

KRİPTO PARALAR ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ANALİZİ

Nuray ERGÜL¹ , Göktürk Nuri KONDAK²

Özet

Kripto para piyasası ulaştığı işlem hacmiyle geleneksel para piyasasına rakip duruma gelmiştir. Kripto para piyasasında coinlere alternatif olarak altcoinler piyasaya sunulmuştur. Kripto para piyasasına binlerce coin ve altcoin sunulmasına karşın bitcoinin büyüklüğüne ulaşamamışlardır. Kripto piyasası tezgahüstü bir piyasadır. Bu piyasanın volatilitesi ve riski oldukça yüksektir. Bu piyasanın yüksek getiri imkanı vermesi nedeniyle yatırımcıların ilgi odağı olmaktadır. Çalışmanın amacı kripto para birimlerinin fiyat hareketliliği temel alınarak, bu kripto paralar arasındaki eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkileri incelenmektedir. Çalışma kapsamındaki kripto paralar Johansen Eş-bütünleşme Analizi ve Granger Nedensellik Testi kullanılarak incelenmiştir. Johansen eş-bütünleşme test sonucunda iz istatistiği ve max öz değer istatistikleri %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değerden yüksek olduğu, H0 hipotezinin reddedildiği ve kripto para serileri arasında eş-bütünleşme ilişkisinin bulunduğunu ortaya koymuştur. Granger Nedensellik Test sonuçları, ADA, BNB, DOGE ve ETH'nin BTC'nin 'nedeni' ve BTC'nin ADA, BNB, DOGE ve ETH'nin 'nedeni' olduğu ve aralarında çift taraflı bir ilişkisinin bulunduğu belirlenmiştir. ETH ve SOL'un BTC'nin 'nedeni' olduğu ve aralarında tek taraflı bir ilişkisinin olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Cryptocurrency, Johansen Cointegration Analysis, Granger Causality Test

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN CRYPTOCURRENCIES

Abstract

The crypto money market has become a rival to the traditional money market with the transaction volume it has reached. Altcoins have been introduced to the market as an alternative to coins in the crypto money market. Although thousands of coins and altcoins were presented to the crypto money market, they could not reach the size of bitcoin. The crypto market is an over-the-counter market. The volatility and risk of this market is quite high. It is the focus of attention of investors because of the high return opportunity of this market. The aim of the study is to examine the cointegration and causality relations between these cryptocurrencies, based on the price mobility of cryptocurrencies. In the study, the independent variable is BTC, and the dependent variables are cryptocurrencies other than BTC. The cryptocurrencies within the scope of the study were examined using Johansen Cointegration Analysis and Granger Causality Test. As a result of the Johansen cointegration test, the trace statistics and the max. eigenvalue statistics were higher than the critical value at the 5% significance level, the H0 hypothesis was rejected and there was a cointegration relationship between the crypto money series. The Granger Causality Test results determined that ADA, BNB, DOGE and ETH are the 'cause' of BTC and BTC is the 'cause' of ADA, BNB, DOGE and ETH, and there is a bilateral relationship between them. It has been seen that ETH and SOL are the 'cause' of BTC and have a one-sided relationship between them.

Keywords: Cryptocurrency, Johansen Cointegration Analysis, Granger Causality Test

¹ Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler MYO, İstanbul, Türkiye

Email: nuray.ergul@marmara.edu.tr

ORCID: 0000-0002-9145-8150

² PWC Vergi Uzmanı, İstanbul, Türkiye

Email: gokturk-1997@hotmail.com

Reception date of the manuscript: 24.03.2023

Acceptance date of the manuscript: 22.06.2023

Publication date: 30.06.2023

1. Giriş

Globalleşen dünyamızda teknolojik gelişmelerin etkisiyle günlük hayatımızda kullandığımız para birimlerinin yerini kripto para birimleri almıştır. Kripto para birimlerinin ihracından ve denetiminden herhangi bir devlet sorumlu değildir. Bazı devletler bu özelliği nedeniyle kripto paraları para birimi olarak kabul etmemektedirler. Kripto para, internet yoluyla kullanılan, herhangi bir devlet kurumuna bağlı olmayan, sanal bir ödeme sistemidir (Kubar ve Toprak, 2021, 234). Piyasada kripto paraların fiyatları arz ve talebe göre belirlenmektedir. Son yıllarda yaşanan gelişmeler sonucunda birçok ülke kripto paraları emtia ve hizmet alımları ile birlikte yatırım aracı olarak kullanılmasına onay vermişlerdir. Ancak kripto paralarla yapılan işlemler merkezi olmayan ve Blockchain adı verilen sisteme kaydedilmektedir. Blockchain sisteminde hesap hareketlerinin varlığını korumak için dijital imza kullanılmaktadır ve yapılan bu kayıtlara hiç kimsenin müdahale yetkisi bulunmamaktadır (Kaplanhan, 2018: 106).

