



Kripto Para Birimlerinin Volatilite Yapısı: GARCH Modelleri Karşılaştırması

İbrahim Korkmaz KAHRAMAN¹, Habib KÜÇÜKŞAHİN², Emin ÇAĞLAK³

The Volatility Structure of Cryptocurrencies: The Comparison of GARCH Models

ARTICLE INFO

Article History:

Date Submitted: 22.10.2018

Date Accepted: 26.03.2019

JEL Classification:

C5

C22

G1

Keywords:

Bitcoin,

Ethereum,

Ripple,

Cryptocurrency,

GARCH Models,

Volatility.

ABSTRACT

Forecasting models based on the assumption that returns are normally distributed do not perform sufficiently on shallow markets. These models are more likely to fail in the estimation of the extreme points that can be reached especially at high volatility markets, and this situation is led to investors in predicting volatility. In the volatility forecasting of crypto money, which is seen as an alternative investment tool for the financial investors, single volatility models such as, ARCH, GARCH, T-GARCH, GARCH-M, E-GARCH, and I-GARCH and long memory models (AP-GARCH and C-GARCH) was utilized. In addition, the most suitable model was tried to be tested among the models used for volatility estimation. In this context, the price data of Bitcoin, Ethereum and Ripple cryptocurrency with the highest market value in the crypto money market have been utilized between 24/08/2016-07/05/2018. According to the results of the research, for Bitcoin and Ethereum, the volatility effect of the shocks is permanent and the effect of the positive shocks is more than that of the negative shocks, whereas for Ripple, the volatility effect of the shocks is transient and the passivity of the volatility is short.

¹ Öğr. Gör., Pamukkale Üniversitesi, Çal MYO, Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Bölümü. ikahraman@pau.edu.tr, Yazar ORCID bilgisi: <https://orcid.org/0000-0001-5083-3586>.

² Arş. Gör., Pamukkale Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü. hkucuksahin@pau.edu.tr, Yazar ORCID bilgisi: <https://orcid.org/0000-0003-2967-9814>.

³ Öğr. Gör., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Başmakçı MYO, Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü. ecaglak@aku.edu.tr, Yazar ORCID bilgisi: <https://orcid.org/0000-0003-2798-7450>.

Özet

Getirilerin normal dağıldığı varsayımını temel alan öngörü modelleri sığ piyasalarda yeterince başarılı performans sergileyememektedir. Bu modeller, özellikle yüksek oynaklık gösteren piyasalarda ulaşılabilecek uç noktaların öngörüsünde daha fazla başarısızlık göstermekte ve bu durum da yatırımcıları volatilitenin tahminlemesine yöneltilmektedir. Bahsedilen durumlar çerçevesinde, çalışmada finansal yatırımcılar için alternatif yatırım aracı olarak görülen ve piyasalarında yüksek oynaklıkların görüldüğü kripto paraların volatilitenin tahmininde Tekil Oynaklık Modelleri (ARCH, GARCH, T-GARCH, GARCH-M, E-GARCH, I-GARCH) ile uzun hafıza modelleri (AP-GARCH ve C-GARCH) kullanılmıştır. Ayrıca oynaklık tahmini için yararlanılan modeller arasından en uygun model test edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda, kripto para piyasası içerisinde en yüksek piyasa değerine sahip, Bitcoin, Ethereum ve Ripple para birimlerinin 24/08/2016-07/05/2018 tarihleri arası fiyat verilerinden yararlanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, Bitcoin ve Ethereum için şokların volatilitenin etkisi kalıcı ve pozitif şokların etkisi negatif şokların etkisinden daha fazla iken Ripple için şokların volatilitenin etkisi geçici karakterde ve oynaklığın geçişkenliği kısa dönemli olmaktadır.

1. Giriş

Günümüzde hayatımızın bir parçası haline gelen teknoloji, bizlere dünyanın fiziksel olarak düz olmadığını kanıtlayarak ulaşım, iletişim ve haberleşme anlamında içinde yaşadığımız bu gezegeni düz bir yapıya büründürmüştür. Her anlamda hayatımızın içinde yer alan teknoloji önce ülkeler arasındaki sınırları kaldırmış, ardından dünya insanlarına istediği anda istediği yerden istediği kişi veya kurumla direkt olarak ulaşma, haberleşme, iletişim kurma olanağını tanımıştır. Teknoloji sayesinde sınırlarını aşan insanoğlu kendisini sadece ülkesinin, şehrinin veya köyünün bir vatandaşı değil dünyanın bir vatandaşı olarak görmeye başlamıştır. Dijitalleşme çağının bizlere sunduğu "dünya vatandaşı" kavramının kendisini dünyanın merkezinde gören, herhangi bir merkezi otoritenin varlığını hayatının içinde giderek azaltmaya çalışan, sürekli daha fazla özgürlük daha fazla sosyallik arayışında olan kişileri temsil ettiği söylenilebilir. Bu söylemden yola çıkarak, insanoğlunun benmerkezci özelliğinin en fazla işlerlik kazandığı günümüz dijital/teknoloji çağında merkezi otorite ve kurumların etkinliğinin giderek azalacağı ifadesi öne sürülebilir. Bu bağlamda, merkezi otorite ve kurumların

etkinliğini, işlerliğini ve mekanizmalarını etkileyen en önemli gelişmelerden bir tanesi olarak kripto paraların ortaya çıkışı gösterilebilir.

Nakamoto (2008) tarafından yayınlanan makale kripto paraların ortaya çıkmasında rol oynayan en önemli yapıtaşlarından biridir. Nakamoto (2008) makalesinde kripto para olarak Bitcoin'in tanımlamasını yapmış ve Bitcoin özelinde kripto para sistemini açıklamaya çalışmıştır. Buna göre Bitcoin, merkezi bir sistem veya kurum tarafından kontrol edilmeyen, anonim kurum veya kişiler tarafından ortaya koyulan fakat tamamıyla anonim olmayan, değerli maden veya emtiaya dönüşümü mümkün olmayan, transfer işlemi, saklama işlemi, oluşturma işlemi kriptografik bir sisteme dayanan maddi/somut olmayan para birimi olarak tanımlanmıştır (Nakamoto, 2008; Grinberg, 2012). Bununla birlikte, basılması konusunda merkezi bir otoriteden izin alınmayan, herhangi bir aracı kurum olmaksızın dünyanın herhangi bir noktasındaki kişiden diğer bir noktasındaki kişiye direkt olarak şifrelenmiş bir biçimde transferi gerçekleşen, saklanmasında ticari bir kuruma ihtiyaç duyulmayan ilk kripto paradır (Nakamoto,2008; Gültekin ve Bulut, 2016). Temeli kişilere, kurumlara, denetleyicilere güven duygusu üzerine inşa edilmiş para transfer/ödeme sistemlerinden farklı olarak Bitcoin, temelini kriptografik ispata ve kanıta dayandırmakta, bu sayede sistem kullanıcılarının birbirine güven duymasına ihtiyaç duymamaktadır (Nakamoto, 2008; Dizkırıcı ve Gökgez, 2018).

Bitcoin, Nakamoto (2008) makalesinde merkezi bir sistem tarafından denetimi ve kontrolü yapılmayan ilk para birimi olarak tanımlansa da ilk kriptografik para birimi oluşturma girişimi değildir. İlk kriptografik para oluşturma girişimi olarak Adam Beck tarafından 1997 yılında ortaya atılan Hashcash'i göstermek mümkündür (Halaburda ve Sarvary, 2016: 111). Hashcash ilk kriptografik para birimi oluşturma projesi olarak gösterilse de bu para birimi sadece bir proje olarak kalmış dünya genelinde kabul görmemiştir. Dolayısıyla Bitcoin'i ortaya çıkarılan ilk kriptografik para birimi yerine genel çoğunlukça kabul görmüş ve kanıksanmış ilk kriptografik para birimi olarak tanımlamak daha doğru olacaktır (Halaburda ve Sarvary, 2016: 111). Dijital bir para birimi olarak Bitcoin ile gerçekleşen işlemler "Block" adı verilen işlemler kümesinde tutulmakta, her işlem kümesi önceki işlemler kümesine bağlanmaktadır (Nakamoto, 2008). Böylelikle ilk Bitcoin oluşturma işlemiyle başlayan süreç günümüz işlemlerine kadar uzanan bir "Blockchain" işlemler kümesi zincirini oluşturmaktadır (Nakamoto, 2008). Blockchain işlemler kümesinde, kayıtlı kullanıcıların "ledger" denilen defterlerinde meydana

gelen tüm değişiklikler gösterilmekte ve bu işlemler sürekli olarak kaydedilmektedir (Balcılar vd., 2017; Alpago, 2018).

