

## Garch Modellerle Oynaklık Tahmini: Bitcoin Örneği

1<sup>st</sup> Muhammet Sait IŞILDAK<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Zile Meslek Yüksekokulu, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye  
muhammetsait.isildak@gop.edu.tr

### ÖZ

Günümüzde kripto paraların, para birimi olup olmadığı tartışılmaktadır. İlk dijital para birimi olan Bitcoin'in işlem hacmi ve tutarı itibarıyla büyük tutar ve hacimlere ulaşması yatırımcıların dikkatlerini üzerine çekmiştir. Bitcoin'in oynaklığını farklı yöntemler kullanarak inceleyen çalışmalar vardır. Bu çalışmada, Bitcoin'in oynaklığını gösteren uygun GARCH modelin bulunması ve etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Engel tarafından oynaklığı yakalamak için geliştirilen Otoregresif Koşullu Değişen Varyans modeller kullanılmıştır. Çalışmanın kapsamı, 12.06.2011-04.12.2021 dönemini içeren Bitcoin fiyatlarıdır. İlk olarak, finansal zaman serilerinin kullanılabilmesi için gerekli istatistiksel analizler yapılmıştır. İkinci olarak, ARCH tipi modeller için otomatik ARIMA uygulamasıyla ARMA (2,4) uygun model bulunmuştur. Üçüncü olarak, ARMA (2,4) model için ARCH etkisi araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda uygun model olarak, EGARCH model bulunmuştur. Bitcoin getiri serisinde asimetric etki vardır. Oynaklığın etkisinin uzun süre devam edeceği, şokların değişkenliğinin düşük olduğu, etkisinin kısa sürdüğü ve negatif şokların pozitif şoklardan daha güçlü bir etki yaptığı gözlemlenmiştir. Literatür ile karşılaştırıldığında, bulunan sonuçlara benzer asimetric etkinin varlığı gözlemlenmiştir. Kripto paraların fiyatlarında büyük fiyat değişikliklerinin olduğu dönemlerde koşullu varyans oynaklığının da yüksek olduğu, oynaklığın etkisinin uzun süre devam ettiği ve kaldıraç etkisinin çok düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Bitcoin, EGARCH, Oynaklık, Zaman Serisi Modelleri.

## Estimating The Volatility With The Garch Models: Example Of Bitcoin

### ABSTRACT

Today, it is debated whether cryptocurrencies are a currency or not. The fact that Bitcoin, the first digital currency, reached large amounts and volumes in terms of transaction volume and amount, have attracted the attention of investors. There are studies that examine Bitcoin's volatility using different methods. In this study, it has aimed to find the appropriate GARCH model that shows the volatility of Bitcoin and to examine its effects. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity models developed by Engel to capture volatility have used. The scope of the study is Bitcoin prices, which includes the period 12.06.2011-04.12.2021. First, necessary statistical analysis have made in order to use financial time series. Secondly, ARMA (2,4) suitable model was found by automatic ARIMA application for ARCH type models. Third, the ARCH effect was investigated for the ARMA (2,4) model. As a result of the analysis made, the EGARCH model was found as the appropriate model. There is an asymmetric effect in the Bitcoin return series. It have observed that the effect of volatility will continue for a long time, the variability of shocks is low, the effect is short-lived, and negative shocks have a stronger effect than positive shocks. When compared with the literature, the existence of an asymmetric effect similar to the results found have observed. It

\* muhammetsait.isildak@gop.edu.tr

has been concluded that the Conditional Heteroscedasticity is also high during periods of large price changes in the prices of cryptocurrencies, the effect of volatility continues for a long time and the leverage effect is very low.

**Keywords:** Bitcoin, EGARCH, Volatility, Time-Series Models.

## 1 Giriş

Kripto paralar, dijital ve teknoloji endeksli finans sistemde işlem gören sanal bir para sistemidir. Devletlerden daha çok şahısların veya kurumların dijital olarak çıkardıkları paralardır. Kripto paralar, ticari işlemde ziyade daha çok yatırım amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bitcoin, ilk dijital paradır. Daha sonra binlerce kripto para çıkarılmasına rağmen Bitcoin hala çok fazla işlem hacmine sahiptir. Kripto paraların yüksek güvenliklili şifrelemeye sahip olmaları, isteğe göre yönlendirilememesi ve miktarının değiştirilememesi güçlü yönleri iken, kabul görme, hesap güvenliğinin olmaması, vergilendirilememesi ve kara para aklamada kullanılması gibi zayıf yönleri vardır (Çetinkaya, 2018:20). Dolayısıyla Kripto paraların güvenlik sorunu vardır. Sanal ortamda paraların çalınması veya dijital şifrenin kaybolması paranın da kaybolması demektir. Birçok devletin kripto para hukuki altyapısının olmaması ve dijital paraların devlet güvencesinde olmaması güvenlik sorunu olarak sayılabilir. Serbest piyasa kurallarının işlememesi, sürekli internet erişiminin olmaması, insanların bilgili olmaması gibi etkenler kripto paraların en önemli dezavantajıdır. Kripto paraların merkezi olmayan elektronik ödeme sistemi sağlaması ve devlete veya kişilere bağımlı kalınmaması ise en önemli avantajı olarak sayılabilir.

Kripto paraların sayısı her geçen gün artmakta ve kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bitcoin'in gündeme geldiği ilk yıllarda fazla ilgi görmemesine rağmen sonraki yıllarda fiyatının hızlı artmasıyla ilgi görmeye başlayıp en popüler para birimi olmuştur (Ngunyi, 2019:591). İlk zamanlarda tamamen yatırım amaçlı iken daha sonraları az da olsa işlem amaçlı işlem görmeye başlamıştır (Dilek, 2018:16). Bitcoin'deki fiyat dalgalanmaları aşırı kazanma ve kaybetme riskini de beraberinde getirmektedir. Yasal olmayan veya spekülatif bazı işlemlere de açıktır (Dilek, 2018:24). Bu bakımdan, Bitcoin'deki oynaklığın incelenmesi yatırımcılara bir bakış açısı sağlayacaktır.

İşlem günü olmaksızın 7/24 alınıp satılabilen kripto paraların yatırımcının merak ettiği en önemli bilgi fiyat oynaklığıdır (Saleh, 2019:1; Guizani ve Nafti, 2019:234). Oynaklığın ölçülmesinde genellikle otoregresif koşullu değişen varyans modelleri kullanılmaktadır (Çil Yavuz, 2015:435). Finansal zaman serilerinde geçmiş veriler kullanılmaktadır (Kaya, 2019:7). Finansal zaman serileriyle çalışmak için gerekli temel istatistiksel şartların sağlanması gerekir. Finansal zaman serilerinde kullanılacak verilerin durağan olması, varyansın sabit olması, değişkenler arasında otokorelasyon olmaması ve en önemlisi normal dağılım şartlarının sağlanması gerekir. Finansal zaman serileri genellikle normal dağılım göstermeyen seriler oldukları için, bu sorunların çözümünde genellikle otoregresif koşullu değişen varyans modeller kullanılmaktadır. ARCH model geliştirilerek çok sayıda genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans modeller ortaya çıkmıştır. Bunlardan en yaygın olanları simetrik GARCH modeli ile asimetrik modeller olan TARARCH, EGARCH ve PARARCH modellerdir.