2008 yılında yaşanan global kriz ardından bankalara karşı güven azalmış ve yatırımcılar yatırımlarını kripto paralar üzerinde yapmaya başlamışlardır. Bitcoin ilk kripto para birimidir. Bu kripto para birimine piyasanın ilgisi, 2008 yılında yaşanmış olan global krizin ardından başlamıştır. Global krizde yatırımcıların finansal kurumlara olan güveni zarar görmüştür. Buda yatırımcıları yeni yatırım alternatifini olan kripto paralara yöneltmiştir. Kripto paralara artan bu talep, piyasada Blockchain sistemini geliştirilerek Kripto para piyasası daha güvenilir duruma getirilmiştir. Böylece kripto para işlemlerinde kullanılan sistemin güvenliği ve gizliliği ön planda tutulmuştur ancak kripto para işlemlerinin tamamı halen gözetimden ve denetimden uzak durumdadır. Kripto piyasasının yüksek getiri imkanları vermesi buna karşılık kripto paraların vergi ve diğer zorunlu giderleri minimum düzeyde tutması (Alpago, 2018,416) nedeniyle yatırımcılar kripto para sisteminin gözetimden uzak olmasını dikkate almamaktadırlar.

Türkiye’de kripto para piyasasını düzenleyen bir yasal düzenleme bulunmamaktadır. Mevcut koşullarda kripto paralar gerek Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK) gerekse Sermaye Piyasası Kurulu (SPK) tarafından elektronik para olarak kabul edilmemektedir. Ancak Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) kripto paraları finansal sistemin istikrarına fayda sağlayacağı düşündüğünden dolayı incelemeye başlamıştır. Böylece TCMB, BDDK ve SPK ile birlikte Blockchain Çalışma Grubunu oluşturarak kripto paraların yasal zemini için

çalışmalara başlamışlardır (Demircioğlu, 2020, 2). Piyasadaki ekonomi uzmanları kripto paraların fiyatlarının anormal düzeyde dalgalı olduğu ve bu nedenle kripto paralar üzerinde yapılacak yatırımlarda çok dikkatli olunması gerektiğini açıklamışlardır (Yıldırım, 2019, 274).

Piyasaya *Bitcoin, Ethereum, BNB, XRP, Cardano, Dogecoin*, gibi sayısız yeni coin'lerin ve *Theter, USD Coin, Binance USD, Shiba Inu* gibi alt coin'(token)lerin çıkmaya devam etmesi kripto piyasasını her geçen gün genişlemesine ve derinleşmesine neden olmaktadır. Bu gelişmeler sayısız yeni kripto para yatırımcılarını piyasaya hızla çekmektedir.

Çalışmanın amacı en yüksek piyasa değerine sahip sekiz adet kripto para birimlerinin fiyat hareketliliği temel alınarak, bu kripto paralar arasındaki eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkilerini incelemektedir. Böylece hem kripto para alanındaki literatüre hem de yatırımcılar için karar verme süreçlerine ihtiyaç duyulan bilgiyi sağlayacaktır.

Çalışma literatür taraması, araştırmanın kapsamı ve veri seti, araştırma yöntemi, araştırmada elde edilen bulgular ve sonuç bölümlerinden oluşmaktadır.

2. Literatür Taraması

Eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkilerini inceleyen ampirik çalışmaların bazıları aşağıda açıklanmaktadır.

Glaser, vd. (2014) çalışmada Bitcoin kullanıcılarının Bitcoin'leri sadece yatırım aracı olarak kullandıkları sonucuna ulaşmışken *Baek ve Elbeck (2015)* çalışmada Bitcoin'nin volatilitesinin S&P500 endeksine göre 26 kat daha fazla olduğu, Bitcoin ve S&P500 endeksi arasında nedensellik ilişkisinin olmadığını belirlemişlerdir. *Georgoula, vd. (2015)* ise, günlük kapanış fiyatlarını kullanarak, uzun dönemde S&P500'ün Bitcoin fiyatlarını olumsuz yönde etkilediğini saptamışlardır. Başka bir çalışmada *Dyhrberg (2015)*, 2010-2015 dönemine ait günlük verileri kullanarak Bitcoin'nin riskten korunma aracı olup olmadığını araştırmışlar ve araştırma sonucunda yatırımcıların ihtiyatlı davranmaları şartıyla Bitcoin alım satımını yapabileceklerini belirlemiştir.

Nunes (2017) çalışmada Bitcoin ile finansal araçların getirileri arasında uzun dönemli ilişkinin bulunduğunu tespit etmiştir. Diğer bir çalışmada *Eswara (2017)*, 4 Nisan 2017 - 21 Temmuz

2017 döneminde günlük verileri kullanılarak Bitcoin'in farklı para birimleri üzerindeki etkileri ARCH ile GARCH modellerinden faydalanılarak incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda bir taraftan Bitcoin'in Hint Rupisi ve ABD Doları arasında pozitif ilişkisi varken, diğer taraftan Bitcoin'in Sterlin ve Yuan arasında negatif ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Güleç, vd. (2018), aylık verileri kullanarak, kripto paraların nedensellik ilişkisini test etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Bitcoin kripto para biriminin faizin nedeni olduğu tespit edilmiştir. *Kılıç, vd. (2018) ise*, 02 Şubat 2012 - 06 Mart 2018 döneminde günlük verileri temel alarak Bitcoin ile BIST100 arasındaki ilişkiyi test etmişlerdir. Çalışmada Bitcoin ve BIST100 arasında eş-bütünleşme ilişkisi olmadığı fakat BIST'ten Bitcoin'e doğru tek yönlü bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir. Başka bir çalışmada *İçellioglu, vd. (2018)*, 29 Nisan 2013 - 22 Eylül 2017 döneminde işgününü temel alarak Bitcoin'in diğer para birimleri arasındaki ilişkilerini analiz etmişler ve Bitcoin'in diğer para birimlerinden bağımsız olduğunu belirlemişlerdir.

