



Gönderilme Tarihi: 17 Ekim 2022; Revize Edilmiş Hali: 27 Aralık 2022; Kabul Tarihi: 7 Ocak 2023

## KRİPTO PARA PİYASASINDA BITCOIN VE SEÇİLMİŞ ALTCOINLER ARASI EŞBÜTÜNLEŞME VE NEDENSELLİK ANALİZİ

Ayça KARA<sup>1</sup>

Erhan DEMİRELİ<sup>2</sup>

### ÖZ

Çalışmanın amacı kripto para piyasasına öncülük eden Bitcoin ile seçilmiş altcoinler arasındaki ilişkinin ve nedenselliğin varlığını tespit ederek yatırımcıların kararlarına ışık tutmaktır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada, Bitcoin (BTC) ile Ethereum(ETH), Binance Coin (BNB), Cardano (ADA), Litecoin (LTC), Tron (TRX), Stellar (XLM), IOTA altcoinlerinin arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Uzun dönemli ilişkinin var olup olmadığı Engle Granger Eşbütünleşme yöntemiyle, kısa dönemli ilişkinin var olup olmadığı Sıradan En Küçük Kareler Yöntemiyle (OLS), nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı ise Toda Yamamoto Nedensellik yöntemiyle test edilmiştir. Çalışma kapsamında veri seti olarak 14.06.2018-01.12.2021 tarihleri arasında kripto para birimlerinin günlük kapanış fiyatları kullanılmıştır. Araştırma sonucunda Engle Granger Testine göre BTC ile seçilen altcoinler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi bulunamamıştır. OLS testine göre bağımsız ve bağımlı değişkenler arasında kısa dönemli ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Toda Yamamoto Testine göre BTC'den ADA, ETH, IOTA, TRX, XLM alt coinlerine doğru granger nedensellik olduğu, BTC'den BNB ve LTC coinlerine doğru granger nedensellik olmadığı ve BTC'den etkilenmedikleri sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bitcoin, Altcoin, Engle Granger Eşbütünleşme Testi, Toda Yamamoto Nedensellik Testi

**JEL Kodları:** C32, G11, G15

## COINTEGRATION AND CAUSALITY ANALYSIS BETWEEN BITCOIN AND SELECTED ALTCOINS IN THE CRYPTOCURRENCY MARKET

### ABSTRACT

The aim of the study is to shed light on the decisions of investors by determining the existence of the relationship and causality between Bitcoin, which leads the crypto money market, and selected altcoins. For this purpose, the cointegration and causality relationship between Bitcoin (BTC) and Ethereum (ETH), Binance Coin (BNB), Cardano (ADA), Litecoin (LTC), Tron (TRX), Stellar (XLM), IOTA altcoins were investigated. The existence of a long-term relationship was tested with the Engle Granger Cointegration method, whether there was a short-term relationship with the Ordinary Least Squares Method (OLS), and whether there was a causal relationship was tested with the Toda Yamamoto Causality method. Within the scope of the study, the daily closing prices of cryptocurrencies between 14.06.2018 and 01.12.2021 were used as a data set. As a result of the research, no long-term cointegration relationship was found between BTC and selected altcoins according to the Engle Granger Test. According to the OLS test, it was concluded that there is a short-term relationship between the independent and dependent variables. According to the Toda Yamamoto Test, it was concluded that there is granger causality from BTC to ADA, ETH, IOTA, TRX, XLM altcoins, there is no granger causality from BTC to BNB and LTC coins and they are not affected by BTC.

**Keywords:** Bitcoin, Altcoin, Engle-Granger Cointegration Test, Toda-Yamamoto Causality Test

**JEL Codes:** C32, G11, G15

<sup>1</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, ayckara197@gmail.com, ORCID:0000-0001-5387-5642

<sup>2</sup> Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, demireli.erhan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3457-0699

## GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte dijital ortamda gerçekleşen işlemlere olan ilgi günden güne artmaktadır. Bu nedenle birçok kavram dijitalleşmeye başlamış ve teknoloji altyapılı dijital para birimleri, finansal sistemde önemli bir paya sahip olmayı başarmıştır. Kripto para birimleri, dijital para ekosisteminin temel yapı taşını oluşturmaktadır. Dijital ortam üzerinden gerçekleşen işlemlerin yayılmasıyla birlikte kullanıcılar için sistemde güven ortamının yaratılması önem arz etmektedir. Blok zinciri altyapısını kullanan kripto para birimlerinde bu güven kriptoloji (şifreleme) yardımıyla sağlanmaktadır. Blok zincir teknolojisinde şifreleme yönteminin olması, kişilerin kimliklerinin korunmasını ve işlemlerin güvence altına alınmasını sağlamaktadır. Ayrıca kripto para birimlerinin belli bir merkeze bağlı olmaması, işlem maliyetlerinin düşük olması, transfer işlemlerinin 7/24 yapılabiliyor olması kripto paraların günden güne kullanım alanlarının ve popülerliğinin artmasına sebep olmuştur.

Kripto para piyasası içinde en yüksek piyasa değerine sahip olan Bitcoin (BTC)'in piyasadaki başarısı, sanal paraların önünü açmış olup zamanla gerçekleştirilen bazı düzenlemeler ve değişiklikler ile Bitcoin'e alternatif birçok kripto para birimleri (altcoin) oluşturulmuştur. Kripto para birimleri, yatırımcılar için yüksek kazanç sağlayan bir yatırım aracı olmanın yanı sıra fiyatlarındaki oynaklığının fazla olması sebebiyle risk düzeyi de yüksektir. Bu piyasaya yatırım yapmak isteyenlerin, Bitcoin ile birlikte Altcoinlerin fiyat hareketlerini yakından takip etmeleri çok önemlidir. Kripto para birimlerini portföyüne eklemek isteyen yatırımcının, daha bilgili ve bilinçli bir biçimde portföy oluşturması yatırımın verimliliğini olumlu yönde etkileyecektir. Çalışmanın amacı kripto para piyasasına öncülük eden Bitcoin ile seçilmiş altcoinler arasındaki ilişkinin ve nedenselliğin varlığını tespit ederek yatırımcıların kararlarına ışık tutmaktır. Bu amaç doğrultusunda Bitcoin ile Ethereum(ETH), Binance Coin (BNB), Cardano (ADA) , Litecoin (LTC), Tron (TRX), Stellar (XLM), IOTA altcoinlerinin arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkileri araştırılmıştır. Uzun dönemli ilişkinin var olup olmadığı Engle Granger Eşbütünleşme yöntemiyle, kısa dönemli ilişkinin var olup olmadığı Sıradan En Küçük Kareler Yöntemiyle, nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı ise Toda Yamamoto Nedensellik yöntemiyle test edilmiştir.

Bu çerçevede çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalara yer verilmiş olup ikinci bölümde çalışmanın amacı, kapsamı ve veri setine değinilmiştir. Üçüncü bölüm çalışmada kullanılan yöntemlere ayrılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde bulgular sunulmuş, son olarak beşinci bölümde sonuçlar değerlendirilerek öneriler ile çalışma tamamlanmıştır.

### 1.LİTERATÜR TARAMASI

Gün geçtikçe bilinirliği artan kripto para birimleri, yatırımcıların dikkatini çekerek kısa bir sürede geleneksel yatırım araçlarına alternatif yatırım aracı olmayı ve birçok yatırımcının portföyünde yer almayı başarmıştır. Bu sebeple kripto paralar birçok araştırmaya konu olmuştur. Çalışmanın bu bölümünde kripto para piyasası ile ilgili yapılan yerli ve yabancı çalışmalara yer verilmiştir.

Elbeck ve Baek (2015), çalışmasında S&P 500 endeksi ile Bitcoin fiyatları arasındaki ilişkiyi ölçmeyi amaçlamıştır. 19.07.2010-19.02.2014 döneminin incelendiği çalışmada değişkenlere ait günlük

veriler kullanılmıştır. En küçük kareler yönteminin kullanıldığı çalışma sonucunda, S&P 500 endeksi ile Bitcoin fiyatları arasında bir ilişki olmadığı ve S&P 500 endeksinin Bitcoin'in fiyatındaki değişimden etkilenmediği tespit edilmiştir.

