



Kripto Paraların Volatilite Dinamiklerinin ve Spekülatif Balon Varlığının Analizi: Bitcoin, Ethereum ve Ripple Örneği

Analyzing the Volatility Dynamics of Crypto Currency and the Occurrence of Speculative Bubbles: The Examples of Bitcoin, Ethereum, and Ripple

Utku ALTUNÖZ¹ 

ÖZ

Çalışmada küresel kriz sonrası gündeme gelen kripto paraların en yüksek hacimli Bitcoin, Ethereum ve Ripple özelinde volatilite özellikleri modellenmiş olup fiyat balonlarının varlığı ve tarihleri belirlenmiştir. ADF ve Ng-Perron birim kök testlerinin ardından Bitcoin için EGARCH, Ethereum ve Ripple için TGARCH modellerinin en iyi model olduğunun tespiti edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Bitcoin için katsayılarının negatif olması negatif şokların pozitif şoklara göre volatiliteleri artıracak şekilde etki göstereceği anlamı taşımaktadır. Bu durum kaldıraç etkisinin bulunduğu anlamına gelmektedir. Ethereum ve Ripple için kaldıraç etkisine ulaşamamış olup pozitif şokların negatif şoklara göre volatiliteleri artıracak şekilde etki göstereceği anlaşılmaktadır. Ayrıca her üç kripto para için sürekli spekülatif balon fiyatlamaları meydana gelmiş olup Ripple'a göre Ethereum ve Bitcoin'de çok daha yüksek balon fiyatların meydana gelmektedir.

Anahtar kelimeler: Kripto Para, Volatilite, Finansal Balon, Ethereum, Ripple

JEL Sınıflaması: C01, C13, C51, E42

ABSTRACT

This study aims to model the volatility features of Bitcoin, Ethereum, and Ripple, which are the cryptocurrencies with the greatest volumes that have come to the agenda since the global crisis, and to determine the presence and dates of price bubbles. After running the ADF and Ng-Perron unit root tests, the EGARCH model was analyzed as the best for Bitcoin and TGARCH for the Ethereum and Ripple. According to the obtained results, negative coefficients for Bitcoin imply that negative shocks will increase volatility more than positive shocks. This means that a leverage effect is present. No leverage effect was reached for Ethereum



DOI: 10.26650/ISTJECON2023-1021393

¹Doç.Dr., Sinop Üniversitesi Boyabat İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat, Sinop, Türkiye

ORCID: U.A. 0000-0002-0232-3108

Corresponding author:

Utku ALTUNÖZ,
Sinop Üniversitesi Boyabat İktisadi ve İdari
Bilimler Fakültesi, İktisat, Sinop, Türkiye
E-mail: utkual@hotmail.com

Submitted: 09.11.2021

Revision Requested: 08.03.2022

Last Revision Received: 09.03.2022

Accepted: 11.03.2022

Citation: Altunoz, U. (2023). Kripto paraların volatilite dinamiklerinin ve spekülatif balon varlığının analizi: bitcoin, ethereum ve ripple örneği. *İstanbul İktisat Dergisi - Istanbul Journal of Economics*, 73(1), 615-643.
<https://doi.org/10.26650/ISTJECON2023-1021393>



or Ripple, and positive shocks are understood to increase volatility for them compared to negative shocks. In addition, continuous speculative bubble pricing occurred for all three cryptocurrencies, with much higher bubble prices being understood to

have occurred with Ethereum and Bitcoin compared to Ripple.

Keywords: Cryptocurrency, Volatility, Financial Bubble, Ethereum, Ripple, Bitcoin

JEL Classification: C01, C13, C51, E42

EXTENDED ABSTRACT

The convergence of technology and finance in recent years has radically changed the understanding of money in daily use. Parallel with this are cryptocurrencies, which emerged in 2009 and have become increasingly popular and more widely used these days, as well as the Blockchain system as the technological power behind these coins. Although cryptocurrencies have emerged as currency, the formation of price bubbles and volatility in their prices have led to cryptocurrencies being considered as an investment tool. The Blockchain system was created by Satoshi Nakamoto (2008) by combining technology and finance and can be defined as a cryptographic system that allows interpersonal payments without any central authority. This system can keep any data in the digital environment open (distributed) to all users over communication networks and ensure that the data remains the same at all points in this process. The blockchain system started with the Genesis (block zero) installation. Unlike the central banking system and central electronic money, crypto assets are completely decentralized and anonymous. In addition, cryptocurrencies also have various features such as crypto money owner registration and rules for creating new crypto money supplies, with only the owner being able to prove crypto money ownership and to have it change hands. The stored money consists of passwords that are not suitable for memorization and that only the recorded owner of the money will know. Digital currency is issued by a central authority and is also controlled by the same central authority. Due to the absence of any central authority, digital currency transactions are made 'openly' with real-identified users, while cryptocurrency transactions are done in secret.

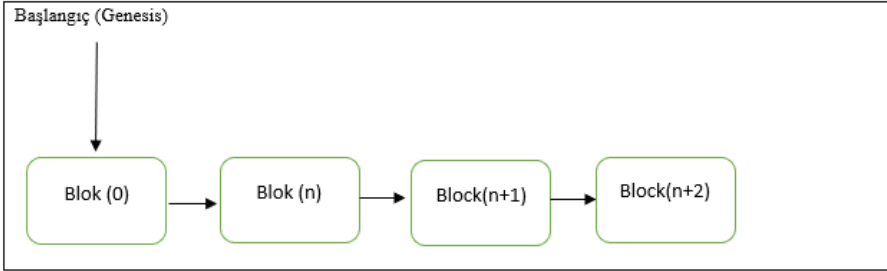
The study aims to determine the most appropriate model and bubble price formations for obtaining volatilities by using different conditional variance models for Bitcoin, Ethereum, and Ripple, which have had the highest market values

between 2017-2020. The study is thought to be able to make a unique contribution to the literature because it covers the epidemic period and because it also uses volatility and economic balloons. The study consists of three parts. After the introduction on blockchain technology and cryptocurrencies, the first section discusses bubbles and volatility with regard to financial assets. The second section of the study performs a national and international literature review on volatility and bubbles in cryptocurrencies. The study then moves on the third section where it models the volatility features of cryptocurrencies that have come to the agenda with the highest trade volumes since the global crisis (i.e., Bitcoin, Ethereum, and Ripple), and determined the occurrence and dates of price bubbles. After performing the augmented Dickey-Fuller (ADF) and Ng-Perron unit root tests, EGARCH was determined as the best model for Bitcoin and TGARCH for Ethereum and Ripple, after which the analyses were carried out. According to the obtained results, negative coefficients for Bitcoin indicate that negative shocks will increase volatility more than positive shocks. This means a leverage effect is present for Bitcoin. No leverage effect was found for Ethereum or Ripple, and thus positive shocks are understood to increase volatility for them compared to negative shocks. In addition, continuous speculative bubble pricing has occurred for all three cryptocurrencies, with much higher bubble prices occurring for Ethereum and Bitcoin compared to Ripple. The results are remarkable for researchers, professionals, investors, and policy makers who are interested in the subject. The up-to-date nature of the analysis periods has made detecting the effects from the epidemic period and the financial bubbles that occurred toward the end of 2020 possible. According to the obtained results, cryptocurrencies can be considered as an alternative to other investment tools on the assumption that price increases will be continuous during periods when bubbles are detected for risk-favoring investors. Having future studies related to the subject examine the relationship between the spot market and the futures market, especially in price formations, and detect price bubbles in the Bitcoin futures market will progress the research. This study has revealed prices in the crypto-money market to be open to speculation with particular regard to Bitcoin, Ethereum, and Ripple, and the obtained results can be used as indicators for investors while setting up their positions.

1. Giriş

Teknolojiyle finansın son yıllarda birbirine yaklaşması günlük kullarımdaki para anlayışını kökten değiştirmiştir. Buna paralel olarak 2009 yılında ortaya çıkan ve günümüzde tanınırlığı ve kullanımı giderek yaygınlaşan kripto paralar ve bu paraların arkasındaki teknolojik güç olan Blockchain sistemi oldukça popüler hale gelmiştir. Her ne kadar kripto paralar, para birimi olarak ortaya çıksa da fiyatlarındaki balon oluşumu ve volatilité, kripto paraların yatırım aracı olarak düşünülmesini beraberinde getirmiştir (Buğan, 2021, s. 169). Nakamoto (2008) tarafından teknoloji ile finansın bir araya getirilmesiyle ortaya çıkarılan Blockchain sistemi, herhangi bir merkezi otorite olmaksızın kişiler arası ödemeye olanak sağlayan kriptografik bir sistem olarak tanımlanabilir. Bu sistem iletişim ağları üzerinden dijital ortamdaki herhangi bir veriyi tüm kullanıcılara açık (dağıtılmış) şekilde saklamayı ve bu süreç içerisinde verinin tüm noktalarda aynı kalmasını sağlayabilmektedir (Şahin & Özkan, 2018, s. 241). Blockchain sistemi, Genesis (sıfırıncı blok) kurulumuyla başlamıştır. Şekil 1'de Genesis bloğu izlenebilmektedir.

