



www.turkishstudies.net/economy

**Turkish Studies - Economics, Finance, Politics**

eISSN: 2667-5625

*Research Article / Araştırma Makalesi*



Sponsored by IBU

## **Etkin Piyasalar Hipotezi Kapsamında Kripto Paraların Zayıf Form Bilgisel Etkinliklerinin Karşılaştırılması**

*Comparison of Weak Form Informational Efficiency of Cryptocurrencies within the Scope of the Efficient Markets Hypothesis*

Oktay Özkan\* - Eyyüp Ensari Şahin\*\*

**Abstract:** There are thousands of cryptocurrencies that are defined as subcoin, which emerged thanks to the popularity of Bitcoin produced by Satoshi Nakamoto (2008) based on blockchain. Bitcoin and other subcoins have the monetary value of the encrypted version of the computer record, regardless of any central authority. It is very difficult to estimate the price with this feature. Cryptocurrencies have very low correlations with macroeconomic factors and other monetary policy instruments due to their nature. In particular, the interest of investors who want to make money quickly and easily is focused on Bitcoin and other cryptocurrencies. This focusing situation brought up the issue of price estimation of cryptocurrencies and cryptocurrencies have been the subject of future price estimation study through various analyzes based on past prices. This study seeks to answer questions such as Do cryptocurrencies have weak form informational efficiency?, On which dates do cryptocurrencies have weak form informational efficiency/inefficiency?, and Which cryptocurrencies/currency will increase the chances of success for those who invest in cryptocurrencies using past price movements? In this context, in the study, analyses were carried out using the automatic portmanteau test developed by Escanciano and Lobato (2009) using the daily data of Dollar prices of cryptocurrencies (Bitcoin, Ethereum, Litecoin, and Ripple) between 24.08.2016 and 28.02.2020 for the price prediction and investment strategy. As a result of the analyses, it was determined that the weak form informational efficiency of the cryptocurrencies within the scope of the study varies over time and also the cryptocurrency that has the most weak form informational efficiency is Bitcoin.

**Structured Abstract: Introduction:** Thousands of cryptocurrencies identified as subcoins have emerged after Bitcoin, which appeared with Satoshi Nakamoto's paper in 2008, gained popularity over time. Cryptocurrencies carry the monetary value of the encrypted version of the computer record without any central authority. Cryptocurrencies also have very low correlations with macroeconomic factors and other

\* Arş. Gör. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü

Res. Asst. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration

ORCID 0000-0001-9419-8115

oktay.ozkan@gop.edu.tr

\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Hitit Üniversitesi, İ.İ.B.F., Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü

Asst. Prof., Hitit University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of International Trade and Logistics Management

ORCID 0000-0003-2110-7571

eyupensarisahin@hitit.edu.tr

**Cite as/ Atıf:** Özkan, O., & Şahin, E. E. (2020). Etkin piyasalar hipotezi kapsamında kripto paraların zayıf form bilgisel etkinliklerinin karşılaştırılması. *Turkish Studies - Economy*, 15(4), 2393-2406.

<https://dx.doi.org/10.47644/TurkishStudies.42103>

**Received/Geliş:** 11 March/Mart 2020

**Accepted/Kabul:** 20 December/Aralık 2020

Copyright © INTAC LTD, Turkey

Checked by plagiarism software

**Published/Yayın:** 25 December/Aralık 2020

CC BY-NC 4.0

monetary policy instruments. Due to these features, it is difficult to predict the future values of cryptocurrencies. Although it is difficult to estimate future values of cryptocurrencies, the interest of investors who especially want to make money quickly and easily is focused on Bitcoin and other cryptocurrencies. This situation brought up the issue of price estimation of cryptocurrencies and cryptocurrencies has been the subject of future price estimation study through various analyzes based on past prices. These studies generally examine the weak form informational efficiency of cryptocurrencies. According to the weak form informational efficiency, the future values of any financial asset cannot be estimated by past price movements. The existing literature provides useful information on the weak form informational efficiency of cryptocurrencies in an all-or-none condition; however, little is known about the time-varying nature of the weak form informational efficiency of cryptocurrencies. Also, to the best knowledge of the authors, there are no studies comparing the weak form informational efficiency of cryptocurrencies. Unlike the existing literature, this paper analyzes the weak form informational efficiency of cryptocurrencies (Bitcoin, Ethereum, Litecoin, and Ripple) in a time-varying condition and compares cryptocurrencies in terms of weak form informational efficiency using the daily data spanning from August 24th, 2016 to February 28th, 2013 (1284 observations).

**Research Questions:** In this paper, we are looking for answers to the following questions:

Do cryptocurrencies have weak form informational efficiency?

On which dates do cryptocurrencies have weak form informational efficiency/inefficiency?

Which cryptocurrencies/currency will increase the chances of success for those who invest in cryptocurrencies using past price movements?

**Methodology:** In this paper, we employ the automatic portmanteau (AQ) test of Escanciano and Lobato (2009). AQ test is robust to non-normality and conditional heteroscedasticity that are stylized features of financial time series. To evaluate weak form informational efficiency of financial assets, the portmanteau test of Ljung and Box (1978) has been widely used in empirical finance. However, the portmanteau test is well-known to suffer from deficient properties in small samples, especially under conditional heteroskedasticity widely observed in financial time series. In addition, the portmanteau test requires ad hoc choices of the lag length, further undermining its small sample properties. There have been a number of recent contributions to the portmanteau test, which attempt to improve its small sample properties under conditional heteroskedasticity: see, for example, Lobato et al. (2001) for the modified portmanteau test. To overcome the problem of choosing the lag length in an ad hoc way, Escanciano and Lobato (2009) propose an automatic portmanteau (AQ) test where selection of lag length is made fully automatic based on a fully data-dependent procedure. In their Monte Carlo study, Charles et al. (2011) report that the AQ test shows highly desirable small sample (size and power) properties, under a wide range of conditionally heteroskedastic financial time series.

**Empirical Results:** In order to track the time variation in cryptocurrencies' weak form informational efficiency, we apply the AQ test in the rolling estimation window. Though the rolling sample approach is very popular in practice, there is no theory on how to select the length of the time window. We set the length of the estimation window to be 180 observations. This selected window length provides a total of 1104 rolling windows for each return series of cryptocurrencies. The graphical plots of the p-values of the AQ test in each rolling window for the four cryptocurrencies returns clearly illustrate the time-varying nature of the weak form informational efficiency of cryptocurrencies. The plots also show that Bitcoin has more weak form informational efficiency than other cryptocurrencies.

**Conclusion:** According to the findings of this paper, the weak form informational efficiency of cryptocurrencies is not an all-or-none condition but is a characteristic that varies continuously over time. We recommend those who want to invest in cryptocurrencies using past price movements to invest in Litecoin and Ripple, especially Ethereum, rather than Bitcoin. Our recommendation for further papers is to analyze and compare the weak form informational efficiency of the other cryptocurrencies. Also, studies can be carried out on the comparison of weak form informational efficiency of cryptocurrencies and alternative investment instruments.