Kriptografik şifreleme yöntemleriyle bütünleşik olarak çalışan Blockchain sistemi öncülüğünde gelişimini sürdüren kripto para piyasası Bitcoin'e alternatif olarak çıkarılan ve Altcoin adı verilen kripto paraların ortaya çıkmasıyla daha geniş bir tabana/kullanıcıya ulaşma imkânı bulmuştur. Alternatif kripto para birimleri olarak da adlandırılan altcoin, genel kullanım amacından ziyade daha özel işlemlere yönelik üretilmekte ve kripto para piyasasında Bitcoin'in türevleri olarak gösterilmektedir (Ateş, 2016; Dizkırıcı ve Gökgöz, 2018). Altcoinler Bitcoin piyasasında belirlenen sınırlamalardan, üretilmesinde yaşanan zorlu süreçlerden kurtulma amacıyla üretilmekte ve bu üretim mekanizması bireysel kripto para birimini oluşturma arzusuna kadar ilerleyebilmektedir. Bunlara örnek olarak üretiminde daha az bilgisayar gücü gerektiren, 21 milyon adet ile sınırlandırılmayan, kendi yazılım diliyle üretilen, daha fazla anonimlik vadeden vb. gibi sadece kişisel isteklere göre uyarlanmış ve ortaya çıkarılmış altcoinleri gösterebilmek mümkündür (Barski ve Wilmer, 2014: 182). Bugün binlercesinin ortaya çıkışına şahit olduğumuz Bitcoin türevlerinin sadece sayılı miktardaki kısmının kullanıcılar tarafından kullanılabileceğini, güvenilebileceğini ve böylelikle hayatta kalabileceğini göz ardı etmemek gerekmektedir (Barski ve Wilmer, 2014; 182).

Kripto paraların ortaya çıkışı, bir açıdan finansal kurum ve kuruluşların denetiminden, koyduğu sınırlamalardan ve işlem ücretlerinden kurtulmanın bir başlangıcı olarak görülse de farklı bir açıdan bahsedilen kurumlara karşı spekülasyon bir tehdit olması, işlem yapan kişilerin kimliklerinin gizli olması nedeniyle herhangi bir otorite veya kurum tarafından yönetilmesi denetlenmesi gereken bir unsur olarak görülmektedir (Atik vd., 2015; Dizkırıcı ve Gökgöz, 2018). Dijital ortamda kullanılan ve herhangi bir somut niteliği olmayan kripto paraların kendi sistemleri içerisinde ayrı bir yapıya dönüşebileceği durumu, finansal istikrarın korunması ve kontrolü açısından risk teşkil edeceği hususunu bir tartışma konusu olarak ortaya çıkarabilir (Bilir ve Çay, 2016). Özatay 2011 çalışmasında ise, kripto paraların merkezi otoriteler tarafından kontrol edilen emisyon hacmini etkileyip etkilemeyeceği durumunun ötesinde, para tabanının kontrolünün sağlanmasında mali ve ekonomik istikrar otoritelerinin varlıklarını sürdüreceği vurgulanmıştır (Ateş, 2016).

Herhangi bir kurum veya kuruluş tarafından el konulamaması, sermaye kontrolüne, aşırı vergilendirmeye, işlem ücretine tabi tutulamaması, saklanma maliyetinin olmaması, üretiminin

belirli algoritmalarla herkes tarafından yapılabilmesi, üretiminin 21 milyon adetle sınırlandırılarak kıt bir kaynak özelliğine sahip olması, çift harcama sistemine engel olması ve böylelikle deflasyonist özelliğe sahip bir para birimi olması Bitcoin ve türevlerinin önemli avantajlarından (Franco, 2014; 30). Söz konusu avantajlarının yanı sıra, kara para aklamada kullanılabileceği, hükümetler tarafından yasal bir statüye kavuşturulmaması/kullanımının yasaklanabileceği, alım satımında yüksek volatilite oluşması, arzının kontrol edilememesi, üretiminde rol oynayan büyük şirketlerin birleşerek piyasanın çoğunluğuna hakim olabileceği kuşkuvarının bulunması gibi dezavantajlarının da bulunduğu göz ardı edilmemelidir (Franco, 2014; 31; Szmigielski, 2016; 101). Nitekim kullanıcıları tarafından Bitcoin'in en önemli özelliklerinden birisi olarak gösterilen işlemlerin anonim olarak yapılabilmesi konusu da bazı şüpheler içermektedir. Reid ve Herrigan (2013) tarafından yapılan çalışmada, Bitcoin sisteminin merkezinde anonimliğin olmadığı, anonimlik konusunda tereddütlerin olduğu ifade edilmiş, kullanıcının Bitcoin transferinde bulunduğu kişi veya kurumlarca takip edilebileceği, kimliğinin ortaya çıkarılabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca sanal bir para birimi olması sebebiyle bilgisayar korsanları tarafından kripto para cüzdanlarının çalınması durumunda yasal bir statüsünün olmaması (Türkiye'de de yoktur) sebebiyle hiçbir merciye başvurulamaması kripto para sistemlerinin önünde duran en büyük engellerden bir tanesidir (Ateş, 2016).

Bir önceki paragrafta yer alan avantaj ve dezavantajlarına finansal açıdan bakılacak olursa iki unsur ön plana çıkmaktadır. Bu unsurlardan ilki Bitcoin'in sınırlı sayıda üretilmesi iken ikincisi ise alım satımında gerçekleşen yüksek volatilitedir. Belirli bir kesim ve en önemlisi hükümetler tarafından bir para birimi olarak görülmeyen Bitcoin'in ilgi görmesinin ve bir yatırım aracı haline dönüşmesinin yani finansal bir varlık gibi alınıp satılmasının en önemli sebebi, sınırlı sayıda üretiminin olmasıdır. Sınırlı sayıda üretim Bitcoin'e altın, gümüş, demir çelik vb. emtialarındaki "kıtlık" özelliğini kazandırmakta ve bu özellik fiyat mekanizmasını kendiliğinden oluşturabilmektedir. Fiyat mekanizmasının çoğunlukla spekülative haberlere dayalı olması ise finansal açıdan incelenmesi gereken diğer bir özelliği, diğer bir ifadeyle volatilitiyi beraberinde getirmektedir. Nitekim, spekülative haberler fiyatlarda meydana gelen volatilitenin habercisi, fiyatlarda meydana gelen volatilitiy ise Bitcoin'e olan ilginin habercisi olabilmekte ve bu iki unsur birbirlerini tetikleyebilmektedir (Brauneis ve Mestel, 2018; Urquhart, 2018). Spekülative olsun veya olmasın bir bilginin alınıp satıldığı piyasayı finansal bir piyasa olarak gören ve bu açıdan inceleyen çalışmalarda kripto para piyasanın etkin olma

yolunda zayıf formda etkin bir piyasa olduğu, Amerika ve Çin’de yer alan önemli pay piyasası endeksleriyle ilişkisi olduğu belirtilmektedir (Urquhart, 2016; Dirican ve Canöz, 2017).

Son olarak bu çalışmada da kripto para piyasası finansal açıdan incelenmiş ve piyasa değeri en yüksek üç kripto para olan Bitcoin, Ethereum ve Ripple ele alınmıştır. Çalışmanın merkezinde ise bu üç büyük kripto paranın volatilite modellemesi yer almıştır. Bu doğrultuda öncelikle volatilite modellemesine yönelik literatür özetlenmeye çalışılmıştır. Ardından, tekli oynaklık ve uzun hafıza modellerine yönelik izlenen metodoloji açıklanmaya çalışılmıştır. Nihayetinde ise, ortaya konulan bulgular açıklanmış ve yorumlanmıştır.

