (2.28)$$

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |\hat{\sigma}_t^2 - \sigma_t^2|}{n} \quad (2.29)$$

eşitlikleri ile verilmektedir. Burada σ , t zamanında gerçekleşen, $\hat{\sigma}$ ise t zamanı için tahmin edilen oynaklık değerlerini, n ise tahmin dönemini ifade etmektedir.

2.3. Riske Maruz Değer Modeli:

Risk yönetimi teknikleri son yıllarda oldukça hızlı bir şekilde gelişmiştir. Bu gelişmeler, temel olarak finansal şirketler için otoriteler tarafından getirilen sermaye yeterliliği ile ilgili düzenlemeler ve şirketlerin kurumsal risk yönetim gereksinimlerinin artmasından kaynaklanmaktadır. Finansal şirketlerin gerek sermaye yeterlilik şartlarını yerine getirmeleri,

gerekse taşıdıkları finansal riskleri ölçmelerini sağlayan yöntemlerden biri de Riske Maruz Değer (VaR) yöntemidir. VaR modeli JP Morgan (JP Morgan 1996) tarafından tanıtılmış ve bu tarihten itibaren finansal kuruluşlar arasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca, VaR yöntemi Basel Komitesi Bankacılık Denetleme biriminin finansal kuruluşların sermaye yeterliliğini ölçmeleri için önerdiği yöntemlerden biridir.

VaR yöntemi yatırımcılara taşıdıkları riski tek bir sayı ile ölçme imkanı vermektedir. Bununla birlikte, hesap yönteminin basitliği ve yorumunun kolaylığı bu yöntemin popülerliğinin finansal kuruluşlar arasında gittikçe artmasını sağlamaktadır.

VaR tanım olarak 'belirli bir güven aralığında, önceden belirlenmiş bir süre boyunca, bir portföyün değerinde meydana gelebilecek en yüksek kayıp' olarak verilmektedir (JP Morgan, 1996, s.6).

Finans yazınında parametrik yöntem, tarihi simülasyon yöntemi ve Monte Carlo yöntemi olmak üzere üç farklı VaR hesaplama yöntemi bulunmaktadır. Bunların içinde en geniş kullanım alanına sahip yöntem ise geçmiş verilerden elde edilen varlık getirilerinin dağılımına bağlı olarak hesaplanan parametrik yöntemdir. Bu yöntemde en temel varsayım varlık getirilerinin normal dağılıma sahip olduğudur. Bu varsayım altında, en yüksek günlük kayıp belirli bir güven aralığı için hesaplanabilmektedir.

Parametrik yöntemde belirli bir güven aralığında VaR değeri

$$\text{VaR} = MV_p * Z * \sigma_p \quad (2.30)$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada MV_p portföyün piyasa değeri, Z belirlenen güven aralığına karşılık gelen kritik değer, σ_p ise portföy için hesaplanan oynaklık öngörüsüdür. Burada dikkat çeken noktalardan biri de VaR değerinin oynaklık öngörüsü değeriyle birebir ilişkili olması ve yüksek oynaklık tahmininin yüksek VaR değerine neden olmasıdır.

Taşıdıkları piyasa riskini bu yöntemle ölçen finans kuruluşlarının kurmuş oldukları VaR modelleri gerek yöntem olarak gerekse modelde kabul edilen istatistikî varsayımlar bakımından farklılık göstermektedir. İşte bu

nedenle bankaların kullandıkları modelin, makul sonuçlar verip vermediğinin geriye dönük testlerle sınanması gereği de yine Basel Komitesi'nin aldığı kararlar arasındadır.

2.3.1. Geriye Dönük Test Yöntemleri:

Portföylerin gerçekleşmiş kar ve zarar değerleri ile VaR modeli ile hesaplanan değerleri karşılaştıran ve kullanılan VaR modelinin doğruluğunu test eden yöntem, finans yazınında geriye dönük test olarak adlandırılmaktadır. Finans kuruluşları her ne kadar kullanacakları VaR modeline karar vermekte serbest olsalar da geriye dönük test kriterleri Basel Komitesi tarafından düzenlenmiştir (Basel Komitesi, 1996 a,b). Geriye dönük test yöntemi ile ilgili Basel Komitesi tarafından belirlenmiş temel şartlar şöyledir:

- i) Bir günlük VaR değeri aynı gün için gerçekleşen günlük getiri ile karşılaştırılmalıdır.
- ii) Bir yıllık dönem içinde elde edilen günlük VaR değerleri gerçekleşen günlük getiriler ile karşılaştırılmalı ve doğruluk oranı en az %99 olmalıdır.
- iii) Bir yıllık dönem içinde %5 ve daha fazla hatalı sonuç veren VaR modeli geriye dönük testte başarısızdır bulunur.

Geriye dönük test yaparken temel olarak portföyün günlük kar ve zararı ile o gün için daha önce hesaplanmış olan VaR rakamı karşılaştırılmaktadır. Daha sonra, seçilen gözlem aralığında, portföyün günlük kaybının VaR modelinin öngördüğü değerden daha yüksek olduğu istisnai günler sayılmaktadır. İstatistiksel olarak istisna oluşturan gün sayısının gözlem sayısına oranının, seçilmiş olan güven aralığındaki oranı vermesi gerekmektedir. Yani, portföyün t gününde gerçekleşmiş kar ve zararı r_t , seçilmiş güven aralığında $(1-\alpha)$ hesaplanan VaR değeri v_t ise, $P(r_t < v_t) = \alpha$ olması gerekmektedir. Bu durumda, modelin geçerliliğini koruması için gerçekleşen istisnaların sayısı seçilen güven aralığına öngörülen istisna sayını geçmemelidir.

Basel komitesi aynı zamanda, istisnaların sayısına bağlı olarak, modelin kabul edilebilirliği için çeşitli bölgeler tanımlamıştır. Basel Komitesi geriye dönük test kriterlerine göre, %99 güven aralığında, 250 gözlem içinde dört ya da daha az sayıda istisna gerçekleşirse model yeşil bölgede, beş ve dokuz arasında istisna gerçekleşirse model sarı bölgede ve on ve daha fazla istisna gerçekleşirse model kırmızı bölgede yer almaktadır. Bu kriterlere göre model yeşil bölgede ise doğru, sarı bölgede ise sorgulamaya açık, kırmızı bölgede ise yanlış kabul edilmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ VE AMPİRİK SONUÇLAR

3.1. Veri:

Bu çalışmada, TCMB tarafından günlük olarak belirlenen ABD doları (USD), Euro (EUR) ve İngiliz sterlini (GBP) para birimlerinin Türk Lirası (TRY) karşılığı gösterge niteliğindeki satış kurları kullanılmıştır.

Veri seti her bir döviz cinsi için resmi tatiller ve hafta sonları hariç, 01 Nisan 2002 ve 27 Mart 2009 arasını kapsamakta ve toplam 1763 gözlemden oluşmaktadır. Dalgalı döviz kuru rejimine geçilen 2001 yılının verileri, bu dönemde kriz sonrası piyasa koşullarının yüksek seviyede döviz kuru oynaklığına neden olması dolayısıyla veri setinin dışında bırakılmıştır. Ayrıca, 2007 yılı sonlarında başlayan ve Türkiye döviz piyasalarında etkisini Eylül 2008'de gösterdiği gözlenen küresel finansal krizin oynaklık tahmini üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla modeller 1 Nisan 2002- 29 Ağustos 2008 ve 1 Nisan 2002- 27 Mart 2009 dönemleri olmak üzere iki ayrı veri seti kullanılarak çalışılmıştır.

Döviz kuru getiri serisi sürekli bileşik oranların yüzde değişimi olarak verilmekte ve

$$R(t) = 100 * \log (P(t) / P(t-1))$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada, $P(t)$ t zamanındaki döviz kuru kapanış fiyatını ifade etmektedir.

Tablo 3.1'de her bir döviz cinsi için betimleyici istatistikler hesaplanmıştır. Değerlere bakıldığında, ortalama getirilerin oldukça düşük olduğu, ancak istatistiki olarak sıfırdan farklı olmadığı görülmüştür. Diğer taraftan, her bir döviz cinsinde, örneklemin basıklık değeri kritik değer olan üç üzerinde gerçekleşmiş ve normal dağılım hipotezi Jarque-Bera istatistiği

tarafından reddedilmiştir.

TABLO 3.1. BETİMLEYİCİ İSTATİSTİKLER

	USD	EUR	GBP
Ortalama	-0.000076	0.000248	0.000079
Ortanca	-0.000804	-0.000544	-0.000369
En Büyük Değer	0.0477	0.0545	0.0501
En Küçük Değer	-0.0365	-0.0417	-0.0319
Standart Sapma	0.0085	0.0091	0.0088
Çarpıklık	0.7740	0.7929	0.7839
Basıklık	6.0546	6.3903	5.9677
Jarque-Bera	792.05	946.19	760.85
Olasılık	0.00	0.00	0.00

Zaman serilerinin kararlılığını test etmek amacıyla Augmented Dickey- Fuller (ADF) ve Phillips- Perron (PP) testleri döviz kuru zaman serilerine uygulanmıştır. Her iki test de döviz kuru serisinin birim kök içermesi sıfır hipotezinin sınanması üzerine kurulu testlerdir. Testler kesişim bileşeni ile kesişim ve eğilim bileşeni için ayrı ayrı uygulanmış ve elde edilen istatistikler Tablo 3.2’de sergilenmiştir. Sonuçlara bakıldığında birim kök hipotezinin üç döviz cinsi için de reddedildiği görülmüştür.

TABLO 3.2. BİRİM KÖK TESTLERİ

	USD		EUR		GBP	
	ADF	PP	ADF	PP	ADF	PP
Kesişim Bileşeni	-18.59*	-40.88*	-18.62*	-42.15*	-18.25*	-40.35*
Kesişim ve Eğilim Bileşeni	-18.56*	-40.87*	-18.63*	-42.14*	-18.30*	-40.38*

(*) %1 seviyesinde anlamlı

Döviz kuru getiri serisini oluşturan gözlemlerin serinin ortalama getirisinden ve getiri karelerinin serinin getiri karelerinin ortalamasından sapmasının ardışık bağlanım özelliği sergileyip sergilemediği Ljung-Box Q istatistiği kullanılarak test edilmiştir. Q¹ istatistiği serinin ortalamadan sapmasını ölçmekte ve hata teriminin ardışık bağlanım özelliği taşıyıp taşımadığını test etmektedir. Q2 istatistiği ise serinin karesinin, serinin karesinin ortalamasından sapmasını ölçmekte ve hata teriminde ARCH etkisinin varlığını sınamaktadır. Her bir döviz cinsi için Q istatistikleri 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 ve 50 gecikme derecesi için uygulanmış ve sonuçlar Tablo 3.3’te

¹ Q istatistiği belirli bir dereceye kadar seri korelasyon olmadığı sıfır hipotezini sınanan bir istatistiktir.

verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, USD, EUR ve GBP döviz kuru getiri serilerinin %5 anlamlılık seviyesinde, seri korelasyon yoktur varsayımından çok uzak olmadığı, ancak getirilerin karesinden oluşan serilerin güçlü bir koşullu değişen varyans özelliği sergilediği görülmüştür. Bu bağlamda, elde edilen sonuçların daha önce yapılan çalışmalarla tutarlı olduğu görülmektedir.

