

KRİPTO PARALARIN VOLATİLİTE MODELİNDE ABD BORSA ENDEKSLERİNİN YERİ: BİTCOİN ÜZERİNE BİR UYGULAMA

THE PLACE OF US STOCK INDEX IN VOLATILITY MODEL OF CRYPTO MONEY: AN APPLICATION ON BITCOIN

Ayben KOY* 
Mustafa YAMAN** 
Sefa METE*** 

Öz

Blok zincir sisteminde işlem gören en yeni inovatif finansal ürünlerden biri olan kripto paralar, yatırımcılardan yüksek ilgi görmektedir. Kripto para piyasasının en yüksek işlem hacimli ürünü Bitcoin (BTC), gösterdiği yüksek oynaklıklar ve spekülâtif fiyat balonları ile de ön plana çıkmıştır. BTC'nin volatilité yapısında ABD borsa endeks getirilerinin varlığını araştıran bu çalışma, 10.03.2016 – 11.06.2019 dönemindeki günlük verileri kapsar. Genelleştirilmiş Otoresresif Koşullu Değişen Varyans modellerinden GARCH, EGARCH ve TARCH modellerinin kullanıldığı çalışmada, SP500, Nasdaq100 ve Dow Jones Industrial varyans değişkeni olarak kullanılmıştır. Bulgular, (1) her üç endeksin de BTC'in volatilitésini açıklamada anlamlı olduğu, (2) borsa endeksleri ile geliştirilmiş modellerin, GARCH, EGARCH ve TARCH modellerinin tamamında benzer temel modelden daha güçlü olduğu ve (3) endekslerle geliştirilmiş EGARCH modelinin ise en güçlü model olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kripto para, Bitcoin, Volatilité, GARCH

JEL Kodları: G15, G40

Abstract

Crypto currencies, one of the newest innovative financial products traded in the block chain system, attract high interest from investors. BTC which has got the highest transaction volume product in the crypto

* Doç. Dr., İstanbul Ticaret Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İstanbul, Email: akoy@ticaret.edu.tr, ORCID:0000-0002-2506-6634

** İstanbul Ticaret Üniversitesi, Finans Enstitüsü, Sermaye Piyasaları Programı Yüksek Lisans Mezunlu, Email: mustafayaman377@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2309-0534

*** İstanbul Ticaret Üniversitesi, Finans Enstitüsü, Sermaye Piyasaları Programı Yüksek lisans Mezunlu, Email: sefamt53@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4547-6809

money market, draws attention with its high volatility and speculative price balloons. This study investigates the presence of US stock index returns in the volatility structure of BTC and includes daily data for the period 10.03.2016 – 11.06.2019. In the study using GARCH, EGARCH and TARCH models from Generalized Autoregressive Conditional Variance Variance models, SP500, Nasdaq100 and Dow Jones Industrial variance variables are used. The findings indicated that (1) all three indices are significant in explaining the volatility of BTC, (2) the models developed with stock market indices are stronger than the similar basic model in all GARCH, EGARCH and TARCH models, and (3) the EGARCH model developed with indices is the most powerful model.

Keywords: Cryptocurrency, Bitcoin, Volatility, GARCH

JEL Codes: G15, G40

Giriş

Bir varlık veya ekonomiyi dayanak almanın ötesinde, içinde bulunduğu blok zincir sisteminin kullanımının artışı, hukuki düzenlemeler ve yatırımcı psikolojisi gibi etkenlerle piyasa fiyatının oluştuğu ve büyük oynaklığa sahip olan kripto paralar, finans sistemindeki mevcut en inovatif ürünlerden biri olma özelliğindedir. Özellikle 2017 yılından itibaren kripto paralarda yaşanan aşırı oynaklıklar ve spekülatif fiyat balonları (Mete, Koy, & Ersoy, 2019), araştırmacılar için de güncel bir çalışma alanı haline gelmiştir. Her ne kadar blok zincir sistemi güvenilir, ulaşılabilir, şeffaf ve değişmez bir yapıya sahip olsa da, yatırımcılara portföy risklerini yönetmek ve güvenli liman oluşturmak gibi özelliklerden çok uzak olan Bitcoin (BTC) (Stavroyannis & Babalos, 2017), kripto para piyasasında en yüksek işlem hacmine sahip olma özelliğini sürdürmektedir. Ethereum (ETH) ve XRP de BTC liderliğindeki piyasanın diğer iki önemli kripto parası olarak ilgi görmeye devam etmektedir. Günümüzde, BTC'in kara para aklama aracı olarak kullanımı ve buna bağlı olarak oluşabilecek suç ve kanun uygulamalarında yaşanabilecek zorluklar kamu otoritelerinin gündeminde kalmaya devam ederken (Christopher, 2014), piyasaların geleceğine yönelik öngörüler kripto paraların ödeme sistemlerinde önemli bir yere sahip olacağını vurgulamakta. mevcut koşullarda diğer finansal ürünlerin değer/fiyat ilişkisinden çok farklı bir yapıya sahip olan kripto paraların, diğer finansal ürün ve piyasalarla ilişkisini incelemek, akademiye ve yatırımcılara bilgi aktarmak üzere önem kazanan bir araştırma konusudur.