2. Literatür Özeti

İçinde bulunduğumuz çağda, teknolojik gelişmeler neticesinde para transferleri ve ticaret işlemleri ağırlıklı olarak internet üzerinden gerçekleşmektedir. İnternet kullanımının zamanla yaygınlaşmasıyla birlikte Dünya’da kripto para birimlerine olan ilgi kısa sürede artış göstermiştir. Son yıllarda kripto para birimleri üzerine yapılan araştırmalar, daha çok kripto para birimlerinden Bitcoin üzerine yoğunlaşmaktadır. Bitcoin’in işleyiş biçimi, faydaları, zararları, fiyat hareketleri ve sistemi açıklamaya yönelik tartışmalar literatürün önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.

Kristoufek (2013), çalışmada kripto para birimi olan Bitcoin, Google Trends ve Vikipedi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bitcoin’in Google ve Vikipedi’de aranma sayısı ile fiyat hareketleri arasında ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, Bitcoin fiyatları yüksek iken artan ilgi ile fiyatları daha da artmakta, fiyatlar düşüken azalan ilgiden dolayı daha da hızlı düşmektedir. Bitcoin fiyat serisindeki artış ve azalışların Bitcoin’e olan ilgiden kaynaklanmaktadır.

Georgula vd., (2015), çalışmada Bitcoin fiyatları ile temel ekonomik değerler, teknolojik faktörler ve Twitter ölçümleri arasındaki ilişkiyi incelemek için zaman serisi analizini kullanmışlardır. Kısa dönemli ilişkide Bitcoin fiyatları ile Twitter ölçümleri arasında pozitif ilişki olduğunu, ayrıca Vikipedi arama sorgularının Bitcoin fiyatlarında pozitif etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca Bitcoin değeri USD ve EURO döviz kurlarından negatif yönde etkilenmektedir. Ayrıca yapılan uzun vadeli analizler Bitcoin fiyatı ile Bitcoin sayısı

arasında pozitif ilişki olduğunu ve S&P 500 endeksi ile negatif ilişki olduğunu ortaya koymaktadır.

Ciaian vd., (2016), çalışmada hem döviz fiyatının belirleyicileri hem de kripto para birimlerine özgü faktörleri Bitcoin'in çekiciliğini dikkate alarak, Bitcoin fiyat oluşumunu incelemişlerdir. 2009-2015 yılları arası günlük veriler kullanılarak, yatırımcıların ve kullanıcıların Bitcoin fiyatı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ve zaman içinde farklılaştığını tespit etmişlerdir. Uzun vadede makroekonomik gelişmelerin Bitcoin fiyatını arttırdığı yönünde sonuç elde edememişlerdir.

Wegdell ve Andersson (2014), Bitcoin'in özelliklerini araştırmak amacıyla finansal piyasalar üzerinde önemli bir etkiye sahip olma ihtimalini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucu olarak, Bitcoin'in büyük bir yenilik olarak düşünülmesi gerektiğine ve finans sektöründe tamamlayıcı olarak büyüyeceğine inanmaktadırlar.

Chu vd., (2015), ilk elektronik ödeme sistemi olan BTC/USD kuru ile sekiz farklı döviz kurunun istatistiksel analizini yapmışlardır. Son 24 ayda BTC/USD döviz kurunun 50 kattan fazla arttığını, yüksek getiriye sahip olmasına rağmen çok yüksek volatiliteye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Brière vd., (2015), çalışmada 2010-2013 döneminde haftalık verilerin kullanılmasıyla hem geleneksel yatırım araçları hem de alternatif yatırım araçlarını Bitcoin yatırımı portföy çeşitlendirmesinde analiz etmişlerdir. Bitcoin yatırımının, yüksek getiri ve volatiliteye sahip olması ve yatırım araçlarının korelasyonunun düşük olması nedeniyle portföy çeşitlendirmede fayda sağladığını göstermişlerdir. Fakat uzun vadede, risklerin ortaya çıkabileceği de vurgulanmıştır.

MacDonell (2014), çalışmada kripto para birimi olan Bitcoin'de fiyat balonu araştırması yapmış ve 2013 yılında balon olduğunu tespit etmiştir. Bu balonun nedenini ise, güvenilebilir Bitcoin platformunun sayısının az olması ve karaborsada işlem görmesi olarak nitelendirmiştir. Ayrıca, fiyat oynaklığının yüksek olması piyasanın spekülasyona açık olmasıyla ilişkilendirilmiştir.

Malhotra ve Maloo (2014) tarafından yapılan çalışmada, 2013-2014 yıllarında Bitcoin'in döviz kurlarındaki başarısı ve fiyat hareketlerinin arkasında yatan nedenler araştırılmaktadır. Çalışmada Perron (1997) birim kök testleri kullanılarak Bitcoin – USD

şokların kalıcı bir etkisi veya geçici bir etkisi olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan testler sonucunda Bitcoin'in fiyat balonu yapısı içerdiği ve riskli bir finansal varlık olduğu kabul edilmiştir.

Cheah ve Fry (2015), çalışmalarında Bitcoin fiyatlarını araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar, Bitcoin fiyatlarında spekülasyon balonlarına eğilimin yüksek ve Bitcoin fiyatlarının temel değerinin sıfır olduğunu göstermektedir.

Cheung vd., (2015), çalışmada Bitcoin fiyatlarındaki balonların varlığını ekonometrik tekniklerle incelemişlerdir. Çalışma sonucunda 2010-2014 yılları arasında fiyat balonları olduğunu tespit etmişler ve oluşan bu balonların dünyanın en büyük Bitcoin borsası olan Mt Gox'un çökmesine neden olabileceğini ifade etmişlerdir.

Hencic ve Gouriéroux (2015), çalışmada veri seti olarak 20 Şubat 2013 ile 20 Temmuz 2013 tarihleri arasında 150 gözlemden oluşan Bitcoin fiyat serisi kullanmışlardır. Oluşturmuş oldukları modele göre; fiyatlar üzerinde spekülasyon balonları olduğunu ve Bitcoin piyasasının çok yüksek oranda spekülasyon işlemlere maruz kaldığını belirtmişlerdir.

Baek ve Elbeck (2015), veri seti olarak Bitcoin ile S&P 500 endeksinin günlük getiri serisini kullanmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada Bitcoin'in spekülasyon olup olmadığını tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda Bitcoin piyasasının S&P 500'e göre 26 kat daha fazla volatilitelere sahip olduğunu, ayrıca Bitcoin'in spekülasyon olduğunu söylemektedirler.

Kristoufek (2015) çalışmada, Bitcoin fiyatlarını etkileyen faktörleri incelemiş ve inanılan aksine Bitcoin'in spekülasyon olmadığını ileri sürmüştür. Bitcoin fiyatını etkileyen faktörler olarak ticarete kullanım yaygınlığını, tedarik miktarını ve fiyat seviyesini kullanmıştır. Yaşanılan aşırı düşüş ve artışları göz önünde bulundurarak Bitcoin'in hala finansal anlamda güvenli bir liman olmaktan uzak olduğunu belirtmiştir.

Dong ve Dong (2015), çalışmada 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 Bitcoin'i veri seti olarak kullanmışlardır. Bitcoin para birimi olarak değerlendirildiğinde yatırımcıların arbitraj imkânı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca Bitcoin uzun vadeli yatırım aracı olarak değerlendirilmiştir.

Pieters ve Vivanco (2017), çalışmada Bitcoin ticaret hacminin %26'sını temsil eden 11 farklı pazarda Bitcoin fiyatlarında önemli farklılıklar olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu

farklılığa yatırımcıların işlem maliyetlerinin farklı olmasının sebep olduğu görülmüştür. Bitcoin piyasasında arbitraj imkânının olduğuna ve işlem ücretleri üzerine finansal regülasyonun gerekli olduğuna işaret etmektedir.

Christopher (2014), Bitcoin'in Amerika Birleşik Devletleri'nin kara para aklama kanunları açısından işleyiş şeklini analiz etmiş ve Bitcoin'in kara para aklama aracı olarak kullanımı ve buna bağlı olarak oluşabilecek suç ve kanun uygulamalarında yaşanabilecek zorluklardan bahsetmiştir.

