

---

## ABD DOLARI/TÜRK LİRASI DÖVİZ KURUNUN OTOREGRESİF KOŞULLU DEĞİŞEN VARYANS MODELLERİ İLE İNCELENMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

---

Funda İŞÇİOĞLU<sup>1</sup>, Emrah GÜLAY<sup>2</sup>

### Öz

Döviz kurları dünya çapında ilgi gören önemli bir finansal problemdir. Bu çalışmada, döviz kurunda meydana gelen günlük değişimlerin modellenmesinde genelleştirilmiş otoregresif koşullu varyans modellerinin performansı, GARCH, EGARCH ve TARCH yöntemleri kullanılarak günlük veriler üzerinden 04.01.2010 ve 17.03.2017 dönemi için incelenmiştir. Tüm modellerden elde edilen sonuçlar, oynaklığın kalıcı olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda, AR(2)-EGARCH(2,2,2) modelinden elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı asimetrik etkilerin varlığını doğrulamaktadır. Asimetrik modellerden, EGARCH ve TARCH gibi, elde edilen sonuçlar kaldıraç etkisi hipotezini reddedememektedir. Bu durum oynaklık üzerinde negatif ve pozitif şokların etkisinin aynı olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak, çalışmadan elde edilen sonuçların gerek yatırımcılara gerekse karar alıcılara ülke ekonomisindeki döviz kuru istikrarının güçlendirilmesinde ve yatırım stratejilerinin anlaşılmasında uygun kararların alınması aşamasında yararlı bir ön bilgi ve bir referans sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Döviz kuru, ARCH etkisi, Oynaklık, EGARCH-TGARCH Modelleri

**JEL Sınıflandırması:** C53, C58

---

## ANALYSIS OF US DOLLAR/TURKISH LIRA EXCHANGE RATE BY AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTICITY MODELS: THE CASE OF TURKEY

---

### Abstract

Exchange rates, which have attracted much attention throughout the world, are an important financial problem. In this study, we investigate the performance of generalized autoregressive conditional heteroscedasticity models by employing GARCH, EGARCH and TARCH models using daily data over the period 04.01.2010 to 17.03.2017 in terms of modelling the daily changes in exchange rate. All results obtained from the models show that volatility was persistent. In addition, the findings of AR(2)-EGARCH(2,2,2) model verify that there is existence of statistically significant asymmetric effects. The results from all asymmetry models emphasize that the hypothesis of leverage effect cannot be rejected because the effects of negative and positive shocks have not same impact on volatility. As a result, the findings of this study provide relevant information and benchmark for policy makers and investors in decision making to comprehend investment strategies and enhance exchange rate stability in economy.

**Keywords:** Exchange Rate, ARCH effect, Volatility, EGARCH-TGARCH Models

**JEL Classification:** C53, C58

---

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, funda.iscioglu@ege.edu.tr, ORCID:000-0002-2037-3889.

<sup>2</sup> Yrd. Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü, emrahgulay2011@gmail.com, ORCID:0000-0001-7825-333X

### 1. Giriş

Döviz kurunda meydana gelen dalgalanmaların; ithalatçı, ihracatçı, yatırımcı, borsacı, banker, turist, ticari firmalar, finansal kuruluşlar ve politika belirleyiciler gibi tüm oyuncularını etkilediği bilinmektedir (Karuthedath ve Shanmugasundaram, 2012). Bunun sonucunda, döviz kurunda meydana gelen hareketlenmelerin uygun bir biçimde modellenmesi gerekmektedir.

Oynaklık terimi genellikle basit olarak risk ile eşanlamlıdır. Yüksek oynaklık piyasa dalgalanmasının bir göstergesi olarak düşünülmektedir. Oynaklığın gerçekte ne anlama geldiği sorusunun açıklanması ile başlamak en azından çalışmanın amacının açıklanmasına yönelik olarak yararlı olacaktır. Oynaklık, belirsiz bir değişkenin tüm olası sonuçlarının yayılımına karşılık gelmektedir. Finansal piyasalarda, genellikle varlık getirilerinin yayılımı ile ilgilenilmektedir. Döviz kurunda meydana gelen oynaklık ise ilgili para biriminin ülkeye giriş ve çıkışları nedeniyle döviz kurundaki değişimlerin miktarına karşılık gelmektedir. İstatistiksel olarak, oynaklık çoğunlukla örneklem standart sapması ( $\hat{\sigma}$ ) olarak ölçülmektedir (Poon ve Granger, 2003).

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (r_t - \mu)^2} \quad (1)$$

Denklem (1)'de  $r_t$ , t günündeki getiriyi göstermektedir ve  $\mu$  ise tüm T gün üzerinden ortalama getiriyi ifade etmektedir.

Bazı durumlarda  $\sigma^2$ , oynaklık ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Varyans, basitçe standart sapmanın karekökü olduğu için, iki finansal varlığın oynaklığı karşılaştırıldığında hangi ölçünün kullanıldığı fark yaratmamaktadır. Ancak varyans, standart sapmaya göre oynaklık tahmininin belirlenmesinde ölçüt olarak daha az kullanılmakta ve tercih edilmektedir. Ayrıca standart sapma, ortalama ile aynı ölçü birimine sahiptir. Döviz kuru piyasasında meydana gelen oynaklık sorunu özellikle Bretton Woods döviz kuru sisteminin 1973'te terk edilmesinden ve sabit kurdan dalgalı kur mekanizmasına geçilmesinden sonra finansal araştırmalarda çok önemli bir konu haline gelmiştir.

Finansal piyasalarda önemli bir rol oynayan oynaklığın modellenmesi ve öngörülenmesi üzerine çalışmalar yapan birçok araştırmacının özellikle son yıllarda bu konuya olan ilgilerinin her geçen gün arttığı görülmektedir. Literatürde, oynaklığın modellenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda çeşitli modellerin kullanıldığı görülmektedir. Bu modellerden en başarılısının Bollerslev (1986) tarafından önerilen GARCH modelleri olduğu bilinmektedir. Bu modellerin çıkış noktası olarak, Engle (1982) tarafından önerilen ARCH modellerinin ortaya çıkmasında etkili olan düşünce gösterilebilir. Bollerslev (1986), ARCH modelleri yapısına asimetriklik, uzun hafıza veya yapısal kırılma gibi özellikler ekleyerek Engle (1982) tarafından önerilen ARCH modelini geliştirmiştir. GARCH modellerinin gerek finansal piyasalar ile gerek diğer bilim dalları ile çalışanlar açısından popüler olmasının en önemli nedeni, zamanla değişen oynaklık, süreklilik ve oynaklık kümelenmesi gibi olguları yakalamasından kaynaklanmaktadır (Gülay ve Emeç, 2013).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de döviz kurunda meydana gelen oynaklığı en iyi modelleyen yaklaşımı ortaya koymaktır. Bu doğrultuda, çalışmanın ikinci bölümünde hem dünyada hem de Türkiye'de döviz kuru oynaklığının modellenmesi üzerine yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde döviz kuru oynaklığının modellenmesinde kullanılan yöntemler açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde ise uygulama başlığı altında öncelikle ele alınan veri seti açıklanmış, sonra oynaklık modellenmesi için gerekli olan analizler sırasıyla uygulanarak, analiz sonuçları yorumları ile birlikte verilmiş ve son olarak da elde edilen model tahmin sonuçları artı ve eksi yönleri ile irdelenerek sunulmuştur. Son bölümde ise bu uygulama sonucunda elde edilen tahmin sonuçları tartışılarak ileriye dönük öngörülerde bulunulmuştur.

## 2. Literatür

Bu bölüm, bir ekonomide döviz kuru oynaklığının modellenmesi üzerine literatürde mevcut olan çalışmaları ele almaktadır. Belirli bir ekonomide, döviz kuru oynaklığının modellenmesi üzerine çeşitli araştırmalar ve görüşler bulunmaktadır. Finansal zaman serilerinin oynaklık kümelemesi ve aşırı basıklık gibi karakteristik özellikler gösterme eğiliminde olduğu bilinilmektedir. Bollerslev (1986) tarafından literatüre kazandırılan Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans modeli (GARCH) finansal zaman serilerinin modellenmesinde kullanılan popüler bir yaklaşımdır. Daha sonra Nelson (1991) tarafından kaldıraç etkilerini yakalayabilmek için geliştirilen üstel GARCH (EGARCH) modeli başta olmak üzere GARCH modelinin türevleri literatüre kazandırılmıştır. Literatür iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım döviz kuru oynaklığına ilişkin dünya üzerinde yapılan çalışmaları ele alırken, ikinci kısım Türkiye’de döviz kuru oynaklığının modellenmesi üzerine olan çalışmalara yer vermektedir.