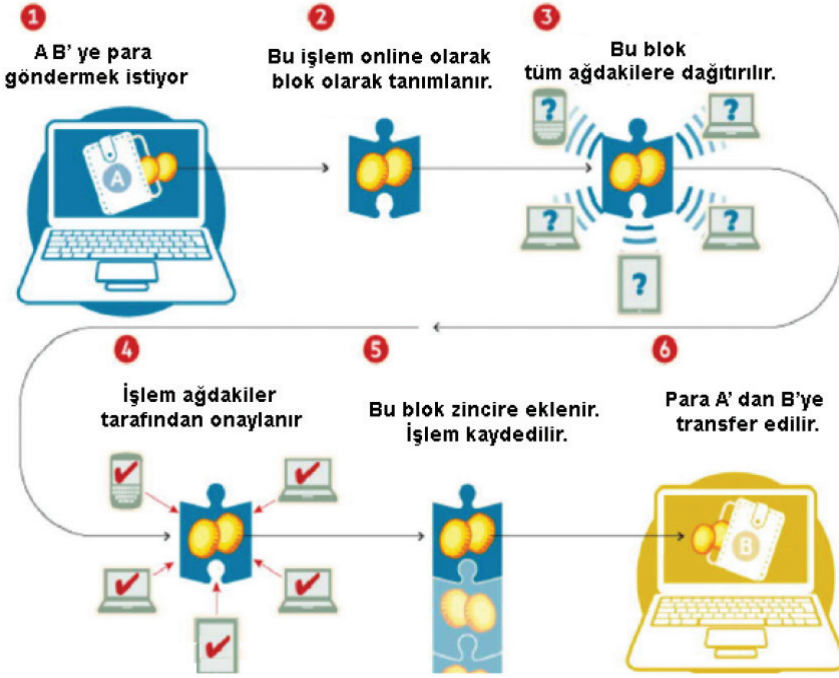
Şekil 1. Genesis Bloğu



Kaynak: Nakamoto (2008, s. 5)

Şekil 1'de Genesis (başlangıç) bloğu, bir blok zincirinin ilk bloğudur ve Bitcoin'in modern sürümleri tarafından 0 bloğu olarak numaralandırılmaktadır. Sistem (Blockchain) adını içerisindeki bilgiyi bir sonraki bloğa ekleyerek ilerlemesinden almaktadır. Blockchain çalışma mantığı Şekil 2'de izlenebilmektedir.

Şekil 2. Blockchain Teknolojisi Temel Çalışma Mantığı



Kaynak: Avunduk ve Aşan (2018, s. 373)

Şekil 2'deki gibi para gönderim işleminde öncelikle şekil 1'deki gibi bloklar tanımlanmakta ve tüm ağlara dağıtılmaktadır. Dağıtılan blokların tüm ağlar tarafından onayının ardından söz konusu blok, zincire eklenir ve göndericinin parası gönderene transfer edilir. Sistemin teknolojisi dağıtık veri tabanı görünümü sergilemektedir (Yli-Huumo ve ark., 2016, s.24; Xu, ve ark. 2016, s. 186). Blok zinciri cüzdanı (Blockchain Wallet) kripto para almak, tutmak veya göndermek amacıyla kullanılan dijital depolama aracıdır. Söz konusu cüzdanlar özel anahtar ve cüzdan kimliği ismi verilen iki benzeri olmayan koda sahiptir. Cüzdanlarda gerçekleşen işlemler blok zincirine kaydedilmektedir. Blockchain son derece hızlı ve güvenli şekilde para yatırma işlemine olanak sağlamaktadır (Vigna, 2017, s. 174). Kripto paranın diğer bir kripto para cüzdanına transfer edilebilmesi için o cüzdanın kimlik kodunun bilinmesi yeterlidir. Dijital para, elektronik ortamda üretilen, gönderilen ve saklanan para şeklinde tanımlandığından dolayı sanal

paralar dijital para olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte temsil ettikleri herhangi bir emtia veya kâğıt para mevcut değildir. Tablo 1’de kripto, sanal ve dijital paraların özellikleri karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir.

Tablo 1: Dijital, Sanal ve Kripto Paraların Özelliklerinin Karşılaştırılması

Özellikler	Dijital Para	Sanal Para	Kripto Para
Merkez bankası ya da merkezi hükümetin varlığı	var	var	yok
Fiziki varlık	yok	yok	yok
Geniş kitlelerce benimsenme	var	var	yok
Değişim aracı amacıyla kullanım yaygınlığı	var	var	yok
Kur farkları vb. ekonomik faktörlerden etkilenmesi	var	var	yok
Transfer esnasında kaybolma ihtimali	yok	yok	var
Merkezi kuruluşlarca izlenmesi	var	var	yok

Kaynak: Şahin (2020, s. 64)

Tablo 1’de bazı özellikleri verilen dijital, sanal ve kripto paraların karşılaştırılması incelendiğinde hem sanal para hem de kripto para, dijital özellikte olması nedeniyle dijital para birimi olarak adlandırılabilirken bazı özellikli durumları neticesinde dijital paradan ayrılmaktadır. Kripto varlıklar, merkezi bankacılık sisteminin ve merkezi elektronik paranın aksine tümüyle merkeziyetsiz ve ‘anonim’ karakterdedirler. Ayrıca kripto paraların, kripto para sahip kayıtları, yeni kripto para arzı oluşturma kuralları, kripto para sahipliğinin sadece sahibince ispat edilebilmesi ve sadece sahibinin emriyle el değiştirebilmesi, gibi çeşitli özellikleri de bulunmaktadır. Saklanan para, paranın kayıtlardaki sahibinin sadece kendisinin bileceği, akılda tutulmaya uygun olmayan şifrelerden ibarettir. Merkezi bir otorite tarafından çıkarılan dijital para yine aynı merkezi otorite tarafından kontrol edilmektedir. Herhangi bir merkezi bir otorite bulunmamasından dolayı, yapılan işlemler dijital paralarda gerçek kimlikli kullanıcılarla ‘açık’ şekilde yapılırken, kripto paralar ‘gizli’ statüdedirler.

Çalışmada piyasa değeri en yüksek kripto paralar olan Bitcoin, Ethereum ve Ripple için 2017 ile 2020 döneminde farklı koşullu değişen varyans modelleri kullanılarak volatilitelerin elde edilmesinde en uygun modelin ve balon fiyat oluşumlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın gerek salgın dönemini kapsamaması gerekse volatilité ve balonların aynı çalışmada kullanılması nedeniyle

literatüre özgün katkı sunacağı düşünülmektedir. Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Blockchain teknolojisi ve kripto paraların ele alındığı giriş bölümünün ardından birinci bölümde finansal varlıklarda balonlar ve volatilité ele alınacaktır. Çalışmanın ikinci bölümünde kripto paralarda volatilité ve balonlarla alakalı ulusal ve uluslararası literatür incelemesi yapılacak olup üçüncü ve son bölümde ekonometrik analize geçilecektir. Çalışmanın sonuç bölümünde bulgular tartışılacaktır.

2. Finansal Varlıklarda Balonlar ve Volatilité

Finansal varlıkların fiyatında ortaya çıkan hızlı artışlar balon olarak isimlendirilmektedir. Söz konusu artışlar spekülâtif hareketlerden kaynaklanmakta olup varlığın öz değerinden bağımsız bir karakterdedir (Garber, 2000, s. 112, Demarzo, Kaniel ve Krimer, 2008, s. 22). Balonlar ekonomi ve finans literatüründe geniş bir kullanım alanına sahiptir. Belli başlı tanımlar iki gruba ayrılmaktadır. İlk gruptaki balon tanımlarında dikkat çekici nokta çöküş meydana gelmedikçe balon olup olmadığı konusunda herhangi bir yorum yapılamamasıdır (Oran, 2011, s. 153). Bu bağlamda balonların tanımı olayın gerçekleşmesinden sonra (ex post) belirlenmektedir. İlk gruptaki tanımlara bakıldığında Brunnermeier (2008) göze çarpan fiyat artışları sonrasında meydana gelen çöküşler şeklinde bir tanıma giderken Kindleberger (1978) benzer bir tanımla balonları uzun süreli yukarı yönlü fiyat hareketleri sonrasında iç çöküş şeklinde açıklamaktadır. Kindleberger ve Aliber (2005) ise istikrarlı olmayan nakit akımı ya da fiyat hareketiyle ilgili durum olarak tanımlamaktadırlar. İkinci grup balon tanımlarında ise temel değer söz konusudur. İkinci grup tanımlarda esas sorun temel değer tanımı, hatta nasıl hesaplanacağı konusundadır. Bu nedenle piyasanın o anda herhangi bir balonun mevcudiyetine dair genel kabulden söz etmek çok zordur (Oran, 2011, s. 154). Bu problemin üstesinden gelinebilmesi için Demarzo vd. (2008) balondan bahsedilebilmesi üç farklı durumla karşılaşılabileceğini dile getirmektedir. Bu durumlar;