TABLO 3.3. HATA TERİMİ VE HATA TERİMİNİN KARESİNİN ARDIŞIK BAĞLANIM TESTİ

Gecikme	USD		EUR		GBP	
	Q İstatistiği	Q2 İstatistiği	Q İstatistiği	Q2 İstatistiği	Q İstatistiği	Q2 İstatistiği
1	0.53 (0.47)	51.01 (0.00)	0.83 (0.36)	54.74 (0.00)	1.17 (0.28)	44.48 (0.00)
2	5.31 (0.07)	90.52 (0.00)	4.69 (0.10)	76.19 (0.00)	4.66 (0.10)	55.58 (0.00)
3	8.24 (0.04)	208.53 (0.00)	8.16 (0.04)	118.41 (0.00)	7.27 (0.06)	116.52 (0.00)
4	9.32 (0.05)	237.18 (0.00)	8.21 (0.08)	147.53 (0.00)	7.86 (0.10)	167.65 (0.00)
5	9.49 (0.09)	254.33 (0.00)	11.80 (0.04)	161.42 (0.00)	12.55 (0.03)	182.41 (0.00)
10	18.13 (0.05)	342.48 (0.00)	27.81 (0.00)	242.93 (0.00)	21.60 (0.02)	265.41 (0.00)
20	30.25 (0.07)	446.05 (0.00)	41.07 (0.00)	354.87 (0.00)	36.77 (0.01)	383.12 (0.00)
50	62.38 (0.11)	467.18 (0.00)	61.77 (0.12)	367.90 (0.00)	56.75 (0.24)	398.21 (0.00)

Not: P değerleri parantez içinde verilmiştir.

3.2. Model Sonuçları:

Döviz kuru oynaklığını modellemek amacıyla hareketli ortalama modelleri, tek değişkenli zaman serisi modelleri ve ardışık bağımlı koşullu değişen varyans süreçleri olmak üzere üç farklı gruba ait modeller kullanılmıştır. Modeller 01 Nisan 2002 ve 27 Mart 2008 arası veriler kullanılarak tahmin edilmiştir.

Hareketli ortalama modellerinden tarihsel oynaklık modeli son 252 gözlemin getiri karelerinin hareketli ortalaması kullanılarak tahmin edilmiştir. Diğer bir deyişle, bir sonraki dönemde gerçekleşmesi öngörülen oynaklık bir önceki dönemin getirisinin gözlemlere eklenmesi, en eski gözlemin veri

setinden çıkarılması ve bu sayede gözlem sayısının sabit tutulması yoluyla elde edilmiştir. Bir diğer hareketli ortalama modeli olarak EWMA modeli tahmin edilmiş ve oynaklık öngörülerini hesaplanırken RiskMetrics tarafından da tavsiye edildiği üzere eksilme çarpanı (λ) olarak 0.94 değeri kullanılmıştır.

Tek değişkenli zaman serisi modellerinden AR ve ARMA modelleri uygulanmış ve bu modeller en küçük kareler (ordinary least squares) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. AR modeli 1, 2, 3, 4 ve 5 gecikme işlemcisi kullanılarak tahmin edilmiş, bunlar içerisinde USD döviz kuru için AR(1), AR(2), AR(3) modelleri, EUR döviz kuru için AR(1) ve AR(2) modelleri, GBP döviz kuru için ise sadece AR(1) modeli anlamlı sonuçlar vermiştir. ARMA modeli de farklı derecelerde gecikme işlemcisi kullanılarak hesaplanmış ve USD ve GBP serileri için ARMA(1,1) modeli, EUR serisi için ise ARMA(1,1) ile ARMA(3,3) modelleri anlamlı sonuçlar vermiştir. Bu modellerin tahmin sonuçları Ek 1'de yer almaktadır. Model sonuçlarına bakıldığında bu modellerin katsayılarının kararlılık şartı koşullarını sağladığı görülmektedir.

Ardışık bağımlı koşullu değişen varyans süreçlerinden ise simetrik model olarak ARCH(1) ile GARCH(1,1), asimetrik model olarak EGARCH(1,1) ile GJR-GARCH(1,1) modelleri döviz kuru getiri serilerine uygulanmıştır. Bu modeller en büyük olabilirlik (maximum likelihood) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. ARCH(1) modelinin sonuçları Ek 1'de yer almakta, diğer modellerin sonuçları ise sonraki bölümde ele alınmaktadır.

3.2.1. GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) Modelleri Tahmin Sonuçları:

GARCH(1,1) oynaklık modeli çerçevesinde tahmin edilen modelin sonuçları Tablo 3.4'te yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, USD, EUR ve GBP serileri için tahmin edilen GARCH(1,1) modelinin katsayıları α ve β 'nin yüksek derecede anlamlı olduğu görülmüştür. Ayrıca α ve β 'nin toplamının 1'den küçük olduğu, yani kararlılık şartının sağlandığı görülmektedir. Bununla birlikte, bütün döviz kurları için $\alpha + \beta$ değeri 1'e oldukça yakın tahmin edilmiştir. Bu ise koşullu varyansın yüksek derecede oynaklık direnci sergilediğinin bir göstergesidir. α katsayısının büyüklüğü

oynaklığın piyasa hareketlerine karşı tepkisini verirken, β katsayısının büyüklüğü oynaklığın oynaklık direncine karşı tepkisini ifade etmektedir. Bu bağlamda, GARCH gecikmeli katsayısı β , GARCH hata katsayısı α 'dan daha büyük tahmin edilmiş, bu da oynaklık direncinin etkisinin, oynaklığın piyasadaki fiyat değişimlerine karşı anlık tepkisinden daha yüksek olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

TABLO 3.4. GARCH(1,1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ

$$(h_t = c + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1})$$

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0004 0.0147	-0.0001 0.6400	-0.0003 0.1370
Varyans Denklemi			
C	0.000004 0.0000	0.000004 0.0000	0.000004 0.0000
α	0.2104 0.0000	0.1928 0.0000	0.1662 0.0000
β	0.7591 0.0000	0.7722 0.0000	0.7900 0.0000
Çarpıklık	0.7772	0.7149	0.5590
Basıklık	5.3618	5.0420	4.5247
Jarque-Bera	503.32	391.23	225.04

Katsayı sınamalarının yapılabilmesi için GARCH modelinin en temel varsayımlarından biri de düzeltilmiş artık değerlerin normal dağıldığı varsayımdır. Tablo 3.4'te de görüleceği üzere her ne kadar düzeltilmiş hata teriminin sahip olduğu basıklık derecesi model öncesi verinin sahip olduğu basıklık derecesinden daha düşük seviyede gerçekleşse de, model sonrası artık değerlerin basıklık derecesinin hala kritik değer olan üçün üzerinde gerçekleştiği görülmüştür. Bu durumda, GARCH(1,1) modelinin döviz kuru serisinde gözlenen aşırı basıklığı ortadan kaldırmakta başarısız olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

USD, EUR ve GBP döviz kuru serileri için tahmin edilen EGARCH(1,1) modeli sonuçları Tablo 3.5'te yer almaktadır. Model sonuçlarına bakıldığında, her bir döviz kuru için tahmin edilen α , β katsayıları ile asimetri katsayısı olarak adlandırılan γ 'nın yüksek derecede anlamlı

olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, her bir döviz kuru serisi için $\gamma > 0$ olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda asimetri etkisinin varlığından söz edilememektedir.

TABLO 3.5. EGARCH(1,1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ

$$(\ln h_t = c + \alpha \left| \varepsilon_{t-1} / \sqrt{h_{t-1}} \right| + \beta \ln h_{t-1} + \gamma (\varepsilon_{t-1} / \sqrt{h_{t-1}}))$$

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0003 0.0992	0.0002 0.1981	-0.00004 0.8216
Varyans Denklemi			
C	-1.0943 0.0000	-0.8606 0.0000	-0.8553 0.0000
α	0.3493 0.0000	0.2923 0.0000	0.2603 0.0000
β	0.9149 0.0000	0.9337 0.0000	0.9321 0.0000
γ	0.0872 0.0000	0.0992 0.0000	0.0891 0.0000
Çarpıklık	0.7348	0.6964	0.5590
Basıklık	5.2253	4.8076	4.5247
Jarque-Bera	447.75	327.85	225.04

EGARCH(1,1) modeli kapsamında her bir döviz kuru için düzeltilmiş hata teriminin dağılımsal özellikleri GARCH(1,1) modelinin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında ise EGARCH(1,1) modeli kapsamında elde edilen düzeltilmiş hata teriminin sahip olduğu basıklık derecesinin GARCH(1,1) modeline kıyasla bir parça daha iyileşme gösterdiği görülmüştür. Bununla birlikte, EGARCH(1,1) modeli de döviz kuru serisinde görülen aşırı basıklığın ortadan kaldırılmasında başarısız olmuştur.

GJR-GARCH(1,1) modelinin tahmin sonuçlarına ise Tablo 3.6'da yer verilmiştir. Diğer model sonuçlarına benzer şekilde GJR-GARCH(1,1) modeli kapsamında tahmin edilen α ve β katsayıları her bir döviz kuru için anlamlı sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte, asimetri katsayısı olan γ 'nın yüksek derecede anlamlı sonuçlar vermekle birlikte sıfırdan küçük tahmin edildiği görülmüştür. Her ne kadar $\gamma < 0$ olsa da $\alpha + \gamma \geq 0$ koşulu sağlandığı için model kabul edilebilir durumdadır. Bununla birlikte EGARCH(1,1) model

sonuçlarıyla benzer şekilde GJR-GARCH(1,1) modelinde de asimetri etkisinin varlığından söz edilememektedir.

TABLO 3.6. GJR-GARCH(1,1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ

$$(h_t = c + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I(\varepsilon_{t-1} < 0) + \beta h_{t-1})$$

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0003 0.1372	0.0001 0.4718	-0.00006 0.7700
Varyans Denklemi			
C	0.000005 0.0000	0.000005 0.0000	0.000005 0.0000
α	0.2702 0.0000	0.2435 0.0000	0.2226 0.0000
β	0.7449 0.0000	0.7766 0.0000	0.7779 0.0000
γ	-0.1577 0.0000	-0.1530 0.0000	-0.1428 0.0000
Çarpıklık	0.7685	0.7138	0.5401
Basıklık	5.5333	5.0724	4.4306
Jarque-Bera	552.80	398.73	202.34

GJR-GARCH(1,1) modeli kapsamında düzeltilmiş hata teriminin dağılımsal özellikleri diğer modellerle karşılaştırıldığında ise USD ve EUR serileri için bu modelin diğer modellere kıyasla daha yüksek düzeltilmiş hata terimi basıklık derecesine sahip olduğu, GBP serisi için ise çok az bir iyileşme sergilediği görülmüştür. Sonuç olarak GJR-GARCH(1,1) modeli de döviz kuru serisinde görülen aşırı basıklığın ortadan kaldırılmasında başarısız bulunmuştur.

GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) modelleri sonrasında elde edilen artık değerlerin ARCH etkisi taşıyıp taşımadığını test etmek amacıyla ARCH LM testi ile birlikte hata terimleri ve hata terimlerinin kareleri için Ljung-Box Q istatistiği uygulanmıştır. ARCH testi artık değerdeki ARCH etkisini ölçmek amacıyla kullanılan bir Lagrange Çarpanı (LM) testidir. Bu test, model sonucu elde edilen hata teriminin karelerinin, en küçük kareler yöntemi kullanılarak, bir sabit ve q adet gecikme işlemcisine regresyonunun gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilmektedir. LM istatistiği ise regresyon

sonucunda elde edilen R^2 değeri ile gözlem sayısının çarpılması ile hesaplanmaktadır ve asimptotik olarak $\chi^2(q)$ dağılımına sahiptir.

GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) modelleri çerçevesinde ARCH LM testi ile artık değerlerin ve artık değerlerin karelerinin Q istatistikleri 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 ve 50 gecikme için uygulanmış ve sonuçlara USD, EUR ve GBP döviz kurları için sırasıyla Tablo 3.7, 3.8 ve 3.9 da yer verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre her bir döviz kuru için GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) modelleri sonrasında elde edilen artık değerlerin ve artık değerlerin karelerinin her hangi bir ARCH etkisi sergilemediği görülmüştür. Dolayısıyla, bu modellerin oynaklık kümelenmesini yakalamakta başarılı olduğu söylenebilir.

TABLO 3.7. USD SERİSİ GARCH(1,1), EGARCH(1,1) VE GJR-GARCH(1,1) MODELLERİ HATA TERİMİ ARDIŞIK BAĞLANIM TESTLERİ

USD									
Gecikme	GARCH(1,1)			EGARCH(1,1)			GJR-GARCH(1,1)		
	ARCH LM Testi	Q	Q2	ARCH LM Testi	Q	Q2	ARCH LM Testi	Q	Q2
1	0.00 (0.95)	4.56 (0.03)	0.00 (0.95)	0.08 (0.77)	4.02 (0.05)	0.08 (0.77)	0.12 (0.73)	4.64 (0.03)	0.12 (0.73)
2	0.74 (0.69)	6.63 (0.04)	0.75 (0.69)	0.77 (0.68)	6.00 (0.05)	0.77 (0.68)	0.88 (0.64)	6.53 (0.04)	0.88 (0.64)
3	1.95 (0.58)	7.08 (0.07)	1.94 (0.58)	2.23 (0.53)	6.45 (0.09)	2.26 (0.52)	1.36 (0.72)	6.98 (0.07)	1.38 (0.71)
4	2.18 (0.70)	7.20 (0.13)	2.11 (0.72)	2.44 (0.65)	6.64 (0.16)	2.44 (0.66)	1.83 (0.77)	7.09 (0.13)	1.82 (0.77)
5	2.64 (0.76)	7.21 (0.21)	2.63 (0.76)	2.45 (0.78)	6.65 (0.25)	2.45 (0.78)	1.89 (0.86)	7.10 (0.21)	1.88 (0.87)
10	5.47 (0.86)	12.67 (0.24)	5.58 (0.85)	4.90 (0.90)	12.67 (0.24)	5.05 (0.89)	3.94 (0.95)	12.74 (0.24)	4.00 (0.95)
20	7.51 (0.99)	19.57 (0.49)	7.41 (1.00)	8.11 (0.99)	18.41 (0.56)	8.08 (0.99)	6.45 (1.00)	18.85 (0.53)	6.40 (1.00)
50	22.93 (1.00)	49.49 (0.49)	23.84 (1.00)	26.46 (1.00)	51.03 (0.43)	26.47 (1.00)	21.68 (1.00)	50.37 (0.46)	22.35 (1.00)

Not: P değerleri parantez içinde verilmiştir.

TABLO 3.8. EUR SERİSİ GARCH(1,1), EGARCH(1,1) VE GJR-GARCH(1,1) MODELLERİ HATA TERİMİ ARDIŞIK BAĞLANIM TESTLERİ

EUR									
Gecikme	GARCH(1,1)			EGARCH(1,1)			GJR-GARCH(1,1)		
	ARCH LM Testi	Q	Q2	ARCH LM Testi	Q	Q2	ARCH LM Testi	Q	Q2
1	0.07 (0.79)	0.32 (0.57)	0.07 (0.79)	0.33 (0.57)	0.24 (0.62)	0.33 (0.57)	0.01 (0.92)	0.39 (0.53)	0.01 (0.93)
2	0.22 (0.90)	2.96 (0.23)	0.22 (0.90)	0.39 (0.82)	2.94 (0.23)	0.39 (0.82)	0.27 (0.87)	2.90 (0.23)	0.27 (0.87)
3	0.27 (0.97)	4.61 (0.20)	0.27 (0.97)	0.42 (0.94)	4.61 (0.20)	0.42 (0.94)	0.38 (0.94)	4.41 (0.22)	0.38 (0.94)
4	0.65 (0.96)	4.61 (0.33)	0.66 (0.96)	0.63 (0.96)	4.66 (0.32)	0.62 (0.96)	0.43 (0.98)	4.46 (0.35)	0.44 (0.98)
5	0.68 (0.98)	6.33 (0.28)	0.69 (0.98)	0.99 (0.96)	6.60 (0.25)	1.02 (0.96)	0.42 (0.99)	6.14 (0.29)	0.44 (0.99)
10	4.97 (0.89)	13.36 (0.20)	5.00 (0.89)	4.93 (0.90)	14.03 (0.17)	5.02 (0.89)	4.36 (0.93)	13.04 (0.22)	4.35 (0.93)
20	7.62 (0.99)	21.28 (0.38)	7.67 (0.99)	10.21 (0.96)	20.97 (0.40)	10.05 (0.97)	7.51 (0.99)	19.75 (0.47)	7.49 (1.00)
50	20.63 (1.00)	44.53 (0.69)	20.27 (1.00)	24.70 (1.00)	44.37 (0.70)	25.13 (1.00)	20.20 (1.00)	43.35 (0.74)	20.80 (1.00)

Not: P değerleri parantez içinde verilmiştir.

TABLO 3.9. GBP SERİSİ GARCH(1,1), EGARCH(1,1) VE GJR-GARCH(1,1) MODELLERİ HATA TERİMİ ARDIŞIK BAĞLANIM TESTLERİ

GBP									
Gecikme	GARCH(1,1)			EGARCH(1,1)			GJR-GARCH(1,1)		
	ARCH LM Testi	Q	Q2	ARCH LM Testi	Q	Q2	ARCH LM Testi	Q	Q2
1	0.43 (0.51)	4.24 (0.04)	0.43 (0.51)	0.51 (0.47)	3.50 (0.06)	0.51 (0.47)	0.10 (0.75)	4.32 (0.04)	0.10 (0.75)
2	1.79 (0.41)	5.51 (0.06)	1.77 (0.41)	1.81 (0.40)	4.69 (0.10)	1.79 (0.41)	1.62 (0.45)	5.24 (0.07)	1.62 (0.45)
3	1.79 (0.62)	5.84 (0.12)	1.79 (0.62)	1.81 (0.61)	5.24 (0.16)	1.80 (0.61)	1.8 (0.61)	5.64 (0.13)	1.83 (0.61)
4	3.29 (0.51)	6.19 (0.19)	3.38 (0.50)	2.71 (0.61)	5.42 (0.25)	2.78 (0.60)	2.08 (0.72)	5.79 (0.22)	2.18 (0.70)
5	3.48 (0.63)	9.66 (0.09)	3.53 (0.62)	2.82 (0.73)	9.43 (0.09)	2.94 (0.71)	2.08 (0.84)	9.06 (0.11)	2.18 (0.82)
10	6.38 (0.78)	12.19 (0.27)	6.45 (0.78)	5.64 (0.84)	11.76 (0.30)	5.68 (0.84)	4.65 (0.91)	11.28 (0.34)	4.82 (0.90)
20	10.86 (0.95)	18.78 (0.54)	10.52 (0.96)	13.87 (0.84)	17.64 (0.61)	13.18 (0.87)	10.89 (0.95)	17.09 (0.65)	10.82 (0.95)
50	24.81 (1.00)	38.50 (0.88)	22.88 (1.00)	30.85 (0.98)	37.50 (0.90)	29.93 (0.99)	27.00 (1.00)	36.94 (0.92)	26.64 (1.00)

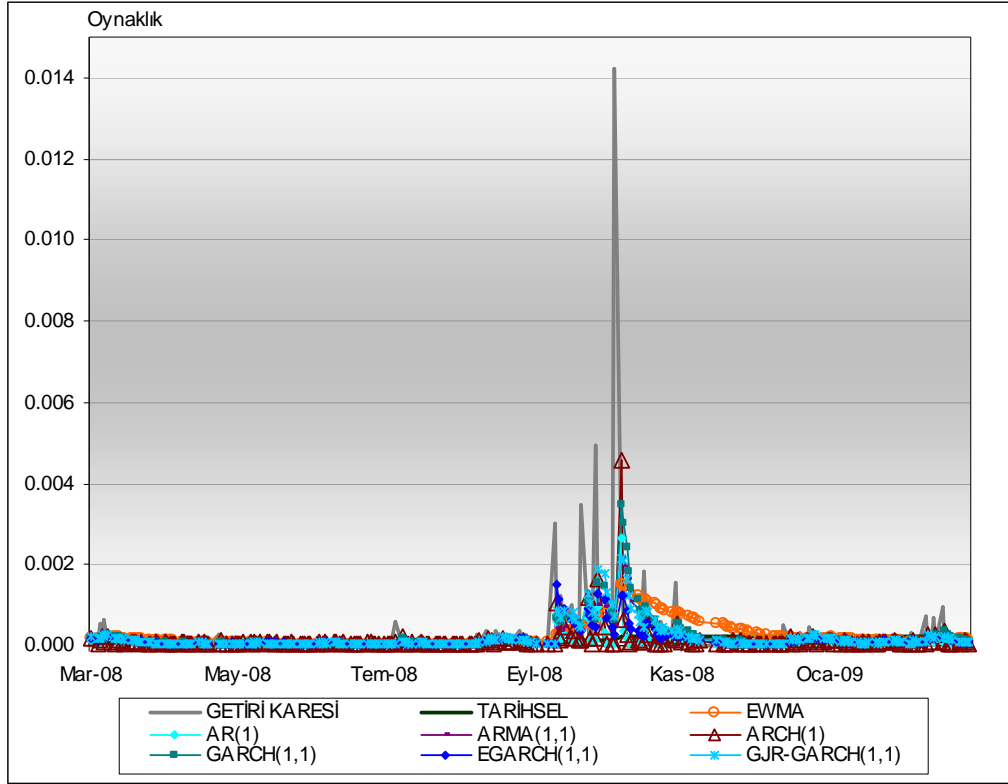
Not: P değerleri parantez içinde verilmiştir.