Sifat, vd. (2019), yıllık, saatlik ve günlük verileri baz alarak Bitcoin ve Ethereum arasındaki ilişkiyi test etmişlerdir. Bu çalışma sonucunda iki kripto para arasında çift yönlü ilişkinin bulunduğu saptanmıştır. Ayrıca kripto para yatırımcılarının saatlik ve günlük fiyat keşif süreçlerini kendi menfaatlerine kullanamayacakları sonucuna ulaşmışlardır. *Wang, vd. (2019) ise*, 19 Temmuz 2010 - 31 Mayıs 2018 dönemi ve alt dönemlerini baz alarak Bitcoin'e doğru risk yayılma etkisini incelemişler ve ekonomideki politika belirsizliğinden dolayı Bitcoin üzerindeki risk yayılma etkisinin dikkate alınmayacağını tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada *Çağlı (2019)*, Eylül 2015 - Ocak 2018 dönemine ait verileri kullanarak Bitcoin ve altcoinlerin fiyatlarındaki ani yükselişlerini test etmişlerdir. Çalışmada kripto para birimleri arasında çift yönlü ilişki bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Demiroğlu (2020), haftalık verileri baz alarak Bitcoin ve Ethereum arasındaki ilişkiyi Engle Granger ve Toda Yamamoto Nedensellik testlerini kullanarak analiz etmiş ve Bitcoin ile Ethereum arasında ilişkinin olmadığı sonucuna ulaşmışken *Kim vd. (2020)*, 23.07.2017 – 28.11.2019 dönemine ait günlük kapanış fiyatlarını temel alarak Bitcoin ve diğer kripto paralar arasındaki ilişkiyi analiz etmişler ve Ethereum ve Ripple ile diğer kripto paralar arasında çok daha güçlü bir ilişkinin varlığını tespit etmişlerdir. *Soyaslan (2020) ise*, 21.04.2011 – 11.02.2020 dönemine ait verileri kullanarak Bitcoin ile BIST100, Banka ve Teknoloji endeksleri arasındaki

nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Bu çalışmanın sonucunda Bitcoin ile BIST100, Banka ve Teknoloji endeksleri arasında herhangi bir ilişkiye rastlanmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Kumah, vd. (2021), Covid 19 pandemi dönemini baz alarak kripto paralar ile Afrika pay senedi ve emtia piyasaları arasındaki ilişkiyi analiz etmişler ve kripto paralar, Afrika pay senetleri ve emtia piyasaları arasında yayılma etkisinin çok düşük olduğunu ortaya koymuşlarken *Ciaian, vd. (2021)*, 2014-2019 dönemine ait günlük verileri temel alarak Bitcoin güvenliğinin ekonomik bağımlılık üstündeki etkilerini ARDL testi kullanarak araştırmışlar ve Bitcoin fiyatları ve madencilik ödüllerinin güvenlikle ilgili olduğunu tespit etmişlerdir. *Li, vd. (2021)* ise, 2013-2019 dönemine ait günlük veriler baz alınarak Bitcoin piyasasının olaylara karşı tepkileri GARCH-X testini kullanarak test etmişlerdir. Ayrıca olay türlerinin Bitcoin fiyatları üzerinde anormal etkilerinin bulunduğunu belirlemişlerdir. Bir diğer çalışmada *Demir, vd. (2021)*, Bitcoin'nin Altcoinler üzerindeki etkilerini NARDL modelini kullanarak araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda kısa dönemde Bitcoin fiyatlarındaki düşüşün, Altcoinlerin fiyat artışlarından daha fazla tepkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ünal ve Sakallı (2022), günlük ve saatlik verileri baz alarak Bitcoin ve Ethereum arasındaki ilişkiyi analiz etmişler ve günlük verilerde nedensellik ilişkisi belirlenmişken saatlik verilerde nedensellik ilişkisi bulunduğunu tespit etmişlerken *Korkmazgöz, vd., (2022)* çalışmada ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak farklı BIST endeksleri ile Bitcoin arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkileri analiz etmişler ve Bitcoin ile Mali Endeks arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı kanıtlanırken diğer endeks fiyatları arasında bir ilişki bulunamamıştır. *Gülcü ve Kutkut (2022)* ise çalışmada Bitcoin ile BIST100 endeksi ilişkinin eş bütünleşik olduğu, BIST100 endeksinden Bitcoin fiyatları yönünde çift taraflı ilişkisi bulunduğu ve tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Başka bir çalışmada *Kara ve Demireli (2023)*, 14.06.2018 - 01.12.2021 dönemine ait veriler kullanılarak kripto paralar arasında eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkilerini incelemişler ve çalışmadaki Bitcoin ve Altcoinler arasında kısa dönemli ilişkinin bulunduğu, Bitcoin'den ADA, ETH, IOTA, TRX, XLM yönünde nedensellik ilişkisinin bulunmasına karşın Bitcoin'den BNB ve LTC yönünde granger nedensellik ilişkisinin olduğunu belirlemişlerdir.