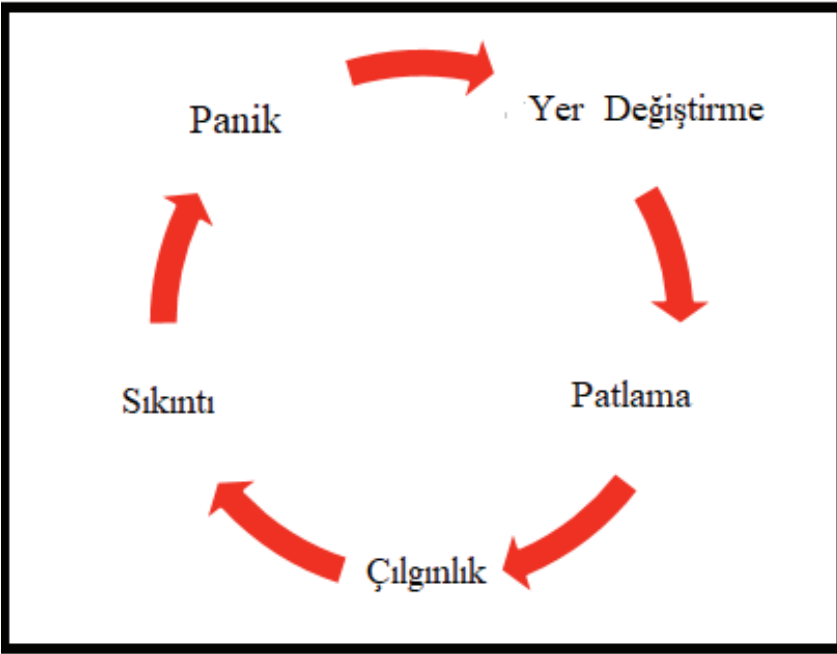
- 1- Varlığın piyasa fiyatı indirgenmiş nakit akımları ve risksiz faiz oranı toplamının üzerindeyse,
- 2- Piyasa ile nakit akımlar arasında pozitif korelasyon varsa,

3- İlk iki maddedeki koşulların bilinmesine rağmen riskten kaçınma davranışı gösteren akılcı yatırımcılar söz konusu varlığın alımına devam ediyorsa balondan söz edilebilmektedir.

İkinci gruptaki balon tanımlarına bakıldığında Brunnermeier (2008) balonları gelecekte bireylerin aldığıın üzerinde fiyatlardan satabileceği beklentisiyle varlıkların esas değerlerini aşan fiyatlar şeklinde değerlendirirken Garber (2000) esas etkenlerce izah edilemeyen fiyat hareketleri olarak tarif etmektedir. Balonların şişmesi yatırımcıların varlık fiyatlarının olması gerekenden çok daha yüksek olduğunu fark edinceye kadar devam etmektedir. Akabinde hızlı bir satış dalgasıyla birlikte varlık fiyatlarında ciddi düşüşler yaşanır. Bazen varlık fiyatlarındaki bu düşüşler piyasada çöküşlere neden olabilecek boyutlara ulaşabilmektedir (Altunöz, 2020, s. 28). Finansal krizlerle de yakın ilişkisi olan balonların analizi ve tespiti hem portföy yöneticileri hem yatırımcılar hem de piyasa düzenleyicileri için önem arz etmektedir. Tespiti kolay olmayan balonların analizi için doğrudan ve dolaylı yöntemlerin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Literatürde ilk çalışmalar hisse senedi oynaklığı ile hisse senedi balonları etkileşimine odaklanmışlardır. Balonlarla ilgili ilk çalışmalara bakıldığında Friedman (1953), Baumol (1957), Kohn (1978), Shiller (1981) ve Hart ve Kreps (1986) hisse senedinin fiyatındaki dalgalanmaların hisse senedinin asıl değerinde oluşan dalgalanmaların üzerinde olması durumunda finansal balonun varlığından söz edilebileceğini dile getirmişlerdir. Blanchard (1979) balonların fiyatlarda var olan bilgiyle izah edilemeyen hızlı ve kesin bir artış ve sonrasında şişen balonun patlaması ya da fiyatların hızlı bir şekilde inmesi şeklinde gerçekleştiğini belirtirken, Flood ve Garber (1980) spekülatif balonları fiyat seviyesinin belli seviyede piyasa şartlarından bağımsız kendini besleyen beklentiler tarafından belirlenmesi şeklinde tarif etmişlerdir. Blanchard ve Watson (1982) varlık fiyatlarının iki temel unsur tarafından belirlendiğini ve bu unsurların sermaye artış kazancı ve temettü ile şirketle alakalı kamuya açık bilgiler olduğunu; balonların olduğu durumda ise bu iki unsura ilave olarak sebepsiz getirilerin (çöküş durumlarında kayıpların) oluştuğunu belirtmişlerdir. Hardouvelis (1988), Rappoport ve White (1994) finansal balonların analizinde balon primlerine odaklanmışlar ve akılcı balonların, yatırımcıların getirilerinin üzerinde bir getiri talep ettiklerinde ortaya çıktığı

sonucuna ulaşmışlardır. Meese (1986), Campbell ve Shiller (1987), Hall , Zacharias ve Martin (1999) çalışmalarında balon fiyatlarla esas fiyatlar arasındaki eş bütünleşme ilişkisini analiz etmişlerdir. Çağlı ve Mandacı (2017), Finansal balon, piyasada oluşan değerlerin temel değerden sapma olması nedeniyle bu ikisi arasında uzun dönemli ilişkinin varlığının balonun olmadığına işaret edeceğini belirtmişlerdir. Bu bilgiler bağlamında Kindleberger (1978) finansal balonların anatomisini şekil 3'teki gibi beş farklı aşamada açıklamıştır.

Şekil 3. Finansal Balonların Anatomisi



Kaynak: Kindleberger (1978, s. 29)

Şekil 3'te görüldüğü gibi tüm finansal balonlar beş aşamada gelişim göstermektedir. İlk aşama olan yer değiştirmede finansal balonlar esas bir gerçekliğe bağlı şekilde başlamaktadır. Bilhassa kripto paralar gibi yatırımcıları heyecanlandıran teknolojik buluşlar yer değiştirme aşamasına örnek verilebilir. Bir sonraki patlama aşamasında balonun oluşumu sonucunda yatırımcıların ikna olmasına odaklanan yeni altyapı ve hikayeler geliştirilir. Patlamanın gerçekleşmesi basit bir şekilde borçlanılıp gelecekteki nakit akışının bugünden harcanmasıyla

gerçekleşir. Çılgınlık aşamasındaki temel davranış kalıbı sürü davranışı olup kripto para piyasalarında sıkça gördüğümüz yüksek kazanç hikayeleri ile yani yatırımcıların sisteme katkı sağlamasının önü açılmaktadır. Kriz aşamasında gerek büyük yatırımcılar gerekse sisteme ilk zamanlar girmiş olup önemli getiri elde etmiş olanlar ellerindeki finansal varlıkları satmaya başlar. Artan satışların da etkisiyle hızlı düşen fiyatlar panik aşaması ile son bulur Panik aşamasında kriz aşamasının getirdiği olumsuz haberler ile artan satışlar finansal araçları rasyonel fiyatların altına indirir. Son zamanlarda kripto paralara düzenleme geleceği, bazı ülkelerce yasaklanacağı haberleri bu aşamanın güzel birer örneğidir.

Finansal enstrümanda karşılaşılan fiyat oynaklığı şeklinde tanımlanan volatilite kavramı, belirsizliğin arttığı dönemlerde ön plana çıkmaktadır. Volatilite, oluşan fiyat değişimlerinin ne sıklıkta ve yükseklikte meydana geldiğini ve fiyat hareketleri arasındaki farkın büyüklüğünü ifade eder. Bu nedenle herhangi bir finansal ürünün volatilitesi yüksekse riskinin de yüksek olduğu söylenebilir. Yüksek volatilitenin hâkim olduğu piyasalarda hem risk hem de muhtemel kazanç (ya da muhtemel kayıp) fazla olacaktır (Koy ve Ekim, 2016, s. 3). Volatilitenin ölçümü ya da tahmini yatırımcıların önemli kayıpların önüne geçme ve daha fazla kâr sağlama açısından önemlidir. Zou ve Sun (2012)' a göre iyimser ya da kötümser tüm yatırımcıların belirsizlik altında hatalı ve rastlantısal seçimlerine paralel olarak gerçek değerleri yanlış ölçümlediklerini söylemişlerdir (Zou ve Sun 2012, s. 337).

Volatilitenin Bilinmesinin Yatırımcıya Avantajları şu şekilde sıralanabilir (Altunöz, 2020, s. 80):

- Volatilitenin bilinmesi risk oranının belirlenerek yatırım planlamalarının hatasız doğru yapılabilmesinde etkilidir.
- Var olan risk değerinin hesaplanmasıyla yeni yatırımcılar için düşük riskle beraber kazanç sağlayabilme olanağını sunar.
- Finansal ürünlere yatırım yapacak yatırımcılar için zaman kazanmada etkin rol oynar.

- Yatırım konusun da yeterli bilgiye sahip olmayanlar için doğru yatırım yönlendirmelerinde yol gösterici olarak kayıp yaşanmasını engeller.

3. Literatür

Literatür bölümünde öncelikle uluslararası literatürde, sonrasında ulusal literatürde volatilité ve finansal balonlara konu olan çalışmalar tarihsel sıraya göre ele alınacaktır.