Literatürde kripto paraların oynaklığını inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada çok fazla işlem hacmine sahip olması ve kripto paraların ortaya çıkmasına öncülük etmesi dolayısıyla sadece Bitcoin incelenmiştir. Bitcoin oynaklığı ise, literatürde simetrik veya asimetrik birçok farklı yöntem ile ölçülmektedir. Literatürde sadece Bitcoin ile yapılmış çalışmalar da dönem ve yöntem açısından farklılık göstermektedir. Dönem ve veri bileşeni bakımından yeni bir analiz yapılması uygun olacaktır. Son zamanlarda Bitcoin'in oynaklığındaki değişimin nasıl olacağını ve yeni kripto paraların ortaya çıkmasıyla Bitcoin oynaklığının nasıl etkileyeceğini görebilmek için bu çalışmada yaygın kullanımdaki simetrik ve asimetrik modellerden GARCH, TARARCH, EGARCH ve APARCH modeller kullanılmıştır.

Finansal zaman serileri normal dağılmayan, durağan olmayan seriler oldukları için ilk önce, gerekli istatistiksel analizler yapılmıştır. Daha sonra, ARCH tipi modeller için uygun ARMA model bulunmuştur. Uygun ARMA model ile uygun GARCH seçimi yapılmıştır. Seçilen en uygun EGARCH

model ile oynaklık analizi yapılmış ve yorumlanmıştır. Literatüre yakın sonuçlara ulaşılması beklenen bir sonuç olmuştur.

## 2 Literatür Taraması

Literatürde kripto paralar ile ilgili çalışmaların odak noktası çoğunlukla oynaklık, balonların varlığı, nedensellik analizi ve piyasalarla ilişkisi üzerinedir. Çalışmanın ana konusunu içeren Bitcoin ve oynaklıkla ilgili yapılmış çalışmalardan birkaçı aşağıda özetlenmiştir.

Belliler ve Yıldırım (2021) çalışmalarında, Bitcoin'in 0.02.2011-02.10.2013 birinci dönem, 03.10.2013-31.12.2016 ikinci dönem ve 01.01.2017-27.04.2018 üçüncü dönemlerin ait getiri verilerinin logaritmalarını kullanarak simetrik ve asimetrik otoregresif koşullu değişen varyans modeller kullanarak incelemişlerdir. Sonuç olarak, Bitcoin getiri serisinin ilk dönemde asimetrik etkiye sahip olduğunu ve half-life ölçütüne göre meydana gelen şokların her dönemde 30 günden daha fazla oynaklık etkisine maruz kaldığını tespit etmişlerdir.

Koy vd. (2021) çalışmalarında, 10.03.2016–11.06.2019 dönemi Bitcoin'in günlük verilerini kullanarak GARCH, EGARCH ve TARARCH modellerle oynaklık analizi yapmışlardır. SP500, Nasdaq100 ve Dow Jones Industrial ABD borsa endekslerini varyans değişkeni olarak ekleyerek Bitcoin'in oynaklığını analiz etmişler ve EGARCH modelin en güçlü model olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Sevinç ve Akıncı (2021) çalışmalarında, 2013:04-2020:09 dönemi Bitcoin getirileriyle asimetrik oynaklığı EGARCH modelle analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, Bitcoin getirilerinde kaldıraç etkisinin olduğunu ortaya koymuşlardır.

Wang (2021) çalışmasında, 1 Ekim 2013-31 Temmuz 2020 tarihleri arasındaki Bitcoin günlük kapanış fiyatlarını kullanarak GARCH modellerle oynaklığı analizi etmiştir. Sonuç olarak, Bitcoin'in ekonomik bunalım döneminde finansal risklerden korunabileceğini ve pozitif ve negatif şoklar arasında revize edilmiş bir asimetrik etkiye sahip olduğunu, bu nedenle yatırımcıların güvenli liman özelliği olarak portföylerine eklenmesi için elverişli bir varlık olduğunu ortaya koymuştur.

Kayral (2020) çalışmasında, 01.10.2015-01.10.2018 tarihleri arasındaki Bitcoin, Ethereum ve Ripple'nin günlük kapanış verilerini kullanarak GARCH (1,1), EGARCH (1,1), TGARCH (1,1), APARCH (1,1), CGARCH (1,1) ve ACGARCH (1,1) modelleriyle oynaklık analizi yapmıştır. Sonuç olarak, Bitcoin ve Ethereum için EGARCH (1,1), Ripple için ise APARCH (1,1)'i en iyi model olduğunu bulmuşlardır. Bitcoin ve Ethereum'da kaldıraç etkisinin olmadığını ve Ripple'de ise kaldıraç etkisi olduğunu belirtmiştir.

Söylemez (2020) çalışmasında, 29.04.2013-17.04.2019 dönemi Bitcoin günlük kapanış fiyatlarıyla ARCH, GARCH, GJR/TARCH, EGARCH, APARCH ve CGARCH tipi modellerle oynaklığı analiz etmiştir. Sonuç olarak, en uygun yöntemin EGARCH model olduğunu ve negatif şokların, pozitif şoklardan daha etkili olduğunu ve uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

Teker ve Teker (2020) çalışmalarında, 31.07.2017-3.04.2019 dönemi Bitcoin/USD fiyatlarıyla ARCH, GARCH, TGARCH ve EGARCH yöntemlerini analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, GARCH (1,1) modelin Bitcoin oynaklığını açıklayan en iyi model olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ertuğrul (2019) çalışmasında, Bitcoin için 19.7.2010-11.12.2018 dönemi ve Ripple için 8/2/2018-11/12/2018 dönemi getiri oranlarıyla geleneksel ARCH ve GARCH, EGARCH ve TGARCH modeller kullanarak en başarılı modeli bulmaya çalışmıştır. Sonuç olarak, en başarılı olan model asimetriyi dikkate alan TGARCH model olduğunu ve oynaklığın yükseldiği dönemler ile kripto paraların fiyatlarında büyük oynaklıkların olduğu dönemlerin örtüştüğünü gözlemlemiştir..

Gyamerah (2019) çalışmasında, 01.01.2014-16.08.2019 dönemini içeren Bitcoin'in günlük getiri verileriyle oynaklığı için en uygun modeli incelemiştir. Sonuç olarak tGARCH-NIG dağılımının kalın kuyruk ve çarpıklığı yakalamada daha iyi performans gösteren en uygun model olduğunu belirtmiştir.

Kahraman vd. (2019) çalışmalarında, en yüksek piyasa değerine sahip Bitcoin, Ethereum ve Ripple kripto para birimlerinin 24.08.2016-07.05.2018 dönemi fiyatlarıyla ARCH, GARCH, T-GARCH, GARCH-M, E-GARCH, I-GARCH tekil oynaklık modelleri ve AP-GARCH ve C-GARCH uzun hafıza modellerini kullanarak en uygun modeli test etmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak, Bitcoin ve Ethereum'daki şokların oynaklığa etkisinin kalıcı olduğunu ve pozitif şokların etkisinin negatif şokların etkisinden daha fazla iken Ripple'de şokların oynaklık etkisinin geçici ve kısa dönemli olduğunu belirtmişlerdir.

Naimy ve Hayek (2018) çalışmalarında, 1 Nisan 2015-31 Mart 2016 tarihleri arasındaki dolar endeksli Bitcoin'e ait 1093 günlük fiyatlarını kullanarak GARCH, EWMA ve EGARCH modellerle oynaklığını analiz eden ilk çalışma olduğunu beyan etmişlerdir. Sonuç olarak, oynaklığı ölçen en iyi modelin EGARCH model olduğunu bulmuşlardır. Bitcoin'in geleneksel para birimlerinden farklı davrandığını ve kendine özgü davranış sergilediğini belirtmişlerdir.