Edwards (2015), ABD'de Bitcoin donanım firmaları arasında yer alan Cointerra şirketinin iflası ile kripto para birimi olan Bitcoin'de dalgalanmalar olduğunu, Mt Gox borsasında Bitcoin değerinin 4 Aralık 2013 tarihinde 1,151 \$ iken, 2015 Şubat ayında 200 \$ civarına gerilediğini belirtmiştir.

Atik vd., (2015), çalışmada Bitcoin kullanımının artması ve yatırım aracı olarak görülmeye başlanması ile sistemin çalışma prensibi ve geleneksel döviz piyasalarına etkilerini araştırmayı amaçlamıştır. 2009-2015 yılları arasında Bitcoin'in günlük kur fiyatları ile dünyada en çok kullanılan çapraz kur fiyatları arasındaki etkileşim, Granger nedensellik analizi ile test edilmiştir. Sonuç olarak, Bitcoin ile Japon Yen'inin birbirini gecikmeli olarak etkilediği ve Japon Yen'inden Bitcoin'e doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

Dyhrberg (2016), çalışmada GARCH modellerini kullanarak Bitcoin'in finansal varlık özelliklerini araştırmaktadır. Oluşturulan modellere göre; Bitcoin altın ve dolara riskten korunma ve değişim aracı olması yönüyle birkaç benzer özellik göstermektedir. Bitcoin finansal piyasalarda ve portföy yönetiminde yatırım ve tasarruf özelliklerini bünyesinde toplamaktadır. Bitcoin'in oynaklığına bakıldığında zamana göre değiştiği ve uzun dönemde geçerli olduğu kabul edilebilir. Bitcoin'in risk yönetiminde yararlı olabileceğini ve riski seven yatırımcılar için ideal olduğunu göstermiştir.

Frascaroli ve Pinto (2016), çalışmada finansal yenilik olarak ele aldıkları Bitcoin'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), çalışmada finansal bir varlık olarak Bitcoin'in fiyat oynaklığı ile ilgili en uygun modeli araştırmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; Bitcoin piyasasındaki uzun

vadeli varyansın sabit kalmadığı ve zaman içinde farklılaştığı öngörülmüştür. Ayrıca en iyi modelin AR-GARCH modeli olduğu vurgulanmıştır.

Stavroyiannis (2017), çalışmada risk yönetimi çerçevesinde büyük kripto para birimleri olan Bitcoin, Entereum, Litecoin, Ripple ve S&P 500 endeksi örneklem olarak kullanmıştır, 10 günlük VaR ve Expected Shortfall (ES) yöntemleri ile karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar kripto para birimlerinin yüksek risk taşıdığını göstermektedir.

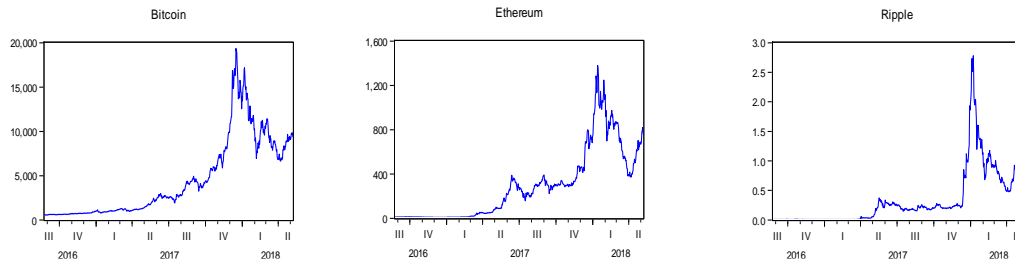
3. Veri Seti ve Metodoloji

Çalışmanın bu bölümünde, finansal yatırımcılar için alternatif yatırım aracı olarak görülen kripto paraların volatilite tahmininde Tekil Oynaklık Modelleri (ARCH, GARCH, T-GARCH, M-GARCH ve E-GARCH) ile uzun hafıza modelleri (AP-GARCH ve C-GARCH) kullanılarak modellerin karşılaştırılması yapılmıştır. Veri seti kripto para birimlerinin 24.08.2016 ile 05.07.2018 tarihleri arasındaki hafta sonu dahil günlük kapanış fiyatlarından oluşan 622 günlük zaman serisinden oluşmaktadır ve investing.com internet sitesi kullanılarak elde edilmiştir.

Çalışmada kripto para birimleri olan Bitcoin, Ethereum ve Ripple arasında volatilite tahmin modelleri kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu doğrultuda günlük fiyat serilerinden hareketle logaritmik getiriler hesaplanmış, korelasyon matrisi oluşturulmuş ve getiri serilerinin durağanlık sınaması yapılmıştır.

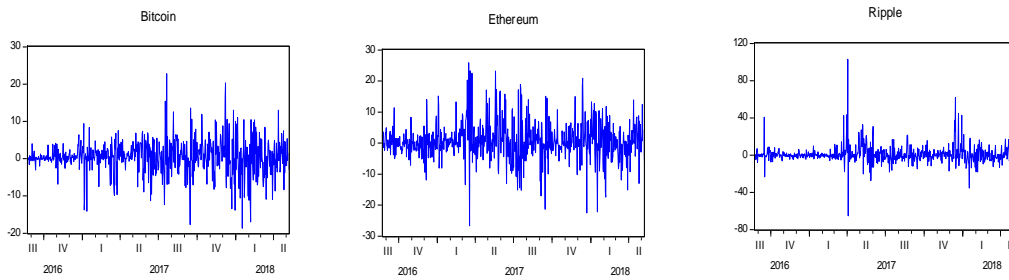
24.08.2016-05.07.2018 dönemine ait kripto para birimlerinin ABD dolarına göre günlük kur bilgileri Şekil 1'de yer almaktadır. Şekil 2'de ise getiri oranlarının zaman serisi yer almaktadır.

Şekil 1: Kripto Para Birimlerinin Günlük Fiyat Serisi



Şekil 1’de Bitcoin fiyatlarının 2016 yılından 2017 yılına kadar geçen süreç içerisinde çok fazla değişime uğramadığı, 2017 yılından itibaren artış trendine geçtiği ve 2017 yılı sonundan itibaren azalış trendi gösterdiği dikkat çekmektedir. Bitcoin fiyatlarının popülerliğinin artması ile birlikte fiyatlarında dalgalanmalar görülmektedir. Bitcoin örneğinde olduğu gibi diğer kripto para birimleri olan Ethereum ve Ripple fiyatları da 2017 yılından itibaren artan popülerliği ile birlikte fiyatları artış trendine sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 2: Kripto Para Birimlerinin Getiri Serisi



Şekil 2’de veri seti olarak kullanılan kripto para birimlerinin getiri serilerine baktığımızda, her bir gözleme ait dalgalanmaların yüksek olduğu gözlenmektedir. Günlük getiri serisinde en yüksek getiri Ripple’e aittir.

Tablo 1: Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

	Bitcoin	Ethereum	Ripple
Ortalama	0.4479	0.6801	0.7869
Medyan	0.3955	0.1774	-0.1693
Maksimum	22.7602	25.8599	102.7995
Minimum	-18.6938	-26.6628	-65.2988
Std. Sapma	4.6206	6.3569	9.9007
Çarpıklık	-0.1308	0.2622	2.4906
Basıklık	6.0307	5.4569	28.6802
Jarque-Bera	239.4426	163.3156	17,705.93
Olasılık Değeri	0.0001	0.0001	0.0001
Gözlem Sayısı	621	621	621

Kripto para birimlerinin logaritmik getirilerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1’de sunulmuştur. Ortalama getirilerin seçilmiş olan kripto para birimleri için pozitif olduğu görülmektedir. En yüksek getirinin Ripple’a ait olduğu, en düşük ortalama getirinin ise

Bitcoin'e ait olduğu tespit edilmiştir. Maksimum ve minimum değerleri Ripple getirilerindeki uç değerlerin daha geniş olduğunu ifade etmektedir. Bu sonuçlara göre Ripple değişkeninin en yüksek getiriye sahip olmasına rağmen en yüksek riske sahip olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 2: Kripto Para Birimleri Arasındaki Korelasyon Matrisi

	Bitcoin	Ethereum	Ripple
Bitcoin	1		
Ethereum	0.4954* (14.1905)	1	
Ripple	0.2649* (6.8348)	0.2801* (7.2595)	1

Not: t istatistikleri parantez içerisinde gösterilmiştir.