3.3. Örneklem Dışı Oynaklık Öngörü Sonuçları:

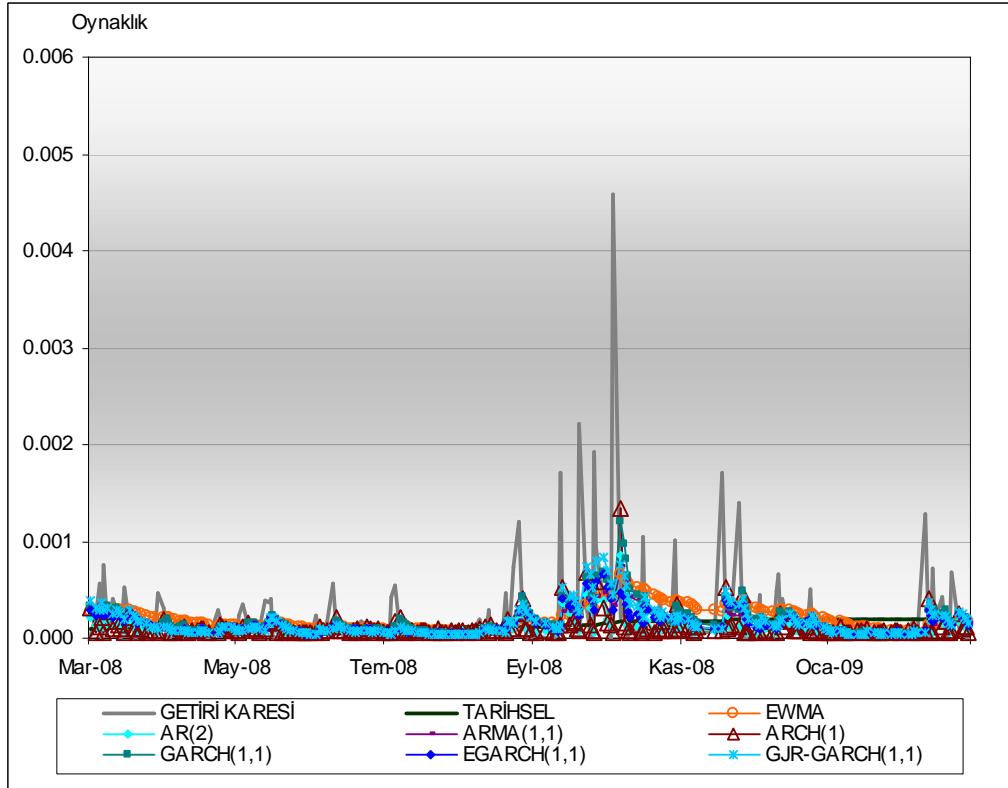
Modellerin öngörü performanslarını ölçmek amacıyla, oynaklığın modellenmesinde tahmin edilen model katsayıları kullanılarak 28 Mart 2008 – 27 Mart 2009 dönemini kapsayan son 250 gün için örneklem dışı öngörüler üretilmiştir. Bir sonraki dönem için elde edilen öngörüler önceki dönemlerde elde edilen öngörüler kullanılarak değil, gerçekleşen değerler kullanılarak hesaplanmıştır.

Bölüm 4.2’de de bahsedildiği üzere AR modellerinden USD döviz kuru için AR(1), AR(2), AR(3) modelleri, EUR döviz kuru için AR(1) ve AR(2) modelleri, GBP serisi için ise AR(1) modeli anlamlı sonuçlar vermiştir. Bu modellerin kendi aralarında performansları karşılaştırılmış ve USD ve GBP serileri için daha iyi performans sergileyen AR(1) modeli, EUR serisi için ise AR(2) modeli seçilmiş ve bu modellerin performansı diğer modellerle karşılaştırılmıştır.

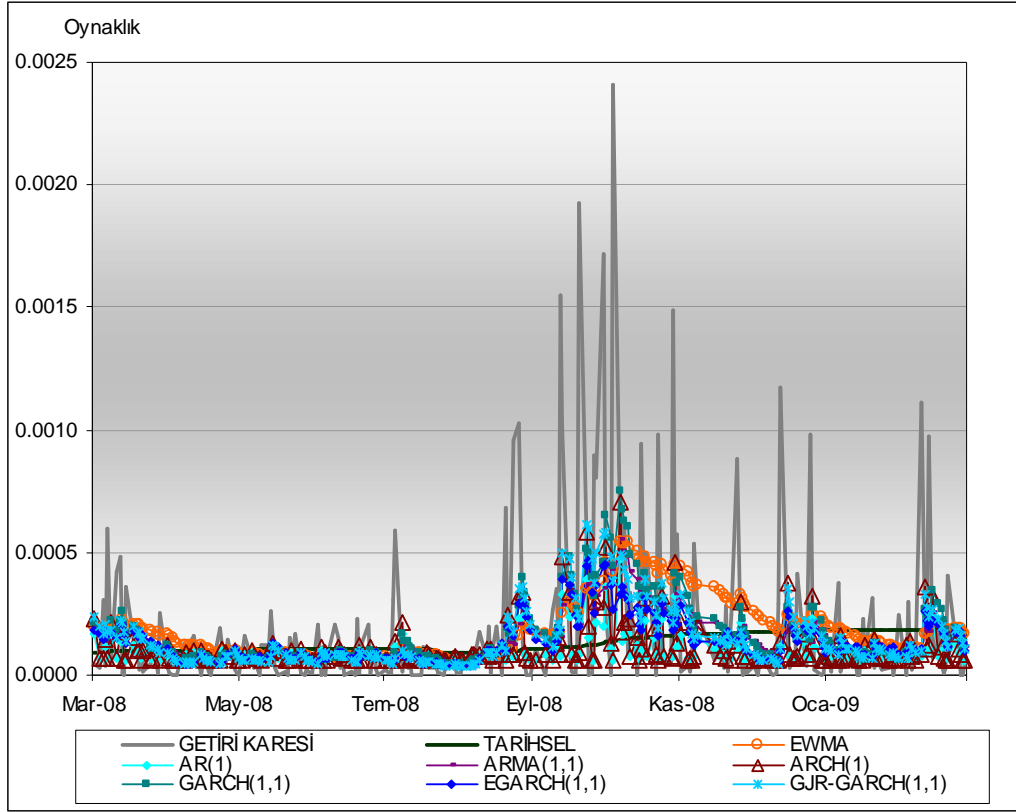
Grafik 3.1, 3.2 ve 3.3’te sırasıyla USD, EUR ve GBP döviz kurları için 28/03/2008- 27/03/2009 tarihleri arasında her bir model sonucunda elde edilen varyans öngörülerini ve gerçekleşen getiri kareleri yer almaktadır. Grafiklerden de görüleceği üzere tarihsel oynaklık modeli oynaklık kümelenmesini yakalamakta başarısız olmuştur. Bu büyük ihtimalle oynaklık tahmininde her bir gözlemin eşit ağırlığa sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, EWMA modeli her ne kadar yüksek fiyat değişimlerini yansıtmakta tarihsel oynaklık modeline oranla daha başarılı olsa da, fiyatlar normal seviyelerine döndüğünde bu model kapsamında tahmin edilen oynaklığın normal seviyelerine dönmesi biraz zaman almaktadır. Diğer taraftan, ardışık bağımlı modeller ile ardışık bağımlı koşullu değişen varyans modellerinin piyasalar düşük oynaklığa sahipken hemen hemen birlikte hareket ettiği görülmektedir. Piyasalar yüksek seviyede oynaklık sergilediğinde ise bu modeller arasında da farklılıklar olduğu görülmüştür.



Grafik 3.1 : USD Serisi Döviz Kuru Oynaklık Öngörülleri



Grafik 3.2 : EUR Serisi Döviz Kuru Oynaklık Öngörülleri



Grafik 3.3 : GBP Serisi Döviz Kuru Oynaklık Öngörülleri

Her bir döviz kuru için modeller çerçevesinde elde edilen örneklem dışı varyans öngörülleri, günlük döviz kuru getiri karesi serisi ile karşılaştırılmış ve her bir modelin performansı RMSE ve MAE istatistikleri kullanılarak ölçülmüştür. Bununla birlikte, her bir model için hesaplanan hata istatistiğinin, en kötü hata istatistiğine sahip model için elde edilen değere bölünmesi yoluyla, modellerin göreceli performansı da hesaplanmış ve bu değer tablolarda oransal değer olarak verilmiştir. Oynaklık öngörü modellerinin RMSE ve MAE hata istatistiklerine göre sıralamaları ve göreceli performansları Tablo 3.10'da yer almaktadır.

RMSE ölçütüne göre değerlendirme yapıldığında, USD ve GBP döviz kuru serilerinde GJR-GARCH(1,1) modeli diğer modellerin üzerinde bir performans sergilerken, EUR döviz kuru için en iyi performansı EGARCH(1,1) modelinin sergilediği görülmüştür. USD döviz kuru için tahmin edilen modellerin göreceli performanslarına bakıldığında ise GJR-GARCH(1,1) modelinin sahip olduğu RMSE değerinin en kötü performansı sergileyen ARCH(1) modeline kıyasla % 4 daha düşük seviyede gerçekleştiği

görülmüştür. EUR serisi EGARCH(1,1) modeli çerçevesinde elde edilen RMSE değeri en kötü performansı elde eden ARCH(1) modelinin % 6 altında, GBP serisi GJR-GARCH(1,1) modeli çerçevesinde hesaplanan RMSE değeri ise en kötü performansı sergileyen AR(1) modelinin %7 altında gerçekleşmiştir.

**TABLO 3.10. ÖRNEKLEM DIŞI RMSE VE MAE ÖNGÖRÜ HATASI İSTATİSTİKLERİ
(NİSAN 2008- MART 2009)**

USD						
RMSE				MAE		
Modeller	Sıra	Değer	Oransal Değer	Sıra	Değer	Oransal Değer
Tarihsel	7	0.001018	0.99	6	0.000261	0.90
EWMA	3	0.000997	0.97	8	0.000290	1.00
AR(1)	6	0.001016	0.99	1	0.000218	0.75
ARMA(1,1)	2	0.000994	0.96	4	0.000244	0.84
ARCH(1)	8	0.001030	1.00	2	0.000229	0.79
GARCH(1,1)	5	0.001015	0.98	7	0.000275	0.95
EGARCH(1,1)	4	0.000998	0.97	3	0.000234	0.81
GJR-GARCH(1,1)	1	0.000987	0.96	5	0.000257	0.89
EUR						
RMSE				MAE		
Modeller	Sıra	Değer	Oransal Değer	Sıra	Değer	Oransal Değer
Tarihsel	6	0.0004231	0.97	5	0.000196	0.93
EWMA	4	0.0004146	0.95	8	0.000211	1.00
AR(2)	7	0.0004306	0.99	1	0.000176	0.83
ARMA(1,1)	3	0.0004140	0.95	4	0.000190	0.90
ARCH(1)	8	0.0004370	1.00	2	0.000182	0.86
GARCH(1,1)	5	0.0004223	0.97	7	0.000208	0.98
EGARCH(1,1)	1	0.0004119	0.94	3	0.000188	0.89
GJR-GARCH(1,1)	2	0.0004120	0.94	6	0.000199	0.94
GBP						
RMSE				MAE		
Modeller	Sıra	Değer	Oransal Değer	Sıra	Değer	Oransal Değer
Tarihsel	6	0.0003349	0.99	6	0.0001787	0.94
EWMA	4	0.0003184	0.94	8	0.0001910	1.00
AR(1)	8	0.0003379	1.00	1	0.0001631	0.85
ARMA(1,1)	3	0.0003176	0.94	4	0.0001745	0.91
ARCH(1)	7	0.0003364	1.00	2	0.0001683	0.88
GARCH(1,1)	5	0.0003186	0.94	7	0.0001837	0.96
EGARCH(1,1)	2	0.0003169	0.94	3	0.0001723	0.90
GJR-GARCH(1,1)	1	0.0003129	0.93	5	0.0001754	0.92

Diğer taraftan, MAE ölçütüne göre hesaplanan istatistikler karşılaştırıldığında USD ve GBP döviz kurları için AR(1), EUR döviz kuru için ise AR(2) modelinin en yüksek performansı sergileyen model olduğu sonucuna varılmıştır. MAE ölçütüne göre her bir döviz cinsi için en kötü performansa sahip model EWMA modeli olmuştur. AR(1) modeli için hesaplanan oransal değerlere bakıldığında ise USD serisinin en kötü

performansı sergileyen EWMA modeline oranla %25, EUR serisinin %17, GBP serisinin ise %15 daha düşük MAE değerine sahip olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre, model sıralamaları söz konusu olduğunda RMSE ve MAE öngörü hata istatistikleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Brailsford ve Faff (1996) tarafından da belirtildiği üzere bu sonuç, hata istatistiğinin rasgele seçiminin yanlış sonuçlara neden olabileceği gerçeğini bir kez daha vurgulamaktadır.