Şahin ve Özkan (2018) çalışmalarında, 01.01.2015-11.02.2018 dönemi Bitcoin/USD kuru kapanış fiyatlarını kullanarak ARCH, GARCH, ARCHM, EGARCH ve TARCH modellerle oynaklık analizi yapmışlardır. Sonuç olarak, en iyi sonucu sağlayan modelin TARCH model olduğunu belirtmişlerdir.

Chu vd. (2017) çalışmalarında, 22.06.2014-17.05.2017 dönemi Bitcoin, Dash, Dogecoin, Litecoin, Maidsafecoin, Monero ve Ripple'den oluşan en popüler kripto para birimlerinin günlük küresel fiyat endeksleriyle SGARCH, EGARCH, GJRGARCH, APARCH, IGARCH, CSGARCH, GARCH, TGARCH, AVGARCH, NGARCH, NAGARCH ve ALLGARCH modellerle analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, IGARCH ve GJRGARCH modellerin en uyumlu modeller olduğunu ve Bitcoin, Ethereum, Litecoin başta olmak üzere kripto para birimlerinin aşırı oynaklık sergilediklerini belirtmişlerdir.

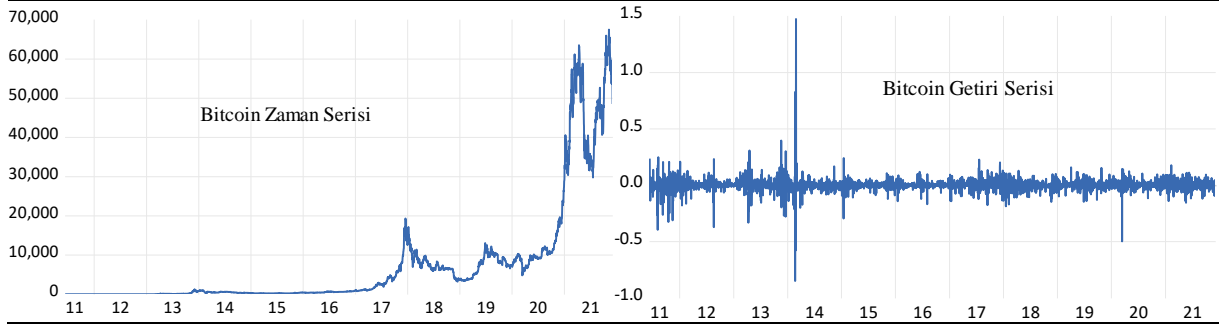
### 3 Veri Seti ve Yöntem

Çalışmada Bitcoin'in 1 Dolar üzerinde işlem görmeye başladığı 12.06.2011-04.14.2021 tarihleri arasındaki 3829 günlük Dolar kuruna göre Bitcoin fiyatları kullanılmıştır. Veriler, (tr.investing.com) internet sitesinden alınmıştır. Verilerin analizinde, Eviews 12 yazılımından faydalanılmıştır.

Finansal zaman serileri trendli ve durağan olmayan serilerdir (Yıldırıtan, 2017:243). Serilerin ortalaması ve varyansı zaman içinde değişmiyorsa durağandır (Gujarati, 2016:320). Finansal zaman serileri genellikle normal dağılım göstermezler (Candan ve Özün, 2006:85). Dolayısıyla, normal dağılmayan finansal verilerinin yerine getiri dağılımının kullanılması daha uygun olacaktır. Dolayısıyla, Bitcoin serisinin logaritmik getirisi alınarak trendin giderilmesi ve durağanlaştırılması mümkündür. Bunun için, genellikle sürekli bileşik getiri formülü arındırılmıştır (Brooks, 2008:7). Sürekli bileşik getiri 1 nolu formülle hesaplanabilir.

$$R_t = \ln \left( \frac{p_t}{p_{t-1}} \right) \quad (1)$$

$R_t$  endeksin aritmetik getirisini,  $p_t$  endeksin  $t$  günündeki değerini  $p_{t-1}$  endeksin önceki gün değerini göstermektedir. Trend içeren orijinal verilere sürekli bileşik getiri formülü uygulayarak durağanlaştırılmış ve trendden kurtarılmıştır. Bitcoin serisi ve durağanlaştırılmış ve trendden kurtarılmış logaritmik Bitcoin getiri serisi grafik 1'de gösterilmiştir.



**Grafik 1:** Bitcoin Zaman Serisi ve Bitcoin Getiri Serisi Grafikleri

Grafik 1 incelendiğinde, Bitcoin zaman serisi durağanlaşmış ve trendden arınmıştır. Artık Bitcoin getiri serisi analiz için uygun hale gelmiştir.

Finansal zaman serilerinde zamanla oynaklık kümelenmeleri oluşabilir. Engle (1982) oynaklık kümelenmelerini yakalamak için, ardışık bağımlı koşullu değişen varyans (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity-ARCH) modeli geliştirmiştir. ARCH modeller, finansal zaman seri analizi ve özellikle bir varlığın elde tutma riskinin analizinde, bir opsiyonun fiyatının değerlendirilmesinde, zamanla değişen güven aralıklarının tahmin edilmesinde ve değişen varyans olduğunda etkin tahmin ediciler olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Degiannakis ve Xekalaki, 2015:8). ARCH model, 2 nolu formül ile hesaplanmaktadır.

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-1}^2 \quad (2)$$

Formülde alfa ( $\alpha$ ) ARCH parametresidir. Bollerslev (1986) ARCH modeli geliştirerek simetrik GARCH modeli oluşturmuştur. GARCH model finansal varlık getirilerinde kalın kuyruk ve oynaklık kümelenmelerini başarılı bir şekilde yakalamaktadır (Songül, 2010:18). GARCH model 3 nolu formül ile hesaplanmaktadır.

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_j h_{t-1} \quad (3)$$

Formülde beta ( $\beta$ ) GARCH parametresidir. Formülde bazı kısıtlamalar vardır. GARCH modelde negatif olmama, ( $\omega > 0$ ,  $\alpha_i \geq 0$ ,  $\beta_i \geq 0$ ) 1'den büyük olmama  $\alpha_1 + \beta_1 < 1$  ve pozitif olma kısıtları vardır. GARCH modelden türetilmiş birçok asimetrik model vardır.

Bu modellerden birisi, Zakoian'ın (1994) iyi ve kötü haber etkisini ayrıştırıcı kaldıraç etkisi parametresini ( $\gamma$ ) ekleyerek geliştirdiği asimetrik TARARCH (Threshold GARCH) modeldir. TARARCH model 4 nolu formül kullanılarak hesaplanabilir (Tsay, 2010:149).

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^p (\alpha_i + \gamma_i I_{t-1}) \alpha_i^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-1} \quad I_{t-1} = \begin{cases} 1, & \alpha_{t-1} < 0 \text{ kötü haber} \\ 0, & \alpha_{t-1} \geq 0 \text{ iyi haber} \end{cases} \quad (4)$$

Formülde gamma ( $\gamma$ ) kaldıraç parametresidir. TARARCH model formülünde bazı kısıtlamalar vardır. Negatif olmama ( $\omega > 0$ ,  $\alpha_i \geq 0$ ,  $\beta_i \geq 0$ ) ve 1'den büyük olmama  $\alpha_1 + \beta_1 < 1$  kısıtları vardır. Formülde,  $\alpha_i$ ,  $\gamma_i$  ve  $\beta_j$  negatif olmamalıdır.  $\gamma_i$  parametresi  $\gamma_i \neq 0$  olması durumunda model asimetrik olur.  $\gamma_i$  parametresi  $\gamma_i = 0$  olursa, TARARCH model GARCH modele dönüşmüş olur (Babaşova, 2012:51). Modelde, geçmiş şokların etkilerini ayırıcı etken olarak sıfır kullanılır. Pozitif  $\alpha_{t-i}$ ,  $\alpha_i$ 'ya katkıda bulunurken negatif  $\alpha_{t-i}$  ise,  $(\alpha_i + \gamma_i) \alpha_i^2$  üzerinde daha büyük bir etki yapar. Eğer  $\gamma_i > 0$  ise, kötü haberlerin etkisi daha da büyük olacaktır. Eğer  $\gamma_i < 0$  ise, olumsuz haberlerin oynaklığa etkisi olumlu haberlerden daha fazla oranda olacaktır. Buna kaldıraç etkisi denilmektedir (Cihangir ve Uğurlu, 2017:289).