Pournarakis v.d (2015), çalışmasında S&P 500 endeksi ile Bitcoin kripto para birimi arasındaki ilişkiyi ölçmeyi amaçlamıştır. Veri seti olarak 27.10.2014 ve 12.01.2015 dönemini kapsayan ilgili değişkenlerin günlük kapanış fiyatlarını kullanmıştır. Verilerin Logaritmik getiri serileri olarak analize dâhil etmiştir. Araştırmasının yöntem olarak Vektör Hata Düzeltme modelini tercih etmiştir. Çalışmasının sonucuna S&P 500 endeksinin uzun vadede Bitcoin fiyatları üzerinde olumsuz yönde bir etkisi olduğunu tespit etmiştir.

Nunes (2017), çalışmasında Bitcoin ile S&P 500 endeksi, altın, petrol, 6 aylık Amerikan tahvil getirileri, 1 yıllık Amerikan tahvil getirileri arasındaki ilişkiyi ölçmeyi amaçlamıştır. Araştırmanın yöntemi olarak Johansen Eşbütünleşme testi ile Vektör Hata Düzeltme Modelini tercih etmiştir. Veri seti olarak 01.01.2013 ve 28.08.2017 dönemini kapsayacak şekilde ilgili değişkenlerin günlük kapanış fiyatlarını kullanmıştır. Johansen Eşbütünleşme testinin sonucuna göre, Bitcoin ile seçilen diğer değişkenlerin arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını tespit etmiştir. Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisini tespit ettikten sonra VECM testini uygulamıştır. VECM testinin sonuna göre Bitcoin ile altın ve 6 aylık Amerikan tahvil getirileri arasındaki uzun vadeli ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı çıktığını tespit etmiştir.

Güleç vd. (2018), çalışmalarında Bitcoin ile döviz, hisse senedi emtia piyasaları ve faiz arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 2012-2018 dönemlerini kapsayan aylık verilerin kullanıldığı çalışmada Granger Nedensellik ve Johansen Eşbütünleşme yöntemleri ile Bitcoin kripto para biriminin faizin nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Göttfert (2019), çalışmasında Ethereum, EOS, Litecoin, Bitcoin Cash ve Ripple ile Bitcoin arasındaki ilişkiyi ölçmeyi amaçlamıştır. Yöntem olarak Engle-Granger Eşbütünleşme testi, Vektör Hata Düzeltme Modelini ve Johansen Eş bütünleşme testini tercih etmiştir. Çalışmasının sonucunda her iki eş bütünleşme testine göre Bitcoin ile EOS kripto para birimi hariç seçilen bütün kripto para birimleri ile arasında uzun dönemli ilişkinin olduğunu tespit etmiştir. Vektör Hata Düzeltme modelinin sonuçlarına göre, Bitcoin kripto para biriminin fiyatının Litecoin, Ripple, Ethereum ve Bitcoin Cash kripto para birimlerinin fiyatlarına uzun vadede istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sebep olduğu sonucuna varmıştır.

Laçın (2019), çalışmasında Euro, Japon Yeni, Çin Yuanı, Sterlin, Rupee para birimleri ile Bitcoin kripto para birimi arasındaki ilişkiyi tespit etmeyi amaçlamıştır. Çalışmada 01.01.2014-01.01.2018 dönemi günlük verilerle incelenmiştir. Araştırma yöntemi olarak Gregory&Hansen testi ile Granger Nedensellik testlerinin kullanıldığı çalışma sonucunda Euro, Japon Yeni, Çin Yuanı, Sterlin, Rupee para birimlerinin Bitcoin para birimini etkilemediği tespit edilmiştir. Nedensellik açısından baktığında Çin Yuanı para biriminden Bitcoin'e doğru pozitif bir nedensellik olduğu sonucuna da ulaşılmıştır.

Demiroğlu (2020), çalışmasında Bitcoin ve Ethereum arasındaki ilişkiyi tespit etmeyi amaçlamıştır. Çalışmada veri seti olarak 20.03.2016-23.02.2020 dönemi içerisinde haftalık veriler kullanılmıştır. Yöntem olarak Engle Granger ve Toda Yamamoto Nedensellik testinin kullanıldığı çalışma sonucunda Bitcoin ile Ethereum arasında eşbütünleşme olmadığı ve nedensellik ilişkisinin bulunmadığını tespit edilmiştir.

Kim, Canh ve Park (2020), çalışmasında Bitcoin, Stellar, Litecoin, BCH, Ripple, Ethereum, EOS ve BNC kripto para birimlerinin birbirleri arasındaki nedensellik ilişkisini ölçmeyi amaçlamıştır. Veri seti olarak 23.07.2017 – 28.11.2019 tarihleri arasındaki kripto para birimlerinin günlük kapanış fiyatlarını kullanmıştır. Yöntem olarak Granger Nedensellik testini tercih etmiştir. Çalışmasının sonucunda kripto para birimlerinin arasında nedensellik ilişkisinin güçlü olduğunu tespit etmiştir. Kripto paralar arasındaki nedensellik ilişkisinin gücü karşılaştırıldığında Bitcoin ile Ethereum, Ripple ile seçilen bütün kripto para birimleri arasında daha güçlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu tespit etmiştir.

Kurt (2021), çalışmasında Brent Petrol ile Bitcoin ve Ethereum kripto para birimleri arasındaki ilişkiyi ölçmeyi hedeflemiştir. 10.12.2019- 01.10.2020 döneminin incelendiği çalışmada araştırma yöntemi olarak Granger nedensellik testi tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda Bitcoin ile Brent Petrol arasında tek yönlü bir ilişki olduğu, Ethereum ile Brent Petrol arasında çift yönlü ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kripto para birimleri arasındaki ilişki test edildiğinde ise kripto para birimleri arasında nedensellik ilişkisi olmadığı gözlemlenmiştir.

Korkmazgöz vd. (2022), çalışmalarında Bitcoin kripto para birimi ile BİST 100, BİST Mali, BİST Teknoloji endeksleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma yöntemi olarak ARDL sınır testinin tercih edildiği çalışmada 01.01.2012-28.02.2021 dönemi aylık verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Bitcoin kripto para birimi ile BİST Mali endeksi arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı tespit edilirken, BİST 100 ve BİST Teknoloji endeksleri ile herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Bitcoin kripto para birimi ile seçilen endeksler arasında kısa dönemli ilişkinin olmadığı sonucuna da ulaşılmıştır.

## 2. VERİ SETİ

Çalışmanın amacı kripto para piyasasına öncülük eden Bitcoin ile seçilmiş altcoinler arasındaki ilişkinin ve nedenselliğin varlığının tespit edilerek yatırımcıların kararlarına ışık tutmaktır. Bu amaç doğrultusunda Bitcoin ile Ethereum(ETH), Binance Coin (BNB), Cardano (ADA) , Litecoin (LTC), Tron (TRX), Stellar (XLM), IOTA altcoinlerinin arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Veri seti olarak, piyasa büyüklükleri ilk 50 içerisinde yer alan ve veri dönemine ulaşılabilen coinlere yer verilmiştir. Çalışma kapsamında, kripto para birimlerinin zaman serilerinin başlangıç tarihleri tüm değişkenlerde farklılık gösterdiği için ortak bir tarih aralığı belirlenmiş ve 14.06.2018-01.12.2021 tarihleri arasındaki kripto para birimlerinin dolar cinsinden günlük kapanış fiyatları analize dahil edilmiştir. Günlük kapanış fiyatları [www.investing.com](http://www.investing.com) sitesinden temin edilmiştir. Verilerin analizinde E-Views 9.00 paket programı kullanılmıştır. Çalışmada BTC bağımsız değişken olup, diğer bütün altcoinler bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Analizde kullanılan coinlerin piyasa değeri, işlem hacmi Tablo 1’de yer almaktadır.