Kripto para piyasasının lideri BTC'in volatilitate yapısında ABD borsa getirilerinin varlığını araştıran bu çalışma, 10.03.2016 – 11.06.2019 dönemindeki günlük verileri kapsamaktadır. Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) Modelleri ile BTC'in volatilitate modelinin kurulduğu çalışmada, ABD Borsa endeksleri olan SP500, Nasdaq100 ve DowJones Industrialin varyans değişkeni olarak varlığı araştırılmıştır.

1. Literatür

Kripto paralar üzerine araştırmacıların ilgisi artarken, araştırmaların kripto paralarda balon oluşumu, portföy yönetiminde kullanılabilmesi (Corbet, Lucey, & Yarovay, 2018), (Bourı, Molnar, Azzi,

Roubaud, & Hagfors, 2016), diğer piyasalarla ilişkileri ve volatilitte modellemeleri (Kahraman, Kckşahin, & ağlak, 2019) zerinde yoğunlaştığı dikkat çekmektedir.

Corbet, Lucey, & Yarovay, 2018,  popüler kripto para birimi ile çeşitli diğer finansal varlıklar arasındaki ilişkileri analiz etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kripto para birimlerinin kısa yatırım dönemleri olan yatırımcılar için çeşitlendirmede kullanılabilir. Bourı ve diğ. 2016 çalışmasında BTC'in büyük dünya hisse senedi endeksleri, tahviller, petrol, altın, genel emtia endeksi ve ABD doları endeksi için hedge ve güvenli bir sığınak olarak davranıp davranamayacağını incelemek için dinamik bir koşullu korelasyon modeli kullanmıştır. Genel olarak, ampirik sonuçlar BTC'in çeşitlendirme için uygun olduğunu göstermektedir. Benzer sonuçlara ulaşan Briere vd., (2015), çalışmada 2010-2013 döneminde haftalık verilerin kullanılmasıyla hem geleneksel yatırım araçları hem de alternatif yatırım araçlarını BTC yatırımı portföy eşitlendirmesinde analiz etmişlerdir. BTC yatırımının, yüksek getiri ve volatilitteye sahip olması ve yatırım araçlarının korelasyonunun düşük olması nedeniyle portföy çeşitlendirmede fayda sağladığını göstermişlerdir. Fakat uzun vadede, risklerin ortaya çıkabileceği de vurgulanmıştır.

Kripto paraların işleyiş süreçlerini inceleyen Güleç ve diğ. (2018), BTC'in döviz, hisse senedi, emtia piyasaları ve faiz ile olan ilişkisini ele almışlardır. Eř bütünleşme ve nedensellik analizlerinin uygulandığı çalışmada, faiz değişkeni ile BTC fiyatları arasında anlamlı bir ilişki olduğuna dair bulgular yer almıştır. Atik ve diğ. (2015), BTC kullanımının artması ile sistemin çalışma prensibini ve geleneksel döviz piyasalarına etkilerini araştırmayı amaçlamıştır. Günlük BTC fiyatları ile likiditesi en yüksek para birimleri arasındaki ilişkiler, Granger nedensellik analizi ile test edilmiştir. Sonuçlar, BTC ile Japon Yen'inin birbirinden gecikmeli olarak etkilediği ve Japon Yen'inden BTC'e doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin var olduğunu göstermiştir. Hem döviz fiyatının belirleyicileri hem de kripto para birimlerine özgü faktörleri BTC'in çekiciliğini dikkate alan Ciaian ve diğ. (2016), BTC fiyat oluşumunu incelemişlerdir. 2009-2015 yılları arası günlük veriler kullanılarak, yatırımcıların ve kullanıcıların BTC fiyatı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ve zaman içinde farklılaştığını tespit etmişlerdir. Uzun vadede makroekonomik gelişmelerin BTC fiyatını arttırdığı yönünde sonuç elde edememişlerdir.

Dyhrberg A. H., (2016), alışmada GARCH modellerini kullanarak BTC'in finansal varlık özelliklerini araştırmaktadır. Oluşturulan modellere göre; BTC altın ve dolara riskten korunma ve değişim aracı olması yönüyle birkaç benzer özellik göstermektedir. BTC finansal piyasalarda ve portföy yönetiminde yatırım ve tasarruf özelliklerini bünyesinde toplamaktadır. BTC'in oynaklığına bakıldığında zamana göre değiştiği ve uzun dönemde geçerli olduğu kabul edilebilir. BTC'in risk yönetiminde yararlı olabileceğini ve riski seven yatırımcılar için ideal olduğunu göstermiştir. Oynaklık zerine olan diğer bir çalışmada (Kahraman, Kckşahin, & ağlak, 2019), finansal yatırımcılar için alternatif yatırım aracı olarak görülen ve piyasalarında yüksek oynaklıkların görüldüğü kripto paraların volatilitte tahmininde Tekil Oynaklık Modelleri (ARCH, GARCH, T-GARCH, GARCH-M, E-GARCH, I-GARCH) ile uzun hafıza modelleri (AP-GARCH ve C-GARCH) kullanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, BTC ve Ethereum için şokların volatilitte etkisi kalıcı ve pozitif şokların etkisi negatif şokların etkisinden daha fazla iken Ripple için şokların volatilitteye etkisi geçici karakterde ve oynaklığın geçişkenliği kısa dönemli olmaktadır. Çalışmada kullanılan BTC, Ethereum ve

