

KRIPTO PARA PİYASASINDA ZAYIF FORMDA ETKİNLİK  
SINAMASIAlper ASLAN<sup>1</sup>Bilge ÇİPE<sup>2</sup>

## Öz

Kripto para birimleri piyasaya çıktığı günden bu yana yatırımcıların ve devletlerin dikkatini çekmektedir. Özellikle son yıllarda bir çok araştırmacı kripto para birimlerinin diğer ekonomik kavramlarla ilişkisini incelemektedir. Bu çalışmada 2017:10/2019:5 dönemine ait aylık veriler kullanılarak Etkin Piyasa Hipotezi zayıf formunun, Bitcoin, Ethereum, Ripple (XRP), Bitcoin Cash ve EOS fiyatları için geçerli olup olmadığı araştırılmıştır. Uygulanan zaman serisi, panel seri ve yapısal kırılmalı birim kök testleri sonucuna göre Etkin Piyasa Hipotezi zayıf formunun, kripto para piyasaları için genel olarak geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

## Anahtar Kelimeler

Kripto Para  
Etkin Piyasa Hipotezi  
Birim Kök Testleri

## Makale

Araştırma Makalesi  
Gönderim Tarihi: 04.05.2021  
Kabul Tarihi: 23.09.2021  
E-Yayın Tarihi: 01.12.2021

EFFECTIVENESS TEST IN THE CRYPTO MONEY MARKET IN  
WEAK FORM

## Abstract

Cryptocurrencies have been attracting the attention of investors and governments since the day they were released. Especially in recent years, many researchers have been examining the relationship of cryptocurrencies with other economic concepts. In this study, it has been investigated whether the weak form of the Effective Market Hypothesis is valid for Bitcoin, Ethereum, Ripple (XRP), Bitcoin Cash and EOS prices by using monthly data for the period 2017: 10/2019: 5. According to the results of the applied time series, panel series and unit root tests with structural break, it is concluded that

## Keywords

Crypto Money  
Effective Market Hypothesis  
Unit Root Tests

## Article Info

Research Article  
Received: 04.05.2021  
Accepted: 23.09.2021  
Online Published: 01.12.2021

<sup>1</sup> Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi. e-posta: alperaslan@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1408-0921.

<sup>2</sup> Dr., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat ABD Doktora, Para Politikası üzerine 100/2000 YÖK Bursu almıştır. e-posta: cipebil@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7598-0291.

the weak form of the Efficient Market Hypothesis is generally valid for crypto money markets.

## Giriş

Kripto piyasası yenilikçi özellikleri, şeffaflığı, sadeliği ve artan popülerliği göz önüne alındığında yatırımcıların ve ülkelerin dikkatini çeken şifreleme bir piyasadır. Bu piyasada ortaya çıkan ilk para birimi olan Bitcoin, Nakamoto (2008) tarafından yapılan bir çalışmada yer almış ve 2009'da çevrimiçi kullanıma açılmıştır. Açıldığı dönemde yatırımcıların ihtiyatlı yaklaştığı kripto para piyasası 2016 yılının Temmuz ayında %5000'in üzerinde bir büyüme gerçekleştirmiştir (Urguhart, 2016). Bitcoin daha sonra yatırımcılar tarafından bir para biriminden öte spekülatif bir yatırım aracı olarak görüldüğünden daha çok fazla ilgi çekmektedir.

Kripto para birimlerinin hikâyesi Nakamoto (2008) ile başlamaktadır. Nakamoto; internet üzerinden yapılan ticaretin her ne kadar güvenli olsa da mutlaka zayıf bir yönünün olabileceğini belirtmektedir. Ayrıca mevcut finansal piyasalarda aşırı denetim, aracılık maliyetleri ve yatırım için alt ve üst limitlerin olmasını, bu piyasaların eksikliği olarak görmektedir. Bunun yanında aracı şirketlerin, müşterileri hakkında fazla bilgi sahibi olmalarının sakıncalı durumlar yaratabileceğine değinmektedir. Nakamoto'ya göre yatırımcıların ihtiyaç duyduğu şey güvenden ziyade şifreleme sistemi üzerine kurulu, üçüncü bir bağlantı olmadan (iki taraflı) doğrudan iletişimli bir ödeme sistemidir. Bu sistem "isimsiz ve güvenli bir şekilde işlemleri kolaylaştırmak için Blockchain teknolojisi ve kriptografi kullanan dijital para birimleri" olarak tanımlanabilir. Başlangıçta dünya genelinde parasal bir değeri, ucuz, güvenilir ve kullanışlı bir şekilde aktarmak için kullanılan bu sistem daha sonra geliştirilerek spekülatif bir yatırım aracı niteliği kazanmıştır. Blockchain sistemin en ilginç özelliği "merkezileşmemiş" olmasıdır. Bu özellik merkez bankası ve-veya hükümetler tarafından düzenlenmediği, desteklenmediği ve/veya kontrol edilmediği anlamına gelmektedir. Sistem kontrolü bir blok zinciri tarafından gerçekleşmektedir (Chu ve diğ. 2019). İlk kripto para olan Bitcoin 15. yılını geride bırakırken 2021 Haziran ayı itibariyle kripto para kullanıcı sayısı 221 milyona ulaşmıştır (crypto.com. et:15.09.2021) Ancak hala dünya nüfusunun büyük çoğunluğu kripto para piyasasına temkinli yaklaşmaktadır. Bu piyasanın yeni olması ve her geçen gün yeni para birimlerinin eklenmesiyle geleceği tahmin edilemeyen ve oynak değerlere sahip olan bir sistem olarak görülmektedir. Dolayısıyla bu yeni piyasanın diğer para piyasaları gibi etkin olup olmadığı konusu araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Kripto para piyasasındaki ilk para birimi olan Bitcoin'in etkinliği konusunda ilk çalışma Urquhart (2016) tarafında yapılmıştır.