**Tablo 1:** Kripto Para Birimlerinin Piyasa Değerleri ve İşlem Hacimleri

Kısaltması	Kripto Para Birimi	Piyasa Değeri	İşlem Hacmi
BTC	Bitcoin	813.348.917.021	36.434.213.108
ETH	Ethereum	360.818.297.458	19.392.644.068
BNB	Binance Coin	67.093.204.430	1.958.850.219
ADA	Cardano	32.674.645.219	1.651.640.449
LTC	Litecoin	8.518.478.493	1.142.306.564
TRX	Tron	6.427.940.021	1.079.126.897
XLM	Stellar	5.088.270.272	357.573.212
IOTA	IOTA	2.960.966.390	127.403.747

**Kaynak:** <https://coinmarketcap.com/> Erişim Tarihi (12.01.2022)

Gözlem sayısı her bir coin için 1267 adet alınmıştır. Veriler, logaritmik getiri serileri alınarak analize dâhil edilmiştir.

### 3.YÖNTEM

Çalışmada kullanılacak olan analiz modellerini belirlemek için seçilen bütün değişkenlere ilk aşamada birim kök testleri uygulanarak (ADF, PP) durağanlık sınaması yapılmıştır. Birim kök testleri sonucunda durağanlık koşulunu sağlamayan değişkenlerin farkları alınarak durağan hale getirilmiştir. Bütün değişkenler birinci mertebeden  $I(1)$  durağan çıktığı ve bir bağımlı bir bağımsız olarak 7 model kurulacağı için aralarındaki uzun dönemli ilişkinin varlığını tespit etmek amacıyla Engle-Granger Eşbütünleşme Testi tercih edilmiştir. Engle Granger Eşbütünleşme Testinin sonucuna göre değişkenler arasında uzun dönemli ilişki çıkmadığı için kısa dönemli ilişkinin var olup olmadığı Sıradan En Küçük Kareler Yöntemiyle (OLS) test edilmiştir. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespiti için de Toda Yamamoto Nedensellik Testi uygulanmıştır. Bu testin seçilmesinin nedeni ise değişkenler arasında ilişki bulunsa da bulunmasa da analizin yapılabilmesini mümkün kılmasıdır.

#### 3.1. Durağanlık Testi

Bir serinin analizinin yapılmadan önce, seriyi yaratan sürecin zamana göre sabit kalıp kalmadığının incelenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla analizde ilk aşamada değişkenlerin durağan olup olmadıklarını test etmek amacıyla birim kök testleri uygulanmaktadır. Değişkenlerin birbirleri arasında anlamlı ilişkiler içinde olabilmesi için zaman serilerinin durağan olması önemlidir. Bu serilerde gecikmeli değerlerin, sabit bir ortalama, otokovaryans ve varyansa sahip olması gerekmektedir. Zaman serilerinin birim köke sahip olup (durağan değil) olmadığını (durağan) test etmek için yapılan çalışmada ADF ve PP birim kök testleri uygulanmıştır (Sarıkovanlık vd., 2020:17).

##### 3.1.1 Genişletilmiş Dickey- Fuller Testi (ADF)

Bu test Dickey-Fuller tarafından 1979 yılında geliştirilmiştir. ADF testindeki amaç gecikme değerlerini doğru tespit ederek modele ekleyip otokorelasyon problemini ortadan kaldırmaktır. Gecikme

değerleri bilgi kriterine göre belirlenmektedir. Literatürde gecikme uzunluklarını hesaplamak için genellikle Schwarz ve Akaike Bilgi Kriterleri kullanılmaktadır (Çiğdem, 2016:217).

ADF testi uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlara göre hesaplanan test istatistiği değeri kritik değerden küçük ise serilerin durağan olduğu yani birim kök içermediği sonucuna ulaşılmaktadır. Ters durumda ise zaman serileri durağan olmayıp birim kök içermektedir.

ADF testi için  $p$  gecikme sayısını,  $\varepsilon_t$  hata terimini göstermek üzere denklemler (1,2,3) aşağıdaki gibidir (Aygün, 2022:48)

Sabitli ADF denklemi:

$$\Delta y_t = \mu + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Sabitli ve Trendli ADF denklemi:

$$\Delta y_t = \mu + \gamma t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Sabitsiz ve Trendsiz ADF denklemi:

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Yukarıda yer verilen denklemlerin hipotez kurulumu değişmemektedir. ADF birim kök testi için hipotezler aşağıdaki gibi kurulur (Sarıkovanlık vd., 2020:18).

$H_0$ :  $\delta = 1$  ise seri birim kök içermektedir. Durağan değildir.  $Y_T$  değeri bir önceki değerinden etkilenmemektedir.

$H_1$ :  $\delta < 1$  ise seri birim içermez. Durağandır. Geçmiş dönemdeki şoklar belli bir döneme kadar etkisini devam ettirse de, etkiler zamanla azalacak ve kısa sürede yok olacaktır.

### 3.1.2 Phillips-Perron Testi (PP)

ADF birim kök testinde gecikmeli değerler modele eklenerek otokorelasyon problemi ortadan kaldırılmaktadır. PP testi ise hata teriminin modele bağımlılığını azaltarak heterojen bir şekilde dağılmasına olanak tanıyıp otokorelasyon sorununun ortaya çıkmasını engellemektedir (Torun, 2015:61).

PP testi için  $T$  gözlem sayısını,  $\varepsilon_t$  hata terimini  $\hat{\mu}$  ve  $\hat{\alpha}$  katsayıları göstermek üzere denklemler (z) aşağıdaki gibidir (Özgür, 2020:19)

$$y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$y_t = \mu + \beta \left( t - \frac{1}{2} T \right) + \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

PP testinde elde edilen sonuçlara göre hesaplanan test istatistiği değeri kritik değerden küçük ise serilerin durağan olduğu yani birim kök içermediği sonucuna ulaşılmaktadır. Ters durumda ise zaman serileri durağan olmayıp birim kök içermektedir. ADF testinde olduğu gibi PP testinde de hipotezler aynı şekilde kurulmaktadır.

### 3.2 Engle-Granger Eşbütünleşme Testi

Eşbütünleşme testi 1986 yılında Granger, 1987 yılında Engle ve Granger tarafından ele alınmış ve geliştirilmiştir. Bu testin amacı değişkenlerin arasında uzun dönemli ilişkinin var olup olmadığını test etmektir. Engle Granger Eş Bütünleşme testini uygulayabilmek için ilk koşul değişkenlerin birinci mertebeden I(1) durağan çıkmasıdır (Yıldırım, 2014:96).

Engle Granger Testi ile yalnızca bir eşbütünleşme ilişkisi irdelenir. Bu noktada bağımlı ve bağımsız değişkenlerin iyi ayırt edilmesi gerekmektedir.

Engle Granger Testi iki aşamalı bir yöntemdir. Bu teste başlanmadan önce değişkenlerin birinci mertebede I(1) durağan çıktığından emin olunmalıdır. Değişkenler durağan ise ilk aşamaya geçilerek serilerin düzey değerleri ile En Küçük Kareler (OLS) Yöntemiyle regresyon modeli tahmin edilir. Regresyon modeli tahmini ile hata terimlerine ait kalıntılar ortaya çıkmaktadır. İkinci aşamada regresyon denkleminde elde edilen kalıntıların durağanlığı test edilmektedir. Birim kök testleri yardımıyla durağanlık testi gerçekleştirilir. Yapılan testin sonucunda kalıntılar düzey değerlerinde I(0) durağan ise değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna varılmaktadır. Eğer değişkenler düzeyde durağan çıkmıyorsa eş bütünleşme ilişkisinin varlığından söz etmek mümkün değildir.

Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı söz konusu ise vektör hata düzeltme modeli (VECM) uygulanmalıdır. Değişkenler arasında uzun dönemde denge sağlansa bile kısa dönemde bakıldığında birtakım dengesizlikler olabilmektedir. Bu sebeple kısa dönemde değişkenler arasındaki dengeyi sağlamak için VECM kullanılmaktadır (Aygün, 2022:65).