3. Araştırmanın Kapsamı ve Veri Seti

Çalışmada kullanılan “*Bitcoin, Ethereum, BNB, XRP, Cardano, Dogecoin, Polygon ve Solana*” adlı kripto para birimlerinin fiyat hareketliliği temel alınarak, bu kripto paralar arasındaki eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkileri incelenmektedir. 08/02/2023 tarihinde son 24 saatlik süreçte en yüksek piyasa değeri olan kripto paralardan sekiz adeti çalışma kapsamına alınmıştır. Çalışmaya dahil edilen kripto para birimlerinin için ortak bir tarih aralığı belirlenmiş ve 22.09.2020-07.02.2023 dönemi analiz dönemi olarak belirlenmiştir. Çalışmada analiz edilen kripto para birimlerine ait verilere <https://coinmarketcap.com/> adresinden ulaşılmıştır. Çalışma kapsamındaki kripto paraların gözlem sayısı her biri için 869 olarak belirlenmiştir. Analizde kullanılan veriler dolar bazında günlük kapanış fiyatlarından oluşmaktadır. Çalışmada bağımsız değişken BTC, bağımlı değişkenler ise BTC dışındaki kripto paralardır. Çalışmada kullanılan kripto paralara ilişkin veriler Tablo 1’de açıklanmaktadır.

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Kripto Paralar

	<u>Cripto Paralar</u>	<u>Sembol</u>	<u>Piyasa Değeri</u>	<u>İşlem Hacmi</u>	<u>İşlem Miktarı</u>
1.	<u>Bitcoin</u>	BTC	441.768.056.096	26.582.076.780	1.158.659
2.	<u>Ethereum</u>	ETH	201.712.936.291	8.367.663.873	5.070.029
3.	BNB	BNB	51.621.475.867	538.028.976	1.641.590
4.	XRP	XRP	20.157.904.686	918.328.525	2.310.524.960
5.	<u>Cardano</u>	ADA	13.560.718.012	391.488.810	997.463.180
6.	<u>Dogecoin</u>	DOGE	11.938.240.388	503.339.994	5.587.086.954
7.	<u>Polygon</u>	MATIC	11.373.483.916	918.218.173	705.760.240
8.	Solana	SOL	8.625.143.163	633.210.042	27.362.546

4. Araştırmada Kullanılan Yöntem

Bu çalışma kripto para birimlerinin fiyat hareketleri arasındaki eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkilerini test etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada Johansen Eş-bütünleşme Analizi ve Granger Nedensellik Analizi kullanılmaktadır. Çalışmanın ilk adımında değişkenlerin durağanlık seviyelerini belirlemede ADF Birim Kök Testi kullanılmaktadır. İkinci adımında Johansen Eş-bütünleşme Testi kullanılarak kripto para serilerinin gecikme uzunlukları tespit edilmektedir. Üçüncü adımda Granger Nedensellik Testi kullanılarak kripto para serileri arasında karşılıklı Granger nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı test edilmektedir.

4.1. Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) Birim Kök Testi

ADF yöntemine göre “bir serinin durağanlığı ile birim kökün varlığını test etmek eşdeğerdir” (Dickey ve Fuller, 1979). Test, birinci dereceden otoregresif bir sürece dayanır. Formül aşağıdaki gibidir (Asteriou ve Hall, 2007, 295-296):

$$y_t = \phi y_{t-1} + u_t \quad (1)$$

Regresyon uygulamasının ardından $\phi = 1$ olduğu belirlendiğinde serisinde birim kök olur (formül 2).

$$y_t = y_{t-1} + u_t \quad (2)$$

Serinin değeri geçmişte yaşanan şokların bir toplamıdır. Bu kalıcı şokların oluşması, serinin durağan olmadığını gösterir. Eğer ϕ katsayısı birden küçük ise, geçmişteki şokların etkilerini geçici bir süre devam ettirirler (Kubar ve Toprak, 2021, 297). Bu durumda formül 1 her iki tarafından y_{t-1} çıkarılarak yeniden yazılır.

$$y_t - y_{t-1} = \phi y_{t-1} - y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta y_{t-1} = (\phi - 1) y_{t-1} + u_t$$

Buradan da $(\phi - 1) = \delta$ ise formül aşağıdaki gibi yazılır.

$$\Delta y_{t-1} = \delta y_{t-1} + u_t \quad (3)$$

Formül 3’te $H_0: \delta = 0$ ve $H_1: \delta < 0$ hipotezleri test edilir. y_t ’nin Tesadüfi Yürüyüş Modelie uygun hareket ettiğinde H_0 hipotezi kabul edilir ($\delta = 0$).

Dickey & Fuller (1979)’a göre hata terimi white noise olarak kabul edilir. Hata terimi olmaması halinde bağımlı değişkenin gecikme değerlerinin serideki otokorelasyonunu yok eder. ADF testi üç farklı formülle yazılabilir (Asteriou ve Hall, 2007, 297).

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{\kappa} \beta_i \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (4)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{\kappa} \beta_i \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (5)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{\kappa} \beta_i \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (6)$$

Trendin sistematik olduğunu belirleyen katsayılar α_0 ve $\alpha_2 t$ 'dir.

ADF testi, δ katsayısının sıfıra eşitliğini inceler. ADF sonuçları farklı anlamlılık düzeyinde McKinnon kritik değerleri ile kıyaslanır. Sonuç McKinnon kritik değerlerinden yüksekse, H_1 hipotezi ve serilerin durağan olmadığı kabul edilir (Dolado, vd., 1990, 255).

Kripto para fiyat serilerinde birim kökün varlığı ADF testiyle test edilir (formül 6).

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{\kappa} \beta_i \Delta Y_{t-i} + u_t$$

ADF testindeki regresyon denkleminde bağımlı değişkende hangi gecikmelerin (k) yer alacağına Akaike bilgi kriterinden yararlanılmaktadır.