### 2.1. Dünya’da Döviz Kuru Oynaklığı Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Bu bölümde, döviz kuru oynaklığı çalışmaları kaldıraç etkisini ve asimetriyi ele alan çalışmalar ile farklı dağılımların modelleme üzerindeki etkisini gösteren çalışmalar olarak iki grupta ele alınmıştır.

Engle ve Patton (2001) tarafından kaldıraç etkisinin incelendiği çalışmada, pozitif ve negatif şokların oynaklık üzerinde farklı etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Longmore ve Robinson (2004) tarafından yapılan çalışmada ise, asimetric oynaklık modelleri kullanarak döviz kuru oynaklığının modellenmesinde döviz kurundaki şokun asimetric etkileri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada, açıklama gücü bakımından doğrusal olmayan GARCH modellerinin doğrusal modellere göre daha iyi olduğunu göstermişlerdir. Balaban (2004) yaptığı çalışmasında, simetrik ve asimetric GARCH modellerini karşılaştırmıştır. USD / Mark getiri serisinin kullanıldığı bu çalışmada, GARCH(1,1), GJR-GARCH(1,1) ve EGARCH(1,1) oynaklık denklemleri ele alınmıştır. EGARCH modelinin diğer iki modele göre daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Hansen ve Lunde (2005) yaptıkları çalışmalarında, GARCH(1,1) modeli ile daha karmaşık modelleri karşılaştırdıklarında modelleme açısından daha kötü bir performans gösterdiğine ilişkin bir kanıt bulamamışlardır. GARCH(1,1) modelinin asimetric modeller dışında döviz kuru oynaklığının modellenmesinde diğer modellere göre daha üstün bir performans gösterdiğini belirlemişlerdir. Liu ve diğerleri (2009) çalışmalarında, Çin hisse senedi piyasası oynaklığının modellenmesinde aşırı basık asimetric dağılım altında ele alınan GARCH modelinin normal dağılım altında ele alınan GARCH modeline göre daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır. Olowe (2009) yaptığı çalışmasında, GARCH modeli ve GARCH modelinin beş farklı türevini kullanarak naira/dolar döviz kuru oynaklığını modellemiştir. Hataların normal dağıldığı durumda, oynaklık kalıcı olarak bulunmuş ve varyans denkleminde tüm katsayılar anlamlı olarak bulunmasına rağmen, asimetric modeller kaldıraç etkisinin varlığını belirleyememiştir.

Tüm bu çalışmaların yanında dağılım özellikleri ile ilgili vurgulanan çalışmalarda öncelikle Wilhelmsson (2006) çalışmasında, hataların kalın kuyruk dağılımı gösterdiği varsayımı altında dokuz farklı GARCH(1,1) modeli tahminlemiştir. Standard & Poor’s 500 endeksinin kullanıldığı çalışmada oynaklığın modellenmesinde aşırı basık özelliği gösteren dağılımların daha üstün performans gösterdiği belirlenmiştir. Chuang ve diğerlerinin (2007) çalışmalarında ise, student’s t dağılımı altında tahminlenen GARCH modelinin, üstel ve normal dağılım altında tahminlenen GARCH modeline göre daha iyi olduğunu gösterilmiştir.

### 2.2. Türkiye’de Döviz Kuru Oynaklığı Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Döviz kuru oynaklığı ile ilgili olarak literatürde özellikle Türkiye’deki araştırmacılar tarafından yapılmış pek çok farklı çalışma da mevcuttur. Akgül ve Sayyan (2008) yaptıkları çalışmalarında, TL’ye karşılık US, Avustralya ve Kanada doları, Yen, Euro ve Pound getirilerinin oynaklığının modellenmesi üzerine GARCH modellerini kullanmışlardır. TL’ye karşılık Pound serisi hariç tüm getirilerin asimetric etkilere sahip olduklarını bulmuşlardır. Soyaş ve Ünal (2010) çalışmalarında ise,

TRL/USD, TRL/EURO ve TRL/GBP serilerini kullanarak Türkiye döviz piyasalarında oynaklığın modellenmesinde AR ve ARMA modelleri ve ARCH süreçlerini kullanılmıştır. USD serisi için üstel ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi (EWMA), GARCH(1,1) ve GJR-GARCH(1,1) modelleri en uygun bulunurken, EUR serisi için GARCH(1,1) ve GBP serisi içinde EWMA modeli bulunmuştur. Uysal ve Özşahin (2012) çalışmalarında, TL/USD döviz kuru oynaklığının modellenmesinde GARCH(1,1) modelini en uygun model olarak belirlemişlerdir. Son yıllarda konu ile ilgili Emeç ve Özdemir (2014) çalışmalarında, USD/TL günlük verileri kullanarak döviz kuru oynaklığını GARCH ve türevi modeller yardımı ile incelemişlerdir. GARCH(1,1), EGARCH(1,1), TGARCH(1,1) ve APARCH(1,1) modellerinin student's t dağılımı altında, normal ve genelleştirilmiş üstel dağılıma göre daha iyi olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, asimetrik etkileri dikkate alan otoregresif koşullu değişen varyans modellerinin oynaklığın modellenmesinde daha iyi olduklarını tespit etmişlerdir. Sağlam ve Başar (2016) çalışmalarında ise, USD, EUR ve GBP serilerine ait oynaklık modellenmesinde ARCH, GARCH, EGARCH ve TARARCH modelleri kullanılmıştır. Bu çalışmada EUR ve USD serileri için asimetrik modeller en iyi performans gösterirken, GBP serisi için simetrik modeller en iyi sonucu vermiştir.

### 3. Yöntem

#### 3.1. Finansal Verilere İlişkin Ampirik Bulgular ve En Çok Karşılaşılan Dağılım Türleri

Hisse senedi fiyatlarının, borsa endekslerinin veya döviz kurlarının logaritmik olarak hesaplanan getirileri ( $X_t = \log P_t - \log P_{t-1}, t=1,2,\dots$ ) çoğunlukla aşağıdaki özellikleri göstermektedir (Cont, 2001):

1) Veri aralığına ilişkin küçük ve büyük değişimlerin frekansı oldukça yüksek ise bu durum verinin normal dağılımdan gelmediğini aksine kalın kuyruk dağılımı gösteren bir dağılımdan geldiği yönünde bir düşüncenin oluşmasını sağlamaktadır.

2) Bir logaritmik getirideki küçük ve büyük değerler kümelenme olgusu eğilimindedir. Bu durum kuyruklarda bir bağımlılığın olduğunu göstermektedir. Mandelbrot(1963), "büyük değişimlerin büyük değişimler, küçük değişimlerin küçük değişimler tarafından takip edilme eğiliminde" olduğunu ifade etmektedir. Bu özellik oynaklık kümelenmesi olarak adlandırılmaktadır.

3) Hisse senedi fiyatlarındaki değişimler oynaklıktaki değişimler ile negatif ilişkili olma eğilimindedir. Oynaklık aynı büyüklükteki pozitif bir şok sonrasında göre negatif şok sonrası daha yüksektir. Buna kaldıraç etkisi denilmektedir.

4) Diğer bir özellik ise verideki uzun hafıza durumudur. Verinin örnek otokorelasyonları küçük olmakta ancak mutlak ve karesel değerlerin örnek otokorelasyonları büyük gecikme değerlerinde bile önemli ölçüde sıfırdan farklı olmaktadır. Bu davranış, veri setinde bir tür uzun hafıza özelliğinin olduğu düşüncesini bize vermektedir.

5) Aylık, altı aylık veya yıllık logaritmik getirilerin dağılımının saatlik veya günlük logaritmik getirilerin dağılımına göre, normal dağılıma daha yakın olduğu gözlemlenmektedir.