Ayrıca, küresel finansal krizin döviz kuru oynaklık modellerinin öngörü performansları üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla modeller, finansal kriz öncesi dönem olan 1 Nisan 2002- 5 Eylül 2007 arasındaki veriler kullanılarak tekrar tahmin edilmiş² ve buradan elde edilen sonuçlar 6 Eylül 2007- 29 Ağustos 2008 dönemini kapsayan örneklem dışı öngörülerin üretilmesinde kullanılmıştır. Söz konusu dönem için hesaplanan hata istatistikleri ve model sıralamaları Tablo 3.11'de yer almaktadır.

Finansal kriz öncesi dönem için yapılan analizlerde RMSE ölçütüne göre değerlendirme yapıldığında USD döviz kuru serisinde ARMA(1,1) modeli diğer modellerin üzerinde bir performans sergilerken, EUR ve GBP döviz kuru serileri için en iyi performansı EGARCH(1,1) modelinin sergilediği görülmüştür. USD döviz kuru için tahmin edilen modellerin görece performanslarına bakıldığında ise ARMA(1,1) modelinin sahip olduğu RMSE değerinin en kötü performansı sergileyen ARCH(1) modeline kıyasla % 4 daha düşük seviyede gerçekleştiği görülmüştür. EUR serisi EGARCH(1,1) modeli çerçevesinde elde edilen RMSE değeri, en kötü performansı elde eden tarihsel oynaklık modelinin % 4 altında, GBP serisi EGARCH(1,1) modeli çerçevesinde hesaplanan RMSE değeri ise en kötü performansı sergileyen tarihsel oynaklık modelinin %3 altında gerçekleşmiştir.

Diğer taraftan, MAE ölçütüne göre hesaplanan istatistikler karşılaştırıldığında USD ve GBP döviz kurları için AR(1), EUR döviz kuru için ise AR(2) modelinin en yüksek performansı sergileyen model olduğu sonucuna varılmıştır. AR modeli için hesaplanan oransal değerlere

² Modellerin tahmin sonuçları Ek 2'de yer almaktadır.

bakıldığında ise USD serisinin en kötü performansı sergileyen tarihsel oynaklık modeline oranla %14, EUR serisinin en kötü performansı sergileyen EWMA modeline oranla %11, GBP serisinin ise en kötü performansı sergileyen EWMA modeline oranla %8 daha düşük MAE değerine sahip olduğu görülmüştür.

TABLO 3.11. ÖRNEKLEM DIŞI RMSE VE MAE ÖNGÖRÜ HATASI İSTATİSTİKLERİ (EYLÜL 2007- AĞUSTOS 2008)

USD						
RMSE				MAE		
Modeller	Sıra	Değer	Oransal Değer	Sıra	Değer	Oransal Değer
Tarihsel	7	0.00015071	0.99	8	0.00009790	1.00
EWMA	6	0.00015061	0.99	7	0.00009724	0.99
AR(1)	4	0.00014907	0.98	1	0.00008439	0.86
ARMA(1,1)	1	0.00014621	0.96	5	0.00008721	0.89
ARCH(1)	8	0.00015272	1.00	3	0.00008708	0.89
GARCH(1,1)	5	0.00014911	0.98	6	0.00009088	0.93
EGARCH(1,1)	2	0.00014622	0.96	2	0.00008605	0.88
GJR-GARCH(1,1)	3	0.00014759	0.97	4	0.00008719	0.89
EUR						
RMSE				MAE		
Modeller	Sıra	Değer	Oransal Değer	Sıra	Değer	Oransal Değer
Tarihsel	8	0.0002134	1.00	5	0.0001125	0.95
EWMA	5	0.0002093	0.98	8	0.0001188	1.00
AR(2)	6	0.0002099	0.98	1	0.0001053	0.89
ARMA(1,1)	2	0.0002060	0.97	3	0.0001113	0.94
ARCH(1)	7	0.0002126	1.00	2	0.0001066	0.90
GARCH(1,1)	3	0.0002088	0.98	7	0.0001168	0.98
EGARCH(1,1)	1	0.0002055	0.96	4	0.0001114	0.94
GJR-GARCH(1,1)	4	0.0002089	0.98	6	0.0001152	0.97
GBP						
RMSE				MAE		
Modeller	Sıra	Değer	Oransal Değer	Sıra	Değer	Oransal Değer
Tarihsel	8	0.0001516	1.00	6	0.0000936	0.95
EWMA	5	0.0001501	0.99	8	0.0000984	1.00
AR(1)	6	0.0001503	0.99	1	0.0000908	0.92
ARMA(1,1)	3	0.0001473	0.97	5	0.0000927	0.94
ARCH(1)	7	0.0001512	1.00	3	0.0000915	0.93
GARCH(1,1)	4	0.0001486	0.98	7	0.0000945	0.96
EGARCH(1,1)	1	0.0001470	0.97	2	0.0000909	0.92
GJR-GARCH(1,1)	2	0.0001472	0.97	4	0.0000917	0.93

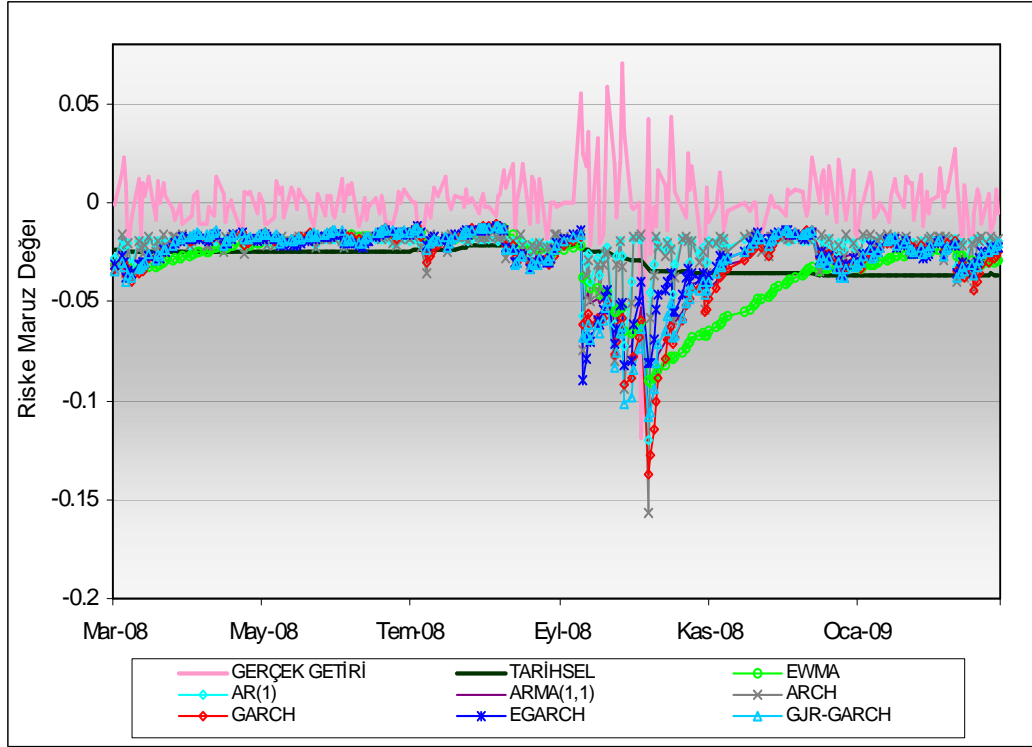
Küresel finansal krizin oynaklık modeli üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla finansal kriz öncesi ve finansal kriz dönemini kapsayan analizlerin sonuçları karşılaştırıldığında ise finansal kriz sonrasında modellerin sıralamalarının değiştiği, ancak genel olarak ilk üç modelin sabit kaldığı söylenebilir. Diğer taraftan, hata istatistikleri karşılaştırıldığında finansal krizle birlikte, modellerin sahip olduğu RMSE ve MAE değerlerinin arttığı

görülmüştür. Ayrıca, doğal olarak göreceli performanslar en kötü performanslı modele yakınsamıştır.

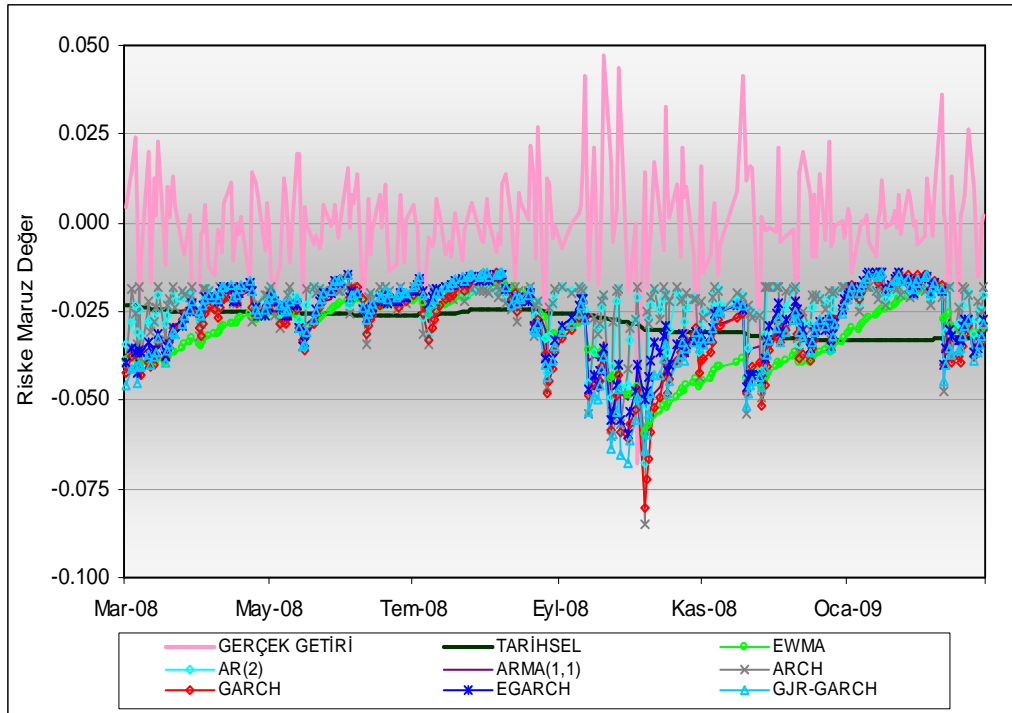
3.4. Riske Maruz Değer Öngörü Sonuçları:

Getiri serilerinin normal dağılıma sahip olduğu varsayımı altında, %99 güven aralığında bir günlük elde tutma süresi boyunca karşılaşılabilecek en büyük kayıp parametrik VaR yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Günlük VaR değerini hesaplamak amacıyla tahmin edilen oynaklık modelleri çerçevesinde üretilen oynaklık öngörülleri normal dağılım için %1 anlamlılık düzeyine karşılık gelen 2.33 değeriyle çarpılmıştır. VaR öngörülleri bir yıllık bir dönem için hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar modellerin geriye dönük testini gerçekleştirebilmek amacıyla aynı dönemde gerçekleşmiş getirilerle karşılaştırılmıştır.