4.2. Johansen Eş-bütünleşme Analizi

Johansen ve Jeselius (1990) eş-bütünleşme analizi çok değişkenli zaman serilerinde birden fazla eş-bütünleşme ilişkisini belirleme gücüne sahip bir yöntemdir (Kubar ve Toprak, 2021, 238). Bu nedenle çalışmada Johanson eş-bütünleşme analizi kullanılmaktadır.

Johanson eş-bütünleşme analizi Vektör Otoregresif Model (VAR) üzerinden incelenirse;

$$\chi_t = \Pi_1 \chi_{t-1} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Zaman serilerinin farkı alınarak durağanlaştırılır ve serilerinin I. farkı alındığında aşağıdaki gibi yazılır.

$$\Delta\chi_t = \Pi_1\chi_{t-1} - \chi_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$\Delta\chi_t = (\Pi_1 - I_n)\chi_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$\Delta\chi_t = \Gamma\chi_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$\Delta\chi_t = \sum_{i=1}^{k-i} \Gamma_i \Delta\chi_{t-i} + \Pi\chi_{t-k} + \varepsilon_t \quad (11)$$

$$\Gamma_i = -I + \Pi_1 + \dots + \Pi_i, \quad (i = 1, 2, \dots, k-1) \quad (12)$$

$$\Pi = -(I - \Pi_1 - \dots - \Pi_k) \quad (13)$$

Zaman serilerinde eş-bütünleşme ilişkisinin bulunduğu İz Testi ve Max Öz Değer Testi olmak üzere iki farklı testi ile belirlenir. Kritik değerler kıyaslanır ve aralarında eş-bütünleşme ilişkisinin var olup olmadığı belirlenir (Akel, 2015:84).

$$\lambda_{iz}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n I_n (1 - \hat{\lambda}_i) \quad (14)$$

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -T I_n (1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (15)$$

λ_i : Π matrisinin tahmin edilmiş karakteristik kökleri.

λ_{r+1} : Öz değer tahminlerini ifade eder.

T : Kullanılabilir gözlem sayısı.

İz değeri ve max öz değer istatistik değeri, kritik değerden büyük olduğunda H_1 alternatif hipotez kabul edilmiş olur. Buda değişkenlerin aralarında ilişki olması halinde ne kadar sayıda eş-bütünleştirici vektör olduğu belirlenir (Johansen ve Juselius, 1990, 170).

4.3. Granger Nedensellik Testi

Durağan olmayan birden fazla serinin lineer bileşimi durağandır (Engle ve Granger, 1987). Seriler arasında eş bütünleşme olduğunda, serilerde lineer bileşim olur. Durağan lineer bileşim, değişkenler arasında uzun dönemli ilişkisi olduğunu gösterir. Aynı zamanda durağan lineer bileşim eş bütünleşme olarak kullanılır (Takım, 2010: 12).

Granger nedensellik testinde X değişkeninin, Y değişkeninin tahminini etkilediği ortaya çıkarsa, “X değişkeni Y değişkenine neden olur” ifadesi kabul edilir (Özmerdivanlı, 2014: 9).

$$\Delta X_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_{1i} \Delta X_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_{2i} \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_{1j} \Delta X_{t-j} + \sum_{h=1}^p \beta_{2h} \Delta X_{t-h} + \varepsilon_{2t} \quad (3)$$

5. Araştırmadan Elde edilen Bulgular

Araştırmada elde edilen bulgular aşağıda açıklanmaktadır.

5.1. Tanımlayıcı İstatistikler Bulgular

Analiz kapsamında değerlendirilen; kripto paraların eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkisi içinde olup olmadığını belirlemek için analizin ilk aşamasında kripto paralara ait günlük fiyatlara ait zaman serilerinin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Veriler	Mean	Maximum	Minimum	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis	Jarque-Bera
ADA	0,9231	2,9700	0,0768	0,6791	0,8030	2,8913	93,8205
BNB	311,4894	675,6800	22,8600	159,2337	-0,1887	2,6702	9,0964
BTC	34572,0500	67566,8300	10246,1900	14855,2600	0,2165	1,8733	52,7520
DOGE	0,1311	0,6848	0,0025	0,1095	1,3374	5,4894	483,4552
ETH	2123,4110	4812,0900	321,1200	1101,1480	0,3956	2,3006	40,3748
MATIC	0,9486	2,8800	0,0123	0,6429	0,2763	2,4825	20,7530
SOL	59,1115	258,9300	1,2100	61,3970	1,3103	3,6979	266,2993
XRP	0,6380	1,8400	0,2118	0,3295	0,9232	3,2173	125,1444

Normal dağılım gösteren zaman serisi için, eğiklik değerinin 0 ve normale yakın dağılımlarda çarpıklık ve basıklık değerleri $[-1, +1]$ olması gerekir. Ayrıca Jarque-Bera istatistiğinin olasılık değerinin yüksek olması gerekir. Jarque-Bera istatistiğinin olasılık değeri küçüldükçe normale yaklaştığı, büyüldükçe normalden uzaklaştığı varsayılır (Gujarati, 1999: 143). BNB adlı kripto paranın 869 gözlemden oluşan serisi diğer kripto paraların serileri ile karşılaştırıldığında sola eğik olduğu belirlenmiştir. Ayrıca BNB hariç diğer kripto para serilerinin Jarque Bera

istatistiğinin olasılık değerleri yüksek olarak belirlenmiştir. Tablo 2'deki istatistikler incelendiğinde, endeks serilerinin normal bir dağılım göstermediği tespit edilmiştir.