**Keywords:** Finance, efficient markets hypothesis, crypto currencies, automatic portmanteau test, weak form informational efficiency.

**Öz:** Satoshi Nakamoto (2008) tarafından blok zinciri temelli üretilen Bitcoin'in elde ettiği popülerlik sayesinde ortaya çıkan ve altcoin olarak tanımlanan binlerce kripto para bulunmaktadır. Bitcoin ve diğer altcoinler yapısı itibari ile herhangi bir merkezi otoriteye bağlı olmadan bilgisayar kaydının şifrelenmiş halinin parasal değerini taşımaktadır. Bu özelliği itibari ile fiyat tahmini yapmak oldukça zordur. Kripto paralar yapısı gereği makroekonomik faktörler ve diğer para politikası araçları ile oldukça düşük düzeyde korelasyona sahiptir. Özellikle hızlı ve kolay para kazanmak isteyen yatırımcıların ilgisi Bitcoin ve diğer kripto paralar üzerine odaklanmıştır. Bu odaklanma durumu kripto paraların fiyat tahminlemesi konusunu gündeme getirmiş ve kripto paralar geçmiş fiyatlardan hareketle çeşitli analizler yoluyla gelecek fiyat tahminlemesi çalışmasına konu olmuştur. Bu çalışma kripto paralar zayıf form bilgisel etkinliğe sahip midir? Hangi tarihlerde kripto paralarda zayıf form bilgisel etkinlik/etkinsizlik söz konusudur? Geçmiş fiyatları kullanarak kripto paralara yatırım gerçekleştirenler hangi kripto paraya/paralara yatırım gerçekleştirmesi başarı şansını artıracaktır? şeklindeki sorulara cevap aramaktadır. Bu kapsamda çalışmada kripto paraların (Bitcoin, Ethereum, Litecoin ve Ripple) fiyat tahmini ve yatırım stratejisi için 24.08.2016 ile 28.02.2020 tarihleri arasındaki Dolar cinsi fiyatlarına ait günlük veriler kullanılarak Escanciano ve Lobato (2009) tarafından geliştirilen otomatik portmanteau testi ile analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda çalışma kapsamındaki kripto paraların zayıf form bilgisel etkinliklerinin zaman içerisinde değişim gösterdiği ve ayrıca zayıf form bilgisel etkinliğin olduğu gün sayılarına bakıldığında en fazla zayıf form bilgisel etkinliğe sahip olan kripto paranın Bitcoin olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Finans, etkin piyasalar hipotezi, kripto paralar, otomatik portmanteau testi, zayıf form bilgisel etkinlik.

## Giriş

Satoshi Nakamoto<sup>1</sup> (2008) tarafından blok zinciri temelli üretilen Bitcoin'in elde ettiği popülerlik sayesinde ortaya çıkan ve altcoin olarak tanımlanan binlerce kripto para vardır. Nakamoto'nun 2008 yılında dijital bir para ya da varlık olarak tanımladığı Bitcoin, geçirdiği 10 yıllık süre boyunca farklı kurum ve kuruluşlar tarafından para ya da varlık olarak tanımlanmıştır. Temelde paranın özelliklerini taşımamakla birlikte (fiziki basımı yapılmaması, bir varlığa dayalı olmaması, merkez bankasını temsil etmemesi) paradan ziyade spekülatif bir varlık olarak tanımlanmaktadır (Iwamura vd., 2014; Baek ve Elbeck, 2015; Kristoufek, 2015; Şahin, 2018). Avrupa Merkez Bankası tarafından 2012 yılında yapılan tanıma göre Bitcoin "genellikle geliştiricileri tarafından ihraç ve kontrol edilen, belirli bir sanal ortamın üyeleri tarafından kabul edilen ve kullanılan, herhangi bir kanunla düzenlenmemiş olan para çeşididir" şeklinde tanımlanmıştır. Yapılan bu tanım Bitcoin'in 2012 yılında sanal ortamda kabul edilebilen bir para olduğunu belirtmektedir. Ancak Avrupa Merkez Bankası 2015 yılında ise Bitcoin'i "herhangi bir merkez bankası, kredi kuruluşu ya da e-para kuruluşu tarafından ihraç edilmemiş ve bazı durumlarda paraya alternatif olarak kullanabilen varlığın sanal temsili" olarak tanımlamıştır. Yapılan ikinci tanımlama para özelliğinden daha çok yatırım aracı özelliğini ortaya çıkartmaktadır. Demartino (2018) Bitcoin'i sistemini ya da kullanıcı kimliklerini güvenceye almak için kriptoloji kullanan dijital para olarak tanımlamıştır. Güven ve Şahinöz (2018) ise Bitcoin'i karşılığı parasal bir değer olan bilgisayar kaydının şifrelenmiş hali şeklinde tanımlamıştır. Literatürde tanımlamalar topluca değerlendirildiğinde kriptolojik (şifreleme) özelliğinin öne çıktığı görülmektedir. Kriptoloji, en basit haliyle şifreleme bilimi olarak tanımlanmıştır (Şahin, 2018: 77).

Blok zinciri sisteminin işleyişi ve güvenliği kriptolojik fonksiyonlar sayesinde olmaktadır. Kripto paralar ister para ister yatırım aracı olarak değerlendirilsin son dönemde literatürde oldukça sık çalışılmıştır. Özellikle hızlı ve kolay para kazanmak isteyen yatırımcıların ilgisi Bitcoin ve diğer kripto paralar üzerine odaklanmıştır. Bu odaklanma durumu kripto paraların fiyat tahminlemesi konusunu gündeme getirmiş ve kripto paralar geçmiş fiyatlardan hareketle çeşitli

<sup>1</sup> Kim olduğu henüz bilinmemekle birlikte literatürde genellikle kişi ya da kişiler olarak adlandırılmaktadır.

analizler yoluyla gelecek fiyat tahminlemesi çalışmasına konu olmuştur (Karasu vd., 2018; Şahin, 2018; Şahin ve Bağcı, 2020).

Finansal varlıkların fiyatının belirlenmesinde finansal piyasaların etkinliği oldukça önemli bir konumdadır. Finansal piyasalar fon fazlası olan bireyler ile fon açığı olan bireylerin bulunduğu ve karşılıklı fon transferinin yapıldığı ortamlardır. Finansal piyasalarda yatırım yapacak fon fazlası olan yatırımcı finansal enstrümanların fiyatlarını tahmin etmekte ve yatırım yönünü ona göre belirlemektedir. Özellikle kamuya açıklanan bilgiler, makroekonomik değişkenlere verilen tepki, politik ve jeopolitik risk seviyesi vb. birçok değişken finansal varlıkların fiyatını piyasa durumuna bağlı olarak etkileyebilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde başta Bitcoin olmak üzere diğer tüm kripto paraların oluşturduğu piyasada fiyat tahmini yapmak için öncelikle piyasa yapısına bakılması gerekmektedir. Kripto paraların herhangi bir merkezi kuruluşa bağlı olmaması ve arkasında devlet gücünün olmaması fiyatını oldukça oynak yapmıştır. Bu kapsamda özellikle piyasaya yansıyan haberlere yüksek hızda tepki verebilmektedir (Cheah ve Fry, 2015; Gandal ve Halaburda, 2016; Balcılar vd., 2017; Şahin ve Özkan, 2018).

