

Zayıf Form Etkinlik ve Kripto Para Piyasası

Süleyman AÇIKALIN¹ - İlker SAKINÇ²

Makale Gönderim Tarihi: 11 Şubat 2021

Makale Kabul Tarihi: 31 Mart 2022

Öz

Bu çalışmanın amacı kripto para piyasasının rassal yürüyüş hipotezine göre zayıf form etkin piyasa olup olmadığını test etmektir. Bu çalışmada işlem hacmi en yüksek yedi kripto paraya ait 02.01.2018 ile 18.08.2021 tarihleri arasındaki günlük getiri serisi kullanılmıştır. Zayıf form etkin piyasa hipotezi normallik testi, birim kök testleri, koşu testi ve varyans oran testi analiz yöntemleri ile test edilmiştir. Yapılan testler sonucunda serilerin normal dağılıma sahip olmadıkları, durağan oldukları, seride zamansal bağımsızlığın olmadığı ve serinin rassal davranışa sahip olmadığı şeklinde ifade edilebilecek sonuçlara varılmıştır. Bu sonuçlar bize kripto para piyasasının zayıf form etkin bir piyasa olmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Etkin Piyasa Hipotezi, Zayıf Form Etkinlik, Kripto Para Piyasası

JEL Sınıflandırması: A11, G10, G14

Weak Form Efficiency and Cryptocurrency Market

Abstract

The aim of this study is to test whether the cryptocurrency market is a weak-form efficient market according to the random walk hypothesis. In this study, the return series between 02.01.2018 and 18.08.2021 of the seven

¹ Doç. Dr., Hitit Üniversitesi İİBF, İktisat Bölümü, suleymanacikalin@hitit.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9634-3897

² Doç. Dr., (Sorumlu Yazar), Hitit Üniversitesi İİBF, Bankacılık ve Finans Bölümü, ilkersakinc@hitit.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9549-8563

crypto currencies was used. The hypothesis was tested with the normality, the unit root, the running and the variance ratio test methods. As a result, it was concluded that the series do not have a normal distribution, they are stationary, there is no temporal independence in the series and the series do not have the characteristics of a random walk series. These results show us that the cryptocurrency market is not a weak-form efficient market.

Keyword: Efficient Market Hypothesis, Weak Form Efficiency, Cryptocurrencies

JEL Classification: A11, G10, G14

1. Giriş

Kripto para online işlemlerde bankacılık sisteminin sunduğu mevcut ödeme şekillerine alternatif olarak kullanılan şifreli, sanal ve dijital bir para birimidir. Hükümet veya merkez bankası gibi bir merkezi otoritenin kontrolü altında değildir. Kripto paralar bir taraftan özellikle internet işlemlerinde ödeme aracı olarak kullanılırken diğer taraftan sundukları yüksek getiri olasılıkları nedeniyle birer yatırım aracı olarak da kabul edilebilmekte ve her geçen gün piyasa hacimleri ve çeşitlilikleri artmaktadır.

Aşağıda yer alan Tablo 1'den takip edilebileceği üzere küresel kripto para piyasasında en çok işlem gören ve tanınan kripto para birimi Bitcoin'dir ve %41,5 ile piyasada en yüksek paya sahiptir. Bitcoin ve Ethereum birlikte piyasa değerinin %60'ını oluştururken bu pay ilk on kripto para için %75'in üzerindedir. 24 Kasım 2021 itibarı ile küresel kripto para piyasasındaki para sayısı 14.700'ün üzerindedir. Bu piyasanın toplam değeri 2,491 trilyon Amerikan dolarına eşittir ve bunun 1,036 trilyon Amerikan Dolarlık kısmı Bitcoin'e aittir (Coinmarketcap, 2021). Bu piyasadaki hızlı gelişimi göstermek adına 2013 yılında 66 olan kripto para çeşidinin 2016'da 644'e, 2019'da 2817'ye, Şubat 2021'de 4501'e ve Eylül 2021'de 6506'ya yükseldiğini hatırlatabiliriz (Statista, 2021).

Tablo 1. Kripto Para Piyasasında Durum

Sıralama	İsim	Fiyat	Market Değeri	24 saatlik hacim	% Pay
1	Bitcoin	\$56,282.79	\$1,059,160,047,343	\$33,836,590,854	41,5121
2	Ethereum	\$4,215.63	\$499,057,199,326	\$20,408,665,214	19,5904
3	Binance	\$582.63	\$97,035,580,427	\$2,331,591,604	3,8091
4	Tether	\$1.00	\$72,554,499,249	\$83,619,214,316	2,8481
5	Solana	\$209.40	\$63,680,088,774	\$2,205,573,308	2,4969
6	Cardano	\$1.61	\$53,725,756,243	\$2,675,239,337	2,1057
7	XRP	\$1.02	\$48,244,061,943	\$3,020,275,498	1,8908
8	Polkadot	\$38.95	\$38,208,266,299	\$1,118,527,435	1,4999
9	USD Coin	\$1.00	\$36,997,299,659	\$4,680,723,544	1,4523
10	Dogecoin	\$0.2139	\$28,377,830,591	\$1,432,146,174	1,1132
	Toplam				78,2204
	Diğerleri				21,6815

Kaynak: Coinmarketcap, (2021)

2010 yılından beri hızla büyüyen ve fiyatlarında büyük oynaklıklar yaşanan kripto paralar üzerine yapılan akademik çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu konudaki önemli hususlardan bir tanesi kripto paraların sadece spekülasyon amaçla kullanılacak bir seçenek mi yoksa finansal yatırım açısından sağlam bir alternatif mi sunduğu ile ilgilidir. Bu konu ile ilgili olarak kripto para piyasalarının hisse senedi piyasalarına benzerlikleri ve bu anlamda da finansal etkinlikleri sıkça sorgulanmıştır. Kripto para piyasalarında görülen yüksek oynaklık ve spekülasyona açık olduklarına dair inanış bu paraların rasyonel yatırımcılar için sağlam bir yatırım aracı olarak kabul edilmesi önünde yer alan önemli engeller olarak durmaktadır.

Bu çalışmada önce kripto para piyasaları ve kripto para çeşitleri hakkında genel bilgi verilmiştir. İkinci bölüm kripto para ve finansa çok önemli bir model olan etkin piyasa hipotezine ayrılmıştır. Bu bölüm içerisinde kripto paranın tanımı, gelişimi, etkin piyasa hipotezi hakkında açıklamalar ve bu konular ile ilgili literatür taraması yer almaktadır. Üçüncü bölümde 2021 yılı içerisinde en yüksek işlem hacmine sahip olan yedi kripto para günlük getiri değerleri kullanılarak yapılan etkinlik analizinde kullanılan veri ve araştırma yöntemi açıklamaları yer almaktadır. Dördüncü bölümde kripto paralar için yapılan etkinlik analiz sonuçları verilerek değerlendirilmektedir. Son bölüm genel bir değerlendirme yapmak üzere sonuç bölümü olarak düzenlenmiştir.

