

Döviz Kuru Volatilite Modellemesinde Beta-t-EGARCH Modelleri: Amerikan Doları / Türk Lirası Döviz Kuru Üzerinden Bir Değerlendirme

Engin BEKAR (<https://orcid.org/0000-0002-9252-990X>), Erzurum Technical University, Türkiye;
engin.bekar@erzurum.edu.tr

Beta-t-EGARCH Models for Exchange Rate Volatility Modelling: An Evaluation on the US Dollar / Turkish Lira Exchange Rate

Abstract

To compare different risk measurement methods, in this study, the US Dollar, which is important in terms of being one of the most preferred investment instruments in Turkey and being a reserve currency, is under review. First, EGARCH (1,1) and GJR-GARCH (1,1) models were estimated using the return data based on the US Dollar / Turkish Lira exchange rate for the 2005 - 2021 period. Then, the "Beta-t-EGARCH and Its Variants", which have been introduced in recent years, fit well with the characteristics of the exchange rate series and, most importantly, are robust to extreme values and jumps in volatility have been estimated with the expectation of being able to calculate the exchange rate risk more accurately. As a result, it was determined that the model that best met the purpose of the study was the "Two-Component Beta-Skew-t-EGARCH Model with Leverage". The study is important because it draws attention to the effect of extreme values and fluctuations in the Turkish foreign exchange market volatility.

Keywords : Exchange Rate, Volatility, Jump, Extreme Value, Long Memory.

JEL Classification Codes : C22, C52, C58.

Öz

Bu çalışmada, farklı risk ölçüm yöntemlerini karşılaştırmak amacıyla Türkiye’de en çok tercih edilen yatırım araçlarından birisi olan ve rezerv para olması yönüyle de önem arz eden ABD Doları incelemeye alınmıştır. Amerikan Doları / Türk Lirası döviz kuruna dayalı olarak 2005 - 2021 dönemine ilişkin getiri verisi ile EGARCH (1,1) ve GJR-GARCH (1,1) modellerinin yanı sıra son yıllarda ortaya koyulan, kur serisinin özelliklerine iyi uyum gösteren ve en önemlisi volatilitede aşırı değerlere ve sıçramalara karşı dirençli olan "Beta-t-EGARCH Modeli ve Çeşitleri" daha doğru kur riski hesaplayabilmek beklentisiyle tahmin edilmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda, çalışmanın amacını en iyi karşılayan modelin "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH + Kaldıraç" modeli olduğu tespit edilmiştir. Çalışma, Türkiye döviz piyasasında volatilite tahmininde aşırı değerlerin ve sıçramaların etkisine dikkat çekmesi bakımından önem arz etmektedir.

Anahtar Sözcükler : Döviz Kuru, Volatilite, Sıçrama, Aşırı Değer, Uzun Hafıza.

1. Giriş

Günümüzde, finansal yatırım araçları gerek kar elde etmek gerekse de eldeki ulusal paranın değerini korumak amacıyla yatırımcılar tarafından yakından takip edilmektedir. Finans sektörü denildiğinde akla gelen en önemli kavram "risk" kavramıdır. Ekonomide karşılaşılan riskler düşünüldüğünde; piyasa riski, kredi riski, operasyonel risk gibi farklı türden riskler akla gelmektedir. Eldeki finansal varlıkların getirilerinin saçılımı, kimi zaman ekonomik kimi zaman sosyal etkenlerden dolayı artış ya da azalış gösterebilmektedir. Bu saçılım, "volatilite" olarak bilinmekte olup getirilerin ortalama etrafında homojen dağılıp dağılmadığıyla ilgili kişilere bilgi vermektedir. Saçılımdaki artış belirsizliğin ve riskin artması anlamına gelirken, saçılımdaki azalış belirsizliğin ve riskin azalmasını ifade etmektedir.

Türkiye’de yatırımcılar tarafından en çok tercih edilen yatırım araçlarından birisi dövizdir. Dövizlerin içerisinde de en çok tercih edilen yabancı para biriminin Amerikan Doları olduğu görülmektedir. Amerikan Doları aynı zamanda "rezerv para" olması nedeniyle de Türkiye için önem arz etmektedir. Bu sebepten dolayı çalışmada, tüm dünyada egemen para birimi olarak görülen Amerikan Doları karşısında Türk Lirasında yani Dolar / Türk Lirası (USD/TRY) döviz kurunda meydana gelen değişimleri incelemek, döviz kuru getiri volatilitesinin yıllar boyunca sergilediği davranışı en doğru biçimde modellemek ve döviz kuru riskini gerçeğe en yakın olarak tahmin edebilmek amacıyla çeşitli volatilite modelleri kullanılmıştır. Araştırmanın amacı, "Dolar / TL döviz kurunun riskini tahmin etmek için kullanılabilecek en uygun volatilite modeli hangisidir?" sorusuna cevap bulmaktır. Böylelikle piyasa aktörleri ve yatırımcılar karşılaşabilecekleri kur risklerine karşı daha hazırlıklı olabilecektir.

Dolar / TL kuru getirilerinin volatilitelerinin hesaplanmasıyla ilgili yıllardır farklı yöntemler kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle tercih edilen modellerin "asimetrik volatilite modelleri" olduğu görülmektedir. Asimetrik modeller, pozitif ve negatif şokların volatilite üzerinde farklı etkilerini hesaba katan modeller olduğundan simetrik modellere göre piyasa gerçekleriyle çok daha fazla örtüşmektedir. Döviz kuru getiri volatilitesiyle ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, asimetrik modeller arasında en çok; Swarch, Yapay Sinir Ağları, Egarch, Tgarch, Aparch, Figarch, Ms-Garch, Pgarch ve Genelleştirilmiş Hiperbolik-Çarpık-t modeli gibi modellerden yararlanıldığı görülmektedir.

Bu çalışmada, döviz kuru riskinin daha doğru tahmin edilebilmesi beklentisiyle farklı bir yöntem olarak, "Beta-t-EGARCH Volatilite Modelleri" tercih edilmiştir. Bu modellerin diğer volatilite modelleri karşısındaki üstün yönlerini "Beta Dağılımı" üzerinden değerlendirmek gerekmektedir. Beta dağılımının sahip olduğu özellikler Beta-t-EGARCH modellerinde; koşullu varyansın aşırı değerlere ve sıçramalara karşı daha dirençli olmasını, volatilite denkleminde kaldıraç etkisinin ve bir bileşenden fazlasının birlikte değerlendirilmesini yani büyük bir şoktan sonra varyans üzerinde zamana göre değişen uzun dönem bileşeninin ve kısa dönem bileşeninin etkilerinin birlikte dikkate alınmasını ve

koşullu volatilitenin taşınması muhtemel olan "uzun hafıza" özelliğinin göz önünde tutulmasını mümkün kılmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, volatilité hesaplamaları ile ilgili literatürdeki çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan Dolar / TL döviz kuru getiri serisinin taşıdığı özellikler ortaya koyulmuştur ve volatilité hesaplamasında kullanılan volatilité modelleri tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde, elde edilen bulgular ortaya koyulmuştur ve tartışılmıştır. Beşinci ve son bölüm olarak ise, sonuç bölümüne yer verilmiştir.

2. Literatür Taraması

Finansal yatırım araçlarının yatırımcılar tarafından tercihinde risk faktörü önemli bir rol oynamaktadır. Risk ölçümlerinin yapılabilmesi için sıklıkla tercih edilen çeşitli volatilité modelleri mevcuttur. Bu bölümde ilk olarak, geçmiş yıllardan günümüze volatilité tahmininde kullanılan "Beta-t-EGARCH" dışındaki modellere dayalı olarak yapılmış çalışmalara yer verilirken ikinci olarak ise bu çalışmanın da yöntemini oluşturan "Beta-t-EGARCH" modelleri kullanılarak yapılmış olan çalışmalar değerlendirmeye alınmaktadır.

2.1. Beta-t-EGARCH Dışındaki Volatilité Modelleri ile Yapılan Çalışmalar

Güloğlu ve Akman (2007), Mart 2001 - Mart 2007 dönemi için nominal USD / TRY kurundaki volatilitéyi "SWARCH Modeli" ile analiz etmişlerdir. Tahmin sonucunda, yerel ya da küresel ekonomik ya da siyasal olayların döviz kuru volatilitésini etkilediği ve volatilité dönemlerinin kalıcı olduğu ortaya koyulmuştur. SWARCH modelinin kullanıldığı bir diğer çalışmada Gür ve Ertuğrul (2012), Türkiye'deki döviz kuru volatilitésini Temmuz 2001 - Mayıs 2010 dönemine ait günlük verilerden yararlanarak "ARCH, GARCH ve SWARCH" modelleri ile analiz etmişlerdir. Gerek istatistiksel performans ve gerekse de öngörü performansı bakımından SWARCH modelinin diğer modellere göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Gün (2020), USD / TRY kuru volatilitésini, kırılma ve asimetri gibi özellikleri dikkate alan "MS-GARCH" modeli ile analiz etmiştir. Temmuz 2001 - Şubat 2020 dönemi için yapılan çalışmada, kurda yüksek ve düşük riskli rejimler olduğu ve bu rejimler arasında sıklıkla geçişler yaşandığı tespit edilmiştir.

Kadırlar vd. (2009), Ocak 2005 - Ocak 2008 döneminde USD / TRY kurunun seyrini analiz etmek için "Yapay Sinir Ağları (YSA)" yönteminden yararlanmışlardır. Bulgulara göre YSA yönteminin öngörü başarısının, mevsimsel ARIMA ve ARCH gibi modellerle kıyaslandığında daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Emeç ve Özdemir (2014), Ocak 2009 - Ocak 2014 dönemi için USD / TRY kuru volatilitésini GARCH (1,1), EGARCH (1,1), TGARCH (1,1), APARCH (1,1) modelleri yardımıyla analiz etmişlerdir. Döviz kuru volatilitésini en iyi temsil eden modelin, t - dağılımı altında tahmin edilen "TGARCH (1,1) Modeli" olduğu belirlenmiştir. Kayral (2016) ise USD / TRY ve EURO / TRY kurlarının 2002 - 2015 dönemindeki günlük getirilerini dikkate alarak simetrik modellerden ARCH (1), ARCH-M (1), GARCH (1,1),

GARCH-M (1,1); asimetrik modellerden ise, EGARCH (1,1), EGARCH-M (1,1), TARCH (1,1) ve TARCH-M (1,1) modellerini kullanmıştır. En uygun modelin, AR (1) - TARCH (1,1) olduğu sonucuna varılmıştır. Bu modelden elde edilen bulgulara bakıldığında ise, kur artışına neden olan pozitif şokların negatif şoklara göre kurlardaki volatilitiyi daha fazla artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Sağlam ve Başar (2016), 2010 - 2015 dönemi günlük kur verisine dayanarak Türkiye döviz piyasasında USD, EURO, GBP değişkenleri için volatilitiyi modellemek amacıyla ARCH, GARCH, EGARCH ve TGARCH modellerini kullanmışlardır. Yapılan modelleme sonucunda, USD ve EURO değişkenleri için en uygun modellerin asimetrik modeller olduğu, GBP değişkeni için ise en iyi volatilitite modellerinin simetrik modeller olduğu sonucuna varılmıştır. Yaman ve Koy (2019), USD / TRY kuru volatilitesini 2001-2018 ve 2001-2019 dönemleri için analiz etmişlerdir. Çalışmada, kur volatilitesinin izlediği yolu modellemek için GARCH (1,1), TARCH (1,1) ve EGARCH (1,1) modellerinden yararlanılmıştır. Koşullu volatilitite sürecini en iyi tanımlayan modelin "TARCH (1,1)" modeli olduğu belirlenmiştir. Almisshal ve Emir (2021), 2005 - 2019 döneminde USD / TRY ve EUR / TRY kurlarının volatilitelerini "GARCH (1,1), EGARCH (1,1), GJR - GARCH (1,1) ve PGARCH (1,1)" modelleriyle analiz etmişlerdir. Dolar kuruna ilişkin bulgular incelendiğinde, USD / TRY kur volatilitesi için en uygun modellerin "GARCH (1,1) ve GJR - GARCH (1,1)" olduğu tespit edilmiştir.