* %1 düzeyinde anlamlıdır, ** %5 düzeyinde anlamlıdır, *** %10 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 2'de yer alan korelasyon matrisi incelendiğinde Bitcoin ve Ethereum kripto para birimleri arasında önemli bir korelasyon olduğu görülmektedir. Ayrıca, kripto para birimleri arasındaki ilişkinin yönünün pozitif olduğu ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3: Kripto Para Birimlerinin Birim Kök Testi Sonuçları

	ADF(p)				PP(p)			
	Sabit		Sabit ve Trend		Sabit		Sabit ve Trend	
Bitcoin	-24.89*(0)	[0.000]	-24.88*(0)	[0.000]	-24.89*(1)	[0.000]	-24.88*(1)	[0.000]
Ethereum	-24.33*(0)	[0.000]	-24.31*(0)	[0.000]	-24.45*(8)	[0.000]	-24.44*(8)	[0.000]
Ripple	-12.14*(2)	[0.000]	-12.13*(2)	[0.000]	-27.06*(9)	[0.000]	-27.04*(9)	[0.000]

Not: ADF birim kök testi için uygun gecikme sayısı Schwarz bilgi kriterine göre belirlenmiştir. Parantez içerisindeki değerler gecikme sayısını göstermektedir.

PP birim kök testi için Barlett Kernel ve Newey-West Bandwidth otomatik seçim modeli kullanılmıştır.

Parantez içerisindeki değerler, optimum gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Köşeli parantez içerisindeki rakamlar, olasılık (p-value) değerlerini göstermektedir.

* %1 düzeyinde anlamlıdır, ** %5 düzeyinde anlamlıdır, *** %10 düzeyinde anlamlıdır.

Bitcoin, Ethereum ve Ripple kripto para birimlerine ait getirilerin durağanlık testi sonuçları Tablo 3’de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, birim kök varlığına ilişkin hipotezin reddedildiğini göstermektedir. Dolayısıyla serilerin durağan olduğu ifade edilebilmektedir. Finansal zaman serilerinin durağan olması, volatilitenin tahmin edilebilir nitelikte olduğunun bir göstergesi olarak yorumlanabilir.

4. Metodoloji

4.1. ARCH (Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity) Modeli

Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity) modelinde, zaman serisine ait değişkenlerin sabit bir varyansının olmadığını ve zaman içinde değişebileceği varsayımı bulunmaktadır (Engle, 1982).

ARCH modelinde; finansal piyasalardaki şok, hata teriminin karesine, oynaklık düzeyi ise koşullu değişen varyansa karşılık gelir. Böylece ARCH modelleriyle şokların oynaklık düzeyi üzerindeki etkisi öngörülebilmektedir.

ARCH modeline göre p dönem kadar önce yaşanan bir şok, bu dönemin varyansı üzerinde artırıcı bir etki oluşturmaktadır.

ARCH modeli, EKK tekniklerinin tahmin hataları kullanılarak;

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Denklemden ARCH sürecinin derecesi ise p ile ifade edilirken, α bilinmeyen parametre vektörü, ε_{t-i}^2 ise geçmiş dönem öngörü hatalarını göstermektedir.

ARCH modeli;

- Önceki döneme ait pozitif ve negatif şokların volatilitenin üzerinde aynı etkiye yol açtığı varsayılır,
- Çok sıkı kısıtlar ile şekillendirilmiştir.
- Finansal zaman serilerindeki değişimlerin kaynağının anlaşılması için sezgisel bir yenilik sunmaz.

• Finansal getirilere gelen büyük şoklara yavaş tepki verdiği için, finansal zaman serilerinin volatilitelerini olduğundan daha büyük öngörebilmektedir (Brooks, 2008).

4.2. GARCH Modeli

ARCH modeli, Bollerslev (1986) tarafından geliştirilerek Generalized Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH) modeline dönüştürülmüştür. GARCH modeli ARCH modeline koşullu varyansın eklenmesiyle ortaya çıkarılmıştır. Model denklemi;

$$\begin{aligned} h_t &= \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_1 h_{t-1}^2 + \dots + \beta_q h_{t-q}^2 \\ &= \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu denklemde α_1 katsayısı kısa dönem, β_1 katsayısı ise uzun hafıza etkisini yani seriye gelen şokların hafızasını göstermektedir (Engle, 2002:342). GARCH(p,q) koşulu;

$\omega > 0$, $\alpha_1 \geq 0$, $\beta_1 \geq 0$, $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ olması durumunda koşullu varyans üzerinde şokların etkisi kalıcı değildir (sona ermiştir). $\alpha_1 + \beta_1 = 1$ olması halinde şokların etkisi kalıcı, $\alpha_1 + \beta_1 > 1$ durumunda ise şoklar uzun hafıza özelliği taşımaktadır (Brooks, 2008:423).

4.3. E-GARCH Modeli

Standard GARCH modellerinde ortaya çıkan en önemli sorun bütün tahmin edilen katsayıların pozitif olma gerekliliğidir. Nelson (1991) tarafından ortaya atılan, katsayıların pozitif olmasını gerektirmeyen, oynaklık yapısındaki asimetriyi de hesaba katan EGARCH modeli şu şekildedir;

$$\log(\sigma_t^2) = \omega + \beta \log(\sigma_{t-1}^2) + \gamma \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \alpha \left[\frac{|u_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right] \quad (3)$$

Modeldeki asimetri katsayısı olan γ , 0'dan farklı bir değer aldığı anda koşullu varyans üzerindeki kaldıraç etkisinin varlığından söz edilebilir. Bu durumda $\gamma > 0$ ve anlamlı ise pozitif şok, negatif şoka göre oynaklığı daha çok artırmıştır sonucuna varılacakken, tersi durumda, $\gamma < 0$ ise negatif şokun etkisi, pozitif şoka oranla daha fazladır denir. Negatif şokun etkisinin, pozitif şokun etkisinden fazla olması durumu kaldıraç etkisini ifade etmektedir (Brooks, 2008:456).

4.4. T-GARCH (Eşik GARCH, GRJ-GARCH) Modeli

Negatif ve pozitif haberlerin oynaklık üzerindeki farklı etkisini dikkate alan TGARCH modeli Glosten vd., (1993) geliştirmiştir. Eşik GARCH modeli GJR-GARCH olarak ta adlandırılan bu model;

$$h_t = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \lambda_1 d_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 + b_1 h_{t-1} \quad (4)$$

şeklinde ifade edilir ve $\varepsilon_{t-1} = 0$ eşik vazifesini görür. Bu eşğin üstünde ve altındaki şokların oynaklık üzerindeki etkileri farklıdır. Burada d kukla değişkendir. Kukla değişken d 'nin istatistiksel olarak anlamlı olması, eşik etkisinin varlığını ortaya koyar.

4.5. M-GARCH (GARCH-M) Modeli

Finans teorisinde hisse senedinin getirisi onun volatilitesine dayanmaktadır. GARCH-M, risk priminin modellenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Basit bir GARCH (1,1)-M modeli şu şekilde yazılabilir;

$$r_t = \mu + c\sigma_t^2 + \alpha_t, \quad \alpha_t = \sigma_t \varepsilon_t \quad (5)$$
$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

Denklemden c , risk primi parametresini ifade etmektedir. $c > 0$ ise getirinin volatilitenin pozitif ilişkisini ifade etmektedir (Tsay, 2010).