Bouoiyour ve Selmi (2016) çalışmalarında Bitcoin'e ait fiyat dinamikleri ve volatilitelerinin belirlenmesinde ARCH, GARCH-M, GARCH, EGARCH, TGARCH, I-GARCH, CMT GARCH, PGARCH, AP GARCH modelleri kullanarak CMT GARCH ve AP GARCH modellerinin en başarılı modeller olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Söz konusu modellerle volatilitenin olduğu dönemlerin Bitcoin fiyatlarında oynaklığın fazla olduğu dönemlerle örtüştüğü gözlenmiştir. Dyhrberg (2016) GARCH modelleri ile Bitcoin'in volatilitesini analiz ettiği çalışmasında asimetric etkinin ve kaldıraç etkisinin varlığına ulaşmıştır. Frascaroli ve Pinto (2016), Bitcoin için volatilité analizinde DCC MGARCH modelin kullanarak Bitcoin'in yüksek volatilitéye sahip ve kırılğan bir finansal araç olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Byström and Krygier (2018) Bitcoin özelinde kripto piyasasındaki volatilitéye odaklandıkları çalışmasında Bitcoin oynaklığı ile Google arama hacmi arasında önemli bir ilişkiye ve Bitcoin oynaklığının kurumsal yatırımcılardan ziyade perakende yatırımcılardan kaynaklandığı sonucuna ulaşmıştır. Latif, Mohd, Amin ve Mohamad (2017) Bitcoin için KPSS, PP, ADF, DF-GLS, ERS birim kök testleri ile Rassal yürüyüş analizi yaparak balon fiyatlar ve manipülasyonlar tespit etmişlerdir. Charles ve Darne (2019) kripto para volatilitesini Bitcoin özelinde analiz ettiği çalışmasında volatilitesi GARCH, TGARCH, EGARCH, C- GARCH, AP GARCH ve AC GARCH modellerini tercih etmiştir. Çalışma sonucunda AR-ACGARCH modelinin volatilitéyi belirlemede en iyi model olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ceylan vd. (2018) Bitcoin ve Ethereum özelinde yaptıkları kripto para piyasasındaki finansal balon analizinde GSADF testini tercih etmişler ve birçok fiyat balonun varlığına ulaşmışlardır. Ertuğrul (2019) Ripple ve Bitcoin getiri oranlarına yönelik

volatilite varlığını araştırdığı çalışmasında EGARCH ve TGARCH modellerini tercih etmiş ve yüksek volatilite dönemlerinin kripto para fiyatlarındaki önemli volatilite dönemleriyle örtüştüğünü gözlemlemiştir. Hepkorucu ve Genç (2019) Bitcoin özelinde, Kripto para birimleri için spekülatif fiyat balonlarını inceledikleri çalışmalarında GSADF testi kullanılarak fiyatların spekülatif olarak etkilendiğini saptamışlardır. Kayral (2020) Bitcoin, Ethereum ve Ripple için kripto paraların volatilitelerini analiz ettiği çalışmasında GARCH, EGARCH, TGARCH, APARCH, CGARCH ve ACGARCH modellerinden yararlanmıştır. Volatilite tahminlerinde Ripple için APARCH, Bitcoin ve Ethereum için ise EGARCH modelinin en iyi model olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca Ripple için kaldıraç etkisinin varlığına ulaşılırken Bitcoin ve Ethereum için kaldıraç etkisinin varlığına ulaşamamıştır. Akkuş ve Çelik (2020) Bitcoin volatilitelerinin etkinliğini uzun hafıza yöntemi ile analiz ettikleri çalışmalarında kripto para piyasasının etkin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca FIAPARCH asimetrik model sonucuna göre Bitcoin piyasasına ulaşan pozitif bilgi şoklarının negatif bilgi şoklarına kıyasla volatiliteleri daha çok artırdığı belirlenmiştir. Buğan (2021) Bitcoin ve Bitcoin'den sonra gelen ilk beş kripto para birimi olan Litecoin, Ripple, Ethereum, Chainlink, ve Cardano için finansal balonların tespitinde GSADF testi kullanılmıştır. Ulaşılan sonuçlara göre gerek Bitcoin gerekse altcoinlerde finansal balonların var olduğu anlaşılmıştır. Bununla birlikte Chainlink, Ripple, Bitcoin ve Ethereum için ulaşılan balonlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup Cardano ve Litecoin istatistiksel olarak anlamlı sonuca ulaşamamıştır.

4. Kripto Paraların Volatilite Dinamiklerinin ve Balon Varlığının Ampirik Analizi

Bu bölümde kripto paraların volatilite dinamikleri ve balon varlığının tespiti iki farklı aşamada ve en çok işlem gören Bitcoin, Ethereum ve Ripple özelinde tespit edilecektir. Bu bağlamda volatilite dinamiklerinin tespitinde ARCH, GARCH, TGARCH ve EGARCH yöntemleri tercih edilecek olup balon varlığının tespitinde eküs (Sup) ADF (GSADF) birim kök testi tercih edilecektir. Analizlere geçilmeden önce analizde kullanılacak kripto paraların simgeleri, elde edilen kaynakları ve analize ait dönemler Tablo 2'de ve değişkenlerin getiri oranlarına ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 2: Analizdeki kullanılan Değişkenler, Simgeleri, Kaynak ve Dönemleri

Değişken	Simgesi	Elde Edilen Kaynak	Dönem
Bitcoin	BTC	coinmarket cap	01.01.2017-01.01.2020
Ethereum	ETH	coinmarket cap	01.01.2017-01.01.2020
Ripple	XRP	coinmarket cap	01.01.2017-01.01.2020

01.01.2017 ile 01.01.2020 arasındaki 3 yıllık analiz döneminde üç kripto paranın kapanış değerlerine ait günlük veriler kullanılmış olup gözlem sayısı 1097'dir. Analizde E-views programı kullanılmaktadır. Üç kripto para için tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3: Bitcoin, Ethereum ve Ripple İçin Tanımlayıcı İstatistikler

	Bitcoin	Ethereum	Ripple
Ortalama	0,0068	-0,002	-0,003
En Yüksek Değer	0,599	0,301	0,310
En Düşük Değer	-0,491	-0,121	-0,166
Standart Sapma	0,057	0,061	0,066
Eğiklik	1,141	1,110	1,119
Basıklık	15,156	6,819	7,188
Jarque Bera Testi	2121(0,000)	128,109(0,00)	140,109(0,00)

Tablo 3'de günlük getiri ortalamalarına bakıldığında Bitcoin için %0.6, Ethereum için %-0.2 ve Ripple için %-0.03 olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük değerleri arasındaki fark oldukça büyük olup bu durum dalgalanmaların ve oynaklığın bir göstergesidir. Standart sapmalardaki yüksek değerler de bu durumu desteklemektedir. Basıklık değerlerinin yüksek olması kripto paralarının getirilerinin dağılımında kalın kuyruk ihtimaline işaret etmektedir. Normal dağılım olup olmadığını gösteren Jarque Bera testine göre normal dağılım geçerli değildir.

4.1. Kripto Paraların Volatilite Dinamiklerinin Analizi

Analizde kullanılacak BTC, ETH ve XRP kripto paralarının volatilitenin durumunun incelenmesi için Genelleştirilmiş Otoresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH)

kullanılmıştır. GARCH modellerinin kurulabilmesinin ön şartı değişkenlerin durağan olmasıdır.

4.1.1. Birim Kök Analizleri

Ekonometrik analizlerde kullanılan zaman serileri çoğu zaman durağanlık özelliği göstermemektedir. Bu bağlamda birim kök içermelerinden ötürü oluşturulacak modellerden elde edilecek sonuçlar sahte regresyon sorununa neden olmaktadır. Söz konusu sorunun önüne geçilebilmesi amacıyla volatilite dinamikleri analizine geçilmeden önce değişkenlere Dickey ve Fuller (1979) ve Ng Perron (2001) tarafından geliştirilen birim kök testleri uygulanacaktır. ADF birim kök testi Dickey ve Fuller (1979) tarafından eşitlik (1) deki şekliyle ifade edilmektedir (Dickey ve Fuller, 1979, s. 428)

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de ΔY_t serinin birim kök içermediğini, t genel yönelim değişkenini, ΔY_{t-1} ise birim kök içerip birinci dereceden farkı alınan terimi ifade etmektedir. "k" gecikme uzunluğunu ifade etekte olup çoğu zaman Akaike veya Schwarz bilgi kriterleriyle belirlenmektedir. Çalışmada Schwarz bilgi kriteri tercih edilmiştir.

Test edilecek hipotezler;

$$H_0: \delta = 0$$

$$H_1: \delta < 0$$

Şeklinde. ADF testine ilişkin sonuçlar Tablo 4'te izlenebilmektedir.

Tablo 4: ADF Testi Sonuçları

Değişkenler	Test İstatistikleri		Kritik Değerler	
	Seviye Değeri	Birinci Fark	1%	5%
BTC	-4,57(5) *	-	-4,10	-3,45
ETH	-9,28(0) *	-	-4,90	-3,45
XRP	-7,33 (2) *	-	-4,90	-3,45

Not: *, %1, anlam seviyesini, parantez içine alınan değerler ise, Akaike Bilgi Kriteri ile belirlenen optimal gecikme uzunluklarını ifade etmektedir.