Özdemir vd. (2018), 2.1.2006 - 30.05.2018 döneminde döviz piyasalarının zayıf formda etkin olup olmadığını "ARFIMA - FIGARCH" modeli ile analiz etmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, getiri volatilitesinin uzun hafıza özelliğine sahip olduğu ve Türkiye döviz piyasasının zayıf formda etkin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Büberkökü (2021), USD / TRY ve EURO / TRY kurlarındaki koşullu volatilitiyi "Genelleştirilmiş Hiperbolik Çarpık-t Dağılım Varsayımına Dayalı Asimetrik Stokastik Volatilitite Modeli" ile analiz etmiştir. Elde edilen bulgular ışığında, yüksek volatilitite yapışkanlığının ve asimetrik tepkinin her iki döviz kuru için de geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu alt bölümde incelenen çalışmalar topluca değerlendirildiğinde; Türkiye’de döviz kuru volatilitite modellemesinde farklı rejimlerin dikkate alındığı çalışmalarda volatilitite dönemlerinin kalıcılığına ve rejimler arasındaki geçişlere ilişkin bulgulara odaklanıldığı, döviz kuru volatilitite modellemesinde kullanılan asimetrik modellerin kur dinamiklerine daha uygun olduğu ve döviz piyasasında volatilitenin uzun hafıza özelliğinin ve yapışkanlığının olduğuna vurgu yapıldığı görülmektedir.

2.2. Beta-t-EGARCH Volatilitite Modelleri ile Yapılan Çalışmalar

Harvey ve Chakravarty (2008) "Beta-t-EGARCH" modelini tanıttıkları çalışmalarında, Ocak 1984 - Kasım 2007 dönemi için Dow-Jones’un ve FTSE’nin ortalamadan arındırılmış günlük 6235 adet verisine dayalı olarak "Birinci Derece Beta-t-GARCH, Beta-t-EGARCH ve IGARCH-t" modellerini tahmin etmişlerdir. Beta-t-GARCH ve Beta-t-EGARCH modellerinden tahmin edilmiş koşullu volatiliteler birbirine çok benzer

çıkmiştir. Beta-t-GARCH ve Beta-t-EGARCH modellerinin koşullu standart sapmaları ve GARCH-t modelinden elde edilen koşullu standart sapmalar arasındaki çarpıcı farklılık aykırı değerlerin hemen ardından göze çarpmaktadır. Borsa verisi üzerinden yapılan bir diğer çalışmada Sucarrat (2013), diğer borsa indeksleri gibi kaldıraç etkisini, koşullu çarpık ve kalın kuyruklu t dağılmış hataları ve zamana göre değişen uzun dönem bileşenini içinde barındıran "Nasdaq 100 Borsa İndeksi"nin Ocak 2001-Ekim 2013 dönemi günlük yüzde logaritmik getiri serisinin koşullu volatilite tahmin etmek için "Beta-Çarpık-t-EGARCH" modelinden yararlanmış ve bu modeli "GJR-GARCH-çarpık-t" ve CS-GARCH-çarpık-t" modelleri ile karşılaştırmıştır. Schwarz (SIC)'a göre "Beta-Çarpık-t-EGARCH" modelinin uyumunun, diğer iki modelden daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Yaya vd. (2016), sıçramaları ve asimetriyi eşanlı olarak dikkate alan "Genelleştirilmiş Otoregresif Skor (GAS), Üssel Genelleştirilmiş Otoregresif Skor (EGAS) ve Asimetrik Üssel Genelleştirilmiş Otoregresif Skor (AEGAS)" volatilite modellerinden yararlanarak ve Ocak 2006 - Temmuz 2014 dönemine dayalı olarak Nijerya Piyasa İndeksinin koşullu volatilitesinin dinamik yolunu tahmin etmişlerdir. GAS, EGAS ve AEGAS modelleri aynı zamanda "Beta-t-EGARCH Varyantları" olarak da bilinmektedir. Klasik volatilite modellerinden en uygun volatilite öngörü modeli olarak "IGARCH-t Modeli" seçilmiştir. Çalışmada, bu model karşısında, GAS, EGAS, AEGAS modellerinin daha üstün olduğu belirtilmiş ve finansal seride sıçramalar, aşırı değerler ve asimetri olduğunda bu koşullu volatilite modellerinin kullanımı tavsiye edilmiştir.

Harvey ve Sucarrat (2014), koşullu dağılımın kalın kuyruklu ve çarpık olduğu bir "EGARCH Modeli" önermişlerdir. Çalışma sonucunda, gerek bir bileşenli gerekse iki bileşenli olsun kaldıraç etkisine sahip "Beta-Çarpık-t-EGARCH" modelinin, GARCH-GJR-Çarpık-t modeli ve kaldıraç etkisine sahip Normal Karışım (Mixture) GARCH (1,1) modeli ile karşılaştırıldığında, hisse senedi, petrol, altın ve döviz kuru getirilerinin koşullu volatilite tahminlerinin modellenmesinde en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir.

Blazsek (2015), Beta-t-EGARCH (1,1) modeli ile GARCH (1,1) modelinin istatistiksel performansını ve öngörü performansını karşılaştırmaktadır. Nisan 2006 - Temmuz 2010 dönemi için dokuz küresel sanayi indeksinin volatilitesi ilgili modellerle analiz edilmiştir. Beta-t-EGARCH (1,1) ile GARCH (1,1) modelleri; 2008 A.B.D. Finansal krizinin öncesi dönem, sürdüğü dönem ve sonrası dönem olmak üzere üç farklı dönem için tahmin edilmiştir. Finansal kriz sonrası dönem için GARCH (1,1) modeli ile karşılaştırma yapıldığında Beta-t-EGARCH (1,1) modelinin örneklem dışı öngörü performansının üstün olduğu ve Beta-t-EGARCH modelinin yüksek volatiliteli dönemlerden sonraki dönemlere ilişkin koşullu volatilite tahmininde diğer modellerden daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır. Muela (2015), sekiz kompozit indeksin Ocak 2000 - Aralık 2013 dönemi günlük getirilerine dayalı olarak piyasa riski ölçümünde sıklıkla kullanılan VaR tahmini için, Standart GARCH modelinin yanı sıra Beta-t-EGARCH ve Beta-Çarpık-t-EGARCH modellerinden yararlanarak koşullu volatilite tahminleri yapmıştır. VaR tahmininde Beta-t-EGARCH ve Beta-Çarpık-t-EGARCH modellerinin, Standart GARCH modeline üstün geldiği tespit edilmiştir. Beta-t-EGARCH ve Beta-Çarpık-t-EGARCH modelleri arasında ise hem kaldıraç hem de çarpıklık barındıran "İki Bileşenli Beta-Çarpık-

t-EGARCH + Kaldıraç Modeli" VaR tahmininde kullanılan en iyi model olarak belirlenmiştir.

Salisu (2016), petrol getiri volatilitesini "Beta-Çarpık-t-EGARCH" modeli ile analiz etmiştir ve petrol getiri serisinin kalın kuyruklu, çarpık ve kaldıraça sahip olması durumunda Beta-Skew-t-EGARCH modelinin kullanımının, standart simetrik ve asimetrik GARCH modellerine göre daha uygun olduğunu ortaya koymuştur.

Bu alt bölümde incelenen çalışmalar topluca değerlendirildiğinde Beta-t-EGARCH modellerinin; aykırı değerlerin, sıçramaların, uzun hafızanın ve asimetri etkisinin varlığı söz konusu iken volatilite tahmini yapıldığında üstün performans gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlar, Türkiye'deki döviz kuru dinamiklerine ilişkin önceki alt bölümde incelenen çalışmalardan elde edilen bulgularla birlikte değerlendirildiğinde ise Beta-t-EGARCH modellerinin, Amerikan Doları / TL döviz kuru getirisi volatilite modellemesi için dikkate alınmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Böylece Amerikan Doları / TL döviz kuru getirisi volatilite modellemesinde literatürde ilk defa Beta-t-EGARCH modellerinin dikkate alınmasının volatilite model performanslarında bir iyileşme sağlayıp sağlamadığı hakkında bulgulara ulaşmak da mümkün olabilecektir.

3. Veri ve Yöntem

Bu bölümün ilk alt başlığı altında, çalışmada kullanılan veri setinin nasıl oluşturulduğu, betimsel istatistiklerden yararlanarak bu veri setinin dağılım özelliklerinin neler olduğu anlatılmış ve dağılım özelliklerinin yanı sıra ayrıca; kutu - bıyık diyagramından, zaman yolu grafiklerinden ve periyodogramlardan yararlanarak incelenen veri setinin taşınması muhtemel farklı özellikleri hakkında da bilgi sahibi olmak amaçlanmıştır. Böylelikle koşullu volatilite hesaplaması için uygun modelin seçimine geçmeden önce, veri setinin özellikleri hakkında edinilen bu ön bilgilerin uygun volatilite modelinin seçilmesi aşamasında da yol gösterici olması bakımından önem arz ettiği düşünülmektedir.

