

Türkiye Döviz Piyasalarında Oynaklığın Öngörülmesi ve Risk Yönetimi Kapsamında Değerlendirilmesi

Doç. Dr. Uğur SOYTAŞ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, ANKARA

Özlem Serpil ÜNAL

T.C. Merkez Bankası, Uzman, ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye döviz piyasalarında TRL/USD, TRL/EUR ve TRL/GBP serilerinin oynaklığı hareketli ortalama modelleri, AR ve ARMA modelleri ve ARCH süreçleri kullanılarak modellenmiş ve modellerin örneklem dışı öngörü performansları karşılaştırılmıştır. Farklı oynaklık öngörülere kullanılarak elde edilen parametrik VaR modelinin öngörü performansları Basle Komitesi geriye dönük test ölçütleri kapsamında değerlendirilmiştir. Son küresel finansal krizin risk ölçüm teknikleri üzerindeki etkileri ayrıca araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, RMSE ölçütüne göre GARCH grubu modellerin, MAE ölçütüne göre ise AR modelinin serilerinin oynaklık öngörüsünü modellemekte diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğunu göstermiştir. Finansal krizin oynaklık öngörü modellerinin sıralamasını değiştirmedeği ancak finansal krizle birlikte modellerin performanslarının en kötü performansı sergileyen modele yakınsadığı görülmüştür. Oynaklık öngörü modellerine dayalı olarak tahmin edilen VaR modellerinin performansları karşılaştırıldığında ise EWMA ve GARCH grubu modellerin daha doğru sonuçlar verdikleri görülmüştür. Finansal krizle birlikte VaR modellerinin performansında düşüş olduğu tespit edilmiştir.

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

JEL Sınıflaması: G17, G32, G38

Forecasting the Volatility in Turkish Exchange Markets and an Evaluation from a Risk Management Perspective

ABSTRACT

In this study, volatility of the TRL/USD, TRL/EUR and TRL/GBP series in the Turkish exchange rate market are modeled by employing moving average, AR, ARMA models and ARCH process and the performances of the models are compared according to their out-of-sample forecasts. The forecasting performance of the Value-at-Risk measurement based on different volatility forecasting models are investigated by adopting the Basle Committee back testing criteria. The effect of the latest global financial crisis on the risk measurement techniques is investigated.

The results showed that, according to RMSE criteria GARCH family models and according to MAE criteria AR models are superior to other models in estimating the exchange rate volatility. It is observed that the financial crisis does not too much effect on the order of the volatility forecasting models; however, the performances of the models converge to the worst performing model during the financial crisis period. When the Value-at-Risk performances of the underlying models are compared EWMA and GARCH family models are found to be more accurate than other models. It is seen that the performances of the models are worsen with the financial crisis.

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

JEL Classification: G17, G32, G38

Giriş

Bilindiği üzere, son 30 yılda uluslararası ticarete görülen hızlı büyüme ve finansal piyasalarda yaşanan entegrasyon yerel ve global ölçekli krizleri beraberinde getirmiş, bu gelişmeler piyasa oyuncularını taşıdıkları riski değerlendirme ve ölçme konusunda daha dikkatli davranmaya zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, döviz kuru oynaklığının modellenmesi ve geleceğe dönük öngörülerin yapılması büyük önem kazanmıştır. Döviz kuru oynaklığının tahmin edilmesi, merkez bankaları açısından para politikası kararlarını alma mekanizmasında önem kazanmakta, yabancı yatırımcılar tarafından uluslararası yatırımların taşıdığı riski minimize etmek amacıyla kullanılmakta ve uluslararası ticaret yapan kuruluşların ithalat ve ihracat kararlarında etkin rol oynamaktadır.

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 kur riskinin hesaplanmasına temel oluşturan oynaklık modeline karar verilmesi amaçlanmaktadır.

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 riske maruz değerleri (VaR) 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 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 çalışmada kullanılan verilerin analizi yapılacak, 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 oynaklığı farklı modeller kullanılarak modellenecek, elde edilen modeller çerçevesinde örneklem dışı öngörülerin ve VaR değerlerinin performansları karşılaştırılacaktır. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlar özetlenecektir.