Tablo 4'te sunulan ADF birim kök testi sonuçlarına göre analize konu olan değişkenlerin tümü durağan olup birim kök içermemektedir. Analizde kullanılacak diğer bir birim kök testi ise Phillips-Perron (1998) testlerinde ortaya çıkan hata teriminin hacmindeki boyut dağılımı çarpıklığını düzeltmek için M-testleri olarak geliştirilen Ng-Perron (2001) birim kök testidir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007, s. 33). Phillips-Perron birim kök testlerinde kullanılan Z_α ve Z_t testlerinin geliştirilmiş şekli olan MZ_α ve MZ_t testleri, MSB testi ve ADF-GLS testlerinin geliştirilmiş olan MPT testidir. Söz konusu testler eşitlik (2), (3), (4) ve (5)'de izlenebilmektedir.

$$MZ_\alpha = Z_\alpha + (T/2)(\hat{\Theta}_1) \quad (2)$$

$$MSB = \left(T^{-2} \sum_{t=1}^T Y_{t-1}^2 / s^2 \right)^{1/2} \quad (3)$$

$$MZ_t = MSB * MZ_\alpha \quad (4)$$

$$MPT = \left[\frac{\bar{c} T^{-2} \sum_{t=1}^T Y_{t-1}^2 - \bar{c} T^{-1} Y_t^2}{S_{AR}^2} \right] \quad (5)$$

MZ_α ve MZ_t testlerinde boş hipotez serilerin durağan olmadığını MSB ve MPT testlerinde ise boş hipotez serilerin durağan olduğunu ifade etmektedir. Ng-Perron (2001) tarafından hesaplanan kritik değerlerden MZ_α ve MZ_t test istatistiklerinin küçük olması durumunda temel hipotez reddedilememektedir. Bununla birlikte MSB ve MPT test istatistiklerinin söz konusu kritik değerlerden küçük olması durumunda temel hipotez reddedilmektedir. Ng-Perron birim kök testi sonuçları Tablo 5'te izlenebilmektedir.

Tablo 5: Ng-Perron Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	MZ_a	MZ_t	MSB	MPT
BTC	-122,91*(0)	-11,30*(0)	0,01*(0)	0,09*(0)
ETH	-21,19*(2)	-6,01*(2)	0,09(2)	1,16(2)
XRP	-8,18*(0)	-1,73(0)	0,11*(0)	1,11*(0)

Not: Ng-Perron birim kök testinde Schwarz(SIC) bilgi kriteri kullanılarak gecikme uzunluğu maksimum 7 olarak belirlenmiştir. Hesaplanan gecikme uzunlukları parantez içinde belirtilmiştir. Kritik değerler Ng ve Perron (2001) tablo1'den alınmıştır. *,%1 anlamlılık seviyesinde birim kökün varlığını ifade etmektedir.

Tablo 5'te sunulan Ng-Perron birim kök sonuçlarına göre görülebileceği gibi MZ_a ve MZ_t testlerine göre temel birim kök hipotezi analize konu üç kripto para için reddedilmektedir. MSB ve MPT testlerine göre durağanlık temel hipotezi analize konu olan üç kripto para için reddedilememektedir. Diğer bir ifadeyle her üç kripto para seviyede durağandır.

4.1.2. GARCH Tipi Modeller ve Volatilitelerin Tahmini

Serilerin birim kök analizlerinin ardından en küçük kareler yöntemi ile en uygun koşullu ortalama denklemi tahmin edilecektir. Oto korelasyon ve katsayı anlamlılığına bakarak Bitcoin ve Ethereum için ARMA (1,1), Ripple için AR (2)'nin en iyi model olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Modellerle alakalı ulaşılan sonuçlar Tablo 6'da izlenebilmektedir.

Tablo 6: Koşullu Ortalama Denklemlerine Ait Sonuçlar

Model	Bitcoin		Ethereum		Model	Ripple	
	Katsayı	p	Katsayı	p		Katsayı	p
Sabit Terim (c)	0,006*	0,044	0,008*	0,050	Sabit Terim (c)	0,059*	0,068
AR (1)	-0,444**	0,000	0,811*	0,000	-	-	-
MA (1)	0,388**	0,000	-0,771**	0,000	AR (2)	0,161**	0,000

Not: * ve ** sırasıyla %1 ve %5 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Analize konu olan üç kripto paraya ait sabit terimler %1, AR ve MA katsayıları ise %5 seviyesinde anlamlıdır. Tüm modeller için $1 > AR(1)$, $2 > AR(2)$ ve $1 > MA(1)$ şartı gerçekleşmektedir. Ayrıca analizde kullanılacak değişkenler için heteroskedastisite probleminin mevcudiyeti ARCH testi ile incelenmekte olup Q^2 testi ile de otokorelasyon sorununun varlığı incelenmektedir. Söz konusu test sonuçları Tablo 7'de izlenmektedir.

Tablo 7: ARCH-LM ve Q² Testi Sonuçları

Test İstatistikleri	Bitcoin		Ethereum		Ripple	
	F İst.	N* R*	F İst.	N* R*	F İst.	N* R*
ARCH	24,131*	87,181	28,190*	99,09	7,77*	18,19
	Q ² ist.	p	Q ² ist.	p	Q ² ist.	p
Q ²	1,321	0,516	2,919	0,211	7,09	0,101

Not: *, %1 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 7'deki Q² sonuçlarına göre her üç kripto paranın da getir serilerinde otokorelasyon problemi tespit edilmemiştir. Heteroskedastisite incelemesi ile alakalı ARCH testinde artıkların sabit varyanslı olduğu varsayımı reddedilmiştir. Bu bağlamda güçlü bir ARCH etkisine ve değişen varyans sorununun varlığına ulaşılmıştır. Söz konusu güçlü ARCH etkisi, ARCH tipli modellemelere uygunluğu ifade etmektedir. Hata teriminin varyansını sabit kabul eden alışlagelmiş ekonometri modelleri, analizlerde kullanılan birçok zaman serisinde meydana gelen oynaklık ve dalgalanmaları görmezden gelmektedir. Bu konuyla ilgili Engle (1982), zaman serilerinin şartlı ortalama ve varyansının aynı zamanlı olacak şekilde modellenebileceğini göstermiştir. Bu yöntemin esasını şartlı beklentilerin şartsız beklentilerden üstün olması oluşturmaktadır. Bu bağlamda şartlı varyansın sabit olmadığı varsayımında referans alınacak basit bir yöntem, kalıntı tahminlerinin karelerini kullanarak şartlı varyansı ardışık bağımlı (AR) süreç olarak modellemektir. Model eşitlik (6)'daki gibi ifade edilmektedir.

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 + v_t \quad (6)$$

Eşitlik (6)'ya göre $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$ sifıra eşit olması durumunda varyansın sabit terimi de α_0 'a eşit olmaktadır. Aksi durumda eşitlik (6)'daki AR süreci işlemektedir. Ardışık Bağımlı şartlı Değişen Varyans (ARCH) olarak literatürde kullanılan model gerek regresyon modelinden gerekse ardışık bağımlı koşullu değişen varyans (ARCH) modelinden elde edilebilmektedir. Engle (1982) tarafından ifade edilen en basit çarpımsal şartlı değişen varyansla ilgili model eşitlik (7)'de gösterilmiştir.

$$\varepsilon_t = v_t \sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2} \quad (7)$$

Eşitlik (7)'de v_t varyansı 1 ve ortalaması 0 olan beyaz gürültüyü ifade etmektedir. Bunun yanında ε_t ve ε_{t-1} birbirleriyle bağımlı olmayıp sabit terimler olan α_0 ve α_1 için gerekli olan kısıtlar $\alpha_0 > 0$ ve $0 < \alpha_1 < 1$ şeklindedir.

Şartlı varyans yazınında σ_t^2 yerine sıklıkla h_t gösterimi kullanılmakta olup bir evvelki döneme ait hata teriminin karesine bağılılığı nedeniyle ARCH (1) şeklinde ifade edilmektedir. Bu gösterim eşitlik (8) gibi ARCH(q) şeklinde genel bir ifadeye dönüştürölmektedir.

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 \quad (8)$$

Şartlı varyans değerinin hiçbir zaman negatif olmaması gerekmektedir. Negatif olması varyansın anlamsız olduğu anlamına gelmektedir. ARCH modeli Bollerslev (1986) tarafından modifiye edilerek GARCH modeli geliştirilmiştir. Buradaki temel amaç negatif varyans sorununun önüne geçmek ve daha esnek bir gecikme yapısı sağlamaktır. GARCH modellemesi eşitlik (9)'da izlenebilmektedir.

