

*Araştırma Makalesi*

## **DÖVİZ KURU VOLATİLİTESİNİN DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLER İLE İNCELENMESİ**

**Musa GÜN<sup>1</sup>** ORCID ID: 0000-0002-5020-9342

### **ÖZET**

Bu çalışma ABD Doları/Türk Lirası döviz kuru volatilitisini modellemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda çalışmada geleneksel değişen varyans tekniklerinin yanı sıra zaman serilerinin kırılma ve asimetri gibi doğrusal olmayan özelliklerini dikkate alan Markov Rejim Değişimi GARCH (MSGARCH) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında döviz kuru volatilitesi Temmuz 2001'den Şubat 2020'ye kadar uzanan konjonktürel dalgalanmaları ve yapısal değişimleri içeren uzunca bir dönem için incelenmiştir. Diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçların elde edildiği MSGARCH modeli bulguları kurda yüksek ve düşük riskli rejimler olduğunu ve bu rejimler arasında sıklıkla geçişler yaşandığını göstermektedir. Düşük volatilitelik rejiminden yüksek volatilitelikte geçiş ani, çok keskin ve yüksek düzeyde gerçekleşmektedir. Buna rağmen volatilitenin yüksek riskli rejimde kararlı bir yapıda olmadığı ve riskin daha düşük olduğu rejime doğru bir eğilim sergilediği tespit edilmiştir. Döviz kurunda yaşanan ani sıçramaların bir süre sonra dengeye gelmesi bunu doğrulamaktadır. Diğer taraftan düşük riskli rejim dönemlerinde ise meydana gelen dalgalanmaların etkileri ortadan kalkmayıp kur üzerinde bunlar korunmakta ve dolayısı ile kur uzun dönemde bir artış trendi göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *ABD Doları/Türk Lirası Kuru, Volatilitelik, ARCH, GARCH, MSGARCH*

*Research Article*

## **INVESTIGATING THE EXCHANGE RATE VOLATILITY BY LINEAR AND NONLINEAR MODELS**

### **ABSTRACT**

This study aims to model USD Dollar/ Turkish Lira exchange rate volatility. In this direction, the traditional heteroscedasticity techniques as well as the Markov Regime Switching GARCH (MSGARCH) method, which considers asymmetry and breakpoints of time series' nonlinear features, were applied in the study. Within the scope of the study, the exchange rate volatility was examined for a long period including cyclical fluctuations and structural changes from July 2001 to February 2020. The findings of the MSGARCH model, where better results were obtained compared to other methods, showed that there were high and low-risk regimes in the exchange rate and there were frequent transitions between these regimes. The transition from a low volatility regime to a high volatility regime occurs suddenly, very sharply and at a high level. Despite this, it was determined that the volatility was not stable in the high-risk regime and showed a tendency towards the low-risk regime. Restoring the equilibrium of the sudden jumps in the exchange rates after a while confirms this. On the other hand, in low-risk regime periods, the effects of fluctuations do not disappear, they are protected on the exchange rate, and therefore the exchange rate shows an increasing trend in the long term.

**Keywords:** *USD Dollar/ Turkish Lira Rate, Volatility, ARCH, GARCH, MSGARCH*

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, [musa.gun@erdogan.edu.tr](mailto:musa.gun@erdogan.edu.tr).

Makale Geliş Tarihi/Received: 04.07.2020, Makale Kabul Tarihi/Accepted: 20.09.2020.

## 1. GİRİŞ

Risk ve getiri tahminleri finans uzmanları, akademisyenler ve politika yapıcılar açısından önemli bir uğraştır. Özellikle risk ölçümü finans teorisinin temel kavramları arasında yer almaktadır. Finansal piyasaların dinamik enstrümanları arasında yer alan döviz kurları, küreselleşme sonucu ülkeler arası ekonomik sınırların ortadan kalkması ile birlikte ticari ilişkilerin temel belirleyicisi olmuştur. Ülkeler arasındaki ticarete herhangi bir ülke parasında meydana gelebilecek dalgalanma veya istikrarsızlık diğer ülkeleri de negatif bir biçimde etkileyebilmektedir. Bundan dolayı döviz kurlarına ilişkin risklerin ölçümü ve tahmini başlı başına bir araştırma konusu olmuştur.

Dünya ekonomisinde önemli bir yere sahip olan döviz kurları öncelikli olarak gelişmekte olan ülkelerde gerek ekonomik gerekse finansal istikrarın sağlanması açısından yakından takip edilmesi gereken bir göstergedir. Türkiye ithalatı ihracatından fazla olan yani dış ticaret açığı veren bir ülkedir. Özellikle bu gibi ülkelerde yatırımcılardan işletmelere, kamu teşekküllerinden bireylere kadar uzanan geniş bir piyasa katılımcısının bulunduğu ortamda tüm bu aktörlerin ekonomik faaliyetlerini sürdürme, yatırım ve finansman kararları verme gibi konularda gelecekteki döviz kurlarındaki istikrarsızlık ve dolayısı ile kurların öngörülememesi en önemli risk faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada döviz kurlarının incelenmesini gerekli kılan bir diğer sebep ise döviz kuru riskinin, ulusal risk envanterinin oluşturulması kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde yayınlanan ulusal risk raporuna göre ikinci sırada yer almasıdır (Pehlivanlı, 2020). İlk sırada ise makroekonomik değişken olarak genç işsizlik riski bulunmaktadır. Bununla birlikte, döviz kurunda meydana gelen dalgalanmaların enflasyondan faiz oranlarına, işsizlikten ekonomik büyümeye kadar pek çok faktörü etkilediği bilinmektedir.

Finansal varlıkların getirilerindeki değişkenlikten kaynaklanan risk terimi gerçekleşen getirinin beklenen getiriden sapma olasılığı şeklinde tanımlanmaktadır. Risk yönetiminde temel bir kavram ise volatilitedir. Finansal varlık getirilerinde volatilitenin önemini ortaya çıkarmıştır. Önceki dönemlerde finansal piyasalarda volatilitenin ölçmek için finansal varlıkların getirilerindeki değişimlerin standart sapması kullanılırken artık günümüzde doğrusal olmayan koşullu değişen varyans modelleri tercih edilmektedir. Klasik standart sapma ölçümleri varyansın zaman içerisinde değişmediği varsayımına dayanmaktadır. Günümüzde ise risk ve belirsizliğin artan önemiyle birlikte zaman serilerinde varyansın değişkenlik gösterdiğinin ilk bulguları Engle (1982)'ın otoregresif koşullu değişen varyans (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity-ARCH*) modeline dayanmaktadır. Dolayısı ile volatilitenin öngörülmesi değişen varyansın da dikkate alınmasıyla daha doğru sonuçlar üretecektir. Sabit varyans varsayımının sağlanamadığını ifade eden bu model daha sonra Bollerslev (1986) tarafından geliştirilerek genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişken varyans (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity-GARCH*) modeli oluşturulmuştur.

Bu gelişmelerle birlikte Christie (1982), French, Schwert ve Stambaugh (1987) ve Engle ve Ng (1993) piyasaya yeni gelen bilgilerin volatiliteye dâhil edildiği ARCH modelinin farklı yapılarını ortaya koymuşlardır. Volatilité üzerinde asimetric etkileri dikkate alan bu yeni modeller, negatif şokların volatilité üzerindeki etkisinin pozitif şoklardan farklı ve daha büyük olduğunu ortaya koymaktadırlar. Bunlarla birlikte Schwert (1990), standart sapmanın kuvvetini hata terimlerinin gecikmelerine bağlarken Nelson (1991) hata terimlerinin büyüklükleri ile birlikte işaretlerini de dikkate alan üstel GARCH(EGARCH) modelini ileri sürmüştür. Diğer taraftan, Higgins ve Bera (1992) doğrusal olmayan NARCH modelini ortaya koyarken Ding, Granger ve Engle (1993) klasik zaman serilerinde olduğu gibi verilerin mutlak değeri veya karesini almak yerine bunların dönüşümünün kaçınıcı kuvvet ile yapıldığını analiz eden asimetric üslü ARCH (PARCH) modelini geliştirmişlerdir. Glosten, Jagannathan ve Runkle (1993) ve Zakoian (1994) ise iyi ve kötü haberlerin koşullu varyans üzerinde farklı etkilere sahip olduğunu ortaya koyan eşik ARCH (TARCH) modelini birbirlerinden bağımsız olarak geliştirmişlerdir.

Geliştirilen birçok farklı yöntemle rağmen uygulanan modellerde çoğu zaman yüksek volatilité öngörüsü ve düşük öngörü performansı ile karşılaşılmasıdır. Araştırmacılar, bu sorunun ARCH sürecindeki yapısal değişmeden kaynaklandığını iddia etmişlerdir. Bununla birlikte, doğrusal yöntemler piyasanın içinde bulunduğu durumu bir bütün olarak değerlendirmekte, ortaya çıkan hızlı volatilité değişimlerini ve ani sıçramaları göz ardı etmekte veya bunları modele kukla değişken olarak ilave edip test etmeye çalışmaktadır. Oysaki piyasalarda özellikle gelişmekte olan ekonomilerde konjonktürel dalgalanmalar sıklıkla yaşanmaktadır. Zaman serilerinin doğrusal olmayan bu özelliklerini açıklama çalışmaları Tong (1983) ile başlamış ve Chan, Petrucci, Tong ve Woolford (1985), Tsay (1989), Chen ve Tsay (1991) gibi birçok araştırmacının bu konudaki çalışmalarına öncülük etmiştir. Finansal piyasalarda daralma veya genişleme olarak kendini gösteren bu dalgalanmaların süreleri, etkileri ve dönüm noktaları içinde bulunan piyasa özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Zaman serilerinin söz konusu bu stokastik yapıları dolayısıyla gerek volatilité ölçümü gerekse tahminine yönelik çalışmalarda Markov Rejim Değişimi GARCH (MSGARCH) yaklaşımı kullanıla bilinir (Koy, 2017; Kula ve Baykut, 2017; Koy, 2018; Stillwagon ve Sullivan, 2019; Abtahi ve Amrollahi Bioki 2020). Zaman serilerinin rejim değişimi ve söz konusu yüksek volatilité-düşük öngörü performansı probleminin üstesinden gelebilmek için yapılan ilk uygulama ise Hamilton (1989)'un getiri serilerine ilişkin ARCH sürecindeki yapısal kırılmaları dikkate alan Markov Dönüşümlü ARCH (SWARCH) modelidir. Döviz kuru volatilitesi üzerine yapılan rejim dönüşümünü dikkate alan çalışmalarda Engel ve Hamilton (1990), Engel (1994), Beine, Laurent ve Lecourt (2003), Cheung ve Erlandsson (2005), Roubaud ve Arouri (2018), Adam, Benecká ve Matějů (2018), Stillwagon ve Sullivan (2019) ve Abtahi ve Amrollahi Bioki (2020) söz konusu yapısal değişimleri göz ardı eden klasik ARCH-GARCH modellerine kıyasla daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