2. Kripto Para, Etkin Piyasa Hipotezi ve Literatür Taraması

2.1. Kripto Para ve Blok Zincir

Bitcoin, 2009 yılında açık kaynaklı bir yazılım olarak tanıtılan ilk merkezi olmayan kripto para birimidir. O zamandan beri, sanal pazara altcoinler olarak adlandırılan birçok başka dijital para birimi girmiştir. Kripto para birimleri tipik blok zinciri işlemini paylaşmakta ve katılımcılar, merkezi bir sistem olmadan, dijital jeton kullanarak ağı çalıştırmaktadır (Hawaldar, Rajesha ve Souza, 2019, s. 2301.; Alam, 2017, s. 2285.; Kang, Lee ve Park, 2021, s.1.).

Kripto paralar küresel boyutta hızla yaygınlaşan e-ticaret sonrasında sanal ortamda yapılan ödemeler için uluslararası bankacılık sistemi dışında olan ve yapılacak ödemeler için kolaylık ve güvenlik sağlayacak bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Mevcut uluslararası bankacılık sisteminde e-ticaret sisteminin tam karşılayamadığı ihtiyaçlar söz konusu idi. Bunlardan kolaylık, güven ve işlemlerin geri çevrilebilirliğini önleyecek bir alternatif özellik yeni sistemde aranılan özellikler arasında yer almıştır.

Nakamoto (2008) elektronik ticaret ortamında güvene dayanan ancak aracı kurumlara ihtiyaç duyulan ödeme şekli yerine, şifrelenmiş kaniyelere dayalı bir elektronik ödeme sistemi olarak kripto paraları önermektedir. Kripto para sistemi herhangi iki istekli tarafın güvenilir bir üçüncü tarafa ihtiyaç duymadan doğrudan birbirleriyle işlem yapmasına olanak tanır ve bu işlemleri geri çevirebilecek bir aracı kurum yoktur. Nakamoto'nun Ekim 2008'de yayınladığı "Bitcoin: Eşten Eşe (P2P) Elektronik Nakit Sistemi" başlıklı makale aracılığıyla dünyaya şifrelenmiş bir ödeme sistemi aracı olarak ilk blok zinciri modelini tanıtmıştır. Blok zincir teknolojisi, kriptografiye ve dağıtılmış eşten eşe ağ mimarisine dayanan yeni bir tür dijital sistemdir.

Kripto para güven meselesini ve üçüncü taraflar tarafından işlemin iptal edilmesi olasılığı gibi sorunları çözümlenirken merkez bankaları tarafından kontrol veya manipüle edilemeyecek bir alternatif sunmuştur. Kripto parayı dolaşımdaki fiziksel paradan ayıran başka bir özellik toplam miktarının sabit tutulması veya miktarlarındaki artışın önceden belirlenen kurallara tabi olması nedeniyle değerinde beklenmedik miktar artışına bağlı bir enflasyon etkisinin söz konusu olmamasıdır. Tam tersine, arzı sabit iken talep artışı yaşanması durumunda kripto paraların değerinde artış olması beklenmektedir. Bu bağlamda değerli madenlerde olduğu gibi arzı sabit tutulan ve dijital çağda büyük oranda talep artışı yaşayan Bitcoin ve benzeri kripto paralar bir yatırım aracına dönüşmüşlerdir.

Blok zincir teknolojisi yeni bir işlem gerçekleştiğinde veya var olan bir işlem düzenlendiğinde yeni blokların zincire ek olarak bağlanmasını sağlamaktadır. Bu sistemde veriler üçüncü bir tarafın merkezi bir sunucusunda depolanmak yerine tüm katılımcıların hesaplarında dağıtılmış olarak saklanmaktadır. Bu nedenle merkezi bir sisteme ait değildir. Blok zinciri ve kriptografi teknolojisinde gerçekleştirilen işlemler, tüm katılımcılar tarafından mutabık kalınan işlemlerdir. Blok zinciri bir zincire bağlı oluşturulmuş blokların bir koleksiyonudur ve her bloktaki sabit işlem kayıtları dağıtılmış açık bir hesap tarafından belirli bir süre için saklanmaktadır. Blok zincirindeki her blok önceden oluşturulmuş bir bloğa bağlanmakta ve bu bağlantı ilk bloğa kadar uzanmaktadır (Kang ve diğerleri, 2021; Hawaldar ve diğerleri, 2019; Alam, 2017; Nakamoto, 2008).

Kripto para, tüm kripto para sistemi tarafından, sistemde belirtilen bir oranda ortaklaşa üretilmekte ve üretildikten sonra duyurulmaktadır. Merkez bankacılık sisteminde piyasada yer alan kağıt para miktarı başta yeni para basılması şeklinde olmak üzere arttırılabilir. Merkezi olmayan kripto para birimi söz konusu olduğunda merkezi bir otorite tarafından üretimi arttırılamayacaktır. Belki de bu nedenle olsa gerek bu para birimlerinin yasallığı ülkeden ülkeye değişmektedir (Hawaldar ve diğerleri, 2019).

Kripto paraların artan sayısına ve artan işlem hacmine rağmen değerlerinde görülen yüksek oynaklık yatırım aracı olma açısından sakıncalar oluşturmaktadır. Kripto paraların değer oynaklığını arttıran olaylardan bir tanesinin farklı ülkelerin zaman zaman bu piyasalar konusunda yapmış oldukları düzenlemeler olduğu da görülmektedir. Kripto para değerlerinin kripto para konusunda çıkan haberlere ve hükümetlerin para politikası müdahalelerine nasıl tepki verdikleri (Vidal-Tomas ve Ibanez, 2018, s. 262.) ve kripto paraların merkez bankaları için ne gibi sıkıntılar veya fırsatlar yarattığı (Nabilou ve Prüm, 2019, s. 3.; Claeys, Demertzis ve Efstathiou, 2018, s. 2.; Bech ve Garratt, 2017, s. 63.) literatürde sıkça araştırılan konular arasındadır.

2.2. Etkin Piyasa Hipotezi

Etkinlik hipotezi piyasaların varlık fiyatlandırmasında mevcut bilgiyi ne oranda kullandıkları ile ilgilidir. Etkin piyasa hipotezi hisse senetleri fiyatlarının piyasada mevcut olan bütün bilgileri dikkate alarak oluştuğunu ve bilgi düzeyinde meydana gelen değişmelerin anında hisse senetleri fiyatlarına yansıdığını ifade etmektedir. Bu şartlar altında piyasa getirisinin üzerinde bir getirinin sürekli olarak elde edilmesi mümkün olamayacaktır.