Bu çalışmanın temel amacı kripto paraları zayıf form bilgisel etkinlik açısından karşılaştırmaktır. Bu çalışma ayrıca kripto paralar zayıf form bilgisel etkinliğe sahip midir? Hangi tarihlerde kripto paralarda zayıf form bilgisel etkinlik/etkinsizlik söz konusudur? Geçmiş fiyatları kullanarak kripto paralara yatırım gerçekleştirenler hangi kripto paraya/paralara yatırım gerçekleştirmesi başarı şansını artıracaktır? Şeklindeki sorulara da cevap aramaktadır. Bu amaç ve sorular çerçevesi içerisinde 24.08.2016 ile 28.02.2020 tarihleri arasında Bitcoin, Ethereum, Litecoin ve Ripple'in Dolar cinsi fiyatlarına ait günlük veriler kullanılarak Escanciano ve Lobato (2009) tarafından geliştirilen otomatik portmanteau testi ile analizler gerçekleştirilecek ve elde edilen bulgular yorumlanacaktır. Bu çalışma giriş bölümü ile birlikte altı bölüm olarak tasarlanmıştır. Çalışmanın 2. Bölümünde literatür taraması, 3. Bölümünde otomatik portmanteau testi, 4. Bölümünde veri setleri, 5. Bölümünde ampirik bulgular ve son bölümünde ise sonuç ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

### Literatür Taraması

Blokszincir ve kripto para ile ilgili literatürde oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar genellikle kripto paralar para mı? Finansal bir varlık mı? Kripto paraların volatilitesi ve kripto paraların fiyatlarının tahmin edilmesi vb. alanlarda yoğunluk göstermektedir. Çalışma literatürden piyasa etkinliği araştırması nedeniyle ayrılmakta olup benzer çalışmalar ile desteklenmiştir. Urquhart tarafından 2016 yılında gerçekleştirilen çalışmada, Bitcoin etkin piyasa yönünden analiz edilmiş ve etkin olmayan piyasa özelliği gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Merkezi bir hükümete ya da merkez bankasına bağlı olmayan Bitcoin vb. kripto paraların fiyatı genellikle haber manipilasyonları ve piyasaya göre şekillenmekte olup bu durum Nadarajah ve Chu (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ortaya konmuştur. Çalışma Urquhart (2016) tarafından yapılan çalışma sonuçlarını değerlendirme üzerine odaklanmıştır. Çalışmada Urquhart (2016) tarafından beş farklı test ile bulunan Bitcoin'in etkin piyasa özelliklerini taşımadığı sonucuna atfen sekiz farklı test yapılarak Urquhart (2016) tarafından yapılan çalışma bir ileri boyuta taşınmıştır. Çalışmada Bitcoin, otokorelasyon için Ljung-Box testi; bağımsızlık koşu testi için; Bartel'in bağımsızlık testi; rassal yürüyüş hipotezi için bootstrapped otomatik varyans oranı testi; rassal yürüyüş hipotezi için spektral şekil testleri; dönüşlerin bağımsız ve aynı şekilde dağıtıldığı BDS testi; seri korelasyon için sağlamaştırılmış portmanteau testi; martingale farkı için genelleştirilmiş spektral testi ile test edilmiştir. Yapılan çalışma ile ek olarak üç test aynı sonuçları vermiştir. Bitcoin zayıf formda etkin çıkmıştır. Bitcoin ve diğer kripto paraların zayıf form bilgisel etkinlikleri ile ilgili ulaşılabilen diğer çalışmalar aşağıda yer almaktadır:

Bariviera 2017 yılında yaptığı çalışmada Bitcoin piyasasında bilgi etkinliğini ölçmeyi amaçlamıştır. Yapılan çalışmada Hurst katsayısı yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 2011-2014 yılları arasında günlük getirilerde bilgi etkinliğinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kurihar ve Fukushima (2017) yaptıkları çalışmada Bitcoin'in piyasa etkinliği altında haftalık fiyat anormal getirilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Bitcoin piyasasının etkin olmadığını ama giderek rassal fiyat oluşumlarının olacağını öngörmüşlerdir.

Khuntia ve Pattanayak 2018 yılında yaptıkları çalışmada Adaptif Piyasa Hipotezi ve Bitcoin için gelişen geri dönüş tahmini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Bitcoin fiyatında artan verimliliği doğrulayan yazarlar, Adaptif Piyasa Hipotezi'nin Bitcoin piyasasında geçerli olduğu sonucuna varmışlardır.

Wei 2018 yılında yaptığı çalışmada 456 farklı kripto paranın piyasa etkinliğini incelemiştir. Bitcoin için etkinlik sonucuna ulaşılırken diğer kripto paralar için etkinlik bulunamamıştır.

Vidal-Tomás ve Ibañez 2018 yılında yaptıkları çalışmada Bitstamp ve Mt. Gox borsalarında işlem gören Bitcoin için yarı güçlü formda etkinliği test etmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda Bitcoin için artan oranda etkin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Bitcoin'in para politikası haberlerinden etkilenmediği yani piyasaya yansıyan bilgilere karşı tepki vermediği sonucuna ulaşmışlardır.

Kristoufek 2018 yılında yaptığı çalışmada ABD Doları ve Çin Yuanı açısından Bitcoin için piyasa etkinliğini incelemiştir. Çalışma sonucunda her iki piyasa için etkin olmayan piyasa varsayımının geçerli olduğuna ulaşmıştır.