Bölümün ikinci alt başlığı altında ise, Amerikan Doları / TL (USD/TRY) döviz nominal satış kuru getiri serisinin koşullu volatilite modellemesinde değerlendirilebilecek uygun modeller tanımlanmıştır ve bu modellerin özellikleri ile taşıdığı kısıtlar hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Veri Seti

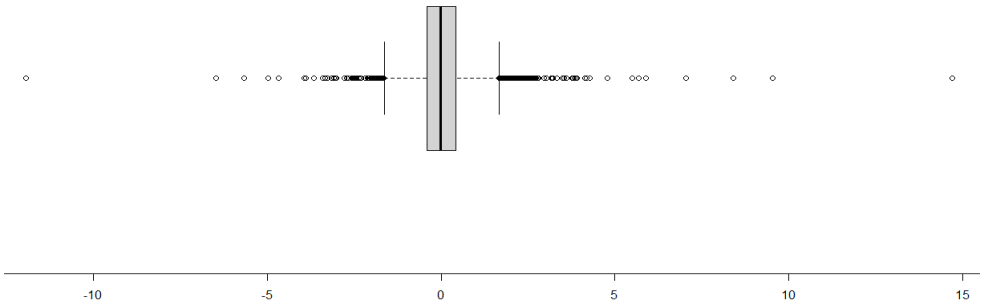
Çalışmada kullanılacak veri setini oluşturmak amacıyla, USD / TRY döviz kurunun 6 Ocak 2005 - 30 Eylül 2021 dönemine ilişkin nominal günlük değerlerinden yola çıkarak yüzde logaritmik getiri serisi hesaplanmıştır. İlgili döneme ilişkin Dolar / TL döviz nominal satış kurları verisi, TCMB'nin "Elektronik Veri Dağıtım Sistemi"nden alınmıştır. Aşağıdaki tabloda, döviz kuru getiri serisine ilişkin betimsel istatistikler sunulmuştur:

Tablo: 1
USD/TRY Döviz Kuru Getiri Serisine İlişkin Betimsel İstatistikler

	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık	J-B Prob.	Gözlem Sayısı	ARCH (10)
USD/TRY	0,044	-0,0034	0,911	1,242	34,574	0,00	4207	902,72 (p=0,00)

Tablo 1 incelendiğinde ve döviz kuru getiri serisinin dağılımı standart normal dağılımla karşılaştırıldığında, dağılımın oldukça sivri ve kalın kuyruklu, ayrıca sağa çarpık bir dağılım olduğu görülmektedir. Jarque - Bera normallik testine ilişkin test istatistik değerinin olasılığına bakıldığında ise bu olasılığın sıfır olduğu ve incelenen değişkenin normal dağıldığını ifade eden sıfır hipotezinin kuvvetli olarak redd edildiği sonucuna varılmaktadır. Bu tür dağılımlar, finansal zaman serilerinde sıklıkla karşılaşılan dağılımlardır. Buradaki basıklık değerinin çok yüksek olması, getiri serisi dağılımının Leptokurtik (sivri ve kalın kuyruklu) bir dağılım olduğunu ifade etmektedir. Sivri dağılım, varyansın normal dağılımın varyansına göre küçük olduğu yani gerçekleşecek değerlerin ortalama etrafında olmasının oldukça yüksek olasılıklı olduğunu ifade etmektedir. Kalın kuyruk ise, incelenen seride aşırı değerlerin var olması olasılığının, normal dağılıma göre yüksek olduğunu ifade etmektedir. Dağılımın sağa çarpıklığı yorumlandığında bu durum, pozitif getirilerde aşırı değerlerin oluşma olasılığının, negatif getirilerde aşırı değerlerin oluşma olasılığından daha fazla olduğunu göstermektedir. Dağılımın sağa çarpıklığı, getiri serisinin ortalamasının medyandan daha büyük olmasından da anlaşılmaktadır. Döviz kuru getiri serisinin karesinin otokorelasyonu (ARCH etkisi) incelendiğinde, seride koşullu değişen varyans etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Şekil 1’de, getiri serisinin “Kutu - Bıyık Diyagramı” verilmiştir:

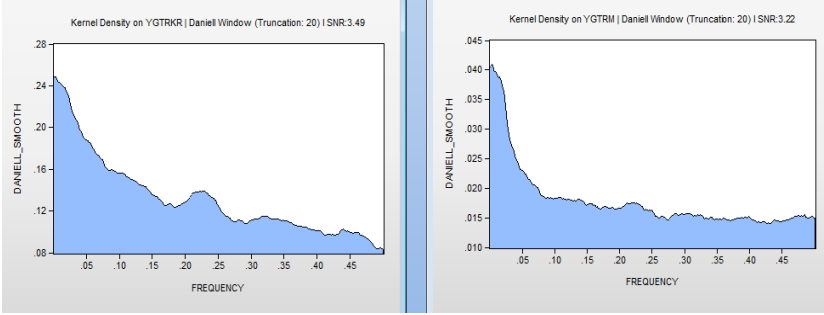
Şekil: 1
Döviz Kuru Getiri Serisinin Kutu-Bıyık Diyagramı



Betimsel istatistiklerin yorumlanmasında ifade edilenleri, kutu-bıyık diyagramına bakarak da söylemek mümkündür fakat bu diyagramın burada incelenmesinin esas amacı, serideki aşırı değerler hakkında bilgi sahibi olmaktır. Döviz kuru getiri serisinin kutu-bıyık diyagramı incelendiğinde, kesikli çizgi ile gösterilmiş bıyıkların dışındaki tüm noktalar aşırı değer olarak değerlendirilmektedir. Pozitif getirilerde de negatif getirilerde de birçok aşırı

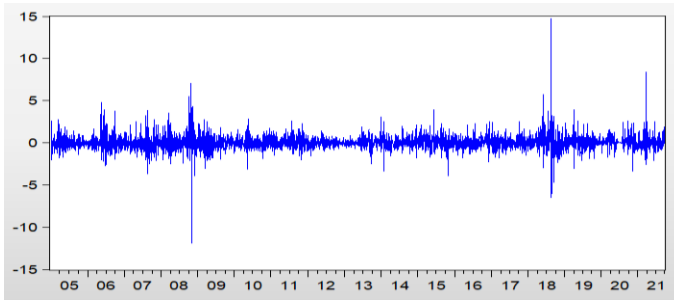
değerin söz konusu olduğu diyagramdan anlaşılmaktadır. Diyagrama bakıldığında, pozitif getirilerdeki aşırı değerlerin sayısının ve büyüklüğünün negatif getirilerdeki aşırı değerlerin sayısına ve büyüklüğüne göre daha fazla olduğu görülmektedir. Veri seti hakkındaki bu bilgi de model kurma aşamasında dikkate alınması gereken bir bilgi olmaktadır.

Şekil: 2
Getiri Karelerinin ve Mutlak Getirilerin (Volatilite Vekil Değişkenleri)'nin Periyodogramları



Dolar kuru getiri serisine dayalı olarak koşullu volatilitede uzun hafızanın varlığıyla ilgili fikir sahibi olabilmek için getiri serisinin karesinin ve mutlak değerinin periyodogramı çizilmiştir. Şekil 2'deki birinci periyodogram getiri karelerine ait iken, ikinci periyodogram mutlak getirilere aittir. Her iki periyodogram da analiz edildiğinde, her ikisinde de sıfır frekansı civarında grafiğin zirve yaptığı görülmektedir. Bu da koşullu volatilite de uzun dönem hafızaya işaret eden bir göstergedir.

Şekil: 3
Döviz Kuru Getiri Serisinin Grafiği



Getiri serisinin özellikleri tespit edildikten sonra getiri grafiği incelendiğinde, bazı dönemlerde volatilitenin arttığı, bazı dönemlerde ise azaldığı görülmektedir. Finansal getiri serilerinde sıklıkla karşılaşılan "Volatilite Kümelenmesi" döviz kuru getiri serisinde de söz konusudur. Ayrıca, 2008 yılının son aylarında ortaya çıkan "Küresel Kriz", döviz kuru getiri

volatilitesinde negatif yönde bir sıçramaya sebebiyet vermiştir. Bu durum, TL'nin değerindeki belirgin artışa işaret etmektedir. 2018 yılında Türkiye'de ortaya çıkan "Döviz ve Borç Krizi" de USD / TRY kuru getiri volatilitesi üzerinde pozitif yönde bir sıçramaya sebep olmuştur. Bu durum ise, TL'nin değerindeki belirgin azalışa işaret etmektedir. Ekonomik kriz kaynaklı sıçramalar kadar kuvvetli olmasa da grafikteki üçüncü sıçramanın COVID'19 pandemi dönemine denk geldiği görülmektedir. Bu pozitif sıçrama da yine TL'nin değerindeki belirgin azalışa işaret etmektedir. Volatilite modellerinin tahminine geçmeden önce, Dolar / TL kuru getiri serisinin durağanlığı ADF ve PP birim kök testleri ile test edilmiştir. Test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir:

Tablo: 2
ADF ve PP Birim Kök Test Sonuçları

	Test İstatistik Değeri	Kritik Değer
ADF Birim Kök Testi	-60,30***	-1,94
PP Birim Kök Testi	-60,29***	-1,94

Anlamlılık düzeylerinden $\alpha = 0,01$ için ***, $\alpha = 0,05$ için **, $\alpha = 0,10$ için * kullanılmıştır.

0,05 anlamlılık düzeyi için belirlenen kritik değerlerle test istatistik değerleri karşılaştırıldığında, incelenen seride birim kökün bulunduğunu iddia eden sıfır hipotezinin her iki birim kök testinde de kuvvetli bir biçimde reddildiği sonucuna varılmıştır. Her iki birim kök testine göre de, dolar kuru getiri serisi birim kök içermemektedir.

3.2. Ekonometrik Yöntem

Çalışmada kullanılan USD / TRY döviz kurunun özellikleri ve durağanlığı analiz edildikten sonra bu bölümde, finansal varlıkların risk ölçümünde sıklıkla kullanılan "GJR-GARCH" ve "EGARCH" modellerinin yanı sıra, son yıllarda kullanılmaya başlanan "Beta-t-EGARCH" modeli ve çeşitleri üzerinde durulacaktır.

3.2.1. GJR-GARCH Modeli

GJR-GARCH modeline geçmeden önce bu modele oldukça benzer bir yapıya sahip olan TGARCH modeli üzerinde durmak, iki modelin birbirine karıştırılmaması adına faydalı olacaktır. TGARCH modeli ile volatilitede doğrusal olmayan salınımı mümkün kılmak amacıyla negatif olmama kısıtları gevşetilmektedir çünkü bir modelde parametre kısıtlarının olması, volatilitede doğrusal dışlıkları yakalamak için gereken serbestliği azaltmaktadır. Ayrıca bu modelde, şokların volatilité üzerindeki asimetrik etkileri de dikkate alınabilmektedir (Rabemananjara & Zakoian, 1993: 31).