Bachelier (1900) bir asırdan fazla süre önce, aritmetik Brownian hareket modelini Fransız tahvillerine uygulayarak ilk etkin piyasa hipotezinin temellerini atmıştır. Bu hipotezin resmileşmesi Samuelson'un (1965) teorik çerçevesini oluşturması ve Fama (1970) tarafından tanımlanıp sınıflandırılmasıyla olmuştur. Fama'dan (1970) sonra bu hipotez finans dünyasının temellerinden biri haline gelmiştir. Etkin Piyasa Hipotezi'ne – Bundan sonra EPH olarak yazılacaktır- göre; bir piyasada fiyatlar mevcut tüm bilgileri yansıtıyorsa o piyasa etkindir şeklinde yorumlanmaktadır. Fama (1970) Etkin Piyasa Hipotezi'ni 3 form üzerinden

incelemektedir: Eğer piyasadaki fiyatlar mevcut olan tüm bilgileri yansıtıyorsa fakat geçmişteki fiyatlar gelecekteki fiyatları öngörmek için yeterli değilse o piyasada “Zayıf Form” geçerlidir. Eğer mevcut tüm bilgilere ek olarak kamuya açık bilgilerin kullanılmasıyla gelecek fiyatları tahmin edilemiyorsa bu durumda “Yarı Güçlü Form” geçerlidir. Bir piyasada yatırımcılar tüm geçmiş fiyatlara, kamuya açık bilgilere ve ayrıcalıklı/tekelci güçler sayesinde başka yatırımcıların elde edemedikleri bilgilere ulaştıkları halde gelecekteki fiyatları öngöremiyorlarsa bu piyasada “Güçlü Form” geçerli olmaktadır. Bu nedenle, finansal varlıkların döngüsü hafıza dışı stokastik bir süreç izlemelidir. Başka bir deyişle, EPH, geçmiş fiyat hareketlerinin, gelecekteki fiyatları ve finansal varlıkların geri dönüşünü öngörmeye hiçbir gücü olmadığını varsaymaktadır (Chu vd. 2019). Bir piyasada EPH geçerli ise fiyatların rassal bir yürüyüş izlediği varsayıldığı için teknik bir öngörü analizi yetersiz kalacaktır (Lee vd. 2014). EPH'nde Zayıf form genelde iki hipotezden birinin test edilmesini içermektedir:

1- Rastgele Yürüme Hipotezi (RYH) (Khuntia ve Pattanayak, 2018)

2- Martingale Fark Hipotezi (MFH) (Khuntia ve Pattanayak, 2018)

Varlık fiyatlarına bakıldığında, tahmin edilebilirlik eksikliği fikri genel olarak Rastgele Yürüme Hipotezi (RYH) olarak anılır. RYH, varlık fiyatlarının rastgele bir yürüyüş sürecine benzediğini varsaydığı için EPH ile uyumludur, yani fiyatlar rastgele değişir ve gelecekteki durumu tahmin edilemez. Campbell, Lo ve MacKinlay'ın (1997, 28-33) ders kitabında, üç rastgele yürüyüş türünden bahsedilmektedir.

1. Rastgele yürüyüş; bağımsız artışlara,

2. Rastgele yürüyüş ortalamadan bağımsız artışlara

3. Rastgele yürüyüş ilişkisiz artışlara karşılık gelmektedir. Bu üç kavramdan, finansal ekonometri ile en alakalı olanı ikinci ve üçüncü durumlardır.

Martingale Fark Hipotezi (MFH) bir zaman serisinde en iyi tahmin edicinin sadece koşulsuz ortalaması olduğunu varsaymaktadır. Kısaca yarının varlık fiyatının en iyi tahmininin bugünkü fiyatı olduğu anlamına gelmektedir. Tahmin edilemeyen varlık getirileri, Martingale fark dizisi oluşturmaktadır. Varlık fiyatları sabit olmadığından, teknik açıdan, varlık getirilerini yönetmek daha kolaydır ve fiyatların bir Martingale izlediğini test etmek yerine, getirilerin bir Martingale Fark sırasını takip ettiğini test etmek daha yaygındır. (Escanciano ve Lobato, 2009, 972-973).

Tüm bu veriler ışığında henüz yeni olan ve her geçen gün büyüyen bir piyasanın etkinliği gerek araştırmacılar gerekse yatırımcılar için önemli bir husustur. Bu çalışmada 5 kripto para biriminin (Bitcoin, Ethereum (ETH), Ripple (XRP), Bitcoin-cash ve EOS ) etkinliği zayıf formda incelenmiştir. Zayıf form etkinliğinin incelenmesinin sebebi diğer iki formun henüz bu piyasa için geçerli olmadığından kaynaklıdır. Çünkü kripto para piyasaları henüz devlet denetimi yapılmayan ve yatırımcıların özel bilgilere ulaşamadığı bir piyasa olarak bilinmektedir. 08/10/2017 ile 02/05/2019 tarihleri arasındaki fiyat bilgileri Coinmarketcap.com (et: 04/05/2019) internet sitesinden alınmıştır. Bu çalışmada kripto para piyasasının zayıf formda etkinliği geniş kapsamlı test edildiğinden dolayı, çalışmanın bundan sonra yapılacak olan araştırmalara katkı sağlayacağı düşüncesindeyiz.

İçerik şu şekilde düzenlenmiştir: 2. bölümde kripto para birimleri ve piyasa etkinliği ile ilgili yapılmış olan literatür araştırmalarından örnekler sunulmaktadır. 3. bölümde çalışmanın metodolojisi anlatılarak uygulanacak analizler belirtilmektedir. 4. bölümde

kullanılan modellerin sonuçlarına yer verilmektedir. Son bölümde ise sonuç ve öneriler ile çalışma sonlandırılmaktadır.