1. Literatür Taraması

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. Finans yazınında bu yapı, serinin değişen varyansa sahip olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. 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. Bu gelişmelerden sonra, ARCH modeli ve bu modelin çeşitli uyarlamaları, finansal getiri serilerinin oynaklığının modellenmesinde oldukça güçlü yöntemler haline gelmişlerdir (Bollerslev ve diğerleri, 1992).

Hsieh (1988, 1989) günlük döviz kuru serilerinin sergilediği özellikleri incelediği çalışmasında döviz kuru serilerinin dağılımının normal olmadığını ve bu serilerin değişen ortalama ve değişen varyansa sahip olduğunu tespit etmiş, ARCH grubu modellerin döviz kuru serilerini oldukça iyi temsil ettiğini ifade etmiştir. 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. Bu sorunun üstesinden gelmek amacıyla ortalama etrafında aşırı basıklık dağılımı sergileyen Student-t dağılımı önerilmektedir (Hsieh, 1989; Bollerslev, 1987; Baillie ve Bollerslev, 1989).

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). 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. Baillie ve diğerleri (1996), karşılaşılan bu problemi çözmek amacıyla kademeli tümleşik GARCH (FIGARCH) modeli adını verdikleri yeni bir yöntem geliştirmiştir. Yapılan çalışmalarda FIGARCH modelinin döviz kuru oynaklığını tahmin etmekte GARCH ve IGARCH modellerine göre daha üstün olduğu kaydedilmiştir (Baillie ve diğerleri, 1996; Vilasuso, 2002).

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 büyüklükteki pozitif şoklara

oranla oynaklığı daha fazla artırdığı gözlenmekte ve bu durum kaldıraç etkisi olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu 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. Koşullu varyansın modellenmesinde kaldıraç etkisinin varlığını göz önünde bulunduran bir diğer model ise birbirinden bağımsız olarak Glosten, Jagannathan ve Runkle (1993) ve Zakoian (1994) tarafından geliştirilen GJR-GARCH modelidir.

Türkiye’de döviz kuru oynaklığını modelleyen çalışmalara bakıldığında genelde ARCH sınıfı modellerin tercih edildiği görülmektedir. Aysoy ve diğerleri (1996) yaptıkları çalışmada döviz kuru getiri serilerinde koşullu değişen varyansın varlığını ispatlamış ve serilerde hafta günleri etkisinin dikkate değer ölçüde bulunduğunu göstermiştir.

TCMB’nin yaptığı döviz müdahalelerinin döviz kuru oynaklığı üzerindeki etkisi Domaç ve Mendoza (2002) tarafından araştırılmış ve 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.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda farklı modellerin tahmin etme gücünün araştırılması amacıyla söz konusu modellerden elde edilen öngörüler karşılaştırılmakta ve bu yolla oynaklık öngörü modelleri için performans ölçümü yapılmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için ideal olan yöntem, 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 Mutlak Hata (MAE) ve Ortalama Hata Karesinin Kökü (RMSE) olarak verilmektedir.

Farklı döviz kuru oynaklık modellerinin uzun dönem öngörü performanslarını karşılaştırdığı çalışmada West ve Cho (1995) bir haftalık öngörü evreninde GARCH modelinin diğer modellere kıyasla daha başarılı olduğunu ifade etmektedir. Diğer taraftan, simetrik ve asimetrik koşullu varyans modellerinin performanslarını karşılaştırdığı çalışmada Balaban (2004) standart GARCH modelini aylık oynaklığın öngörülmesinde asimetrik modellere kıyasla daha başarılı bulmuştur.

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 karşılaşılabilceği vurgusunu yapmıştır.

Farklı oynaklık modellerinden elde edilen öngörülerle üretilen VaR değerlerinin performanslarının karşılaştırılması doğru VaR değeri hesaplamak açısından önem kazanmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda oynaklık öngörü performansları yüksek olmasına karşın ARCH sınıfı modellerin VAR performansının, tarihsel oynaklık ve ardışık bağlanım modelleri gibi görece daha basit yapıya sahip olan modellere kıyasla daha kötü olduğu görülmüştür (Brooks ve Persaud, 2002; Brooks ve Persaud, 2003; Wong ve diğerleri, 2003; Sadorsky, 2005).

2. Veri ve Metodoloji

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 arasında 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.