Genel bir TGARCH modeli aşağıdaki gibi yazılmaktadır (Rabemananjara & Zakoian, 1993: 34):

$$\sigma_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i^+ \varepsilon_{t-i}^+ - \alpha_i^- \varepsilon_{t-i}^- + \sum_{j=1}^p \beta_j^+ \sigma_{t-j}^+ - \beta_j^- \sigma_{t-j}^-, \quad \varepsilon_t^+ = \max(\varepsilon_t, 0), \quad \varepsilon_t^- = \min(\varepsilon_t, 0) \quad (1)$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t z_t, z_t \text{ i.i.d. ortalama } 0 \text{ ve varyans } 1$$

Modeldeki σ_t değişkeni negatif değerler alabileceğinden dolayı, koşullu standart sapma olarak dikkate alınamamaktadır. Bu durumun sonucu olarak da volatilitenin geçmiş değerlerine bir eşik etkisinin dahil edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

TGARCH oluşum sürecinden bu modele oldukça benzer olan GJR-GARCH modeline geçildiğinde, modelin koşullu varyans denkleminin TGARCH modelinin koşullu standart sapma denklemi ile aynı fonksiyonel yapıya sahip olduğu görülmektedir. Yalnızca birinci gecikmeler dikkate alındığında GJR-GARCH modeli şöyle yazılabilmektedir (Glosten et al., 1993: 1788):

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} \quad (2)$$

$$I_{t-1} = 1 \text{ eğer } \varepsilon_{t-1} < 0 \text{ ise}$$

$$= 0 \text{ eğer } \varepsilon_{t-1} \geq 0 \text{ ise}$$

Modelde kullanılan I_{t-1} kukla değişkeni vasıtasıyla şokların volatilitte üzerindeki asimetric etkisi tespit edilebilmektedir. Kaldıraç etkisi, $\gamma > 0$ kısıtı geçerli olduğunda söz konusu olmaktadır. $\omega > 0$, $\alpha > 0$, $\beta \geq 0$ ve $\alpha + \gamma \geq 0$ modelin negatif olmama kısıtlarıdır. $\gamma < 0$ olsa dahi, modelde $\alpha + \gamma \geq 0$ koşulu sağlanmalıdır (Brooks, 2008: 405).

3.2.2. EGARCH Modeli

GARCH modelinde, koşullu varyansın negatif olmaması için koyulmuş olan parametre kısıtları söz konusudur. Bu kısıtlar, koşullu varyansın geniş bir yelpazede örüntü sergilemesini engellemektedir. Bu problemin aşılabilmesi amacıyla volatilitenin üssel olarak belirlendiği ve böylelikle parametrelerin pozitif olma zorunluluğunun ortadan kalktığı, volatilitte simetrisi gerektirmeyen ve Nelson (1991) çalışmasıyla ortaya koyulan "EGARCH Modeli" kullanılmaya başlandı. Öncelikle EARCH modeli dikkate alınırsa koşullu varyans denklemi, uygun bir "g fonksiyonu" için aşağıdaki gibi yazılmaktadır:

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_t + \sum_{k=1}^{\infty} \beta_k g(z_{t-k}) \quad (3)$$

Burada $\{\alpha_t\}$ ve $\{\beta_k\}$ gerçek, stokastik olmayan skaler dizilerdir. Volatilitte değişimleri ile getiriler arasındaki asimetric ilişkiyi bağdaştırmak için $g(z_t)$ 'nin değeri z_t 'nin büyüklüğünün ve işaretinin fonksiyonu olmalıdır. Bu durumda tercih edilebilecek bir "g fonksiyonu" şöyledir:

$$g(z_t) \equiv \theta z_t + \gamma [z_t - E|z_t] \quad (4)$$

(3) numaralı modelde, parametrelere ilişkin kısıtlar ortadan kalktığından dolayı β_k parametreleri negatif ya da pozitif olabilmektedir. Böylelikle EGARCH modeli, salınımlı davranışlara izin veren bir model olmaktadır. Ayrıca $\ln(\sigma_t^2)$ doğrusal bir süreç izlediğinden, modelin durağanlığı ve ergodikliği kolaylıkla kontrol edilebilmektedir (Nelson, 1991: 350-51).

Nelson tarafından ortaya koyulan EARCH modelinin genelleştirilmiş halinin literatürde daha çok rastlanan gösterimi ise şöyledir (Enders, 2010: 156):

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) + \alpha \left| \varepsilon_{t-1} / \sqrt{\sigma_{t-1}^2} \right| + \gamma \left(\varepsilon_{t-1} / \sqrt{\sigma_{t-1}^2} \right) \quad (5)$$

(5) numarada gösterilen EGARCH(1,1) modelinde, standartlaştırılmış şoklar (ölçü biriminden bağımsız) kullanılmaktadır. Böylelikle, koşullu varyansa gelen şokların yapışkanlığının yorumu kolaylaşmaktadır (Nelson, 1991: 349). Modelin kovaryans durağanlık koşulu, $\beta < 1$ olarak ifade edilmektedir. $\gamma < 0$ kısıtının geçerli olması ise modelde kaldırıcı etkisinin varlığına işaret etmektedir.

3.2.3. Beta-t-EGARCH Modeli ve Çeşitleri

Birinci derece Beta-t-EGARCH modeli, EGARCH modelindeki varyansın son gözlemin koşullu skoruna bağlı bir denklem tarafından yönlendirildiği bir modeldir. Buradaki üssel bağlantı fonksiyonu pozitif varyansı garantilemekte ve durağanlık koşullarının kolay elde edilmesine imkân vermektedir. Dinamik volatilite denkleminde koşullu skor kullanımı, aşırı değerlere daha az ağırlık verilmesini sağlamaktadır (Harvey & Sucarrat, 2014: 320). Koşullu varyansın, t dağılımının skorunun geçmiş değerlerine bağlı olduğu düşünüldüğünde, dönüştürülmüş değişkenin beta dağılımına sahip olması koşullu varyansı aşırı değerlere daha dirençli hale getirmektedir. Modelde kaldırıcın ve bir bileşenden fazlasının dikkate alınması student-t dağılımı dışındaki dağılımların avantajlarındandır (Harvey & Chakravarty, 2008: 1). EGARCH modelinde, sonlu serbestlik dereceli t dağılımı için gözlemlerin koşulsuz momentleri yoktur fakat bu durum Beta-t-EGARCH modeli için geçerli değildir (Harvey & Chakravarty, 2008: 3).

Finansal getiri serilerinin ortalamalarının sıfıra oldukça yakın olması sebebiyle ve getiri tahmini yerine getiri volatilitesi tahmininin önem arz ettiği durumlarda koşullu ortalama denklemi tahmin edilmeden koşullu volatilite denkleminin tahminine geçilebilmektedir. Sucarrat, bu çalışmada da kullanılan "betategarch" adlı R paketini tanıttığı 2013 yılında yayınladığı makalesinde, incelenen getiri değişkeni öngörülebilir olduğunda getirinin ortalamadan arındırılmış (öngörülemeyen) kısmıyla yani getirinin, dinamik bir regresyondaki hata terimi olarak varsayıлып "Beta-t-EGARCH Modeli ve

Çeşitleri"nin tahmin edilebileceğinden söz etmektedir. Bu çalışmada da bu varsayım dikkate alınıp yalnızca koşullu volatilite denklemleri üzerine odaklanılmaktadır.

3.2.3.1. Tek Bileşenli Beta-t-EGARCH Modeli

Beta-t-EGARCH modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$y_t = \varepsilon_t \exp(\lambda_{t|t-1}), t = 1, \dots, T \quad (6)$$

Burada ε_t , ν serbestlik dereceli t dağılımına sahip serisel bağımsız bir değişkendir. Ölçeğin logaritması olan $\lambda_{t|t-1}$ ise koşullu skorun geçmiş değerlerinin doğrusal bir kombinasyonudur. y_t 'nin log-benzerlik fonksiyonunun λ_t 'ye göre türevi olan "Koşullu Skor" aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$u_t = \frac{(\nu+1)(y_t)^2}{\nu \exp(2\lambda_{t|t-1}) + (y_t)^2} - 1, -1 \leq u_t \leq \nu, \nu > 0 \quad (7)$$

Bu gösterimler ışığında birinci dereceden tek bileşenli model,

$$\lambda_{t+1|t} = \omega + \varphi \lambda_{t|t-1} + \kappa u_t \quad (8)$$

olarak yazılmaktadır. Burada ω , koşulsuz ya da uzun dönem log-volatilitedir. Modelin durağanlık koşulu ise $|\varphi| < 1$ olarak ifade edilmektedir. Modelin belirlenebilirliği için $\kappa \neq 0$ koşulu sağlanmalıdır (Harvey & Sucarrat, 2014: 321). Kaldıraç faktörü de modele ilave edildiğinde, model aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$\lambda_{t+1|t} = \omega + \varphi \lambda_{t|t-1} + \kappa u_t + \kappa^* \operatorname{sgn}(-y_t)(u_t + 1) \quad (9)$$

Burada κ^* kaldıraç parametresi olup, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı ise kaldıraç etkisinin varlığına işaret etmektedir. Modelde φ , GARCH parametresi (yapışkanlık parametresi) iken κ , ARCH parametresi (şoklara tepki parametresi) olmaktadır (Harvey & Sucarrat, 2014: 323).

3.2.3.2. İki Bileşenli Beta-t-EGARCH Modeli

İki bileşenli modellerde, koşullu volatilitedeki "uzun hafıza özelliği" dikkate alınmaktadır. İki bileşenli Beta-t-EGARCH modeli aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$y_t = \varepsilon_t \exp(\lambda_{t|t-1}), t = 1, \dots, T \quad (10)$$

$$\lambda_{i|t-1} = \omega + \lambda_{1,t|t-1}^{\dagger} + \lambda_{2,t|t-1}^{\dagger} \quad (11)$$

log. volatilite
koşulsuz
log.volatilite
uzun-dönem
bileşeni
kısa-dönem
bileşeni

Kısa dönem bileşeni, bir şoktan sonra varyanstaki geçici değişimleri yakalamaktadır. Uzun dönem bileşeni ise beta değişkeni tarafından yönlendirilmektedir ve aşırı değerlere karşı duyarlı değildir (Harvey, Chakravarty, 2008: 26). Kısa dönem bileşeni, uzun dönem bileşeni ile mukayese edildiğinde kısa dönem bileşenin daha büyük $\kappa (= \kappa_2)$ 'ya ve daha düşük $\varphi (= \varphi_2)$ 'ye sahip olduğu görülmektedir. Zamana göre değişen uzun dönem ve kısa dönem bileşenleri açıkça şöyle yazılabilir:

$$\lambda_{1,t+1|t}^{\dagger} = \varphi_1 \lambda_{1,t|t-1}^{\dagger} + \kappa_1 u_t \quad (12)$$

$$\lambda_{2,t+1|t}^{\dagger} = \varphi_2 \lambda_{2,t|t-1}^{\dagger} + \kappa_2 u_t \quad (13)$$

Buradaki uzun dönem bileşenin parametresi φ_1 , bir değerine yakın ya da bire eşit çıkar. Modelin belirlenebilirliği ve durağanlığı için $0 < \varphi_2 < \varphi_1 < 1$ kısıtı geçerli olmalıdır. İki bileşenli modelde yalnızca kısa dönem bileşeni kaldıraç faktörüne sahip olduğundan, kaldıraç (volatilite asimetrisi) etkisi modele ilave edildiğinde kısa dönem bileşeni,

$$\lambda_{2,t+1|t}^{\dagger} = \varphi_2 \lambda_{2,t|t-1}^{\dagger} + \kappa_2 u_t + \kappa^* \text{sgn}(-y_t)(u_t + 1) \quad (14)$$

olarak yazılabilmektedir (Harvey & Sucarrat, 2014: 324-27).