Finansal zaman serisi  $\{X_t\}$  nin gözlemleri çoğunlukla normal(Gaussian) olarak varsayılan bir dağılıma sahiptir. Yapılan çalışmaların çoğunda elde edilen ampirik bulgular gerçekte bu durumun farklı olduğunu ve finansal zaman serisi gözlemlerinin normal dağılımdan çok kalın kuyruk dağılımına sahip olduğunu göstermektedir. Literatürde yer alan çoğu çalışmada yaygın bir biçimde kullanılan dağılım türleri aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

#### Normal Dağılım

Normal dağılım simetrik bir dağılım olup, yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (2)$$

Burada  $\mu$  stokastik değişkenin beklenen değerini,  $\sigma^2$  ise varyansını göstermektedir. Yoğunluk fonksiyonunun,  $\mu=0$  ve  $\sigma^2=1$  olduğu durum standart normal dağılım olarak adlandırılmaktadır (Berggren ve Folkelid, 2014).

#### Student's t Dağılımı

Student's t dağılımı veya t-dağılımı aşağıdaki yoğunluk fonksiyonu ile ifade edilmektedir (Heracleous, 2003).

$$f_x(x; v) = \frac{\Gamma[(v+1)/2]}{\sqrt{v\pi}\Gamma(v/2)} \left(1 + \frac{x^2}{v}\right)^{-(v+1)/2} \quad (3)$$

Burada v serbestlik derecesidir ( $v > 2$ ). Normal dağılımda olduğu gibi t- dağılımı da simetrik bir dağılımdır. Dağılımın ortalaması, varyansı ve basıklığı aşağıdaki gibidir.

$$1) \mu = 0, \quad v \geq 2 \quad 2) \sigma^2 = \frac{v}{v-2}, \quad v \geq 3 \quad 3) \gamma_2 = \frac{6}{v-4}, \quad v \geq 5$$

Birim varyanslı student-t dağılımının yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$f_x(x; v) = \frac{\Gamma[(v+1)/2]}{\sqrt{v\pi}\Gamma(v/2)} \left(1 + \frac{x^2}{v-2}\right)^{-(v+1)/2} \quad (4)$$

### 3.2. Oynaklığın Tahmininde Kullanılan Yöntemler ve Tahminleme Metotları

Şuana kadar yapılan çoğu çalışmada, zaman serisine ilişkin istatistiksel analizler koşullu birinci moment üzerine odaklanmıştır. Ekonomik karar alma modellerinde risk ve belirsizliğin artan bir rol oynaması ve aynı zamanda risk ve oynaklık ölçümlerinin zaman içerisinde değişkenlik göstermesi zaman serisi verilerine ilişkin ikinci momentin modellenmesi için yeni zaman serisi tekniklerinin gelişmesini sağlamıştır. Otoregresif Koşullu Farklı Varyans (ARCH) ve Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Farklı Varyans (GARCH) modelleri koşullu ikinci momentin bağımlılığı ile ilgilenmekte ve dalgalanma derecesinin yüksek olduğu durumdaki süreçlerin modellenmesinde önemli katkılar yapmaktadır. Özellikle kalın kuyruk dağılımı gösteren finansal zaman serilerinin analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Gülay ve Emeç, 2013).

#### 3.2.1. ARCH Modeli

$r_t$ , döviz kuru getiri oranı olsun. Engle (1982) ve Taylor (1986)'a göre ARCH modeli ortalama ve oynaklık denklemleri ile aşağıdaki gibi karakterize edilmektedir.

$$r_t = E(r_t | I_{t-1}) + \varepsilon_t = \mu_{t|t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Burada  $I_{t-1}$ , t-1 zamanındaki bilgiyi göstermektedir ve  $\mu_{t|t-1} = E(r_t | I_{t-1})$  eşittir.  $\mu_{t|t-1}$ ,  $r_t$ 'nin koşullu ortalamasıdır öyle ki t-1 zamanına kadar ilgili tüm bilgileri içeren bilgi kümesinin bir fonksiyonudur.  $\sigma_{t|t-1}^2$  ise t-zamanındaki koşullu varyans yani ortalamadan sapmaların karesinin beklenen değeri olarak tanımlanmaktadır.

$$\sigma_{t|t-1}^2 = E\left[\left(r_t - \mu_{t|t-1}\right)^2 | I_{t-1}\right] = E\left(\varepsilon_t^2 | I_{t-1}\right) \quad (6)$$

Koşullu ortalama  $\mu_{t|t-1}$  sifıra eşittir bu durumda finansal getirilerin ortak bir özelliğidir. Koşullu varyans ise  $\sigma_{t|t-1}^2 = E\left(r_t^2 | I_{t-1}\right)$  haline gelmektedir. Varyansı etkin bir biçimde modellemek için hata teriminin karakteristik özelliği ve koşullu varyans dikkate alınmalıdır. Hata terimi  $\varepsilon_t = \sigma_{t|t-1} z_t$

gibi çarpımsal olarak varsayılmaktadır. Eşitlikte yer alan  $z_t$  terimi,  $E(z_t) = 0$  ve  $Var(z_t) = 1$  olacak şekilde bağımsız ve özdeş olarak dağıldığı varsayılmaktadır. Böylece ARCH(p) modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\sigma_{t|t-1}^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 \quad (7)$$

Denklem(7)'den,  $r_t$ 'nin koşullu varyansının  $\varepsilon_{t-i}, i = 1, 2, \dots, p$  değerlerinin bir fonksiyonu olduğu anlaşılmaktadır. Veri setinin modellenenebilesi için  $p$ 'nin derecesinin belirlenmesi gerekmektedir. ARCH modelindeki  $p$ 'nin değeri Akaike bilgi kriteri (AIC) veya karesel getirilerin örnek kısmi otokorelasyon fonksiyonu(PACF) kullanılarak belirlenebilir. Araştırmalar ARCH modelinin doğru olarak modellenenebilesi için yüksek bir  $p$  değeri gerektirdiğini göstermektedir (Hansen ve Lunde, 2005; Bollerslev ve diğerleri, 1992).

### 3.2.2. GARCH Modeli

Genelleştirilmiş ARCH modeli (GARCH) ilk olarak Bollerslev(1986) tarafından literatüre kazandırılmıştır. GARCH modeli sonsuz dereceli ARCH modeline dayanmaktadır ve parametreler üzerine doğrusal olmayan sınırlamalar koyarak tahminlenen parametrelerinin sayısının azalmasına izin vermektedir. Standart GARCH(p,q) modeli aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (8)$$

GARCH modelinin katsayılarının koşullu varyansı pozitif elde etmek amacıyla pozitif olduğu varsayılmaktadır. Zivot(2009), koşullu varyans denkleminde üç parametreye sahip olan GARCH(1,1) modelinin finansal zaman serilerini modellemede yeterli olduğunu ifade etmektedir.

### 3.2.3. EGARCH Modeli

EGARCH modeli Nelson(1991) tarafından önerilmiştir. Bu modelde, koşullu varyansın doğal logaritması hataların gecikmelerinin işareti ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla pozitif varyans elde etmek için parametreler üzerindeki kısıtlamalar kaldırılmaktadır. Böylece bu durum modelin, varlık getirisinin pozitif ve negatif gecikmeli değerleri için asimetrik olarak cevap vermesine olanak sağlamaktadır.

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \left\{ \alpha_i \varepsilon_{t-i} + \gamma_i \left[ |\varepsilon_{t-i}| - E(|\varepsilon_{t-i}|) \right] \right\} + \sum_{j=1}^q \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2) \quad (9)$$

Logaritmik koşullu varyans üzerinde pozitif şokların etkisi ( $\alpha_i + \gamma_i$ ) ile yakalanırken, negatif şokların etkisi ( $\alpha_i - \gamma_i$ ) ile belirlenmektedir. EGARCH modelinin oynaklık üzerindeki pozitif ve negatif şokların etkisini ayırması GARCH modelinden olan farkını ortaya koymaktadır.