EGARCH model, oynaklık yapısındaki asimetriyi hesaba katacak şekilde, koşullu varyansın, gecikmeli hata terimlerinin hem büyüklükleri hem de işaretlerini dikkate alır.

Diğer bir model asimetrik (Exponential GARCH) modeldir. EGARCH modelde Nelson (1991) oynaklık yapısındaki asimetriyi hesaba katacak şekilde logaritma kullanarak negatif olmama ve büyüklük kısıtlarını kaldırmıştır (Songül, 2010:18). EGARCH genel kullanımını 5 nolu formül ile gösterilmiştir.

$$\ln h_t = \omega + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln h_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}} \right| + \sum_{i=1}^p \gamma_i \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}} \quad (5)$$

EGARCH modelde,  $\gamma$  parametresi anlamlı ise asimetriklik vardır. Yani,  $\gamma_i \neq 0$  olması asimetrik etkinin olduğunu gösterir (Çil Yavuz, 2015:463). Logaritmik dönüşüm yapıldığı için parametreler negatif olsa bile koşullu varyans pozitif olacaktır (Çelik vd. 2018:222). EGARCH modelde,  $\beta$  parametresi oynaklığın sürekliliğini ölçer. EGARCH modelde,  $\alpha$  etkinin yönünü belirlerken,  $\gamma$  etkinin boyutunu ölçer. EGARCH modelde,  $\gamma$  parametresi  $\gamma > 0$  ise, ortalamanın üzerindeki şoklar oynaklığı artıracaktır (Jiang, 2020:132). EGARCH modelde,  $\gamma$  parametresi  $\gamma < 0$  ise, pozitif şokların etkisi negatif şokların etkisinden daha az olacaktır (Almisshal, 2021:6).

Diğer bir asimetrik model APARCH (Asymmetric Power ARCH) modeldir. Standart sapma modeli olan APARCH model Ding, Granger ve Engle (1993) tarafından oluşturulmuştur. Süreçteki pozitif ve negatif şokların koşullu varyans üzerindeki etkilerini incelemek için asimetrik ölçütün yanında güç parametresini de eklemiştir. (Yapraklı vd., 2018:75). APARCH model 6 nolu formülle hesaplanabilir.

$$\sigma_t^\delta = \omega + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^\delta + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta \quad (6)$$

APARCH modelde, Gamma parametresi ( $\gamma$ ) kaldıraç etkisini ve Delta parametresi ( $\delta$ ) ise, gücü ölçen parametrelerdir. APARCH modelde,  $\gamma=0$  ise, simetrik etki vardır. APARCH modelde,  $\gamma \neq 0$  ise, asimetrik etki vardır. APARCH modelde de  $\omega > 0$ ,  $\alpha_i \geq 0$ ,  $\beta_j \geq 0$  ve  $1 \geq \alpha + \beta \geq 0$  kısıtlarının sağlanması gerekir.

#### 4 Bulgular

Finansal zaman serileri analizde varsayımlar sağlanmalıdır. Finansal zaman serileri durağan olmalıdır (Gujarati, 2016:319). Finansal zaman serilerinde durağanlığı ölçmede Augmented Dickey Fuller (ADF) birim test istatistiği en yaygın kullanıma sahiptir (Sarıkovanlık, 2019:111). ADF birim kök analizinde, sabit ve trendsiz için 7 nolu, sabitli ve trendsiz için 8 nolu ve sabitli ve trendli için 9 nolu formül kullanılmaktadır (Yılcıncı, 2007:81; Güçlüoğlu, 2017:42-43).

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \delta_i y_{t-j+1} + e_t \quad (7)$$

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \delta y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \delta_i y_{t-j+1} + e_t \quad (8)$$

$$\Delta y_t = \alpha_0 \delta + y_{t-1} + v_t + \sum_{i=2}^p \delta_i y_{t-j+1} + e_t \quad (9)$$

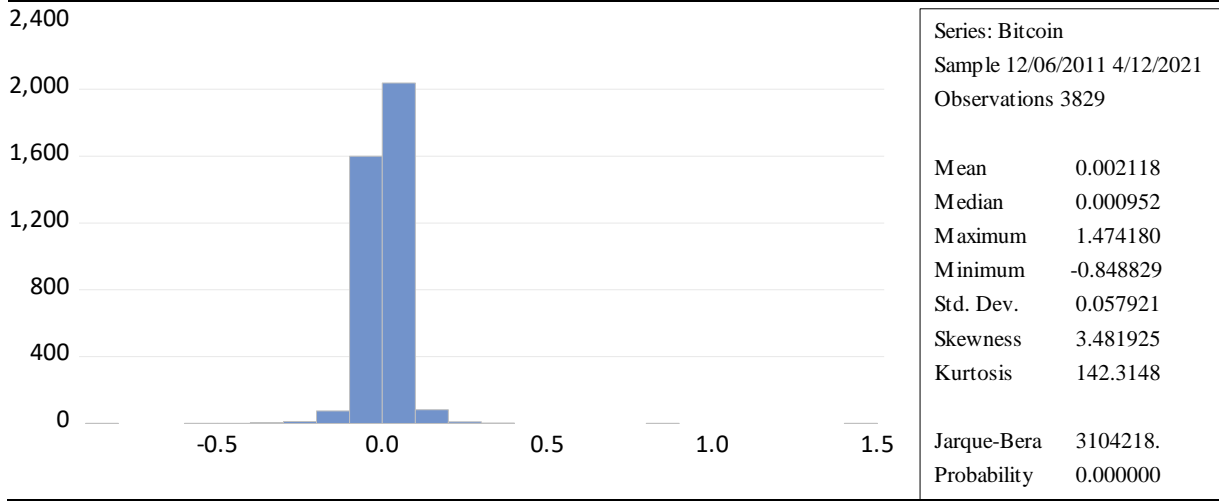
Bitcoin getiri serisinin durağanlaşıp durağanlaşmadığı bu formüller kullanılarak analiz edilmiştir. ADF birim test istatistiği sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1:** Augmented Dickey-Fuller Test Statistic (Durağanlık Testi)

	None	Intercept	Intercept and Trend
Augmented Dickey-Fuller test statistic	<b>-24,32066</b>	<b>-24,42460</b>	<b>-24,42125</b>
Test critical values:			
1% level	-2,565567	-3,431874	-3,960439
5% level	-1,940907	-2,862099	-3,410981
10% level	-1,616644	-2,567111	-3,127302

ADF birim kök analizi, Bitcoin getiri serisinin durağan olduğunu göstermektedir. Bitcoin getiri serisinin ADF test değerleri, %1, %5 ve %10 düzeyde sabit ve trendsiz, sabitli ve trendsiz ve sabitli ve trendli test değerlerinden daha küçük olduğu için birim kök içermemektedir. Serilerin normal dağılım göstermesi finansal zaman serilerinde analiz yapılabilmesi için gereklidir (Karagöz, 2016:91). Finansal

zaman serileri normal dağılım gösterip göstermediklerinin belirlenmesinde Jarque-Bera, Skewness ve Kurtosis testleri kullanılabilir (Güriş vd., 2013:298). Bitcoin getiri serisine ait istatistik bilgileri ve normal dağılım değerleri grafik 2’de görülmektedir.