5.2. ADF Birim Kök Test Bulguları

Tanımlayıcı istatistiklerde, kripto para fiyat serilerinin normal dağılım göstermediğinin belirlenmesinin ardından ardından kripto para fiyat serilerinde birim kökün varlığının belirlenmesi için testler yapılmıştır. Çalışma kapsamında analiz edilen kripto para serileri ADF Testi ile analiz edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Orijinal Düzey		Birinci Fark	
	t-istatistiği	Prob*	t-istatistiği	Prob*
ADA	-1,6351	0,4641	-32,1938	0,0000
BNB	-2,0396	0,2699	-33,8451	0,0000
BTC	-1,7701	0,3956	-30,2722	0,0000
DOGE	-2,3645	0,1523	-9,5042	0,0000
ETH	-1,9219	0,3223	-31,5424	0,0000
MATIC	-2,0657	0,2589	-32,7642	0,0000
SOL	-1,3060	0,6286	-28,2584	0,0000
XRP	-2,4342	0,1326	-31,2443	0,0000

Kripto para fiyat serilerinin orijinal düzeyde elde edilen ADF t-istatistik değerinin olasılık değeri tüm kripto para serileri için %5 güvenirlilik düzeyinden büyük olduğu için serilerin orijinal düzeyde durağan olmadığı ve %5 güvenirlilik düzeyinde birim kök içerdiğini göstermiştir. Serilerin I. farkları alınarak birim kök testi tekrarlanmıştır. Serilerin I. farkları alındıktan sonra her kripto para serisi için t-istatistik olasılık değerleri %5 güvenirlilik düzeyinden küçük olmuş ve seriler durağan hale gelmiştir.

5.3. Johansen Eş-bütünleşme Test Sonuçları

Bitcoin ve diğer kripto para serileri arasındaki eş-bütünleşme ilişkisi Johansen Eş-bütünleşme testi ile analiz edilmiştir. Bu analizde kripto para serilerinin düzey değerlerinin durağan olması ve aynı derecede durağan olmaları koşuluna uyulmuştur. Çalışmada uygun gecikme değeri 4 olarak belirlenmiştir. Buna göre çalışmadaki tüm kripto paralar bu koşulu sağlamıştır.

Johansen eş-bütünleşme testinde kullanılan hipotezler;

H_0 : Değişkenlerde eş-bütünleşme ilişkisi mevcut değildir.

H_1 : Değişkenlerde eş-bütünleşme ilişkisi mevcuttur.

Johansen eş-bütünleşme testi sonucunda iz ve max özdeğer istatistiklerinin olasılık değeri %5'ten küçük ise H_0 hipotezi reddedilir ve eş-bütünleşme ilişkisi var kabul edilir. İz ve maksimum özdeğer istatistiklerinin olasılık değeri %5'ten büyük ise H_0 kabul edilir ve eş-bütünleşme ilişkisi yok kabul edilir (Benli, 2014).

Eş-bütünleşme analizinin ilk adımında VAR modeli kullanılarak kripto para serilerinin gecikme uzunlukları hesaplanmıştır. AIC ve SC bilgi kriterleri ile optimal gecikme uzunluğu belirlenmiştir. Çalışmada uygun gecikme uzunluğu 4 olarak seçilmiştir. Optimal gecikme uzunluğu belirlendikten sonra Johansen eş-bütünleşme testi yapılmıştır.

Tablo 4. Johansen Eş-bütünleşme Test Sonuçları

Hipotez	Özdeğer	İz İstatistiği	Kritik Değer (0,05)	Olasılık	Maksimum Değer İstatistiği	Kritik Değer (0,05)	Olasılık
0	0,227226	908,725500	159,529700	0,0001	221,423800	52,362610	0,0001
1	0,174116	687,301700	125,615400	0,0001	164,327400	46,231420	0,0000
2	0,156296	522,974300	95,753660	0,0001	145,990100	40,077570	0,0001
3	0,121857	376,984200	69,818890	0,0001	111,623100	33,876870	0,0000
4	0,094873	265,361000	47,856130	0,0001	85,625550	27,584340	0,0000
5	0,073214	179,735500	29,797090	0,0001	65,312040	21,131620	0,0000
6	0,067991	114,423400	15,494710	0,0001	60,484610	14,264600	0,0000
7	0,060862	53,938810	3,841466	0,0000	53,938810	3,841466	0,0000

Tablo 4'de ilk satırda gösterilen iz istatistiği ve max öz değer istatistikleri %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değerden yüksektir ve H_0 hipotezinin kabul edilmediğini gösterir. H_1 hipotezi kabul edilmiş ve seriler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin olduğu ortaya çıkmıştır.

5.4. Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Çalışmada kripto para fiyat serileri arasındaki kısa dönemli Granger nedensellik ilişkisinin varlığı analiz edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Granger Nedensellik Testi Sonuçları

DEĞİŞKENLER	F İstatistiği	Olasılık
BTC - ADA	2,1294	0,0309
BTC - BNB	2,1122	0,0324
BTC - DOGE	3,0234	0,0024
BTC - ETH	3,2726	0,0011
BTC - MATIC	1,8319	0,0678
BTC - SOL	0,6603	0,7268
BTC -XRP	0,5221	0,8404
ADA - BTC	2,8097	0,0045
BNB - BTC	3,2557	0,0012
DOGE - BTC	3,6219	0,0004
ETH -BTC	2,8638	0,0038
MATIC - BTC	4,1521	7,5000
SOL - BTC	2,4300	0,0134
XRP - BTC	1,8079	0,0721

Tablo 5’de BTC’nin bağımlı değişken olduğu durumda ADA, BNB, DOGE ve ETH’den BTC’ye doğru %5 anlamlılık seviyesinde bir Granger nedensellik ilişkisinin bulunduğu belirlenmiştir. BTC’nin bağımsız değişken olduğu durumda ise ADA, BNB, DOGE, ETH ve SOL ile BTC arasında kısa dönemli bir ilişki olduğu saptanmıştır.