İki değişkenli regresyon denklemi aşağıdaki gibi kurulmaktadır (Baki,2018:74)

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_t + k_t \quad (6)$$

Model 6'da  $X_t$  bağımlı değişkeni,  $Y_t$  bağımsız değişkeni,  $k_t$  ise OLS sonucunda elde edilen hata terimlerinin kalıntılarını göstermektedir. Hata terimlerinin kalıntıları ( $k_t$ ) birim kök testi ile sınılanmaktadır.

Engle Granger Yönteminin hipotezleri aşağıdaki gibidir (Sarıkovanlık vd., 2020:129) ;

$H_0$  =Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur. (Hata terimlerinin kalıntıları durağan değildir)

$H_1$  = Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır. (Hata terimlerinin kalıntıları durağandır)

### 3.3 Toda Yamamoto Nedensellik Testi

Toda Yamamoto Nedensellik (1995) testi, Granger (1969) aracılığı ile geliştirilen nedensellik testine dayanmaktadır. Fakat ne kadar Granger Nedensellik testinin temeline dayalı olsa da aralarında birtakım farklılıklar bulunmaktadır.

Nedensellik testlerinden Granger'ın uygulanabilmesi için bütün serilerin aynı dereceden durağan olması şartı aranmaktadır. Toda Yamamoto Nedensellik testinde ise zaman serilerinin aynı dereceden durağan olmasına gerek yoktur. Bu test, farklı dereceden bütünleşik seriler için nedenselliğin test edilmesine imkân tanımaktadır. Ayrıca Toda Yamamoto testinde değişkenler arasında uzun dönemli





<b>LNBTC</b>	Düzye	-0.058403	-2.863622	0.9519	-0.027721	-2.863615	0.9549
<b>ΔLNBTC</b>	Birinci Fark	-16.61465	-2.863622	0.0000	-38.85455	-2.863617	0.0000
<b>LNETH</b>	Düzye	0.351676	-2.863633	0.9808	0.520867	-2.863615	0.9874
<b>ΔLNETH</b>	Birinci Fark	-10.19723	-2.863633	0.0000	-39.69993	-2.863617	0.0000
<b>LNTRX</b>	Düzye	-1.054796	-2.863619	0.7352	-1.028790	-2.863615	0.7448
<b>ΔLNTRX</b>	Birinci Fark	-24.87710	-2.863619	0.0000	-38.65752	-2.863617	0.0000
<b>LNADA</b>	Düzye	0.115098	-2.863622	0.9668	0.165209	-2.863615	0.9703
<b>ΔLNADA</b>	Birinci Fark	-16.55744	-2.863622	0.0000	-38.42303	-2.863617	0.0000
<b>LNiota</b>	Düzye	-1.437081	-2.863619	0.5653	-1.435316	-2.863615	0.5661
<b>ΔLNiota</b>	Birinci Fark	-23.84159	-2.863619	0.0000	-38.90880	-2.863617	0.0000
<b>LNLTTC</b>	Düzye	-1.268372	-2.863622	0.6461	-1.176383	-2.863615	0.6856
<b>ΔLNLTTC</b>	Birinci Fark	-16.66702	-2.863622	0.0000	-38.62300	-2.863617	0.0000
<b>LNBNB</b>	Düzye	0.170307	-2.863633	0.9707	0.512374	-2.863615	0.9871
<b>ΔLNBNB</b>	Birinci Fark	-9.482119	-2.863633	0.0000	-38.41757	-2.863617	0.0000
<b>LNxLM</b>	Düzye	-1.193742	-2.863617	0.6792	-1.295087	-2.863615	0.6338
<b>ΔLNxLM</b>	Birinci Fark	-37.63402	-2.863617	0.0000	-37.57774	-2.863617	0.0000

**Tablo 3:** Sabitli ve Trendli için ADF-PP Birim Kök Testi Sonuçları

<b>Ho: Seriler durağan değildir.</b>							
<b>H1: Seriler durağandır.</b>							
<b>SABİTLİ VE TRENDLİ</b>							
Değişken	Seviye	ADF Hesaplanan İstatistik	ADF Kritik Değer	ADF Prob.	PP Hesaplanan İstatistik	PP Kritik Değer	PP Prob.
<b>LNBTC</b>	Düzye	-2.115563	-3.413376	0.5361	-2.079170	-3.413365	0.5564
<b>ΔLNBTC</b>	Birinci Fark	-16.65046	-3.413376	0.0000	-38.87628	-3.413368	0.0000
<b>LNETH</b>	Düzye	-2.298988	-3.413370	0.4337	-2.453694	-3.413365	0.3514
<b>ΔLNETH</b>	Birinci Fark	-10.47320	-3.413393	0.0000	-39.90573	-3.413368	0.0000
<b>LNTRX</b>	Düzye	-2.405054	-3.413370	0.3767	-2.414318	-3.413365	0.3718
<b>ΔLNTRX</b>	Birinci Fark	-24.92220	-3.413370	0.0000	-38.72434	-3.413368	0.0000
<b>LNADA</b>	Düzye	-2.833000	-3.413376	0.5543	-2.094501	-3.413365	0.5478

$\Delta$ LNADA	Birinci Fark	-24.13724	-3.413370	0.0000	-38.53169	-3.413368	0.0000
LNiota	Düzye	-2.315116	-3.413370	0.4248	-2.326949	-3.413365	0.4184
$\Delta$ LNiota	Birinci Fark	-23.92101	-3.413370	0.0000	-39.11415	-3.413368	0.0000
LNLTc	Düzye	-2.488372	-3.413376	0.3339	-2.416896	-3.413365	0.3705
$\Delta$ LNLTc	Birinci Fark	-16.70062	-3.413376	0.0000	-38.68051	-3.413368	0.0000
LNBNB	Düzye	-1.747290	-3.413393	0.7296	-1.554952	-3.413365	0.8100
$\Delta$ LNBNB	Birinci Fark	-9.581911	-3.413393	0.0000	-38.45568	-3.413368	0.0000
LNxLM	Düzye	-1.764340	-3.413368	0.7216	-1.857792	-3.413365	0.6757
$\Delta$ LNxLM	Birinci Fark	-37.65951	-3.413368	0.0000	-37.60321	-3.413368	0.0000

**Tablo 4:** Sabitsiz ve Trendsiz için ADF-PP Birim Kök Testi Sonuçları

<b>Ho: Seriler durağan değildir.</b>							
<b>H1: Serilen durağandır.</b>							
<b>SABİTSİZ VE TRENDSİZ</b>							
Değişken	Seviye	ADF Hesaplanan İstatistik	ADF Kritik Değer	ADF Prob.	PP Hesaplanan İstatistik	PP Kritik Değer	PP Prob.
LNBTc	Düzye	1.475055	-1.941074	0.9657	1.524849	-1.941074	0.9691
$\Delta$ LNBTc	Birinci Fark	-16.54006	-1.941074	0.0000	-38.79191	-1.941074	0.0000
LNETH	Düzye	1.103223	-1.941076	0.9393	1.180898	-1.941074	0.9394
$\Delta$ LNETH	Birinci Fark	-10.14192	-1.941076	0.0000	-39.66942	-1.941074	0.0000
LNTRX	Düzye	-0.592416	-1.941074	0.4608	-0.571638	-1.941074	0.4697
$\Delta$ LNTRX	Birinci Fark	-24.88196	-1.941074	0.0000	-38.66645	-1.941074	0.0000
LNADA	Düzye	-0.755133	-1.941074	0.3893	-0.737337	-1.941074	0.3972
$\Delta$ LNADA	Birinci Fark	-16.52563	-1.941074	0.0000	-38.41091	-1.941074	0.0000
LNiota	Düzye	-0.987041	-1.941074	0.2903	-0.991527	-1.941074	0.2885
$\Delta$ LNiota	Birinci Fark	-23.85088	-1.941074	0.0000	-38.92330	-1.941074	0.0000
LNLTc	Düzye	0.198350	-1.941074	0.7338	0.188052	-1.941074	0.7408
$\Delta$ LNLTc	Birinci Fark	-16.66848	-1.941074	0.0000	-38.63265	-1.941074	0.0000
LNBNB	Düzye	1.460680	-1.941076	0.9642	1.841258	-1.941074	0.9842
$\Delta$ LNBNB	Birinci Fark	-9.357749	-1.941076	0.0000	-38.35871	-1.941074	0.0000

