

Altın ve kripto para piyasaları arasındaki ilişkilerin doğrusal olmayan modeller ile incelenmesi: Bitcoin ve Ethereum örneği*
Examining the relationships between gold and cryptocurrency markets with non-linear models: The case of Bitcoin and Ethereum

Gönderim Tarihi / Received: 27.08.2023

Hilmi Tunahan AKKUŞ¹

Kabul Tarihi / Accepted: 01.11.2023

Doi: [10.31795/baunsobed.1350805](https://doi.org/10.31795/baunsobed.1350805)

ÖZ: Bu çalışmada altın ile kripto paralar arasındaki ilişkiler doğrusal olmayan modeller ile kapsamlı olarak araştırılmaktadır. Kripto paraları temsilen dijital altın olarak da adlandırılan en büyük kripto para Bitcoin ve en büyük akıllı kontrat platformu Ethereum çalışmada birlikte ele alınmaktadır. Hepsağ (2021) doğrusal olmayan eşbütünleşme testi bulgularına göre, ilgili değişkenler arasında çok zayıf düzeyde uzun dönemli ilişki, doğrusal olmayan Granger nedensellik testi sonuçlarına göre ise iki yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Son olarak düzeltilmiş dinamik koşullu korelasyon (cDCC-GARCH) sonuçlarına göre altın ve kripto paralar arasında genellikle pozitif ve sifıra yakın korelasyon bulunduğu, ancak COVID-19 salgınının görüldüğü 2020 yılı boyunca değişkenler arasındaki korelasyon ilişkisinin daha da arttığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular yatırımcılar için portföy çeşitlendirmesi, risk yönetimi ve piyasa öngörüsü açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Altın, Kripto paralar, Bitcoin, Ethereum, Doğrusal olmayan modeller

ABSTRACT: In this study, the relationships between gold and cryptocurrencies are investigated extensively with nonlinear models. The largest cryptocurrency Bitcoin, also called digital gold, and the largest smart contract platform Ethereum are discussed together in the study. According to the nonlinear cointegration test findings of Hepsağ (2021), a very weak level long-term relationship was found between the related variables, and a two-way causality relationship was determined according to the nonlinear Granger causality test results. Finally, according to the corrected dynamic conditional correlation (cDCC-GARCH) results, it was determined that there is generally a positive and close to zero correlation between gold and cryptocurrencies, but the correlation between the variables increased even more during the year 2020, when the COVID-19 epidemic was observed. The findings provide important information for investors in terms of portfolio diversification, risk management and market forecasting.

Keywords: Gold, Cryptocurrencies, Bitcoin, Ethereum, Non-linear models

* Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. (Proje No: 2022/097).

¹Doç. Dr., Balıkesir Üniversitesi, Savaştepe MYO/Toptan ve Perakende Satış Bölümü/Emlak Yönetimi Programı, tunaakkus@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8407-1580>

EXTENDED ABSTRACT

Literature review

There are significant similarities between gold and cryptocurrencies. In particular, there is no central authority behind both assets, and therefore the pricing of them takes place at a global level. Determining the relationship of gold, one of the important precious metals, with recently developed cryptocurrencies can be important for investors, risk managers and portfolio managers. For this reason, there are many studies in the literature on the relations of gold or cryptocurrencies with exchange rates, as well as the relations of gold or cryptocurrencies with various investment instruments. O'Connor et al. (2015) only conducted an important literature search on gold. In their research, they presented a significant number of studies in the literature by classifying them in many aspects.

Capie, Mills and Wood (2005), Ciner, Gurdgiev and Lucey (2013), Zagaglia and Marzo (2013) examined the relationships between gold and exchange rates and/or various commodities and indices. Kristoufek and Vosvrda (2016) calculated the efficiency ranking of gold prices quoted in 142 different currencies worldwide; Bampinas and Panagiotidis (2015) examined the causal relationship between crude oil and gold spot prices. On the other hand, Dyhrberg (2016a), Şarkaya İçelloğlu and Engin Öztürk (2018), Topaloğlu (2019) focused on the relationship between Bitcoin and exchange rates, Bouri et al. (2017a) focused on the relationships between Bitcoin and commodity markets.