Eugene Fama 1965 yılında mevcut bilgilerin hisse senedinin gerçek değerini belirlemede önemli bir rol oynadığını ve bilgideki herhangi bir deği-

şikliğinin anında hisse senedi fiyatlarına yansıdığını söyleyen etkin piyasa kavramını öne sürmüştür. Hisse senedi fiyatları, herhangi bir yeni bilgiye hızlı tepki veriyor ve piyasadaki bu değişimler herhangi bir şablona uymadığından bunları öngörebilecek bir model geliştirilemiyordu (Singh, Babshetti ve Shivaprasad, 2021, s.2.; Hamid, Suleman, Ali Shah, ve Imdad Akkash, 2010, s.122.). Bu durum hisse senedi fiyatlarının rassal bir yürüyüşe sahip olduğu anlamına gelmektedir. Fama (1965) bunu şu şekilde ifade etmektedir: Rassal yürüyüş teorisi, bir menkul kıymetin fiyat seviyesinin gelecekteki yolunun, bir dizi kümülatif rassal sayının yolundan daha fazla tahmin edilebilir olmadığını söylemektedir. Daha basit bir şekilde söylemek gerekirse fiyat değişiklikleri serisinin hafızası yoktur ve geçmiş, geleceği anlamlı bir şekilde tahmin etmek için kullanılamaz.

Etkin piyasa hipotezini ortaya atan Fama bir piyasanın mutlak düzeyde kuvvetli etkin olup olmayacağını kesin olarak bilinmeyeceğini fakat çeşitli makroekonomik değişkenlere ve dışsal etkilere tepki olarak gösterdiği fiyat değişimlerinden 3 temel form altında sınıflandırılabilirliğini belirtmiştir (Fama, 1970). Zayıf formdaki piyasalarda Fama'nın tabiriyle "piyasayı yenmek", terminolojik tabirle ise "uzun vadede ortalama getirinin üzerinde kazanç elde etmek" mümkün değildir. Bunun sebebi geçmiş fiyatların gelecek fiyatlar üzerinde etkisinin olmamasıdır. Yarı-güçlü piyasalarda zayıf form etkinlik düzeyi koşuluna ek olarak, halka açık bilgileri kullanarak yapılacak teknik analizlerle ortalamanın üstünde getiri elde etmek mümkün değildir çünkü tüm bilgi zaten fiyatlanmıştır. Güçlü etkin piyasalarda ise halka açık bilgilere ek olarak halka açık olmayan bilgilerin kullanılması durumunda dahi piyasayı yenmek söz konusu olamayacaktır. Bu senaryolar dâhilinde ortalama üzeri getiri ancak geçici niteliktedir ve uzun dönemde getiri piyasa ortalama getirisine yaklaşacaktır (Hailu ve Vural, 2020; Güleç ve Aktaş, 2019).

Etkin piyasa hipotezi aynı zamanda sermaye piyasalarının mükemmel olmasını gerektirmektedir. Copeland ve Weston'un (1988) çalışmasında mükemmel sermaye piyasalarının taşıdığı özellikler açıklanmaktadır. İlk olarak piyasaların sürtünmesiz olması yani devlet müdahalesinin veya bir işlem maliyetinin olmaması ve de tüm varlıkların bölünebilir ve pazarlanabilir olması gerekmektedir. İkinci olarak mal ve menkul kıymet piyasalarında tam rekabet vardır. Bu durumda ki piyasalarda fiyat veridir ve alıcı ve satıcılar tarafından belirlenemez. Üçüncü olarak piyasalarda bilgi tamdır, tüm taraflarca simetrik olarak bedel ödmeden elde edilebilir. Son olarak tüm bireyler rasyoneldir. Etkin piyasa hipotezinde yatırımcıların tepkileri rastgeledir ve normal bir dağılım modeli izler. Bu durumda bu davranışların çalışılarak aşırı karlı bir

davranış modeli oluşturulamaz (Copeland ve Weston, 1988, s. 331.; Hamid ve diğerleri, 2010).

Finansal piyasalarda etkinlik arayışı bir taraftan finansal yatırım yapacak kişilerin davranış modelleri açısından önemli iken diğer taraftan fonların makroekonomik boyutta etkin bir dağılımını sağlayıp sağlayamaması açısından da önemlidir. Konu makroekonomik açıdan fonların doğru dağılımı ve ekonomik büyümenin desteklenmesi açısından önemlidir.

Fama'nın (1965) çalışmasından önce piyasaların etkinliği olgusu "rassal yürüyüş teorisi" olarak çalışılmıştır. 1953 yılında M. Kendall tarafından yayınlanan *Ekonomik Zaman Serilerinin Analizi* adlı makalede 22 adet haftalık ve aylık fiyat serisi incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda serideki fiyatların bir dönemden diğerine rassal değişimleri takip ettiği ve bir sonraki fiyatların geçmiş verilere dayanılarak tahmin edilemeyeceği tespit edilmiştir. Bu konudaki ampirik çalışmalar rassal yürüyüş teorisi olarak adlandırılmıştır (Hailu ve Vural, 2020).

2.3. Kripto Paraların Etkinliği: Literatür Taraması

Kripto paraların etkinliği ilk olarak Urquhart (2016) tarafından ilk kripto para olan Bitcoin için yapılmış ve 1 Ağustos 2010 - 31 Temmuz 2016 aralığı için Bitcoin getirilerinin zayıf anlamda etkin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, bu zaman aralığı ikiye bölünerek tekrarlanan testlerde 1 Ağustos 2013 ve 31 Temmuz 2016 olarak belirlenen ikinci zaman dilimi için yapılan testlerden iki tanesinde Bitcoin getirilerinin etkin olduğu boş hipotezi ret edilememiştir. Bu nedenle de Urquhart (2016) başlangıçta etkin olmayan Bitcoin getirilerinin zamanla etkinleştiği yorumunu yapmıştır.