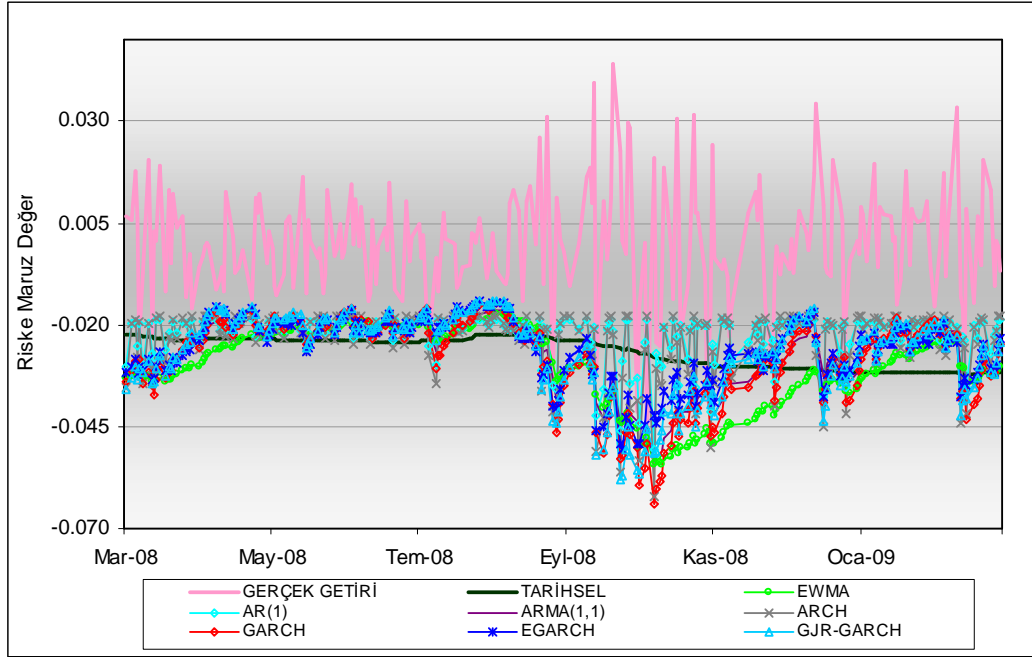
Grafik 3.4, 3.5 ve 3.6'da sırasıyla USD, EUR ve GBP döviz kurları için 28 Mart 2008 – 27 Mart 2009 dönemi arasında hesaplanan günlük VaR değerleri ile günlük gerçekleşen getiri serileri yer almaktadır. Grafiklere bakıldığında, ardışık bağlanım modelleri ile ardışık bağımlı koşullu değişen varyans modellerinin döviz kuru piyasalarında yüksek oynaklığın hakim olduğu dönemlerde diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğu söylenebilir. Diğer taraftan, VaR modellerinin doğruluğu Basel Komitesinin geriye dönük test ölçütlerine göre de sınanmalıdır. Basel Komitesi geriye dönük test ölçütlerine göre VaR değeri 250 günün %99'unda doğru tahmin edilmiş olmalıdır.



Grafik 3.4 : USD Riske Maruz Değer Öngörülleri



Grafik 3.5 : EUR Riske Maruz Değer Öngörülleri



Grafik 3.6 : GBP Riske Maruz Değer Öngörülleri

Her bir model ve para birimi için elde edilen VaR değerlerinin geriye dönük test sonuçları Tablo 3.12'de yer almaktadır. Tablolarda portföyün günlük kaybının VaR değerinden daha yüksek olduğu günlerin değerini veren İstisna Sayısı (İS) ile istisna sayısının gözlem sayısına (250) bölünmesi ile elde edilen Hata Oranı (HO) verilmektedir. USD, EUR ve GBP serileri için elde edilen VaR öngörü sonuçlarına bakıldığında modellerin hiçbirinin %99 başarı oranını yakalayamadığı görülmektedir.

USD para birimi için elde edilen VaR performans istatistiklerine göre, tarihsel oynaklık, EWMA, ARMA(1,1), GARCH(1,1), EGARCH(1,1), GJR-GARCH(1,1) oynaklık modelleri çerçevesinde tahmin edilen VaR öngörülleri yeşil bölgede, diğer modeller ise sarı bölgede yer almaktadır. EUR serisi için elde edilen sonuçlara bakıldığında ise durumun daha farklı olduğu görülmektedir. EUR döviz kuru için tahmin edilen VaR modellerinden GARCH(1,1) modeli diğer modellere kıyasla en iyi performansı sergilemekle birlikte bu model bütün modeller içinde yeşil bölgede olan tek modeldir. Diğer modellerden AR(2) modeli dışında kalan modeller sarı bölgede, AR(2) modeli ise kırmızı bölgede yer almaktadır. Bu durumda AR(2) oynaklık modeline dayalı olarak tahmin edilen VaR değerinin yanlış sonuçlar verdiği ve bu modelin VaR tahmininde kullanılmaması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

GBP serisi için elde edilen sonuçlara bakıldığında ise EWMA modelinin yeşil bölgede olduğu diğer modellerin ise sarı bölgede yer aldığı görülmektedir.

**TABLO 3.12. RİSKE MARUZ DEĞER PERFORMANS İSTATİSTİKLERİ
(NİSAN 2008- MART 2009)**

Modeller	Sıra	USD			EUR			GBP		
		IS	HO	Sıra	IS	HO	Sıra	IS	HO	
Tarihsel	4	4	1.60%	2	5	2.00%	6	7	2.80%	
EWMA	1	3	1.20%	4	6	2.40%	1	4	1.60%	
AR(1)	7	6	2.40%	-	-	-	7	9	3.60%	
AR(2)	-	-	-	8	10	4.00%	-	-	-	
ARMA(1,1)	4	4	1.60%	6	7	2.80%	2	5	2.00%	
ARCH(1)	7	6	2.40%	7	8	3.20%	7	9	3.60%	
GARCH(1,1)	1	3	1.20%	1	4	1.60%	2	5	2.00%	
EGARCH(1,1)	4	4	1.60%	4	6	2.40%	4	6	2.40%	
GJR-GARCH(1,1)	1	3	1.20%	2	5	2.00%	4	6	2.40%	

Finansal krizin etkilerini araştırmak amacıyla finansal kriz öncesi dönem içinde aynı analizler yapılmış, elde edilen sonuçlara Tablo 3.13'te yer verilmiştir. USD döviz kuru için elde edilen sonuçlara bakıldığında, kriz öncesi dönemde EWMA ve ARMA(1,1) modellerinin %99 başarı oranını yakaladığı görülmektedir. Bununla birlikte, AR(1) ve ARCH(1) modellerinin sarı bölgede, bu modeller dışında kalan modellerin ise yeşil bölgede olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, koşulsuz varyans modelleri olan EWMA ile ARMA(1,1) modellerinin performansının koşullu varyans modelleri üzerinde gerçekleşmesi dikkat çekmektedir.

**TABLO 3.13. RİSKE MARUZ DEĞER PERFORMANS İSTATİSTİKLERİ
(EYLÜL 2007- AĞUSTOS 2008 DÖNEMİ)**

Modeller	Sıra	USD			EUR			GBP		
		IS	HO	Sıra	IS	HO	Sıra	IS	HO	
Tarihsel	3	3	1.20%	1	2	0.80%	4	3	1.20%	
EWMA	1	1	0.40%	3	3	1.20%	1	2	0.80%	
AR(1)	7	5	2.00%	-	-	-	1	2	0.80%	
AR(2)	-	-	-	7	4	1.60%	-	-	-	
ARMA(1,1)	2	2	0.80%	3	3	1.20%	1	2	0.80%	
ARCH(1)	7	5	2.00%	3	3	1.20%	4	3	1.20%	
GARCH(1,1)	3	3	1.20%	1	2	0.80%	7	4	1.60%	
EGARCH(1,1)	3	3	1.20%	3	3	1.20%	4	3	1.20%	
GJR-GARCH(1,1)	3	3	1.20%	7	4	1.60%	7	4	1.60%	

EUR VaR öngörü performansına bakıldığında ise tarihsel oynaklık ve GARCH(1,1) modellerinin VaR değerini doğru tahmin etmekte %99 başarı gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, EUR serisi için tahmin edilen bütün modeller yeşil bölgede yer almaktadır.

GBP VaR öngörü istatistikleri en iyi performansı sergileyen modellerin EWMA, AR(1) ve ARMA(1,1) modelleri olduğunu ve bu modellerin %99 doğruluk kriterini sağladığı sonucunu vermektedir. Bununla birlikte EUR serisi geriye dönük test sonuçlarına benzer şekilde GBP serisi içinde bütün modeller yeşil bölgede yer almaktadır. Bu durum, VaR analizlerinde hesaplanması en kolay modelin kullanımının, modellerin VaR analizlerine katkıları karşılaştırıldığında en uygun yöntem olacağı sonucunu ortaya çıkarmaktadır

Finansal kriz öncesi ve finansal krizi de kapsayan analizler karşılaştırıldığında ise finansal krizin VaR performansını oldukça etkilediği söylenebilir. Finansal kriz öncesinde %99 güvenilirlik sağlayan modeller finansal krizle birlikte bu özelliklerini kaybetmiş, modellerin çoğu yeşil bölgeden sarı bölgeye geçmiştir. Dolayısıyla finansal krizle birlikte taşınan riski hesaplamak için kullanılan yöntemlerin daha dikkatli bir şekilde sorgulanması gereği ortaya çıkmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Modern portföy teorisine göre yatırımcılar risk- getiri profillerine göre yatırım tercihlerine karar vermektedirler. Bu durumda, yatırımcıların bir kısmı maruz kaldıkları riski düşük tutmak uğruna düşük getirilere razı olmakta, diğerleri ise karlarını artırmak amacıyla yüksek riskli varlıklara yatırım yapmayı tercih etmektedirler. Bununla birlikte, yatırımcının risk getiri tercihi ne olursa olsun, yatırımcıların genel davranışı taşıdıkları riskleri dağıtarak ya da riske karşı pozisyon alarak olası kayıplara karşı önceden önlem almaktır. Dolayısıyla doğru yatırım kararlarının alınabilmesi için çeşitli analitik yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Açıkçası gelecekteki getirilerin doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi bu probleme mükemmel bir çözüm olarak görülmekle birlikte günümüz koşullarında bunun mümkün olmadığı bilinmektedir. Diğer taraftan, bir varlık sınıfının sahip olduğu getiri oynaklığının öngörülebilir olması yatırımcılar için oldukça güçlü bir araçtır. Gerek finans yazınındaki çalışmalar gerekse piyasalardaki pratik uygulamalar oldukça başarılı oynaklık öngörü modellerinin bulunduğunu göstermektedir.