Sensoy 2019 yılında yaptığı çalışmada Bitcoin fiyatının zamanla değişen piyasa etkinliğini BTCUSD ve BTCEUR kuru üzerinden yüksek frekans düzeyinde permütasyon olasılığı ile incelemiştir. Gerçekleştirdiği analizler neticesinde 2016 yılından günümüze BTCUSD piyasasının BTCEUR piyasasına göre daha etkin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca yapılan çalışmada fiyatlardaki oynaklığın Bitcoin bilgi etkinliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

### Metodoloji

Bu çalışmada kripto paraların zayıf form bilgisel etkinliklerini belirlemek ve kripto paraları bilgisel etkinlik bakımında karşılaştırabilmek için Escanciano ve Lobato (2009) tarafından geliştirilen otomatik portmanteau testi uygulanmıştır. Finansal varlıkların zayıf form bilgisel etkinliklerini değerlendirebilmek için finans literatüründe sıklıkla kullanılan yöntemlerden bir tanesi Ljung ve Box (1978) tarafından geliştirilen portmanteau testidir. Fakat portmanteau testi finansal serilerin tipikleşmiş özelliği olan koşullu değişen varyans özelliği taşıyan serilerde yetersiz kalmaktadır (Charles vd., 2017: 102). Ayrıca gecikme uzunluğunun belirlenebilmesinin analizi gerçekleştirilecekler bırakılması yetersiz özelliklerini daha fazla artırmaktadır. Portmanteau testinin koşullu değişen varyansa sahip verilere uyarlanabilmesi amacıyla Lobato vd. (2001) modifiye edilmiş portmanteau testini geliştirmişlerdir; fakat söz konusu yöntem de gecikme uzunluğunun belirlenmesini analizleri gerçekleştirilecekler bırakmıştır. Gecikme uzunluğunun belirlenme probleminin üstesinden gelmek için Escanciano ve Lobato (2009) gecikme uzunluğu seçiminin verilere bağlı bir şekilde tamamen otomatik olarak yapıldığı otomatik portmanteau (OP) testini geliştirmişlerdir. Charles vd. (2011) çalışmalarında normal dağılmayan ve koşullu değişen varyansa sahip finansal serilerde OP testinin diğer testlere göre daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Orijinal portmanteau test istatistiği eşitlik 1'deki gibi yazılmaktadır:

$$Q_p = T \sum_{i=1}^p \hat{\rho}^2(i) \quad (1)$$

Eşitlik 1 içerisinde yer alan  $\hat{\rho}(i)$ , getiri oranını zaman serisi  $Y_t$ 'nin  $i$  mertebesindeki örnek otokorelasyonudur.  $Y_t$ 'nin koşullu değişen varyans özelliği göstermesi durumunda Lobato vd. (2001) eşitlik 2'deki test istatistiğini önermişlerdir.

$$Q_p^* = T \sum_{i=1}^p \tilde{\rho}^2(i), \quad \tilde{\rho}(i) = \hat{\gamma}^2(i)/\hat{t}(i) \quad (2)$$

Eşitlik 2 içerisinde yer alan  $\hat{\gamma}^2(i)$ ,  $Y_t$ 'nin  $i$  mertebesindeki örnek otokovaryansını,  $\hat{t}(i)$  ise  $Y_t^2$ 'nin  $i$  mertebesindeki örnek otokovaryansını ifade etmektedir.

Escanciano ve Lobato (2009) gecikme uzunluğunun ( $p$ ) optimal değerinin tamamen verilere bağlı bir şekilde belirlendiği OP testini önermişlerdir. Söz konusu test istatistiği eşitlik 3'teki gibi yazılmaktadır:

$$AQ = Q_{\tilde{p}}^*, \quad \tilde{p} = \min\{p: 1 \leq p \leq d; L_p = Q_p^* - \pi(p, T, q) \geq L_h, h = 1, 2, \dots, d\} \quad (3)$$

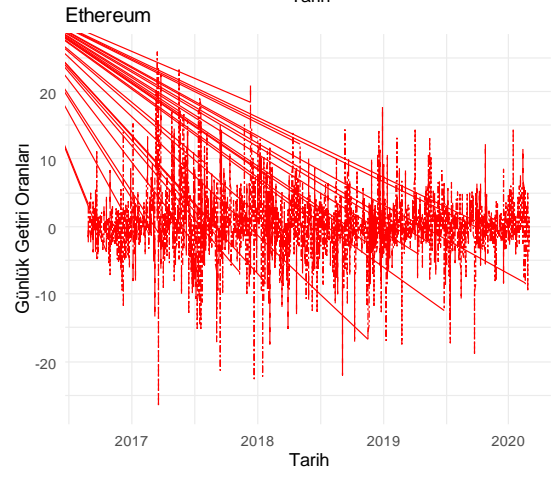
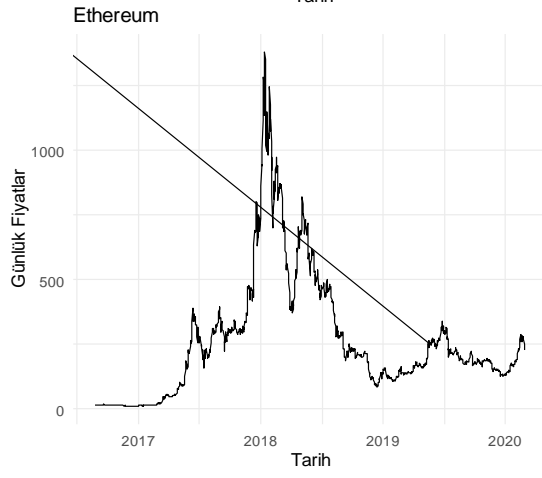
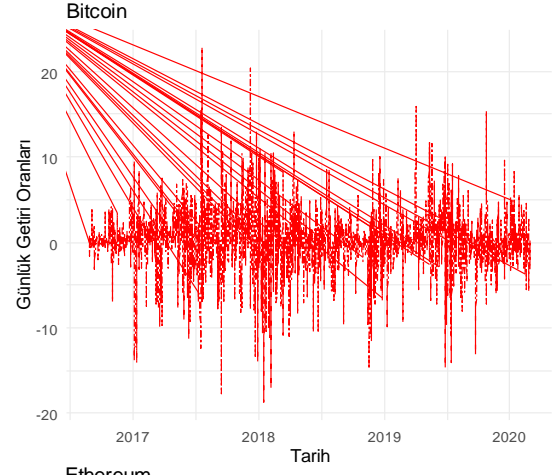
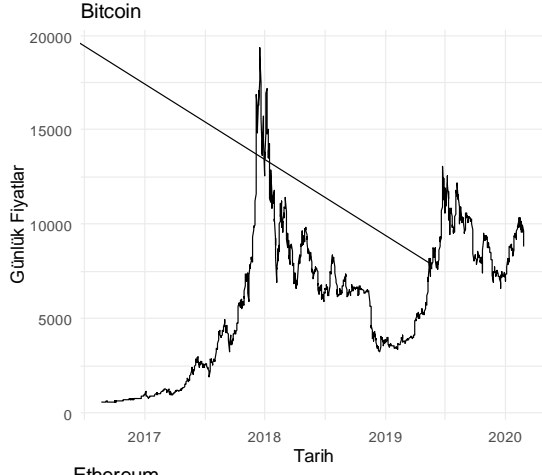
Eşitlik 3 içerisinde yer alan  $d$  sabit üst sınırı belirtmektedir. Akaike bilgi kriteri (AIC) ve Bayesci bilgi kriteri (BIC) arasında bir denge olan (Verheyden vd., 2015: 300)  $\pi(p, T, q)$  penalty terimi eşitlik 4'teki gibi yazılmaktadır:

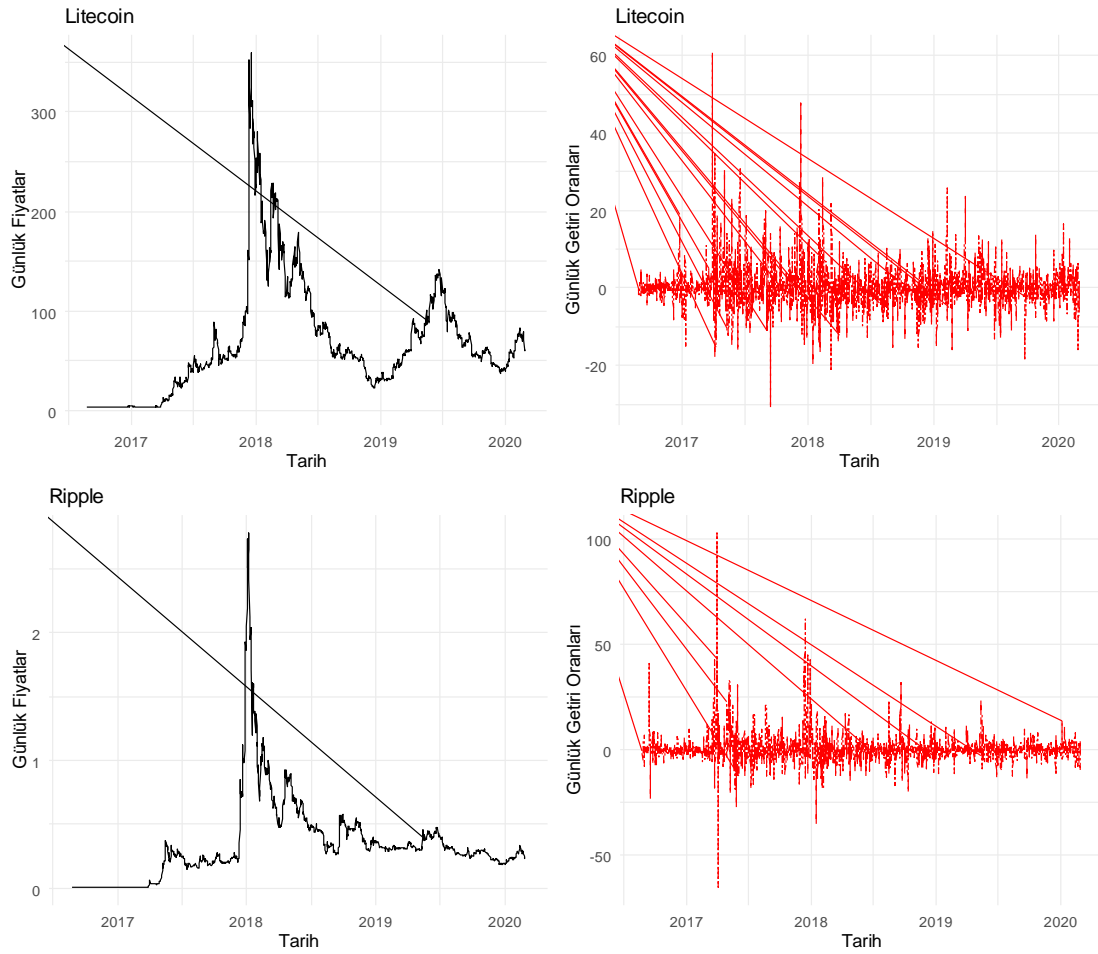
$$\pi(p, T, q) = \begin{cases} p \log(T) & , \max_{1 \leq i \leq d} \sqrt{T} |\tilde{\rho}(i)| \leq \sqrt{2,4 \log(T)} \\ 2p & , \max_{1 \leq i \leq d} \sqrt{T} |\tilde{\rho}(i)| > \sqrt{2,4 \log(T)} \end{cases} \quad (4)$$

OP testi sonu elde edilen olasılık değeri ( $p$ ) belirlenen önem düzeyinden düşük olması zayıf form bilgisel etkinliğin sağlanamadığını belirtmektedir (Charles vd., 2015: 286).

### Veri Seti

Bu çalışmada Bitcoin, Ethereum, Litecoin ve Ripple'in 24.08.2016-28.02.2020 tarihleri arasındaki günlük Dolar cinsi fiyatları kullanılmıştır. Kripto paralara ait günlük fiyatlar Bitfinex isimli internet adresinden elde edilmiştir (Erişim Tarihi: 29.02.2020). Çalışmadaki veri setleri, piyasa değeri en fazla ve veri seti aralığı en geniş olan kripto paraları kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. Verilerin durağan hale getirilebilmesi amacıyla kripto paraların günlük fiyatlarının doğal logaritmik birinci farkları 100 ile çarpılarak veriler günlük getiri oranlarına çevrilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan kripto paralara ait günlük fiyat ve getiri oranları Şekil 1'de yer almaktadır.





**Şekil 1: Günlük Fiyat ve Getiri Oranı Grafikleri**

Şekil 1’de sol tarafta kripto paraların günlük fiyatlarını gösteren grafikler, sağ tarafta ise günlük getiri oranlarını gösteren grafikler bulunmaktadır. Şekil 1’deki grafikler incelendiğinde günlük fiyat verilerinin durağan olmadığı, buna karşın günlük getiri oranlarının durağan olduğu anlaşılmaktadır. OP testi durağan veri setleri ile gerçekleştirilmektedir. Durağan olmayan veri setleri ile gerçekleştirilecek analizler yanıltıcı sonuçlar ortaya çıkaracağından, analizlerin gerçekleştirileceği veri setlerinin durağanlık durumlarının daha net bir şekilde belirlenebilmesi amacıyla Said ve Dickey (1984) tarafından geliştirilen Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi getiri oranları veri setlerine uygulanmıştır. Gerçekleştirilen ADF testi sonuçları Tablo 1’de yer almaktadır.

**Tablo 1: ADF Birim Kök Testi Sonuçları**

	Sabit		Sabit ve Trendli	
	t istatistiği	Olasılık	t istatistiği	Olasılık
<b>Bitcoin</b>	-36,35198	0,0000***	-36,40833	0,0000***
<b>Ethereum</b>	-36,02938	0,0000***	-36,11775	0,0000***
<b>Litecoin</b>	-36,28980	0,0000***	-36,34645	0,0000***
<b>Ripple</b>	-17,97209	0,0000***	-18,06788	0,0000***

Not: \*\*\*%1 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.



Tablo 1’de yer alan sonuçlar incelendiğinde kripto paralara ait günlük getiri oranlarının durağan olduğu ve OP testlerinde kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Analizlerin gerçekleştirileceği getiri oranlarına ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 2’de yer almaktadır.