Öte taraftan, Nadarajah ve Chu (2017) Bitcoin'in günlük getirilerinin güç dönüşümü sonrası yapılan sekiz ayrı test ile Bitcoin getirilerinin etkin piyasa hipotezine uygun olduğunu tespit etmiştir. Vidal-Tomas ve Ibanez (2018) Bitcoin'in etkinliğini olay çalışması yöntemi ile ele almıştır. Buna göre, Bitcoin piyasasının Bitcoin ile ilgili haberlere zamanında cevap verdiği ve bu anlamda etkin olduğu ama öte taraftan para politikası değişimlerine karşı ise etkin olmadığı tespit edilmiştir. Bitcoin'in merkez bankalarının politikalarından etkilenmeden sadece Bitcoin'e dayalı haberlere bağlı olarak hareket etmekte olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kripto para çeşitlerinden üzerinde en çok çalışılan kripto para Bitcoin'dir. Hawaldar ve diğerleri (2019) 2003-2017 dönemi için Bitcoin ve Litecoin günlük döviz kurunun ABD doları karşısında zayıf form etkinliğini test etmiştir. Piyasaların zayıf etkinliği genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF)

birim kök testi, Philips Perron (PP) testi ve Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) testleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak Bitcoin ve Litecoin döviz kurunun rastgele bir yürüyüş sergilediğini yani zayıf form etkinliğe sahip oldukları ortaya konmuştur. Alam (2017) Bitcoin ve Litecoin verileri yapılan bir diğer kripto para piyasa etkinlik çalışması örneğidir. 2015 ve 2016 yılları için yapısal kırılmalı GARCH (1,1) birim kök modeli kullanılmıştır. Piyasa etkinliği değerlendirmesinde ADF, DF-GLS, Phillips-Perron, KPSS ve Ng-Perron birim kök testleri kullanılmıştır. Analiz sonunda birim kök testleri Bitcoin ve Litecoin için modelinin durağan olduğunu gösterdiğinden, bu piyasalarda zayıf form etkinliğinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Yazar kripto paraların değerinin tamamı ile spekülasyon sonucu oluştuğundan dolayı etkinliğinin olmadığı açıklamasında bulunmuştur.

Kang ve diğerleri (2021) çalışmasında zayıf form piyasa etkinliğini test etmek üzere rassal yürüyüş testi yapılırken, yarı güçlü etkinlik formu için olay çalışması yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonuçları toplam 893 kripto para biriminden sadece 54'ünün (%6.04) zayıf formda etkin piyasa hipotezini ve yine sadece 24'ünün (%2.695) ise yarı güçlü piyasa hipotezini karşıladığını göstermiştir. Kasım 2017'den önce kurulan kripto para borsalarından büyük boyutlu borsaların zayıf ve yarı güçlü formda etkinlik gösterme olasılıklarının daha yüksek olduğunu tespit edilmiştir.

Koçoğlu, Çevik ve Tanrıöven (2016) Bitcoin'in fiyatlandırılmasını, Bitcoin borsalarının etkinliğini, likiditesi ve oynaklığını analiz etmiştir. Yatırım aracı olarak ele alındığında da yüksek getirisine rağmen, güvenilir bir araç olmadığı, volatilitésinin çok yüksek olduğu ve spekülatif kullanıma açık olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, Bitcoin piyasasında toplam hacmin büyük kısmına sahip olan Bitfinex, Bitstamp, Btce ve Okcion borsaları günlük verileri 19/05/2014 ile 06/09/2015 dönemi için kullanılmıştır. Yapılan eşbütünleşme ve Granger nedensellik analizleri sonucunda Bitcoin borsalarının rastgele hareket eden zayıf etkin piyasalar olduklarına dair istatistiksel bir kanıt bulunmamıştır.

Erdoğan (2018) piyasa etkinliğini belirlemek için 2 farklı etkinlik indeksi kullanmıştır. Bunlar etkinlik indeksi (EI) ve sermaye piyasası etkinlik üssü (CMEE) etkinlik indeksleridir. Etkinlik indeksleri etkin piyasa durumundan uzaklığı ifade etmek amacıyla hesaplanan değerlerdir. EI indeksine göre Bitcoin, Ethereum ve Bitcoin cash kripto paralarının güçlü form etkinliğe ve de Ripple'ın ise zayıf form etkinliğe yakın olduğu bulunmuştur. Öte taraftan ikinci etkinlik indeksi olan CMEE indeksine göre ise Bitcoin, Ethereum, Bit-

coin cash ve Ripple kripto paralarının orta güçlü etkin piyasa olduğu belirlenmiştir.

Yılmaz ve Akkaya (2020) 2013-2020 dönemi için Bitcoin ve Litecoin piyasalarının etkinliğini araştırmıştır. Çalışma kapsamında ADF, PP, Ljung-Box, ARMA ve KWH testleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda her iki serinin de zayıf form etkinliği destekler şekilde rassal yürüyüş özelliğine sahip oldukları tespit edilmiştir. Yine bu çalışmada her iki seri için hatanın günü etkisinin olup olmadığını tespit için Kruskal Wallis H testi uygulanmış ve haftanın günü etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bu bulgu serilerin zayıf form etkinliğe sahip olduğu bulgusunu destekler niteliktedir.

Kripto paralar arasında 2010'ların başından beri varlığını sürdüren ve belli oranda piyasa payını koruyanlar olgun olarak adlandırılabilir. Bunlar için kripto para piyasalarındaki derinliğin artması sonucu oynaklık dereceleri de azalmaktadır. Bu durum bu piyasalarda etkinliğin zamanla artacağına dair bir işaret olarak yorumlanmaktadır. Uzun hafıza özelliği bu piyasalarda etkinliğin olmadığına dair bir işarettir (McMillan ve Thupayagale, 2008, s. 327.). Zayıf etkin piyasa hipotezi ile zaman serisinde olabilen uzun hafıza özelliği birbirleri ile yakın ilgilidir. Uzun hafıza özelliği fiyatların tahmin edilebilir bir yapı sergilediklerini göstermekte yani serilerin rassal olmadığı ve de bu nedenle zayıf form etkinlik hipotezinin ret edilmesine yol açmaktadır. Bitcoin, Litecoin, Ethereum ve Ripple gibi köklü paralar uzun hafıza özelliği sergilerken yeni kripto paralar için bu durum tespit edilmemiştir (Güleç ve Aktaş, 2019, s.508.).

3. Veri ve Araştırma Yöntemi

Zayıf formda etkin piyasalar hipotezine göre menkul kıymetlerin geçmiş fiyat hareketlerinden hareketle gelecekteki fiyatların tahmin edilemeyecektir. Bu çalışmada zayıf formda etkin piyasalar hipotezi en büyük işlem hacmine sahip yedi kripto para ile test edilecektir. Bunun için kripto paraların 02.01.2018 ile 18.08.2021 tarihleri arasındaki 1.325 günlük getirileri kullanılmıştır. 18.08.2021 tarihine göre işlem hacmi en büyük yedi kripto para Bitcoin, Ethereum, Binance, Cardano, Tether, Xrp ve Dogecoin'dir. Bu paralara ait günlük kapanış fiyat verileri investing.com internet sitesinden elde edilmiştir. Kripto paralara ait getiriler aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$R_t = Ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \quad (1)$$

Formülde;

R_t = Kripto paranın t zamandaki getirisinin doğal logaritmik değerini

P_t = Kripto paranın t zamandaki kapanış fiyatını

P_{t-1} = Kripto paranın t-1 zamanındaki kapanış fiyatını

Ln doğal logaritmayı göstermektedir.