Ripple kripto para birimleri için pozitif ve negatif şokların ayrıştırılabilir nitelikte olmadığı ayrıca kaldıraç etkisinin olmadığı sonucu elde edilmiştir. BTC ile S&P 500 endeksinin günlük getiri serisini inceleyen Baek & Elbeck (2015) ise BTC piyasasının S&P 500'e göre 26 kat daha fazla volatiliteye sahip olduğunu, ayrıca BTC'in spekülâtif olduğunu söylemektedirler. Çalışmalarında BTC piyasasının işleyişi ve fiyatların oluşumu ile ilgili bilgilere de yer veren Koçoğlu ve diğ. (2016), BTC piyasasının etkinliği, likiditesi ve oynaklığı üzerine analizlerde bulunmuşlardır. Kripto para piyasasında oynaklığın çok yüksek olduğuna dikkat çeken çalışmada, piyasanın riskli olup spekülâtif amaçla kullanılabilirliği ön plana çıkarılmıştır. Frascaroli ve Pinto (2016), finansal yenilik olarak ele aldıkları BTC'in Eylül 2011'den Haziran 2015'e kadar olan getiri serisini örneklem olarak kullanmışlardır. Bu verilere dayanarak DCC MGARCH modeli tahmin edilmiştir. Çalışma sonucu kalıcı dalgalanmaların varlığını göstermektedir. Katsiampa, (2017)'de ise BTC piyasasındaki uzun vadeli varyansın sabit kalma-dığı ve zaman içinde farklılaştığı öngörülmüştür. Ayrıca en iyi modelin AR-GARCH modeli olduğu vurgulanmıştır.

Macdonell (2014), kripto para birimi olan BTC'de fiyat balonu araştırması yaptığı çalışmasında, 2013 yılında balon olduğunu tespit etmiştir. Bu balonun nedenini ise, güvenilebilir BTC platformunun sayısının az olması ve karborsada işlem görmesi olarak nitelendirmiştir. Ayrıca, fiyat oynaklığının yüksek olması piyasanın spekülasyona açık olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Yine aynı yıl Malhotra & Maloo (2014) tarafından yapılan çalışmada, 2013-2014 yıllarında BTC'in döviz kurlarındaki başarısı ve fiyat hareketlerinin arkasında yatan nedenler araştırılmaktadır. Çalışmada Perron (1997) birim kök testleri kullanılarak BTC – USD şokların kalıcı bir etkisi veya geçici bir etkisi olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan testler sonucunda BTC'in fiyat balonu yapısı içerdiği ve riskli bir finansal varlık olduğu kabul edilmiştir. BTC fiyatlarında balon varlığını araştıran Cheah & Fry, (2015), Hencic & Gouriéroux (2015) ve Cheung, Roca, & Su, (2015) BTC fiyatlarında spekülâtif balonlara eğilimin yüksek ve BTC fiyatlarının temel değerinin sıfır olduğunu göstermektedir. Ayrıca Cheung ve diğ. (2015), 2010-2014 yılları arasında fiyat balonları olduğunu tespit etmişler ve oluşan bu balonların dünyanın en büyük BTC borsası olan Mt Gox'un çökmesine neden olabileceğini ifade etmişlerdir.

Literatürde, kripto paraların güvenilir olduğunu öne süren çalışmalar da olmuştur (Kristoufek L. , 2015) çalışmada, BTC fiyatlarını etkileyen faktörleri incelemiş ve inanılan aksine BTC'in spekülâtif olmadığını ileri sürmüştür. BTC fiyatını etkileyen faktörler olarak ticarete kullanım yaygınlığını, tedarik miktarını ve fiyat seviyesini kullanmıştır. Yaşanılan aşırı düşüş ve artışları göz önünde bulundurarak BTC'in hala finansal anlamda güvenli bir liman olmaktan uzak olduğunu belirtmiştir. Dong & Dong (2015), 8 Haziran 2011 ile 30 Aralık 2013 tarihleri arasında EUR/USD, GBP/USD, AUD/USD, CNY/USD, USD/CAD ve USD/JPY para birimleri ile BTC'i veri seti olarak kullanmışlardır. BTC para birimi olarak değerlendirildiğinde yatırımcıların arbitraj imkânı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca BTC uzun vadeli yatırım aracı olarak değerlendirilmiştir.

Dyhrberg A. , (2015) çalışmasında BTC'in bir riskten korunma aracı olarak kullanılıp kullanılmayacağını test etmiştir. Financial Times Stock Exchange Endeksi'nde yer alan hisse senetleri, BTC ve Amerikan doları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada, veri seti olarak 19 Temmuz 2010 – 22 Mayıs 2015 tarihleri kullanılmıştır. Asimetrik GARCH yöntemi sonuçları BTC'in FTSE endeksinde