Bilindiği üzere, son 30 yılda döviz piyasalarında meydana gelen hızlı büyüme ve enstrüman çeşitliliğinin artması, piyasa oyuncularının taşıdıkları riski değerlendirme ve ölçme konusunda daha dikkatli davranmalarına neden olmuştur. Diğer taraftan, döviz kuru getiri oynaklığının öngörülmesi özellikle uluslararası yatırımcılar açısından doğru portföy kompozisyonunun oluşturulması kararında büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, ülke ekonomisinin istikrarı döviz kurunun oynaklığı ile ilişkilendirilmekte bu da oynaklık öngörüsünü yetkili makamlar için zorunlu hale getirmektedir.

Döviz kuru getiri serileri oldukça karmaşık bir yapı sergilemektedir. Bu serilerin hata teriminin değişen varyansa sahip olduğu birçok çalışma tarafından ortaya konmuştur. Bununla birlikte, döviz kuru getiri serisinin

dağılımı ortalama etrafında aşırı basıklık özelliği göstermekte ve seride şokların neden olduğu oynaklık direnci ile karşılaşılmaktadır. Finans yazınında döviz kuru serilerinin sergilediği bu özellikleri doğru bir şekilde modellemek amacıyla çeşitli modeller önerilmektedir. Her ne kadar bazı karmaşık modeller oldukça başarılı sonuçlar elde etse de modellerin yatırım kararlarına katkısının karşılaştırılması gerekmektedir. Bu ise modellerin öngörü performanslarının karşılaştırılması ile mümkün olmaktadır.

Finans yazınında birçok oynaklık öngörü modeli bulunmaktadır. Bu modellerden bir kısmı getiri serisinin sabit varyansa ve/veya normal dağılıma, diğerleri ise serilerin ardışık bağımlı değişen varyansa sahip olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bununla birlikte, kimi modeller örneklem içi tahminlerde başarılı olurken, aynı modeller örneklem dışı öngörülerde oldukça kötü performans gösterebilmektedir. Bu nedenle modellerin örneklem dışı öngörü performansının karşılaştırılması büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, bu çalışma Türkiye döviz piyasalarında TRY/USD, TRY/EUR ve TRY/GBP serileri için en uygun oynaklık öngörü modelini hareketli ortalama modelleri, ardışık bağımlı modelleri ve ardışık bağımlı koşullu değişen varyans modellerinin örneklem dışı öngörü performanslarını karşılaştırarak belirlemeyi amaçlamıştır. Daha sonra ise söz konusu oynaklık öngörü modellerine dayalı olarak elde edilen VaR değerlerinin performansı Basel Komitesi geriye dönük test ölçütleri kullanılarak test edilmiştir.

Öncelikle her bir döviz kuru serisi için tarihsel oynaklık, EWMA, AR modelleri, ARMA(1,1), ARCH(1), GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) modelleri tahmin edilmiştir. Tahmin edilen bütün modellerin gerekli kararlılık şartlarını sağladığı görülmüştür. Bunun yanı sıra artık değerlerde ARCH etkisinin varlığının belirlenmesi dolayısıyla GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) modelleri daha detaylı olarak ele alınmıştır. Her ne kadar bu modeller artık değerlerdeki ARCH etkisini ortadan kaldırmakta başarılı bulunsa da serinin dağılımının gösterdiği ortalama etrafında aşırı basıklık özelliğini yakalamakta başarısız oldukları görülmüştür.

Modellerin örneklem dışı öngörü performanslarını karşılaştırmak amacıyla RMSE ve MAE istatistikleri kullanılmıştır. RMSE ölçütüne göre USD ve GBP serileri için GJR-GARCH(1,1) modeli, EUR serisi için ise EGARCH(1,1) modeli diğer modellere kıyasla daha yüksek performans sergilemiştir. MAE ölçütüne göre ise USD ve GBP serileri için en yüksek performansı sergileyen model AR(1), EUR serisi için ise AR(2) olmuştur. RMSE ve MAE ölçütlerinin farklı sonuçlar vermesi, doğru değerlendirme yapabilmek için hata istatistiğinin seçiminin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha vurgulamaktadır.

Küresel finansal krizin oynaklık öngörü modelleri üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla aynı modeller 2 Nisan 2002- 5 Eylül 2007 arası veriler kullanılarak tekrar çalıştırılmış ve elde edilen katsayılar kullanılarak 6 Eylül 2007- 29 Ağustos 2008 tarihleri arası örneklem dışı oynaklık öngörülleri üretilmiştir. RMSE ölçütüne göre model sıralamalarının değiştiği görülse de ilk üç modelin hemen hemen aynı kaldığı görülmüştür. MAE ölçütüne göre değerlendirme yapıldığında ise herhangi bir farklılık görülmemiştir.

Sonrasında ise VaR öngörülerinin son bir yıllık performansı geriye dönük test yöntemleri kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre EWMA, GARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) modelleri USD serisi için en uygun modeller olarak görünürken, EUR serisi için en doğru sonuçları veren model GARCH(1,1), GBP serisi içinse EWMA modeli olmuştur. Bununla birlikte, sekiz modelden USD serisi için altı tanesi, EUR ve GBP serileri için ise sadece bir tanesi yeşil bölgede yer almaktadır.

Finansal krizin etkilerini araştırmak amacıyla oynaklık öngörü modelleri için yapılan çalışmalar VaR öngörülleri için de tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında finansal krizin VaR performansını oldukça etkilediği görülmektedir. Finansal kriz öncesinde %99 güvenilirlik sağlayan modeller finansal krizle birlikte bu özelliklerini kaybetmiş, modellerin çoğu yeşil bölgeden sarı bölgeye geçmiştir.

Oynaklık öngörü modelleri ile VaR modellerinin performansları karşılaştırıldığında ise oynaklık öngörü modelinde yüksek performans

sergileyen bir modelin VaR modelinde de yüksek performans yakalayacağı sonucunun çıkarılmayacağı görülmektedir. Finansal krizi kapsayan dönem için yapılan analizlerde RMSE ölçütü temel alınarak elde edilen sonuçlara bakıldığında, USD serisi dışında oynaklık öngörü modeli ve VaR modelinin işaret ettiği modeller farklılık göstermektedir. MAE ölçütüne göre yapılan analizlere bakıldığında ise durum tamamen farklılık göstermektedir. Şöyle ki, MAE ölçütüne göre her bir döviz kuru serisi için en doğru sonuçları AR modeli vermekte ancak bu model VaR öngörü performans sıralamasında son sırada yer almaktadır. Hatta finansal kriz dönemi için yapılan analizlerde, EUR serisi için AR modeli kapsamında üretilen VaR modeli Basel Komitesi geriye dönük test ölçütlerine göre başarısız bulunmuştur. Aynı analizler finansal kriz öncesi dönem için de yapılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum maruz kalınan riskin VaR tarafından doğru bir şekilde tahmin edilebilmesinin ancak farklı oynaklık öngörü modellerine dayalı olarak üretilen VaR öngörülerinin performanslarının karşılaştırılması ile mümkün olabileceği sonucunu doğurmaktadır. Ayrıca, finansal kriz dönemleri gibi oynaklığın aşırı arttığı dönemlerde bazı risk ölçüm yöntemleri kullanılamaz hale gelebilmektedir. Bu ise yatırımcıların böyle dönemlerde daha dikkatli olmaları gerektiğini ortaya çıkarmaktadır.

KAYNAKÇA

- Ağcaer, A., (2003). Dalgalı Kur Rejimi Altında Merkez Bankası Müdahalelerinin Etkinliği: Türkiye Üzerine Bir Çalışma. Uzmanlık Yeterlilik Tezi. Ankara:Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
- Akcay, O. C., Alper, C. A. ve Karasulu, M. (1997). Currency Substitution and Exchange Rate Instability: the Turkish Case. *European Economic Review*, 41, 827-835.
- Alexander, C. (2001). Market Models: A Guide to Financial Data Analysis. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd.
- Andersen, T. G., Bollerslev T., Diebold F. X. ve Labys P. (2001). The Distribution of Exchange Rate Volatility. *Journal of American Statistical Association*, 96, 42-55.
- Andersen, T. G., Bollerslev T., Lange, S. (1999). Forecasting Financial Market Volatility: Sample Frequency vis-à-vis Forecast Horizon. *Journal of Empirical Finance*, 6, 457-477.
- Ayhan, D. (2006). Döviz Kuru Rejimlerinin Kur Oynaklığı Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği. *İktisat İşletme ve Finans*, Ağustos, 64-76.
- Aysoy, C. ve Balaban, E. (1996). "The Term Structure of Volatility in the Turkish Foreign Exchange: Implications for Option Pricing and Hedging Decisions". Erişim: Mayıs 2009 TCMB Tartışma Tebliği No: 9613, <http://www.tcmb.gov.tr/yeni/evds/teblig/96/9613.pdf>.
- Aysoy, C., Balaban, E., Koğar C. I. ve Özcan C. (1996). "Daily Volatility in the Turkish Foreign Exchange Market". Erişim: Mayıs 2009. TCMB Tartışma Tebliği No: 9625, <http://www.tcmb.gov.tr/yeni/evds/teblig/96/9625.html>.
- Baille, R. T. ve Bollerslev, T. (1989). The Message in Daily Exchange Rates: A Conditional-Variance Tale. *Journal of Business and Economic Statistics*, 7, 297-305.
- Baille, R. T., Bollerslev, T. ve Mikkelsen, H. O. (1996). Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 74, 3-30.
- Balaban, E. (2004). Comparative Forecasting Performance of Symmetric and Asymmetric Conditional Volatility Models of an Exchange Rate. *Economics Letters*, 83, 99-105.