Zamana bağlı getiri öngörülebilirliğini değerlendirebilmek için iki yıllık veri yeterli olmaktadır. İki yıllık zaman penceresi, değişen piyasa koşullarının seriler üzerindeki olası etkilerini yakalamak için yeterli bir süredir (Charles, Darne ve Kim, 2011). Bu çalışmada ise yaklaşık 3,6 yıllık veri analiz edilmiştir. Çalışmada kripto paraların zayıf formda etkin piyasalar hipotezini test etmek için yöntem olarak normal dağılım testi, birim kök testleri, koşu testi ve varyans oranı testi kullanılmıştır.

3.1. Normal Dağılım Testi

Normal dağılım ortalama etrafında simetriktir ve simetrik olmayıp yüksek oranda çarpıklık gösteren dağılımlar normal değildir. Dağılımın normalliğini belirlemede bakılan diğer bir gösterge serilerin basıklık-Kurtosis değeridir. Genel ilke olarak basıklık değerinin 3'ten büyüklüğü arttıkça o serinin normal değil leptokurtik dağılıma sahip olduğu söylenebilir (Brooks, 2008).

Jarque-Bera normallik testi serinin çarpıklık ve basıklık değerlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu testin H_0 boş hipotezi "*Seri normal dağılıma sahiptir*" şeklindedir. Jarque-Bera test hesaplanmasında çarpıklık değeri sıfırdan ve basıklık değeri üçten yukarı arttıkça serinin normal dağılıma sahip olması zorlaşmaktadır.

3.2. Birim Kök Testleri

Serinin ortalaması ve oto kovaryansı zamana bağlı değilse, bir serinin durağan olduğu söylenir. Bir zaman serisinin birim köke sahip olup olmadığını incelemek için, bu çalışmada yaygın olarak kullanılan iki popüler birim kök testi olan genişletilmiş Dickey-Fuller testi (1979) ve Phillips-Perron (1988) testi kullanılmıştır. Her iki birim kök testi de H_0 boş hipotezini "*Seride birim kök vardır*" veya "*Seri durağan değildir*" şeklinde ifade etmektedir. Hesaplanan test istatistikleri kritik değerden yüksekse, boş hipotez ret edilir ve serinin durağan olduğuna karar verilir. Serilerin durağan olmaması rassal yürüyüşü gösterir.

Rassal yürüyüş hipotezine göre, piyasa etkin ise getiri serisinin birim kök içermesi yani durağan olmaması gerekmektedir (Shaker, 2013; s.179.).

3.2.1. Geniştirilmiş Dickey-Fuller Birim Kök Testi

Geniştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi, aşağıdaki denklemi sıradan en küçük kareler yoluyla tahmin ederek, getiri serisindeki değişimlerde birim kökün varlığını test etmek için kullanılmaktadır.

$$\Delta R_t = \alpha_0 + \alpha_2 t + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta R_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

R_t , t zamanında bireysel kripto paranın günlük getirisini, β_i tahmin edilecek katsayıyı, k gecikmeli terimlerin sayısını, t trend terimini, α_2 trend için tahmin edilen katsayıyı, α_0 sabit terimi ve ε hata terimini temsil etmektedir.

3.2.2. Phillips-Perron Birim Kök Testi

Phillips-Perron birim kök testi, getiri serilerinin durağanlığını diğer bir deyişle serilerin birim kök içerip içermediğini ölçen diğer bir testtir. Geniştirilmiş Dickey-Fuller testinin tamamlayıcısı olan Phillips-Perron testi zaman serilerindeki oluşabilecek yüksek korelasyonu kontrol edebilmek için kullanılmaktadır. Bu birim kök testin en önemli farkı hata terimlerinin arasındaki zayıf bağımlılığa izin vermesidir (Yücel, 2016). Ayrıca, otokorelasyonun ortadan kaldırılması için bağımlı değişkenin gecikmeli değerine denklemde yer verilmemektedir. Phillips-Perron testinin denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\Delta R_{t-1} = \beta_1 + \delta R_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

3.3. Koşu Testi

Koşu testi, rassal yürüyüş modelinin veya istatistiksel bağımsızlıkların test edilmesinde kullanılan yaygın bir yöntemdir. Koşu testi, ardışık fiyat değişikliklerinin bağımsız olup olmadığını incelemek için tasarlanmış parametrik olmayan bir testtir. Bu test verilerin normal dağılımından ve sabit varyansından bağımsızdır. Koşu testinde ele alınan serinin yüzdesel fiyat değişiminden ziyade işaret değişimi dikkate alınır. Böylece, serilerdeki anormal rakamsal değişimlerin olumsuz etkileri ortadan kaldırılmış olmaktadır (Karan, 2004, s. 245.).

Kripto paraların getirileri bir önceki güne göre artabilir (+), azalabilir (-) veya herhangi bir değişiklik olmayabilir (0). Bir “koşu” oluşabilmesi için getiri serilerinde işaretlerin aynı olması gerekmektedir. Rassal getiri koşulunun sağlanabilmesi için koşu sayısının fazla olması ve birbirini takip etmemesi gerekmektedir. Amaç, gerçek koşu sayısını beklenen koşu sayısı ile karşılaştırmaktır. Gerçek koşu sayısı, beklenen koşu sayısından önemli ölçüde farklıysa ardışık getiri değişimlerinde rassallığın boş hipotezi reddedilir. Analiz, bir veri dizisi rassal ise, dizide gözlemlenen koşu sayısının beklenen koşu

sayısına yakın olması gerektiği varsayımına dayanmaktadır. Beklenen koşu sayısı şu şekilde tahmin edilmektedir (Afego, 2012, s. 343.):

$$m = \frac{N(N+1) - \sum_{i=1}^s n_i^2}{N} \quad (4)$$

N , gözlem sayısını, i işaret değişim sayısını, n_i ise her bir işaret kategorisinin toplam değişiklik sayısını gösterir. Daha fazla sayıda gözlem için ($N > 30$), beklenen koşu sayısı m 'nin normal dağıldığı varsayılmaktadır. Aşağıdaki formülde belirtildiği gibi beklenen koşuların standart sapması şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\sigma m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^s (\sum_{i=1}^s n_i^2 + N(N+1)) - 2N \sum_{i=1}^s n_i^2 - N^3}{N^2(N-1)}} \quad (5)$$

Daha büyük bir örneklem boyutu için ($N > 30$), m 'nin dağılımı yaklaşık olarak normaldir ve standart normal Z istatistiği şu şekilde tahmin edilmektedir:

$$Z = \frac{r-m}{\sigma^2 m} \quad (6)$$

Denklemden r , gerçek koşu sayısını temsil etmektedir. Rassallığa ilişkin sıfır hipotezini kabul etmek için, Z istatistiği, %5 anlamlılık düzeyinde ± 1.96 kritik değere veya %1 anlamlılık düzeyinde ± 2.576 değerine denk gelmelidir. Koşu testinde H_0 boş hipotezi “*Seride zamansal bağımsızlık vardır*” veya “*Seride rassal yürüyüş vardır*” şeklinde ifade edilir.