3.2.3.3. İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH Modeli

Bu modelde, kareli finansal getiri (volatilite vekil değişkeni) serilerinde sıklıkla karşılaşılan "uzun hafıza özelliği", logaritmik volatilitenin u_t tarafından yönlendirilen ve zamana göre değişen uzun dönem ve kısa dönem bileşenlerine ayrıştırılmasıyla dikkate alınmaktadır (Sucarrat, 2013: 139-40). Beta-t-EGARCH modelinin koşullu dağılımı çarpık olduğunda "skor" aşağıda gösterildiği gibidir:

$$u_t = u_t^+ I_{(0,\infty)}(y_t) + u_t^- I_{(-\infty,0)}(y_t), \quad t = 1, \dots, T \quad (15)$$

Burada, $u_t = u_t^+$ ve $u_t = u_t^-$ Beta-t-EGARCH modelindeki gibidir fakat beta dağılımına sahip, skorun ve serbestlik derecesinin fonksiyonu olan değişken bu modelde aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$b_t^+ = \frac{(y_t)^2 / \sqrt{[\nu \gamma^2 \exp(2\lambda_{i|t-1}^{\dagger})]}}{1 + (y_t)^2 / \sqrt{[\nu \gamma^2 \exp(2\lambda_{i|t-1}^{\dagger})]}} \quad (16)$$

$$b_t^- = \frac{(y_t)^2 / \left[\nu \gamma^{-2} \exp(2\lambda_{t-1}) \right]}{1 + (y_t)^2 / \left[\nu \gamma^{-2} \exp(2\lambda_{t-1}) \right]} \quad (17)$$

u_t^+ ve u_t^- 'nin özellikleri y_t 'nin işaretine bağlı değildir fakat b_t^+ ve b_t^- seçimi y_t 'nin işaretine bağlıdır. γ ise çarpıklık parametresidir (Harvey & Sucarrat, 2014: 326).

Beta-Çarpık-t-EGARCH modeli, sıçramalara ve aşırı değerlere karşı dirençli olup volatilitiyi üssel olarak belirlemektedir. Model aynı zamanda, koşullu getirilerde kalın kuyrukları ve çarpıklığı; volatilité denkleminde ise kaldıraç ve zaman değişken uzun dönem bileşenini dikkate almaktadır (Sucarrat, 2013: 137).

4. Ampirik Bulgular

Model kurma aşamasına geçildiğinde öncelikle, uygun "koşullu ortalama denklemi" belirlenmeli ve tahmin edilmelidir. Bu denklemin doğru belirlenmesi, özellikle incelenen serinin öngörüsü yapılırken önem arz etmektedir çünkü bir seri hakkında olabildiğince kesin öngörülerde bulunabilmek ancak o serinin ortalama ve varyans davranışının doğru belirlenmesiyle mümkündür. Finansal varlıkların risklerinin hesaplanmasında ise odak noktası "koşullu varyans denklemi" olmaktadır çünkü risklerin hesaplanması ve tahmini bu denklem üzerinden gerçekleştirilmektedir. Yalnızca koşullu varyans denkleminde odaklanmanın bir diğer sebebi de finansal varlıklara ilişkin getiri serilerinin ortalamalarının sıfıra çok yakın olarak gerçekleşmesi ve buna dayalı olarak incelenen getiri serisinin sıfır ortalamaya sahip olduğu varsayımdır.

ARCH, GARCH, ARCH-M, GARCH-M, TARCH, EARCH, PARCH, GJR-GARCH ve EGARCH olarak adlandırılan simetrik ve asimetrik koşullu volatilité modelleri tahmin edilmiştir ve modeller parametre anlamlılıklarına, ARCH etkisinin ortadan kalkma durumuna ve log- benzerlik, Akaike, Schwarz gibi kriterlere bakılarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bunlardan; ARCH ve GARCH modelleri ARCH etkisini ortadan kaldırmaması sebebiyle, ARCH-M, GARCH-M ve TARCH modelleri parametre anlamsızlığı sebebiyle, EARCH ve PARCH modelleri de benzer sebeplerden dolayı uygun model olarak değerlendirmeye alınmamıştır. Yapılan tüm değerlendirmeler sonucunda, USD / TRY döviz kurunun getiri volatilitesi tahmininde literatürdeki çalışmalarda da en çok tercih edilmiş olan GJR-GARCH (1,1) ve EGARCH (1,1) modelleri tahmin edilmiştir.

Getiri serisine ilişkin koşullu ortalama denkleminin artıklarında ARCH etkisi tespit edilirse, koşullu ortalamanın koşullu varyans ile birlikte modellenmesi gerektiği sonucuna ulaşılabilecektir. Getiri serisinin korelogramına bakıldığında, seride otokorelasyon göze çarpmaktadır. Otokorelasyonu ortadan kaldırmak için serinin uygun gecikmeli doğrusal bir modelle modellenmesi gerekmektedir. Yapılan çeşitli denemeler sonucunda en uygun modelin "AR(1) Modeli" olduğu tespit edilmiştir. Model tahmini Tablo 3'te verilmiştir. Sabit parametre anlamsız çıktığı için model dışında bırakılmıştır. Koşullu ortalama

modelinde, $|\varphi_1| < 1$ olarak ifade edilen durağanlık koşulu sağlanmaktadır. D-W testi ise hata terimleri arasında yalnızca birinci dereceden otokorelasyonu test etmekte olup test sonucunda modelde, birinci dereceden otokorelasyon problemi olmadığı sonucuna varılmaktadır. Tahmin edilen modelin kareli artıklarının korelogramına bakıldığında, tüm gecikmelerde otokorelasyon katsayıları anlamlı çıkmaktadır. Bu durum, getiri serisinde "otoregresif koşullu değişen varyans" problemi olabileceği hakkında bir ipucu vermektedir. Bu konuda nihai kararı vermek için ise "ARCH Testi" yapılmıştır. İlgili test istatistiğinin olasılık değeri sıfır olduğu için "Koşullu Volatilite Modelleri" kullanılarak sürecin modellenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Kareli artıkların korelogramı ve ARCH testi sonucu Ek 1'de verilmiştir.

Tablo: 3
Dolar / TL Getiri Serisinin Koşullu Ortalama Modeli

	AR(1) Modeli
φ_1	0,073***
Ters AR Kökü	0,07
D-W Test İstatistiği	1,99

***, ** ve * sırasıyla 0,01, 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerine karşılık gelmektedir.

Modellerin tahmininde, dolar kuru getiri serisinin leptokurtik ve asimetrik dağılımı dikkate alındığında şokların koşullu yoğunluğu için "Çarpık-t" dağılımı tercih edilmiştir. Buna göre dolar kuru getiri serisine ilişkin koşullu volatilite, şokların çarpık-t dağıldığı varsayımı ile tahmin edilen EGARCH (1,1) ve GJR-GARCH (1,1) modelleri ile USD / TRY kuru getiri serisinin özelliklerine oldukça uygun gözükür ve ilgili serinin volatilite modellemesinde literatürde daha evvel kullanılmamış olan "Beta-t-EGARCH / Beta-Çarpık-t-EGARCH" modelleri kullanılarak tahmin edilmiştir.

İlk olarak tahmin edilen EGARCH(1,1)-çarpık-t ve GJR-GARCH(1,1)-çarpık-t modellerine ilişkin sonuçlar Tablo 4'te birlikte verilmiştir:

Tablo: 4
EGARCH (1,1) - çarpık-t ve GJR-GARCH (1,1) - çarpık-t Tahmin Sonuçları

Koşullu Ortalama Denklemi	EGARCH (1,1) çarpık-t	GJR-GARCH (1,1) çarpık-t
φ_1 (AR(1))	0,066***	0,065***
Koşullu Varyans Denklemi		
ω (sabit)	-0,026***	0,0206***
α (ARCH)	0,059***	0,146***
β (GARCH)	0,965***	0,864***
γ (ASİMETRİ)	0,295***	-0,255***
Dağılım Parametreleri		
Çarpıklık	1,102***	1,103***
Şekil	5,102***	5,098***
Özet İstatistikler		
Log-Benzerlik	-4467,4	-4478,3
Akaike	2,126	2,131
Schwarz	2,136	2,141

<i>Varsayımlara İlişkin Testler</i>		
ARCH Gecikme 3	0,59 (p=0,44)	2,425 (p=0,11)
ARCH Gecikme 5	2,37 (p=0,39)	2,854 (p=0,31)
ARCH Gecikme 7	2,77 (p=0,55)	2,956 (p=0,52)
Nyblom Stabilite Testi	6,59***	5,81***
Negatif İşaret Sapması	1,413 (p=0,15)	1,614 (p=0,10)
Pozitif İşaret Sapması	0,078 (p=0,93)	1,220 (p=0,22)
Düzeltilmiş Pearson Uyum İyiliği Testi	Grup 40 için 48,80 (p=0,13) Grup 50 için 63,29 (p=0,08)	Grup 40 için 46,63 (p=0,18) Grup 50 için 57,46 (p=0,19)

***, ** ve * sırasıyla 0,01, 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerine karşılık gelmektedir.

Her iki model karşılaştırıldığında, her iki modelin tüm parametreleri $\alpha = 0,01$ için bile istatistiksel olarak anlamlıdır. Çarpıklık ile şekil parametrelerinin tahmin değerleri sırasıyla, dağılımın sağa çarpık ve sivri (kalın kuyruklu) olduğuna işaret etmektedir. EGARCH (1,1) modelinin tahmini sonrasında, geriye kalan koşullu değişen varyans etkisinin tespiti için yapılan "ARCH LM" testlerine göre, LM test istatistiklerinin olasılık değerleri 0,10'dan büyük olduğundan modelin artıklarında geriye kalan ARCH etkisi bulunamamıştır. Ayrıca $\gamma > 0$ olduğundan, EGARCH (1,1) modelinde kaldıraç etkisi yoktur. GJR-GARCH (1,1) modelinin tahmin sonucunda yapılan ARCH LM testlerine göre ise LM test istatistiklerinin olasılık değerleri 0,10'dan büyük olduğundan, bu modelin artıklarında da geriye kalan ARCH etkisi bulunamamıştır. Çarpıklık ve şekil parametrelerinin tahmin değerlerine bakıldığında bu model de dağılımın sağa çarpık ve sivri olduğuna işaret etmektedir.