**Tablo 2:** Tanımlayıcı İstatistikler

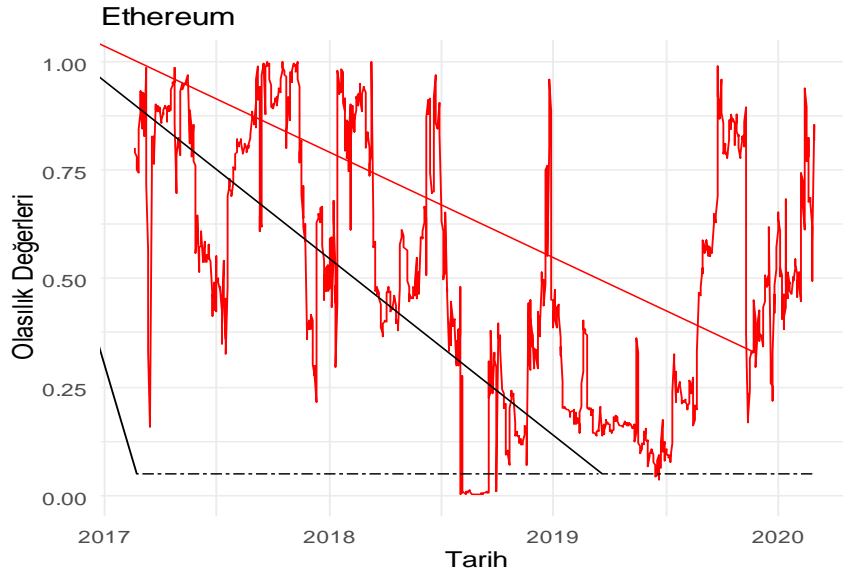
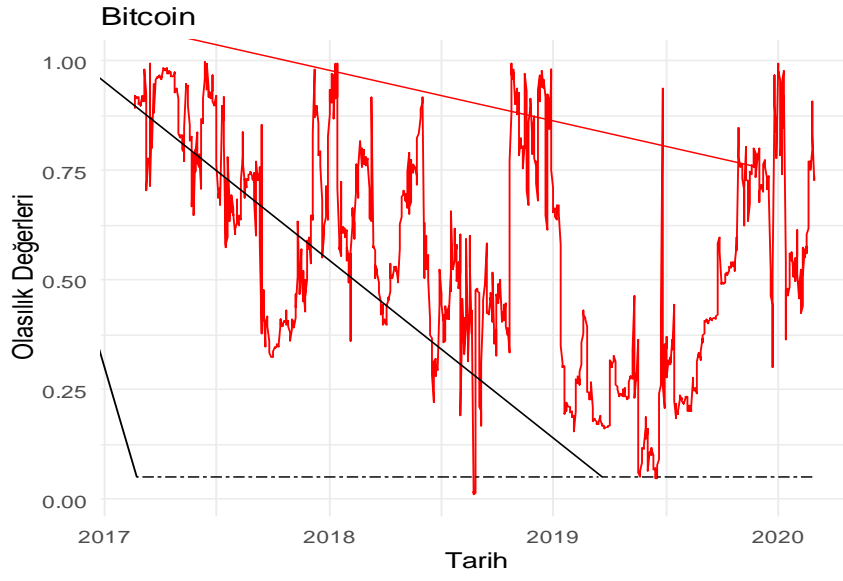
	<b>Bitcoin</b>	<b>Ethereum</b>	<b>Litecoin</b>	<b>Ripple</b>
<b>Gözlem Sayısı</b>	1283	1283	1283	1283
<b>Ortalama</b>	0,209587	0,233954	0,212072	0,283090
<b>Medyan</b>	0,208384	0,000000	-0,240663	-0,169348
<b>Minimum</b>	-18,69389	-26,66287	-30,79508	-65,29888
<b>Maksimum</b>	22,76022	25,85994	60,69811	102,7995
<b>Standart Sapma</b>	4,074755	5,563260	6,206349	7,667215
<b>Skewness</b>	-0,067804	0,139231	1,740027	2,811967
<b>Kurtosis</b>	6,594997	6,120126	16,58909	39,90693
<b>Jarque-Bera</b>	691,8788***	524,5720***	10519,23***	74507,57***
<b>ARCH</b>	87,05442***	123,6046***	74,46222***	155,2844***

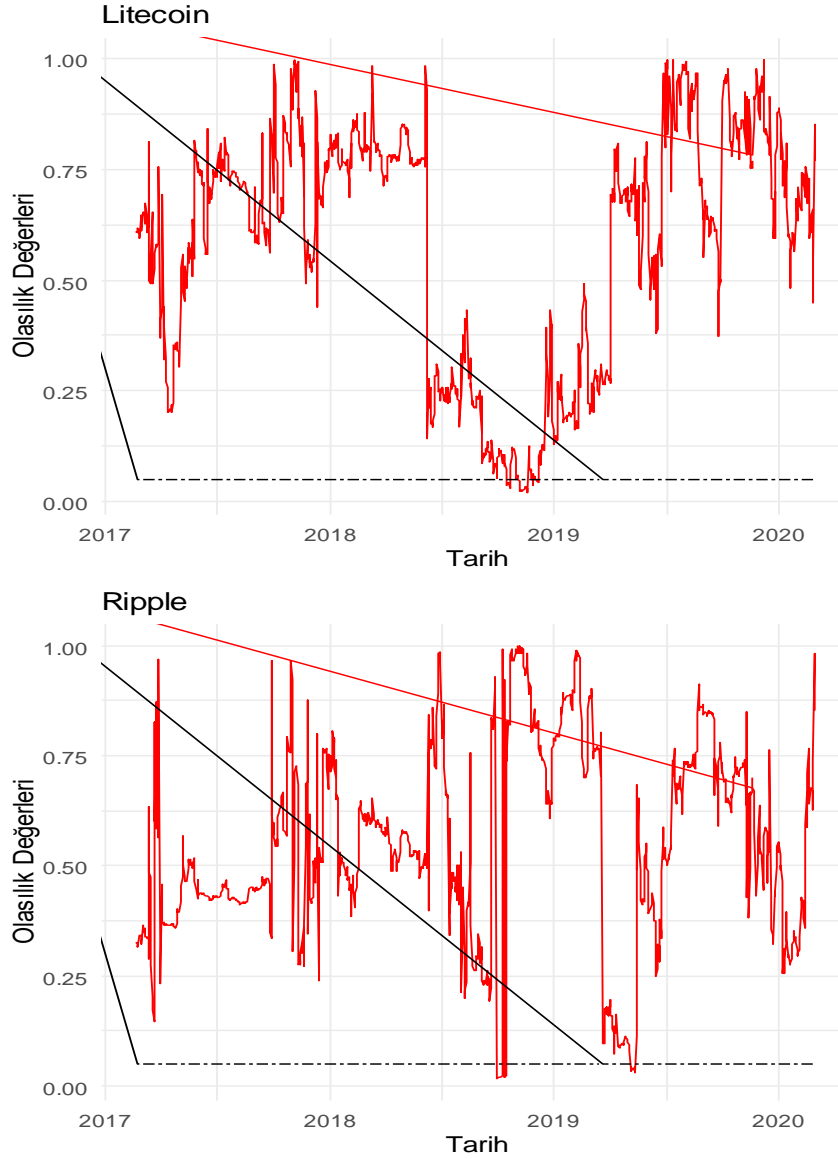
Not: \*\*\*%1 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 2’de bulunan bilgilere bakıldığında en fazla ortalama getiri oranına ve en fazla oynaklığa Ripple’in sahip olduğu görülmektedir. Skewness değerleri günlük Bitcoin getiri oranlarına ait dağılımın sola çarpık, diğer kripto paralara ait dağılımın ise sağa çarpık olduğunu belirtmektedir. Kurtosis değerleri Kripto paralara ait günlük getiri oranları dağılımının normal dağılıma göre daha dik ve daha geniş kuyruklara sahip olduğunu ifade etmektedir. Skewness ve Kurtosis değerleri günlük getiri oranları serilerinin normal dağılmadığını göstermektedir. Kripto paralara ait günlük getiri oranları serilerinin durağanlık durumların tespiti için ayrıca gerçekleştirilen Jarque ve Bera (1980) tarafından geliştirilen Jarque-Bera testi çıktıları da serilerin normal dağılmadığını ortaya koymaktadır. Son olarak günlük getiri oranları serilerinde koşullu değişen varyans etkisinin mevcudiyetini belirleyebilmek amacıyla gerçekleştirilen Engle (1982)’in ARCH-LM testi çıktıları bütün serilerde güçlü bir koşullu değişen varyans bulunduğunu belirtmektedir. Analizlerin gerçekleştirileceği OP testi daha önceden de belirtildiği gibi normal dağılmayan ve koşullu değişen varyans özelliği gösteren serilerde oldukça başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır.