6. Sonuç

Çalışmada kullanılan kripto para birimlerinin fiyat hareketliliği temel alınarak, bu kripto paralar arasındaki eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkileri incelenmiştir. Çalışmaya analiz döneminde piyasa değerine göre ilk sekize giren kripto paralar dahil edilmiştir. Çalışmada analiz dönemi 22.09.2020-07.02.2023 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, 22.09.2020-07.02.2023 döneminde kripto paraların dolar bazında günlük kapanış fiyatları arasındaki ilişkiler Johansen Eş-bütünleşme ve Granger nedensellik testleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada eş-bütünleşme testlerinin uygulanabilmesi için değişkenlerin durağanlık düzeyi ADF Birim Kök Testi ile belirlenmiştir. ADF birim kök test sonucunda değişkenlerin düzey değerlerinde ‘durağan olmadıkları’ saptanmıştır. Ardından durağan olmayan değişkenlerin I. farkı alınarak, ADF testi tekrarlanmış ve değişkenlerin I. farklarında ‘durağan oldukları’ tespit edilmiştir. Buda tüm değişkenlerin eş-bütünleşme testlerinin uygulanabilmesi için gerekli şartları sağladığını göstermiştir.

Johansen eş-bütünleşme test sonucunda %5 anlamlılık düzeyindeki iz istatistiği ve max öz değer istatistikleri kritik değerden yüksek olduğu, H_0 hipotezinin reddedildiği ve kripto para

serileri arasında eş-bütünleşme ilişkisinin olduğu ortaya çıkmıştır. *Granger Nedensellik Test* sonuçları ise, ADA, BNB, DOGE ve ETH'nin BTC'nin '*nedeni*' ve BTC'nin ADA, BNB, DOGE ve ETH'nin '*nedeni*' olduğu ve aralarında iki taraflı bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte ETH ve SOL'un BTC'nin '*nedeni*' olduğu ve aralarında tek taraflı bir ilişkinin bulunduğu tespit edilmiştir.

Kripto para fiyat serileri arasında eş-bütünleşmenin olması halinde kripto para fiyatlarının uzun dönemde nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Buda farklı kripto paralara yatırım yapılacak bir portföyde çeşitlendirmeden sağlanması beklenen risk azaltıcı etkisi görülmez. Ayrıca ulusal ve uluslararası portföy yatırımlarında riskin hesaplamalara dahil edilmesi gerekir. Kripto para piyasadaki tüm işlemler tezgahüstü piyasalarda gerçekleşir. Kripto paraların piyasadaki hareketleri ve birbirleriyle olan ilişkileri içinde yüksek risk barındırdığından dolayı yatırımcılar, bu kripto paraları yakından takip ederler. Aynı zamanda kısa ve uzun vadeli stratejiler geliştirerek kripto para yatırımlarını yaparlar. Çalışma kapsamına dahil edilen kripto paralar ve bu paralara ait zaman aralığı değiştirilerek, kripto paralar ile diğer finansal enstrümanlar arasındaki eş-bütünleşme ve nedensellik ilişkileri inceleneceği yeni ampirik çalışmalar yapılabilir. Böylece hem kripto para alanındaki literatüre hem de yatırımcılar için karar verme süreçlerine ihtiyaç duyulan bilgiyi sağlayacaktır.

7. Kaynakça

- Akel, V. (2015). Kırılgan Beşli Ülkelerinin Hisse Senedi Piyasaları Arasındaki Eşbütünleşme Analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 11(24), 75-96.
- Alpago, H. (2018). Bitcoin 'den Selfcoin'e Kripto Para. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar, Dergisi*, 3(2), 411-428.
- Asteriou, D. & Hall, S. G. (2007). *Applied Econometrics: A Modern Approach Using Eviews and Microfit*. Palgrave Macmillan.
- Baek, C. & Elbeck, M. (2015). Bitcoins As an Investment or Speculative Vehicle? A First Look. *Applied Economics Letters*, 22, 30-34.
- Ciaian, P., Kancs, D. A. & Rajcaniova, M. (2021). The Economic Dependency of Bitcoin Security. *Applied Economics*, 1, 1-18.