yer alan hisse senetlerine ve kısa dönemde Amerikan dolarına karşı bir riskten korunma aracı olarak kullanılabileceğini göstermiştir. BTC ile borsa endeksleri arasındaki ilişkileri inceleyen Dirican & İsmail (2018), ARDL testini kullanmışlardır. Veri seti, 24 Mayıs 2013-05 Kasım 2017 tarihleri arasını kapsarken, araştırmaya New York Stock Exchange, NASDAQ, London Stock Exchange, Tokyo Stock Exchange, Shanghai Stock Exchange, S&P500 endeksi ve Borsa İstanbul (BİST100) endeksi dahil edilmiştir. Analiz sonucunda, BTC fiyatları ile ABD ve in borsa endeksleri arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Londra, Tokyo ve İstanbul piyasaları ile BTC fiyatları arasında ise herhangi bir ilişkiye rastlanmamıştır. Stavroyiannis S. , (2017), BTC, Enthereum, Litecoin, Ripple ve S&P 500 endeksi örneklemler olarak kullanmıştır, 10 günlük VaR ve Expected Shortfall (ES) yöntemleri ile karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar kripto para birimlerinin yüksek risk taşıdığını göstermektedir. Benzer bir çalışmada Kılıç & ut, (2018), BTC ile Borsa İstanbul arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisini tespit etmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda, Engle-Granger ve Gregory-Hansen eşbütünleşme testleri ile Toda-Yamamoto ve Hacker-Hatemi-J nedensellik testlerinden faydalanılmıştır. Bulgular, her iki eşbütünleşme testine göre BTC ile Borsa İstanbul endeks değeri arasında orta ve uzun vadede bir eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını; nedensellik testlerinden sadece Toda-Yamamoto nedensellik testine göre Borsa İstanbul'dan BTC'e doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermiştir. BTC ile Türkiye ve G7 ülkelerine ait borsa endeksleri arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyen diğer bir çalışmada Kanat & get (2018), vektör hata düzeltme modelini (VECM) kullanmışlardır. Kısa dönemli ilişkilerin ise Granger Nedensellik/WALD testi yardımıyla incelendiği çalışmada, BTC ile diğer ülke borsaları arasında herhangi bir uzun dönemli denge ilişkisinden söz edilemeyeceği bulunurken, kısa dönemde İngiltere borsasının (FTSE) BTC'in nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır. BTC'in S&P 500 ve Kanada Borsasının (STSX) nedeni olduğu ise çalışmanın dikkat çeken diğer bulguları arasında yer almaktadır (Kanat & get, 2018). Zhang, Wang, Li, & Dehua (2018), BTC, Ripple, Ethereum, NEM, Stellar, Litecoin, Dash, Monero ve Verge gibi dokuz kripto para birimi üzerine yaptığı çalışmada, bu kripto para birimlerinin verimsiz piyasalar olduğu savunulmaktadır. Kripto paraların Dow Jones Industrial Average ile sürekli olarak karşılıklı korelasyon içinde olduğu, çalışmanın dikkat çektiği diğer bir bulgu olarak ön plana çıkmaktadır.

Literatürde kripto paraları farklı açılardan ele alan çok sayıda çalışma dikkat çekmektedir. Kristoufek L. (2013), çalışmada kripto para birimi olan BTC, Google Trends ve Vikipedi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. BTC'in Google ve Vikipedi'de aranma sayısı ile fiyat hareketleri arasında ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. BTC fiyatları yüksek iken artan ilgi ile fiyatların daha da artması, fiyatlar düşükken azalan ilgiden dolayı daha da hızlı düşmesi vurgulanan bir bulgudur. Cointerra şirketinin iflası ile kripto para birimi olan BTC'de dalgalanmalar arasındaki ilişkileri analiz eden (Edwards, 2015), Mt Gox borsasında BTC değerinin 4 Aralık 2013 tarihinde 1,151 \$ iken, 2015 şubat ayında 200 \$ civarına gerilediğini belirtmiştir. Bir diğer çalışmada Pieters & Vicanco (2017), BTC ticaret hacminin %26'sını temsil eden 11 farklı pazarda BTC fiyatlarında önemli farklılıklar olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu farklılığa yatırımcıların işlem maliyetlerinin farklı olmasının sebep olduğu görülmüştür. BTC piyasasında arbitraj imkânının olduğuna ve işlem ücretleri üzerine finansal regülasyonun gerekli olduğuna işaret etmektedir.

2. Yöntem ve Ampirik Sonuçlar

Çalışmada, BTC'in volatilité yapısının incelenmesi için Genelleştirilmiş Otoresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) Modelleri kullanılmıştır. GARCH modellerinin kurulabilmesi için zaman serilerinin durağan olma özelliğini göstermesi gerekmektedir. Çalışmada sırası ile ham verilere, logaritmik verilere ve logaritmik fark alınmış verilere Augmented Dickey Fuller (ADF), Kwiatkowski-Philips-Schmidt-Shin (KPSS) ve NG-Perron birim kök testleri uygulanmıştır. Logaritmik veriler ve logaritmik fark alınarak oluşturulmuş verilere ait birim kök testi sonuçları Tablo 1'de gösterilmektedir. Tablo 1'de verilen sonuçlar, zaman serilerinin logaritmik farkları alındığında tamamının durağanlık koşulunu yerine getirdiğini göstermektedir.