## 1. Literatür Çalışması

Kripto para birimleri Satoshi Nakamoto (2008)'dan çok sonra araştırmacıların ilgi alanına girmiştir. Bu çalışmaların bir kısmı sistemin işleyişine odaklanırken, büyük kısmı bu piyasanın ekonomiye etkisini ön plana almıştır. Örneğin Nan ve Kaizoji (2019) Bitcoin tabanlı bir USD/EURO döviz kuru önererek spot, vadeli işlemler ve vadeli döviz piyasalarındaki piyasa verimliliğini zayıf ve yarı güçlü formda incelemiştir. Yaptıkları birim kök testleri, yapısal kırılmalı birim kök testleri ve Johansen eşbütünleşme test sonuçlarına göre Bitcoin'in, döviz kuru piyasasında hem zayıf formda hem de yarı güçlü formda etkin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Buchholz ve diğ. (2012) ise geniş kapsamlı analiz içeren bir çalışma yapmıştır. Bitcoin için bilgi, fiyat oynaklığı ve talep tahmini konulu çalışmalarında oynaklığın fiyat üzerinde olumlu bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Oynaklık, negatif şoklarda düşük iken pozitif şoklarda daha fazla olmaktadır. Ayrıca fiyat ile oynaklık, talebi önemli ölçüde etkilemektedir. Sonuç olarak Bitcoin para piyasasında piyasa balonu varlığı onaylanmıştır. Buchholz ve diğ. (2012)'nin yaptığı bu çalışma bu alanda yapılan önemli çalışmalardan olduğu için direkt olmasa da dolaylı olarak piyasa etkinliği hakkında bilgi vermektedir. Koçoğlu ve diğ. (2016)'in yaptıkları çalışmada Bitcoin'in fiyatlandırılması, etkinliği, likiditesi ve oynaklığı analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Bitcoin diğer para birimleri ile tutarlı bir ilişki içinde değildir. Ayrıca fiyat oynaklığı yatırımcı açısından risk teşkil etmektedir. Buna ek olarak Bitcoin'in güvenilirliği diğer para cinslerine bağlıdır. Dolayısıyla bu çalışmada Bitcoin piyasası etkin değildir sonucuna ulaşılmıştır. Zięba ve diğ. (2019) 'nin yaptıkları çalışmada Bitcoin'e özel olarak odaklanarak, kripto para birimlerinin günlük getirileri arasındaki karşılıklı bağımlılıkları incelemiştir. Borsaları inceleme yöntemleri kullanılarak, takip eden iki dönem karşılaştırılmıştır. Sonuca ulaşmak için iki aşamalı analiz uygulanmıştır. Minimum Yayılma Ağacı (Minimum Spanning Tree –MST-) yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, kripto para birimlerinin, bu piyasanın potansiyel topolojik özelliklerini gösteren, iki ayrı periyot boyunca tutarlı bir şekilde hiyerarşik kümeler oluşturduğunu göstermiştir. Daha sonra, VAR (Vector Autoregression ) modeli ile talep şoklarının kümelerdeki iletimi incelenmiş ve Bitcoin fiyatındaki değişikliklerin diğer kripto para birimleri fiyatlarındaki değişikliklerden etkilenmediği ve aynı şekilde diğer para birimlerini de etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Corbet ve diğ. (2018) ise Bitcoin'deki vadeli işlem alım satım işlemlerinin, Bitcoin'in para birimi olarak kabul edilmesini engelleyen sorunları çözüp çözemediğini araştırmıştır. Yaptıkları analiz neticesinde vadeli işlem sözleşmelerinin ortaya çıkmasının ardından, spot oynaklığın arttığını, vadeli işlem sözleşmelerinin etkin bir riskten korunma aracı olmadığı ve fiyat keşiflerinin spot piyasadaki bilgisiz yatırımcılar tarafından yapıldığı belirtilmiştir. Bu nedenle, Bitcoin'in para biriminden ziyade, spekülasyon bir varlık olduğu sonucu, vadeli işlemler piyasasında sunulmasıyla değiştirilemeyeceği iddia edilmiştir. Urguhart'ın (2016) çalışması Bitcoin'i etkin piyasa hipotezinin zayıf formunda inceleyen tespit edilen ilk çalışmadır. Uygulanan analizde Bitcoin'in özellikle son dönemlerde etkin olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın yapıldığı dönemde Bitcoin'in etkin olmayan bir piyasa olduğu, ancak etkinliğe geçiş sürecinde olabileceği vurgulanmıştır. Nadarajah ve Chu (2017) ise

Urguhart (2016)'ın çalışmasını takip ederek 8 farklı test kullanarak yaptıkları çalışmada, Bitcoin geri dönüşlerinin tek bir tam sayı gücünün, tüm alt süreç boyunca ve iki alt örneklem dönemi boyunca büyük ölçüde zayıf şekilde etkili olduğunu belirtmiştir. Tiwari ve diğ. (2018), Bitcoin'in bilgi verimliliğini uzun vadeli bağımlılık tahmin edicileri kullanan bir test ile analiz etmiştir. Uygulanan test sonucuna göre, bilginin etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca uzun vadeli tahminlere dayanan bir verimlilik endeksi oluşturmuştur. Sonuç olarak Bitcoin fiyatlarındaki etkinliğin zamanla değiştiğini belirtmektedir. Bariviera (2017), Bitcoin piyasasında bilgi etkinliğini araştırmış özellikle, Hurst (1951) tarafından önerilen Hurst üssünü kullanarak Bitcoin'deki uzun vadeli getiri hafızasını ve 2011-2017 yılları arasındaki verilerin değişkenlik davranışını analiz etmiştir. Bariviera iki yönlü sonuca ulaşmıştır. İlk olarak, Hurst- R / S yöntemi uzun vadeyi algılamaya meyilliyken, Hurst-DFA yöntemi zaman içinde bilgi verimliliğinde daha kesin farklılıkları ayırt edebilir şeklinde bir teori sunmuştur. İkincisi, günlük getiriler çalışılan dönemin ilk yarısında kalıcı davranış sergilerken, bu davranışlar 2014'ten bu yana daha bilgilendiricidir. Son olarak, gün içi yüksek ve düşük fiyatlar arasındaki logaritmik fark olarak ölçülen fiyat dalgalanması tüm dönem boyunca uzun hafıza göstermiştir. Bunun, fiyatları ve oynaklığı üreten farklı bir dinamik süreci yansıttığını belirtmiştir.

Chu ve diğ. (2019) iki kripto para birimini -Bitcoin ve Ethereum- Adaptif Piyasa Hipotezi (APH) çerçevesinde incelemiştir. Elde edilen bulguların APH ile tutarlı olduğu, piyasa etkinliğinin zaman içerisinde değiştiği kanıtlanmıştır. Bu çalışmada piyasa etkinliğinde önemli değişkenlerle çakışan haber ve olaylar da incelenmiştir. Bu haber ve olayların piyasaya verilmesi ile duyarlılık etkileri test edilmiş ve spesifik faktörlerin etkilerini araştırmak için basit bir olay analizi sunulmuştur. Sonuçta kripto para piyasalarının etkinliğini belirlemede, duygular ile haber ve olay türlerinin önemli bir etken olamayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bartos (2015)'un çalışmasında Mart 2013 ile Ağustos 2014 tarihleri arasındaki Bitcoin fiyatları, ECM (Error Correction Model) testi ile analiz edilmiştir. Bitcoin para piyasasının etkin olduğu ve kamuya açıklanmış olan bilgiye anında tepki verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca arz-talep faktörlerinin Bitcoin fiyatlamasında önemli bir rolü olduğu görülmüştür. Özellikle, talep tarafı faktörleri daha önemlidir, çünkü arz tarafı dışsal bir etkendir ve gelecekte sabitlenmektedir.

Yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere kripto para piyasası yapılan ekonometrik analize göre değişik sonuçlar vermektedir. Bu sonuçlarda incelenen dönemlerin de etkisi oldukça büyüktür. Kripto paraların piyasaya sürüldüğü dönem işlem hacimlerinin küçük olması net sonuçlar vermemekle birlikte, bu piyasanın kullanıcı sayısının artışı ile farklı sonuçlara ulaşılabilir. Örneğin Chu ve diğ. (2019) 'nin yaptığı çalışmada kripto para piyasalarının duygular, olay ve haberlerden etkilenmediği belirtilirken son dönemde bu piyasaların yaşanan küresel şoklardan olay ve haberlerden etkilendiği ortaya çıkmıştır.

## **2. Metodoloji**

### **2.1. Veri**

Çalışmanın metodoloji bölümünde sanal para piyasasında yer alan 5 kripto para cinsinin (Bitcoin, Ethereum (ETH), Ripple (XRP), Bitcoin-cash ve EOS) 08/10/2017 ile

02/05/2019 tarihleri arasındaki günlük verileri kullanılarak etkin piyasa hipotezi test edilmiştir. İlgili veriler Coinmarketcap (e.t:08/05/2019) verilerinden alınmıştır.