### **Ampirik Bulgular**

Çalışmada 6 aylık (180 günlük) sabit uzunluklu hareketli alt örneklem pencereleri ile OP testi gerçekleştirilmiştir. Hem yapısal kırılmaları göz önüne alması (Lazar vd., 2012: 344) hem de piyasa etkinliğinin zaman içerisinde göstermiş olduğu değişimleri ortaya koyması açısından hareketli alt örneklem pencereleri bu çalışmada tercih edilmiştir. Çalışmadaki ilk alt örneklem penceresi 25.08.2016-20.02.2017 tarihleri arasındaki günlük getiri oranları ile oluşturulmuştur. İlk alt örneklem penceresine OP testi gerçekleştirildikten sonra pencere 1 gün ileri taşınma yoluyla yeni alt örneklem pencereleri oluşturulmuştur. Söz konusu yöntemle toplam 1104 alt örneklem penceresi oluşturulmuş ve her alt örneklem penceresine OP testi uygulanmıştır. Kripto paraların zayıf formdaki bilgisayar etkinliği için gerçekleştirilen OP testleri sonucunda elde edilen olasılık değerleri Şekil 2’de yer almaktadır.





**Şekil 2: OP Testi Çıktıları**

Şekil 2’de yer yer alan kırmızı dalgalı çizgiler OP testi sonucunda elde edilen günlük olasılık değerlerini, siyah yatay çizgi ise %5 önem düzeyini ifade etmektedir. Olasılık değerlerinin önem düzeyinin altında kalması, söz konusu tarihlerde getiri oranlarının tahmin edilebilir olduğunu, diğer bir ifadeyle zayıf formda bilgisel etkinliğin sağlanamadığını belirtmektedir. Önem düzeyinin üzerinde yer alan olasılık değerleri ise ilgili tarihlerde getiri oranlarının tahmin edilemediğini ve dolayısıyla zayıf formda bilgisel etkinliğin sağlanabildiğini ifade etmektedir.

Şekil 2’de yer alan çıktılar incelendiğinde öncelikle çalışma kapsamındaki kripto paraların zayıf form bilgisel etkinliklerinin zaman içerisinde değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Bitcoin 23-27.2018, 20.05.2019 ve 15-16.06.2019 tarihlerinde (8 gün) , Ethereum 06.08.2018-16.09.2018 tarihleri arasında ve 03-04.08.2018, 29-30.09.2018, 15-16.06.2019, 21.06.2019 tarihlerinde (49 gün), Litecoin 15-21.10.2018, 31.10.2018, 03-19.11.2018, 26-27.11.2018, 29.11.2018, 01-05.12.2018 tarihlerinde (33 gün), Ripple ise 28.09.2018-09.10.2018 tarihleri arasında ve 11.10.2018, 13-14.2018, 04-13.05.2019 tarihlerinde (25 gün) zayıf formda bilgisel etkinliğe sahip

değildir. Elde edilen bu sonuçlar Bitcoin'in diğer kripto paralara göre daha fazla zayıf formda bilgisel etkinliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Geçmiş fiyatları kullanarak yatırım gerçekleştiren yatırımcıların kripto para piyasasında özellikle Ethereum olmak üzere Litecoin ve Ripple'a gerçekleştirecekleri yatırımlarda arzuladıkları getiri seviyesine ulaşabilme şansı Bitcoin'e gerçekleştirecekleri yatırımlara göre oldukça fazladır.

### Sonuç

Kripto paraların zayıf form bilgisel etkinliklerini karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada Bitcoin, Ethereum, Litecoin ve Ripple'ın 24.08.2016-28.02.2020 tarihleri arasındaki günlük verileri kullanılarak 6 aylık sabit uzunluklu hareketli alt örneklem pencereleri ile Escanciano ve Lobato (2009) tarafından geliştirilen normal dağılmayan ve aynı zamanda koşullu değişen varyansa sahip serilerde oldukça başarılı olan otomatik portmanteau testi ile analizler gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda Bitcoin, Ethereum, Litecoin ve Ripple'ın Urquhart (2016), Nadarajah ve Chu (2017), Bariviera (2017), Kurihar ve Fukushima (2017), Wei (2018) ve Kristoufek (2018) çalışmalarından elde edilen sonuçlardan farklı olarak zayıf form bilgisel etkinliğinin zaman içerisinde değişim gösterdiği anlaşılmıştır. Bu sonuçlar Bitcoin'in zayıf form piyasa etkinliğinin zaman içerisinde değişim gösterdiğini belirten Khuntia ve Pattanayak (2018) çalışması ile uyumaktadır. Zayıf form bilgisel etkinliğe sahip olmayan gün sayılarına bakıldığında en fazla zayıf form bilgisel etkinliğe sahip olan kripto paranın Bitcoin olduğu belirlenmiştir. Geçmiş fiyatları kullanarak tasarruflarını kripto paralarda değerlendirmek isteyenlerin Litecoin, Ripple ve özellikle Ethereum'a yatırım gerçekleştirmeleri takdirde başarılı olma şansları Bitcoin yatırımlarına göre oldukça fazladır. Bundan sonra gerçekleştirilecek olan çalışmalar diğer kripto paralar üzerinde gerçekleştirilebilir. Ayrıca kripto paralar ile alternatif yatırım araçlarının zayıf form bilgisel etkinliklerinin karşılaştırılması üzerine de çalışmalar gerçekleştirilebilir.