Tablo 1: Birim Kök Testleri

	ADF		Sabit ve Trend İçermeyen	KPSS	NG-PERRON				
	Sabitli	Sabitli ve Trendli			Sabitli ve Trendli	MZa	MZt	MSB	MPT
Bitcoin Log.	-1.8090	-2.2749	-0.6881	2.3088	0.5690	-2.2774	-0.8895	0.3906	9.6095
Bitcoin Log. Fark	-34.7448	-34.7602	-12.8493	0.2654	0.1246	-252.219	-11.2224	0.0445	0.1063
SP500 Log.	-2.3408	-2.3408	1.6929	3.1982	0.4286	0.9533	1.1758	1.2334	101.808
SP500 Log. Fark	-29.6555	-29.6442	-29.5762	0.0625	0.0229	-0.7078	-0.5352	0.7561	29.3441
Nasdaq Log.	-0.8999	-2.1834	1.9146	3.3008	0.3756	1.0735	1.4698	1.3692	126.985
Nasdaq Log. Fark	-11.3015	-11.3030	-11.0669	0.0643	0.0261	-0.9219	-0.6550	0.7104	25.2161
Dowjones Log.	-1.1991	-1.9700	1.8142	3.2709	0.4953	0.8999	1.2571	1.3970	127.173
Dowjones Log. Fark	-29.0390	-29.0377	-28.9369	0.0982	0.0256	-1.2557	-0.7481	0.5958	18.1507

3.1. Otoresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) Modeli

Koşullu varyansa sahip olan hata terimlerini geçmiş dönem hata terimlerinin karelerinin fonksiyonu olarak ifade edilen ARCH modeli, Engle (1982) tarafından geliştirilmiştir. Modelde koşulsuz varyans sabit iken, koşullu varyans ise zaman içerisinde değişim halindedir (Engle, 1982). u_t 'nin koşullu varyansının (σ_t^2) ile gösterildiği model aşağıdaki gibidir (Sarıkovanlık ve diğerleri, 2019, s. 149-150).

$$\sigma_t^2 = \text{var}((u_t | u_{t-1}, u_{t-2}, u_{t-3}, \dots)) = E[(u_t - E(u_t))^2 | u_{t-1}, u_{t-2}, u_{t-3}, \dots] \quad (3.1)$$

$$\sigma_t^2 = \text{var}((u_t | u_{t-1}, u_{t-2}, u_{t-3}, \dots)) = E(u_t^2 | u_{t-1}, u_{t-2}, \dots) \quad (3.2)$$

Modelde koşullu varyans, bir önceki dönem hata karesine bağlıdır. Modelin tamamı aşağıdaki gibidir (Sarıkovanlık ve diğerleri, 2019):

$$y_t = \beta_t + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + u_t, u_t \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (3.3)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 \quad (3.4)$$

Hata modellerinin gecikme uzunluklarına (q) göre model genişletildiğinde ARCH (q) aşağıdaki halini alır:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \alpha_2 u_{t-2}^2 + \alpha_3 u_{t-3}^2 + \alpha_q u_{t-q}^2 \quad (3.5)$$

Literatürde ht notasyonu ile gösterilen koşullu varyans modeli aşağıdaki gibi yazılabilmektedir (Brooks, 2008, s. 388).

$$y_t = \beta_t + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + u_t, u_t \sim N(0, h_t) \quad (3.6)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \alpha_2 u_{t-2}^2 + \alpha_3 u_{t-3}^2 + \alpha_q u_{t-q}^2 \quad (3.7)$$

Modelin geçerli olabilmesi, $\alpha_0 > 0$ ve $\alpha_i \geq 0, i=1, 2, \dots, q$ kısıtlarına bağlıdır. α_i 'lerin negatif değer almayıp, her biri ve toplamları birden kk olmalıdır (ene & Demir, 2012, s. 217).

3.2. Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) Modeli

GARCH modeli Bollerslev (1986) tarafından ortaya konulmuştur. GARCH modelinde koşullu varyans, hata terimlerinin geçmiş değerlerinin karesine bağlı olmanın yanı sıra geçmişteki koşullu varyanslara da bağlıdır (zden, 2008). GARCH (p,q) modelinde t bir dönemi, h_t koşullu varyansı, q hata karelerinin gecikme uzunluğunu, p ise otoregresif kısmın gecikme uzunluğunu ifade etmektedir.

$$\omega > 0; \alpha_i \geq 0; \beta_j \geq 0; \sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{j=1}^p \beta_j < 1 \quad (3.8)$$

$$h_t = \omega + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 \quad (3.9)$$

ARCH ve GARCH modellerinde varyansın pozitif olabilmesi için koşullu varyans denkleminin sağındaki sabit katsayının sıfırdan büyük olması gerekmektedir ($\omega > 0$). Diğer değişkenlerin katsayıları ise sıfıra eşit ya da büyük olmalıdır. $\alpha_i \geq 0; \beta_j \geq 0, i = 1, 2, \dots, q$. Koşullu varyans denkleminin sağında bulunan sabit sayı dışında diğer bütün parametreler eğer birden kkse, modelin diğer varsayımı olan durağanlık koşulu sağlanabilmektedir (zden, 2008).

3.3. Üstel Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (EGARCH) Modeli

EGARCH modeli Nelson (1991) tarafından geliştirilmiştir. Bu modelde koşullu varyansın doğal logaritması kendi gecikmeli değerlerine ve standartlaştırılmış hata terimine koşulludur. Nelson'un çalışmasına göre aynı büyüklükteki negatif şokların volatiliteye etkisi pozitif şoklardan daha fazladır. Genel formül aşağıdaki gibidir:

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) + \gamma \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \alpha \left[\frac{|u_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right] \quad (3.10)$$

EGARCH Modelinde koşullu değişen varyansın logaritması alındığı için parametreler pozitif olmaktadır. $\gamma_i \neq 0$ ise, asimetrik etkinin bulunduğunu ve < 0 ise kaldıraç etkisinin olduğunu, diğer bir deyişle aynı büyüklükteki negatif şokların volatiliteye etkisinin pozitif şoklardan daha fazla olduğunu işaret etmektedir (Özden, 2008).