Studies in which cryptocurrency and gold are evaluated together are also included in the literature. Brière, Oosterlinck and Szafarz (2015), Bouri et al. (2017b), Corbet et al. (2018), Klein, Thu and Walther (2018), Korkmaz (2018), Selmi et al. (2018), Kang, McIver and Hernandez (2019), Pal and Mitra (2019), Symitsi and Chalvatzis (2019), Kuzu and Çelik (2020), Telek and Şit (2020), Baur and Hoang (2021), investigated the relationships between Bitcoin and alternative investment instruments consisting of stocks, bonds, various commodities including gold and exchange rates. Youssef (2020) identified the existence of herding behavior for the eighteen largest cryptocurrencies, as well as the factors that determine herding behavior.

Dyhrberg (2016b), Baur, Dimpfl, and Kuck (2018) and Smales (2019) modeled the volatility structures of Bitcoin, gold, dollar, various stock market indices and similar investment instruments and compared the properties of the related variables, unlike the above-mentioned studies. They tried to find out whether they belong to a similar asset class.

Methodology

In this study, the relationships between gold and cryptocurrencies are explained comprehensively with very different analysis techniques. First of all, whether the series exhibit nonlinear behavior is evaluated with the Brock, Deckert, Scheinkman and LeBaron (BDS) (1996) and Harvey-Leybourne (2007) tests, which are the most used tests in the literature. Then, whether the series is stationary or not is analyzed with both linear and nonlinear unit root tests. In this context, ADF is tested with linear unit root test and Kapetanios, Shin and Snell (KSS) (2003) nonlinear unit root test. In the next step, long-term relationships between gold and cryptocurrencies are investigated with a nonlinear cointegration test by Hepsağ (2021), and short-term relationships are investigated with the nonlinear Granger causality test proposed by Diks and Panchenko (2006) and Hiemstra-Jones (1994). Finally, the volatility relationships between the variables are discussed with the cDCC-GARCH model developed by Aielli (2013).

Findings and discussion

The results of both BDS and Harvey-Leybourne (2007) tests for determining the linearity/non-linearity of the series show that all variables exhibit nonlinear behavior. The results of both linear and nonlinear unit root tests carried out to determine the stationarity of the series; It has been decided that the series are not stationary at the level but become stationary at the first difference, in other words, their integration degree is I(1).

According to the non-linear cointegration test results of Hepsağ (2021), only in the case of raw data, there is cointegration at the 10% significance level between the variables, and no cointegration

relationship can be detected for the demeaned and detrended data. However, based on the 5% significance level, it can be decided that there is no cointegration relationship between the variables. The empirical findings of the nonlinear Granger causality test proposed by Diks and Panchenko (2006) and Hiemstra-Jones (1994) show that there are statistically significant and bidirectional causality relationships for all lags between cryptocurrencies and gold for the sample period.

Finally, cDCC-GARCH model results indicate the existence of a common movement between Bitcoin and Ethereum at the 1% significance level, and between cryptocurrencies and gold at the 10% significance level. As can be seen in the result here, a very low volatility relationship has been detected between cryptocurrencies and gold. In addition, alpha (α) and beta (β) parameters, which show the persistence of volatility, are also statistically significant. The dynamic conditional correlation relationship between Bitcoin and Ethereum is both very high, close to 1, and positive for all times within the scope of the study. The dynamic correlation relationship between gold and cryptocurrencies is generally positive, but close to zero. However, it can be seen that the correlation relationship increased even more during the year 2020, when the COVID-19 epidemic was observed.

Results and recommendations

According to the results of the cointegration test, the very weak long-term relationship between cryptocurrencies and gold or the absence of a long-term relationship shows that the relevant variables can be used together in portfolio diversification. This is an important issue for investors, portfolio managers and risk managers. The existence of a bidirectional Granger causality relationship between the variables, which is one of the other important findings of the study, shows that the value of the other variable can be used in predicting the values that the variables will take. This situation can provide important foresight information for investment decision makers. Finally, according to the results of the cDCC-GARCH method, it has been determined that there is generally a positive and close to zero correlation between gold and cryptocurrencies. However, during the year 2020, when the COVID-19 epidemic was observed, the correlation between the variables increased slightly. The findings are important in terms of risk management and portfolio diversification. The weak relationships between Bitcoin and Ethereum with gold allow for portfolio diversification opportunities for investors.

In future research, examining the relationship between gold and other cryptocurrencies other than Bitcoin or other crypto assets other than cryptocurrency may be an important research area. In addition, the return and volatility spillover relationships between the relevant variables can also be examined with the current TVP-VAR approach. As can be seen in the literature review section, studies on cointegration and causality relationships between gold and cryptocurrencies are very limited. It is thought that the studies to be carried out in this context may be beneficial in filling the important gap in the literature.