Özellikle uluslararası çalışmalardan elde edilen sonuçlar, MSGARCH modelinin standart GARCH modelleri ile karşılaştırıldığında volatilité tahmininde daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Diğer taraftan yapılan literatür incelemesinde Türkiye'de döviz kuruna yönelik farklı pek çok yöntem ile volatilité

modellemesi olduğu belirlenmekle birlikte MSGARCH modelinin uygulanmadığı görülmüştür. Bu bağlamda yapılan bu çalışmanın literatürde yer alan bu boşluğu dolduracağı ve sonraki araştırmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Döviz kurlarındaki volatilitenin geleneksel değişen varyans tekniklerinin (ARCH ve GARCH) yanı sıra zaman serilerinin kırılma ve asimetri gibi doğrusal olmayan özelliklerini dikkate alan MSGARCH yöntemi ile modellenmesi ve tahmini bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Beş bölümden oluşan çalışmanın giriş bölümü olan bu kısımdan sonra ikinci bölümde konuya ilişkin literatür araştırmaları sunulmuş, üçüncü bölümde çalışmaya ilişkin istatistikî model kurulmuş, akabinde analiz bulgularına yer verilmiştir. Çalışmanın son bölümünü ise sonuç ve yapılan değerlendirmeleri kapsamaktadır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Sabit kur sistemden vazgeçilmesi sonrası finansal piyasalarda yaşanan hızlı değişimlerin döviz kurları üzerindeki etkileri tartışılan en belirgin konular arasında yer almaktadır. Döviz kurlarının ekonomideki rolü dikkate alındığında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde birçok araştırmacının çeşitli temel ve teknik yöntemleri kullanarak döviz kurlarının tahminine odaklandığı görülmektedir.

Mandelbrot (1963), Fama (1965) ve Black (1976) gibi birçok araştırmacı döviz kuru getirilerinin doğrusal olmayan bir süreç takip ettiğini, Friedman ve Vandersteel (1982) de döviz kurlarının aşırı basık dağılım gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca bu çalışmalar, döviz kurundaki değişimin oynaklık kümelenmesi (volatility clustering) sergilediğini yani kur getirilerinde meydana gelen büyük değişimleri büyük, küçük değişimleri ise yine küçük miktarda değişimlerin izlediğini ortaya koymaktadır. Finansal piyasaların hareketli bir enstrümanı olan döviz kurlarının bu dinamik yapısının anlaşılması ve zaman içerisinde değişkenlik gösteren volatilitenin modellenmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Hsieh, 1988; McKenzie ve Mitchell, 2002; Beine ve diğerleri, 2003; Mapa 2004; Sandoval, 2006; Vee ve diğerleri, 2011; Antonakakis ve Darby, 2013; Miletić, 2015; Epaphra, 2017; Stillwagon ve Sullivan, 2019).

Döviz kuruna ilişkin ortalama ve varyansın zamana bağlı değişimini ARCH modeli ile ortaya koyan ilk araştırmalar arasında Hsieh (1988)'in çalışması yer almaktadır. Beş para biriminin (İngiliz Poundu, Kanada Doları, Alman Markı, Japon Yeni, İsviçre Frangı) ABD Doları cinsinden döviz kuruna ilişkin günlük frekansta 1974-1983 yıllarını kapsayan on yıllık veriler kullanılarak yapılan çalışma bulguları ARCH modellerinin doğrusal olmayan döviz kuru serilerinin sergilediği özellikleri açıklamaya yeterli olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte volatilitenin tahmininde başarılı olan bu modeller artık değerlere ilişkin aşırı basıklığın giderilmesinde yeterli görülemezlerdir. Bunun için artık değerlerde görülen ortalama etrafında aşırı basıklığın yanı sıra getiri serilerinin normal dağılımdan farklı olarak kuyruk bölgesinin daha şişman ve uzun olduğu kalın kuyruk sorununu da göz önünde bulunduran Student-t dağılımı önerilmiştir (Baillie ve Bollerslev, 1989).

McKenzie ve Mitchell (2002), daha çok hisse senedi getirilerinde tercih edilen ve Ding ve diğerleri (1993) tarafından geliştirilen üslü ARCH (PARCH) modelini kaldıraç etkisini araştırmak için döviz kuru piyasasına uygulamışlardır. Asya ve Latin Amerika ülkesi yedi para biriminin ABD Dolarına karşı döviz kurlarının incelendiği çalışmada ise Sandoval (2006), GARCH, GJR-GARCH ve EGARCH modellerini kullanmıştır. Gelişmiş ekonomilerdeki araştırma konusu yedi döviz kurundan dördünün asimetrik özellik taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Beine ve diğerleri (2003), merkez bankalarının müdahalelerinin döviz kurları üzerindeki volatilitelerini araştırdıkları çalışmada kura müdahale gibi dış etmenlerin zaman serilerinde doğrusal olmayan dinamikler doğurduğu ve bunların rejim değişim modelleri ile analiz edilebileceğini ifade etmektedirler. Araştırma bulguları merkez bankaları müdahalelerinin döviz kurlarına istikrar kazandırıcı etkisi olabileceği gibi istikrar bozucu etkileri de olduğunu ortaya koymakta ve her zaman döviz kurları volatilitesinde artışa neden olduğunu iddia etmektedir.

Vee, Gonpot ve Sookia (2011), genelleştirilmiş hata dağılımı (GED) ve Student-t dağılımı yardımıyla GARCH(1,1) modeliyle 2003-2008 yılları arasındaki günlük verileri kullanarak ABD Doları /Mauritius Rupisi kurunun oynaklığını tahmin etmeye çalışmışlardır. Araştırma bulguları örneklem dışı tahminlerde genelleştirilmiş hata dağılımının daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde Antonakakis ve Darby (2013), Botswana Pulası, Şili Pesosu, Kıbrıs Lirası, Mauritius Rupisi para birimlerinin ABD Doları karşısındaki volatilitelerini 1993-2000 dönemi arasında günlük veriler üzerinden analiz etmişlerdir. ARCH, GARCH, EGARCH, IGARCH, FIGARCH ve HYGARCH modelleri ile yapılan testler sonucu elde edilen çalışma çıktıları IGARCH yönteminin hem örneklem içi hem de örneklem dışı tahminlerde daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Diğer taraftan Miletic (2015) makalesinde gelişmekte olan ülkelerde döviz kurlarının gelişmiş ülkelere nazaran negatif şoklara karşın pozitif şoklardan daha hassas oldukları hipotezini test etmiştir. Çeşitli GARCH yöntemleri ile simetrik ve asimetrik fiyat hareketlerinin modellendiği araştırma bulgularına göre söz konusu hipotez doğrulanmamış olup genel anlamda simetrik modellerin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan piyasalarda daha tutarlı sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir.

Epaphra (2017), Ocak 2009-Temmuz 2015 arası günlük verilerin kullanıldığı çalışmada doğrusal olmayan seriler ile Tanzanya Şilini/ ABD Doları kurunu öngörmeye çalışmıştır. Simetrik GARCH ve asimetrik EGARCH modellerinden faydalandığı çalışma kanıtları asimetrik modellerin daha iyi sonuçlar verdiği şeklindedir. Ayrıca, asimetrik modeller negatif şoklar karşısında sonraki dönemde daha yüksek bir koşullu varyansa işaret etmektedir. Asimetrik modellerin bu üstünlüğü Mapa (2004)'nın Filipin Pesosu/ABD Doları kuruna yönelik yapmış olduğu volatilitite modellemesi sonuçlarını destekler niteliktedir.

Zaman serilerinin doğrusal olmayan dinamiklerini dikkate alan Stillwagon ve Sullivan (2019), döviz kurları özelinde İngiliz Poundu, Kanada Doları ve Japon Yeninin ABD Doları karşısındaki volatilitelerini geçmiş 30 yıllık verileri kullanarak Markov rejim değişim modelleri ile analiz etmişlerdir. Yapılan çalışma ile rejim değişim modellerinin öngörü hatalarını azalttığı gözlenmiştir. Bu çerçevede, Engel

ve Hamilton (1990), Engel (1994), Cheung ve Erlandsson (2005), Roubaud ve Arouri, (2018), Adam ve diğerleri (2018) ve Abtahi ve Amrollahi Bioki (2020)'nin çalışmaları döviz kuru volatilitelerine ilişkin rejim değişim modellerinin daha iyi öngörü ortaya koyduğunu ve istikrarlı bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Türkiye piyasasına yönelik yapılan çalışmalarda yoğun olarak işlem hacminin diğer döviz cinslerine göre daha fazla olmasından dolayı ABD Doları/ Türk Lirası kuru volatilitelerine göre daha fazla olması nedeniyle ABD Doları/ Türk Lirası kuru volatilitelerine ilişkin rejim değişim modellerinin daha iyi öngörü ortaya koyduğunu ve istikrarlı bir yapıda olduğunu göstermektedir. Türkiye ekonomisinde yaşanan 2001 finansal krizi sonrasında sabit kur sisteminden vazgeçilerek dalgalı kur sistemine geçiş ve özellikle son yıllarda döviz kurlarında yaşanan aşırı oynaklık bu alanda çalışmaların artışına neden olmuştur. Buna rağmen az da olsa sabit kur dönemine ait volatiliteler modellemesi çalışmalarına rastlamak mümkündür. Bu bağlamda Aysoy, Balaban, Kogar ve Ozcan (1996) tarafından yapılan çalışmada Amerikan doları ve Alman markı oynaklığı 1988-1995 dönemi için günlük veriler ile ARCH-GARCH modelleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Sabit kur sisteminin benimsendiği bir dönem dolayısıyla ile kurlardaki oynaklığın oldukça düşük olmasına rağmen istikrarsız süreçlerde ve 1994 yılı gibi krizin olduğu süreçlerde kurdaki volatilitenin belirgin bir biçimde artış gösterdiği saptanmıştır.