Varsayımlara ilişkin testlere gelindiğinde ise Tablo 4'te, önceki paragrafta yorumlanan ARCH testi dışında üç teste ilişkin sonuçlara yer verilmektedir. Bu testlerden "Nyblom Stabilite Testi (1989)"nin amacı, modelin parametrelerinde zamana göre değişim olup olmadığını yani parametreler üzerinde yapısal kırılmanın etkili olup olmadığını test etmektir. Testin sıfır hipotezi (H_0), incelenen modelde yapısal kırılmanın olmadığını yani parametrelerin zaman boyunca sabit kaldığını iddia etmektedir. Tablo 4'te verilen iki modelin Nyblom stabilite testi sonuçlarına bakıldığında ise H_0 'ın doğru olduğu varsayımı altında belirlenen test dağılımında, test istatistiğinin olasılık değerinin 0,01'den bile küçük olması sebebiyle H_0 'ın kuvvetli bir biçimde reddedildiği görülmektedir. Bu sonuç, yapısal kırılmanın her iki modelin parametreleri üzerinde genel bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Yapısal kırılmanın, bir belirlenme hatasına yol açmak suretiyle parametre tahminlerinde sapmaya sebebiyet verebileceği düşünüldüğünde, yukarıdaki iki modelin tahmin edilen bazı katsayılarının gerçeği yansıtmayabileceği düşünülmektedir. Yapısal kırılmanın tek tek parametreler üzerindeki etkisine bakıldığında ise sosyal bilimlerde tercih edilen $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde, EGARCH (1,1)-çarpık-t modelinin ω ve β parametreleri üzerinde yapısal kırılmanın etkili olmadığı görülmektedir. Aynı değerlendirme GJR-GARCH (1,1)-çarpık-t modeli için yapıldığında ise yine $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde bu modelin ω , α ve β parametreleri üzerinde yapısal kırılmanın etkili olmadığı görülmektedir.

Tablo 4'teki iki modelin de durağanlık koşullarını sağlayıp sağlamadığına bakıldığında, EGARCH (1,1)-çarpık-t modelindeki GARCH parametresi (β) bireysel olarak yapısal kırılmadan etkilenmediğinden ve modelde $\beta < 1$ olduğundan dolayı bu modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir. GJR-GARCH(1,1)-çarpık-t modeline bakıldığında ise bu modeldeki kısıtlardan olan $\alpha + \gamma \geq 0$ koşulunun sağlanmadığı görülmektedir. Bu durum, γ parametresi üzerinde yapısal kırılmanın etkili olması sebebiyle bu parametre tahmininde meydana gelen sapmadan kaynaklanıyor olabilir. Bu sebepten dolayı, bu modelin durağanlığı hakkında bir şey söylenememektedir.

Tablo 4'te görülen "İşaret Sapma Testi (1993)"nin amacı, modelde kaldıraç etkisini tespit etmek suretiyle ilgili modelin koşullu volatilite denkleminde belirlenme hatasının varlığını sınamaktır. Testin sıfır hipotezi (H_0), incelenen modelin volatilite denkleminde belirlenme hatasının olmadığını iddia etmektedir. H_0 'ın doğru olduğu varsayımı altında belirlenen test dağılımında, ilgili test istatistiklerinin olasılık değerlerinin 0,05'ten çok daha büyük olması sebebiyle her iki modelde de pozitif ve negatif işaret sapması olmadığı yani koşullu varyansın şoklara pozitif ya da negatif bir tepkisinin söz konusu olmadığı sonucuna varılmaktadır. Bu da her iki modelin koşullu volatilite denklemlerinde belirlenme hatasının bulunmadığına işaret etmektedir.

"Düzeltilmiş Pearson Uyum İyiliği" testinin amacı ise standartlaştırılmış artıkların dağılımı ile yukarıdaki modellerin tahmininde kullanılan "Çarpık-t" teorik dağılımını karşılaştırmak suretiyle ampirik dağılımın teorik dağılımla hangi derecede örtüştüğünü tespit etmektir. Testin sıfır hipotezi (H_0), standartlaştırılmış artıkların dağılımının Çarpık-t dağılımı ile örtüştüğünü iddia etmektedir. Testi yaparken kullanılan gruptaki 40 ve 50 sayıları, teorik dağılımın belirlenmesinde yararlanılan histogramın kutu sayısını ifade etmektedir. H_0 'ın doğru olduğu varsayımı altında belirlenen test dağılımında, ilgili test istatistiklerinin olasılık değerlerinin 0,05'ten daha büyük olması sebebiyle, her iki modelde de standartlaştırılmış artıklar için "Çarpık-t" dağılımının uygun dağılım olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada tahmin edilen diğer modeller ise "Beta-t-EGARCH ve Beta-Çarpık-t-EGARCH" modelleri olmaktadır. Bu modeller, dinamik volatilite denkleminde koşullu skor (değişkenin log-benzerliğinin λ 'ya göre türevi) kullanımından dolayı aşırı değerlere daha az ağırlık vermektedir ve bunun sonucunda da koşullu varyansta olabilecek sıçramalara ve aşırı değerlere karşı dirençli olmaktadır (Harvey & Sucarrat, 2014: 320). Skorun basit bir dönüşümünün Beta dağılımına sahip olması sebebiyle modelde "Beta" dağılımına yer verilmektedir (Sucarrat, 2013: 138). Bu modellerin tahmin sonuçları Tablo 5'te verilmiştir:

Tablo: 5
Beta-t-EGARCH ve Beta-Çarpık-t-EGARCH Model Tahminleri

	Tek Bileşenli Beta-t-EGARCH	Tek Bileşenli Beta-t-EGARCH + Kaldıraç	Tek Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH	Tek Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH + Kaldıraç	İki Bileşenli Beta-t-EGARCH + Kaldıraç	İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH + Kaldıraç
ω	-0,504 (0,058)	-0,577 (0,055)	-0,505 (0,059)	-0,56 (0,056)	-0,521 (0,088)	-0,518 (0,09)
$\varphi_1 (= \phi)$	0,961 (0,0067)	0,964 (0,006)	0,962 (0,006)	0,966 (0,006)	0,99 (0,004)	0,991 (0,003)
φ_2	-----	-----	-----	-----	0,893 (0,028)	0,906 (0,023)
$\kappa_1 (= \kappa)$	0,097 (0,0081)	0,083 (0,008)	0,095 (0,008)	0,082 (0,007)	0,035 (0,009)	0,033 (0,008)
κ_2	-----	-----	-----	-----	0,051 (0,011)	0,053 (0,01)
κ^*	-----	-0,023 (0,004)	-----	-0,027 (0,003)	-0,031 (0,005)	-0,035 (0,005)
ν	5,537 (0,459)	5,557 (0,453)	5,662 (0,478)	5,833 (0,493)	5,603 (0,458)	5,844 (0,492)
γ	-----	-----	1,07 (0,019)	1,115 (0,022)	-----	1,112 (0,022)
Log Benzerlik	-4508,74	-4493,42	-4502,05	-4478,37	-4484,08	-4469,66
SIC	2,150	2,145	2,149	2,1398	2,144	2,1397
ARCH (10)	48,864 (p=0,000)	24,940 (p=0,005)	62,293 (p=0,000)	26,761 (p=0,003)	15,299 (p=0,122)	16,421 (p=0,088)
ARCH (20)	65,704 (p=0,000)	36,739 (p=0,013)	78,789 (p=0,000)	37,824 (p=0,009)	35,891 (p=0,016)	36,006 (p=0,015)
ARCH (30)	71,537 (p=0,000)	44,587 (p=0,042)	84,102 (p=0,000)	45,522 (p=0,034)	42,350 (p=0,067)	42,441 (p=0,066)

Tablo 5'te yer alan altı model de durağanlık ve belirlenebilirlik koşullarını sağlamaktadır. Parametre tahminlerinin işaretlerinin, büyüklüklerinin ve istatistiksel anlamlılıklarının, döviz kuru getiri serisinin incelenen özellikleri dikkate alındığında beklentilere uygun olduğu görülmektedir. Bu durum, parametre tahminlerinin, getirilerdeki sıçramalara ve aşırı değerlere karşı direnç gösterdiğinin bir kanıtıdır. Geriye kalan ARCH etkilerine bakıldığında, tek bileşenden oluşan dört modelin de dolar kuru getiri serisinde var olan koşullu değişen varyans etkisini ortadan kaldıramadığı görülmektedir. Bu durum bu dört modeldeki koşullu varyans denklemlerinin yanlış belirlenmiş olabileceğine işaret etmektedir. Söz konusu tek bileşenli ilk dört model birlikte değerlendirildiğinde, ilgili modellerde dağılımda çarpıklık faktörünün dikkate alınıp alınmamasından bağımsız olarak kaldıraç etkisine yer verilmesinin, log-benzerlik ve SIC değerleri dikkate alındığında model uyumunda iyileşme sağladığı görülmektedir.

Log - volatilitenin zamana göre değişen uzun dönem ile kısa dönem bileşenlerine ayrıldığı ve finansal serilerde karşılaşılan "Uzun Hafıza Özelliği"ni dikkate alan iki bileşenli son iki model incelendiğinde ise ilgili modellerde geriye kalan ARCH etkisinin ortadan kalktığı görülmektedir. Bu iki modelin log-benzerlik ve SIC değerleri incelendiğinde ise, çarpıklık faktörünün modelin uyum iyiliğini belirgin biçimde artırdığı tespit edilmektedir.

ARCH etkisini ortadan kaldıran beşinci ve altıncı modeller içerisinde, log-benzerlik değeri daha yüksek ve SIC değeri daha düşük olan model "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH + Kaldıraç" modeli olarak belirlenmiştir. Bu modelin, belirlenebilirlik ve durağanlık kısıtı olan " $0 < \varphi_2 < \varphi_1 < 1$ " koşulunu sağladığı daha önce de ifade edilmişti. Modelde ω ile gösterilen koşulsuz (uzun dönem) logaritmik volatilitenin -0,518 olarak tahmin edilmiştir. Buradan koşulsuz volatilitenin, 0,595 olarak hesaplanmaktadır.

İstatistiksel performansı en yüksek olan "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH + Kaldıraç" modeli üzerinden değerlendirmeye devam edildiğinde, uzun dönem bileşenin GARCH parametresi olan ϕ_1 'in 0,991 olarak tahmin edildiği görülmektedir. Bu değer mutlak değerce birden küçüktür fakat bire çok yakındır. Bu bulgu, uzun dönemde dolar kuru getiri serisinin volatilitesinde yüksek düzeyde bir yapışkanlık (kümelenme) olduğunu yani kuvvetli bir volatilite kümelenmesini ifade etmektedir. ϕ_1 , kısa dönem GARCH parametresi olan ϕ_2 'nin tahmin değeri (0,906) ile karşılaştırıldığında, kısa dönemdeki volatilite kümelenmesinin uzun dönemdeki volatilite kümelenmesine göre daha zayıf olduğu görülmektedir.