4.6. AP-GARCH Modeli

Yüksek frekansa sahip zaman serilerinin mutlak değeri veya karesini almak yerine, verilerin dönüşümünün verilerin kaçınıcı kuvveti ile sağlandığını analiz etmekte kullanılır.

$$\sigma_t^\delta = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i (|\varepsilon_{t-1}| - \gamma_i \varepsilon_{t-1})^\delta + \sum_{j=1}^p b_j \sigma_{t-j}^\delta \quad (6)$$

şeklinde ifade edilen denklemde a_0 ve b_j ; standart ARCH ve GARCH terimlerini, γ_i ; kaldıraç etkisini, δ ise kuvvet parametreleridir. Kuvvet parametresi 0'dan farklı olmak üzere standart sapmanın Box-Cox dönüşümüdür. Box ve Cox tarafından ortaya atılan bu dönüşüm, normal dağılmayan nicel verilere λ değeri belirlenip uygulandığında verilerin normale

yakınsayacağı varsayılmıştır. δ kuvvet parametresinin 1'den büyük olması serinin uzun hafıza özelliği taşıdığını belirtir (Brooks vd., 2000:380).

4.7. C-GARCH (Component GARCH) Modeli

$$\sigma_t^2 = q_1 + \alpha_1(\varepsilon_{t-1}^2 - q_{t-1}) + b_1(\sigma_{t-1}^2 - q_{t-1}) \quad (7)$$

$$q_t = \alpha_0 + pq_{t-1} + \theta(\varepsilon_{t-1}^2 - \sigma_{t-1}^2)$$

q_t ; uzun dönem volatilité (long run volatility) ifade ederken, birinci denklemdeki $(\alpha+\beta)$ kuvvetiyle 0'a yaklaşan kalıcı olmayan bileşenken (kısa dönem volatilité hareketler), ikinci denklem p'nin kuvvetiyle q_t 'ye yaklaşan uzun dönem bileşendir (Ding ve Granger, 1996).

5. Bulgular

Bitcoin, Ethereum ve Ripple için getirilerin tahmininde kurulacak modellerin hata terimleri üzerinde ARCH etkisinin olup olmadığı tespiti için ARCH-LM testi ve Durbin-Watson kriteri uygulanmış, ARCH etkisine sahip seriler için ARCH-GARCH modelleme teknikleri ile yeni modeller elde edilmiştir. Belirlenecek denklemlerin gecikme uzunluklarının tespitinde SIC ile 2 gecikmeye kadar incelenmiş en uygun (p,q) değerleri tüm denklemler için (1,1) olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4: Bitcoin Getirileri için GARCH tipi Model Sonuçlarının Tahmini

	ARCH	GARCH	E-GARCH	M-GARCH	AP-GARCH	T-GARCH	C-GARCH
Ortalama Denklemi							
Const (c)	0.0602** (0.0175)	0.3605** (0.1089)	0.4052** (0.0969)	1.0210* (0.5785)	0.3218** (0.0750)	0.4241** (0.1240)	0.3628** (0.1058)
AR (1) (ϕ)	0.9866** (0.0169)	-0.8376** (0.2656)	-0.9915** (0.0040)	0.9859** (0.0062)	0.1492 (0.6561)	0.6724 (0.5037)	-0.8418** (0.2372)
Varyans Denklemi							
Const (ω)	17.1880** (0.7151)	0.1674** (0.0452)	-0.1293** (0.0241)	0.1741** (0.0459)	0.0547* (0.0289)	0.1522** (0.0439)	143.1738 (186.5217)
α	0.1931** (0.0441)	0.1638** (0.0188)	0.3129** (0.0000)	0.1662** (0.0180)	0.1599** (0.0343)	0.1834** (0.0278)	0.9990** (0.0013)
β	-	0.8521** (0.0130)	0.9667** (0.0000)	0.8496** (0.0123)	0.8791** (0.0248)	0.8547** (0.0133)	0.1174** (0.0117)
$\alpha+\beta$	-	1.0159	1.2796 0.0171 (0.0173)	1.0158	1.0390 -0.1125 (0.1053)	1.0381	1.1164
γ	-	-	-	-	-	-0.0419 (0.0287)	-
d	-	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-0.1001 (0.1198)	-	-	-
δ	-	-	-	-	1.1614* (0.4285)	-	-
θ	-	-	-	-	-	-	0.0170 (0.4268)
AIC	5.8630	5.5747	5.5730	5.5722	5.4476	5.5776	5.5727
SC	5.8987	5.6175	5.6230	5.6222	5.5119	5.6276	5.6155
DW	1.9897	1.9790	2.0099	1.9832	1.9229	2.0034	2.0020

Not: Standart hatalar parantez içinde ifade edilmiştir. * %10 düzeyinde anlamlıdır, ** %1 düzeyinde anlamlıdır.

Error Distribution: Student-t

ARCH-LM testi ile uygun gecikme uzunlukları tespit edilen ARCH(1,1) modelinde değişen varyans sorunu olmadığı tespit edilmiş, denklemin α katsayısı (0.1931) ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Sonuç olarak, söz konusu model Bitcoin'in volatilitte tahmininde kullanılabilir.

ARCH denkleminin volatilitte tahmininde yeterli esnekliğe sahip olmaması nedeniyle (Brooks, 2008), GARCH modeli test edilmiş, uygun gecikme katsayısı ve değişen varyans sorunu taşımayan GARCH(1,1) modeli için, α ve β katsayılarının işaretleri pozitif ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. $\alpha+\beta$ katsayılarının toplamı birden büyük olduğu için koşullu varyanstaki şoklar süreklidir ve uzun hafıza özelliği taşımaktadır.

Katsayıların pozitif olma koşulunu taşımayan ve koşullu varyans üzerindeki kaldıraç etkisini görmek amacıyla oluşturulan E-GARCH(1,1) modelinde, $\gamma>0$ olduğu için pozitif şokların etkisinin negatif şokların etkisinden fazla olduğu fakat elde edilen sonucun istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle tahminlemede kullanılamaz.

Risk primini modellemede kullanılmak amacıyla oluşturulan M-GARCH(1,1) modelinde, denklemdaki risk primi parametresi olan c katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle tahminleme için uygun bir model değildir.

Uzun hafıza özelliğinin test edilmesi için oluşturulan AP-GARCH(1,1) modeli için, δ parametresi $1.1614>0$ olduğundan serinin uzun hafıza özelliği taşıdığı ve oynaklığın geçişkenliğinin uzun olduğu sonucu çıkarılır.

Negatif şoklarla pozitif şokların etkisini tespit etmek için oluşturulan Eşik GARCH (T-GARCH(1,1)) modelinde, eşik katsayısının (d) istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle, pozitif ve negatif şokların ayrıştırılabilir nitelikte olmadığı tespit edilmiştir.

Oluşturulan Component GARCH (C-GARCH (1,1)) modelinde, θ parametresi 0 ile 1 arasında olduğundan kısa ve uzun dönem varyans birbirine yakınsamaktadır. α , β , θ katsayıları 0 ile 1 arasında ve istatistiksel olarak anlamlı olduğundan, Component GARCH (C-GARCH)

volatilite tahmini için uygun bir modeldir. Elde edilen bu sonuca göre; Bitcoin için uzun dönem volatilitenin kısa dönem volatiliteye göre daha kalıcı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5: Ethereum Getirileri için GARCH tipi Model Sonuçlarının Tahmini

	ARCH	GARCH	E-GARCH	M-GARCH	AP-GARCH	T-GARCH	C-GARCH
Ortalama Denklemi							
Const (c)	0.3508 (0.1383)	0.2131 (0.1978)	0.1215 (0.3815)	-0.5131 (0.6455)	0.1236 (0.1903)	0.2047 (0.1987)	0.0867 (0.1340)
AR (1) (ϕ)	-0.4807 (1.8477)	-0.9181** (0.1317)	0.9771** (0.0263)	0.9608** (0.0499)	-0.4119 (0.7362)	-0.4319 (0.8026)	-0.3230 (0.2402)
Varyans Denklemi							
Const (ω)	23.6738** (1.7221)	1.5435** (0.4997)	-0.0415 (0.0575)	1.5088 (0.0490)	0.3520* (0.2173)	1.4724* (0.4815)	185.1133 (745.2253)
α	0.3570** (0.0773)	0.2172** (0.0416)	0.3391 (0.0546)	0.2017** (0.0405)	0.1941** (0.0348)	0.1957** (0.0278)	0.9922** (0.0323)
β	-	0.7633** (0.0384)	0.9378** (0.0187)	0.7681** (0.0377)	0.8012** (0.0348)	0.7687** (0.0371)	0.1951* (0.0727)
$\alpha+\beta$	-	0.9805	1.2769	0.9698	0.9953	0.9644	1.1873
γ	-	-	0.0048 (0.0297)	-	-0.0391 (0.0860)	-	-
d	-	-	-	-	-	0.0179 (0.0532)	-
c	-	-	-	0.1740 (0.1358)	-	-	-
δ	-	-	-	-	1.0577** (0.3318)	-	-
θ	-	-	-	-	-	-	0.0846 (0.5110)
AIC	5.8630	5.5747	5.5730	5.5722	5.4476	5.5776	5.5727
SC	5.8987	5.6175	5.6230	5.6222	5.5119	5.6276	5.6155
DW	1.9897	1.9790	2.0099	1.9832	1.9229	2.0034	2.0020

Not: Standart hatalar parantez içinde ifade edilmiştir. * %10 düzeyinde anlamlıdır, ** %1 düzeyinde anlamlıdır.