Üslü ARCH modeli ile günlük veriler üzerinden Ocak 1980-Temmuz 2008 dönemi Türkiye piyasası dolar kuru volatilitelerini analiz eden Kiran (2008) standart benzerlik oranı testini kullanmıştır. Çalışma bulguları döviz kurunun asimetric özelliklerini göz önüne alan yöntemlerin volatiliteler tahmininde daha iyi sonuçlar elde edildiğini kanıtlamaktadır. Çağlayan ve Dayıoğlu (2009)'un OECD ülkelerini kapsayan döviz kuru volatiliteler incelemesi sonuçları da Kiran (2008)'i destekler nitelikte olup asimetric koşullu değişen varyans yöntemlerinin tahmin sonuçlarının simetric yöntemlerle göre daha başarılı olduğunu göstermektedir.

Gürsakar (2009), ABD Doları/Türk Lirası döviz kuru oynaklığını modellediği çalışmasında varyansta gözlemlenen kırılmaları dikkate alarak bunları bir kukla değişken şeklinde GARCH modeline ekleyerek yeni bir model oluşturmuştur. Ocak 2000 ile Aralık 2007 arasındaki günlük döviz kuru getirileri kullanılarak varyanstaki kırılmalar ile oluşturulan GARCH modelinde oynaklık kalıcılığında varyanstaki kırılmaları dikkate almayan modellere göre önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir.

Gür ve Ertuğrul (2012), çalışmalarında tek bir döviz kuru veya birden fazla döviz kuru yerine ABD Doları, Euro ve İngiliz Poundu'nun Türk Lirası karşısındaki değerlerinden oluşan bir döviz kuru sepetinin volatilitesi ARCH, GARCH ve SWARCH modelleri ile günlük frekansta Temmuz 2001 ve Mayıs 2010 tarihleri arasındaki veriler üzerinden incelemişlerdir. Rejim dönüşümünü dikkate alan SWARCH yönteminin geleneksel ARCH yöntemlerine göre daha başarılı sonuçlar ürettiğini gösteren çalışma sonuçları bu çerçevede daha önce yapılan Güloğlu ve Akman (2007)'nin araştırma bulgularını doğrulamaktadır.

Euro/TL döviz kuru oynaklığının modellendiği çalışmada Demirgil, Yıldırım ve Çiçek (2019), asimetric etkileri dikkate alan GARCH yöntemlerini kullanmışlardır. Ocak 1999- Mayıs 2019 dönemi arasındaki aylık veriler üzerinden yürütülen araştırma çıktıları kur üzerinde pozitif şokların eşit büyüklükteki negatif şoklardan

daha yüksek düzeyde etkili olduğunu göstermekte olup öngörü hatalarına bakılarak volatilité tahmini için en uygun yöntemin TGARCH modeli olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç Euro/TL döviz kuruna ilişkin Turanlı vd. (2015) tarafından yapılan çalışma bulguları ile uyum göstermektedir. Türkiye'nin dış ticaretinde önemli paya sahip olan döviz kurlarının getirilerindeki oynaklığın incelendiği bir diğer çalışmada ise Demirgil ve Kesekler (2019), M-GARCH modellerini kullanarak farklı para birimleri arasındaki oynaklık yayılım ilişkisini araştırmışlardır. Çalışma sonuçları finansal varlık getirilerinde sıklıkla karşılaşılan değişen varyansın temel göstergelerinden olan oynaklık kümelenmesi ve aşırı basınlığa işaret etmektedir.

### 3. VERİ SETİ VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Verileri ve Özellikleri

Çalışma kapsamında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası(TCMB) tarafından belirlenen ABD Doları para biriminin Türk Lirası karşılığı gösterge niteliğindeki döviz satış kurları kullanılmıştır. Veriler TCMB Elektronik Veri Dağıtım Sistemi'nden temin edilmiştir. Örneklem verileri haftalık frekansta olup 2001 krizi sonrasında TCMB'nin sınırlı müdahaleleri olsa da serbest kur rejime geçildiği Temmuz 2001'in ilk haftası ile çalışmanın analiz edildiği Şubat 2020'nin ikinci haftası arasındaki 972 haftalık gözlemi kapsamaktadır.

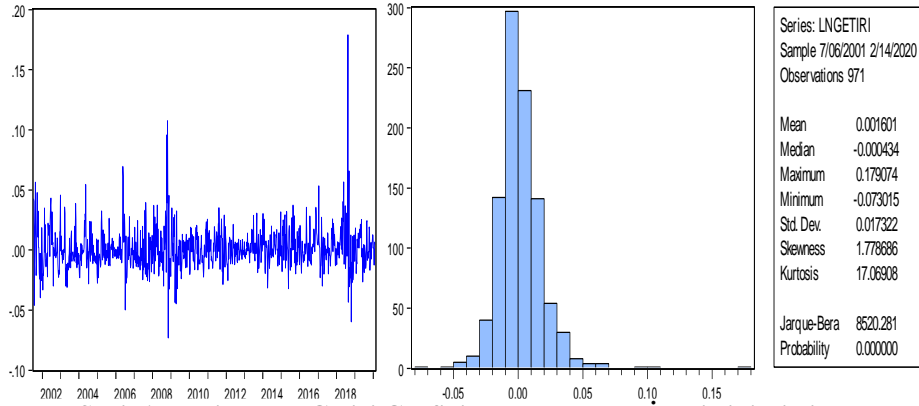
Gerek jeopolitik riskler gerekse ekonomik riskler dolayısı ile gelişmekte olan ülkelerden biri olan Türkiye'de dolar kurunun oynak bir yapıda olması beklenen bir durumdur. Bu çerçevede ABD Doları/Türk Lirası kurunun volatilité yapısının anlaşılması amacıyla öncelikle serinin birim kök sınaması yapılmıştır. Bilindiği üzere ekonometrik analizlerde değişkenler arasında anlamlı ilişkiler elde edilebilmesi için değişken serilerinin durağan seriler olması gerekmekte aksi durumlarda "sahte regresyon" ile karşılaşmaktadır (Granger ve Newbold, 1974). ABD Doları/Türk Lirası kuru değişkeninin kendi düzey değerinde ve logaritmik getirisi hesaplanarak  $[y_t = \ln(p_t) - \ln(p_{t-1})]$  durağanlığı Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi ile sınanmış olup sonuçlar aşağıda Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1. Döviz Kuru ve Logaritmik Getirisinin Birim Kök Testi Sonuçları**

		Sabit Terim ve Trend İçermez	Sabit Terim İçerir	Sabit Terim ve Trend İçerir
Düzyey	ADF Test İstatistiği	3,0860	2,1589	-0.1211
	Olasılık	0,9996	0,9999	0.9945
Logaritmik Getiri	ADF Test İstatistiği	-24,2754	-24,4183	-24.5115
	Olasılık	0,0000	0,0000	0.0000
MacKinnon Kritik Değerler				
	1% düzeyinde	-2.5673	-3,4369	-3,9676
	5% düzeyinde	-1.9411	-2,8643	-3,4145
	10% düzeyinde	-1.6164	-2,5683	-3,1293

\* Schwarz bilgi kriteri baz alınmış ve maksimum gecikme sayısı 21 olarak belirlenmiştir.

Tablo sonuçlarına göre döviz kurunun kendi düzey değerinde olasılık değerleri % 5’den büyük olup “Seride birim kök vardır” şeklinde oluşturulan  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir. Logaritmik getiri serilerinde ise birim kök olmadığı durağanlığın sağlandığı görülmektedir. ABD Doları/Türk Lirası döviz kuru logaritmik getiri grafiği ve buna ilişkin tanımlayıcı istatistik bilgileri ise şu şekildedir;



Şekil 1. Döviz Kuru Getiri Grafiği ve Tanımlayıcı İstatistik Bilgiler

Örneklem döneminde döviz kuru haftalık kapanış fiyatları ile en düşük 1,1585, en yüksek 6,6358 ve ortalama 2,2481 olarak gerçekleşmiştir. Şekil 1 sol ekseninde görüldüğü üzere döviz kuru getirilerinin yoğun bir oynaklığa sahip olduğu volatilité kümelenmesi özelliği içerdiği, yani getirilerde meydana gelen büyük değişimleri büyük, küçük değişimleri ise yine küçük miktarda değişimlerin izlediği anlaşılmaktadır. Özellikle global mortgage krizinin etkilerinin yoğun olarak hissedildiği 2008-2009 dönemi ve gerek jeopolitik riskler gerekse papaz Brunson olayı gibi Amerika tarafından ekonomik yaptırımlarla tehdit sonucu oluşan risklerin döviz kurlarındaki volatilitéye yansıdığı 2017-2018 dönemi volatilité kümelenmeleri olarak göze çarpmaktadır. İçsel ve dışsal faktörler dolayısıyla özellikle 2018-2019 döneminde kurda volatilitenin yüksek olduğu görülmektedir (Yaman ve Koy, 2019). Bunlara ilave olarak daha eski tarihlere gitmek gerekirse 2006 yılında benzer bir oynaklık görülmektedir. İlgili dönemde yaşanan volatilitenin sebebi olarak Amerikan Merkez Bankası FED’in faiz artırımı kararı ve bu artışların devam edebileceği sinyali vermesi gösterilebilir. Ayrıca, Uluslararası Para Fonu (IMF) önerisi olan Sosyal Güvenlik Yasası’nın Cumhurbaşkanlığına veto edilmesi ve buna ilave olarak enflasyon ve cari açığa yaşanan kötüleşme yabancı yatırımcılar üzerinde risk algısını yükseltmiş dolayısıyla ilave ciddi bir oynaklığa sebep olmuştur.