**Grafik 2:** Bitcoin getiri serisine ait istatistik bilgileri ve normal dağılım değerleri.

Jarque-Bera test değeri 5,99’un altında ise serinin normal dağıldığı kabul edilebilir. Ancak, Bitcoin getiri serisinin Jarque-Bera test değeri ( $5,99 < 3104218$ ) çok büyük olup istatikselsel olarak anlamsızdır. Skewness ve Kurtosis testinin  $\pm 1$  kabul aralığında olması serinin normal dağılım gösterdiğinin bir ölçütü olarak kabul edilmektedir. Skewness ve Kurtosis değerleri  $\pm 1$  sınırlarının çok dışındadır. Dolayısıyla, Bitcoin getiri serisi normal dağılım göstermemektedir.

Normal dağılmayan serilerin oynaklık ölçümünde Engle (1982) tarafından geliştirilmiş olan doğrusal olmayan otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modeli kullanılmaktadır. ARCH model için gerekli testlerin de yapılması gerekir.

Finansal zaman serilerinde otokorelasyon olmamalıdır. Bitcoin getiri serisinde otokorelasyon olup olmadığını belirlemek için Breusch-Godfrey Serial Correlation LM test kullanılabilir (Toor ve İslam, 2019:61). Bitcoin getiri serisi Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi yapılarak Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2:** Bitcoin Getiri Serisi Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi

F-Statistic	62,54121	Prob. F(2,3826)	0,0000
Obs*R-Squared	121,2176	Prob. Chi-Square(2)	0,0000

Tablo 2’de görüleceği üzere %1 düzeydeki olasılık değeri (Prob. değerleri,  $0,0000 < 0,05$ ) küçük olduğu için Bitcoin getiri serisinde otokorelasyon vardır. Finansal zaman serilerinde değişen varyans olmamalıdır. Bitcoin getiri serisinde değişen varyans olup olmadığını belirlemek için Breusch-Pagan-Godfrey Heteroscedasticity LM test kullanılmaktadır (Bırau, 2012:75). Bitcoin getiri serisi için Breusch-Pagan-Godfrey Heteroscedasticity LM testi yapılarak Tablo 3’te sunulmuştur.

**Tablo 3:** Getiri Serisi Breusch-Pagan-Godfrey Testi

F-statistic	359,1411	Prob. F (1,3827)	0,0000
Obs*R-squared	328,5010	Prob. Chi-Square (1)	0,0000
Scaled explained SS	23198,89	Prob. Chi-Square (1)	0,0000

Tablo 3’te görüldüğü üzere %1 anlamlılık düzeyinde olasılık değeri (Prob. değerleri  $0,0000 < 0,05$ )  $0,05$ ’ten küçük olduğu için Bitcoin getiri serisi değişen varyanslıdır. Yapılan istatistik analiz testleri

sonucunda Bitcoin getiri serisinin normal dağılmaması, değişen varyanslı olması ve otokorelasyon sahip olması dolayısıyla Bollerslev (1986) geliştirdiği Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Varyans (GARCH) modeli kullanılabilir. GARCH tipi modeller de geliştirilerek simetrik ve asimetrik olmak üzere birçok alt modele dönüştürülmüştür.

GARCH tipi modellerle çalışabilmek için ilk önce ARMA sürecinin çalıştırılması gerekir. Yani, uygun AR ve MA modelleri belirlenmesi gerekir. Bunun için, otomatik ARIMA tahminleme komutuyla en uygun ARMA model seçimi bulunmuştur. En düşük AIC değerine (AIC value: -2.91597081051) sahip modelin ARMA (2,4) modeli olduğu görülmüştür. Bitcoin getiri serisi ARMA (2,4) model için ARCH etkisi test edilmiştir. ARCH etkisi testi yapılarak Tablo 4’de gösterilmiştir.

**Tablo 4:** Bitcoin Getiri Serisi ARCH Etkisi Testi

F-statistic	7,027415	Prob. F (1,3826)	0,0081
Obs*R-squared	7,018197	Prob. Chi-Square (1)	0,0081

Tablo 4’te görüldüğü üzere Bitcoin getiri serisi Prob. değeri ( $0,0081 < 0,05$ )  $0,05$ ’ten küçük olduğu için ARCH etkisi vardır. ARCH etkisini giderebilmek için de GARCH model kurulabilir.

GARCH tipi model seçiminde ARMA (2,4) model kullanılarak, simetrik model olan GARCH model ve asimetrik modeller olan eşikli otoregresif koşullu değişen varyans (TARCH) model, üssel GARCH (EGARCH) model ve Asymmetric Power ARCH (APARCH) modeller test edilerek Tablo 5’te sunulmuştur.

**Tablo 5:** Bitcoin Getiri Serisi için GARCH Model ve Asimetrik GARCH Modeller

	GARCH	TARCH	EGARCH	APARCH
Sabit katsayı $\alpha_0$	7,05E-05***	7,78E-05***	-0,676213***	0,000784***
ARCH katsayısı $\alpha_1$ (Alfa)	0,214570***	0,164892***	0,382260***	0,221616***
GARCH katsayısı $\beta$ (Beta)		0,787484***	0,933423***	0,800942***
Kaldıraç katsayısı $\gamma$ (Gamma)	0,792099***	0,102667***	-0,070408***	0,172956***
Güç katsayısı $\delta$ (Delta)				1,332066***
R-Squared	0,000399	-0,000407	<b>0,008447</b>	0,005392
Sum Squared Resid	12,77776	12,78807	<b>12,67489</b>	12,71394
Log Likelihood	6849,164	6862,841	<b>6875,793</b>	6873,442
Akaike Info Criterion (AIC)	-3,576777	-3,583402	<b>-3,590171</b>	-3,588420
Schwarz Criterion (SC)	-3,568612	-3,573604	<b>-3,580373</b>	-3,576988
Hannan-Quinn Criter (HQC)	-3,573876	-3,579921	<b>-3,586690</b>	-3,584359

\*\*\* %1 düzeyde anlamlıdır.

Tablo 5’de modellerin AIC, SC, HQC ve Sum Squared Resid değerlerinden en küçüğü ve R-Squared ve Log-Likelihood değerleri en yüksek olan modelin EGARCH model olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, Bitcoin getiri serisi için uygun modelin EGARCH (2,4) model kabul edilerek model çıktısı Tablo 6’da gösterilmiştir.

**Tablo 6:** Bitcoin Getiri Serisi EGARCH (2,4) Model Çıktısı

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR (2)	-0,007340	0,013772	-0,532951	0,5941
MA (4)	0,022608	0,013823	1,635580	0,1019
Variance Equation				
Sabit katsayı $\alpha_0$	-0,676213	0,023433	-28,85689	0,0000
ARCH katsayısı $\alpha_1$ (Alfa)	0,382260	0,010770	35,49442	0,0000
GARCH katsayısı $\beta$ (Beta)	0,933423	0,002846	328,0040	0,0000



Kaldıraç katsayısı $\gamma$ (Gamma)	-0,070408	0,005011	-14,04942	0,0000
R-Squared		0,008447	Mean Dependent var	0,002039
Adjusted R-Squared		0,008188	S.D. Dependent var	0,057802
S.E. of Regression		0,057565	Akaike info Criterion	-3,590171
Sum Squared Resid		12,67489	Schwarz Criterion	-3,580373
Log Likelihood		6875,793	Hannan-Quinn Criter	-3,586690
Durbin-Watson Stat		1,991566		

EGARCH modelleme sonrasında oynaklığın kullanılabilmesi için heteroskedastisite sorununun ortadan kalkıp kalkmadığını belirlemek ve heteroskedastisite testi yapılması gerekir. Bitcoin getiri serisi EGARCH (2,4) modelde ARCH etkisinin olup olmadığını belirleyebilmek için heteroskedastisite testi yapılarak Tablo 7’de gösterilmiştir.