Uzun dönem bileşenin κ_1 ile gösterilen ARCH parametresi, 0,033 olarak tahmin edilmiştir. Bu parametre, mutlak değerce ne kadar büyüksse şokların koşullu volatiliteye etkisi o kadar büyük olacaktır. Kısa dönem bileşenin ARCH parametresi olan κ_2 ise, 0,053 olarak tahmin edilmiştir. Bu durumda kısa dönemde şokların volatilitte üzerindeki etkisi uzun dönemdeki etkisine göre daha büyüktür.

κ^* ile gösterilen kaldıraç (volatilite asimetrisi) parametresinin tahmin değeri ise - 0,035 olarak hesaplanmıştır. Bu parametre, volatilitenin kısa dönem bileşeni içerisinde yer almaktadır. Bu değer modelde pozitif tahmin edilmiş olsaydı, negatif şokların pozitif şoklara göre volatilitte üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu yani kaldıraç etkisinin söz konusu olduğu söylenebilirdi fakat κ^* parametresi negatif tahmin edildiğinden dolayı, USD / TRY kuru getiri serisinin volatilitesi üzerinde pozitif bir şokun negatif bir şoktan daha etkili olduğu sonucuna varılabilmektedir. USD / TRY döviz kuru getirisi üzerinde pozitif bir şok, kurun yükselmesi anlamına geldiğinden Türk Lirasının değer kaybetmesini ifade etmektedir. Böyle düşünüldüğünde döviz kurlarına gelen pozitif şokların aslında TL'nin değer kaybetmesi demek olduğu ve bunun da döviz kuru getiri volatilitesinde yükselmeye yani belirsizliğe sebep olduğu anlaşılabilir. Modelde $\kappa^* < 0$ ve $\gamma > 1$ olması, büyük bir pozitif şok neticesinde Dolar / TL döviz kurundan büyük pozitif getiri elde etme karşılığında göze alınan riskin fazla olduğunu göstermektedir.

ν (serbestlik derecesi) parametresinin tahmin değerine bakıldığında bu değer 5,844 olduğu görülmektedir. Bu durum, koşullu dolar kuru getiri serisinin standart normal dağılıma göre kalın kuyruklu ve sivri bir dağılıma sahip olduğunu ifade etmektedir.

γ (çarpıklık parametresi) tahmin değerine bakıldığında ise ilgili değer 1,112 olarak tahmin edildiği görülmektedir. Bu değer birden büyük olması, koşullu getirilerin dağılımının sağa çarpık olduğunu belirtmektedir. Bu durum, düşük olasılıkla da olsa pozitif yüksek getirilerin elde edilmesinin de mümkün olduğunu ifade etmektedir.

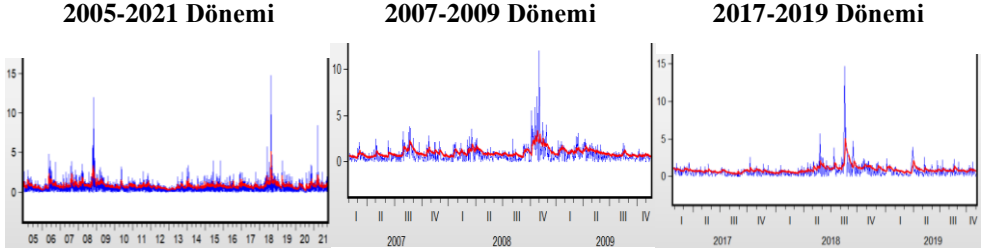
Tablo 4 ve Tablo 5'te tahmin edilen modeller ayrı ayrı değerlendirildikten sonra sonuca varma aşamasında tümünün karşılaştırmalı bir değerlendirmesini yapmak faydalı olmaktadır. GJR-GARCH (1,1)-çarpık-t modelinin durağanlığı tespit edilemediği için model değerlendirme dışında bırakılmıştır. "EGARCH (1,1)-çarpık-t modeli" ile birinci derece "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH+Kaldıraç" modeli karşılaştırıldığında, EGARCH (1,1)-çarpık-t modelinin ARCH etkisini daha kuvvetli bir biçimde ortadan kaldırdığı görülmektedir. Modellerin istatistiksel performansları değerlendirildiğinde, log-benzenlik ve Schwarz kriterleri de "EGARCH (1,1)-çarpık-t" modelini işaret etmektedir fakat burada, bu çalışmanın da çıkış noktasını oluşturan koşullu volatilite denkleminin aşırı değerlere ve sıçramalara karşı dirençli olması durumu "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH+Kaldıraç" modelinin tercih edilmesinin sebebidir. Ek 2'de, volatilite vekil değişkeni olarak kullanılan mutlak getirilerin grafiği ve kutu-bıyık diyagramı verilmektedir. Grafik incelendiğinde koşullu volatilitede, 2008 küresel ve 2018 yerel ekonomik krizleri kaynaklı sıçramaların yanı sıra 2021 yılındaki pandemi kaynaklı sıçrama dikkat çekmektedir. Kutu-bıyık diyagramı incelendiğinde ise mutlak getirilerin temsil ettiği koşullu volatilite serisinde çok sayıda aşırı değer varlığı tespit edilebilmektedir. Koşullu volatilite denkleminde sıçramaların ve aşırı değerlerin dikkate alınıp uygun volatilite modelinin tercih edilmemesinin araştırmacıları yanlış sonuçlara götüreceği aşikardır.

Şekil 4 incelendiğinde, aday volatilite modelleri arasından seçilen "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH+Kaldıraç" modelinden tahmin edilen koşullu standart sapmalarla birlikte mutlak döviz kuru getirilerinin çizgi grafikleri birlikte görülmektedir. Tahmin edilen koşullu standart sapmaların değişim aralığı, mutlak getirilerin değişim aralığı içerisinde kalmaktadır. Koşullu standart sapmaların incelenen dönemde hiçbir zaman mutlak getirilerin değişim aralığının üzerinde ya da altında seyrettiği görülmemektedir. Bu da, Dolar / TL döviz kuru getiri serisinin koşullu volatilitelerini tahmin amaçlı seçilen en uygun model olan "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH+Kaldıraç" modelinin incelenen seriye iyi uyum sağladığını ve kur riski tahmininde kullanılabilir uygun bir yöntem olduğunu bir kez de grafiksel olarak göstermektedir.

Çalışmadan elde edilen bulgularla farklı çalışmaların bulguları karşılaştırıldığında sonuçların örtüştüğü görülmektedir. Çalışmalarda, döviz kuru volatilite modellemesinde kullanılan asimetrik modellerin kur dinamiklerine daha uygun olduğuna, döviz piyasasında volatilitenin uzun hafıza özelliğinin ve yapışkanlığının bulunduğu vurgu yapıldığı görülmektedir. "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH+Kaldıraç" modeli bütün bu özellikleri dikkate almaktadır. Beta-t-EGARCH modelleri kullanılarak yapılan çalışmalar incelendiğinde ise; aykırı değerlerin, sıçramaların, uzun hafızanın ve asimetri etkisinin varlığı söz konusu iken volatilite tahmini yapıldığında bu modellerin üstün performans gösterdiği ifade edilmektedir. Bu çalışmada belirlenen en uygun model dikkate alındığında, çalışmanın sonucuyla bu sonuçların da örtüştüğü tespit edilebilmektedir.

Şekil: 4

"Mutlak Döviz Kuru Getiri Serisi"ne Ait Mavi Grafik ile "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH + Kaldıraç Modeli"nden Tahmin Edilen Koşullu Standart Sapmalara Ait Kırmızı Grafiklerin Çizimi (2005-2021, 2007-2009, 2017-2019)



5. Sonuç

Çalışmada öncelikle Dolar / TL kuru getiri serisini betimleyen özellikler incelenmiştir. Getiri serisi dağılımının sivri - kalın kuyruklu yani leptokurtik ve aynı zamanda da sağa çarpık olduğu görülmektedir. Getiri serisinin zaman yolu grafiği incelendiğinde; 2008 küresel krizi ile 2018 yılında Türkiye’de “Döviz ve Borç Krizi” olarak adlandırılan ekonomik krizin ortaya çıktığı süreçlerde ve 2021 yılında şiddetli olarak devam eden pandemi sürecinde dolar kuru getirisindeki belirsizliğin oldukça yükseldiği görülmektedir. İlgili getiri serisinde volatiliteler kümelenmeleri ve ayrıca birçok “aşırı değer” söz konusudur.

Volatilitelerin farklı derecelerden yapışkanlığa sahip olduğu ve bunların zaman içerisinde değişkenlik gösterdiği çalışmada elde edilen bulgular arasındadır. Volatilite vekil değişkenlerine ilişkin periyodogramların incelenmesi sonucunda ise zaman içinde değişen belirsizliklerin uzun hafızaya sahip olduğu yani geçmiş dönemlerdeki belirsizliklerin ilerleyen dönemlerdeki belirsizlikler ile belli derecelerde bağımlılık sergilediği görülmektedir. Yüksek belirsizlik ve düşük belirsizlik dönemlerinin hemen ortadan kalkmadığı, belli süreler varlığını sürdürdüğü anlaşılmaktadır. Bu bilgilerden hareketle, kriz sonrası dönemlerde de bu belirsizliğin belli derecelerde etkisini sürdürdüğü söylenebilir. Özellikle riskin yüksek olduğu dönemlere girildiğinde, piyasa aktörlerinin ve yatırımcıların bu durumun belli bir süre devam edeceğini bilmesi ve yüksek getiri beklerken yüksek kayıplarla karşılaşabilmesinin oldukça muhtemel olduğunu hatırlarından çıkarmamaları gerekmektedir.

Model kurma aşamasına geçildiğinde, “GJR-GARCH(1,1)-Çarpık-t ve EGARCH(1,1)-Çarpık-t” modelleri ve sonrasında “Beta-t-EGARCH Modeli ve Çeşitleri” tahmin edilmiştir. GJR-GARCH(1,1)-Çarpık-t modelinin durağanlık koşulunu sağlama durumu tespit edilemediğinden EGARCH(1,1)-Çarpık-t modeli ile Beta-t-EGARCH modelleri karşılaştırıldığında; EGARCH(1,1)-Çarpık-t modelinin ARCH etkisini daha kuvvetli bir biçimde ortadan kaldırmasına ve daha iyi bir istatistiksel performansa sahip

olmasına rağmen koşullu varyans denkleminin, volatilitede var olan aşırı değerlere ve sıçramalara karşı dirençli olmaması ve zaman değişken uzun dönem bileşenine yani uzun hafıza etkisine imkan vermemesi nedenlerinden dolayı tercih edilmemiştir. Bu değerlendirmelerin sonucunda da "İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH + Kaldıraç" en uygun model olarak seçilerek yorumlar bu model üzerinden yapılmıştır.