<b>LNXML</b>	Düzyey	-0.580667	-1.941074	0.4659	-0.584508	-1.941074	0.4642
<b>Δ LNXML</b>	Birinci Fark	-37.64801	-1.941074	0.0000	-37.50114	-1.941074	0.0000

#### 4.2 Engle-Granger EşBütünleşme Testi

Değişkenlerin durağan hale gelmesiyle ilk aşama tamamlanmıştır. İkinci aşamada değişkenlerin arasındaki uzun dönemli ilişkiyi ölçmek için Engle Granger Eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Engle-Granger Eşbütünleşme testinin uygulanmasının sebebi tüm değişkenlerin aynı mertebeden ve birinci farkı alındığında durağan çıkmasıdır. Bu yöntem yalnızca iki değişken arasında eşbütünleşme ilişkisi ölçüldüğünde sağlıklı sonuçlar vermektedir. Bu sebeple çalışmada Bitcoin ile alt coinlerin arasındaki ilişki tek tek incelenmiştir. Engle Granger yöntemi iki aşamalı bir yöntem olup, ilk aşamada değişkenler için regresyon modeli tahmin edilmiş ve hata teriminin kalıntıları elde edilmiştir. İkinci aşamada ise elde edilen kalıntıların durağanlığı ADF birim kök testi yardımıyla sınınanmıştır. Birim kök testi sonucunda test değeri, kritik değerden büyük çıkarsa kalıntıların durağan olmadığı yani iki değişken arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı sonucuna varılmaktadır. Bu sonuca göre iki değişken arasında uzun dönemli ilişki varlığından söz edilememektedir. Test uygulanırken Akaike bilgi kriterinden yararlanılmıştır.

**Tablo 5:** Engle-Granger Eşbütünleşme Testi Sonuçları

<b>SABİTLİ</b>			
<b>Ho: Değişkenler arasında eşbütünleşme yoktur.</b>	<b>T- İstatistiği Değeri</b>		<b>Olasılık Değerleri</b>
<b>H1: Değişkenler arasında eşbütünleşme vardır.</b>			
ADA ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.055570	0.2375
	Kritik Değer (%5)	-2.863515	
LTC ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.791030	0.0657
	Kritik Değer (%5)	-2.863624	
BNB ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.827525	0.3673
	Kritik Değer (%5)	-2.863626	
ETH ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.791030	0.0966
	Kritik Değer (%5)	-2.863624	
XLM ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.078802	0.2535
	Kritik Değer (%5)	-2.863615	
TRX ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.078802	0.1101
	Kritik Değer (%5)	-2.863615	
IOTA ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.855037	0.0859
	Kritik Değer (%5)	-2.863619	
<b>SABİTLİ ve TRENDLİ</b>			
<b>Ho: Değişkenler arasında eşbütünleşme yoktur.</b>	<b>T- İstatistiği Değeri</b>		<b>Olasılık Değerleri</b>
<b>H1: Değişkenler arasında eşbütünleşme vardır.</b>			
ADA ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.916923	0.6450
	Kritik Değer (%5)	-3.413365	

LTC ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.642890	0.2612
	Kritik Değer (%5)	-3.413379	
BNB ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.837751	0.6858
	Kritik Değer (%5)	-3.413382	
ETH ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.648608	0.0801
	Kritik Değer (%5)	-2.863665	
XLM ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.876880	0.6659
	Kritik Değer (%5)	-3.413365	
TRX ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.348703	0.4066
	Kritik Değer (%5)	-3.413368	
IOTA ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.486004	0.3351
	Kritik Değer (%5)	-3.413370	
<b>SABİTSİZ VE TRENDSİZ</b>			
<b>Ho: Değişkenler arasında eşbütünlük yoktur.</b>			<b>Olasılık Değerleri</b>
<b>H1: Değişkenler arasında eşbütünlük vardır.</b>	<b>T- İstatistiği Değeri</b>		
ADA ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.941074	0.0657
	Kritik Değer (%5)	-2.056999	
LTC ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.913478	0.05982
	Kritik Değer (%5)	-2.789460	
BNB ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.829311	0.0698
	Kritik Değer (%5)	-1.941075	
ETH ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-2.477456	0.3394
	Kritik Değer (%5)	-3.413437	
XLM ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.941074	0.8056
	Kritik Değer (%5)	-2.079385	
TRX ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.941074	0.1065
	Kritik Değer (%5)	-2.533669	
IOTA ve BTC için Kurulan Model Sonucunda Elde Edilen Hata Terimlerinin Durağanlığının Sınaması	ADF Testi İstatistiği	-1.941074	0.06570
	Kritik Değer (%5)	-2.872937	

BTC ile seçilen altcoinler için kurulan regresyon modellerinden elde edilen hata terimlerinin kalıntılarına ADF birim kök testi ile durağanlık sınaması gerçekleştirilmiştir. Tablo 5'te yer alan sonuçlara göre hesaplanan test istatistiği değeri, %5 önem düzeyinde test edilen kritik değerden büyük çıktığı için kalıntıların durağan olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Olasılık değerlerinin 0.05 önem düzeyinin üstünde çıkması kalıntıların durağan olmadığını kanıtlar niteliktedir. Bitcoin (BTC) ile seçilen kripto para birimlerinin arasında eşbütünlük ilişkisi olmadığı tespit edilmiştir. Bir başka deyişle bağımsız değişken (BTC) ile bağımlı değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olmadığını sonucuna varılmıştır.

#### 4.3 Sıradan En küçük Kareler Yöntemi (OLS)

Değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin bulunmadığı tespit edildikten sonra kısa dönemli ilişkinin varlığının tespitinde ve açıklanmasında sıradan en küçük kareler yönteminden (OLS)

yararlanılmıştır. Sıradan en küçük kareler yöntemini uygulamadan önce bazı varsayımların sınama testleri yardımı ile kontrol edilmesi gerekmektedir. Kurulan regresyon modelinin varsayımlara uygun olması istenir. Sıradan en küçük kareler yönteminde zaman serilerinin, normal dağılım göstermesi, otokorelasyon probleminin olmaması gibi varsayımların sağlanması gerekmektedir. Aksi takdirde kurulan regresyon modelinin sonuçları gerçekten uzaklaşmaktadır. Yapılan çalışmada bütün sıradan en küçük kareler yöntemi varsayımları sağlanmıştır. Kısa dönemli ilişkilerin varlığını sınamada kullanılan OLS yönteminin temel koşulu ise modele dahil edilecek olan değişkenlere ait zaman serilerinin düzeyde durağan çıkmasıdır. Bu bağlamda uygulama gerçekleştirilirken tüm değişkenlere ait zaman serilerinin logaritmik farkları alınarak seviyede I(0) durağan hale gelmeleri sağlanmıştır. Tahmin edilmek istenen regresyon modelleri Tablo 6’da gösterilmiştir. Kurulan modelde  $\alpha_0$  sabit sayıyı,  $\alpha_1$  bağımsız değişkenin katsayısını, ifade etmektedir. Bitcoin (BTC) değişkeni bağımsız, diğer bütün değişkenler bağımlı değişken olarak seçilmiştir.