**Tablo 1. Tanımlayıcı istatistik değerleri**

	Obs	Mean	Std.Dev.	Min	Max
BTC	572	103,8203	0,1759968	103,5101	104,29
ETH	572	102,499	0,3123885	101,9259	103,145
XRP	572	99,6685	0,2398911	99,28808	100,5289
BIT-Cash	572	102,7303	0,398823	101,8886	103,5936
EOS	572	100,6986	0,3301097	99,69305	101,3332

## 2. 2. Yöntem

Etkin Piyasa Hipotezi'nin test edilmesi için öncelikle verilere zaman serisi birim kök testlerinden ADF birim kök testi, PP (1988) birim kök testi ve KPSS (1992) birim kök testi uygulanmıştır. Daha sonra ZA (1992) yapısal kırılmalı birim kök testi ile kırılma tarihleri belirlenmiş yatay kesit bağımlılığı analiz edildikten sonra veriler panel birim kök testlerinden LLC (2002), IPS (2003), Breitung (2001) ve Hadri (2000) ile sınanmıştır.

### 2. 2. 1. Zaman Serileri Birim Kök Setleri

#### 2. 2. 1. 1. Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi

Bir zaman serisinde durağanlığın belirlenebilmesi için birçok birim kök testi uygulanabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan birim kök testlerinden ilki, Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testidir. Dickey-Fuller (DF) testi, hata terimleri otokorelasyon içeriyorsa kullanılamamaktadır. Otokorelasyon sorunu serinin gecikmeli değerleri kullanılarak ortadan kaldırılmaktadır. Dickey-Fuller (1976), bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini modele bağımsız değişken olarak eklemiştir. ADF birim kök testinin hipotezleri ve denklemleri aşağıdaki gibidir:

$H_0$ = Seri durağan değildir Birim kök içermektedir

$H_1$ = Seri durağandır birim kök içermemektedir

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{(t-1)} + \alpha_i + u_t \quad \text{Sabit terim ve trend katsayılı} \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{(t-1)} + \alpha_i + u_t \quad \text{Sabit Terimli} \quad (2)$$

Dickey Fuller (1976)'ın çalışmasında t değeri olarak bilinen istatistik değeri, 0,01, 0,05 ve 0,10 anlamlılık seviyelerine göre yorumlanmaktadır.

### 2. 2. 1. 2. Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testi

Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testinin tamamlayıcısı bir test olarak görülen Phillips-Perron (PP) birim kök testi ADF ve DF testlerine göre daha elastik bir testtir. Phillips ve Perron (1988) serinin yapısal kırılmaya açık olduğu ve/veya varsayımlara uyulmadığı durumlarda ADF ve DF testlerinin yetersiz kaldığını ileri sürmektedirler. Bu durumu düzeltmek için parametrik olmayan bir ekleme yaparak hata terimlerini düzeltmeyi amaçlamışlardır. ADF ve DF testlerinde de yer alan AR düzeltme mekanizmasına MA (moving averages –hareketli ortalamalar) süreci eklenerek ARMA süreci oluşturulmuştur. PP birim kök testinin denklemleri aşağıdaki gibi modellenebilmektedir:

$$Y_t = \beta_1 + \delta Y_{(t-1)} + u_t \quad \text{Sabit Terimli (3)}$$

$$Y_t = \beta_1 + \delta Y_{(t-1)} + \beta_2 (T - t/2) + u_t \quad \text{Sabit terimli ve trend katsayılı (4)}$$

PP birim kök testinin hipotezleri ise aşağıdaki gibidir:

H0= seri durağan değildir birim kök içermektedir.

H1= seri durağandır birim kök içermemektedir.

### 2. 2. 1. 3. Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin ( KPSS) Birim Kök Testi

KPSS (1992) birim kök testi, rasgele yürüyüşün sıfır varyansa sahip olduğu varsayımlı LM testine dayanmaktadır. Bu testte, zaman serisi deterministik eğilim, rasgele yürüyüş ve durağan hata terimi şeklinde üç bileşenin toplamı aşağıdaki gibi formüle edilmektedir:

$$y_t = \beta_t + r_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

Burada  $y_t$  ( $t=1,2,\dots,T$ ) zaman serisinde  $\beta_t$  deterministik eğilim,  $r_t$  rasgele yürüyüş,  $\varepsilon_t$  ise hata terimidir. Seri durağan ise rasgele yürüyüş test için önemli bir unsur olmaktadır. Rasgele süreç aşağıdaki gibi formüle edilmektedir:

$$r_t = r_{t-1} + u_t \quad (6)$$

6 nolu denklemde yer alan  $u_t$ , özdeş ve bağımsız hata terimidir. Başlangıç değeri olan  $r_0$ , sabit kabul edilmekte ve bir kesişim görevi üstlenmektedir. Durağanlık hipotezi ise  $H_0 = \sigma_u^2=0$  olarak yazılmaktadır.  $\varepsilon_t$ , durağan kabul edildiğinden boş hipotez altında  $y_t$ , eğimde durağandır. Hata teriminin ( $u_t$ ) sabit olması ve  $\sigma_u$ 'nun sıfır olması, rasgele sürecin ( $r_t$ ) durağan olması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla KPSS birim kök testi ADF ve PP birim kök testi hipotezlerinin tam tersi ile sınanmaktadır:

H0: Seri durağandır ve birim kök içermemektedir.

H1: Seri durağan değildir ve birim kök içermektedir.

## 2.2.2. Panel Birim Kök Testleri

### 2.2.2.1. Levin-Lin-Chu (LLC) Birim Kök Testi

Levin, Lin ve Chu (2002) bireysel birim kök testlerinin denge noktasından kalıcı sapmalar yüzünden alternatif hipotezlere karşı sınırlı bir güce sahip olduğunu

savunmaktadır. Bu durum küçük örneklerde daha şiddetli görülen bir durumdur. LLC her kesit için ayrı ayrı birim kök testi uygulamaktan ziyade daha güçlü panel birim kök testi önermektedir. Boş hipotez her bir zaman serisinin durağan olması alternatifine karşı bir birim kök içerdiğini ifade eder (Baltagi, 2005, 240). LLC birim kök testinde tüm birimler aynı otoregresif parametreye sahiptir. Aynı zamanda trend ve sabit parametreleri birimden birime farklılık gösterebilmektedir. Levin Lin ve Chu (2002) yaptıkları çalışmada birim boyutunun (N) 10-250, zaman boyutunun (T) ise 25-250 aralığındaki durumlarda bu testin güvenilir sonuçlar vereceğini belirtmektedirler. Aşağıda belirtilen üç model ile regresyon kurulmaktadır.