Giriş

Altın, çağlar boyunca para ve süs eşyası olarak kullanılan kıymetli bir madendir. Günümüzde ise genellikle tasarruf aracı ve süs eşyası olarak kullanılmakta, aynı zamanda endüstriyel kullanıma sahip bulunmaktadır. Tarih boyunca önemini her zaman koruyan altın, günümüzde herhangi bir kriz ya da ekonomik belirsizlik dönemlerinde “güvenilir liman” olarak genellikle sığınılan yatırım aracıdır. Diğer taraftan yakın dönemde geliştirilen kripto paralar şimdilik genellikle yatırım aracı olarak finansal piyasalarda işlem görmekte, ancak popülaritesi her geçen gün daha da artmaktadır. Özellikle ilk kripto para olan Bitcoin, dijital altın olarak anılmaktadır.

Bilindiği gibi bir varlığın para olarak kullanılabilmesi için ilgili varlığın nadir olması, bölünebilmesi, kolay taşınabilmesi, değerinin istikrarlı olması, dayanıklı olması gibi özellikleri taşıması gerekmektedir. Altın, bahsi geçen bu özelliklerin çoğunu sağladığı için tarihte para, aynı zamanda tarih boyunca toplumlar tarafından gözde bir yatırım ve değer biriktirme aracı olarak kullanılmış, günümüzde de halen kullanılmakta, özellikle kriz dönemlerinde güvenilir bir liman olarak görülmektedir. Kripto paralar da parasal özellikleri bakımından sıklıkla tartışılmaktadır. Ancak öncelikle çok farklı özelliklerde kripto para olması nedeniyle, tüm kripto paralar için bu konuda genelleme yapmanın doğru olmayacağını belirtmek gerekmektedir. Bitcoin özelinde bir değerlendirme yapmak gerekirse; nadir olma, bölünebilme, kolay taşınabilme, dayanıklı olma gibi paranın özelliklerinden bazılarını taşımakta, ancak “şimdilik” fiyatının istikrarlı olmaması yani değişken olması kripto paraların en çok tartışılan özellikleri arasında yer almaktadır. Ammous (2022), Bitcoin’in volatilitesindeki kalıcılığın, onun paranın üç temel fonksiyonundan biri olan hesap birimi olmasını engellediğini belirtmektedir. Ancak kripto paraların tarihin akışı içinde “henüz çok yeni” bir varlık sınıfı olduğunu da bu değerlendirmeleri yaparken dikkate almak gerekmektedir.

Altın ve kripto paralar arasında çok sayıda benzerlik bulunmakta, önemli benzerliklerden birisi, her iki varlığın da arkasında merkezi bir otoritenin bulunmamasıdır. Bu açıdan ilgili varlıkların arzı ve fiyatları belli bir ülke ya da merkezi otorite tarafından kontrol edilememekte, her iki varlığın fiyatlanması da global düzeyde gerçekleşmektedir. Her iki varlığın arzı da madencilik yoluyla gerçekleştirilmektedir. Kripto paralar, alternatif bir yatırım aracı olarak altına olan talebin azalmasına neden olabilmektedir. Ancak mevcut durumda kripto varlıklara olan talebin çok sınırlı olmasından dolayı dolar, euro, petrol, hisse senetleri, tahvil ve bonolar gibi diğer finansal ya da reel varlıklara göre kripto paraların altın üzerindeki etkisinin sınırlı olacağı düşünülebilecektir. Baur ve Hoang (2021), Bitcoin’in yeni altın, dijital altın veya altın 2.0 olarak adlandırılmakta olduğunu belirtmekte, Bitcoin’in gerçekten altın benzeri bir varlık olması durumunda Bitcoin ve altın getirileri arasında pozitif korelasyon beklemektedirler.