**Tablo 6:** Tahmin Edilmek İstenen Regresyon Modelleri

ADA= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$
ETH= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$
BNB= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$
XLM= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$
IOTA= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$
TRX= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$
LTC= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$

**Tablo 7:** Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi(OLS) Sonuçları

ADA= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$						
Değişken	Katsayı	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri	R <sup>2</sup> Değeri	F-Statistic Değeri
LNBTC	1.039934	0.018548	80.34096	0.0000	0.486010	0.000000
C	-4.07E-06	0.175732	-90.90120	0.0000		
ETH= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$						
LNBTC	1.248339	0.012174	102.5445	0.0000	0.892618	0.000000
C	-5.734051	0.115338	-49.71500	0.0000		
BNB= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$						
LNBTC	0.975732	0.015224	99.62616	0.0000	0.525732	0.000000
C	0.001271	0.144239	-74.45905	0.0000		
XLM= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$						
LNBTC	0.984068	0.017085	34.09056	0.0000	0.429381	0.000000
C	-0.001390	0.161873	-46.18060	0.0000		
IOTA= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$						
LNBTC	1.023221	0.012107	50.53727	0.0000	0.480192	0.000000
C	-0.001091	0.114705	-81.05078	0.0000		
TRX= $\alpha_0 + \alpha_1 BTC$						

LNBTC	1.083600	0.016134	36.50001	0.0000	0.476097	0.000000
C	-0.001466	0.152861	-41.78632	0.0000		
<b>LTC= <math>\alpha_0 + \alpha_1 BTC</math></b>						
LNBTC	1.123367	0.009213	66.75217	0.0000	0.646551	0.000000
C	-0.001326	0.087286	-16.50096	0.0000		

OLS sonuçları Tablo 7’de gösterilmiştir. Regresyon denkleminin olasılık değerleri bütün kurulan modellerde 0.05’ten küçük çıktığı için bağımsız değişkenin anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani Bitcoin ile seçilen bütün kripto para birimleri arasında kısa dönemli ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Kurulan basit regresyon modelleri için F-Statistic değeri 0.05 güven düzeyinden küçük olduğu için modelin anlamlı çıktığı tespit edilmiştir.

En küçük kareler yöntemi (OLS) yöntemine göre;

- BTC’de ki 1 birimlik artış ADA’da 1.039934 birimlik artışa neden olduğu ve BTC’nin ADA’yı %48 oranında açıkladığı,
- BTC’de ki 1 birimlik artış ETH’de 1.248339 birimlik artışa neden olduğu ve BTC’nin ETH’yi %89 oranında açıkladığı,
- BTC’de ki 1 birimlik artış BNB’de 0.975732 birimlik artışa neden olduğu ve BTC’nin BNB’yi %52 oranında açıkladığı,
- BTC’de ki 1 birimlik artış XLM’de 0.984068 birimlik artışa neden olduğu ve BTC’nin XLM’i %42 oranında açıkladığı,
- BTC’de ki 1 birimlik artış IOTA’da 1.023221 birimlik artışa neden olduğu ve BTC’nin IOTA’yı %48 oranında açıkladığı sonucuna ulaşılmıştır.
- BTC’de ki 1 birimlik artış TRX’de 1.023221 birimlik artışa neden olduğu ve BTC’nin TRX’i %47 oranında açıkladığı,
- BTC’de ki 1 birimlik artış LTC’de 1.123367 birimlik artışa neden olduğu ve BTC’nin LTC’yi %64 oranında açıkladığı,

#### 4.4 Toda Yamamoto Nedensellik Testi

Toda Yamamoto testinde değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olup olmaması önemli değildir. Bu test ile değişkenler arasında ilişki bulunsa da bulunmasa da analizin yapılabilmesini mümkündür. Yapılan çalışmada değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi çıkmamıştır. Bu sebeple Nedensellik testi olarak Toda-Yamamoto seçilmiştir. Bu test, eşbütünleşme ilişkisi çıkmasa da değişkenler arasında nedensellik testi yapılmasını mümkün kılmaktadır. Toda-Yamamoto nedensellik testini yapmadan önce VAR modeli yardımıyla her bir değişken için gecikme uzunluğu belirlenirken birim kök testleri ile maksimum bütünleşme sayısı belirlenmelidir. Yanlış gecikme uzunluğu testin sonucunu etkileyecektir. Bu sebeple nedensellik testlerinden önceki en kritik nokta doğru gecikme uzunluğu ve maksimum bütünleşme sayısı ile bir sonraki aşamaya geçmektir.  $k+d_{max}$  denkleminin her bir değişken için bulunması gerekir.  $D_{max}$  sayısının  $k$  sayısını geçmemesi gerekmektedir. Aksi takdirde

bu test uygulanamaz. K uygun gecikme uzunluğunu ifade ederken, dmax maksimum bütünleşme sayısını ifade eder. Çalışmada yapılan ADF ve PP birim kök testi sonuçlarına göre her bir değişken için maksimum bütünleşme derecesi (dmax) 1 olarak bulunmuştur. En uygun gecikme uzunluğunun (k) belirlenmesini göstermek için örnek teşkil etmesi amacıyla değişkenler arasından XLM(Stellar) alt coini seçilmiş ve Tablo 8’de gösterilmiştir. XLM değişkeni için gecikme uzunluğunu belirlerken günlük verilerden yararlanıldığı için Akaike kriteri dikkate alınmıştır. Değişkenin gecikme uzunluğu 5 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 8:** Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi: VAR Modeli

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-2585.305	-2585.305	0.208950	4.110096	4.118258	4.1131163
1	4403.445	4403.445	3.17e-06	-6.985615	-6.961129*	-6.976413*
2	4411.251	4411.251	3.15e-06	-6.991662	-6.950852	-6.976326
3	4413.492	4413.492	3.16e-06	-6.988867	-6.931732	-6.967396
4	4419.694	4419.694	3.15e-06	-6.992366	-6.918906	-6.964760
5	4424.425	4424.425	3.15e-06	-6.993527*	-6.903744	-6.959787
6	4426.613	4426.613	3.16e-06	-6.990648	-6.884540	-6.950773
7	4427.232	4427.232	3.17e-06	-6.985277	-6.862845	-6.939267
8	4428.978	4428.978	3.18e-06	-6.981697	-6.842940	-6.929552

**Not:** \* İlgili bilgi kriterine bağlı olarak en uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Uygun gecikme uzunluğu Akaike(AIC) kriterine göre belirlenmiştir.

**Tablo 9:** Toda Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

Ho: Bağımsız değişkenden bağımlı değişkene doğru bir nedensellik ilişkisi yoktur.					
H1: Bağımsız değişkenden bağımlı değişkene doğru bir nedensellik ilişkisi vardır.					
Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	k+dmax değeri	K <sup>2</sup> İstatistik Değeri	Olasılık	Nedensellik İlişkisi
BTC	ADA	3+1	12.06566	0.0169	Var
BTC	BNB	3+1	7.802364	0.0991	Yok
BTC	ETH	6+1	587.9395	0.0000	Var
BTC	IOTA	5+1	17.10749	0.0089	Var
BTC	LTC	2+1	5.958765	0.1136	Yok
BTC	TRX	2+1	10.48734	0.0148	Var
BTC	XLM	5+1	18.70174	0.0047	Var

Toda Yamamoto testi uygularken tek bir bağımsız değişken ve birden fazla bağımlı değişken ele alınmıştır. Her bir bağımlı değişkenin, BTC(Bitcoin)’den etkilenip etkilenmediği analiz edilmiş, tek yönlü nedensellik testi yapılmıştır. Toda Yamamoto testinin sonucunu yorumlarken olasılık değerleri dikkate alınmaktadır. Olasılık değeri 0.05’ten küçük ise bağımsız değişkenden bağımlı değişkene doğru nedensellik olduğunu veya etkilediği söylenebilir. Tablo 9’da gösterilen Toda Yamamoto testi

sonuçlarına göre BTC'den ADA, ETH, IOTA, TRX, XLM alt coinlerine doğru granger nedensellik olduğu ve bu alt coinlerin BTC'den etkilendikleri sonucuna varılmıştır. Sayılan alt coinlere ilişkin olasılık değerleri 0.05'ten küçük çıkmıştır. Bu sebeple yokluk Hipotezi ( $H_0$ ) reddedilip alternatif hipotez ( $H_1$ ) kabul edilmiştir. BTC'den BNB ve LTC alt coinlerine doğru granger nedensellik olmadığı ve bu alt coinlerin BTC'den etkilenmedikleri sonucuna varılmıştır. Sayılan alt coinlere ilişkin olasılık değerleri 0.05'ten büyük çıkmıştır. Bu sebeple yokluk Hipotezi ( $H_0$ ) kabul edilip, alternatif hipotez ( $H_1$ ) reddedilmiştir.