$$\Delta Y_{it} = \rho Y_{it-1} + u_{it} \quad \text{Model 1: Sabitsiz} \quad (7)$$

$$\Delta Y_{it} = \alpha_{0i} + \rho Y_{it-1} + u_{it} \quad \text{Model 2: Sabitli} \quad (8)$$

$$\Delta Y_{it} = \alpha_{0i} + \alpha_{1i}t + \rho Y_{it-1} + u_{it} \quad \text{Model 3: Sabitli ve Trendli} \quad (9)$$

### 2.2.2.2. Im, Pesaran ve Shin (IPS) Birim Kök Testi

Im, Pesaran ve Shin (2003) , Levin, Lin ve Chu testinin kısıtlayıcı olduğunu öne sürmektedirler. Dolayısıyla IPS testi t-1'in heterojen katsayısına izin veren ve bireysel birim kök test istatistiklerinin ortalamalarının alınmasına dayanan bir prosedür içerir (Baltagi, 2005:242). IPS birim kök testinde havuzlanmış verilerden ziyade bütün birimlere ait zaman serilerine tek tek birim kök testi uygulanmaktadır. Ayrıca birimlerin kendi otoregresif parametrelerine ( $\rho$ ) sahip olmasına izin vermektedir. Bu test uygulamasında panelde denge şartı bulunmamaktadır. Fakat zaman boyutunda boşluk bulunmamalıdır.

$H_0$ = Seri durağan değildir birim kök içermektedir

$H_1$ = Seri durağandır birim kök içermemektedir.

### 2.2.2.3. Breitung Birim Kök Testi

Breitung (2001), LLC ve IPS testlerinin, bireysel eğilimler dahil edildiği zaman güç kaybı yaşadığını tespit etmiştir. Bu durum yerel alternatifler sırasındaki ortalamayı da kaldıran önyargı düzeltilmesinden kaynaklanmaktadır. Regresyon tahmin edilmeden önce standart t- istatistiklerinin kullanılabilmesi için veri dönüştürülmektedir.

Breitung birim kök testi LLC testinde olduğu gibi dengeli panel verilerde kullanılmaktadır. LLC ve IPS birim kök testleri regresyon t-istatistiklerini kullanmaktadır. Sabit etkiler trende dahil edildiğinde t-istatistik değerlerinde sıfır olmayan ortalama meydana gelmektedir. Dolayısıyla bu testlerin güçleri azalmaktadır. Breitung birim kök testi bu sebepten dolayı adı geçen testlerden daha güçlü görünmektedir (Tatoğlu, 2017: 33-35). Breitung  $Y'_{it}$ 'yi aşağıdaki şekilde tanımlamıştır:

$$Y_{it} = \mu_i + \beta_i t + X_{it} \quad (10)$$

### 2.2.2.4. Hadri Birim Kök Testi

Hadri (2000) birim kök testi Lagrange çarpanı (LM) 'na dayanan kalıntı temelli bir testtir. Bu test KPSS birim kök testi gibi alternatif hipotezde birim kök varlığını test ederken



temel hipotezde birim kök olmadığını ileri sürmektedir. Bu farklılık nedeniyle diğer panel birim kök testlerinden ayrılmaktadır.

H0: Seri durağandır birim kök içermemektedir.

H1: Seri durağan değildir birim kök içermektedir.

Hadri (2000) panel birim kök testinde sabitli ve sabitli trendli olarak iki model kullanılmaktadır.

$$Y_{it} = r_{it} + \varepsilon_{it} \quad \text{Sabitli (11)}$$

$$Y_{it} = r_{it} + \beta_i t + \varepsilon_{it} \quad \text{Sabitli ve Trendli (12)}$$

Buradaki  $r_{it}$  rassal yürüyüş sürecini temsil eder ve:

$$r_{it} = r_{it-1} + u_{it} \quad (13)$$

şeklinde ifade edilir.

Hadri (2000) birim kök testinde kullanılan panel veri dengeli olmak zorundadır. Hata terimlerinin normal dağılım gösterdiğini varsaymaktadır. Bu test T ve N 'in sırası ile sonsuza gittiği bir durumda asimptotik olarak geçerlidir (Tatoğlu, 2017: 36-38).

### 2.2.2.5. Zivot-Andrews Birim Kök Testi

Birim kök analizlerinde incelenen zaman periyodlarında verilerin durağan olmaması iktisadi olaylarda bir değişiklik yaşandığını dolayısıyla verinin içeriğinde yapısal bir değişim oluştuğunu gösterebilmektedir. Dolayısıyla kırılmaları dikkate alan birim kök testleri kırılma sayısına göre veya kırılmanın içsel-dışsal olmasına göre sınırlandırılabilir.

Perron (1989) yapısal değişimlerin dikkate alınması ile serilerin durağanlaştırılacağını ve değişim tarihinin belirlenmesi ile kırılmanın analize eklenmesini ön gören bir birim kök testi geliştirmiştir. Perron (1989)'un geliştirdiği bu birim kök testinde kırılma dışsal olarak belirlenirken Zivot-Andrews (1992) tarafından geliştirilen testte kırılma tek ve içsel olarak tahmin edilmektedir. ZA (1992) birim kök testi 3 model ile kurulmaktadır.

Model A; seviyede tek kırılma

Model B; trendde tek kırılma

Model C ise hem seviyede hem trendde tek kırılmayı ifade etmektedir. Bu modeller aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

Model A

$$y_t = \mu^A + \theta^A DU_t(\varphi) + \beta^A t + \alpha^A y_{t-1} + \sum_{j=1}^k c_j^A \Delta Y_{t-j} + e_t \quad (14)$$

Model B

$$y_t = \mu^B + \beta^B t + \gamma^B DT_t^*(\varphi) + \alpha^B y_{t-1} + \sum_{j=1}^k c_j^B \Delta Y_{t-j} + e_t \quad (15)$$

Model C

$$y_t = \mu^C + \theta^C DU_t(\varphi) + \beta^C t + \gamma^C DT_t^*(\varphi) + \alpha^C y_{t-1} + \sum_{j=1}^k c_j^C \Delta Y_{t-j} + e_t \quad (16)$$

Burada  $t > T\varphi$  ise  $DU_t(\varphi) = 1$  'dir Aksi durumda 0 olur. Yine  $t > T\varphi$  ise  $DT_t^*(\varphi) = t - T\varphi$  'dir. Aksi durumda 0 'dir. Yapılan birim kök testi sonucunda t istatistiğinin mutlak değeri

ZA kritik değerden küçük ise boş hipotez kabul edilir. Alternatif hipotez ise durağan durumda kırılma eğimidir. Model A ve Model C boş hipotez altında bir kırılma ile durağan değildir. Literatürde çoğunlukla Model A ve Model C kullanılmıştır. Model B sonuçlarında eğim sadece bir kerelik değişime izin verildiği için kullanılmamıştır. Bu çalışmada ise Model A ve Model C sonuçlarına yer verilecektir.