- Çağlı, E.Ç. (2019), "Explosive Behavior In The Prices Of Bitcoin And Altcoins", Finance Research Letters, S.29, s:398-403.
- Demir, E., Simonyan, S., Garcia, Gomez, C. D., & Lau, C. K. M. (2021), The Asymetric Effect of Bitcoin on Altcoins: Evidence from The Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL) Model. Finance Research Letters, 40, 101-754.
- Demiroğlu S. (2020). Bitcoin ve Ethereum Arasındaki İlişki: Toda- Yamamoto Nedensellik Testi. International Journal of Social, Humanities And Administrative Sciences, 6(33), 1903-1911.
- Dickey, D. A. & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Journal of the American Statistical Association, 74, 427-431.
- Dolado, J. J., Jenkinson, T. & Rivero, S. S. (1990). Cointegration and Unit Roots. Journal of Economic Surveys, 4(3), 249-273.
- Dyhrberg, A. (2015), Hedging Capabilities Of Bitcoin. Is It The Virtual Gold?, Finance Research Letters, 1- 6.
- Engle, Robert F.; Granger, Clive W. J. (1987). Co-Integration And Error Correction: Representation, Estimation, And Testing, Econometrica, 55 (2), s.251-276.
- Engle, R. F. & Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. Econometrica. 55(2), 251-276.
- Eswara, M. (2017). Cryptocurrency Gyration and Bitcoin Volatility. International Journal of Business and Administration Research Review, 3(18), 187-195.
- Georgoula, I., Pournarakis, D., Bilanakos, C., Dionisios N. & Giaglis, g. M. (2015). Using Time-Series and Sentiment Analysis to Detect the Determinants of Bitcoin Prices. Ninth Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS), Samos, Greece, 1-12.
- Glaser, F., Zimmermann, K., Haferkon, M., Weber, M. C., & Siering, M. (2014). Bitcoin-Asset or Currency? Revealing Users Hidden Intentions. Revealing Users Hidden Intentions April 15. ERIS. Gujarati, D; (1999), Basic Econometrics, Forth Edition. McGroww,Hill.

- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Gülcü, Y & Kırıkıt, M. A. (2022). Bitcoin Fiyatları ile Borsa İstanbul 100 Endeksi Nedensellik ve Eş Bütünleşme İlişkisi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32, 2(615-624).
- Güleç, F. Ö., Çevik, E. & Bahadır, N. (2018). Bitcoin ile Finansal Göstergeler Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 2146-3417.
- İçellioglu, C. Ş. & Öztürk, M. B. E. (2018). Bitcoin ile Seçili Döviz Kurları Arasındaki İlişkinin Araştırılması: 2013-2017 Dönemi için Johansen Testi ve Granger Nedensellik Testi. *Maliye ve Finans Yazıları*, 1(109), 51-70.
- Johansen, S. & Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration—With Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- Kaplanhan, F. (2018). Kripto Paranın Türk Mevzuatı Açısından Değerlendirilmesi “Bitcoin Örneği”. *Vergi Sorunları Dergisi*, 353, 105-123.
- Kara, A. & Demireli, E. (2023). Kripto Para Piyasasında Bitcoin ve Seçilmiş Altcoinler Arası. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 1, 52 – 71.
- Kılıç, Y. & Çütücü, İ. (2018). Bitcoin Fiyatları İle Borsa İstanbul Endeksi Arasındaki Eşbütünleşme ve Nedensellik İlişkisi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(3), 235-250.
- Kim, M. J., Canh, N. Phuc & Park, S. Y. (2020). Causal Relationship Among Cryptocurrencies: A Conditional Quantile Approach. *Finance Research Letters*, 1544-6123.
- Korkmazgöz, Ç., Şahin, S. & Ege, İ. (2022). Bitcoin ve Borsa İstanbul Endeksleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 24(1), 89 – 108.

- Kubar, Y. & Toprak Y. (2021). Bitcoin ve Altcoin'ler Arasındaki İlişkinin Granger Nedensellik Testi ile Analizi. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 6(1), 233-247.
- Kumah, S. P., Abbam, D. A. & Appiah-Kubi, E. (2021). African Financial Markets in A Storm: Cryptocurrency Safe Havens During The COVID-19 Pandemic. *Journal of Research in Emerging Markets*, 3(2), 60-70.
- Li, Z., Chen, L. & Dong, H. (2021). What are Bitcoin Market Reactions to Its-Related Events? *International Review of Economics & Finance*, 73, 1-10.
- Nunes, B. S. R. (2017). *Virtual Currency: A Cointegration Analysis Between Bitcoin Prices and Economic and Financial Data*. Lizbon: ISCTE-IUL.
- Özmerdivanlı, A. (2014). Petrol Fiyatları İle BIST 100 Endeksi Kapanış Fiyatları Arasındaki İlişki. *Akademik Bakış Dergisi*, 43, 1-12 , Mayıs- Haziran.
- Sifat, I. M., Mohamad, A., Shariff, M. S. (2019), "Lead-Lag Relationship Between Bitcoin And Ethereum: Evidence From Hourly And Daily Data", *Research in International Business and Finance*, vol:50, s: 306-321.
- Soyaslan, E. (2020). Bitcoin Fiyatları ile BİST 100, BİST Banka ve BİST Teknoloji Endeksi Arasındaki İlişkinin Analizi. *Fiscaoeconomia*, 4(3), 628-640.
- Takım, A. (2010). Türkiye’de GSYİH ile İhracat Arasındaki İlişki: Granger Nedensellik Testi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 14(2), 315-330.
- Ünal, B. & Sakallı, A. (2022). Bitcoin ile Ethereum Arasındaki Nedenselliğin Transfer Entropisi ile Analizi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 57(2), 803-815.
- Wang, G. J., Xie, C., Wen, D., & Zhao, L. (2019). When Bitcoin Meets Economic Policy Uncertainty (EPU): Measuring Risk Spillover Effect from EPU to Bitcoin. *Finance Research Letters*, 31.
- Yıldırım, M. (2019). Blok Zincir Teknolojisi, Kripto Paralar ve Ülkelerin Kripto Paralara Yaklaşımları. *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10 (20), 265-274.