3.4. Eşik Değerli Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (TARCH) Modeli

TARCH modeli Zokaian (1994) tarafından geliştirilmiştir. Modelde, koşullu varyans bir işaret fonksiyonu görevindedir. Yeni değişkenin kat sayısı istatistiksel olarak anlamlı ise koşullu varyansta ARCH etkisi ortaya çıkmıştır (Kızılsu, Aksoy, & Kasap, 2001, s. 7):

$$h_t = \omega + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \gamma_i D_{t-i} u_{t-i}^2 \quad (3.11)$$

$$D_{t-i} = \begin{cases} 1 & u_{t-i} < 0 \\ 0 & u_{t-i} \geq 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Böyle bir modelde eğer $\gamma_i \neq 0$ ise yeni haberlerin etkisinin farklı olacağı söylenir. Olumlu haberin etkisi α_i kadar olurken, olumsuz haberin etkisi $\alpha_i + \gamma_i$ kadar olacaktır. $\gamma_i > 0$ ise olumsuz haberin volatilité üzerindeki etkisinin olumlu haberin etkisinden daha fazla olacağını, i'inci düzeyden kaldıraç etkisinin olduğunu söylemek mümkündür. Diğer taraftan, $\gamma_i = 0$ ise, yeni haberlerin volatilité üzerindeki etkisi asimetrik değildir (Özden, 2008, s. 345).

3.5. Garch Modelinin Sonuçları

Volatilité tahmini yapılmadan önce BTC'ye ait en iyi ARIMA modelinin belirlenmesi gerekmektedir. BTC'ye ait logaritmik fark alınmış serinin (LNBITCOINDF) en iyi ARIMA modeli araştırıldı-ğında, verinin kendi geçmiş değerleriyle oluşan bir ARIMA modeline ulaşamamıştır. BTC bağımlı değişkeni ABD borsa endeksleri ile açıklanmaya çalışılmış, yine anlamlı bir model elde edilememiştir. Bu durumda veri, Tablo 2'deki gibi modellenmiştir (LNBITCOINDF = C(1)):

Tablo 2: Ortalama Modeli

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.003582	0.001632	2.194788	0.0285

Uygun modelin oluşturulmasının ardından modelin değişen varyans (heteroscedasticity) zelliğine sahip olup olmadığı ARCH LM testi ile ortaya konulmuştur. Testin sonucu Tablo 3'te yer almaktadır:

Tablo 3: ARCH LM Testi

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	13.56081	Prob. F(1,815)	0.0002
Obs*R-squared	13.37159	Prob. Chi-Square(1)	0.0003

ARCH LM testi ile değişen varyans özelliğine sahip olduğu sonucuna ulaşılan model kullanılarak sırası ile GARCH, TGARCH ve EGARCH modelleri uygulanmıştır. Modeller uygulanırken ABD borsalarına ait üç ana endeks olan SP500, NASDAQ100 ve DOWJONES INDUSTRIAL endeksleri volatilitte modellerine eklenerek GARCH2, TARCH2 ve EGARCH2 modelleri oluşturulmuştur.

Tablo 3: Modellerin Katsayıları

	GARCH	GARCH2	TARCH	TARCH2	EGARCH	EGARCH2
C	5.01E-05 (0.0000)	5.81E-05 (0.0000)	3.22E-05 (0.0000)	2.89E-05 (0.0000)	-0.462203 (0.0000)	-0.372886 (0.0000)
RESID(-1)^2	0.078327 (0.0000)	0.077306 (0.0000)	0.075303 (0.0000)	0.072653 (0.0000)		
GARCH(-1)	0.904787 (0.0000)	0.904586 (0.0000)	0.930470 (0.0000)	0.942201 (0.0000)		
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)			-0.031436 (0.0007)	-0.042925 (0.0000)		
ABS(RESID(-1)/@SQRT(-GARCH(-1)))					0.204256 (0.0000)	0.177552 (0.0000)
RESID(-1)/@SQRT(-GARCH(-1))					0.07027 (0.4677)	0.028377 (0.0051)
LOG(GARCH(-1))					0.947372 (0.0000)	0.957747 (0.0000)
LNNASDAQDF		-0.021955 (0.0000)		-0.017936 (0.0000)		-12.98129 (0.0008)
LNSP500DF		0.074096 (0.0000)		-0.053623 (0.0000)		52.26002 (0.0000)
LNDOWJONESDF		-0.054138 (0.0000)		-0.036307 (0.0000)		-47.52069 (0.0000)

Tablo 3'te yer alan modellerin katsayıları incelendiğinde ikinci sütunda yer alan temel GARCH modelindeki katsayıların anlamlı olduğu grlmektedir. nc sütunda ABD Borsa Endeksleri ile

geliştirilmiş GARCH modeli yer almaktadır. BTC'in volatilitisini modellemede GARCH modeline varyans değişkeni olarak alınan her üç endeks değişkeni de diğer değişkenlerle beraber anlamlıdır.

Olumlu ve olumsuz haberlerin volatilitede asimetric etki gösterdiği üzerine kurulu TARCH modelinde değişkenlerin anlamlı olduğu görülmüştür. Takip eden 5. sütünde modele eklenen endeks değişkenleri GARCH modelinde de olduğu üzere anlamlı değerler almıştır.