- Basel Komitesi (1996a). Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks.
- Basel Komitesi (1996b). Supervisory Framework for the Use of 'Backtesting' in Conjunction with Internal Models Approach to Market Risk.
- Beltratti, A. ve Morana, C. (1999). Computing Value at Risk with High Frequency Data. *Journal of Empirical Finance*, 6, 431-455.
- Berger, D., Chaboud, A., Hjalmarsson, E. ve Haworka, E. (2006). What Derives Volatility Persistence in the Foreign Exchange Market?. Board of Governors of the Federal Reserve System International Finance Discussion Papers, No: 862.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307-327.
- Bollerslev, T. (1987). A conditionally Heteroskedastic Time Series Model for Speculative Prices and Rates of Return. *Review of Economics and Statistics*, 69, 542-547.
- Bollerslev, T., Chou, R. Y. ve Kroner, K. F. (1992). ARCH Modeling in Finance. *Journal of Econometrics*, 52, 5-59.
- Brooks, C. ve Persaud, G. (2002). Model Choice and Value-at-Risk Performance. *Financial Analysts Journal*, 58, 87-97.
- Brooks, C. ve Persaud, G. (2003). Volatility Forecasting for Risk Management. *Journal of Forecasting*, 22, 1-22.
- Brailsford, T.J. ve Faff, R.W. (1996), "An Evaluation of Volatility Forecasting Techniques", *Journal of Banking and Finance*, 20, 419-438.
- Christoffersen, P. F. ve Diebold, F. X. (1998). "How Relevant is Volatility Forecasting For Financial Risk Management?". Erişim: Mayıs 2009. Wharton Financial Institutions Center. alışma Tebliği 97-45 ve NBER alışma Tebliği 6488.
- Diebold, F. X. (1988). Empirical Modeling of Exchange Rate Dynamics. NY: Springer Verlag.
- Diebold, F. X. ve Mariano, R. S. (1995). Comparing Predictive Accuracy. *Journal of Business and Economic Statistics*, 13, 253-263.
- Doma, I. ve Mendoza, A. (2002). "Is There Room for Forex Interventions Under Inflation Targeting Framework? Evidence from Mexico and Turkey". Erişim: Mayıs 2009. TCMB Tartışma Tebliğleri No: 0206, <http://www.tcmb.gov.tr/research/discus/dpaper58.pdf>

- Dunis, C. L. ve Laws, J. (2000). "The Use of Market Data and Model Combination to Improve Forecast Accuracy". Erişim: Mayıs 2009. alışma Tebliği, Liverpool Business School.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation. *Econometrica*, 50, 987-1008.
- Engle, R. F. ve Bollerslev, T. (1986). Modelling the Persistence of Conditional Variances. *Econometric Reviews*, 5, 1-50; 81-87.
- Fama, E. F. (1965). The Behavior of Stock Market Prices. *Journal of Business*, 38, 34-105.
- Figlewski, S. (1997). Forecasting Volatility, Financial Markets, Institutions and Instruments. Vol. 6(1), Stern School of Business, Boston, Blackwell Publishers.
- Goodhart, C. A. E., ve Figliuoli, L. (1991). Every Minute Counts in Financial Markets. *Journal of International Money and Finance*, 10, 23-52.
- Hamilton, J. D. (1989). A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and Business Cycle. *Econometrica*, 57, 357-384.
- Hsieh, D. A. (1988). The Statistical Properties of Daily Foreign Exchange Rates: 1974-1983. *Journal of International Economics*, 24, 129-145.
- Hsieh, D. A. (1989). Modeling Heteroskedasticity in Daily Foreign Exchange Rates. *Journal of Business and Economic Statistics*, 7, 307-317.
- Jackson, P., Maude, D. J. ve Perraudin, W. (1998). Testing Value at Risk Approaches to Capital Adequacy. *Bank of England Quarterly Bulletin*, 38, 256-266.
- Jorion, P. (1995). Big Bets Gone Bad: Derivatives and Bankruptcy in Orange County. San Diego, CA: Academic Press.
- JP Morgan (1996). RiskMetrics Technical Document. Fourth Edition, JP Morgan, New York.
- Klaassen, F. (2002). Improving GARCH Volatility Forecasts with Regime-Switching GARCH. *Empirical Economics*, 27, 363-394.
- Lastrapes, W. D. (1989). Exchange Rate Volatility and U.S. Monetary Policy: An ARCH Application. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 21, 66-77.

- Lamoureux, C. ve Lastrapes, W. (1990). Heteroskedasticity in Stock Return Data: Volume versus GARCH Effects. *Journal of Finance*, 45, 221-229.
- Lee, K. Y. (1991). Are the GARCH Models Best in Out-of-Sample Performance?. *Economic Letters*, 37, 305-308.
- Lopez, J. A. (2001). Evaluating the Predictive Accuracy of Volatility Models. *Journal of Forecasting*, 20, 87-109.
- Mandelbrot, B. (1963). The Variation of Certain Speculative Prices. *Journal of Business*, 36, 394-419.
- Müller, U. A., Dacoragna, M., Davé, R. D., Olsen, R., Pictet, O. V. ve von Weizsäcker, J. E. (1997). Volatilities of Different Time Resolutions – Analyzing the Dynamics of Market Components. *Journal of Empirical Finance*, 4, 213-239.
- Öztürk, K. (2006). Exchange Rate Volatility: The Case of Turkey. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Poon, S. ve Granger, C. W. J. (2003). Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review. *Journal of Economic Literature*, XLI, 478-539.
- Sadorsky, P. (2005). Stochastic Volatility Forecasting and Risk Management. *Applied Financial Economics*, 15, 121-135.
- TCMB Basın Duyurusu, (2002). 2002 Yılında Para ve Kur Politikası. <http://www.tcmb.gov.tr>, 2 Ocak 2002, 2002-01.
- TCMB Basın Duyurusu, (2005). Enflasyon Hedeflemesi Rejiminin Genel Çerçevesi ve 2006 Yılında Para ve Kur Politikası. <http://www.tcmb.gov.tr>, 5 Aralık 2005, 2002-56.
- Teräsvirta, T. (1996). Two Stylized Facts and the GARCH(1,1) Model. Stockholm School of Economics Working Paper Series in Economics and Finance 96.
- Vilasuso, J. (2002). Forecasting Exchange Rate Volatility. *Economic Letters*, 76, 59-64.
- West, K. D. ve Cho, D. (1995). The Predictive Ability of Several Models of Exchange Rate Volatility. *Journal of Econometrics*, 69, 367-391.
- Wong, M.C.S., Wai, Y.C. ve Wong, C.Y.P. (2003). Market Risk Management of Banks: Implications From the Accuracy of Value-at Risk Forecasts. *Journal of Forecasting*, 22, 23-33.

EKLER

AR, ARMA VE ARCH MODEL SONUÇLARI

TABLO 1A. ARCH(1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0004 0.045	0.0002 0.378	-0.00008 0.723
Varyans Denklemi			
C	0.00005 0.0000	0.00006 0.0000	0.00006 0.0000
α	0.3182 0.0000	0.2772 0.0000	0.2711 0.0000
Çarpıklık	0.6455	0.8851	0.7881
Basıklık	5.8561	6.7438	6.3955
Jarque-Bera	618.53	1079.75	882.33

TABLO 2A. AR(1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ

Katsayılar	USD	EUR	GBP
C	0.00007 0.0000	0.00008 0.0000	0.00008 0.0000
β	0.1836 0.0000	0.1874 0.0000	0.1708 0.0000

TABLO 3A. AR(2) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ

Katsayılar	USD	EUR
C	0.00007 0.0000	0.00008 0.0000
β_1	0.1593 0.0000	0.1714 0.0000
β_2	0.1329 0.0000	0.0852 0.0000

TABLO 4A. AR(3) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ

Katsayılar	USD
C	0.00007 0.0000
β_1	0.1273 0.0000
β_2	0.0945 0.0000
β_3	0.2409 0.0000

TABLO 5A. ARMA(1,1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ

Katsayılar	USD	EUR	GBP
C	0.00007 0.0000	0.00008 0.0000	0.00008 0.0000
β	0.9255 0.0000	0.9395 0.0000	0.9425 0.0000
γ	-0.8026 0.0000	-0.8395 0.0000	-0.8451 0.0000

TABLO 6A. ARMA(3,3) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ

Katsayılar	EUR
C	0.00008 0.0000
β_1	-0.6674 0.0000
β_2	0.7158 0.0000
β_3	0.7634 0.0000
γ_1	0.8289 0.0000
γ_2	-0.5651 0.0000
γ_3	-0.7518 0.0000

NİSAN 2002- AĞUSTOS 2007 DÖNEMİ MODEL SONUÇLARI

TABLO 1B. ARCH(1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ (01 NİSAN 2002- 5 EYLÜL 2007)

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0004 0.035	0.0001 0.577	-0.00003 0.894
Varyans Denklemi			
C	0.00005 0.0000	0.00006 0.0000	0.00006 0.0000
α	0.3562 0.0000	0.2582 0.0000	0.2657 0.0000
Çarpıklık	0.6372	0.8579	0.8146
Basıklık	6.1274	6.9019	6.7039
Jarque-Bera	649.63	1034.86	932.64

TABLO 2B. AR(1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ (01 NİSAN 2002- 5 EYLÜL 2007)

Katsayılar	USD	EUR	GBP
C	0.00007 0.0000	0.00008 0.0000	0.00008 0.0000
β	0.1923 0.0000	0.1918 0.0000	0.1706 0.0000

TABLO 3B. AR(2) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ (01 NİSAN 2002- 5 EYLÜL 2007)

Katsayılar	USD	EUR
C	0.00007 0.0000	0.00008 0.0000
β_1	0.1655 0.0000	0.1781 0.0000
β_2	0.1400 0.0000	0.0712 0.0000

TABLO 4B. AR(3) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ (01 NİSAN 2002- 5 EYLÜL 2007)

Katsayılar	USD
C	0.00007 0.0000
β_1	0.1300 0.0000
β_2	0.0980 0.0000
β_3	0.2534 0.0000

TABLO 5B. ARMA(1,1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ (01 NİSAN 2002- 5 EYLÜL 2007)

Katsayılar	USD	EUR	GBP
C	0.00007 0.0000	0.00008 0.0000	0.00008 0.0000
β	0.9361 0.0000	0.9482 0.0000	0.9492 0.0000
γ	-0.8140 0.0000	-0.8526 0.0000	-0.8549 0.0000

TABLO 6B. ARMA(3,3) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ (01 NİSAN 2002- 5 EYLÜL 2007)

Katsayılar	EUR
C	0.00008 0.0000
β_1	-0.6669 0.0000
β_2	0.7262 0.0000
β_3	0.7760 0.0000
γ_1	0.8290 0.0000
γ_2	-0.5848 0.0000
γ_3	-0.7653 0.0000

**TABLO 7B. GARCH(1,1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ
(01 NİSAN 2002- 5 EYLÜL 2007)**

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0004 0.0099	-0.0001 0.5221	-0.0002 0.2310
Varyans Denklemi			
C	0.000004 0.0000	0.000004 0.0000	0.000004 0.0000
α	0.2281 0.0000	0.1920 0.0000	0.1725 0.0000
β	0.7395 0.0000	0.7769 0.0000	0.7898 0.0000
Çarpıklık	0.7660	0.6739	0.5461
Basıklık	5.5654	5.1305	4.5119
Jarque-Bera	508.58	362.04	198.17

**TABLO 8B. EGARCH(1,1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ
(01 NİSAN 2002- 5 EYLÜL 2007)**

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0003 0.0786	0.0002 0.4324	-0.00003 0.8968
Varyans Denklemi			
C	-1.1184 0.0000	-0.8019 0.0000	-0.7793 0.0000
α	0.0759 0.0000	0.0878 0.0000	0.0725 0.0000
β	0.9151 0.0000	0.9409 0.0000	0.9416 0.0000
γ	0.3755 0.0000	0.3017 0.0000	0.2779 0.0000
Çarpıklık	0.7152	0.6423	0.5269
Basıklık	5.3269	4.7837	4.2477
Jarque-Bera	424.97	275.24	151.93

**TABLO 9B. GJR-GARCH(1,1) MODELİ KATSAYI TAHMİNLERİ
(01 NİSAN 2002- 5 EYLÜL 2007)**

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0003 0.0940	0.0001 0.7116	-0.00004 0.8302
Varyans Denklemi			
C	0.000005 0.0000	0.000004 0.0000	0.000004 0.0000
α	0.2871 0.0000	0.2369 0.0000	0.2150 0.0000
β	0.7254 0.0000	0.7802 0.0000	0.7828 0.0000
γ	-0.1444 0.0000	-0.1278 0.0000	-0.1080 0.0000
Çarpıklık	0.7651	0.6738	0.5380
Basıklık	5.7365	5.1323	4.4381
Jarque-Bera	559.94	362.43	183.76