### Kaynakça

- Avrupa Merkez Bankası (2012). <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemes201210en.pdf>, Erişim Tarihi: 04.03.2020.
- Avrupa Merkez Bankası (2015). <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemesen.pdf>, Erişim Tarihi: 04.03.2020.
- Baek, C. & Elbeck, M. (2015). Bitcoins as an investment or speculative vehicle? A first look. *Applied Economics Letters*, 22(1), 30-34. <https://doi.org/10.1080/13504851.2014.916379>
- Balcilar, M., Elie, B., Rangan, G. & David, R. (2017). Can volume predict Bitcoin returns and volatility? A quantiles-based approach. *Economic Modelling*, 64(1), 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.03.019>
- Bariviera, A. F. (2017). The inefficiency of Bitcoin revisited: A dynamic approach. *Economics Letters*, 161, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.09.013>
- Bitfinex. <https://www.bitfinex.com> Erişim Tarihi: 29.02.2020.
- Charles, A., Darné, O. & Kim, J.H. (2011). Small sample properties of alternative tests for martingale difference hypothesis. *Economics Letters*, 110, 151-154. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2010.11.018>

- Charles, A., Darné, O. & Kim, J.H. (2015). Will precious metals shine? A market efficiency perspective. *International Review of Financial Analysis*, 41, 284-291. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2015.01.018>
- Charles, A., Darné, O. & Kim, J.H. (2017). Adaptive markets hypothesis for Islamic stock indices: Evidence from Dow Jones size and sector-indices. *International Economics*, 151, 100-112. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2017.05.002>
- Cheah, E. & John, F. (2015). Speculative bubbles in Bitcoin markets? An empirical investigation into the fundamental value of Bitcoin. *Economics Letters*, 130(1), 32-36. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2015.02.029>
- Demartino, I. (2018). *Bitcoin Rehberi (The Bitcoin Guidbook)*, Çev. Kübra Tenekeci, Epsilon Yayınevi.
- Engle, R.F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflations. *Econometrica*, 50(4), 987-1007. <https://doi.org/10.2307/1912773>
- Escanciano, J.C. & Lobato, I.N. (2009). An automatic portmanteau test for serial correlation. *Journal of Econometrics*, 151, 140-149. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2009.03.001>
- Gandal, N. & Halaburda, H. (2016). Can we predict the winner in a market with network effects? Competition in cryptocurrency market. *Games*, 7(3), 16. <https://doi.org/10.3390/g7030016>
- Güven, V. & Şahinöz, E. (2018). *Blokzinciri, Kripto Paralar, Bitcoin Satoshi Dünya'yı Değiştiriyor*. Kronik Kitap.
- Iwamura, M., Kitamura, Y., Matsumoto, T. & Saito, K. (2014). Can we stabilize the price of a Cryptocurrency?: Understanding the design of Bitcoin and its potential to compete with Central Bank money. *Hitotsubashi Journal of Economics*, 60(1), 41-60. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2519367>
- Jarque, C.M. & Bera, A.K. (1980). Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics Letters*, 6(3), 255-259. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(80\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0165-1765(80)90024-5)
- Karasu, S., Altan, A., Saraç, Z. & Hacıoğlu, R. (2018). Prediction of Bitcoin prices with machine learning methods using time series data. *26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, Izmir, 1-4. <https://doi.org/10.1109/siu.2018.8404760>
- Khuntia, S. & Pattanayak, J.K. (2018). Adaptive market hypothesis and evolving predictability of bitcoin. *Economics Letters*, 167, 26-28. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.03.005>
- Kristoufek, L. (2018). On Bitcoin markets (in) efficiency and its evolution. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 503, 257-262. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.02.161>
- Kristoufek, L. (2015). What Are the Main Drivers of the Bitcoin Price? Evidence from Wavelet Coherence Analysis. *PLoS ONE*, 10(4), e0123923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123923>
- Kurihara, Y. & Fukushima, A. (2017). The market efficiency of Bitcoin: a weekly anomaly perspective. *Journal of Applied Finance and Banking*, 7(3), 57.
- Lazar, D., Todea, A. & Filip, D. (2012). Martingale Difference Hypothesis and Financial Crisis: Empirical Evidence from European Emerging Foreign Exchange Markets. *Economic Systems*, 36, 338-350. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2012.02.002>

- Ljung, G.M. & Box, G.E.P. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, 65, 297-303. <https://doi.org/10.1093/biomet/65.2.297>
- Lobato, I.N., Nankervis, J.C. & Savin, N.E. (2001). Testing for autocorrelation using a modified Box–Pierce Q test. *International Economic Review*, 42, 187-205. <https://doi.org/10.1111/1468-2354.00106>
- Nadarajah, S. & Chu, J. (2017). On the inefficiency of Bitcoin. *Economics Letters*, 150, 6-9. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2016.10.033>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, Erişim Tarihi: 07.03.2020.
- Said, S.E. & Dickey, D.A. (1984). Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. *Biometrika*, 71(3), 599-607. <https://doi.org/10.1093/biomet/71.3.599>
- Sensoy, A. (2019). The inefficiency of Bitcoin revisited: A high-frequency analysis with alternative currencies. *Finance Research Letters*, 28, 68-73. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.04.002>
- Şahin, E.E. & Bağcı, B. (2020). Kripto Para Fiyatlarının Tahmininde Gri Sistem Teorisi: Yöntemsel Karşılaştırma. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(1), 219-232. <https://doi.org/10.18037/ausbd.700349>
- Şahin, E.E. & Özkan, O. (2018). Asimetrik Volatilitenin Tahmini: Kripto Para Bitcoin Uygulaması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 240-247. <https://doi.org/10.33905/bseusbed.450018>
- Şahin, E.E. (2018). Kripto para Bitcoin: ARIMA ve yapay sinir ağları ile fiyat tahmini. *Fiscaoeconomia*, 2(2), 74-92. <https://doi.org/10.21657/topraksu.654778>
- Tiwari, A.K., Jana, R.K., Das, D. & Roubaud, D. (2018). Informational efficiency of Bitcoin-An extension. *Economics Letters*, 163, 106-109. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.12.006>
- Urquhart, A. (2016). The inefficiency of Bitcoin. *Economics Letters*, 148, 80-82. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2016.09.019>
- Verheyden, T., Moor, L.D. & Bossche, F.V.D. (2015). Towards a new framework on efficient markets. *Research in International Business and Finance*, 34, 294-308. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2015.02.007>
- Vidal-Tomás, D. & Ibañez, A. (2018). Semi-strong efficiency of Bitcoin. *Finance Research Letters*, 27, 259-265. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.03.013>
- Wei, W.C. (2018). Liquidity and market efficiency in cryptocurrencies. *Economics Letters*, 168, 21-24. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.04.003>