Döviz kuruna ilişkin getirilerin en yüksek (% 17,90) ve en düşük (- % 7,30) arasında değişimi yoğun oynaklık yapısına işaret etmekte olup uzun bir dönemi kapsayan çalışmanın örneklem seti farklı volatilité özellikleri gösteren farklı rejimleri içerebileceğini ortaya koymaktadır. Bu sebeple, ABD Doları/Türk Lirası kuru getirisinin volatilité yapısının analizi için Markov Rejim Değişimi GARCH (MSGARCH) yöntemi tercih edilmiştir.



### 3.2. Yöntem: Markov Rejim Değişimi GARCH Modeli

Engle (1982) tarafından geliştirilen ARCH modelinde [  $\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2$  ] koşullu varyans hata terimlerinin karelerinin gecikmeleri ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Modelde koşulsuz varyans sabit iken koşullu varyansın zaman içerisindeki değişimlerine izin verilmektedir. Modele koşullu varyansın kendi gecikmeli değerleri de ilave edilerek Bollerslev (1986) tarafından GARCH modeli [  $\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$  ] oluşturulmuştur.

Klasik ARCH-GARCH modelleri zaman serilerinin doğrusal bir yapıda olduğunu varsaymaktadır. Doğrusal modeller ise finansal verilerin sahip olduğu aşırı basıklık ( *leptokurtosis* ) yani getiri dağılımlarının normal dağılıma göre ortalamada daha sivri ve kuyrukta daha kalın dağılım özelliği göstermesi, volatilité kümelenmesi ( *volatility clustering* ) yani varlık fiyatlarındaki büyük değişimleri büyük, küçük değişimleri ise yine küçük hareketlerin izlemesi ve kaldıraç etkisi ( *leverage effects* ) yani negatif şokların volatilité üzerindeki etkisinin aynı düzeydeki pozitif şoklardan daha fazla olması gibi birtakım özelliklerin modellenmesinde yetersiz kalmaktadırlar. Bununla birlikte, doğrusal yöntemler piyasanın içinde bulunduğu durumu bir bütün olarak değerlendirmekte, ortaya çıkan hızlı volatilité değişimlerini ve ani sıçramaları göz ardı etmektedir. Dolayısı ile zaman serilerinin bu özelliklerini dikkate alan EGARCH, TGARCH, IGARCH, PARCH gibi doğrusal olmayan GARCH modelleri geliştirilmiştir. Buna rağmen zaman serisindeki yapısal değişimlerden kaynaklanan yüksek volatilité öngörüsü ve düşük öngörü performansı problemleri süregelenmiştir.

Zaman serilerinde gözlemlenen kırılmalar ve asimetric hareketler gibi doğrusal olmayan süreçleri modellemenin bir diğer yöntemi de rejim değişim modelleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Rejim değişimi yöntemleri diğer doğrusal olmayan ARCH-GARCH yöntemlerine kıyasla yapısal değişimlerden kaynaklı yüksek volatilité-düşük öngörü performansı probleminin üstesinden de gelebilme avantajı taşımaktadır.

Hızlı volatilité değişimleri ve ani sıçramalar şeklinde ortaya çıkan konjonktürel dalgalanmalar, genişleme veya daralma dönemleri ABD Doları/Türk Lirası kuru volatilitésinin rejim değişim modelleri ile daha iyi analiz edilebileceğini göstermektedir. Döviz kurundaki ani ve beklenmedik aşırı değişimler kur yapısının bir rejim değişim sürecine işaret etmektedir. Çalışma kapsamında başvuru MSGARCH tekniği, volatilitéyi yüksek ve düşük volatilité dönemleri olarak iki farklı rejim şeklinde tanımlamaktadır. Doğrusal olmayan volatilité yapısının modellenmesinde kullanılmakta olan bu teknik, analiz için rejim değişim tarihlerinin saptanmasına ihtiyaç duymamaktadır. MSGARCH yöntemi rejim değişimlerini gözlenemeyen durum değişkeni olarak ele almakta ve bu açıdan kullanıcılara avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte döviz kuru getirisinin varyansındaki düşük ve yüksek rejim dönemlerini belirleyebilmek için Inclan ve Tiao (1994) tarafından geliştirilen Yenilenen Kümülatif Kareler Toplamı (Iterated Cumulative Sums of Squares- ICSS) algoritması da ayrıca kullanılmıştır. Çalışmanın bulgular kısmında sunulan algoritma sonuçları döviz kurunda normal seyir izleyen rejim dönemlerinin yanı sıra ani sıçramaların da olduğu yüksek riskli rejim dönemlerinin bulunduğunu göstermektedir. Dolayısı ile bu çalışmada yüksek ve düşük volatilité dönemlerine

işaret eden MSGARCH yöntemi kullanılmıştır. Hamilton (1989, 1990) tarafından geliştirilen Markov rejim değişimi şu şekilde ifade edilmiştir:

$P\{s_k = j | s_{k-1} = i, = k, \dots\} = P\{s_k = j | s_{k-1} = i\} = p_{ij}$ , iki rejimli bir Markov zincirini ifade eden bu denklemde rejimlerdeki değişimler  $s_k$  durum değişkenine bağlı olarak çoklu rejim şeklinde tahmin edilebilir. Denklemde yer alan  $p_{ij}$ ,  $i$  rejiminden  $j$  rejimine geçme olasılığını göstermekte olup  $i \neq j$  durumunda  $p_{ij} = 1 - p_{ii}$  şeklinde tanımlanmaktadır. Bu doğrultuda bir  $s_k$  durum değişkeni geçiş olasılıklı ve iki rejimli bir Markov sürecinde şu şekilde tanımlanabilir:

$$P_r[s = 0 | s = 0] = p$$

$$P_r[s = 1 | s = 0] = 1 - p$$

$$P_r[s = 1 | s = 1] = q$$

$$P_r[s = 0 | s = 1] = 1 - q$$

$s_k=0$  normal volatilité rejimi şeklinde tanımlanan düşük volatilitéye sahip olan rejim olarak  $s_k=1$  ise ani sıçramaların olduğu yüksek oynaklık rejimi olarak ifade edilmektedir. ARCH ve GARCH terimlerini içeren bir Markov değişimi MSGARCH(1,1) koşullu varyans modeli ise şöyle kurulabilir:

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

Model düşük ve yüksek oynaklıkları içerecek rejim değişikliklerini dikkate alacak şekilde Gray (1996) ve Klaassen (2002) tarafından şu şekilde geliştirilmiştir:

$$h_t = [\alpha_0 + \alpha_{1(s_t)} \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_{1(s_t)} h_{t-1}] / [s_t = 0] + [\alpha_0 + \alpha_{1(s_t)} \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_{1(s_t)} h_{t-1}] / [s_t = 1]$$

Denklemde rejim değişiklikleri  $s_t$  ile ifade edilmiş olup  $s = 0$  düşük volatilité dönemini,  $s = 1$  ise yüksek volatilité dönemini belirtmektedir. Model döviz kurunun yüksek ve düşük volatilité yapılarının tahminine imkan tanımaktadır.

#### 4. ANALİZ BULGULARI

Getiri serisine ilişkin Şekil 1'de yer alan istatistiki bilgilere bakıldığında çarpıklığı gösteren skewness katsayısı pozitif olup sağa çarpık bir dağılıma ve basıklık katsayısı kurtosis değerinin (17,06908) 3'den büyük oluşu dağılımın normalden daha dik ve sivri bir yapıda bulunduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, yüksek bir Jarque-Bera test istatistiği sonucu da % 1 anlamlılık düzeyinde standartlaştırılmış artıkların normal dağılmadığını yani serinin normal dağılım özelliğine sahip olmadığını belirtmektedir. Özetle, yüksek volatilité özelliğine sahip olan döviz kuru getiri serisi normal dağılım göstermeyip durağan bir seridir.

Döviz kuru getiri serisinin durağan olduğu tespit edildikten sonra serinin volatilitesi için uygun modeli bulabilmek amacıyla ARMA yapısının belirlenmesi gerekmektedir. Birim kök testinden elde edilen sonuçlara göre getiri serisinin kendi düzey değerinde [I(0)] durağan olduğu bilinmektedir. Uygun ARMA modeli için modelin gecikmeleri olan  $p$  ve  $q$  değerleri 10 gecikmeye kadar incelenmiştir. Modelin

seçimi için literatürde yaygın olarak kullanılan ve diğer bilgi kriterlerine göre daha dinamik model seçimine olanak sağlayan Schwarz Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) tercih edilmiştir. Buna ilişkin sonuçlar aşağıda Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 2. Döviz Kuru Getirisi İçin ARMA Modeli Seçimi Bilgi Kriterleri**

p,q	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-5.252	-5.304	-5.297	-5.297	-5.295	-5.288	-5.284	-5.288	-5.288	-5.287	-5.280
1	<b>-5.305</b>	-5.297	-5.295	-5.295	-5.289	-5.282	-5.298	-5.295	-5.288	-5.280	-5.176
2	-5.297	-5.292	-5.292	-5.290	-5.296	-5.290	-5.296	-5.288	-5.283	-5.277	-5.270
3	-5.301	-5.294	-5.291	-5.283	-5.298	-5.285	-5.282	-5.285	-5.278	-5.278	-5.271
4	-5.226	-5.287	-5.280	-5.277	-5.294	-5.292	-5.282	-5.281	-5.277	-5.271	-5.266
5	-5.288	-5.281	-5.291	-5.289	-5.287	-5.288	-5.272	-5.273	-5.276	-5.266	-5.259
6	-5.282	-5.278	-5.284	-5.271	-5.283	-5.282	-5.285	-5.278	-5.270	-5.268	-5.142
7	-5.282	-5.294	-5.288	-5.284	-5.277	-5.278	-5.278	-5.273	-5.268	-5.254	-5.256
8	-5.279	-5.288	-5.282	-5.277	-5.270	-5.281	-5.270	-5.149	-5.258	-5.134	-5.253
9	-5.279	-5.282	-5.276	-5.277	-5.270	-5.264	-5.260	-5.256	-5.134	-5.127	-5.120
10	-5.273	-5.274	-5.269	-5.270	-5.263	-5.258	-5.260	-5.252	-5.254	-5.238	-5.238