**Tablo 7:** EGARCH (2,4) Modelleme Sonrası Bitcoin Getiri Serisi ARCH Etkisi Testi

F-statistic	0,015310	Prob. F (1,3824)	0,9015
Obs*R-squared	0,015318	Prob. Chi-Square (1)	0,9015

Tablo 7’ye göre Bitcoin getiri serisine ait Prob. değeri ( $0,9015 > 0,05$ ) büyük olduğu için ARCH etkisi kalmamıştır. EGARCH modelin parametrelerin zamana göre esnek olup olmadığını ölçmek için Nyblom testi uygulayıp Tablo 8’de gösterilmiştir.

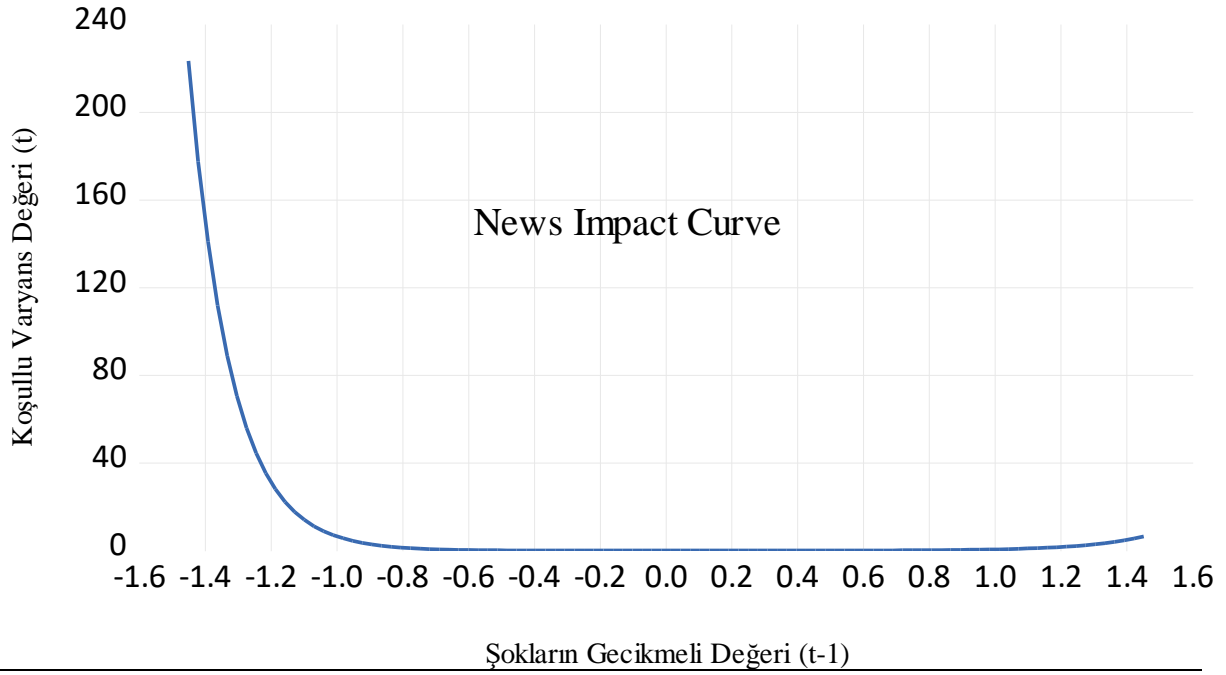
**Tablo 8:** Nyblom Parameter Stability Testi

Variable	Statistic	1% Crit.	5% Crit.	10% Crit.
$\alpha_0$	0,120778	0,748	0,470	0,353
$\alpha_1$	0,252559	0,748	0,470	0,353
$\beta$	0,051425	0,748	0,470	0,353
$\gamma$	0,133192	0,748	0,470	0,353

Tablo 8’deki Nyblom parametre kararlılık test sonucuna göre, EGARCH modelin parametre katsayıları %1, %5, %10 önem düzeyinde zamana göre esnektir ve yorumlanabilir. EGARCH (2,4) modelin ortalama parametreleri anlamlı değildir. Ancak varyans parametreleri anlamlıdır.

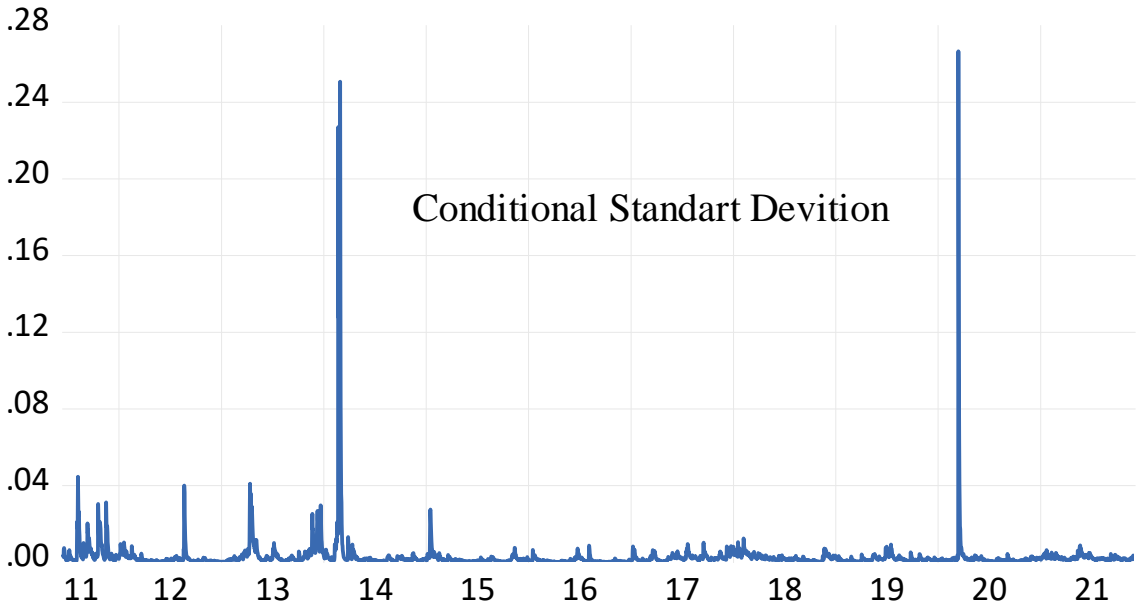
Beta parametresi bir önceki dönem oynaklığının sürekliliğini göstermektedir (Aşkın, 2020:229). Bitcoin getiri serisinde beta parametresinin ( $\beta = 0,933423$ ) büyük değerli olması, oynaklığın etkisinin uzun süre devam edeceğini göstermektedir.