Tablo 4'te elde edilen volatilité modellerinin kritik değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. AIC ve SIC kriterinin düşük, Log Olabilirlik kriterinin yüksek olması, modelin gücünü göstermektedir. ABD borsa endekslerinin varyans değişkeni olarak eklendiği modellerin, GARCH, EGARCH ve TARCH modellerinin tamamında benzer temel modelden daha güçlü olduğu görülmektedir. Temel EGARCH modeli anlamsızken, endekslerle geliştirilmiş modelin ise tüm modellerden daha güçlü olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 4: Modellerin Karşılaştırılması

	Anlamlılık	AIC	LOG-Olabilirlik	SIC
GARCH	Tüm değişkenler anlamlı, Model anlamlı	-3.446392	1413.574	-3.423375
GARCH2	Tüm değişkenler anlamlı, Model anlamlı	-3.486629	1433.031	-3.446350
TARCH	Tüm değişkenler anlamlı, Model anlamlı	-3.447181	1414.897	-3.418411
TARCH2	Tüm değişkenler anlamlı, Model anlamlı	-3.488671	1434.866	-3.442638
EGARCH	Bir değişken anlamsız, model anlamsız.	-3.462448	1421.141	-3.433678
EGARCH2	Tüm değişkenler anlamlı, Model anlamlı	-3.490373	1435.563	-3.444340

SONUÇ

Kripto para piyasasının lideri BTC'in volatilité yapısında ABD borsa getirilerinin varlığını araştıran bu çalışma, 10.03.2016 – 11.06.2019 dönemindeki günlük verileri kapsamaktadır. Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) modellerinden GARCH, EGARCH ve TARCH modellerinin kullanıldığı çalışmada, BTC'in volatilité modellerinde ABD pay piyasalarının önemli borsa endeksleri olan SP500, Nasdaq100 ve Dow Jones Industrial'ın varyans değişkeni olarak varlığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, her üç endeksin de BTC'in volatilitésini açıklamada anlamlı olduğunu göstermektedir. Araştırmanın sonuçlarında EGARCH modeliyle ilgili bulgular dikkat çekmektedir. BTC'in volatilité yapısı EGARCH ile anlamlı değilken, ABD borsa endeksleri varyans değişkeni olarak modele katıldığında EGARCH modeli de tüm değişkenlerin anlamlı olduğu bir modele dönüşmektedir. Çalışmada, borsa endeksleri ile geliştirilmiş modellerin, GARCH, EGARCH ve TARCH modellerinin tamamında benzer temel modelden daha güçlü olduğu görülmektedir.

Endekslerle geliştirilmiş EGARCH modeli ise, temel EGARCH modelinden güçlü olanın ötesinde tüm modeller arasında en güçlü model olarak karşımıza çıkmaktadır. Endekslerin varlığı dikkate alındığında, aynı büyüklükteki negatif şokların volatiliteye etkisinin pozitif şoklardan farklı olduğu görölmektedir. Çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, kripto para piyasasına yönelik yatırımlar yapan, kripto paraları portföylerinde bulunduran portföy yatırımcılarına, kripto para piyasaları ile eř zamanlı olarak ABD borsalarındaki gelişmeleri de takip etmeleri, portföy çeşitlendirme-sinde bu iki piyasanın ilişkisini gözardı etmemeleri önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- ATİK, M., KÖSE, Y., YILMAZ, B., & SAğLAM, F. (2015). "Kripto Para: Bitcoin ve Döviz Kurları Üzerine Etkileri". Bartın Üniversitesi İİBF Dergisi, 6(11); ss: 247-261.
- BAEK, C., & ELBECK, M. (2015). "Bitcoins as an investment or speculative vehicle? A first look". Applied Economics Letters, 22 (1), 30-34.
- BOLLERSLEV, T. (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity". Journal of Econometrics, 31(3), 307-327.
- BOURİ, E., MOLNAR, P., GEORGES, A., ROUBAUD, D., & HAGFORS, L. I. (2016). "On the hedge and safe haven properties of Bitcoin: Is it really more than a diversifier". Finance Research Letters, 20,192–198.
- BROOKS, C. (2008). Introductory Econometrics for Finance. Second Edition.
- ENE, E., & DEMİR, İ. (2012). "İMKB 100 Endeksindeki Kaldıraç Etkisinin ARCH Modelleriyle İki Alt Dönemde İncelenmesi". İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 41(2), 214-226.
- CHEAH, E.-T., & FRY, J. (2015). "Speculative bubbles in Bitcoi markets? An empirical investigation into fundamental value of Bitcoin". Economics Letters, 130, 32-36.
- CHEUNG, A., ROCA, E., & SU, J. (2015). "Crypto-currency bubbles: an application of the Phillips-Shi-Yu(2013) methodology on Mt. Gox bitcoin prices". Applied Economics, 47(23), 2348-2358.
- CHRISTOPHER, C. (2014). "Whack-a-Mole: Why Prosecuting Digital Currency Exchanges Won't Stop Online Laundering". Lewis & Clark Law Review, Forthcoming.
- CIAIAN, P., RAJCANIOVA, M., & KANCS, D. (2016). "The economics of BitCoin price formation". Applied Economics,, 48(19), 1799-18.
- CORBET, S., LUCEY, B., & YAROVAY, L. (2018). "Datestamping the Bitcoin and Ethereum bubbles". Finance Research Letters, 26, 81-88.
- DİRİCAN, C., & CANÖZ, İ. (2018). "Bitcoin Fiyatları ile Dünyadaki Başlıca Borsa Endeksleri Arasındaki Eşbütünleşme İlişkisi: Ardl Modeli Yaklaşımı ile Analiz". Journal of Economics Finance and Accounting, 4(4); ss: 377-392.
- DONG, H., & DONG, W. (2015). "Bitcoin: Exchange rate parity, risk premium, and arbitrage stickiness". British Journal of Economics, Management & Trade, 5(1), 105-113.
- DYHRBERG, A. (2015). "Hedging Capabilities of Bitcoin Is It The Virtual Gold". Finance Research Letters, 1-6.
- DYHRBERG, A. (2016). "Bitcoin, gold and the dollar–A GARCH volatility analysis". Finance Research Letters, 16, 85-92.
- EDVARDS, C. (2015). "Finance-Bitcoin price crash finds new victims". Engineering & Technology, 10(2), 19-19.
- ENGLE, R. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity With Estimates Of The Variance Of United Kingdom Inflation". Econometrica, 50(4), 987-1007.