Her bir döviz cinsi için hesaplanan betimleyici istatistiklerle birlikte birim kök ve hata terimi ve hata teriminin karesinin ardışık bağlanım test sonuçları Ek I'de verilmiştir. Sonuçlar, serilerde normal dağılım ve birim kök varsayımlarının reddedildiğini, getirilerin karesinden oluşan serilerin güçlü bir koşullu değişen varyans özelliği sergilediğini göstermiştir.

Akademik çalışmalara bakıldığında oynaklık öngörü modellerinin basit yöntemlerden oldukça karmaşık modellere kadar değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu çalışmada karmaşık modellerin öngörü performansını basit modellerle karşılaştırmak amacıyla her iki gruptan da modeller kullanılmıştır. Açıklamaları Tablo 1'de verilen modeller arasında hareketli ortalama modellerinden tarihsel oynaklık ve üssel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama modelleri (EWMA), tek değişkenli zaman serisi modellerinden ardışık bağlanım (AR) ve ardışık bağlanımlı hareketli ortalama (ARMA) modelleri yer almaktadır. Ardışık bağlanımlı koşullu değişen varyans modellerinden ise simetrik model

olarak ARCH ve kapsamlı ARCH (GARCH) modelleri ile asimetrik model olarak üssel GARCH (EGARCH) ve GJR-GARCH modelleri yer almaktadır. Modellerin daha detaylı açıklamaları için Alexander (2001), Bollerslev ve diğerleri (1992) ve Brooks(2002) kaynak olarak incelenebilir.

Örneklem dışı oynaklık öngörüsünün hesaplanması modellerin doğruluğunun test edilmesi açısından 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 önerilen çeşitli istatistiki yöntemler mevcuttur.

Tablo 1. Oynaklık Öngörü Modellerinin Açıklamaları

Model	Model Denklemi	Denklem
Tarihsel Oynaklık	$\hat{\sigma}_t^2 = \sum_{i=1}^n \frac{r_{t-i}^2}{n}$	(1)
EWMA	$\hat{\sigma}_t^2 = (1 - \lambda) \sum_{i=1}^{\infty} \lambda^{i-1} r_{t-i}^2$	(2)
AR	$\hat{\sigma}_t^2 = \alpha + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^2 + \varepsilon_t$	(3)
ARMA(1,1)	$\hat{\sigma}_t^2 = \alpha + \beta \sigma_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 \quad \varepsilon_t \sim \text{i.i.d.} (0, \sigma^2)$	(4)
ARCH(1)	$\hat{\sigma}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$	(5)
GARCH(1,1)	$\hat{\alpha}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$	(6)
EGARCH(1,1)	$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1} + \beta \ln \sigma_{t-1}^2 + \gamma (\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1})$	(7)
GJR-GARCH(1,1)	$\hat{\alpha}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I(\varepsilon_{t-1} < 0) + \beta \sigma_{t-1}^2$ Eğer $\varepsilon_{t-1} < 0$ ise $I(\bullet) = 1$, $\varepsilon_{t-1} \geq 0$ ise $I(\bullet) = 0$	(8)

Not: Denklemlerde σ oynaklık, r günlük getiri, n gözlem sayısı, λ $0 < \lambda < 1$ koşulunu sağlayan eksilme çarpanını, ε hata terimini ifade etmektedir.

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. RMSE ve MAE istatistikleri

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

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

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

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 Risk 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.

$$\text{VaR} = MV_p * Z * \sigma_p \quad (3)$$

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.

Taşıdıkları piyasa riskini bu yöntemle ölçen finans kuruluşlarının kurmuş oldukları VaR modelleri gerek yöntem olarak gerekse modelde kabul edilen istatistik varsayımlar bakımından farklılık göstermektedir. İşte bu nedenle bankaların kullandıkları modelin, makul sonuçlar verip vermediğinin geriye dönük testlerle sınanması gerektiği de yine Basel Komitesi'nin aldığı kararlar arasındadır.

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. Söz konusu testte bir günlük VaR değeri, aynı gün için gerçekleşen günlük getiri ile karşılaştırılmaktadır. 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.

3. Ampirik Sonuçlar:

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.

Tek değişkenli zaman serisi modellerinden AR ve ARMA modelleri ile ardışık bağımlı koşullu değişen varyans süreçlerinden 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 modellerin tahmin sonuçları ve hata terimi ardışık bağımlı testi sonuçları Ek II'de yer almaktadır.