Kripto varlık piyasaları incelendiğinde, kısa zaman aralığında önemli değişikliklerin olduğu görülebilmektedir. Buna göre Kasım 2021 itibariyle kripto para piyasası yaklaşık 3 trilyon dolarlık piyasa kapitalizasyonuna yaklaşmışken, sonrasında piyasa hızlı bir düşüş sergileyerek Ağustos 2023 itibariyle yaklaşık 1 trilyon doların çok az üzerinde piyasa kapitalizasyonu seviyesine gerilemiştir. Piyasa hakimiyeti açısından yaklaşık %48 ile Bitcoin birinci sırada yer alırken, Ethereum yaklaşık %19 ile ikinci sırada yer almaktadır. Günlük işlem hacmi bakımından da yukarıdaki tarihlerdeki gibi benzer düşüşler yaşanmaktadır (coinmarketcap.com, 20.08.2023). Altın piyasalarına baktığımızda, altın fiyatlarında önemli volatiliteler görülmektedir. Altının piyasa değerinin yaklaşık 12,66 trilyon dolar olduğu tahmin edilmektedir (companiesmarketcap.com/gold/marketcap, 20.08.2023). Buna göre altın piyasaları ile kripto piyasaları arasında piyasa değeri açısından önemli tutarda fark bulunmaktadır. Dünya Altın Konseyi verilerine göre 2022 sonu itibariyle altının toplam yer üstü stokları 208.874 tondur. Yani tarih boyunca yaklaşık 208.874 ton altın çıkarılmıştır ve bunun yaklaşık üçte ikisinin 1950’den beri çıkarıldığı belirtilmektedir (gold.org/goldhub/data/how-much-gold, 20.08.2023).

Önemli kıymetli metallere biri olan altının yakın dönemde geliştirilen kripto paralarla olan ilişkisinin belirlenmesi, yatırımcılar, portföy yöneticileri ve risk yöneticileri için önemli olabilmektedir. Corbet vd. (2018), kripto para birimlerinin spekülasyon balona meyilli olması ve balonların da nihayetinde finansal istikrarsızlığa sebep olması nedeniyle, kripto para piyasaları ile diğer varlık sınıfları arasındaki bilgi aktarım modellerini belirlemenin çok önemli olduğunu belirtmektedir.

Bu çalışmada altın ile kripto paralar arasındaki getiri ve volatilité ilişkileri doğrusal olmayan modeller ile araştırılmaktadır. Söz konusu araştırma ile kripto paraların altınla olan uzun dönemli ilişkisi yani eşbütünlük ilişkisi ortaya çıkarılarak portföy çeşitlendirmesi açısından ilgililere yol gösterici bilgiler sunulmaktadır. Diğer taraftan araştırmada analizler, sadece doğrusal modeller yerine hem doğrusal hem de doğrusal olmayan ilişkileri dikkate alan modeller ile gerçekleştirilmektedir. Çalışmada değişkenler arasındaki nedenselliğin yönü de açıklanarak tahmin öngörüsü açısından önemli bilgiler sağlanmaktadır. Son olarak ilgili değişkenler arasındaki volatilité ilişkileri de incelenmekte, böylelikle risk yöneticileri için yine önemli bilgiler sunulmaktadır. Böylece çalışmada ilgili değişkenler arasındaki ilişkiler çok farklı açılardan analiz edilmekte ve detaylı olarak araştırılmaktadır. Literatürde söz konusu değişkenler açısından bu kadar geniş çaplı araştırmanın yer aldığı çalışmalara rastlanmamıştır. Bunun yanında çalışma kapsamında uygulanan doğrusal olmayan eşbütünlük ve volatilité ilişkisi analizlerinde oldukça güncel testler kullanılmaktadır. Literatürde altın ve kripto para ilişkisi üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda kripto para olarak Bitcoin ele alınmakta, bu çalışmada Bitcoin'in yanında Ethereum'un da altın ile ilişkileri analiz edilmektedir.

Giriş bölümünü takiben sonraki bölümünde literatür incelemesi yer almaktadır. Daha sonra sırasıyla çalışmanın yöntemleri, ampirik bulgular ve bulgulara ilişkin tartışma açıklamaları bulunmaktadır. Çalışmanın son bölümünde ise sonuçlar ve genel değerlendirmelere yer verilmektedir.