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-1} + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 \quad (9)$$

ARCH ve GARCH modellerinde parametreleriyle ilgili iki koşul sağlanmalıdır. Pozitif olma (negatif olmama) olarak bilinen varyansın pozitif olabilmesi için şartlı varyans denkleminin sağındaki sabit katsayının $\omega > 0$ (0'dan büyük) ve diğer değişkenlerin katsayılarının sıfıra eşit ya da sıfırdan büyük olması gerekmektedir. Diğer koşul ise otoregresif modellerle ilgili durağanlık koşuludur (Özden, 2008, s. 342). GARCH modellerinin en önemli noksanlıklarından biri negatif ve pozitif şoklar karşısında oynaklığın simetrik tepki vardığı düşüncesidir. Fakat günümüz dünyasında oynaklık negatif ya da pozitif şoklara asimetrik tepki de verebilmektedir. Bu bağlamda Nelson (1991) tarafından üstel GARCH (EGARCH) modelleri geliştirilmiş olup eşitlik (10)'da izlenebilmektedir.

$$\log(h_t) = \omega + \sum_{j=1}^p \beta_j \log(h_{t-j}) + \sum_{i=1}^q \alpha_i \frac{u_{t-i}}{\sqrt{h_{t-i}}} + \sum_{i=1}^q \gamma_i \frac{u_{t-i}}{\sqrt{h_{t-i}}} \quad (10)$$

EGARCH modelinde şartlı varyansın doğal logaritması gecikmeli hata terimi karesi yerine standartlaştırılan hata terimine ve kendi gecikmeli değerlerine $\frac{[u_{t-1}]}{h_{t-1}}$ şartlıdır (Demirel vd., 2008, s. 5). Aynı zamanda h_t gecikmeli hata terimlerinin işaretine ve büyüklüğüne bağlıdır. Bu modelde ARCH ve GARCH modellerinde olduğu gibi parametrelerin sıfırın üzerinde olma şartı yoktur. Çünkü EGARCH modelinde şartlı değişen varyansın logaritması alındığından parametreler pozitif olmaktadır. Modelde γ_i teriminin sıfıra eşit olmaması asimetric etkinin varlığını, sıfırdan küçük olması ise kaldıraç etkisinin varlığını ifade etmektedir. Ayrıca $\sum_{i=1}^p \beta_i$ değerinin mutlak değerinin küçük olması oynaklığın kalıcılığının az olduğu anlamına gelmektedir (Özden, 2008, s. 342).

Glosten, Jagannathan ve Runkle, (1993) volatilité üzerinde asimetric etkileri analiz eden TGARCH modelini önermişlerdir. EGARCH modeli, GARCH modelinden koşullu varyansın logaritması kullanıldığı için farklılaşmaktadır. TGARCH model eşitlik (11)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \quad (11)$$

$$I_{t-1} = \begin{cases} 1, & \varepsilon_{t-1} < 0 \\ 0, & \varepsilon_{t-1} \geq 0 \end{cases}$$

Eşitlik (11)'de GARCH modelinde mevcut olmayan $\gamma \varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1}$ terimidir. Asimetri (γ) parametresinin pozitif olması asimetric olduğunu göstermektedir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen ön testler sonucunda en yüksek piyasa değerine sahip üç kripto paraya ait getirilerin koşullu değişen varyans süreçleri ile modellenmesinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre söz konusu kripto paralara ait getirilerin volatilitelerinin tahmin edilmesinde altı farklı model kullanılmıştır. Bu modeller sırasıyla ARCH (2), GARCH (2,1), TGARCH (2,1), EGARCH (2,1) şeklinde olup söz konusu modeller arasında en uygun modelin belirlenmesinde Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Schwarz Bilgi Kriteri (SIC) değerleri incelenmiş ve en küçük değere sahip olan modeller en iyi modeller olarak tespit edilmiştir. Ayrıca GARCH modeli dışındaki modellerde volatilitelere gelen pozitif ve negatif şokların etkilerinin ayrıştırılmasını mümkün kılan kaldıraç etkisinin (leverage etkisi) varlığı

test edilebilmektedir. Modele dahil olan Bitcoin, Ethereum ve Ripple için getiri oranlarına ilişkin sonuçlar Tablo 8' de sunulmaktadır.

Tablo 8: Bitcoin Getiri Oranına Ait Volatilite Model Sonuçları

Değişken	ARCH(2)	GARCH (2,1)	TGARCH(2,1)	EGARCH (2,1)
BITCOIN				
Ortalama Denklemi				
c	0,004*	0,003*	0,004*	0,005*
AR(3)	-0,005*	-0,005	0,002	0,006*
MA(4)	0,054**	0,023*	0,035*	0,018
Varyans Denklemi				
c	0,004*	0,003*	0,004*	-161*
ε_{t-1}^2	0,555*	0,134*	0,266*	-
ε_{t-2}^2	0,145*	-0,119 *	-0,161*	-
h_{t-1}	-	0,551*	0,619*	-
I_{t-1}	-	-	0,046*	-
$\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0,5}$	-	-	-	-0,081*
$\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0,5}$	-	-	-	-0,312*
$\varepsilon_{t-2}/h_{t-1}^{0,5}$	-	-	-	-0,188*
$\ln(h_{t-1})$	-	-	-	0,745*
AIC	-2,133	-4,321	-4,587	-5,789
SIC	-2,323	-4,105	-4,449	-5,113
Değişken	ARCH(2)	GARCH (2,1)	TGARCH(2,1)	EGARCH (2,1)
ETHEREUM				
Ortalama Denklemi				
c	0,004*	0,003*	0,004*	0,005*
AR(3)	-0,005*	-0,005	0,002	0,006*
MA(4)	0,054**	0,023*	0,035*	0,018
Varyans Denklemi				
c	0,004*	0,003*	0,004*	-161*
ε_{t-1}^2	0,555*	0,134*	0,266*	-
ε_{t-1}^2	0,145*	-0,119 *	-0,161*	-
h_{t-1}	-	0,551*	0,619*	-
I_{t-1}	-	-	0,046*	-
$\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0,5}$	-	-	-	-0,081*
$\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0,5}$	-	-	-	-0,312*
$\varepsilon_{t-2}/h_{t-1}^{0,5}$	-	-	-	-0,188*

$\ln(h_{t-1})$	-	-	-	0,745*
AIC	-2,133	-4,321	-4,587	-3,789
SIC	-2,323	-4,105	-4,449	-3,113
Değişken	ARCH(2)	GARCH (2,1)	TGARCH(2,1)	EGARCH (2,1)
RIPPLE				
Ortalama Denklemi				
c	0,004*	0,003*	0,004*	0,005*
AR(3)	-0,005*	-0,005	0,002	0,006*
MA(4)	0,054**	0,023*	0,035*	0,018
Varyans Denklemi				
c	0,004*	0,003*	0,004*	-161*
ε_{t-1}^2	0,555*	0,134*	0,266*	-
ε_{t-2}^2	0,145*	-0,119 *	-0,161*	-
h_{t-1}	-	0,551*	0,619*	-
I_{t-1}	-	-	0,046*	-
$\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0,5}$	-	-	-	-0,081*
$\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0,5}$	-	-	-	-0,312*
$\varepsilon_{t-2}/h_{t-1}^{0,5}$	-	-	-	-0,188*
$\ln(h_{t-1})$	-	-	-	0,745*
AIC	-2,133	-4,321	-4,587	-3,789
SIC	-2,323	-4,105	-4,449	-3,113

Tablo 8 sonuçlarına göre Bitcoin için AIC ve SIC değerlerinin en küçük değerler aldığı EGARCH en iyi model olarak belirlenmiştir. Asimetrisinin göz önüne alındığı EGARCH katsayısı olan $\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0,5}$ pozitif değer alırsa pozitif şokun, koşullu varyansın logaritması üzerindeki etkisi ($\alpha_1 + \gamma_1$) kadardır. Katsayı negatif değer alırsa şokun koşullu varyansın logaritması üzerindeki etkisi ($-\alpha_1 + \gamma_1$) kadardır. Katsayıların tümü %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Modelin katsayılarının negatif olması negatif şokların pozitif şoklara göre volatiliteleri artıracak şekilde etki göstereceği, diğer bir ifadeyle kaldıraç etkisinin bulunduğu anlamına gelmektedir. Ethereum ve Ripple için en iyi modelin TGARCH olduğu belirlenmiştir. Varyans denkleminde tüm sonuçlar anlamlı bulunmuştur. Ethereum ve Ripple kripto paralarına ait TGARCH katsayısı olan I_{t-1} pozitif işaretli olup kaldıraç etkisine ulaşamamıştır. Bununla birlikte söz konusu katsayının anlamlı bulunması nedeniyle pozitif şokların negatif şoklara göre volatiliteleri artıracak şekilde etki göstereceği

sonucuna ulaşılmıştır. Her üç kripto para için elde edilen sonuçlara göre ARCH Testi sonuçlarına göre heteroskedastisite sorununun ortadan kaldırıldığı, otokorelasyon sorununun ise bulunmadığı görülmüştür.

Analizin güvenilirliğinin artması için Bilgi kriterlerinin yanında, analize konu olan modellere ait öngörü performanslarını karşılaştırarak ve en başarılı modeli belirlemek için literatürde tercih edilen kayıp fonksiyonları (loss functions) olan ortalama hata kare kökü (RMSE), ortalama mutlak yüzde hata (MAPE), theil eşitsizlik katsayısı kriterleri ve ortalama mutlak hata (MAE) tercih edilmiştir. Bahsi geçen kriterler 1gün, 1 hafta ve 1 ay sonrası için karşılaştırılmış olup sonuçlar Tablo 9'da izlenebilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre kriterlerin en küçük olduğu model en başarılı model olarak kabul edilmektedir.