3.4. Varyans Oranı Testi

Varyans oranı testi, yaygın olarak rassal yürüyüş hipotezini test etmek için kullanılmaktadır. Lo ve Mackinlay (1988) tarafından oluşturulan bu analizin en büyük avantajı normal dağılıma uymayan seriler için de kullanılabilmesidir. Ayrıca, bu test serilerde değişen varyansa da izin vermektedir (Lo ve MacKinlay, 1988). Test, hem menkul kıymetlerden oluşan endekslerde hem de menkul kıymetlerin bireysel getiri serilerinde kullanılabilir (Urrutia, 1995).

Varyans oranı testi, eğer bir seri rassal bir yürüyüş izliyorsa, o zaman q -periyot farkının varyansının, bir periyot farkının varyansının q katı olması gerektiği varsayımına dayanmaktadır. Sabit varyans durumu için örtüşen gözlemleri kullanan varyans oranı testi şu şekilde tanımlanır (Lo ve MacKinlay, 1988):

$$VAR(q) = \frac{\sigma_{\alpha}^2(q)}{\sigma_{\beta}^2(q)} \quad (7)$$

Sabit varyans durumunda normal test istatistiği $Z(q)$ şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$Z(q) = \frac{VR(q)-1}{[\Phi(q)]^{\frac{1}{2}}} \sim N(0,1) \quad (8)$$

$$\Phi(q) = \frac{2(2q-1)(q-1)}{3q(nq)} \sim N(0,1) \quad (9)$$

Değişen varyans durumunda varyans oranı testi ise şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$Z^*(q) = \frac{VR(q)-1}{[\Phi^*(q)]^{\frac{1}{2}}} \sim N(0,1) \quad (10)$$

$$\Phi^*(q) = \sum_{j=1}^{q-1} \left[\frac{2(q-j)}{q} \right]^2 \hat{\sigma}(j) \quad (11)$$

$$\hat{\sigma}(j) = \frac{\sum_{t=j+1}^{nq} (P_t + P_{t-1} - \hat{\mu})^2 (P_{t-j} - P_{t-j-1} - \hat{\mu})^2}{\sum_{k=1}^{nq} (P_t + P_{t-1} - \hat{\mu})^2} \quad (12)$$

Bu testi yapmak için önce kripto paraların birleşik günlük getirileri hesaplanmakta, daha sonra varyansı bulunup aynı işlem 2, 4, 8, 16 günlük getiriler için tekrarlanmaktadır. Varyans oranı testinde, H_0 boş hipotezi “*Seride zamansal bağımsızlık vardır*” veya “*Seride rassal yürüyüş vardır*” şeklinde ifade edilir. Bu hipotezin ret edilememesi durumunda söz konusu seriye ait piyasanın zayıf form etkinliğe sahip olduğu söylenebilir.

4. Hipotezler ve Analiz Sonuçları

4.1. Hipotezler

- H01: Seriler normal dağılmıştır. (Jarque-Bera Testi)
H02: Serilerde birim kök vardır. (Birim Kök Testleri: ADF ve PP)
H03: Serilerde rassal yürüyüş vardır. (Varyans Oranı Testi)
H04: Serilerde rassal yürüyüş vardır. (Koşu Testi)

4.2. Analiz Sonuçları

Çalışmada ilk olarak kripto paralara ait zaman serilerinin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmıştır. Tanımlayıcı istatistikler hesaplanmasındaki amaç serilerin normal dağılım sergileyip sergilemediğini ortaya koymaktır. Serilerin normal dağılıma sahip olmaları rassal yürüyüşü işaret etmekte ve bu nedenle de zayıf form etkinlik işareti olarak yorumlanmaktadır.

Kripto paraların ele alınan tarihlerdeki getirilerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Kripto Para	Örneklem Büyüklüğü	Ortalama	Standart Sapma	Skewness (Çarpıklık)	Kurtosis (Basıklık)	Jarque-Bera
Bitcoin	1,325	0.0918	4.1541	-1.2545***	18.2229***	13,000***
Ethereum	1,325	0.1053	5.4318	-1.2413***	15.8006***	9,386***
Binance	1,325	0.2908	6.3553	0.0965***	19.2129***	15,000***
Cardano	1,325	0.0792	6.3935	-0.2114***	9.7828***	2,550***
Tether	1,324	-0.0007	0.2919	0.0683***	26.0731***	29,000***
Xrp	1,325	-0.0464	6.4484	-0.0004***	15.0434***	8,008***
Dogecoin	1,325	0.2645	18.2522	0.4462***	408.3495***	910,000***

Not: *, ** ve *** sırası ile %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılık göstermektedir.

Tablo 2 incelendiğinde ortalama en fazla getiriye Binance’in (%0,29) ve Dogecoin’in (%0,26) sağladığı görülmektedir. Kripto paralar içerisinde getirisi en fazla oynaklığa sahip olan ise 18,2522 ile Dogecoin’dir. Binance, Tether ve Dogecoin dışında kalan kripto paraların dağılımı normal dağılıma göre sola çarpıktır. Tüm kripto paraların getirilerinin Kurtosis değerleri leptokurtik yani sivri tepeli ve şişman kuyrukludur. Çarpıklık ve basıklık değerleri kripto paraların getirilerinin normal dağılım özelliğini taşımadığını %1 önem düzeyinde göstermektedir.

Getiri dağılımının normalliği, zayıf form etkin piyasa hipotezinin temel varsayımlarından biridir (Simons ve Laryea, 2005). Normalite testi için geliştirilen Jarque-Bera testi tüm kripto paralarda %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Bu nedenle “*H01: Seriler normal dağılmıştır*” boş hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde ret edilmektedir. Bu sonuç kripto para serilerinin zayıf etkinlik koşulunu sağlamadıklarını söylemektedir.