Error Distribution: Student-t

ARCH-LM testi ile uygun gecikme uzunlukları tespit edilen ARCH(1,1) modelinde değişen varyans sorunu olmadığı tespit edilmiş, denklemin α katsayısı (0.3570) ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Sonuç olarak Ethereum için, söz konusu model volatilite tahmininde kullanılabilir.

ARCH denkleminin volatilite tahmininde yeterli esnekliğe sahip olmaması nedeniyle (Brooks, 2008), GARCH modeli test edilmiş, uygun gecikme katsayısı ve değişen varyans sorunu taşımayan GARCH(1,1) modeli için, α ve β katsayılarının işaretleri pozitif ve

istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. α ve β katsayı tahminleri birden küçüktür (0.9805). Bu durum volatilitenin tahmin edilebilir yapıda olduğunu ve şokların etkisinin geçici olduğunu ifade etmektedir.

Katsayıların pozitif olma koşulunu taşımayan ve koşullu varyans üzerindeki kaldıraç etkisini görmek amacıyla oluşturulan E-GARCH(1,1) denkleminde $\gamma > 0$ olduğu için pozitif şokların etkisinin negatif şokların etkisinden fazla olduğu fakat elde edilen sonucun istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle tahminlemede kullanılamaz.

Risk primini modelleme kullanılmak amacıyla oluşturulan M-GARCH(1,1) modelinde, denklemdaki risk primi parametresi olan c katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle tahminleme için uygun bir model değildir.

Uzun hafıza özelliğinin test edilmesi için oluşturulan AP-GARCH(1,1) modeli için, δ parametresi $1.0577 > 0$ olduğundan serinin uzun hafıza özelliği taşıdığı ve oynaklığın geçişkenliğinin uzun olduğu sonucu çıkarılır.

Negatif şoklarla pozitif şokların etkisini tespit etmek için oluşturulan Eşik GARCH (T-GARCH(1,1)) modelinde, eşik katsayısının (d) istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle, pozitif ve negatif şokların ayrıştırılabilir nitelikte olmadığı tespit edilmiştir.

Oluşturulan Component GARCH (C-GARCH (1,1)) modelinde, θ parametresi 0 ile 1 arasında olduğundan kısa ve uzun dönem varyans birbirine yakınsamaktadır. α , β , θ katsayıları 0 ile 1 arasındadır. Fakat θ katsayısı istatistiksel olarak anlamlı değildir. Dolayısıyla Component GARCH volatilitenin tahmini için uygun bir model değildir.

Tablo 6: Ripple Getirileri için GARCH tipi Model Sonuçlarının Tahmini

	ARCH	GARCH	E-GARCH	M-GARCH	AP-GARCH	T-GARCH	C-GARCH
Ortalama Denklemi							
Const (c)	-0.3827* (0.2008)	-0.2038 (0.1875)**	-0.2626 (0.1840)	-0.5544 (0.8148)	-0.0917 (0.0924)	-0.0823 (1.0657)	-0.3391** (0.1091)
AR (1) (ϕ)	-0.7999 (0.5489)	-0.8284 ** (0.3127)	0.1034 (0.5088)	0.2637 (0.9438)	-0.9908** (0.0025)	-0.8805** (0.1936)	0.0795 (0.1121)
Varyans Denklemi							
Const (ω)	19.7776** (1.5942)	0.7685** (0.2038)	-0.0685* (0.0345)	6.9965** (0.4599)	0.2521** (0.0625)	1.4434** (0.2084)	460.1190 (1563.369)
α	0.8451** (0.1066)	0.1712** (0.0244)	0.3106** (0.0392)	0.4446** (0.0474)	0.2521** (0.0276)	0.0734** (0.0112)	0.9996** (0.0009)
β	-	0.8088** (0.0116)	0.9517** (0.0097)	0.5927** (0.0212)	0.7245** (0.0214)	0.9096** (0.0116)	0.0348* (0.0161)
$\alpha+\beta$	-	0.9800	1.2623	1.0373	0.9766	0.9830	1.0344
γ	-	-	0.0327 (0.0246)	-	-0.5436** (0.0701)	-	-
d	-	-	-	-	-	0.0823 (0.1690)	-
c	-	-	-	0.0290 (0.1296)	-	-	-
δ	-	-	-	-	0.4601** (0.0907)	-	-
θ	-	-	-	-	-	-	0.1101 (0.0608)
AIC	6.7111	6.1822	6.5936	6.8960	6.5848	6.8278	6.4787
SC	6.7467	6.2250	6.6436	6.9460	6.6419	6.8849	6.5286
DW	2.1237	1.8619	1.9412	2.047	1.9180	2.1375	2.1331

Not: Standart hatalar parantez içinde ifade edilmiştir. * %10 düzeyinde anlamlıdır, ** %1 düzeyinde anlamlıdır.

Error Distribution: Student-t

ARCH-LM testi ile uygun gecikme uzunlukları tespit edilen ARCH(1,1) modelinde değişen varyans sorunu olmadığı tespit edilmiş, denklemin α katsayısı (0.8451) ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlıdır. Dolayısıyla söz konusu model ile tahminleme yapılabilmektedir.

ARCH denkleminin volatilitenin tahmininde yeterli esnekliğe sahip olmaması nedeniyle (Brooks, 2008), GARCH modeli test edilmiş, uygun gecikme katsayısı ve değişen varyans sorunu taşımayan GARCH(1,1) denklemi için, α ve β katsayılarının işaretleri pozitif ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. α ve β katsayı tahminleri birden küçüktür (0.9800). Bu durum volatilitenin tahmin edilebilir yapıda olduğunu ve şokların etkisinin geçici olduğunu ifade etmektedir.

Katsayıların pozitif olma koşulunu taşımayan ve koşullu varyans üzerindeki kaldıraç etkisini görmek amacıyla oluşturulan E-GARCH(1,1) modelinde, $\gamma > 0$ olduğu için pozitif şokların etkisinin negatif şokların etkisinden fazla olduğu fakat elde edilen sonucun istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle tahminlemede kullanılamaz.

Risk primini modellemede kullanılmak amacıyla oluşturulan M-GARCH(1,1) modelinde, denklemdeki risk primi parametresi olan c katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle tahminleme için uygun bir model değildir.

Uzun hafıza özelliğinin test edilmesi için oluşturulan AP-GARCH(1,1) modeli için, δ parametresi $0.4601 < 0$ olduğundan serinin uzun hafıza özelliği taşımadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Negatif şoklarla pozitif şokların etkisini tespit etmek için oluşturulan Eşik GARCH (T-GARCH(1,1)) modelinde, eşik katsayısının (d) istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle, pozitif ve negatif şokların ayrıştırılabilir nitelikte olmadığı tespit edilmiştir.

Ripple için oluşturulan Component GARCH (C-GARCH (1,1)) modelinde, θ parametresi 0 ile 1 arasında olduğundan kısa ve uzun dönem varyans birbirine yakınsamaktadır. α , β , θ katsayıları 0 ile 1 arasındadır. Fakat θ katsayısı istatistiksel olarak anlamlı değildir. Dolayısıyla Component GARCH volatilite tahmini için uygun bir model değildir.