### 2.2.3. Yatay Kesit Bağımlılığı

Panel veriyi oluşturan birimlerden birine gelen şoktan diğer tüm birimlerin etkilenme şiddetinin aynı olması veya birimlerin herhangi birinde meydana gelen bir makroekonomik şoktan paneli oluşturan diğer birimlerin etkilenmediği varsayımına yatay kesit bağımlılığı denilmektedir. Bu çalışmada kullanılan datadan yola çıkılacak olursa örneğin Bitcoin’de yaşanan olumlu ya da olumsuz bir şok diğer kripto para birimlerini farklı şekilde etkileyecektir. Dolayısı ile yatay kesit bağımlılığı tespit edilmeden yapılan analizler eksik, sapmalı ve tutarsız olacaktır. Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen ilk yatay kesit bağımlılığı testi Lagrange Multiplier (LM) testidir. Bu testte bireysel ortalama sıfırdan farklı iken paneldeki grup ortalaması sıfır ise sonuçlar sapmalı olmaktadır. Bu sapma test istatistiğine Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından eklenen varyans ve ortalama eklenerek düzeltilmiştir. Monte Carlo deneyleri standart Breusch-Pagan LM testinin  $N > T$  panelleri için kötü performans gösterdiğini, Pesaran CD test’inin  $T < N$  olduğunda bile iyi performans gösterdiğini gösteriyor (Baltagi, 2005: 247). 16 nolu eşitlik Breusch-Pagan’ın LM (Lagrange Multiplier) testini gösterirken, 18 nolu eşitlik  $N > T$  durumunda kullanılan CD test eşitliğidir.

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \rho_{ij}^2 \quad (17)$$

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left( \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \rho_{ij} \right) \quad (18)$$

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T \rho_{ij}^2 - 1) \quad (19)$$

19 nolu eşitlik ise yine Pesaran (2004) tarafından önerilen Breusch ve Pagan (1980) testinin geliştirilmiş hali olan  $CD_{LM}$  testidir. Bu test hem  $T$ ’nin hem de  $N$ ’nin büyük olduğu durumlarda uygulanabilmektedir.

### 3. Bulgular

Çalışmada kripto para piyasasında etkin piyasa hipotezinin geçerliliğini test etmek amacıyla öncelikle ADF, PP ve KPSS birim kök testleri yapılmıştır. Tablo 2’de görüldüğü üzere ADF birim kök testinde sabitli ve seviyede EOS hariç diğer para birimleri durağan değildir. Değişkenler ancak 1. Farkları alındığında durağanlaşmaktadır. Bu anlamda ADF birim kök testine göre bu para birimleri için etkindir sonucuna ulaşılabilir. PP birim kök testinde de ADF ile aynı sonuçlar görülmektedir. KPSS birim kök test sonuçlarında ise değişkenler 1.farklarında durağandır. Seviyede durağan olmadıklarından KPSS testi için incelenen para birimleri piyasası etkindir şeklinde yorumlanmıştır.

Tablo 2. Zaman serisi birim kök test sonuçları

ADF	PP	KPSS
-----	----	------

			Seviye	1. Fark	Seviye	1. Fark	Seviye	1. Fark
BTC	Sabitli	t-istatistik	-1.395	-23.101	-1.505	-23.161	519.146	0.170
		Olasılık	0.585	0.000	0.530	0.000	0.000	0.864*
	Sabitli-Eğimli	t-istatistik	-3.284	-23.109	-3.356	-23.144	-28.451	-0.908
		Olasılık	0.069	0.000	0.058	0.000	0.000	0.364*
ETH	Sabitli	t-istatistik	-0.649	-23.887	-0.789	-24.025	191.917	-0.502
		Olasılık	0.856	0.000	0.820	0.000	0.000	0.615**
	Sabitli-Eğimli	t-istatistik	-2.307	-23.907	-2.386	-24.035	185.468	0.555
		Olasılık	0.428	0.000	0.386	0.000	0.000	0.578*
XRP	Sabitli	t-istatistik	-1.965	-14.315	-1.947	-22.929	9936.693	0.046
		Olasılık	0.302	0.000	0.310	0.000	0.000	0.963*
	Sabitli-Eğimli	t-istatistik	-2.088	-14.337	-2.339	-22.869	5338.072	0.839
		Olasılık	0.550	0.000	0.411	0.000	0.000	0.401*
BIT-cash	Sabitli	t-istatistik	-0.969	-21.739	-1.112	-21.810	163.731	-0.122
		Olasılık	0.765	0.000	0.712	0.000	0.000	0.902*
	Sabitli-Eğimli	t-istatistik	-2.923	-21.763	-2.990	-21.831	160.091	0.828
		Olasılık	0.155	0.000	0.135	0.000	0.000	0.407*
EOS	Sabitli	t-istatistik	-2.810	-23.171	-2.797	-23.206	7295.632	1.089
		Olasılık	0.057	0.000	0.059	0.000	0.000	0.276
	Sabitli-Eğimli	t-istatistik	-2.948	-23.319	-2.928	-23.361	3657.670	2.254
		Olasılık	0.148	0.000	0.154	0.000	0.000	0.024

\*KPSS test istatistiği kritik değerleri sırası ile: sabitli %1, %5 ve %10 için; 0.739, 0.463 ve 0.347. Sabitli ve trendli için; 0.216, 0.146 ve 0.119. \*, \*\*, %1 ve %5 kritik değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 3'te veriler için panel birim kök testleri uygulanmıştır. Veriler Levin-Lin Chu (LLC ) ve Im-Pesaran-Shin (IPS ) birim kök testlerinde sabitli-eğimli modelde seviyesinde durağan iken sabitli modelde durağan değildir. Dolayısıyla bu iki test için değişkenler etkindir. Hadri birim kök testinde hem sabitli hem de sabitli trendli modelde seviyesinde birim kök içermediği sonucuna ulaşılmıştır. Breitung birim kök testinde ise değişkenler seviyede durağan olmadığından LLC ve IPS birim kök test sonuçları ile aynı değerlendirilmektedir.