Tablo 3. ADF ve PP Birim Kök Test Sonuçları

Kripto Para	Sabit		Sabit ve Trendli	
	t istatistiği	Olasılık	t istatistiği	Olasılık
Bitcoin	-39.864	0.0000	-39.980	0.0000
Ethereum	-39.984	0.0000	-40.184	0.0000
Binance	-38.422	0.0000	-38.457	0.0000
Cardano	-38.712	0.0000	-39.054	0.0000
Tether	-44.038	0.0000	-44.025	0.0000
Xrp	-37.117	0.0000	-37.223	0.0000
Dogecoin	-57.473	0.0000	-54.541	0.0000

Tablo 3 ele alınan dönemde kripto paraların ADF ve PP birim kök testi sonuçlarını göstermektedir. ADF ve PP birim kök testlerinin sıfır hipote-

zi “*H02: Serilerde birim kök vardır*” şeklindedir. Tablo 3’de görüldüğü gibi getiri serilerinin ADF ve PP istatistikleri %1 anlamlılık düzeyinde serilerde birim kök olduğu boş hipotezi reddetmektedir. Bu durum kripto para getiri serilerinin durağan olduğunu göstermektedir. Serilerin durağanlığı serilerin rassal yürüyüş niteliğinde olmadığını ve dolaylı ile serilerin zayıf etkinliğe sahip olmadıklarını göstermektedir.

Tablo 4. Varyans Oranı Testi-Sabit Varyans $Z(q)$ ve Değişen Varyans $Z(q^*)$

Kripto Para	q	q=2	q=4	q=8	q=16
Bitcoin	VR(q)	0.429	0.223	0.122	0.059
	Z(q)	-20.6400***	-15.0189***	-10.7155***	-7.6930***
	Z*(q)	-7.3310***	-6.2656***	-5.4555***	-4.6859***
Ethereum	VR(q)	0.412	0.218	0.120	0.057
	Z(q)	-21.2730***	-15.1230***	-10.7446***	-7.7127***
	Z*(q)	-7.8883***	-6.5676***	-5.5604***	-4.7320***
Binance	VR(q)	0.427	0.227	0.117	0.063
	Z(q)	-20.7349***	-14.9346***	-10.7777***	7.6638***
	Z*(q)	-7.4014***	-6.1507***	-5.2046***	-4.3199***
Cardano	VR(q)	0.431	0.221	0.118	0.059
	Z(q)	-20.5788***	-15.0574***	-10.7624***	-7.6937***
	Z*(q)	-9.5664***	-7.9784***	-6.3657***	-5.4211***
Tether	VR(q)	0.519	0.254	0.133	0.066
	Z(q)	-17.4057***	-14.4221***	-10.5889***	-7.6371***
	Z*(q)	-5.8484***	-5.2833***	-4.1495***	-3.2003***
Xrp	VR(q)	0.489	0.238	0.125	0.062
	Z(q)	-18.4989***	-14.7278***	-10.6767***	-7.6754***
	Z*(q)	-7.4983***	-6.7736***	-5.7620***	-4.8197***
Dogecoin	VR(q)	0.368	0.183	0.093	0.047
	Z(q)	-22.8528***	-15.7995***	-11.0759***	-7.7915***
	Z*(q)	-1.5774	-1.3237	-1.2379	-1.2029

Not: *, ** ve *** sırası ile %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılık göstermektedir.

Tablo 4 sabit varyans ($Z(q)$) ve değişen varyans ($Z(q^*)$) varsayımları altında Lo ve Mackinlay (1988) varyans oranı testi sonuçlarını göstermektedir. Test, belirlenen 2, 4, 8 ve 16 gecikmeleri kullanılarak yapılmıştır. Tablo 4’te görüldüğü üzere tüm testlerde sabit varyans varsayımı altında maksimum Z istatistiği 1’den büyük ve %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Benzer sonuçlar değişen varyans varsayımı altında da elde edilmiştir. Dogecoin dışında tüm getiri serilerinde $Z^*(q)$ değerleri %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Tahmin edilen tüm z istatistik değerleri, incelenen dört aralığın tamamı için kripto paralarda rassal yürüyüş modelinin reddedildiğini göstermektedir.

Tablo 5. Koşu Testi Sonuçları

Kripto Para	Toplam Vaka	Test Değeri	Vaka < Test Değeri	Vaka >= Test Değeri	Run Sayısı	Z Değeri
Bitcoin	1,325	0.1331	662	663	727	3.49***
Ethereum	1,325	0.1727	662	663	729	3.60***
Binance	1,325	0.1542	663	662	706	2.34***
Cardano	1,325	0.0824	662	663	695	1.73*
Tether	1,324	0.0	711	613	789	7.17***
Xrp	1,325	-0.010	663	662	759	5.25***
Dogecoin	1,325	-0.1067	663	662	720	3.11***

Not: *, ** ve *** sırası ile %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılık göstermektedir.

Tablo 5 kripto para serilerinin getirileri için koşu testi sonuçlarını göstermektedir. Tahmini Z değerlerinin Cardano (%10 önem düzeyinde) hariç tümü tüm seri getirileri için %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Tüm kripto para getirileri için koşu testi sonuçları bu piyasanın zayıf formda etkin olmadığını işaret etmektedir.

5. Sonuç

Çalışmanın amacı seçilmiş kripto paralar kullanılarak kripto para piyasalarının zayıf form etkinlik özellikleri taşıyıp taşımadıklarının anlaşılmasıdır. Bu amaçla Ağustos 2021 tarihinde en yüksek işlem hacmine sahip olan yedi kripto para (Bitcoin, Ethereum, Binance, Cardano, Tether, Xrp ve Dogecoin) için normal dağılım özellikleri, birim kök testi, koşu testi ve varyans oranı testleri ile etkinlikleri araştırılmıştır.

Kripto paralar, para çeşitleri sayısındaki ve hacimlerindeki artışa paralel olarak giderek finansal piyasalar içerisindeki önemlerini arttırmakta ve bu konuda yapılan çalışma sayısı da buna paralel olarak artış göstermektedir. Kripto paralar üzerine yapılan çalışmaların çoğunda işlem oynaklığın yüksekliği ve olgun kripto para çeşitleri için derin bir piyasa oluşmasına karşın bu paraların etkin piyasa tanımına henüz uymadıkları ama yıllar geçtikçe piyasadaki derinleşmeye ve umulan oynaklık azalmasına bağlı olarak piyasaların etkinlik derecelerinin artması beklenmektedir. Bu çalışmada uygulanan dört ayrı yaklaşıma göre incelenen en yüksek işlem hacimli yedi adet kripto paradan hiçbirinin %1 veya %5 anlamlılık düzeyinde zayıf form piyasa etkinlik hipotezini destekleyecek istatistiksel sonuç vermediğini görmekteyiz. Bu sonuç 2021 tarihi itibarı ile kripto para piyasasının henüz istenilen derinliğe ve olgunluğa kavuşmadığı ve zaman zaman öngörülebilir bir şekilde seyrizlediğine dair ipuçları sunmaktadır. Piyasaların etkin olmaması aşırı getiri peşinde olan yatırımcılar için bu piyasayı daha çekici kılmış olabilir. Bu piya-

sada görülen yüksek oynaklığın bir kısmı aşırı getiri peşinde koşan yatırımcı davranışının bir sonucu olarak açıklanabilir.