### 3.2.4. TGARCH Modeli

Eşik GARCH modeli (TGARCH) Zakoian (1994) tarafından önerilmiştir. TGARCH modeli, Glosten ve diğerleri (1993) tarafından önerilen GJR-GARCH modeline benzer olup, koşullu varyansı doğrusal bir parçalı fonksiyon olarak tanımlamaktadır. Özellikle TGARCH(1,1) modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma D_t \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (10)$$

$$D_{t-1} = \begin{cases} 1 & \varepsilon_{t-1} < 0 \\ 0 & \varepsilon_{t-1} \geq 0 \end{cases} \quad (11)$$

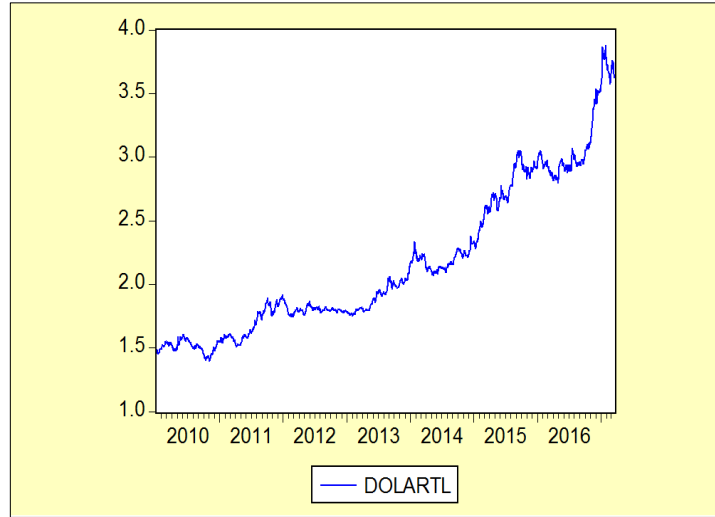
Modelde yer alan  $\gamma$  katsayısı asimetri veya kaldıraç parametresi olarak bilinilmektedir. İyi haberler ( $\varepsilon_{t-1} > 0$ ) ve kötü haberler ( $\varepsilon_{t-1} < 0$ ) koşullu varyans üzerinde farklı etkilere sahiptir. İyi haberler  $\alpha_i$  etkisine sahip iken, kötü haberler  $\alpha_i + \gamma_i$  etkisine sahiptir. Bu nedenle  $\gamma$  anlamlı ve pozitif ise negatif şokların  $\sigma_t^2$  üzerindeki etkisi pozitif şoklara göre daha fazladır.

#### 4. Bulgular

Bu bölümde ilk olarak döviz kuru serisinin yapısı istatistiksel olarak ortaya konulacak daha sonra serinin yapısına en uygun model belirlenerek modelleme ile ilgili yorumlar yapılacaktır. Bu çalışmada "www.investing.com" sitesinden, 04.01.2010 ve 17.03.2017 tarihleri arasında, hafta sonları ve resmi tatiller hariç, ABD Dolar/TL döviz kuru serisinin günlük ortalama değerleri (gün içerisindeki en yüksek ve en düşük fiyat baz alınarak hesaplanan) olan toplam 1880 adet veri alınarak uygulamaya başlanmıştır. Tüm analizlerde Eviews 5 paket programı kullanılmıştır.

Döviz kuru serisinin ilk olarak zaman yolu grafiği çizilerek serinin yapısı hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Grafik 1'de verilen zaman yolu grafiği, serinin durağan olmadığı yönünde bilgi vermektedir. Seride artan yönde bir trend varlığından söz edilebilir. Ayrıca seride oynaklık kümelenmesi göze çarpmaktadır.

Grafik 1: ABD Doları/TL Kuru Zaman Yolu (2010-2017 Dönemi)



Seride göze çarpan trend etkisi sonucunda seri özellikle trend ve kesme parametrelili model ile tahmin edilerek model tahmini sonucu elde edilen artıkların normallik varsayım kontrolleri de yapılmıştır. Artıkların normallik varsayımını sağlamadıkları histogram, korelogram ve birim kök testi sonuçları ile ayrıca incelenmiştir. Özellikle döviz kuru serisinde otokorelasyon varlığını araştırmak amacıyla korelogram testi uygulanmış ve otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları incelenerek seride otokorelasyon olduğu tespiti yapılmıştır. Seride otokorelasyonun varlığı serinin durağan olmadığına bir göstergesidir. Serinin durağanlığı ayrıca Dickey-Fuller Birim Kök testi ile de araştırılmıştır. Birim kök testi ile seride birim kökün varlığını ya da diğer bir deyişle serinin durağan olmadığını söyleyen yokluk hipotezi ( $H_0$ ) sınanmıştır. Birim kök testi sonuçları Tablo 1 ile verilmektedir.

Sonuçlar incelendiğinde, kesmeli ve trendli model için test istatistiği değeri (-0.802422) %1, %5 ve %10 önem seviyelerindeki kritik değerden mutlak değerce daha küçük olduğu için serinin birim köke sahip olduğunu söyleyen yokluk hipotezi reddedilememektedir. Benzer yorumlar kesmesiz ve trendsiz, kesmeli ve trendsiz modeller için de yapılabilir. Bu yorumlar sonucunda serinin durağan olmadığı söylenebilir.

Tablo 1: Döviz Kuru Serisi için Birim Kök Testi Sonuçları

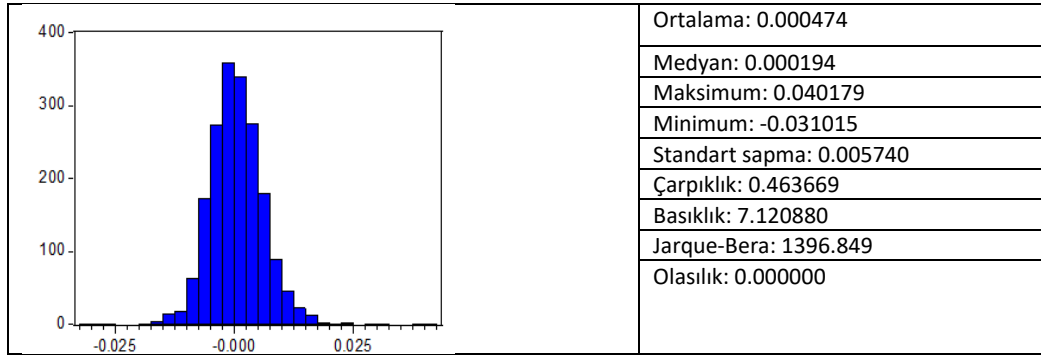
Anlamlılık Düzeyi	Denklem kesmesiz ve trendsiz ( $t_{\delta} = 3.9241$ )	Denklem kesmeli ve trendsiz ( $t_{\delta} = 1.834369$ )	Denklem kesmeli ve trendli ( $t_{\delta} = -0.802422$ )
%1	-2.566193	-3.433629	-3.962933
%5	-1.940992	-2.862875	-3.412202
%10	-1.616586	-2.567527	-3.128026
DF istatistiği	$t_{\delta} > \tau$	$t_{\delta} > \tau_{\mu}$	$t_{\delta} > \tau_{\tau}$
Karar	$H_0$ reddedilemez	$H_0$ reddedilemez	$H_0$ reddedilemez

Bir sonraki aşamada seriyi durağanlaştırmak amacıyla günlük logaritmik döviz kurlarının farkı alınarak, aşağıdaki eşitlik ile de verilen getiri serisi ( $R_t$ ),

$$R_t = \log\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (12)$$

elde edilmiştir. Burada  $P_t$ , t anındaki döviz kurununun günlük ortalama değeri,  $P_{t-1}$  ise (t-1) anındaki döviz kurununun günlük ortalama değerini ifade etmektedir.