**Tablo 3. Panel birim kök test sonuçları**

			Seviye	1. Fark
LLC	Sabitli	T-İstatistik	-0,738	-19,776

		Olasılık	0,230	0,000
	Sabitli ve Trendli	T-İstatistik	-4,833	-28,178
		Olasılık	0,000	0,000
IPS	Sabitli	T-İstatistik	-0,333	-21,952
		Olasılık	0,369	0,000
	Sabitli ve Trendli	T-İstatistik	-2,052	-22,677
		Olasılık	0,020	0,000
Breitung	Sabitli ve Trendli	T-İstatistik	-0,078	-15,437
		Olasılık	0,468	0,000
Hadri	Sabitli	T-İstatistik	22,365	1,688
		Olasılık	0,000	0,045
	Sabitli ve Trendli	T-İstatistik	13,935	4,096
		Olasılık	0,000	0,000

Tablo 4' te Zivot-Andrews birim kök testi sonuçları verilmektedir. Model A' da Bitcoin kırılım tarihi 2019/2. dönem, ETH, XRP ve EOS için 2018/3. dönem, Bit-Cash için 2018/4. dönemdir. Model C' ye göre ise Bitcoin, ETH, Bit-Cash ve EOS için kırılım tarihi 2018/4. dönem iken XRP için 2018/1. dönemdir. Kırılmaların eski ABD Hazine Bakanı Steven Mnuchin'in görevi bırakmadan hemen önce kripto para piyasaları hakkında yaptığı açıklama (bloomberght.com. et: 15.09.2021) döneminden sonrasına denk gelmesi bu piyasaların şoklar haberler ve olaylardan etkilendiğinin göstergesi olmaktadır. Kırılma tarihleri her para birimi için değişkenlik göstermektedir. Fakat genel anlamda aynı dönem ve aynı yıl olarak görülen bu kırılmalar bu para birimlerinin olumlu-olumsuz şoklardan etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 4. Zivot- Andrews birim kök test sonuçları**

Değişkenler	Model A		Model C	
	t-istatistik	Kırılma	t-istatistik	Kırılma
Bitcoin	-3,411	2019/Q2 (4)*	-4,270	2018/Q4 (4)*
		0,034**		1,52**
ETH	-3,184	2018/Q3 (4)*	-2,750	2018/Q4 (4)*
		0,014**		0,003**
XRP	-2,650	2018/Q3 (4)*	-4,567	2018/Q1 (4)*
		0,029**		0,837**
BIT-Cash	-3,703	2018/Q4 (4)*	-4,420	2018/Q4 (4)*
		0,003**		7,94**
EOS	-3,490	2018/Q3 (4)*	-3,076	2018/Q4 (4)*
		0,03**		0,004**

\* Akaike bilgi kriteri tarafından seçilen gecikme sayısını belirtmektedir.

\*\*Model A kritik değerleri sırasıyla %1, %5 ve %10 için :-5.34, -4.93 , - 4.58. Model C kritik değerleri sırasıyla : -5.57, -5.08, -4.82

Tablo 5' de birimler arasındaki yatay kesit bağımlılığını ölçmek amacıyla Bresuch-Pagan, Paseran CD ve Paseran CD<sub>LM</sub> test sonuçları verilmiştir. Buna göre;

*H0: Yatay kesit bağımlılığı yoktur.*

*H1: Yatay kesit bağımlılığı vardır.*

Verilerin olasılık değerleri 0,05' ten küçük olduğundan dolayı H0 hipotezi reddedilerek H1 hipotezi kabul edilir. Seriler arasında yatay kesit bağımlılığının olması analize dahil olan birimlerden her hangi birinde ortaya çıkan olumlu ya da olumsuz şokun diğer birimleri de etkilemesi anlamına gelmektedir. Değişkenlerin birinde yaşanan şok diğer değişkenleri de etkilemektedir.

**Tablo 5. Yatay kesit bağımlılığı**

Test	İstatistik	d.f.	Olasılık
Breusch-Pagan LM	3.204.432		0.0000
Pesaran scaled LM	7.142.967	10	0.0000
Pesaran CD	5.559.796		0.0000

### **Sonuç (12 punto, kalın ve sola yaslı)**

Piyasaların etkinliğini belirleyen birçok etken bulunmaktadır. Piyasa derinliği, denetim mekanizması, bilgi akışı ve yatırımcı profili bu etkenlerden sayılabilir. Dolayısıyla günümüzde bir piyasanın tam anlamıyla etkin olduğu ya da etkin olmadığı varsayımı son zamanlarda geçerliliğini yitirmektedir (Urquhart ve McGroarty 2016). Etkin Piyasa Hipotezi araştırılan piyasanın etkinliği hakkında bilgi veren en temel hipotezdir. Bu çalışmada kripto para piyasasında işlem gören 5 para cinsinin (Bitcoin, Ethereum (ETH), Ripple (XRP), Bitcoin-cash ve EOS) 08/10/2017 ile 02/05/2019 tarihleri arasındaki günlük verileri kullanılarak zayıf formda piyasa etkinliği analiz edilmiştir. Bireysel birim kök test sonuçlarına göre EOS hariç diğer para birimleri piyasası etkindir. Panel birim kök test sonuçlarında ise LLC, IPS ve Breitung birim kök testleri sonuçlarına göre seriler durağan olmadığından etkindir şeklinde yorumlanmıştır. Bu veriler ışığında araştırılan piyasa için zayıf formda etkin piyasa hipotezi geçerlidir. Fakat etkinlik kalıcı bir durum değildir. Bu çalışmada sunulan sonuçlar kripto para piyasasının etkinliği ile ilgili daha fazla araştırma yapılmasını teşvik edebilir. ZA (1992) yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçlarında görüldüğü üzere kırılmalar genellikle 2018 yılı üçüncü ve dördüncü çeyrekte görülmektedir. Eski ABD Hazine Bakanı Steven Mnuchin'in görevi bırakmadan önce kripto para piyasalarının denetimi ve şeffaflığı ile ilgili radikal uygulamalar yapılacağı yönündeki açıklamasının ardından bu piyasalardaki para birimleri - başta Bitcoin- ani düşüşe geçmiştir (bloomberght.com. et: 15.09.2021). Bu düşüş 2019 yılının ilk çeyreğine kadar devam etmiştir. Yatay kesit bağımlılığı sonuçları ZA (1992) yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçlarını destekler nitelikte sonuç vermiştir. Para birimlerinin herhangi birinde yaşanan olumlu ya da olumsuz şok diğer para birimlerini de etkilemektedir. Elde edilen bu veriler ışığında kripto para piyasaları, yaşanan şoklar karşısında duyarlı iken, birimlerin hareketleri birbirine bağlıdır. Bu durum bahse konu olan piyasaların etkin olduğunun işareti iken bu etkinliğin sürdürülebilirliği şüphelidir. Kripto para piyasaları takip edilemez ve denetlenemez olduğundan tercih edilse de bu piyasaların yeni dönemdeki hacmi ve kullanıcı sayısının artışı sebebiyle denetime açık olması gerektiği görüşündeyiz. Piyasanın şoklara duyarlı olması ve fiyat hareketliliğinin birbirine bağlı olması denetim ve takip edilebilirliği gerekli kılmaktadır.