Finansal piyasaların etkinliği gerek yatırımcı davranışını etkilemesi ve gerekse mevcut fonların dağılımının ekonomik verimlilik kriterine göre sağlanması açısından önem taşımaktadır. Dünya genelinde merkezi bir denetime tabii olmayan bu paralar ile ilgili yapılan ülke düzenlemelerinin ortak bir anlayışa kavuşması ve buna paralel olarak artması beklenen güven ve derinleşmeye paralel olarak kripto para piyasalarının etkinlik kazanması beklenebilir.

Kaynakça

- Afego, P. (2012). Weak Form Efficiency of The Nigerian Stock Market: An Empirical Analysis (1984-2009). *International Journal of Economics and Financial Issues*, 2(3), 340-347.
- Alam, S. (2017). Testing The Weak Form of An Efficient Market In Cryptocurrency. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(9), 2285-2288.
- Brooks, C. (2008), *Introductory Econometrics for Finance*, New York: Cambridge University Press.
- Bech, M. L., & Garratt, R. (2017). Central Bank Cryptocurrencies. *BIS Quarterly Review* September. 55-70.
- Charles, A., Darne, O., & Kim, J. H. (2011). Small Sample Properties of Alternative Tests For Martingale Difference Hypothesis. *Economics Letters*, 110(2), 151-154.
- Claeys, G., Demertzis, M., & Efstathiou, K. (2018). Cryptocurrencies and Monetary Policy (No. 2018/10). *Bruegel Policy Contribution*.
- Coinmarketcap. Today's Cryptocurrency Prices by Market. <https://coinmarketcap.com/> Erişim Tarihi: 21.09.2021.
- Copeland, T. E., & Weston, J. F. (1988). *Financial Theory and Corporate Policy*, 3-rd ed. Addison-Wesley.
- Erdoğan, N. K. (2018). New Approaches to the Measurement of Market Efficiency and Market Efficiency Analysis of Crypto Currencies. *Journal of Current Researches on Business and Economics*, 8(2), 289-300.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of The Estimators For Autoregressive Time Series With A Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.
- Güleç, T. C. & Aktaş, H. (2019). Kripto Para Birimi Piyasalarında Etkinliğin Uzun Hafıza ve Değişen Varyans Özelliklerinin Testi Yoluyla Analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(2), 491-510.
- Fama, E., (1965). The Behaviour of Stock Market Prices. *Journal of Business*, 38, 34 – 104.
- Fama, E., (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance*, 25, 383 – 417.
- Hailu, S. M., & Vural, G. (2020). Testing The Weak Form Market Efficiency of Borsa Istanbul: An Empirical Evidence From Turkish Banking Sector Stocks. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 7(3), 236-249.
- Hamid, K., Suleman, M.K., Ali Shah, S.Z., & Imdad Akkash, R., (2010). Testing The Weak Form of Efficient Market Hypothesis: Empirical Evidence From Asia-Pacific Markets. *International Research Journal of Finance and Economics*, 58, 121-133.
- Hawaladar, I. T., Rajesha, T. M., & Souza, L. J. D. (2019). Testing The Weak Form of Efficiency of Cryptocurrencies: A Case Study of Bitcoin and Litecoin. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(9), 2301-2305.
- Kang, H. J., Lee, S. G., & Park, S. Y. (2021). Information Efficiency in the Cryptocurrency Market: The Efficient-Market Hypothesis. *Journal of Computer Information Systems*, 1-10.

- Karan, M. B. (2004). Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi. Gazi Kitabevi.
- Koçoğlu, Ş., Çevik, Y. E., & Tanrıöven, C. (2016). Bitcoin Piyasalarının Etkinliği, Likiditesi ve Oynaklığı. İşletme Araştırmaları Dergisi, 8(2), 77-97.
- Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (1988). Stock Market Prices Do Not Follow Random Walks: Evidence From A Simple Specification Test. The Review of Financial Studies, 1(1), 41-66.
- McMillan, D. G., & Thupayagale, P. (2008). Efficiency of the South African Equity Market. Applied Financial Economics Letters, 4(5), 327-330.
- Nabilou, H., & Prüm, A. (2019). Central Banks and Regulation of Cryptocurrencies. Review of Banking and Financial Law. 39, 1003.
- Nadarajah, S., & Chu, J. (2017). On the inefficiency of Bitcoin. Economics Letters, 150, 6-9.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System. Decentralized Business Review, 21260.
- Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for A Unit Root In Time Series Regression. Biometrika, 75(2), 335-346.
- Shaker, A. T. M. (2013). Testing The Weak-Form Efficiency of The Finnish and Swedish Stock Markets. European Journal of Business and Social Sciences, 2(9), 176-185.
- Simons, D. N., & Laryea, S. (2005). Testing The Efficiency of African Markets. Available at SSRN 874808.
- Singh, J. E., Babshetti, V., & Shivaprasad, H. N. (2021). Efficient Market Hypothesis to Behavioral Finance: A Review of Rationality to Irrationality. Materials Today: Proceedings.
- Statista. (2021). Number of Cryptocurrencies Worldwide from 2013 to February 2022. <https://www.statista.com/statistics/863917/number-crypto-coins-tokens/> Erişim Tarihi: 01/02/2022.
- Urquhart, A. (2016). The Inefficiency of Bitcoin. Economics Letters, 148, 80-82.
- Urrutia, J. L. (1995). Tests of Random Walk And Market Efficiency For Latin American Emerging Equity Markets. Journal of Financial Research, 18(3), 299-309.
- Vidal-Tomas, D. & Ibanez, A. (2018). Semi-Strong Efficiency Of Bitcoin. Finance Research Letters, 27, 259-265.
- Yılmaz, F. & Akkaya, G. (2020). Kripto Para Piyasalarında Etkinlik; Haftanın Günü Etkisi: Bitcoin ve Litecoin Örneği. Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi, 4(8), 166-178.
- Yücel, Ö. (2016). Finansal Piyasa Etkinliği: Borsa İstanbul Üzerine Bir Uygulama. International Review of Economics and Management, 4(3), 107-123.