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.

Her bir döviz kuru için modeller çerçevesinde elde edilen örneklem dışı varyans öngörülerini, 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 görelî performansları Tablo 2’de 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 görelî 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.

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.

Tablo 2. Örneklem Dışı RMSE ve MAE Öngörü Hatası İstatistikleri
(Nisan 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	SSıra	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

Modeller	Sıra	RMSE		SSıra	MAE	
		Değer	Oransal Değer		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

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 edilmiş¹ 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'de yer almaktadır.

Tablo 3. Örneklem Dışı RMSE ve MAE Öngörü Hatası İstatistikleri (Eylül 2007- Ağustos 2008)

USD						
Modeller	Sıra	RMSE		Sıra	MAE	
		Değer	Oransal Değer		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						
Modeller	Sıra	RMSE		Sıra	MAE	
		Değer	Oransal Değer		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

¹ Modellerin tahmin sonuçları Ek III'de yer almaktadır.

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

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.

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 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.

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.

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. VaR öngörülerini bir yıllık dönem için hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar modellerin geriye dönük testini gerçekleştirebilmek amacıyla aynı dönemde gerçekleşen getirilerle karşılaştırılmıştır.

Her bir model ve para birimi için elde edilen VaR değerlerinin geriye dönük test sonuçları Tablo 4'te 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.

Tablo 4. Riske Maruz Değer Performans İstatistikleri (Nisan 2008- Mart 2009)

Modeller	USD			EUR			GBP		
	Sıra	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%

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 öngörülerini 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.

Finansal krizin etkilerini araştırmak amacıyla finansal kriz öncesi dönem içinde aynı analizler yapılmış, elde edilen sonuçlara Tablo 5'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.

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.

Tablo 5. Riske Maruz Değer Performans İstatistikleri (Eylül 2007- Ağustos 2008 Dönemi)

Modeller	USD			EUR			GBP		
	Sıra	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%

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, hesaplanması en kolay modelin kullanımının, 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.

Sonuç

Bu çalışma Türkiye döviz piyasalarında TRY/USD, TRY/EUR ve TRY/GBP serileri için en uygun oynaklık öngörü modelini hareketli ortalama modelleri, ardışık bağlanım modelleri ve ardışık bağlanımlı 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.

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 öngörülere üretilmiştir. RMSE ölçütüne göre model sıralamalarının değiştiği görülsede ilk üç modelin hemen hemen aynı kaldığı görülmüştür. MAE ölçütüne göre değerlendirme yapıldığında ise herhangi bir farklılık görülmemiştir.

Modellerin VaR performansı son bir yıllık öngörüler üzerinden geriye dönük testlerin yapılması ile ölçülmüştür. 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 öngörülere 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 çıkarılamayacağı 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 finansal kriz dönemleri gibi oynaklığın

aşırı arttığı dönemlerde bazı risk ölçüm yöntemleri kullanılamaz hale gelebildiği ve böyle dönemlerde yatırımcıların daha dikkatli olmaları gerektiğini ortaya çıkarmaktadır.

KAYNAKÇA

- Alexander, C. (2001). *Market Models: A Guide to Financial Data Analysis*. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd.
- 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>.
- Baillie, R. T. and Bollerslev, T. (1989). The Message in Daily Exchange Rates: A Conditional-Variance Tale. *Journal of Business and Economic Statistics*, 7, 297-305.
- Baillie, R. T., Bollerslev, T. and 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.
- Basle Committee (1996a). Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks.
- Basle Committee (1996b). Supervisory Framework for the Use of 'Backtesting' in Conjunction with Internal Models Approach to Market Risk.
- 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. and Kroner, K. F. (1992). ARCH Modeling in Finance. *Journal of Econometrics*, 52, 5-59.
- Brooks, C., (2002), *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Brooks, C. and Persaud, G. (2002). Model Choice and Value-at-Risk Performance. *Financial Analysts Journal*, 58, 87-97.
- Brooks, C. and Persaud, G. (2003). Volatility Forecasting for Risk Management. *Journal of Forecasting*, 22, 1-22.
- Brailsford, T.J. and Faff, R.W. (1996), "An Evaluation of Volatility Forecasting Techniques", *Journal of Banking and Finance*, 20, 419-438.
- Domaç, I. and Mendoza, A. (2002). "Is There Room for Forex Interventions Under Inflation Targeting Framework? Evidence from Mexico and Turkey". Erişim: Mayıs 2009. TCMB Tartışma Tebliği No: 0206, <http://www.tcmb.gov.tr/research/discus/dpaper58.pdf>
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation. *Econometrica*, 50, 987-1008.
- Engle, R. F. and 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.
- Glosten, L. R., Jagannathan R. and Runkle D. E.(1993). On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks, *Journal of Finance*, 48, 1779-1801.
- 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.
- JP Morgan (1996). RiskMetrics Technical Document. Fourth Edition, JP Morgan, New York.
- Lee, K. Y. (1991). Are the GARCH Models Best in Out-of-Sample Performance?. *Economic Letters*, 37, 305-308.
- Mandelbrot, B. (1963). The Variation of Certain Speculative Prices. *Journal of Business*, 36, 394-419.

- Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach, *Econometrica*, 59, 347-370.
- Poon, S. and 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.
- Vilasuso, J. (2002). Forecasting Exchange Rate Volatility. *Economic Letters*, 76, 59-64.
- West, K. D. and 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. and 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.
- Zakorian, J.M.(1994), Threshold Heteroskedastic Models, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18, 931-955.

Ek I**Tablo I.1. Betimleyici İstatistikler**

	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

Tablo I.2. Birim Kök Testleri

	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

Tablo I.3. Hata Terimi ve Hata Teriminin Karesinin Ardışık Bağlanım Testi

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.

Ek II

NİSAN 2002- MART 2008 DÖNEMİ MODEL SONUÇLARI

Tablo II.1. AR(1) Modeli Katsayı Tahminleri

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 II.2. AR(2) Modeli Katsayı Tahminleri

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 II.3. ARMA(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri

$$\hat{\sigma}_t^2 = \alpha + \beta\sigma_{t-1}^2 + \gamma\varepsilon_{t-1}^2$$

Katsayılar	USD	EUR	GBP
α	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 II.4. ARCH(1) Modeli Katsayı Tahminleri

$$\hat{\sigma}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$$

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0004 0.045	0.0002 0.378	-0.00008 0.723
Varyans Denklemi			
α_0	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 II.5. GARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri

$$\hat{\sigma}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0004 0.0147	-0.0001 0.6400	-0.0003 0.1370
Varyans Denklemi			
α_0	0.000004 0.0000	0.000004 0.0000	0.000004 0.0000
α_1	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

Tablo II.6. EGARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri

$$(\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 |\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}| + \beta \ln \sigma_{t-1}^2 + \gamma (\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}))$$

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0003 0.0992	0.0002 0.1981	-0.00004 0.8216
Varyans Denklemi			
α_0	-1.0943 0.0000	-0.8606 0.0000	-0.8553 0.0000
α_1	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

Tablo II.7. GJR-GARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri

$$(\hat{\alpha}_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I(\varepsilon_{t-1} < 0) + \beta \sigma_{t-1}^2)$$

Katsayılar	USD	EUR	GBP
Ortalama Denklemi			
C	-0.0003 0.1372	0.0001 0.4718	-0.00006 0.7700
Varyans Denklemi			
α_0	0.000005 0.0000	0.000005 0.0000	0.000005 0.0000
α_1	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

Tablo II.8. USD Serisi GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) Modelleri Hata Terimi Ardışık Bağlanım Testleri

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 II.9 EUR Serisi GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) Modelleri Hata Terimi Ardışık Bağlanım Testleri

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 II.10. GBP Serisi GARCH(1,1), EGARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) Modelleri Hata Terimi Ardışık Bağlanım Testleri

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.

EK III

NİSAN 2002- AĞUSTOS 2007 DÖNEMİ MODEL SONUÇLARI

Tablo III.1. AR(1) Modeli Katsayı Tahminleri (01 Nisan 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 III.2. AR(2) Modeli Katsayı Tahminleri (01 Nisan 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 III.3. ARMA(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri(01 Nisan 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 III.4. ARCH(1) Modeli Katsayı Tahminleri (01 Nisan 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 III.5. GARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri (01 Nisan 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 III.6. EGARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri (01 Nisan 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 III.7. GJR-GARCH(1,1) Modeli Katsayı Tahminleri (01 Nisan 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