Grafik 2: Döviz Kuru Getiri Serisi Histogramı ve Tanımlayıcı İstatistikleri



Getiri serisine ait histogram Grafik 2'de incelendiğinde serinin tek tepeli olduğu, sıfır ortalama etrafında yayılım gösterdiğini söylemek mümkündür. Fakat çarpıklık katsayısının(0.463669) pozitif olması serinin sağa çarpık olduğunu, basıklık katsayısının(7.120880) da kritik değer olan 3'den büyük bir değer olması serinin normal dağılımdan farklı olarak daha dik ve kuyruklarda daha kalın olduğunu bir göstergesidir. Jarque-Bera test istatistiği(1396.849) değerine bakılarak ta serinin normal dağılmadığını tekrar vurgulayabiliriz. Tablo 2'deki sonuçlara bakıldığında kesme ve trend içeren model için DF test istatistiği değeri (-32.36924) %1, %5 ve %10 önem seviyelerindeki kritik değerden mutlak değerce daha büyük olduğu için serinin birim köke sahip olduğunu söyleyen yokluk hipotezi red edilmektedir. Kesmesiz trendsiz ve kesmeli trendsiz modeller içinde benzer yorumlar yapılabilir. Böylelikle döviz kuru getiri serisinin birim kökünün var olmadığı ve serinin durağan olduğu söylenebilir. Döviz kuru getiri serisinin durağanlaştığı belirlendikten sonra, seride otokorelasyon olup olmadığı Breush-Godfrey LM testi ile sınanmıştır. Tablo 3 incelendiğinde, serinin otokorelasyon içermediğini ifade eden yokluk hipotezi ( $H_0$ :Otokorelasyon yoktur) Ki-Kare hesap değerinin(151.0891) tablo değerinden yüksek olması ve ilgili p-değerinin (0.0000 < 0.05) oldukça küçük olmasından dolayı reddedilmektedir. Dolayısıyla döviz getiri serisinde otokorelasyonun varlığından söz edebiliriz.



Tablo 2: Döviz Kuru Getiri Serisi için Birim Kök Testi Sonuçları

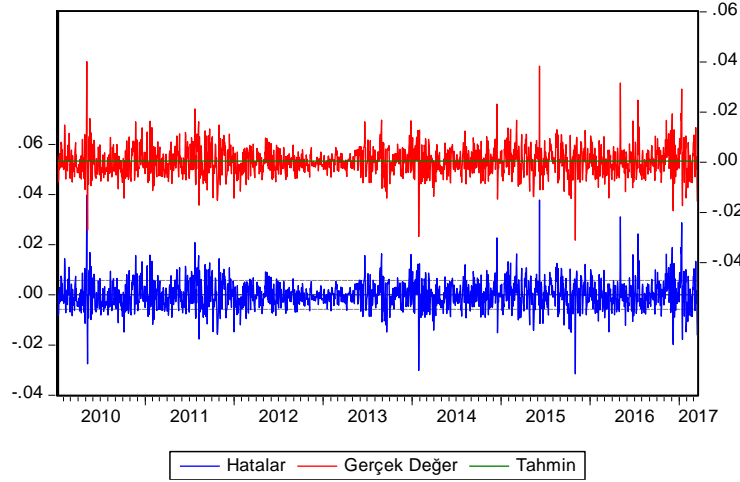
Anlamlılık Düzeyi	Denklem kesmesiz ve trendsiz ( $t_{\hat{\delta}} = -32.18869$ )	Denklem kesmeli ve trendsiz ( $t_{\hat{\delta}} = -32.35453$ )	Denklem kesmeli ve trendli ( $t_{\hat{\delta}} = -32.36924$ )
%1	-2.566194	-3.433631	-3.962936
%5	-1.940992	-2.862876	-3.412203
%10	-1.616586	-2.567528	-3.128027
DF istatistiği	$t_{\hat{\delta}} < \tau$	$t_{\hat{\delta}} < \tau_{\mu}$	$t_{\hat{\delta}} < \tau_{\tau}$
Karar	$H_0$ red edilir.	$H_0$ red edilir.	$H_0$ red edilir.

Tablo 3: Breush-Godfrey LM Testi Sonuçları

F-İstatistiği	164.1255	Olasılık F(1,1877)	0.000000
N*R <sup>2</sup>	151.0891	Olasılık Ki-kare(1)	0.000000

Ayrıca Dolar Kuru Getiri Serisine ait Grafik 3 ile verilen hataların grafiğine bakıldığında, düşük oynaklık hareketlerini düşük oynaklık kümelenmesinin takip ettiğini, büyük oynaklık hareketlerini de büyük oynaklık kümelenmesinin izlediği görülmektedir. Bu bilgiler veri setinin ARCH ailesi modelleri ile modellenebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda, analize başlamadan önce bu ifadeyi istatistiksel olarak kanıtlayabilmek için ARCH testinin yapıp yorumlanması çalışmada kullanılan analizlerin güvenilirliği açısından daha doğru bir yaklaşımdır. Bu amaçla yapılan analiz sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 4' de verilmektedir.

Grafik 3: Dolar Kuru Getiri Serisine ait Hata-Gerçek Değer-Tahmin Değeri Grafiği



Tablo 4 incelendiğinde, seride ARCH etkisinin olmadığı yokluk hipotezi ( $H_0$ :ARCH etkisi yoktur) reddedilmektedir. Döviz kuru getiri serisinde ARCH etkisinin varlığından söz edilebilir. Bu durumda, ARCH etkisinin varlığının istatistiksel olarak elde edilmesi analizinin bundan sonraki kısımlarında ARCH ailesi modellerinin kullanılması gerekliliğini doğrulamaktadır.

Tablo 4: ARCH Testi Sonuçları

F-İstatistiği	39.05525	Olasılık F(1,1877)	0.000000
Ki-kare istatistiği	38.29955	Olasılık Ki-kare(1)	0.000000

Tablo 5: Döviz Kuru Getiri Serisi için Alternatif ARCH-GARCH Modellerinin Tahmin Sonuçları

	Normal Dağılım						Student t-
	ARCH(2)	ARCH(3)	ARCH(4)	ARCH(5)	GARCH(1, 1)	GARCH(2, 1)	GARCH(1, 1)
<b>C</b>	1.92E-05 (0.0000)	1.72E-05 (0.0000)	1.63E-05 (0.0000)	1.38E-05 (0.0000)	2.53E-07 (0.0187)	3.69E-07 (0.0240)	5.54E-07 (0.0105)
$\alpha_1$	0.275718 (0.0000)	0.273888 (0.0000)	0.265176 (0.0000)	0.214016 (0.0000)	0.097235 (0.0000)	0.147931 (0.0000)	0.110261 (0.0000)
$\alpha_2$	0.101884 (0.0001)	0.092581 (0.0003)	0.097680 (0.0001)	0.106500 (0.0000)			
$\alpha_3$		0.090932 (0.0001)	0.083608 (0.0002)	0.099341 (0.0000)			
$\alpha_4$			0.048414 (0.0437)	0.053095 (0.0325)			
$\alpha_5$				0.121172 (0.0000)			
$\alpha_6$							
$\beta_1$					0.904968 (0.0000)	0.296109 (0.0026)	0.878200 (0.0000)
$\beta_2$						0.559345 (0.0000)	
<b>R-kare</b>	0.090721	0.090445	0.090511	0.090291	0.090402	0.090463	0.088867
<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0.088291	0.087526	0.087105	0.086395	0.087971	0.087544	0.085943
<b>Regresyon Hata Kareler Toplamı</b>	0.005479	0.005482	0.005483	0.005485	0.005480	0.005481	0.005486
<b>Artık Hata Kareler Toplamı</b>	0.056171	0.056188	0.056184	0.056197	0.056190	0.056187	0.056285
<b>Log-Olabilirlik</b>	7191.830	7198.353	7200.039	7205.125	7225.349	7230.091	7290.809
<b>F-İstatistiği</b>	37.33481	30.99165	26.57144	23.17553	37.19034	30.99838	30.39820
<b>Olasılık(F-İstatistiği)</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Akaike Kriteri</b>	-7.656718	-7.662603	-7.663334	-7.667688	-7.692434	-7.696420	-7.761117
<b>Schwartz Kriteri</b>	-7.639017	-7.641952	-7.639733	-7.641136	-7.674733	-7.675769	-7.740466
<b>Durbin-Watson İstatistiği</b>	2.030936	2.049338	2.039080	2.029833	2.014366	2.009771	2.064338

Döviz kuru getiri serisindeki ARCH etkisinin varlığı belirlendikten sonra serideki varyans değişikliğini en iyi modelleyen koşullu değişen varyans modellerinin belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Modellemede asimetri etkisini dikkate almayan modellerden ARCH ve GARCH modelleri ile, asimetri etkisini dikkate alan modellerden EGARCH ve TGARCH modelleri kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her bir model normal ve t-dağılımı olmak üzere iki dağılım üzerinden tahmin edilmiştir.