### **SONUÇ ve ÖNERİLER**

Kripto para kavramı, geçmişten bugüne yaklaşık 10 yıllık bir zaman diliminde, küresel ekonomi piyasalarında yeni bir olgu olmayı başarmıştır. Piyasada var olan ödeme sistemlerine alternatif bir para birimi olarak yerini almıştır. Kripto paralar, arada bir aracı ve güven ortamı olmasına gerek duymayan aynı zamanda merkeziyetsiz bir yapıya sahip sanal para birimleri olarak tanımlanmaktadır. Kripto para birimleri blok zincir teknolojisi altyapısını kullanmaktadır. Bitcoin piyasaya sürülen ilk kripto para birimidir. Kripto para piyasası içinde en yüksek piyasa değerine sahip olan Bitcoin'in piyasadaki başarısı, sanal paraların önünü açmış olup zamanla gerçekleştirilen bazı düzenlemeler ve değişiklikler ile Bitcoin'e alternatif bir sürü kripto para birimleri (altcoin) oluşturulmuştur. Kripto para birimlerine olan ilginin artmasıyla birlikte bu para birimleri, yatırımcıların portföy oluşturma sürecinde daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Kripto para piyasası, yatırımcılarının yüksek kazanç elde etmesini sağlamanın yanında yüksek riski de beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda kripto para birimlerinin kripto para piyasasına öncülük eden Bitcoin ile altcoinlerin arasındaki ilişkinin yakından takip edilmesi önem arz etmektedir. Kripto para birimlerini portföyüne eklemek isteyen yatırımcının, daha bilgili ve bilinçli bir biçimde eklemesi yatırımın verimliliğini olumlu yönde etkileyecektir. Çalışmanın amacı kripto para piyasasına öncülük eden Bitcoin ile seçilmiş altcoinler arasındaki ilişkinin ve nedenselliğin varlığını tespit ederek yatırımcıların kararlarına ışık tutmaktır. Bu amaçla çalışmada, Bitcoin ile Ethereum(ETH), Binance Coin (BNB), Cardano (ADA), Litecoin (LTC), Tron (TRX), Stellar (XLM), IOTA altcoinlerinin arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkileri araştırılmıştır. Uzun dönemli ilişkinin var olup olmadığı Engle Granger Eşbütünleşme yöntemiyle, kısa dönemli ilişkinin var olup olmadığı Sıradan En Küçük Kareler Yöntemiyle, nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı ise Toda Yamamoto Nedensellik yöntemiyle test edilmiştir. Çalışma kapsamında, kripto para birimlerinin zaman serilerinin başlangıç tarihleri tüm değişkenlerde farklılık gösterdiği için ortak bir tarih aralığı belirlenmiş ve 14.06.2018-01.12.2021 tarihleri arasındaki kripto para birimlerinin dolar cinsinden günlük kapanış fiyatları analize dahil edilmiştir. Günlük kapanış fiyatları [www.investing.com](http://www.investing.com) adresinden temin edilmiştir. Verilerin analizinde E-Views 9.00 paket programı kullanılmıştır. Gözlem sayısı her bir coin için 1267 adet alınmıştır. Veriler, logaritmik getiri serileri oluşturularak analize dahil edilmiştir.

Literatürde yapılan benzer çalışmaların birçoğu kripto para birimlerinin birbirleri ile olan ilişkilerini tespit etmeye yöneliktir. Bu çalışma, Bitcoin'in piyasaya yön veren kripto para birimi



olduğunu göz önünde bulundurarak Bitcoin ile seçili altcoinler arasındaki ilişkiyi ve nedenselliği tespit etmesi yönüyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Çalışmada kullanılacak olan analiz modellerini belirlemek için seçilen bütün değişkenlere ilk aşamada birim kök testleri uygulanarak (ADF, PP) durağanlık sınaması yapılmıştır. Bütün değişkenler birinci mertebeden  $I(1)$  durağan çıktığı için aralarındaki uzun dönemli ilişkinin varlığını tespit etmek amacıyla Engle-Granger Eşbütünleşme Testi seçilmiştir. Engle Granger Testi ile yalnızca bir eşbütünleşme ilişkisi araştırılmaktadır. Bu noktada bağımlı ve bağımsız değişkenlerin iyi ayırt edilmesi gerekmektedir. Çalışmada, BTC bağımsız değişken ve diğer bütün değişkenler bağımlı değişken olarak seçilmiştir. Bu sebeple bağımsız değişken ile bağımlı değişkenlerin her biri ile ayrı ayrı model kurulmuştur.

Engle Granger Eşbütünleşme Testi için ilk aşamada her bir değişken için kurulan regresyon modelinden hata terimleri elde edilmiştir. İkinci aşamada ise ilk aşamada elde edilen hata terimlerinin durağanlık sınaması (ADF) yapılmıştır. Sonuçlara göre bağımsız değişken ve bağımlı değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Yani iki değişken arasında uzun dönemli ilişkinin varlığından söz etmek mümkün değildir.

Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunmadığı tespit edildikten sonra kısa dönemli ilişkinin varlığının tespitinde ve açıklanmasında sıradan en küçük kareler yönteminden yararlanılmıştır. Sıradan en küçük kareler yöntemi iki değişken arasındaki kısa dönemli ilişkiyi olabildiğince gerçeğe yakın bir denklem olarak yazmada kullanılmakta olup regresyon modellerinin tahmin edilmesinde kullanılan en uygun yöntemdir. Kısa dönemli ilişkilerin varlığını sınamada kullanılan OLS yönteminin temel koşulu ise modele dahil edilecek olan değişkenlere ait zaman serilerinin düzeyde durağan çıkmasıdır. Bu bağlamda uygulama gerçekleştirilirken tüm değişkenlere ait zaman serilerinin farkları alınarak seviyede  $I(0)$  durağan hale gelmeleri sağlanmıştır. En Kareler Yönteminden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bağımsız değişken ile bağımlı değişkenler arasında kısa dönemli ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir. Bitcoin'in altcoinleri açıklama gücü, hemen hemen birçok altcoinde yüksek çıkmıştır. Ancak altcoinleri etkileyen başka faktörlerde bulunmaktadır. Bu durumda altcoinlerdeki değişimin en büyük sebebi Bitcoin olsa da başka faktörlerden de eş zamanlı şekilde etkilenebileceği için yalnızca Bitcoin fiyatlarına bakarak karar vermek doğru sonuçlar vermeyecektir. Kripto para birimlerini etkileyen diğer faktörler araştırıldığında, Gönül (2019), çalışmasında bazı ekonomik göstergelerin kripto para birimlerini etkilediği, Aksoy vd. (2020), çalışmasında altcoinlerin birbirlerini etkilediği, Bakır (2021), çalışmasında kripto para birimlerinin altın ve Brent Petrol'den etkilendiği sonucuna ulaşmıştır. Bitcoin'in XLM kripto para birimini açıklama gücü diğer kripto para birimlerini açıklama gücüne göre düşük çıkmıştır. Bunun sebebi olarak, XLM alt coininin işlem hızının Bitcoin'den daha hızlı ve ucuz olmasından kaynaklanmasının yanı sıra XLM kripto para biriminin büyük ve global firmalarla iş birliği yapması, XLM fiyatlarındaki değişime sebep olan daha önemli faktörler olduğu gösterilebilir. Bitcoin'in ETH kripto para birimini açıklama gücü diğer kripto para birimlerini açıklama gücüne göre yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin ise Ethereum'un