ARCH ( $\alpha_1$ ) parametresi, asimetrik etkiyi ölçerken, gamma ( $\gamma$ ) parametresi, asimetrik boyutu ölçer (Jiang, 2020:120).  $\alpha_1$ , varyans değişkenliğini ve şokların oynaklığı üzerindeki etkisini ölçer. Bitcoin getiri serisinde  $\alpha_1$  parametresinin artı ve küçük değerli ( $\alpha_1 = 0,382260$ ) olması, şokların değişkenliğinin küçük ve etkisinin kısa süreceğini gösterir. Gamma parametresi  $\gamma < 0$  ise, pozitif şoklar negatif şoklardan daha az oynaklığa neden olur (Chen, 2019:3). Bitcoin getiri serisinde gamma parametresinin katsayısı ( $\gamma = -0,070408$ ) negatif karakterli olup çok küçük değerdedir. Yani, olumsuz haberlerin oynaklığa etkisi olumlu haberlerden daha fazla oranda olduğunu, ancak kaldıraç etkisinin düşük olduğunu göstermektedir. Gamma katsayısının oynaklık üzerinde farklı etki yapması EGARCH modelin GARCH modele göre bir üstünlüğüdür. Olumsuz şokların olumlu şoklardan daha güçlü bir etki yaptığını 3 nolu haber etki eğrisi (New Impact Curve) grafiğinde de görülmektedir.



**Grafik 3:** New Impact Curve Grafiği

Grafik 3’de görüleceği üzere negatif şoklar, aynı büyüklükteki pozitif şoklardan daha fazla gelecekteki oynaklık üzerinde etkiye sahiptir. Örneğin, -1,45 düzeyinde bir oynaklığın şoklar üzerindeki etkisi 224 iken; +1,45 düzeyinde şoklar üzerindeki etki 6 seviyesinde kalmıştır. Şokların gecikmeli değerleri -0,81 ile +1,13 arasında olması durumunda oynaklık sıfır düzeyine seyretilmektedir. Bitcoin getiri serisi EGARCH (2,4) modeli ile elde edilen oynaklık grafik 4’de gösterilmiştir.



**Grafik 4:** Bitcoin Getiri Serisi EGARCH (2,4) Model Oynaklık Grafiği

Grafik 4’de görüleceği üzere Bitcoin getiri serisinde, 28/2/14 tarihinde ve 14/3/2020 tarihinde birkaç gün süreli ancak çok yüksek düzeyde oynaklıklar gerçekleşmiştir. Diğer zamanlardaki oynaklıklar çok düşük düzeydedir. “Büyük Buhran” olarak bilinen 2014 yılında Mt Gox borsasının sanal hırsızlar tarafından ele geçirilmesi ve iflas etmesi kripto para piyasalarında büyük bir kırılma noktasıdır. İkinci kırılma ise, global ekonomide 2020 yılında yaşanan çöküşün yansımalarının oluşturduğu kırılma

görülmektedir. Global ekonomideki bu çöküşün etkisinden kaynaklı oynaklığın 2014 ‘teki birinci oynaklıktan daha büyük olduğu görülmektedir.

## 5 Sonuç

Kripto paralar altın, borsa ve döviz gibi diğer finansal araçlar kadar olmasa da finansal piyasalarda tasarruf aracı olarak işlem görmektedir. Finans yazınında diğer finansal araçlarla çoğu kez birlikte değerlendirilmektedir. Çalışmanın amacı, kripto para oynaklığını otoregresif koşullu değişen varyans modellerle (ARCH) analiz etmek ve uygun GARCH modeli belirlemektir. Çalışmanın kapsamı, 12.06.2011-04.12.2021 tarihler arasındaki 3829 günlük Dolar kuruna göre Bitcoin fiyatlarıdır. İlk olarak, finansal zaman serilerinin kullanılabilirliği için gerekli istatistiksel analizler yapılmıştır. İkinci olarak, ARCH tipi model için otomatik ARIMA uygulaması çalıştırılarak uygun model ARMA (2,4) bulunmuştur. Üçüncü olarak, ARMA (2,4) modelde ARCH etkisinin olup olmadığı test edilmiştir. ARCH etkisinin varlığı belirlendiği için, GARCH model seçimine geçilmiştir. GARCH model seçiminde AIC, SC, HQC ve Sum Squared Resid değerlerinden en küçüğü ve R-Squared ve Log-Likelihood değerlerinden en yüksek olanı seçilmiştir. Çalışmanın ilk çıkarımı, uygun modelin EGARCH model olduğudur. EGARCH modelde ARCH etkisinin olup olmadığını belirlemek için ARCH LM testi uygulanmıştır. EGARCH modelde ARCH etkisinin olmadığı görülerek modelin kullanılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir. EGARCH modele göre yapılan analizler literatür ile karşılaştırılmıştır. Koy vd. (2021), Sevinç ve Akıncı (2021), Kayral (2020), Söylemez (2020) ve Naimy ve Hayek (2018) çalışmalarında ulaştığımız sonuca benzer olarak uygun modelin EGARCH model olduğunu bulmuşlardır. Model parametrelerin zamana göre esnek olup olmadığını belirlemek için Nyblom testi uygulanmıştır. ARCH etkisinin olmadığı ve modelin parametre katsayılarının %1, %5, %10 önem düzeyinde zamana göre esnek olduğu görülerek sonuçlar yorumlanmıştır.

Çalışmanın diğer çıkarımı ise, oynaklığın etkisinin uzun süre devam edeceği, şokların değişkenliğinin düşük olduğu, etkisinin kısa sürdüğü ve negatif şokların pozitif şoklardan daha güçlü bir etki yaptığıdır. Kayral (2020), Söylemez (2020) ve Belliler ve Yıldırım (2021) de benzer sonuca ulaşmışlardır. Bitcoin getiri serisinde, asimetrik etki vardır. Sevinç ve Akıncı (2021), Belliler ve Yıldırım (2021) ve Wang (2021) çalışmalarında vardığımız sonuca benzer olarak asimetrik etkinin varlığını belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, Dolar kuruna göre Bitcoin oynaklığını belirlemede uygun model EGARCH model bulunmuştur. Kripto paraların fiyatlarında büyük fiyat değişikliklerin olduğu dönemlerde koşullu varyans oynaklığının da yüksek olduğu, oynaklığın etkisinin uzun süre devam ettiği ve kaldıraç etkisinin çok düşük olduğu bulunmuştur.

## Kaynakça

- Almisshal, B. ve Emir, M. (2021) Modelling Exchange Rate Volatility Using GARCH Models. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 7(1), 1-16. Doi: <https://doi.org/10.30855/gjeb.2021.7.1.001>.
- Aşkın, Ö. E. (2020). BIST Şehir Endekslerine ait Volatilitenin Modellenmesi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (85), 223-242.
- Babaşova, S. (2012). Doğrusal Olmayan Zaman Serisi Verilerinin Modellenmesinde Kullanılan Değişen Varyanslılık Testlerinin Karşılaştırmalı Analizi Üzerine Bir Araştırma (*Doctoral Dissertation, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü*).
- Belliler, İ. S., ve Yıldırım, Z. (2021). Determination Price Volatility of Bitcoin with Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Models. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 13(24), 290-309.
- Biräu, F. R. (2012). Econometric Approach of Heteroskedasticity on Financial Time Series in A General Framework. *Economy Series*, 4, 74-77.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327.
- Brooks, C. (2008). Introductory Econometrics for Finance. *Cambridge University Press*.
- Candan H. ve Özün A. (2066). Bankalarda Risk Yönetimi ve Basel II. *Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları*. 3. Basım. İstanbul.