Tablo 9: Öngörü Performansı Açısından Volatilite Modelleri

BITCOIN												
	ARCH			GARCH			TGARCH			EGARCH		
Kriter	1	7	30	1	7	30	1	7	30	1	7	30
RMSE	0,020	0,029	0,046	0,016	0,038	0,069	0,018	0,024	0,051	0,011	0,018	0,030
MAE	0,018	0,022	0,039	0,017	0,030	0,019	0,019	0,027	0,047	0,010	0,020	0,010
MAPE	76,18	88,18	102,1	55,11	76,18	80,17	67,11	77,19	81,18	42,18	50,10	60,90
Theil	0,718	0,888	0,910	0,810	0,916	0,961	0,611	0,771	0,815	0,581	0,601	0,701
ETHEREUM												
	ARCH			GARCH			TGARCH			EGARCH		
Kriter	1	7	30	1	7	30	1	7	30	1	7	30
RMSE	0,031	0,038	0,056	0,023	0,049	0,078	0,010	0,019	0,033	0,030	0,035	0,061
MAE	0,029	0,034	0,061	0,024	0,030	0,019	0,008	0,010	0,009	0,031	0,038	0,056
MAPE	85,10	98,10	117,1	68,11	76,18	80,17	33,18	40,10	48,90	79,11	77,19	81,18
Theil	0,828	0,991	0,981	0,990	0,916	0,961	0,421	0,500	0,601	0,671	0,771	0,815
RIPPLE												
	ARCH			GARCH			TGARCH			EGARCH		
Kriter	1	7	30	1	7	30	1	7	30	1	7	30
RMSE	0,020	0,029	0,046	0,016	0,038	0,069	0,018	0,024	0,051	0,011	0,018	0,030
MAE	0,018	0,022	0,039	0,017	0,030	0,019	0,019	0,027	0,047	0,010	0,020	0,010
MAPE	76,18	88,18	102,1	55,11	76,18	80,17	67,11	77,19	81,18	42,18	50,10	60,90
Theil	0,718	0,888	0,910	0,810	0,916	0,961	0,611	0,771	0,815	0,581	0,601	0,701

Tablo 9'dan izlenen öngörü performanslarına bakıldığında Bitcoin için kullanılan dört kayıp fonksiyonuna göre bir günlük, bir haftalık ve bir aylık sürelerde öngörü performansı açısından en başarılı model EGARCH modelidir. Ethereum ve Ripple için ise kullanılan dört kayıp fonksiyonuna göre bir günlük, bir haftalık ve bir aylık sürelerde öngörü performansı açısından en başarılı model TGARCH modelidir. Asimetriyi göz önünde bulunduran TGARCH modelinin volatilité dinamiklerini yakalamada daha başarılı olması literatürdeki bulgularla da uyumludur.

4.1.3. Kripto Para Piyasasında Balon Varlığının Analizi

Analizin spekülâtif balon varlığının tespit edileceği bu bölümünde balonların oluşma dönemi ve balonların tespiti için Phillips ve Yu (2011) tarafından oluşturulan genelleştirilmiş eküs (Sup) ADF (GSADF) birim kök testi tercih edilecektir. Phillips ve Yu (2011) tarih belirleme mekanizması olarak genelleştirilmiş supADF (GSADF) testinin kullanılmasını önermiştir. GSADF testi kullanılan örneğin başlangıç noktasını sabitleştirmekten ziyade kullanılan örneğin başlangıç noktasını ve bitiş noktasını uygun bir pencere aralığında değiştirir (Güler ve Gökçe, 2020, s. 997). Bundan dolayı GSADF testi, uzun zaman boyutlu serilerin analizi için daha uygundur. Söz konusu testim kritik değerlerine ulaşılmasında Monte Carlo simülasyonu kullanılmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde baloncukların tespit edilmesinde daha başarılı olan GSADF testi önerilmiştir. GSADF analizi için eşitlik (12)'deki regresyon kullanılmaktadır.

$$y_t = m + \lambda y_{t-1} + \sum_{i=1}^p p_i^j r_2^j \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim \text{iid } N(0, \sigma^2), t = 1, \dots, T \quad (12)$$

Eşitlik (12)'de γ_t haftalık kapanış fiyatlarını ifade etmektedir. Benzer şekilde en çok gecikme sayısı p , fark Δ , toplam verinin pencere uzunluğu r ve r_2 ile ifade edilmektedir. Sıfır hipotezinin reddedilmesi balonların var olduğunu ifade etmektedir. Bu doğrultuda kurulacak denklem eşitlik (13)'deki gibidir.

$$GSADF_{r_0} = \sup_{r_2 \in (r_0, 1)} SADF_{r_2}(r_0) \quad (13)$$

Balonların tespit edilmesi durumunda balonların hangi döneme ait olduğunun belirlenmesi için geriye yönelik SADF(BSADF) istatistiklerinden faydalanılmaktadır. Bitiş noktası r_2 değişmemek üzere başlangıç yerinden $r_2 - r_1$ noktasına giden alt örneklemelere ait ADF dizisi $(ADF_{r_1, r_2})_{r_1 \in (0, r_2 - r_0)}$ olacak şekilde BSADF istatistiği eşitlik (14)'deki gibi ifade edilmektedir (Ceylan vd., 2018, s. 270).

$$BSADF(r_0) = \sup_{r_1 \in (0, r_2 - r_0)} (ADF_{r_1, r_2}) \quad (14)$$

Ulaşılan BSADF dizileri Monte Carlo simülasyonu kullanılarak belirlenen istatistiğe ait sağ kuyruklu kritik değerler dizisiyle karşılaştırılmaktadır. Bu sayede hangi tarihlerde balon oluştuğu belirlenmektedir. Bitcoin, Ethereum ve Ripple için GSADF test sonuçları Tablo 10'da izlenebilmektedir.

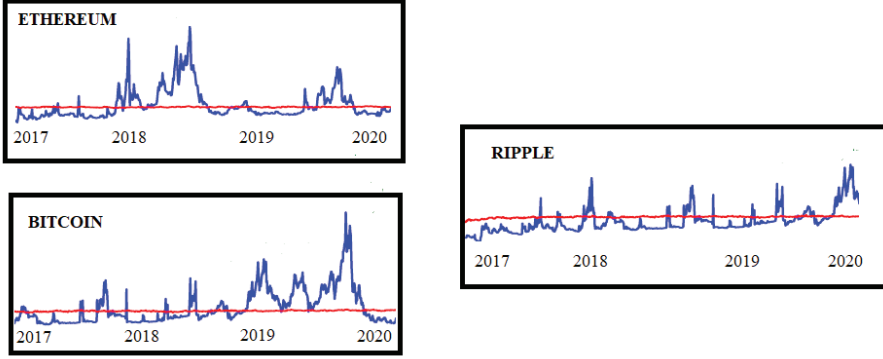
Tablo 10: Bitcoin, Ethereum ve Ripple için GSADF Test Sonuçları

Değişken	Test İstatistiği	Gözlem Sayısı	Pencere Uzunluğu	Gecikme	Sonuç
Bitcoin	12.001*	1097	21	0	Balon Mevcut
Ethereum	11.311*	1097	21	0	Balon Mevcut
Ripple	10.011*	1097	21	0	Balon Mevcut

Not: * GSADF test istatistiklerinin sırasıyla %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. GSADF istatistiklerine ait kritik değerler %1 anlamlılık düzeylerinde bitcoin için sırasıyla 2.662'tir, Ethereum için 2.677 Ripple için 2.77 dir.

Tablo 10'da pencere uzunluğu literatürde ortak yaklaşım olan gözlem sayısının %2'sine denk gelen 21 olarak belirlenmiştir. Elde edilen test istatistiklerinin kritik değer üzerinde olması nedeniyle sıfır hipotez reddedilmektedir. Bu durum analiz dönemlerinde spekülatif balonların varlığını göstermektedir.

Şekil 4. Bitcoin, Ethereum ve Ripple BSADF Dizileri



Şekil 4'teki dizilere bakıldığında kırmızı olan eşik değerinin üzerindeki alanlar (SADF dizilerinin %5 kritik dizileri aşan kısımları) balon fiyatlarıdır. Şekilden anlaşılacağı gibi her üç kripto para için incelenen dönemlerde sürekli spekülasyon balon fiyatlamaları meydana gelmiş olup Ripple'a göre Ethereum ve Bitcoin'de çok daha yüksek balon fiyatların meydana geldiği anlaşılmaktadır.

5. Sonuç

İlk kripto para olan Bitcoin'in popülaritesinin artmasıyla beraber piyasaya birçok kripto para sürülmüş ve 2021 yılına gelindiğinde alt coinlerin sayısı 4.000'e ulaşmıştır. Çalışmada yüksek hacimli Bitcoin, Ethereum ve Ripple özelinde kripto para piyasasında volatiliteler ve fiyat balonları analiz edilmiştir. Finansal balonların tespitinde sıklıkla kullanılan güncel testlerden olan GSADF testi tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Bitcoin ve altcoinlerde çoklu finansal balonlar tespit edilmiş ve tespit edilen balonlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Volatiliteler analizinde Bitcoin için EGARCH, Ethereum ve Ripple için TGARCH en iyi model olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Bitcoin için katsayılarının negatif olması negatif şokların pozitif şoklara göre volatiliteleri artıracak şekilde etki göstereceği anlamı taşımaktadır. Bu durum kaldıraç etkisinin bulunduğu anlamına gelmektedir. Ethereum ve Ripple için kaldıraç etkisine ulaşamamış olup pozitif şokların negatif şoklara göre volatiliteleri artıracak şekilde etki göstereceği anlaşılmaktadır.