Değişkenliği modellemek için öncelikle ARCH modelleri, daha sonra GARCH modelleri denenmiştir. Tüm modeller öncelikle normal dağılım varsayımı altında uygulanmıştır. İlk olarak parametreleri anlamlı olan modeller uygun modeller olarak belirlenip Tablo 5’de verilmiştir. Uygun modeller arasında en uygun olana karar verirken ise Akaike, Schwarz ve Log-Olabilirlik gibi model seçim kriterlerinden faydalanılmıştır. Bu kriterlere göre en uygun model GARCH(2,1) gibi görünmesine rağmen, bu modelde koşullu varyansın tanımlı olabilmesi için gerekli kriterlere bakıldığında ( $\sum_{i=1}^{\max(2,1)} (\alpha_i + \beta_i) < 1$  kriteri), tahmin edicilerle ilgili kısıtların sağlanmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca normal dağılım altında GARCH(3,1), GARCH(1,2), GARCH(1,3), GARCH(2,2), GARCH(3,2) ve GARCH(2,3) vb. modellerde denemiş ancak gerek parametrelerin anlamsız olması gerekse parametre tahminlerinin pozitiflik koşulunu sağlamamalarından dolayı bu modeller uygun bulunmadığından bu modellere bu tabloda yer verilmemiştir.

Daha öncede ifade edildiği üzere getiri serisinin normal dağılıma uygun olmaması, daha dik bir dağılıma sahip olması ve kalın kuyruk özelliklerinden dolayı, t dağılımı altında model tahminleri tekrar yapılmıştır. Student-t dağılımı altında GARCH(1,1), GARCH(2,1), GARCH(1,3), GARCH(2,1) vb. modeller denenmiş, gerek parametre anlamlılıkları gerekse parametre tahminlerinin pozitiflik koşullarını sağlayan tek model GARCH(1,1) olarak tespit edilmiştir. Bu duruma göre, student-t dağılımı altında belirlenen en uygun model olan GARCH(1,1) model sonuçları Tablo 5’de yer almaktadır.

Tablo 5 incelendiğinde, AR(2)-GARCH(1,1) modelinin katsayıları  $\alpha$  ve  $\beta$ ’nin yüksek derecede anlamlı olduğu görülmüştür. Ayrıca  $\alpha$  ve  $\beta$ ’nin toplamının 1’den küçük olduğu, yani kararlılık şartının sağlandığı görülmektedir. Bununla birlikte, Dolar/TL döviz kuru için  $\alpha + \beta$  değeri 1’e oldukça yakın tahmin edilmiştir. Bu ise koşullu varyansın yüksek derecede oynaklık direnci sergilediğinin bir göstergesidir.  $\alpha$  katsayısının büyüklüğü oynaklığın piyasa hareketlerine karşı tepkisini verirken,  $\beta$  katsayısının büyüklüğü oynaklığın oynaklık direncine karşı tepkisini ifade etmektedir. Bu bağlamda, GARCH gecikmeli katsayısı  $\beta$ , GARCH hata katsayısı  $\alpha$ ’dan daha büyük tahmin edilmiş, bu da oynaklık direncinin etkisinin, oynaklığın piyasadaki fiyat değişimlerine karşı anlık tepkisinden daha yüksek olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Student-t dağılımı altında tahmin edilen AR(2)-GARCH(1,1) modeli koşulsuz varyansı gecikmeli hata terimlerinin işaretlerinden bağımsız olarak sadece büyüklüklerinin bir fonksiyonu olarak tanımladığından, oynaklık yapısındaki asimetriyi yakalamakta başarısız kalmaktadır. Bu çerçevede, döviz kuru getiri serisini tahmin için, oynaklık yapısındaki asimetriyi hesaba katan EGARCH ve TARARCH modelleri t-dağılımı varsayımı altında, bir sonraki adımda ele alınmıştır.

EGARCH modelinde koşullu varyans logaritmik olarak modellendiği için parametrelerde herhangi bir kısıt söz konusu değildir. Çünkü parametreler negatif olsa dahi varyans daima pozitif çıkacaktır. Tablo 6 incelendiğinde en uygun modeli belirlemek için En çok olabilirlik, Akaike ve Schwartz kriterlerine göre en uygun modelin, AR(2)-EGARCH(2,2,2) olduğu belirlenmiştir. Varyans denklemi tahmin sonuçları incelendiğinde asimetri etkisini gösteren  $\gamma_1$  ve  $\gamma_2$  katsayılarının toplamlarının pozitif ve yüksek derecede anlamlı olduğu görülmektedir. Bu durum pozitif şokların negatif şoklara kıyasla Dolar kuru oynaklığını daha fazla arttırdığını göstermektedir. Pozitif şok ilgili döviz kurunun değerinin artması, diğer bir ifade ile Türk Lirasının değer kaybetmesi olarak tanımlanmıştır.

Tablo 6: Döviz Kuru Getiri Serisi için Alternatif AR(2)-EGARCH-TARCH Modelleri Tahmin Sonuçları

		EGARCH(1,1,1)	EGARCH(1,2,1)	EGARCH(2,2,2)	TARCH(1,1,1)	TARCH(1,2,1)	TARCH(2,2,2)
<b>C</b>		-0.443396 (0.0000)	-0.288513 (0.0002)	-0.028315 (0.0000)	6.16E-07 (0.0032)	3.20E-07 (0.0111)	3.10E-08 (0.0503)
<b><math>\alpha_1</math></b>		0.166034 (0.0000)	0.270116 (0.0000)	0.230233 (0.0000)	0.139136 (0.0000)	0.192852 (0.0000)	0.308745 (0.0000)
<b><math>\alpha_2</math></b>			-0.149723 (0.0148)	-0.214973 (0.0000)		-0.103844 (0.0190)	-0.290045 (0.0000)
<b><math>\gamma_1</math></b>		0.066930 (0.0000)	0.059262 (0.0000)	0.121106 (0.0000)	-0.082099 (0.0017)	-0.055097 (0.0044)	-0.236680 (0.0000)
<b><math>\gamma_2</math></b>				-0.110384 (0.0002)			0.216093 (0.0000)
<b><math>\beta_1</math></b>		0.970453 (0.0000)	0.981740 (0.0000)	1.730907 (0.0000)	0.883687 (0.0000)	0.927892 (0.0000)	1.347682 (0.0000)
<b><math>\beta_2</math></b>				-0.732430 (0.0000)			-0.358025 (0.0000)
T-Dağılımı serbestlik derecesi		8.253553	8.509925	8.742273	7.794031	8.040240	19.62022
R-kare		0.089483	0.089423	0.089739	0.089081	0.089105	0.090780
Düzeltilmiş R-kare		0.086073	0.085524	0.084860	0.085670	0.085203	0.085907
Regresyon Hata Kareler Toplamı		0.005486	0.005488	0.005490	0.005487	0.005488	0.005486
Artık Hata Kareler Toplamı		0.056247	0.056251	0.056231	0.056272	0.056271	0.056167
Log Olabilirlik		7308.933	7312.174	7318.550	7296.820	7299.054	7300.600
F-İstatistiği		26.23996	22.93090	18.39604	26.11069	22.084115	18.63084
Akaike Kriteri		-7.779364	-7.781752	-7.786415	-7.766457	-7.767772	-7.767288
Schwarz Kriteri		-7.755763	-7.755201	-7.753963	-7.742856	-7.741220	-7.734837
Durbin-Watson İstatistiği		2.073485	2.078002	2.069757	2.070322	2.071911	2.035065

Değişkenliğin modellenmesinde kullanılacak en uygun modelin EGARCH(2,2,2) olduğuna karar verildikten sonra bu modele ait elde edilen tahmin sonuçları Tablo 7'de verilmektedir.

AR(2)-EGARCH(2,2,2) modelinde asimetri parametreleri  $\gamma_1 = 0.121106 > 0$ ,  $\gamma_2 = -0.110384 < 0$  olarak bulunmuştur. Asimetri parametresinin negatif olması koşullu varyans üzerinde negatif volatilité etkisinin daha çok olduğunu, yani seride kaldıraç etkisinin mevcut olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle piyasalara yansıyan kötü haberlerin volatilité üzerindeki etkisi iyi haberlerin etkisinden daha çok olmaktadır. Diğer yandan  $|\beta_1 + \beta_2| = |1.730907 + (-0.732430)| = 0.998477$  değerinin 1'e yakın olmasıda şoklar sırasında volatilitenin kalıcılığının uzun sürdüğü şeklinde yorumlanabilmektedir.