Schwarz Bayesyen Bilgi Kriteri’ne göre ABD Doları/Türk Lirası döviz kuru getirisi için -5,305 değer ile en düşük bilgi kriteri katsayına sahip ARMA(1,0) modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir. Uygun model belirlendikten sonra hata terimlerinde değişen varyans sorunu olup olmadığı yani ARCH etkisinin bulunup bulunmadığının araştırılması gerekir (Tsay, 2005; Brooks, 2008). Bunun için Engle (1982) tarafından geliştirilen ARCH-LM (ARCH-Lagrange Multiplier) testi kullanılmıştır. Uygun ARMA(1,0) modeli için 1 ile 5 arası, 10., 15., 20., 25. ve 30. gecikmeye kadar ARCH etkisinin tespitine yönelik yapılan test sonuçları aşağıdaki gibidir.

**Tablo 3. Döviz Kuru Getiri Serisinde ARMA(1,0) Modeli ARCH-LM Testi Sonuçları**

Gecikme	Gözlenen R <sup>2</sup> Değerleri	Ki-Kare Olasılık Değerleri	Gecikme	Gözlenen R <sup>2</sup> Değerleri	Ki-Kare Olasılık Değerleri
1	78,89090	0,0000	10	122,7557	0,0000
2	105,0868	0,0000	15	127,6474	0,0000
3	104,8455	0,0000	20	129,2236	0,0000
4	110,9963	0,0000	25	129,4399	0,0000
5	111,7605	0,0000	30	129,2728	0,0000

Değişen varyansın tespiti için 30 gecikmeye kadar yapılan ARCH-LM test sonuçlarına göre ( Tablo 3 ) gözlenen R<sup>2</sup> değerlerinin olasılıkları %1 anlamlılık

düzeyinde 0,0000 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda eşit varyanslılığın ifade edildiği sıfır hipotezi ( $H_0 = Eşvaryanslılık vardır$ ) reddedilmektedir. Diğer bir ifade ile ABD Doları/Türk Lirası kuru getiri serisinde ARCH etkisi bulunmaktadır.

ARCH etkisi belirlendikten sonra getiri serilerindeki oynaklığın modellenmesinde ve değişen varyans sorununun ortadan kaldırılabilmesi için çeşitli ARCH-GARCH modelleri denenmiştir. Bunlara ilişkin varyans denklemleri ve modellerin otokorelasyon ve ARCH etkisi içerip içermedikleri 1., 5., 10. ve 15. gecikmeye kadar test edilmiş olup aşağıdaki Tablo 4’de diagnostic test bulguları olarak gösterilmiştir.

**Tablo 4. Varyans Denklemi Çıktıları ve Diagnostic Testler**

Model	ARCH (1)	GARCH (0,1)	GARCH (1,1)	TGARCH (1,1,1)	EGARCH (1,1,1)
$\omega$	0,00018 (0,000)	0,000015 (0,018)	0,000015 (0,003)	0,000016 (0,000)	-0,73703 (0,000)
$\alpha$	0,31432 (0,000)	-	0,15004 (0,000)	0,20547 (0,000)	0,22325 (0,000)
$\beta$	-	0,93858 (0,000)	0,78689 (0,000)	0,79644 (0,000)	0,93430 (0,000)
$\gamma$	-	-	-	-0,17205 (0,000)	0,11874 (0,000)
LogL	2692,48	2677,44	2726,50	2732,63	2732,40
Diagnostic Testler					
LB <sup>2</sup> (1)	0,4536 (0,501)	95,402 (0,000)	0,6643 (0,415)	0,0389 (0,844)	0,2956 (0,587)
ARCH(1)	0,4526 (0,501)	95,0192 (0,000)	0,6618 (0,415)	0,0387 (0,844)	0,2945 (0,587)
LB <sup>2</sup> (5)	221,71 (0,000)	199,88 (0,000)	5,2891 (0,382)	3,7004 (0,593)	4,9870 (0,417)
ARCH(5)	171,031 (0,000)	127,4060 (0,000)	5,37617 (0,371)	3,6384 (0,602)	4,96534 (0,420)
LB <sup>2</sup> (10)	230,02 (0,000)	218,79 (0,000)	8,3306 (0,597)	7,6603 (0,662)	8,8291 (0,548)
ARCH(10)	192,535 (0,000)	137,7027 (0,000)	8,6520 (0,565)	7,6908 (0,659)	8,9803 (0,534)
LB <sup>2</sup> (15)	236,07 (0,000)	228,36 (0,000)	11,653 (0,705)	9,9503 (0,823)	11,667 (0,704)
ARCH(15)	193,3130 (0,000)	141,3984 (0,000)	11,9666 (0,681)	9,8737 (0,827)	11,6850 (0,702)

LogL: Log-Likelihood, LB<sup>2</sup>: Ljung-Box-Q-Stat, parantez içindekiler olasılık değerlerini göstermektedir.

Getiri serilerinin varyansında otokorelasyonun varlığı Ljung-Box-Q-Stat istatistiği ile belirlenmiş ve değişen varyansın olup olmadığı ARCH LM testi ile araştırılmıştır. Yapılan test sonuçlarında belirlenen gecikmelerde GARCH(1,1), TGARCH(1,1,1) ve

EGARCH(1,1,1) modellerinde otokorelasyon ve değişen varyans olmadığı görülmüştür.

Finansal dalgalanmaların oldukça yüksek olduğu bir piyasada döviz kurunun farklı volatilité özellikleri içeren bir yapıda olabileceği aşikardır. Bu kapsamda döviz kuru getiri serisinin doğrusal olup olmadığı BDS testi ile araştırılmıştır. Doğrusal olmayan modellerin hata terimleri üzerine yapılan BDS testi Broock, Scheinkman, Dechert ve LeBaron (1996) tarafından geliştirilmiş olup bir seride zamana bağlı bağımlılığı inceleyen portmanteau bir testtir. Doğrusal dışılığı tespit etmeyi amaçlayan bu test doğrusal bağımlılık, doğrusal olmayan bağımlılık veya kaotik süreç gibi çeşitli olası sapmalar için de kullanılmaktadır. Test, tahmini yapılan seriye ilişkin modellerin artıklarının yani hata terimlerinin bağımsız veya benzer şekilde dağılıp dağılmadığını kontrol etmektedir. Doğrusal olmayan GARCH(1,1) modeli için 10 boyuta kadar uygulanan BDS doğrusallık testi sonuçlarına Tablo 5'te yer verilmiştir.

**Tablo 5. BDS Test Bulguları**

Model Boyut	GARCH(1,1) BDS İstatistiği	Olasılık Değeri
2	0,018080	0,0000
3	0,033138	0,0000
4	0,044357	0,0000
5	0,052552	0,0000
6	0,054813	0,0000
7	0,053128	0,0000
8	0,049843	0,0000
9	0,046458	0,0000
10	0,042044	0,0000

BDS testi sonuçlarına göre olasılık değerleri % 5 hata düzeyinde 0,05'den küçüktür. Bu durumda “hata terimleri serisinde bağımlılık yoktur” şeklinde oluşturulan boş hipotez reddedilmekte olup ilgili seride bir bağımlılık söz konusudur. Diğer bir ifade ile doğrusal modellerin hata terimlerine uygulanan BDS testi sonuçları, döviz kuru getiri serisinin doğrusal bir model olarak yanlış belirlendiğini ve modelin doğrusal olmayan bir yapıda olduğunu ifade etmektedir.

BDS testi sonucunda serinin doğrusal olmadığını tespit edilmesiyle MSGARCH modeli uygulanarak döviz kuru getiri serisinin volatilité yapısı araştırılmıştır. MSGARCH modeli, R istatistiksel programında Ardia, Bluteau, Boudt, Catania ve Trottier (2019) tarafından geliştirilen kodun veri setimize uyarlanması ile analiz edilmiştir (*R programı MSGARCH kodu Ek 1 başlığı altında sunulmuştur*). Düşük ve yüksek riskli rejimden oluşan student-t dağılımı altında MSGARCH(1,1) modeli sonuçları aşağıda Tablo 6'da sunulmuştur.

**Tablo 6. MSGARCH Sonuçları**

Parametreler	Rejim 1	Rejim 2
$\alpha_0$	0,0000474	0,00000153
$\alpha_1$	0,2179	0,1745
$\beta_1$	0,6375	0,8240
Rejim Geçiş Olasılıkları		
$t k=1$	0,9844	0,0156
$t k=2$	0,0258	0,9742
Koşulsuz Volatilite ve Olasılık		
Volatilite	5,3326	99,5479
Olasılık	0,6231	0,3769

Yukarıda tabloda yer alan alfa ve beta parametreleri varyans eşitliğini göstermekte olup bu modele ilişkin Log Likelihood değeri 2733,3479 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Tablo 4’de yer alan klasik ARCH-GARCH modellerinin olabilirlik değerlerinden daha yüksektir. Bu anlamda MSGARCH modeli diğer modellerden daha başarılıdır. Ayrıca, ARCH-GARCH modellerinde meydana gelen bir volatilite şoku kalıcı olup etkisini sürekli devam ettirmektedir. Piyasa gerçekleri ile örtüşmeyen bu anlamsız bulgu ise yapısal değişimlerin dikkate alınmamasından ileri gelmektedir. GARCH(1,1), TGARCH(1,1,1) ve EGARCH(1,1,1) modellerine ilişkin dirençlik katsayıları ( *katsayıların toplamı şeklinde ifade edilmektedir* ) sırasıyla 0,937, 1,002 ve 1,158’dir. MSGARCH modelinde rejim 1 ve rejim 2 için bu değer 0,8554 ve 0,9985’dir. Bu sonuçlar MSGARCH modelinin özellikle düşük volatilite dönemlerinde aşırı derecede yüksek bir dirençlilik öngörmediğini göstermektedir. İki rejim olarak ifade edilen MSGARCH modelinde ilk rejim düşük riskli diğer bir ifade ile düşük volatiliteye sahip rejim olarak ikinci rejim de yüksek volatiliteye sahip rejim olarak tanımlanmaktadır.