Ulaşılan sonuçlar konuya ilgi duyan araştırmacılar, profesyoneller, yatırımcılar ve politika yapımcılar bakımından dikkat çekicidir. Analiz dönemlerinin güncelliği, salgın döneminin etkilerini ve 2020 yılının sonlarına doğru meydana gelen finansal balonların tespitini olanaklı hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre riski seven yatırımcılar için balon tespit edilen dönemlerde fiyat artışının sürekli olacağı varsayımıyla kripto paralar diğer yatırım araçlarına alternatif olarak düşünülebilir. Bundan sonra yapılacak konuyla alakalı çalışmalarda bilhassa fiyat oluşumlarında spot piyasa ile vadeli piyasa arasındaki ilişkinin incelenmesi ve Bitcoin vadeli işlemler piyasasındaki fiyat balonlarının tespiti, araştırmaları daha ileri noktalara taşıyabilecektir. Çalışma sonuçları Bitcoin, Ethereum ve Ripple özelinde kripto para piyasasında fiyatların spekülasyonlara açık olduğunu göstermektedir.

Etik Kurul Onayı: Bu araştırmada veri kullanılmadığı için etik kurul onayı gerekmemektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

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

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.

Kaynaklar/References

- Akkuş, H.T. & Çelik, İ. (2020). Modeling, forecasting the cryptocurrency market volatility and value at risk dynamics of Bitcoin. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 22(2), 296-312.
- Altunöz, U. (2020). *Hile ekonomisi, finansal piyasalarda yatırımcı psikolojisi ve finansal skandallar*. Seçkin Yayınları, 2. Baskı.
- Avunduk, H. & Aşan, H. (2018). Block zinciri (Blockchain) teknolojisi ve işletme uygulamaları: genel bir değerlendirme. *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 33(1), 369-384.
- Baumol, W. J. (1957). Speculation, profitability, and stability. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 263-271.
- Blanchard, O. J. & Watson, M.W. (1982). Bubbles, rational expectations, and financial markets. Working paper no:945. *National Bureau of Economic Research*
- Blanchard, O. J. (1979). Speculative bubbles. *crashes and rational expectations*, *Economic Letters*, 3(4):263-271.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327.
- Bouoiyour, J. & Selmi R. (2016). Bitcoin: a beginning of a new phase?. *Economics Bulletin*, 36(3), 1430-1440.

- Brunnermeier, M. K. (2008), *Bubbles*. The New Palgrave Dictionary of Economics, 2 ed., eds. S. Durlauf and L. Blume.
- Buğan, M. (2021). Bitcoin ve altcoin kripto para piyasalarında finansal balonlar . *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)* , 13 (24) , 165-180 .
- Byström, H. & Krygier, D. (2018). What drives bitcoin volatility?, *The Knut Wicksell Centre for Financial Studies*, Working Paper, 2018:3, 1-26.
- Campbell, J. Y. & Shiller, R. J. (1987). Cointegration and tests of present value models, *Journal of Political Economy*, 95(5), 1062–88
- Ceylan, F., Ekinci, R., Tüzün, O. & Kahyaoglu, H. (2018). Kripto para piyasasında balonların tespiti: Bitcoin ve Ethereum örneği, *Business & Management Studies: An International Journal* , 6(3), 263-274.
- Charles, A. & Darne, O. (2019). Volatility estimation for Bitcoin: Replication and extension, *International Economics*, 157, 1-15.
- Çağlı, E. Ç. & Mandacı, E. M. (2017). Borsa İstanbul'da rasyonel balon varlığı: Sektör Endeksleri Üzerine Bir Analiz. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar Dergisi*, 54(629), 63 – 76.
- Demarzo, P. M., Kaniel R. & Kremer, I. (2008). Relative wealth concerns and financial bubbles, *Review of Financial Studies*, 21(1), 19-50.
- Demirel, B., Bozdağ, E. G. & İnci, A. G., (2008). Döviz kurundaki dalgalanmaların gelen turist sayısına etkisi: Türkiye örneği. *DEU Ulusal İktisat Kongresi*, İzmir, 1-15.
- Dickey, D.A. & W.A. Fuller (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root, *Journal of the American Statistical Association*, 74 (336a), 427-431.
- Dyhrberg, A. H. (2016). Hedging capabilities of Bitcoin. Is it the virtual gold?. *Finance Research Letters*, 16, 139-14.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50 (4), 987-1007. <http://www.jstor.org/stable/1912773>
- Ertuğrul, H. M. (2019). Kripto paraların volatilité dinamiklerinin incelenmesi: GARCH modelleri üzerine bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(4), 59-71.
- Flood, R. P. & Garber P.M. (1980). Market fundamentals versus price-level bubbles: The first test. *Journal of Political Economy*, 88(4):745-770.
- Frascaroli, B. F. & Pinto, T. C. (2016). Innovative aspects of Bitcoin, market microstructure and volatility returns, *Revista Brasileira de Economia de Empresas*, 18(2):49–70.
- Friedman, M. (1953). *Essays in positive economics*, University of Chicago Press, United States.
- Garber, P.M. (2000). *Famous first bubbles: The Fundamentals of Early Manias*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Glosten, L. R., Jagannathan, R. & Runkle, D. E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *Journal of Finance*, 48, 1779–1801.
- Güler, İ. & Gökçe, A. (2020). Yabancılar konut satışı ile konut balonu ilişkisinin GSADF sınamaları ile araştırılması: Türkiye geneli ve İstanbul, Antalya illeri örneği. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(2) ,990-1007.

- Hall, S. G., Zacharias P. & Martin S. (1999). Detecting periodically collapsing bubbles: A Markov-switching unit root test. *Journal of Applied Econometrics*, 14(2), pp. 143–54.
- Hardouvelis, G. A. (1988). Evidence on stock market speculative bubbles: Japan, the United States, and Great Britain. *Federal Reserve Bank of New York Quarterly Review*, (Sum), 4–16.
- Hart, Oliver D. & Kreps, D (1986). Price destabilizing speculation. *Journal of Political Economy*, 94(5), pp. 927- 952.
- Hepkorucu, A. & Genç, S. (2019). Kripto para değerleri için spekülatif fiyat balonlarının test edilmesi : Bitcoin üzerine bir uygulama. *Vergi Bilim Dergisi*, 2(1), 44-50
- Kayral, İ. E. (2020). Volatility estimation for three crypto currencies with the highest market cap. *Finansal Araştırmalar ve alışmalar Dergisi*, 12(22) , 152-168.
- Kindleberger, C. P. (1978). *Manias, Panics, and Crashes: A History of Financial Crises*. New York: Basic Books. , xii, 271.
- Kindleberger, Charles P., & Robert Aliber (2005). *Manias, Panics and Crashes: A History of Financial Crises*. John Wiley & Sons, New Jersey, 5th edition.
- Kohn, M. (1978). Competitive speculation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 46(5), pp.1061-1076.
- Koy, A. & Ekim, S . (2016). Borsa İstanbul sektör endekslerinin volatilité modellemesi. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* , 5(2) , 1-23 .
- Latif, S. R., Mohd, M. A., Amin, M. N. M. & Mohamad, A. I. (2017). Testing the weak form efficient market in cryptocurrency, *Journal of Engineering and Applied Science*, 12 (9): 2285-2288
- Meese, R., A. (1986). Testing for bubbles in exchange markets: A case of sparkling rates?". *Journal of Political Economy*, 94(2), 345,373.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-peer electronic cash system.,(çevrim içi) <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, Erişim Tarihi:3.11.2022.
- Nelson, D., B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica – The Econometric* , (2), 347-370.
- Ng, S., & Perron, P. (2001). Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power. *Econometrica*, 69(6), 529–1554.
- Oran, A. (2011). Balonları daha iyi tanımaya çalışmak: Balon tanımları, modelleri ve lale çılgınlığı örneği, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(1),51-161.
- Özden, Ü., H. (2008). İMKB bileşik 100 endeksi getiri volatilitésinin analizi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(13), 339-350.
- Phillips, P.C. B & Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression, *Biometrika*, 75(2), ss.335 346.
- Phillips, P., C., B. & Yu, J. (2011). Dating the timeline of financial bubbles during the subprime crises. *Quantitative Economics*, 2(3), 455-491.

- Rappoport, P. & White, E. (1994). Was the crash of 1929 expected?. *The American Economic Review*, 84(1), 271–81.
- Sevüktekin, M. & Nargeleşkenler, M. (2007). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi*, 1. Baskı, Ankara: Nobel Yayın.
- Shiller, R. J. (1981). Do stock prices move too much to be justified by subsequent changes in dividends?. *The American Economic Review*, 71(3), 421-436
- Şahin, E. E. & Özkan, O. (2018). Asimetrik volatilitenin tahmini: Kripto para bitcoin uygulaması., *Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 3(2), 240-247
- Şahin, E. E. (2020). Kripto para fiyatlarında balon varlığının tespiti: Bitcoin, IOTA ve Ripple örneği, *Selçuk Ün. Sos. Bil. Ens. Der.*, (43), -69
- Vigna, P. (2017). *Kriptopara Çağı: Buzdağı* Yayınevi.
- Xu, X., Pautasso, C., Zhu, L., Gramoli, V., Ponomarev, A., Tran, AB., & Chen, S., (2016). The Blockchain as a software connector. *13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA)*, 182–191
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is current research on blockchain technology?. *A Systematic Review*, 11(10), 1-27.
- Zou, H. & Sun, L. (2012). The influence of investor sentiment on stock return and its volatility under different market states, *2012 Fifth International Conference On Business Intelligence and Financial Engineering*, 337-341.