Student-t dağılımı altında belirlenen en iyi model olan AR(2)-EGARCH(2,2,2) modeli tahmini sonucu serideki ARCH etkisinin varlığının ortadan kalktığı yapılan ARCH LM testi ile tespit edilmiştir. Tablo 8'de farklı gecikme seviyeleri için elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 7: Döviz Kuru Getiri Serisi için AR(2)-EGARCH(2,2,2) Modeli Tahmin Sonuçları

Ortalama Denklemi:				
$usdt_t = b_1usdt_{t-1} + b_2usdt_{t-2}$				
	Katsayı	Standart Hata	z-istatistiği	Olasılık
b1	0.352795	0.023779	14.83630	0.0000
b2	-0.102375	0.023267	-4.400068	0.0000
Varyans Denklemi:				
$\log(\sigma_t^2) = c + \alpha_1 \left  \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right  + \alpha_2 \left  \frac{\varepsilon_{t-2}}{\sigma_{t-2}} \right  + \gamma_1 \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \gamma_2 \frac{\varepsilon_{t-2}}{\sigma_{t-2}} + \beta_1 \log(\sigma_{t-1}^2) + \beta_2 \log(\sigma_{t-2}^2)$				
C	-0.028315	0.003740	-7.569920	0.0000
$\alpha_1$	0.230233	0.046719	4.928082	0.0000
$\alpha_2$	-0.214973	0.046964	-4.577411	0.0000
$\gamma_1$	0.121106	0.029048	4.169177	0.0000
$\gamma_2$	-0.110384	0.029184	-3.782350	0.0002
$\beta_1$	1.730907	0.003710	466.5640	0.0000
$\beta_2$	-0.732430	0.003734	-196.1406	0.0000
t-dağılımı serbestlik derecesi	8.742273	1.019702	8.573364	0.0000
$R^2$	0.089739	Durbin-Watson istatistiği		2.0698
Düzeltilmiş $R^2$	0.084860	Akaike Bilgi Kriteri		-7.7864
Hata Kareleri Toplamı	0.056231	Schwarz Bilgi Kriteri		-7.7539
Log Olabilirlik	7318.550			

Tablo 8: AR(2)-EGARCH(2,2,2) Modeli için ARCH-LM Testi Sonuçları

Gecikme	F-İstatistiği	Olasılık F	N*R <sup>2</sup>	Olasılık Ki-kare
2	0.214472	0.806987	0.429533	0.806730
5	0.284856	0.921572	1.427772	0.921251
10	0.167272	0.998276	1.681116	0.998252

Tablo 8 incelendiğinde Ki-kare test istatistiğine karşılık gelen olasılık değerlerinin yüksek olması dolayısıyla AR(2)-EGARCH(2,2,2) modeli tahmini sonucunda artıklarda değişen varyans durumu ortadan kalktığını söylemek mümkündür. Yani döviz kuru getiri serisinde ARCH etkisi ortadan kalkmıştır.

### 5. Sonuç ve Tartışma

Döviz kuru getiri oynaklığının modellenmesi, finans alanında özellikle deneysel araştırmalarda önemli bir yere sahiptir. Oynaklık, varlık fiyatlaması ve risk yönetimi gibi birçok ekonomi ve finans uygulamalarında önemli bir kavram olarak ele alınmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ABD Doları /Türk Lirası döviz kuru oynaklığını Otoregresif Koşullu Değişen Varyans Modelleri ile açıklamaktır. ABD Doları / Türk Lirası döviz kuru getirisinin oynaklığı, oynaklık kümelenmesi ve kaldıraç etkisi gibi ampirik bulguları yakalayan simetrik ve asimetrik modelleri içeren tek değişkenli genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans modelleri ile modellenmiştir. Çalışmada ele alınan modeller, normal ve student-t dağılımı altında GARCH, EGARCH ve TARCH modellerinden oluşmaktadır. İlk

model simetrik etkileri yakalamak için kullanılırken, diğer iki model asimetrik etkileri yakalamak için kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ABD Doları / Türk Lirası döviz kuru verisi hafta sonları ve resmi tatiller hariç 04.01.2010 ve 17.03.2017 dönemini kapsayacak şekilde "www.investing.com" sitesinden alınmıştır.

Bu çalışmada simetrik modellerden olan GARCH(p,q) modelleri için pek çok deneme yapılmış ve bu denemeler sonucunda parametre ve model anlamlılıklarına göre GARCH(1,1) ve GARCH(2,1) modelleri normal dağılım altında uygun modeller olarak belirlenmiştir. Döviz kuru getiri serisinde yapılan incelemeler sonucunda, gerek normallik varsayımının sağlanmaması (Jarque-Bera test istatistiği ile) gerekse incelenen bazı tanımlayıcı istatistiklerin çarpıcı sonuçları (örneğin basıklık katsayısının 3'den büyük olması gibi) dikkate alındığında, serinin kalın kuyruk özelliği taşıdığı söylenebilir. Bu nedenle GARCH modelleri ayrıca student-t dağılımı altında tekrar modellenerek, en uygun modelin student-t dağılımı altında GARCH(1,1) olduğu belirlenmiştir.

Student-t dağılımı altında tahmin edilen GARCH(1,1) modeli oynaklık yapısındaki asimetriyi yakalamakta başarısız kaldığı için oynaklığın modellenmesinde asimetrik etkiyi hesaba katan EGARCH ve TARCH modelleri student-t dağılımı varsayımı altında tekrar ele alınmıştır. Yapılan pek çok model denemesi sonucunda parametrelerine göre anlamlı olan modeller arasından, AIC, SC ve Log-Olabilirlik kriterlerine göre belirlenen en uygun model tahmini EGARCH(2,2,2) olarak belirlenmiştir. EGARCH(2,2,2) tahmin sonuçları döviz kuru oynaklığında kaldıraç etkisinin varlığını göstermektedir. Bu durum, negatif şokların bir sonraki dönem koşullu varyans üzerinde aynı büyüklükteki pozitif şoklara göre etkisinin daha yüksek olduğunu ifade etmektedir. Bu sonuç, politika uygulayıcılarının Türkiye'de döviz kuru oynaklığını modellerken olası asimetrik etkileri dikkate almaları gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Döviz kuruna pozitif şoklar (öngörülemeyen para birimi değer kaybı) arz edilen üretimin azalmasına, net ihracatın ve para talebinin artmasına neden olabilir. Döviz kuruna olan negatif şoklar ise (öngörülemeyen para birimi değerlenmesi) asgari fiyat deflasyonu ile üretim artışını ve aynı zamanda para talebini azaltmaktadır. Bu durum, net ihracatta meydana gelen azalma ile tutarlıdır. Sonuç olarak çalışmada elde edilen döviz kuru oynaklığı üzerinde asimetrik şokların etkilerinin önemi karar alıcılar açısından bir kez daha vurgulanmaktadır. Türkiye açısından ele alındığında, oynaklık üzerinde negatif şokların etkisinin pozitif şoklara oranla daha fazla olması, döviz kurunda meydana gelen oynaklığın azaltılması yönündeki çalışmaların gereksinimini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda, döviz kurunda meydana gelen oynaklık döviz kuru riskini arttırmamasından dolayı uluslararası ticaret ve yatırım kararlarını etkilemektedir. Türkiye ekonomisi açısından ele alındığında, parasal oynaklık ve dış borçlar döviz kurunda meydana gelen oynaklığın önemli belirleyicileri olarak düşünülebilir. Bu nedenle döviz kurunda oynaklığı azaltmayı amaçlayan daha güvenilir ve istikrara yönelik bir para politikası, dış borç yönetimini de içeren, herhangi bir politika paketi kapsamında önerilmektedir.