Rejim 1 ve Rejim 2’nin  $\alpha_1$  değerleri karşılaştırıldığında [ *Rejim 1 alfa değeri (0,2179) Rejim 2 alfa değerinden (0,1745) daha büyüktür* ] düşük riskli rejim döneminde piyasada meydana gelen şoklar karşısında kurun ani ve yüksek bir şekilde tepki verdiği diğer taraftan yüksek riskli rejim döneminde ise meydana gelen şokların daha sonra dengeye geldiği anlaşılmaktadır. Bu durum volatilite ısrarcılığını ifade eden beta katsayılarından da anlaşılmaktadır. Volatilite ısrarcılığı her iki rejimde de kuvvetli olmakla birlikte (  *$\beta_1$  değeri 1’e yaklaştıkça volatilite ısrarcılığı artmaktadır* ) yüksek riskli rejim sürecinde yaşanan piyasa şoklarının rejim üzerindeki etkileri kısa sürede ortadan kalkarken düşük riskli rejim sürecinden bu şoklar etkisini sürdürmektedir. Diğer bir ifade ile kurda ani artışlara yol açan ve dolayısı ile volatiliteyi arttıran şoklar yüksek riskli bir rejimi ifade etmekte olup yaşanan şoklar uzun sürede yok olup kur dengeye gelir iken daha küçük piyasa dalgalanmalarının yaşandığı ve düşük riskli rejim olarak adlandırılan dönemlerde ise kurda yaşanan volatilite etkilerinin devam ettiği görülmektedir. Bu duruma çarpıcı bir örnek vermek gerekirse, 2018 yılında yaşanan Rahip Brunson olayı olarak anılan Türkiye ekonomisinin ABD yaptırımları ile tehdit edildiği dönemde ABD Doları/Türk Lirası

kurunun tarihi zirveleri görerek (2018 yılına 3,79 TL'den başlayan dolar kurunun bu olay ile Ağustos 2018 ortalarında) 7,21 TL seviyesine ulaşmasıdır. Yaşanan bu ani şok sonrası kurun gevşemesi ile Ekim 2018'de 6,00 TL'nin altına düşmüş ve sonraki süreçte ise dengeye gelmiştir. Diğer taraftan, ani piyasa şokları yerine daha düşük düzeyde piyasanın kendi dinamikleri içerisinde meydana gelen dalgalanmaların yaşandığı düşük rejim süreçlerinde bunların etkileri ortadan kalkmayıp kur üzerinde bunlar korunmakta ve kurda uzun dönemde bir artış trendi olarak yansımaktadır.

Markov tahminlerinin yer aldığı rejim değişimi olasılık matrisinde “k=1” ve “k=2” sırasıyla Rejim 1 ve Rejim 2'yi göstermektedir. Düşük riskli rejimdeyken yani Rejim 1'de iken aynı rejimde kalmayı gösteren geçiş olasılık değeri 0,9844 iken yüksek riskli rejimin yine yüksek riskli rejimde kalma olasılığı 0,9742 seviyesindedir. Diğer taraftan yüksek riskli rejimden düşük riskli rejime geçiş olasılığı 0,0156 iken düşük riskli rejimden yüksek riskli rejime geçiş olasılığı (0,0258) daha yüksektir. Bu ise düşük riskli rejimden ani bir değişim ile yüksek riskli rejime geçiş olabileceğini gösterir. Söz konusu bu durum koşulsuz volatilité ve olasılık değerlerinden de anlaşılabilir. Koşulsuz volatilité, herhangi bir rejimin geçmiş dönem değerlerine bağlı olmaksızın kendi içerisinde hesaplanan varyans değerini ifade etmektedir. Yüksek riskli rejimi ifade eden Rejim 2'deki koşulsuz volatilité değeri (99,5479) düşük riskli rejimdeki yani Rejim 1'deki koşulsuz volatilité değerinden (5,3326) neredeyse yirmi kat daha yüksektir. Başka bir ifade ile düşük volatilité rejim döneminden yüksek volatilité rejim dönemine geçişler aniden, çok keskin ve yüksek bir düzeyde gerçekleşmektedir.

Son olarak koşulsuz olasılık değerlerine bakacak olursak, kararlılık olasılığı (*stable probability*) diye de isimlendirilen bu olasılık değerleri rejimlerin sonsuzda yaklaşacağı limit değerinin olasılığını göstermektedir. Başka bir deyişle, söz konusu koşulsuz olasılık değerleri uzun dönemde bir rejimden diğer rejime geçerken tekrar önceki rejime dönmeyecek kararlılık düzeyini ifade etmektedir. Tablo sonuçlarına bakıldığında Rejim 1'de kalmanın koşulsuz olasılık katsayısı 0,6231 iken bu değer Rejim 2'de ise 0,3769 seviyesindedir. Bu değerlerin çok yüksek olmaması rejimler arası geçişin her zaman olabileceğini diğer bir ifade ile bir rejime geçildiğinde artık diğer rejime dönüş konusunda kesin bir kararlılığın olmadığı göstermektedir. Diğer taraftan düşük riskli rejimin kararlılığının yüksek riskli rejime göre daha yüksek olması yüksek riskli rejimin düşük riskli rejime geçme eğiliminde olduğunu belirtmektedir. Bu durum döviz kurunda yaşanan ani sıçramaların bir süre sonra dengeye gelmesiyle doğrulanabilmektedir.

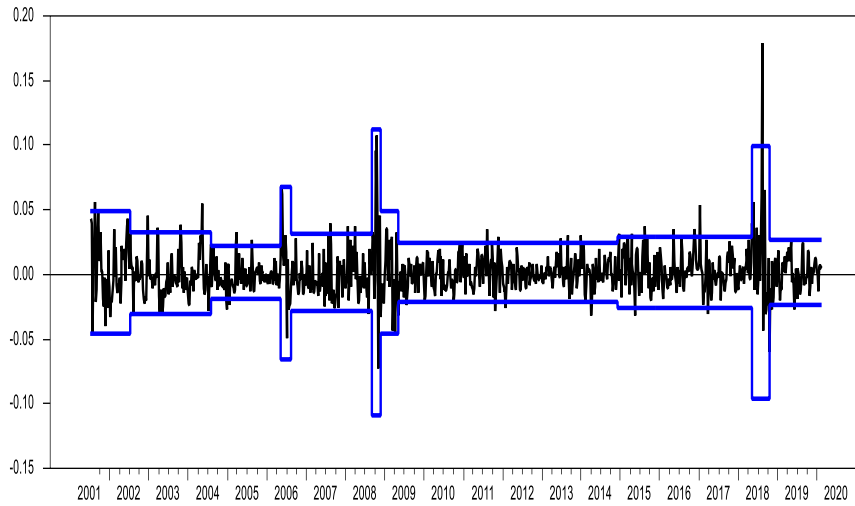
MSGARCH yaklaşımı her ne kadar analiz için rejim değişim tarihlerinin saptanmasına ihtiyaç duymasa da yüksek ve düşük volatilité rejimlerinin hangi dönemlerde yaşandığını göstermek amacıyla bu çalışmaya ilave olarak varyansın rejim değişimine uğradığı noktaları saptayabilmek amacıyla Yinelenen Kümülatif Kareler Toplamı (Iterated Cumulative Sums of Squares- ICSS) algoritması kullanılmıştır (Inclan ve Tiao, 1994). (*ICSS algoritması WinRATS Estima programında çözümlenebilmektedir. Buna ilişkin program kodları Ek 2'de sunulmuştur*). Bu yöntem herhangi bir zaman serisinde varyansın değişimine sebep olabilecek ani şoklar dolayısı ile ortaya çıkan kırılmaları tespit etmek için

kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında döviz kuru serisine uygulanan ICSS test sonuçları aşağıda sunulmuştur.

**Tablo 7. Volatilitede Tespit Edilen Varyans Kırılma Tarihleri**

1.Kırılma	12.07.2002	6.Kırılma	21.11.2008
2.Kırılma	30.07.2004	7.Kırılma	08.05.2009
3.Kırılma	12.05.2006	8.Kırılma	05.12.2014
4.Kırılma	11.08.2006	9.Kırılma	04.05.2018
5.Kırılma	05.09.2008	10.Kırılma	19.10.2018

İnceleme dönemi olan Temmuz 2001'in ilk haftası ile Şubat 2020'nin ikinci haftası arasındaki verilere ilişkin ICSS test sonuçlarına göre bu periyotta döviz kuru varyansında 10 adet kırılma gerçekleşmiştir. 12 Temmuz 2002'de gerçekleşen ilk kırılma Kasım 2002 Türkiye genel seçimleri öncesi yaşanan belirsizliklerden kaynaklanıyor olabilir. Daha sonra gerçekleşen ikinci kırılma ise ilk kırılmadan yaklaşık 107 hafta sonra gerçekleşmiştir. Bu kırılmaya ilişkin muhtemel nedenler ise ülke içinde Anayasa değişikliği hususunda meydana gelen politik gerginliklerle birlikte yüksek cari işlemler açığı gibi ekonomik sebepler gösterilebilir. Buna ilaveten dış kaynaklı bir etken olarak FED'in faiz artırımı beklentisi piyasalarda ve kurlarda oynaklığa neden olmuş olabilir. Diğer varyans kırılmaları için de benzer şekilde gerek ulusal gerekse uluslararası piyasalarda yaşanan sosyal, politik veya ekonomik olayların döviz kuru üzerindeki etkilerini sıralamak mümkündür. Bunlarla birlikte inceleme döneminde varyanstaki kırılmalar en kısa 11 haftalık, en uzun 291 haftalık ve ortalama 94 haftalık periyotlarla gerçekleştiği görülmektedir. Varyanstaki kırılmaların boyutuna ilişkin grafiksel gösterim ise aşağıdaki şekilde verilmiştir.