## Kaynakça

- Bachelier, Louis. «Théorie de la spéculation.» *Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure* (Normale Supérieure), 1900: Série 3; Tome 17; pp 21-86.
- Baltagi, Badi H. *Econometric Analysis of Panel Data*. England: John Wiley & Sons Ltd, 2005.
- Bariviera, Aurelio F. «The inefficiency of Bitcoin revisited: A dynamic approach.» *Economics Letters*, 2017: 161: 1-4.
- Bartos, Jakub. «Does Bitcoin follow to hypothesis of efficient market.» *International Journal of Economic Sciences*, 2015: 4:10-23.
- Breitung, Jörg. «The local power of some unit root tests for panel data, „ Bingle.» *Advances in Econometrics*, 2001: 15:161-177.
- Breusch, Trevor S, ve Adrian Pagan. «The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification Tests in Econometrics.» *Review of economic Studies*, 1980: 47: 239-253.
- Buchholz, Martis, Jess Delaney, ve Joseph Warren. *Bits and Bets Information, Price Volatility, and Demand for Bitcoin*. Working Paper, Economics 312, 2012.
- Chu, Jeffrey, Yuanyuan Zhang, ve Stephen Chan. «The adaptive market hypothesis in the high frequency cryptocurrency market.» *International Review of Financial Analysis*, 2019: 6: 221-231.
- Corbet, Shaen, Brian Lucey, Maurice Peat, ve Samuel Vigne. «Bitcoin Futures—What use are they?» *Economics Letters*, 2018: 172: 23-27.
- Dickey, David.A., ve Wayne A. Fuller. «Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root.» *Journal of the American Statistical Association*, 1979: 74: 427-431.
- Escanciano, J. Carlos, ve Ignacio N. Lobato. «Testing the martingale hypothesis.» *Palgrave Handbook of Econometrics* içinde, yazar Patterson K. (eds) Mills T.C., 972-1003. London: Palgrave Macmillan, 2009.
- Fama, Eugene F. «Efficient capital markets: A review of theory and empirical work.» *Journal of Finance*, 1970: 25 (2): 383-417.
- Hadri, Kaddour. «Testing for stationarity in heterogeneous panel data.» *The Econometrics Journal*, 2000: 3 (2):148-161.
- Hurst, Harold Edvin. «Long-term storage capacity of reservoir.» *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 1951: 116: 770-808.
- Im, Kyung So, M. Harsem Pesaran, ve Yongcheol Shin. «Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels.» *Journal Of Econometrics*, 2003: 115: 53-74.
- Khuntia, Sashikanta, ve J.K. Pattanayak. «Adaptive market hypothesis and evolving predictability of bitcoin.» *Economics Letters*, 2018: 167: 26-28.
- Koçoğlu, Şahnaz, Yasin Erdem Çevik, ve Cihan Tanrıöven. «Bitcoin Piyasalarının Etkinliği, Likiditesi ve Oynaklığı.» *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 2016: 8(2): 77-97.

- Korap, Kutay, ve Erol Oytun Ercan. *bloomberght.com*. 26 Kasım 2020. [www.bloomberght.com/bitcoin-de-2018-senaryosu-yeniden-yasanir-mi-2269456](http://www.bloomberght.com/bitcoin-de-2018-senaryosu-yeniden-yasanir-mi-2269456) (erişildi: Eylül 15, 2021).
- Kwiatkowski, Denis, Peter C. B. Phillips, Peter Schmidt, ve Yongcheol Shin. «Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit Root: How Sure are We that Economic Time Series have a Unit Root.» *Journal of Econometrics*, 1992: 54/ 159-178.
- Lee, Chien Chiang, Ching Chuan Tsong, ve Cheng Feng Lee. «Testing for the efficient market hypothesis in stock prices: International evidence from nonlinear heterogeneous panels.» *Macroeconomic Dynamics, Cambridge University Press*, 2014: 18(4): 943-958.
- Levin, Andrew, Chien-Fu Lin, ve Chia-Shang James Chu. «Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties.» *Journal of Econometrics*, 2002: 108: 1-24.
- Nadarajah, Saralees, ve Jeffrey Chu. «On the inefficiency of Bitcoin.» *Economics Letters*, 2017: 150: 6-9.
- Nakamoto, Satoshi. «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.» *www.bitcoin.org*. 2008. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (erişildi: Nisan 21, 2019).
- Nan, Zheng, ve Taise Kaizoji. «Market efficiency of the bitcoin Exchange rate: Weak and semi-strong form tests with the spot, futures and forward foreign Exchange rates.» *International Review of Financial Analysis*, 2019: 64: 273-281.
- Perron, Pierre. «The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis.» *Econometrica*, 1989: 57: 1361-1401.
- Pesaran, M. Harsem. *General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels*. London: Cambridge Working Papers in Economics, 0435, Faculty of Economics, University of Cambridge, 2004.
- Pesaran, M. Harsem, ve Takashi Yamagata. «Testing Slope Homogeneity in Large Panels.» *Journal of Econometrics*, 2008: 142 (1): 50-93.
- Phillips, Peter C. B., ve Pierre Perron. «Testing for a Unit Root in Time Series Regression.» *Biometrika*, 1988: 75 (2): 335-346.
- Samuelson, Paul A. «Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly.» *Industrial Management Review*, 1965: 6(2): 41-49.
- Tatoğlu, Ferda Yeldelen. *Panel Zaman Serileri Analizi Stata Uygulamalı*. İstanbul: Beta Yayınları, 2017.
- Tiwari, Aviral Kumar, R. K. Jana, Debojyoti Das, ve David Roubaud. «Informational Efficiency of Bitcoin—An Extension.» *Economics Letters*, 2018: 163: 106-109.
- Urquhart, Andrew. «The inefficiency of Bitcoin.» *Economics Letters*, 2016: 148: 80-82.
- Urquhart, Andrew, ve Frank Mc Groarty. «Are stock markets really efficient? Evidence of the Adaptive Market Hypothesis.» *Int. Rev. Financ. Anal.*, 2016: 47: 39-49.
- Wang, Kevin. «Measuring Global Crypto Users; A Study to Measure Market Size Using On-Chain Metrics.» *crypto.com*. July 2021. [https://crypto.com/research/article?category=data&page=on\\_chain\\_market\\_sizing\\_july](https://crypto.com/research/article?category=data&page=on_chain_market_sizing_july) (erişildi: September 15, 2021).

- Y, Campbell John, Andrew V Lo, ve MacKinlay A. Craig. «The Econometrics of Financial Markets.» *Princeton University Press*, 1997: 28-33.
- Zięba, Damian, Ryszard Kokoszczyński, ve Katarzyna Śledziewska. «Shock Transmission In the Cryptocurrency Market. Is Bitcoin the Most Influential?» *International Review of Financial Analysis*, 2019: 64: 102-125.
- Zivot, Eric, ve Donald W.K. Andrews. «Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis.» *Journal Of Business And Economic Statistics*, 1992: 10(3): 253.