#### Kaynakça

- Akgül, I. ve Sayyan, H. (2008). Modelling and Forecasting Long Memory in Exchange Rate Volatility vs. Stable and Integrated GARCH Models. *Applied Financial Economics*, 18(6), 463-483.
- Balaban, E. (2004). Forecasting Exchange Rate Volatility. *Available at SSRN*, Erişim Adresi: <http://ssrn.com/abstract=494482>.
- Berggren, E. ve Folkelid, F. (2014). Which GARCH model is best for Value-at-Risk? Uppsala University, Sweden.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*. 31(3), 307-327.
- Bollerslev, T., Chou, R.Y. ve Kroner, K.F. (1992). ARCH Modeling in Finance: A Review of The Theory and Empirical Evidence. *Journal of Econometrics*, 52(1-2), 5-59.

- Chuang, I.Y., Lu, J.R. ve Lee, P.H. (2007). Forecasting Volatility in The Financial Markets: A Comparison of Alternative Distributional Assumptions. *Applied Financial Economics*, 17(13), 1051-1060.
- Cont, R. (2001). Empirical Properties of Asset Returns: Stylized Facts and Statistical Issues. *Quantitative Finance*. 1(2): 223-236.
- Emeç, H. ve Özdemir, M.O. (2104). Türkiye’de Döviz Kuru Oynaklığının Otoregresif Koşullu Değişen Varyans Modelleri ile İncelenmesi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 51(596), 85-100.
- Engle, R.F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of The Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*. 50(4), 987-1007.
- Engle, R.F. ve Patton, A.J. (2001). What Good Is A Volatility Model. *Quantitative Finance*, 1(2), 237-245.
- Gülay, E. ve Emeç, H. (2013). Farklı Hisse Senedi Piyasalarında İşlem Gören Hisse Senedi Getirilerinin Oynaklığının Tahminlenmesi ve Oynaklık Modellerinin Öngörümleme Performanslarının Karşılaştırılması.(Yayımlanmamış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Glosten, L.R., Jagannathan, R. ve Runkle, D.E. (1993). On The Relation Between The Expected Value and The Volatility of The Nominal Excess Return on Stocks. *The Journal of Finance*, 48(5), 1779-1801.
- Hansen, P. R. ve Lunde, A. (2005). A Forecast Comparison of Volatility Models: Does Anything Beat a GARCH (1, 1)?. *Journal of Applied Econometrics*, 20(7), 873-889.
- Heracleous M. S. (2003). Volatility Modeling Using the Student’s t Distribution. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia.
- Karuthedath, S.K. ve Shanmugasundaram, G. (2012). Foreign Exchange Rate Volatility of Indian Rupee/US Dollar. *XI Capital Markets Conference 21-22 December 2012*. Indian Institute of Capital Markets. Erişim Adresi: <https://ssrn.com/abstract=2258366>
- Liu, H.C., Lee, Y.H. ve Lee, M.C. (2009). Forecasting China Stock Markets Volatility via GARCH Models under Skewed-GED Distribution. *Journal of Money, Investment and Banking*, 7(1).
- Longmore, R. ve Robinson, W. (2004). Modelling and Forecasting Exchange Rate Dynamics: An Application of Asymmetric Volatility Models. *Research Services Department, Bank of Jamaica, Kingston, Working Paper no. WP2004/03*.
- Mandelbrot, B. (1963). The Variation of Certain Speculative Prices. *The Journal of Business*. 36(4), 394-419.
- Nelson, D.B. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica*. 59(2), 347-370.
- Olowe, R.A. (2009). Modelling Naira/Dollar Exchange Rate Volatility: Application of GARCH and Assymmetric Models. *International Review of Business Research Papers*, 5(3), 377-398.
- Piyasa Analiz ve Tahmin Sitesi. (2017). Erişim Adresi: <http://www.investing.com>
- Poon, S.H. ve Granger, C.W. (2003). Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review. *Journal of Economic Literature*, 41(2), 478-539.
- Sağlam, M. ve Başar, M. (2016). Döviz Kuru Oynaklığının Öngörülmesi: Türkiye Örneği. *Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 18(31), 23.

- Soytaş, U. ve Ünal, Ö.S. (2010). Türkiye Döviz Piyasalarında Oynaklığın Öngörülmesi ve Risk Yönetimi Kapsamında Değerlendirilmesi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(1), 121-145.
- Taylor, S. (1986). *Modelling Financial Time Series*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Uysal, D. ve Özşahin, Ş. (2012). Reel Efektif Döviz Kuru Endeksi Volatilitésinin ARCH ve GARCH Modelleri ile Tahmini. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 13-20.
- Wilhelmsson, A. (2006). GARCH Forecasting Performance under Different Distribution Assumptions. *Journal of Forecasting*, 25(8), 561-578.
- Zakoian, J.M. (1994). Threshold Heteroskedastic Models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(5), 931-955.
- Zivot, E. (2009). Practical Issues in The Analysis of Univariate GARCH Models. *In Handbook of Financial Time Series*, Springer Berlin Heidelberg. 113-115.



---

**ANALYSIS OF US DOLLAR/TL EXCHANGE RATE BY AUTOREGRESSIVE  
CONDITIONAL HETEROSCEDASTICITY MODELS: A CASE STUDY OF TURKEY**

---

**Extended Abstract**

**Aim:** The aim of the study is to model US Dollar / Turkish Lira exchange rate by using autoregressive conditional heteroscedasticity models. With this purpose, we study the performance of GARCH models based on several selection criteria in terms of modelling exchange rate.

**Methods:** The dataset is tested through normality test, unit root test and ARCH effect test. The results of these tests show that the dataset is skewed and is stationary with the effects of ARCH. Therefore, GARCH-type models are suitable to be used to modeling dataset. TGARCH model and EGARCH model under the hypothesis of Student's t-distribution are employed for the dataset period from January 4, 2010 to March 17, 2017.

**Findings:** The findings of the study indicate that if volatility is higher (lower) than average the current holding period, then volatility is likely to be higher (lower) than average the next holding period as well. This indicates the well-known phenomena of volatility clustering and heteroskedasticity. Before employing a GARCH-type model, it is important to test for ARCH effect. The findings of ARCH effect test indicate that there exists the presence of ARCH in dataset. To model volatility, first ARCH then GARCH models are tested. All possible model predictions are done under normality assumption. The possible models are not accepted as proper models unless the coefficients in the model are appropriate. Also to determine the best model Akaike, Schwarz and Log-likelihood criteria are considered. Under normal distribution although GARCH(2,1) is accepted as the proper model considering the mentioned criteria, the constraints related to the estimates are not satisfied in the model. Thus the model predictions are done again under student t-distribution due to the striking features of the data set such as the distribution is more steep and has heavy tails. Also the normality assumptions are not satisfied. Under t-distribution the most proper model is considered as GARCH(1,1). According to this model, the sum of the estimated coefficients is smaller than "1" and also really close to it. That means the conditional heteroskedasticity displays a high volatility resistance.  $\beta$  is estimated greater than  $\alpha$  in the related GARCH model. This result brings the fact that the effect of volatility on the resistance of volatility is greater than the effect of volatility on the movements on the stock market. Despite the positive benefits of the model, it is not successful enough to capture the asymmetry in the structure of volatility. More efficient models considering this asymmetry of the structure such as EGARCH and TGARCH, are predicted under t-distribution assumption afterwards. According to the findings, EGARCH(2,2,2) under Student's t-distribution is better to capture leverage effect in dataset. The total value of the estimates of the parameters representing the asymmetry effect in the model is positive. Thus positive shocks increase the volatility of Dollar exchange rate more than negative shocks. A positive shock then means the exchange return of Dollar increases while Turkish lira depreciates. Furthermore the parameter of the asymmetry in the model is estimated negative showing that there is a negative volatility effect on the conditional heteroskedasticity. In other words, the effect of bad news to the markets is higher than the effect of good news. The persistence of volatility during shocks lasts long because the sum of the estimated values of the  $\beta$  parameters in the model is close to "1". Ultimately it is also proved that ARCH effect does not exist anymore as a result of the predicted model by the use of ARCH LM test.

**Conclusion:** This paper mainly studies the modelling of volatility to US Dollar / Turkish Lira exchange rate. This study attempts to suggest reliable models to modelling volatility of financial time series. The dataset is analyzed by GARCH, EGARCH and TGARCH models considering asymmetry, leverage effect, heteroskedasticity and volatility clustering.