- FRASCAROLÌ, B., & PÌNTO, T. (2016). "The Innovative Aspects Of Bitcoin, Market Microstructure And Returns Volatility: An Approach Using Mgarch.
- GÜLEÇ, Ö., ÇEVİK, E., & BAHADIR, N. (2018). "Bitcoin ile Finansal Göstergeler Arasındaki İlişkinin İncelenmesi". *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*.
- HENCIC, A., & GOURIEROUX, C. (2015). Noncausal Autoregressive Model in Application to Bitcoin/USD Exchange Rates, In *Econometrics of Risk*. Springer, Cham.
- KAHRAMAN, İ. K., KÜÇÜKŞAHİN, H., & ÇAĞLAK, E. (2019). "Kripto Para Birimlerinin Volatilite Yapısı: GARCH Modelleri Karşılaştırması". *Fiscoeconomia*, 3(2) 21-45.
- KANAT, E., & ÖĞET, E. (2018). "Bitcoin İle Türkiye ve G7 Ülke Borsaları Arasındaki Uzun ve Kısa Dönemli İlişkilerin İncelenmesi". *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3, 2602 – 2486.
- KATSİAMPA, P. (2017). "Volatility Estimation for Bitcoin: A Comparison of GARCH Models". *Economics Letters*, 158, 3-6.
- KILIÇ, Y., & ÇÜTÇÜ, İ. (2018). "Bitcoin Fiyatları ile Borsa İstanbul Endeksi Arasındaki Eşbütünleşme ve Nedsensellik İlişkisi". *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 3,235 – 250.
- KIZILSU, S. S., AKSOY, S., & KASAP, R. (2001). "Bazı Makro Ekonomik Zaman Dizilerinde Değişen Varyanslılığın İncelenmesi". *Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi*, 1-18.
- KOÇOĞLU, Ş., ÇEVİK, Y. E., & TANRIÖVEN, C. (2016). "Bitcoin Piyasalarının Etkinliği, Likiditesi ve Oynaklığı". *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 8 (2), 77-97.
- KRISTOUFEK, L. (2013). "Bitcoin Meets Google Trends and Wikipedia: Quantifying the Relationship Between Phenomena of the Internet Era". *Scientific reports*, 3, 3415.
- KRISTOUFEK, L. (2015). "What are The Main Drivers of The Bitcoin Price Evidence from Wavelet Coherence Analysis". *PloS one*, (4) 10.
- MACDONELL, A. (2014). "Popping the Bitcoin Bubble: An Application of Log-periodic Power Law Modeling to Digital Currency". *University of Notre Dame*.
- MALHOTRA, A., & MALOO, M. (2014). "Bitcoin—is it a Bubble? Evidence from Unit Root Tests."
- METE, S., KOY, A., & ERSOY, H. (2019). "Kriptoparalarda Fiyat Balonu İncelemesi". *Journal of BRSA Banking and Financial Markets*, 2019, 13.1.
- NELSON, D. B. (1991). "Conditional Heteroskedasticity In Asset Returns: A New Approach". *Econometrica*, 59(2), 347-370.
- ÖZDEN, Ü. H. (2008). "İMKB Bileşik 100 Endeksi Getiri Volatilitesinin Analizi". *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(13), 339-350.
- PIETERS, G., & VIVANCO, S. (2017). "Financial regulations and price inconsistencies across Bitcoin markets". *Information Economics and Policy*, 39, 1-14.
- SARIKOVANLIK, V., KOY, A., AKKAYA, M., YILDIRIM, H. H., & KANTAR, L. (2019). *Finans Biliminde Ekonometri Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- STAVROYIANNIS, S. (2017). Value-at-Risk and Expected Shortfall for the major digital currencie. arXiv preprint arXiv:1708.09343.
- STAVROYIANNIS, S., & BABALOS, V. (2017). "Dynamic properties of the Bitcoin and the US market" Available at SSRN 2966998.
- ZAKOIAN, J. M. (1994). "Threshold Heteroscedastic Models". *Journal of Economic and Dynamic Control*, 18(5), 931-955.
- ZHANG, W., WANG, P., LI, X., & DEHUA, S. (2018). "The inefficiency of cryptocurrency and its cross-correlation". *Physica A*, 510, 658–670.