**Şekil 2. USD/TL Kuru Getiri Serisinde Varyans Kırılma Dönemleri**



ICSS algoritması ile elde edilen varyans kırılma grafiğine bakıldığında inceleme döneminde meydana gelen on adet kırılmadan üç tanesi keskin ve yüksek döviz kuru volatilité dönemleri şekilde göze çarpmaktadır. Bunlar sırasıyla 2006 yılında, 2008 yılında ve 2018 yılında görülen kırılmalardır.

Yinelemek gerekirse, 2006 yılında Avrupa Birliđi müzakereleri ile ilgili ortaya çıkan sorunlar, IMF'in önkoşul olarak sunduğu Sosyal Güvenlik Yasası'nın Cumhurbaşkanlığınca veto edilmesi, enflasyon ve cari açıkta yaşanan kötüleşme, FED'in faizlerde artışa gideceğine yönelik beklentiler gibi gerek yurtiçi gerekse yurtdışı kaynaklı nedenler döviz kurunda artışla birlikte oynaklığa sebep olmuştur. 2008 yılında Lehman Brothers'ın batışıyla başlayan mortgage kaynaklı global finansal kriz süreci ve bunun özellikle gelişmekte olan piyasalara etkileri döviz kurlarında hareketlilik olarak yansımıştır. Grafikten görüleceği üzere bu dönemde USD/TL kurunda yaşanan volatilité kırılması 2006 döneminde yaşanan kırılmadan daha yüksek bir boyuttadır. Küresel bu krizin etkilerinden sonra uzun bir süre döviz kuru volatilitesinde bir kırılma meydana gelmemiştir. 2009 yılında ve 2014 yılında meydana gelen kısa boyutlu kırılmalar dışında en ciddi kırılma 2018 yılında gerçekleşen daha önce ifade edildiği gibi Rahip Brunson olayı olarak adlandırılan süreçte Amerikan yaptırım tehditlerinden kaynaklanan ve bunun sonucunda Türkiye ekonomisinde döviz kurunda sert hareketlenme yaşanmasıdır.

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Finansal piyasaların hareketli bir enstrümanı olan döviz kurlarının dinamik yapısının anlaşılması ve zaman içerisinde değişkenlik gösteren volatilitésinin modellenmesine yönelik birçok araştırma bulunmaktadır. Volatilité modellenmesine yönelik geliştirilen birçok yöntemde yüksek volatilité öngörüsü ve düşük öngörü performansı problemleri ile karşılaşılmasıdır. Bu sorunun temelinde ise ARCH sürecindeki yapısal değişimlerin bulunması yer almaktadır. Ayrıca doğrusal yöntemlerin piyasayı bir bütün olarak ele alması ve ani sıçramalar şeklinde ortaya çıkan volatilité değişimlerini göz ardı etmesi bu sorunun bir değer kaynağı olarak görülmektedir. Gerçekte ise özellikle gelişmekte olan piyasalarda oldukça sık ve çok sayıda konjonktürel dalgalanmalar meydana gelmekte, genişleme veya daralmaların olduğu dönemler yaşanmaktadır. Söz konusu konjonktürel etkilerin hem süresini hem de boyutunu ve geçiş dönemlerini dikkate alan ve zaman serilerinin stokastik yapısı dolayısı ile rejimler arası geçiş özelliğine sahip süreçler Markov rejim değişim modelleri ile incelenebilmektedir.

Bu çalışmada ABD Doları/Türk Lirası döviz kurunun Türkiye ekonomisinin sabit kur sisteminden dalgalı kur sistemine geçtiği zamandan günümüze kadar olan dönemde volatilitésini incelenmiştir. Bu kapsamda döviz kuru volatilitésini doğrusal ARCH-GARCH modelleri ile doğrusal olmayan tek rejimli EGARCH ve TGARCH modellerinin yanı sıra rejim değişimine izin veren MSGARCH yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. MSGARCH modeli döviz kurundaki hızlı volatilité değişimleri ve ani sıçramalar dolayısı ile ortaya çıkan yapısal değişimleri farklı bir rejim olarak ele almakta ve bu rejimlerin kendi dinamiklerinin birbirinden ayırt edilebilmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca, ARCH-GARCH modellerinde meydana gelen volatilité şokları kalıcı olup etkisini sürekli devam ettirmektedir. Piyasa gerçekleri ile örtüşmeyen bu durum ise yapısal değişimlerin dikkate alınmamasından

kaynaklanmaktadır. MSGARCH modelinin olabilirlik değeri (2733,3479) diğer modellerin değerinden daha yüksek belirlenmiş olup MSGARCH modeli bu anlamda diğer modellerden daha başarılıdır. Modelin bu sonuçları döviz kuru özelinde literatürde Klaassen (2002), Cheung ve Erlandsson (2005) ve Stillwagon ve Sullivan (2019) tarafından yapılan çalışmalar ile uyumludur.

Temmuz 2001 - Şubat 2020 arası kapsayan 972 haftalık veri seti ile yapılan çalışmada döviz kuru yüksek volatilité ve düşük volatilité şeklinde iki farklı rejim olarak ele alınmıştır. Yüksek riskli volatilité rejiminde döviz kurunda büyük sapmalar meydana gelirken düşük riskli volatilité rejiminde ise daha küçük sapmalar gerçekleşmektedir. Rejimler arasındaki geçişi öngören MSGARCH modeli sonuçlarına göre inceleme dönemi boyunca döviz kurunda yüksek ve düşük volatilité rejimleri arasında sıklıkla geçişlerin yaşandığını tespit edilmiştir.

Yapılan volatilité hesaplamalarında riskin yüksek olduğu rejim için volatilité, riskin düşük olduğu rejime göre yaklaşık yirmi kat daha yüksek düzeydedir. Bununla birlikte düşük volatilité rejiminden yüksek volatilitéye geçiş ani, çok keskin ve yüksek düzeyde gerçekleşmektedir. Rejimler arası geçiş olasılıkları düşük riskli rejimden ani bir değişim ile yüksek riskli rejime geçiş olabileceğini kanıtlamaktadır.

Ani piyasa şokları yerine daha düşük düzeyde piyasanın kendi dinamikleri içerisinde meydana gelen dalgalanmaların yaşandığı düşük rejim döneminde bu dalgalanmaların etkileri ortadan kalkmayıp kur üzerinde korunduğu ve uzun dönemde bir artış trendi olarak kura yansıtıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Meydana gelen piyasa şoklarının rejim üzerindeki etkilerine bakıldığında ise yüksek riskli rejim sürecinde yaşanan şokların etkileri belirli bir süre sonra ortadan kalkarken diğer bir ifade ile ani fiyat hareketleri tekrar düzeltme yaparken düşük riskli rejim sürecinde yaşanan şoklar etkisini sürdürmektedir. Başka bir deyişle kurda ani artışlara yol açan ve dolayısı ile volatilitéyi arttıran şoklar yüksek riskli bir rejimi ifade etmekte olup yaşanan şoklar uzun sürede yok olup kur dengeye gelmektedir. Fakat, daha küçük piyasa dalgalanmalarının yaşandığı ve düşük riskli rejim olarak adlandırılan dönemlerde ise kurda yaşanan volatilité etkilerinin devam ettiği belirlenmiştir. Başka bir ifade ile volatilitenin yüksek riskli rejimde kararlı bir yapıda olmadığı ve riskin daha düşük olduğu rejime doğru bir yönelmenin olduğu görülmektedir. Bu durum döviz kurunda yaşanan ani sıçramaların bir süre sonra dengeye gelmesiyle doğrulanabilmektedir. Dolayısı ile yatırımcıların ve kur ile ilgili karar alıcıların ani volatilité yükselişlerinde temkinli olmaları, fiyatların düzeltme yaparak tekrar dengeye geleceğini bilerek hareket etmeleri ve finansal kararlarını buna göre vermeleri yerinde olacaktır. Bu çerçevede elde edilen çalışma bulguları, döviz kurunda meydana gelecek dalgalanmalarda doğrudan veya dolaylı olarak etkilenecek tüm piyasa katılımcılarının ve karar alıcıların riskten korunma stratejilerinde yeni bir bakış açısı sunacaktır.