ne kadar altcoin sınıfına girse de Bitcoin'den sonra en yüksek piyasa değerine ve işlem hacmine sahip bir kripto para birimi olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple Ethereum'un, Bitcoin ile birlikte hareket etme ihtimali diğer kripto para birimlerine göre daha yüksektir. Toda Yamamoto Nedensellik Testinin seçilmesinin nedeni değişkenler arasında ilişki bulunsa da bulunmasa da analizin yapılabilmesini mümkün kılmasıdır. Toda Yamamoto Nedensellik Testinde her bir değişken için gecikme uzunluğu belirlenmelidir. Gecikme uzunluğu değişkenlerin maksimum bütünleşme derecesi ve en uygun gecikme uzunluğu (k) toplanması ile elde edilmektedir. ADF ve PP birim kök testi testleri yardımı ile maksimum bütünleşme derecesi (dmax) 1 olarak bulunmuştur. En uygun gecikme uzunluğu, her bir değişken için VAR modeli yardımıyla Akaike(AIC) kriterine göre belirlenmiştir. Bu test ile her bir bağımlı değişkenin, BTC(Bitcoin)'den etkilenip etkilenmediği analiz edilmiştir. Bu nedenle Tek yönlü nedensellik testi yapılmıştır.

Toda Yamamoto testinin sonuçların göre BTC'den ADA, ETH, IOTA, TRX, XLM coinlerine doğru granger nedensellik olduğu ve BTC'den etkilendikleri sonucuna varılırken, BTC'den BNB ve LTC alt coinlerine doğru granger nedensellik olmadığı ve BTC'den etkilenmedikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırma sonuçları, Bitcoin kripto para biriminden Ethereum altcoinine doğru nedensellik olduğunu ortaya çıkaran Akkoyuncu (2016), Adıyaman ve Ay (2022), Bitcoin ve TRX'e doğru nedensellik olduğu sonucuna varan Akkoyuncu (2016), kripto paralar arasında kısa dönemli ilişki olduğunu tespit eden Ciaian vd. (2017), Karaağaç ve Altınırnak (2018) çalışmasının sonuçları ile uyum göstermektedir.

Gelecek dönemlerde Bitcoin ile altcoinler arasındaki ilişkiyi ölçen modele daha fazla bağımsız değişken eklenerek (makroekonomik göstergeler, sosyal medya yorumları, döviz kuru, pay piyasası) yeni çalışmalar yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- Akkoyuncu, H. (2021). Kripto Paralar ve Fiyat Hareketleri: Ekonometrik Bir Analiz. *Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Aksoy, E., Teker, T., Mazak, M. ve Kocabıyık, T. (2020). "Kripto Paralar ve Fiyat İlişkileri Üzerine Bir Analiz: Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi ile Bir İnceleme". *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (37), 110-129.
- Ay, M. ve Adıyaman, G. (2022). "Bitcoin ve Altcoinler Arasındaki İlişkinin İncelenmesi". *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (47), 31-46.
- Aygün, M. (2022). Makroekonomik Değişkenler ile Borsa İstanbul Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Toda-Yamamoto Testi. *Edirne: Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Baek, C. & Elbeck, M. (2015). "Bitcoins As an Investment or Speculative Vehicle? A First Look". *Applied Economics Letters*, 22(1), 30-34.
- Bakır, E. (2021). Covid-19 Pandemisi Sürecinde Kripto Para Birimleri ile Ekonomik Göstergeler Arasındaki İlişki. *Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Baki, İ. (2018). Türkiye'deki Enerji Tüketiminin Belirleyicileri: Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizleri. *Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.

- Barlas, B. (2021). Türkiye’de Tüketici Kredileri ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Kredi İvmesi ve Kredi Değişkenleri Açısından Değerlendirmesi. *Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Ciaian, P., Rajcaniova, M. & Kancs, A. (2017). “Virtual Relationships: Short- And Long-Run Evidence From Bitcoin And Altcoin Markets”. *Journal of International Financial Markets*, 1042-4431.
- Çiğdem, G. (2016). Gelişmekte Olan Ülkeler ve Türkiye’de Cari Açık Sorunu. *İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Demiroğlu S. (2020). “Bitcoin ve Ethereum Arasındaki İlişki: Toda- Yamamoto Nedensellik Testi”. *International Journal Of Social, Humanities And Administrative Sciences*, 6(33), 1903-1911.
- Georgoula, I., Pournarakis, D., Bilanakos, C., Sotiropoulos, D. & Giaglis, G. (2015). “Using Time-Series and Sentiment Analysis to Detect the Determinants of Bitcoin Prices”. *Mediterranean Conference on Information Systems*, 1-12.
- Gönül, C. (2019). Kripto Para Biriminin Ekonomik Göstergelere Etkisi. *Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Göttfert, J. (2019). Cointegration Among Cryptocurrencies: A Cointegration Analysis of Bitcoin, Bitcoin Cash, EOS, Ethereum, Litecoin and Ripple. *Sweden: Umea University*.
- Güleç, F. Ö. , Çevik, E. ve Bahadır, N. (2018). “Bitcoin ile Finansal Göstergeler Arasındaki İlişkinin İncelenmesi”. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 2146-3417.
- Karaağaç, G. A. ve Altınırnak, S. (2018). “En Yüksek Piyasa Değerine Sahip On Kripto Paranın Birbirleriyle Etkileşimi”. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (79), 123-138.
- 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. ve Ege, İ. (2022). “Bitcoin ve Borsa İstanbul Endeksleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı”. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 24(1), 89 – 108.
- Kurt, A. (2021). Pandemi Döneminde Brent Petrol ve Kripto Paralar Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Afyonkarahisar: Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Laçın, G. C. (2019). Elektronik Para ve Dijital Para Sistemleri: Bitcoin ve Döviz Kurları Arasındaki İlişkinin Analizi. *Mersin: Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Nunes, B. S. R. (2017). Virtual Currency: A Cointegration Analysis Between Bitcoin Prices and Economic and Financial Data. *Lizbon: ISCTE-IUL*.
- Özgür, Ö. (2020). Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Birim Kök Testlerinin Gecikme Uzunluğuna Olan Duyarlılığı. *İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Sarkovanlık, V., Koy, A., Akkaya, M., Yıldırım, H. H. ve Kantar, L. (2020). *Finans Biliminde Ekonometri Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Torun, N. (2015). Birim Kök Testlerinin Performanslarının Karşılaştırılması. *İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Yenilmez, F. ve Erdem, M. S. (2018). “Türkiye ve Avrupa Birliği’nde Ekonomik Büyüme ile Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki: Toda-Yamamoto Nedensellik Testi”. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1), 71-95.

<b>KATKI ORANI / CONTRIBUTION RATE</b>	<b>AÇIKLAMA / EXPLANATION</b>	<b>KATKIDA BULUNANLAR / CONTRIBUTORS*</b>
Fikir veya Kavram / Idea or Notion	Araştırma hipotezini veya fikrini oluşturmak / Form the research hypothesis or idea	Ayça KARA Erhan DEMİRELİ
Tasarım / Design	Yöntemi, ölçeği ve deseni tasarlamak / Designing method, scale and pattern	Ayça KARA Erhan DEMİRELİ
Veri Toplama ve İşleme / Data Collecting and Processing	Verileri toplamak, düzenlenmek ve raporlamak / Collecting, organizing and reporting data	Ayça KARA Erhan DEMİRELİ
Tartışma ve Yorum / Discussion and Interpretation	Bulguların değerlendirilmesinde ve sonuçlandırılmasında sorumluluk almak / Taking responsibility in evaluating and finalizing the findings	Ayça KARA Erhan DEMİRELİ
Literatür Taraması / Literature Review	Çalışma için gerekli literatürü taramak / Review the literature required for the study	Ayça KARA Erhan DEMİRELİ

\*Katkı oranlarının tümü eşit olması durumunda oranlar belirtilmeyecektir/ If the contribution rates are all equal, the rates will not be specified

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Teşekkür:** -

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** The author has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The author declared that this study has received no financial support.

**Acknowledgement:** -