6.Sonuç

Günümüzde güncel bir tartışma konusu olan kripto para birimleri, herhangi bir otoriteye bağlı olmayan dijital para birimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Kripto para birimleri ile ilgili herhangi bir muhatabının olmaması, geleceğinin belirsizliği ve varlığın gerçek değerinin saptanmasının güç olması nedeniyle bu varlıklara güven konusu tartışma konularından birisidir.

Kripto para birimlerine olan ilgi kısa sürede artmış ve Dünya’da yaygın hale gelmesine sebep olmuştur. Bunun sonucu olarak da kripto para piyasasında günlük işlem hacmi artmış ve gün içerisindeki volatilitenin artmasına neden olmuştur. Bu çalışmanın amacı, kripto para birimlerini ARCH, GARCH, E-GARCH, M-GARCH, AP-GARCH, T-GARCH ve C-GARCH yöntemlerine göre karşılaştırmaktır. Bu amaçla Bitcoin, Ethereum ve Ripple’a ait 24.08.2016-05.07.2018 tarihleri arasındaki haftasonu dahil günlük getiri serisi kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, Bitcoin’in volatilite tahmini için uygun model ARCH, AP-GARCH ve C-GARCH olarak belirlenmiş, Ethereum ve Ripple için uygun tahmin modelin

ARCH, GARCH ve AP-GARCH olduğu tespit edilmiştir. Bitcoin ve Ethereum uzun hafıza özelliği taşımakta iken, Ripple ise uzun hafıza etkisi taşımamaktadır. Çalışmada kullanılan Bitcoin, Ethereum ve Ripple kripto para birimleri için pozitif ve negatif şokların ayrıştırılabilir nitelikte olmadığı ayrıca kaldıraç etkisinin olmadığı sonucu elde edilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar çerçevesinde kripto para birimlerine yatırım yapmak isteyen yatırımcılar için Bitcoin ve Ethereum'un uzun hafıza özelliği taşıdığı (şokların kalıcı etki taşıdığı), Ripple için ise uzun hafıza özelliği taşımadığı (şokların etkisinin geçici olduğu) dikkate alınmalıdır. Çalışmaya konu kripto para birimlerinde şokların ayrıştırılabilir olmayışı ve kaldıraç etkisi taşıyor olması, konu hakkında yapılabilecek yeni çalışmalar için motivasyon niteliği taşımaktadır.

Kaynaklar

- Alpago, H. (2018). Bitcoin'den Selfcoin'e Kripto Para. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD)*, 3(2), 411-428.
- Ateş, B. A. (2016). Kripto Para Birimleri, Bitcoin ve Muhasebesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 349-366.
- Atik, M., Köse, Y., Yılmaz, B., & Sağlam, F. (2015). Kripto Para: Bitcoin ve Döviz Kurları Üzerine Etkileri. *Bartın Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6(11), 247-262.
- Baek, C., & Elbeck, M. (2015). Bitcoins as an investment or speculative vehicle? A first look. *Applied Economics Letters*, 22(1), 30-34.
- Balcilar, M., Bouri, E., Gupta, R., & Roubaud, D. (2017). Can volume predict Bitcoin returns and volatility? A quantiles-based approach. *Economic Modelling*, 64, 74-81.
- Barski, C., & Wilmer, C. (2014). Bitcoin for the Befuddled.
- Bilir, H., & Çay, Ş. (2016). Elektronik Para ve Finansal Piyasalar Arasındaki İlişki. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 21-31.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327.
- Brauneis, A. & Mestel R. (2018). Price discovery of cryptocurrencies: Bitcoin and beyond. *Economics Letters*, 165, 58-61.

-
- Brière, M., Oosterlinck, K., & Szafarz, A. (2015). Virtual currency, tangible return: Portfolio diversification with bitcoin. *Journal of Asset Management*, 16(6), 365-373.
- Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Brooks, R. D., Faff, R. W., McKenzie, M. D., & Mitchell, H. (2000). A multi-country study of power ARCH models and national stock market returns. *Journal of International Money and Finance*, 19(3), 377-397.
- Cheah, E. & Fry, J. (2015). Speculative Bubbles in Bitcoin Markets? An Empirical Investigation into The 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. M. (2014). Whack-a-Mole: Why Prosecuting Digital Currency Exchanges Won't Stop Online Laundering. *Lewis & Clark Law Review*, Forthcoming. <http://ssrn.com/abstract=2312787>.
- Chu, J., Nadarajah, S., & Chan, S. (2015). Statistical Analysis of The Exchange Rate of Bitcoin. *PloS one*, 10 (7), 1-27.
- Ciaian, P., Rajcaniova, M., & Kancs, D. A. (2016). The economics of BitCoin price formation. *Applied Economics*, 48(19), 1799-18.
- Ding, Z., & Granger, C. W. (1996). Modeling volatility persistence of speculative returns: a new approach. *Journal of Econometrics*, 73(1), 185-215.
- Dirican, C., & Canoz, I. (2017). The Cointegration Relationship Between Bitcoin Prices and Major World Stock Indices: An Analysis with ARDL Model Approach. *Journal of Economics, Finance and Accounting*, 4(4), 377-392.
- Dizkırıncı, A. S., & Gökgöz, A. (2018). Kripto Para Birimleri ve Türkiye'de Bitcoin Muhasebesi. *Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies*, 4(2), 92-105.
- 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. H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar—A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, 16, 85-92.
- Edwards, C. (2015). Finance-Bitcoin price crash finds new victims. *Engineering & Technology*, 10(2), 19-19.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 987-1007.
- Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350.
- Franco, P. (2014). Understanding Bitcoin: Cryptography, engineering and economics. John Wiley & Sons.
- Frascaroli, B. F., & Pinto, T. C. (2016). The Innovative Aspects Of Bitcoin, Market Microstructure And Returns Volatility: An Approach Using Mgarch.
- Georgoula, I., Pournarakis, D., Bilanakos, C., Sotiropoulos, D., & Giaglis, G. M. (2015). Using time-series and sentiment analysis to detect the determinants of bitcoin prices.
- 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. *The Journal of Finance*, 48(5), 1779-1801.
- Grinberg, R. (2012). Bitcoin: An Innovative Alternative Digital Currency. *Hastings Science & Technology Law Journal*, 4, 159.
- Gültekin, Y., & Bulut, Y. (2016). Bitcoin Ekonomisi: Bitcoin Eko-Sisteminden Doğan Yeni Sektörler ve Analizi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(3), 82-92.
- Halaburda, H. & Sarvary, M. (2016). Beyond Bitcoin. The Economics of Digital Currencies.
- Hencic, A. & Gouriéroux, C. (2015). Noncausal Autoregressive Model in Application to Bitcoin/USD Exchange Rates, In *Econometrics of Risk*. Springer, Cham.

-
- Katsiampa, P. (2017). Volatility Estimation for Bitcoin: A Comparison of GARCH Models. *Economics Letters*, 158, 3-6.
- 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*, 10 (4).
- MacDonell, A. (2014). Popping the Bitcoin bubble: An application of log-periodic power law modeling to digital currency. *University of Notre Dame working paper*.
- Malhotra, A., & Maloo, M. (2014). Bitcoin–is it a Bubble? Evidence from Unit Root Tests.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 347-370.
- Pieters, G., & Vivanco, S. (2017). Financial regulations and price inconsistencies across Bitcoin markets. *Information Economics and Policy*, 39, 1-14.
- Reid, F., & Harrigan, M. (2013). An analysis of anonymity in the bitcoin system. In *Security and privacy in social networks* (pp. 197-223). Springer, New York, NY.
- Stavroyiannis, S. (2017). Value-at-Risk and Expected Shortfall for the major digital currencies. *arXiv preprint arXiv:1708.09343*.
- Szmigielski, A. (2016). *Bitcoin Essentials*. Packt Publishing Ltd.
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*. John Wiley & Sons, Third Edition.
- Urquhart, A. (2016). The inefficiency of Bitcoin. *Economics Letters*, 148, 80-82.
- Urquhart, A. (2018). What causes the attention of Bitcoin?. *Economics Letters*, 166, 40-44.
- Wegdell, A., & Andersson, G. (2014). *Prospects of Bitcoin-An evaluation of its future*.