**KAYNAKÇA**

- Abtahi, S. Y., & Amrollahi Bioki, E. (2020). The Dynamics of Exchange Market Pressure and Inflation in Iran: Regime switching Approach. *Iranian Journal of Economic Studies*, 8(1), 185-206.
- Adam, T., Benecká, S., & Matějů, J. (2018). Financial stress and its non-linear impact on CEE exchange rates. *Journal of Financial Stability*, 36, 346-360.
- Antonakakis, N., & Darby, J. (2013). Forecasting volatility in developing countries' nominal exchange returns. *Applied Financial Economics*, 23(21), 1675-1691.
- Ardia, D., Bluteau, K., Boudt, K., Catania, L., & Trottier, D. A. (2019). Markov-switching GARCH models in R: The MSGARCH package. *Journal of Statistical Software*, 91(4), 17 Şubat 2020 tarihinde <https://cran.r-project.org/web/packages/MSGARCH/index.html> adresinden erişildi.
- Aysoy, C., Balaban, E., Kogar, C., & Ozcan, C. (1996). *Daily volatility in the Turkish foreign exchange market*. Discussion Papers No. 9625, Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey.
- Baillie, R. T., & Bollerslev, T. (1989). The message in daily exchange rates: a conditional-variance tale. *Journal of Business & Economic Statistics*, 7(3), 297-305.
- Beine, M., Laurent, S., & Lecourt, C. (2003). Official central bank interventions and exchange rate volatility: Evidence from a regime-switching analysis. *European Economic Review*, 47(5), 891-911.
- Black, F. (1976). Studies of stock market volatility changes. *Proceedings of the American Statistical Association Business and Economic Statistics Section*, Washington DC, 177-181.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327.
- Broock, W. A., Scheinkman, J. A., Dechert, W. D., & LeBaron, B. (1996). A test for independence based on the correlation dimension. *Econometric Reviews*, 15(3), 197-235.
- Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. 2<sup>nd</sup> Edition, Cambridge University Press.
- Chan, K. S., Petrucci, J. D., Tong, H., & Woolford, S. W. (1985). A multiple-threshold AR (1) model. *Journal of Applied Probability*, 22(2), 267-279.
- Chen, R., & Tsay, R. S. (1991). On the ergodicity of TAR (1) processes. *The Annals of Applied Probability*, 613-634.
- Cheung, Y. W., & Erlandsson, U. G. (2005). Exchange rates and Markov switching Dynamics. *Journal of Business & Economic Statistics*, 23(3), 314-320.
- Christie, A. A. (1982). The stochastic behavior of common stock variances: Value, leverage and interest rate effects. *Journal of Financial Economics*, 10(4), 407-432.

- Çağlayan, E., & Dayıoğlu, T. (2009). Döviz Kuru Getiri Volatilitésinin Koşullu Değişen Varyans Modelleri ile Öngörüsü. *Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi*, (9), 1-16.
- Demirgil, H., & Kesekler, S. (2019). Döviz Kurlarında Oynaklık Yayılım Etkilerinin MGARCH Yöntemi ile Modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(4), 1167-1180.
- Demirgil, H., Yıldırım, S., & Çiçek, Z. (2019). Döviz Kuru Oynaklığında Asimetrik İşaret ve Boyut Yanlılığının Test Edilmesi: Euro/TL Kur Oynaklığı Üzerine Bir İnceleme. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 10(25), 485-494.
- Ding, Z., Granger, C. W., & Engle, R. F. (1993). A long memory property of stock market returns and a new model. *Journal of Empirical Finance*, 1(1), 83-106.
- Engel, C. (1994). Can the Markov switching model forecast exchange rates? *Journal of International Economics*, 36(1-2), 151-165.
- Engel, C., & Hamilton, J. D. (1990). Long swings in the dollar: Are they in the data and do markets know it? *The American Economic Review*, 689-713.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 987-1007.
- Engle, R. F., & Ng, V. K. (1993). Measuring and testing the impact of news on volatility. *The Journal of Finance*, 48(5), 1749-1778.
- Epaphra, M. (2017). Modeling exchange rate volatility: Application of the GARCH and EGARCH models. *Journal of Mathematical Finance*, 7(1), 121-143.
- Fama, E. F. (1965). The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34-105.
- French, K. R., Schwert, G. W., & Stambaugh, R. F. (1987). Expected stock returns and volatility. *Journal of Financial Economics*, 19(1), 3-29.
- Friedman, D., & Vandersteel, S. (1982). Short-run fluctuations in foreign exchange rates. *Journal of International Economics*, 13(1), 171-186.
- Glosten, L. R., Jagannathan, R., & 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.
- Granger, C. W., Newbold, P., & Econom, J. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Baltagi, Badi H. A Companion of Theoretical Econometrics*, 557-561.
- Gray, S. F. (1996). Modeling the conditional distribution of interest rates as a regime-switching process. *Journal of Financial Economics*, 42(1), 27-62.
- Güloğlu, B., & Akman, A. (2007). Türkiye’de döviz kuru oynaklığının SWARCH yöntemi ile analizi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 44(512), 43-51.

- Gür, T. H., & Ertuğrul, H. M. (2012). Döviz kuru volatilitesi modelleri: Türkiye uygulaması. *İktisat, İşletme ve Finans*, 27(310), 53-77.
- Gürsakan, S. (2009). Varyans Kırılması Gözlemlenen Serilerde Garch Modelleri: Döviz Kuru Oynaklığı Örneği. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (32), 319-337.
- Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 357-384.
- Hamilton, J. D. (1990). Analysis of time series subject to changes in regime. *Journal of Econometrics*, 45(1-2), 39-70.
- Higgins, M. L., & Bera, A. K. (1992). A class of nonlinear ARCH models. *International Economic Review*, 137-158.
- Hsieh, D. A. (1988). The statistical properties of daily foreign exchange rates: 1974–1983. *Journal of International Economics*, 24(1-2), 129-145.
- Inclan, C., & Tiao, G. C. (1994). Use of cumulative sums of squares for retrospective detection of changes of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 89(427), 913-923.
- Kıran, B. (2008). Döviz Kuru Volatilitésinin Asimetrik Üslü ARCH (APARCH) Modeli İle Tahmini. *Review of Social, Economic & Business Studies*, 11/12, 1-18.
- Klaassen F. (2002). Improving GARCH volatility forecasts with regime-switching GARCH, In: *Hamilton J.D., Raj B. (eds) Advances in Markov-Switching Models Studies in Empirical Economics*. pp. 223-254. Physica, Heidelberg.
- Koy, A. (2017). Spot ve Vadeli Piyasa İlişkilerine Markov Rejim Değişim Modelleri Yaklaşımı. *Bankacılar Dergisi*, 101, 70-87.
- Koy, A. (2018). Regime Related Volatility in Oil Futures Prices. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(41), 175-184.
- Kula, V., & Baykut, E. (2017). BIST Banka Endeksi'nin (XBANK) Volatilité Yapısının Markov Rejim Değişimi GARCH Modeli (MSGARCH) ile Analizi. *Bankacılar Dergisi*, 102, 89-110.
- Mandelbrot, B. (1963). The variation of some other speculative prices. *The Journal of Business*, 36(4), 394-414.
- Mapa, D. S. (2004). A Forecast Comparison of Financial Volatility Models: GARCH (1, 1) is not Enough. *The Philippine Statistician*, 53(1-4), 1-10.
- McKenzie, M., & Mitchell, H. (2002). Generalized asymmetric power ARCH modelling of exchange rate volatility. *Applied Financial Economics*, 12(8), 555-564.
- Miletić, S. (2015). Modeling and forecasting exchange rate volatility: comparison between EEC and Developed countries. *Industrija*, 43(1), 7-24.

- Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 347-370.
- Pehlivanlı, D. (2020). Ulusal Risk Raporu 2020. 1 Şubat 2020 tarihinde <https://www.paraborsa.net/i/ulusal-risk-raporu-2020/> adresinden erişildi.
- Roubaud, D., & Arouri, M. (2018). Oil prices, exchange rates and stock markets under uncertainty and regime-switching. *Finance Research Letters*, 27, 28-33.
- Sandoval, J. (2006). Do asymmetric GARCH models fit better exchange rate volatilities on emerging markets? *Odeon*, 3, 97-116, Universidad Externado de Colombia.
- Schwert, G. W. (1990). Stock volatility and the crash of '87. *The Review of Financial Studies*, 3(1), 77-102.
- Stillwagon, J., & Sullivan, P. (2019). Markov switching in exchange rate models: will more regimes help? *Empirical Economics*, 1-24.
- Tong, H. (1983). *Threshold models in non-linear time series analysis*. Lecture Notes in Statistics. New York, Springer-Verlag.
- Tsay, R. S. (1989). Testing and modeling threshold autoregressive processes. *Journal of the American Statistical Association*, 84(405), 231-240.
- Tsay, R. S. (2005). *Analysis of Financial Time Series*. 2<sup>nd</sup> Edition. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Turanlı, M., Cengiz, D., & Parım, C. (2015). Volatility modelling for Euro in Turkey. *European Journal of Business and Social Sciences*, 3(10), 34-41.
- Vee, D. C., Gonpot, P. N., & Sookia, N. (2011). Forecasting Volatility of USD/MUR Exchange Rate using a GARCH (1, 1) model with GED and Student's errors. *University of Mauritius Research Journal*, 17(1), 1-14.
- Yaman, M., & Koy, A. (2019). ABD Doları/Türk Lirası Döviz Kuru Volatilitésinin Modellenmesi: 2001-2018 Dönemi. *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 2(2), 118-129.
- Zakoian, J. M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(5), 931-955.

## EKLER

### Ek 1: R Programı MSGARCH Modeli Kodu

```
install.packages("MSGARCH")
library("MSGARCH")
# load data
veri<-read.csv(file="C:/Users/Desktop/usd.csv",head=TRUE,sep = ",")
```

```

veri<-as.numeric(veri$getiri)
# create model specification
spec<-CreateSpec(variance.spec = list(model = c("sGARCH","sGARCH")),
  distribution.spec = list(distribution = c("std","std")),
  switch.spec = list(do.mix = FALSE, K = NULL),
  constraint.spec = list(fixed = list(), regime.const = NULL),
  prior = list(mean = list(), sd = list()))
spec
fit=FitML(spec = spec, veri,ctr = list(do.se = FALSE))
fit

```

## Ek 2: WinRATS Estima Programı ICSS Algoritması Kodu

```

OPEN DATA " C:\Users\Desktop\usd.xlsx"
CALENDAR(W) 2001:7:6
DATA(FORMAT=XLSX,NOLABELS,ORG=COLUMNS, TOP=2) 2001:07:06
2020:02:14 USD
set ldiff = log(usd/usd{1})
@ICSS(subsamples=ss) ldiff 2001:07:13 2020:02:14
diff(center) ldiff / demean
compute mean=%mean
do i=1,%cols(ss)
  sstats(mean) ss(1,i) ss(2,i) demean^2>>svar
  set upper ss(1,i) ss(2,i) = mean+2.0*sqrt(svar)
  set lower ss(1,i) ss(2,i) = mean-2.0*sqrt(svar)
end do i
graph(overlay=step,ovcount=2,ovsame) 3
# ldiff
# upper / 2
# lower / 2

```