"İki Bileşenli Beta-Çarpık-t-EGARCH + Kaldıraç" modelinin tahmin sonuçları incelendiğinde, Dolar / TL kurunun uzun dönem volatilité değeri 0,595 olarak hesaplanmıştır. Riske Maruz Değer gibi riske dayalı olarak yapılacak hesaplamalarda bu volatilité değeri kullanılabilir bir değerdir. Modelin koşullu volatilité denkleminin uzun dönem bileşeninin φ_1 parametresi 0,991 olarak tahmin edilmiştir. Aynı zamanda ilgili denklemin kısa dönem bileşeninin φ_2 parametresine bakıldığında ise bu parametrenin tahmin değerinin 0,906 olduğu görülmektedir. Bu durum, dolar kuru getiri serisinde var olan kısa dönem volatilité kümelenmesinin uzun dönem volatilité kümelenmesinden daha zayıf olduğunu göstermektedir. Dolar kurundaki önceki dönem risklerinin sonraki dönem riskleri ile yapışkanlığının derecesi kısa dönemde uzun döneme göre daha zayıf bulunmuştur. Dolayısıyla, Dolar getirisinin koşullu volatilitesine gelecek bir volatilité şokunun etkisi kısa dönemde, uzun döneme göre daha kısa sürmektedir.

Koşullu volatilitenin şoklara karşı uzun dönemdeki ve kısa dönemdeki tepkisinin büyüklüğünü gösteren κ_1 ve κ_2 parametrelerinin tahmin değerlerine bakıldığında, bunların sırasıyla 0,033 ve 0,053 olduğu görülmektedir. Buna göre kısa dönemde, volatilitenin şoklara karşı tepkisi uzun döneme göre daha kuvvetlidir. Dolayısıyla buraya kadar elde edilen bulgular dikkate alındığında, dolar kurundan kazanç sağlama olasılığının uzun vadede daha fazla olduğu görülmektedir.

κ^* parametresinin tahmin değerine bakıldığında, bu değer -0.035 olduğu görülmektedir. Buna göre, dolar kuruna gelen pozitif şokların kur getiri serisindeki belirsizlik üzerinde negatif şoklara göre daha etkili olduğu görülmektedir. Dolar kurundaki artışlar, Türk Lirasının değerindeki düşmeye işaret ettiği için pozitif şoklar TL'nin değer kaybetmesine, bu da belirsizliğin daha fazla artmasına sebebiyet vermektedir. Ayrıca, dolar kuru volatilitesine gelen pozitif bir şok neticesinde kısa dönemde yüksek pozitif getiri elde etme olasılığının yüksek negatif getiri elde etme olasılığından daha fazla olduğu söylenebilir. Risk iştahı fazla olan yani dolardan aşırı kar elde etmek isteyen kişiler, kısa dönemde dolara yatırım yaparak ve büyük kayıplar yaşama riskini göz önüne alarak büyük pozitif getiriler elde edebilirken, risk iştahı düşük yani normal karlarla ellerindeki TL'nin değerini korumak isteyen kişiler ise satın aldıkları doları ellerinde uzun dönem tutarak hedeflerini gerçekleştirebilmektedirler.

Kaynaklar

Almisshal, B. & M. Emir (2021), "Modelling Exchange Rate Volatility using GARCH models", *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 7(1), 1-16.

- Blazsek, S. & M. Villatoro (2015), "Is Beta-t-EGARCH (1,1) superior to GARCH (1,1)?", *Applied Economics*, 47(17), 1764-74.
- Brooks, C. (2008), *Introductory Econometrics for Finance*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Büberkökü, Ö. (2021), "Genelleştirilmiş Hiperbolik Çarpık Student t Dağılım Varsayımına Dayalı Asimetrik Stokastik Volatilite Modelinin Türk Döviz Piyasasına Uygulanması", *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 89, 185-02.
- Emeç, H. & M.O. Özdemir (2014), "Türkiye'de Döviz Kuru Oynaklığının Otoregresif Koşullu Değişen Varyans Modelleri ile İncelenmesi", *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 51(596), 85-99.
- Enders, W. (2010), *Applied Econometric Time Series*, Third Edition, Wiley.
- Engle, R.F. & V.K. Ng (1993), "Measuring and Testing the Impact of News on Volatility", *The Journal of Finance*, XLVIII(5), 1749-1778.
- Glosten, L.R. et al. (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.
- Güloğlu, B. & A. Akman (2007), "Türkiye'de Döviz Kuru Oynaklığının SWARCH Yöntemi ile Analizi", *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 44(512), 43-51.
- Gün, M. (2020), "Döviz Kuru Volatilitésinin Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle İncelenmesi", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(39), 952-74.
- Gür, T.H. & H.M. Ertuğrul (2012), "Döviz Kuru Volatilitési Modelleri", *İktisat İşletme ve Finans*, 27(310), 53-77.
- Harvey, A. & G. Sucarrat (2014), "EGARCH Models with fat tails, skewness and leverage", *Computational Statistics and Data Analysis*, 76, 320-38.
- Harvey, A. & T. Chakravarty (2008), "Beta-t-(E)GARCH", *Cambridge Working Papers in Economics*, 08340, Faculty of Economics, Cambridge.
- Kadılar, C. et al. (2009), "Forecasting The Exchange Rate Series With ANN: The Case of Turkey", *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 9, 17-29.
- Kayral, İ.E. (2016), "Türkiye'de Döviz Kuru Volatilitelerinin Modellenmesi", *Politik Ekonomik ve Finansal Analiz Dergisi*, 1, 1-15.
- Muela, S.B. (2015), "Evaluating an EGARCH Model with Fat Tails, Skewness and Leverage in Forecasting VaR", *Journal of Contemporary Management*, 4(3), 67-80.
- Nelson, D.B. (1991), "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach", *Econometrica*, 59(2), 347-70.
- Nyblom, J. (1989), "Testing for the Constancy of Parameters Over Time", *Journal of the American Statistical Association*, 84(405), 223-230.
- Özdemir, A. vd. (2018), "Döviz Piyasalarının Etkinliği Üzerinde Uzun Hafızanın Rolü: Türk Döviz Piyasasında Ampirik Bir Araştırma", *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar*, 12(1), 87-07.
- Rabemananjara, R. & J.M. Zakoian (1993), "Threshold Arch Models and Asymmetries in Volatility", *Journal of Applied Econometrics*, 8(1), 31-49.
- Sağlam, M. & M. Başar (2016), "Döviz Kuru Oynaklığının Öngörülmesi: Türkiye Örneği", *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 18(31), 23-29.

- Salisu, A.A. (2016), "Modelling Oil Price Volatility with the Beta-Skew-t-EGARCH Framework", *Economics Bulletin*, 36(3), 1315-24.
- Sucarrat, G. (2013), "betategarch: Simulation, Estimation and Forecasting of Beta-Skew-t-EGARCH Models", *The R Journal*, 5(2), 137-47.
- Yaman, M. & A. Koy (2019), "ABD Doları / Türk Lirası Döviz Kuru Volatilitésinin Modellenmesi: 2001-2018 ve 2001-2019 Dönemleri Arasında Karşılaştırmalı Bir Analiz", *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 2(2), 118-29.
- Yaya, O.S. et al. (2016), "Volatility in the Nigerian Stock Market", *CBN Journal of Applied Statistics*, 7(2), 27-48.

EKLER

Ek: 1

Dolar Kuru Getiri Serisinin Koşullu Ortalama Modelinin Kareli Artıklarının Korelogramı ve Artıklarda ARCH Etkisi Testi Sonucu

Örnekleme: 1/06/2005 9/30/2021

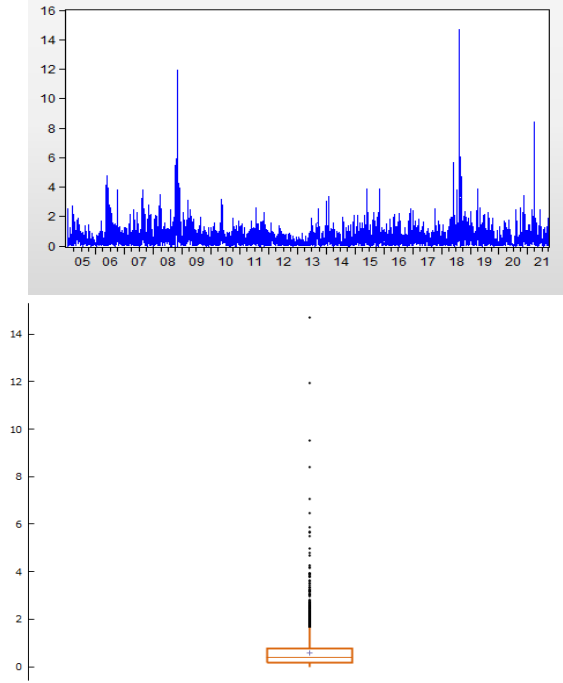
Gerçekleşme Sayısı: 4207

Otokorelasyon	Kısmi Korelasyon	OK	KOK	Q-İst.	Olasılık	
		1	0.383	0.383	616.18	0.000
		2	0.175	0.034	745.77	0.000
		3	0.129	0.060	816.20	0.000
		4	0.118	0.053	874.89	0.000
		5	0.123	0.060	938.79	0.000
		6	0.076	-0.004	962.94	0.000
		7	0.056	0.011	976.06	0.000
		8	0.069	0.035	996.40	0.000
		9	0.096	0.054	1035.5	0.000
		10	0.035	-0.039	1040.8	0.000
		11	0.019	-0.002	1042.2	0.000
		12	0.023	0.006	1044.5	0.000
		13	0.067	0.053	1063.7	0.000
		14	0.031	-0.027	1067.7	0.000
		15	0.037	0.027	1073.4	0.000
		16	0.030	0.001	1077.2	0.000
		17	0.058	0.040	1091.4	0.000
		18	0.076	0.032	1116.1	0.000
		19	0.059	0.015	1130.7	0.000
		20	0.055	0.017	1143.6	0.000
		21	0.022	-0.025	1145.6	0.000
		22	0.024	-0.002	1147.9	0.000
		23	0.024	0.005	1150.3	0.000
		24	0.041	0.024	1157.6	0.000
		25	0.018	-0.016	1159.0	0.000
		26	0.030	0.016	1162.7	0.000

Değişen Varyans Testi: ARCH

F-İstatistiği	721.1072	Olasılık F(1,4204)	0.0000
N*R-kare	615.8195	Olasılık Ki-Kare(1)	0.0000

Ek: 2
Mutlak Getiri Değişkeni (Volatilite Vekil Değişkeni)'ne İlişkin Grafik (Üstte) ve Kutu-Bıyık Diyagramı (Altta)



Bekar, E. (2023), "Döviz Kuru Volatilite Modellemesinde Beta-t-EGARCH Modelleri: Amerikan Doları / Türk Lirası Döviz Kuru Üzerinden Bir Değerlendirme", *Sosyoekonomi*, 31(55), 371-395.