- Chen, H., Zhang, J., Tao, Y., and Tan, F. (2019). Asymmetric GARCH Type Models For Asymmetric Volatility Characteristics Analysis and Wind Power Forecasting. *Protection and Control of Modern Power Systems*, 4(1), 1-11.
- Chu, J., Chan, S., Nadarajah, S., and Osterrieder, J. (2017). GARCH Modelling of Cryptocurrencies. *Journal of Risk and Financial Management*, 10(4), 17.
- Cihangir, Ç. K., ve Uğurlu, E. (2017). Altın Piyasasında Asimetrik Oynaklık: Türkiye için Model Önerisi (Volatility in Gold Market: Model Recommendation for Turkey). *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9, ss 284-299. DOI: 10.20491/isarder.2017.300.
- Çelik, İ., Özdemir, A., Gürsoy, S., ve Ünlü, H. U. (2018). Gelişmekte Olan Hisse Senedi Piyasaları ile Kıymetli Madenler Arasındaki Getiri ve Volatilite Yayılımı. *Ege Akademik Bakış*, 18(2), ss 217-230. Doi: 10.21121/eab.2018237351.
- Çetinkaya, Ş. (2018). Kripto Paraların Gelişimi ve Para Piyasalarındaki Yerinin Swot Analizi ile İncelenmesi. *Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Akademik Araştırmalar Dergisi*, 2(5), 11-21.
- Çil Yavuz, N. (2015). Finansal Ekonometri. Baskı, *Der Yayınları*, İstanbul.
- DeGiannakis, S., and Xekalaki, E. (2004). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH) Models: A Review. *Quality Technology & Quantitative Management*, 1(2), 271-324.
- Dilek, Ş. (2018). Blockchain Teknolojisi ve Bitcoin. *Seta yayın, Analiz Şubat*, (231).
- Ding, Z., Granger, C. W., and Engle, R. F. (1993). A Long Memory Property of Stock Market Returns and A New Model. *Journal of Empirical Finance*, 1(1), 83-106.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of The variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica: Journal of The Econometric Society*, 987-1007.
- Ertuğrul, M. (2019). Kripto Paraların Volatilite Dinamiklerinin İncelenmesi: GARCH Modelleri Üzerine Bir Uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(4), 59-71.
- Guizani, S., and Nafti, I. K. (2019). The Determinants of Bitcoin Price Volatility: An Investigation with ARDL Model. *Procedia Computer Science*, 164, 233-238.
- Gujarati, D. (2016), Çev: Bolatoğlu, N. Örneklerle Ekonometri, *BB101 Yayını*, Ankara.
- Güçlüoğlu, Ü. M. (2017). Türkiye İstihdam Analizi Ve Bazı Makroekonomik Değişkenlerin İstihdam Üzerindeki Etkisi. *Ankara Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Türkiye İş Kurumu Genel Müdürlüğü*.
- Güriş, S., Çağlayan, E., ve Güriş, B. (2013). Eviews ile Temel Ekonometri. *Der Yayınları*. İstanbul.
- Gyamerah, S. A. (2019). Modelling The Volatility of Bitcoin Returns Using GARCH Models. *Quant Financ Econ*, 3, 739-753.
- Jiang, Y. (2020). Stock Return, Volume and Volatility in the EGARCH Model. *Insurance Finance Research*, 31(1), 115-136. DOI: <https://doi.org/10.23842/jif.2020.31.1.004>.
- Kahraman, İ. K., Küçükşahin, H., ve Çağlak, E. (2019). Kripto Para Birimlerinin Volatilite Yapısı: Garch Modelleri Karşılaştırması. *Fiscoeconomia*, 3(2), 21-45.
- Karagöz, Y. (2016). SPSS ve AMOS23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Kaya, E. (2019). Zaman serileri analizinde box-jenkins yöntemi ile savunma sanayi verileri üzerine bir uygulama (*Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü*).
- Kayral, İ. E. (2020). En Yüksek Piyasa Değerine Sahip Üç Kripto Paranın Volatilitelerinin Tahmin Edilmesi. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 12(22), 152-168. DOI: 10.14784/marufacd.688447.
- Koy, A., Yaman, M., ve Mete, S. (2021). Kripto Paraların Volatilite Modelinde ABD Borsa Endekslerinin Yeri: Bitcoin Üzerine Bir Uygulama. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(24), 159-170.
- Nelson, D. B. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica: Journal of The Econometric Society*, 347-370.
- Ngunyi, A., Mundia, S., and Omari, C. (2019). Modelling volatility dynamics of cryptocurrencies using GARCH models. *Journal of Mathematical Finance*, 2019, 9, 591-615.
- Saleh, F. (2019). Volatility and Welfare in a Crypto Economy. ERN: Other Monetary Economics: *Financial System & Institutions (Topic)*. Available at SSRN 3235467.
- Sarıkovanlık, V., Koy, A., Akkaya, M., Yıldırım, H. H., ve Kantar, L. (2019). Finans Biliminde Ekonometri Uygulamaları-Kavram-Uygulama-Analiz. Ankara: *Seçkin Yayıncılık*.

- Sevinç, D. E., ve Akıncı, G. Y. Modeling The Volatility of Bitcoin Returns Using EGARCH Method. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 16(62), 787-800.
- Söylemez, Y. (2020). Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans Modelleri ile Bitcoin Volatilitésinin Analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(2), 1322-1333.
- Şahin, E. E., ve Özkan, O. (2018). Asimetrik Volatilitenin Tahmini: Kripto Para Bitcoin Uygulaması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 240-247.
- Teker, D., and Teker, S. Estimation of Bitcoin Volatility: GARCH Implementation. *SSRG International Journal of Economics and Management Studies (SSRG-IJEMS)* – Volume 7 Issue 1 – Jan 2020.
- Toor E. and Islam, T. (2019). Power Comparison of Autocorrelation Tests in Dynamic Models. *International Econometric Review*, 11(2), 58-69.
- Tsay, Ruey S. (2010). Analysis of Financial Time Series. Second Edition. *Published by John Wiley & Sons, Inc.*, Hoboken, New Jersey. Canada.
- Songül, H. (2010). Otoregresif Koşullu Değişen Varyans Modelleri: Döviz Kurları Üzerine Uygulama. *Uzmanlık Yeterlilik Tezi, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Araştırma ve Para Politikası Genel Müdürlüğü*.
- Naimy, V. Y., and Hayek, M. R. (2018). Modelling and predicting the Bitcoin volatility using GARCH models. *International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation*, 8(3), 197-215.
- Wang, C. (2021). Different GARCH Models Analysis of Returns and Volatility in Bitcoin. *Data Science in Finance and Economics*, 1(1), 37-59.
- Yapraklı, S., Bozma, G., ve Akdağ, M. (2018). BİST Şehir Endekslerinde Oynaklığın Ölçülmesi: Alternatif Ekonometrik Modellerin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 55(639), 67-86.
- Yıllancı, V. (2007). Eşik otoregresif modellerde birim kök testi ile satın alma gücü paritesinin geçerliliğinin sınanması. *İktisadi araştırmalar vakfı*.
- Yıldırta, D.Ç (2017) E-Views Uygulamalı Temel Ekonometri Makro Ekonomik Verilerle. Gözden Geçirilmiş 3. Baskı. *Türkmen Kitabevi*. İstanbul. ISBN:9786054259182.
- Zakoian, J. M. (1994). Threshold Heteroskedastic Models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(5), 931-955.

### İnternet Kaynakları

[https://www.investing.com/crypto/Bitcoin/historical-data?\\_\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk\\_\\_=pmd\\_354f625b84a34fe5ab2fb0e674c656ac045faf8e-1626938384-0-gqNtZGzNAjjcnBszQ4i](https://www.investing.com/crypto/Bitcoin/historical-data?__cf_chl_jschl_tk__=pmd_354f625b84a34fe5ab2fb0e674c656ac045faf8e-1626938384-0-gqNtZGzNAjjcnBszQ4i)



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).