Literatür taraması

Gerek altın gerekse kripto paralar önemli varlıklar arasında yer aldıkları için birçok çalışmada farklı açılardan incelenmişlerdir. Altın ya da kripto paraların döviz kurları ile ilişkileri, bunun yanında yine altın ya da kripto paraların çeşitli yatırım araçları ile ilişkileri literatürde sıklıkla yer almaktadır.2 Capie, Mills ve Wood (2005), çalışmalarında altının sterlin-dolar ve yen-dolar döviz kurları ile ilgili riskten korunma yeteneklerini ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Ciner, Gurdgiev ve Lucey (2013), S&P 500 ve FTSE endeksleri, ABD ve İngiltere 10 yıllık hükümet tahvilleri, altın, petrol ve döviz kurlarının birbirlerine karşı olan korunma ve güvenli liman özelliklerini araştırmışlardır. Zagaglia ve Marzo (2013), altın fiyatları ile ABD Doları arasındaki ilişkinin son dönemde finansal piyasalarda yaşanan çalkantılardan nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. Bampinas ve Panagiotidis (2015), ham petrol ve altın spot fiyatları arasındaki nedensel ilişkiyi incelemişler, araştırma sonucunda 2008 küresel kriz öncesi dönem için petrolden altına doğru doğrusal ve tek yönlü nedensellik, kriz sonrası dönemde ise çift yönlü doğrusal olmayan bir nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Kristoufek ve Vosvrda (2016), dünya çapında 142 farklı para birimlerinde kote edilen altın fiyatlarının etkinlik sıralamasını incelemişlerdir. Dyhrberg (2016a), çalışmasında Bitcoin'in dolar-euro, dolar-sterlin döviz kurları ve FTSE endeksi ile riskten korunma yeteneklerini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Şarkaya İçellioğlu ve Engin Öztürk (2018), Bitcoin ile Dolar, Euro, Yen, Pound ve Yuan arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkileri araştırmışlardır. Bouri vd. (2017a), Bitcoin ve emtia piyasaları arasındaki ilişkiyi, Bitcoin'in emtia piyasalarındaki günlük hareketlere karşı bir çeşitlendirici, korunma veya güvenli liman görevi görme yeteneğini değerlendirerek incelemişlerdir. Bulgular, Aralık 2013 Bitcoin krizi öncesi dönem için Bitcoin'in emtialara ve enerji emtialarına karşı korunma ve güvenli liman özelliklerine sahip olduğunu, kriz sonrası dönemde Bitcoin'in yalnızca bir çeşitlendirici olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca enerji dışı emtialar için bulguların önemsiz olduğu çalışmada belirtilmektedir. Topaloğlu (2019), Bitcoin ile 8 ülkeye ait döviz kurları arasındaki eşbütünlük ve nedensellik ilişkisini araştırdığı çalışma sonuçlarında, tüm değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi tespit etmiştir. Ayrıca analizler sonucunda sadece Yuan'dan Bitcoin'e tek yönlü Granger nedensellik ilişkisi bulgusuna ulaşılmıştır.

Kripto para ve altının birlikte değerlendirildiği çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Brière, Oosterlinck ve Szafarz (2015), Bitcoin ile hisse senetleri, tahviller, çeşitli emtialar ve döviz kurlarından oluşan alternatif yatırım araçları arasındaki portföy çeşitlendirme faydalarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda incelenen dönem boyunca, Bitcoin yatırımının istisnai derecede yüksek ortalama getiri ve oynaklık dahil olmak üzere oldukça ayırt edici özelliklere sahip bulunduğu ve diğer varlıklarla

²O'Connor vd. (2015), altın üzerine önemli bir literatür araştırması gerçekleştirmişler ve araştırmalarında, literatürdeki önemli sayıda çalışmayı birçok açıdan sınıflandırarak sunmuşlardır.

korelasyonunun da oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Buna göre Bitcoin önemli çeşitlendirme faydaları sunmakta ve kapsamlı testler bu sonucu doğrulamaktadır. Bouri vd. (2017b), Bitcoin'in büyük dünya hisse senedi endeksleri, tahviller, petrol, altın, genel emtia endeksi ve ABD dolar endeksi için bir korunma ve güvenli liman görevi görüp görmediğini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda Bitcoin'in çoğu durumda çeşitlendirici ancak sadece birkaç durumda korunma ve güvenilir liman özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bitcoin'in altın ile ilişkisine bakıldığında, açıklayıcı değişken altın için sabit katsayı pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Corbet vd. (2018), kripto para birimleri ile çeşitli finansal ve ekonomik varlıklar arasındaki ilişkileri farklı zaman ufuklarını da dikkate alarak araştırmışlar, araştırma sonucunda kripto para birimlerinin ilgili diğer varlıklardan izole edildiği ve popüler finansal varlıklardan ayrıldığı bulgusuna ulaşmışlardır. Bu durumun da kripto para birimlerinin yatırımcılara kısa dönemde çeşitlendirme faydası sağladığı belirtilmiştir.

Klein, Thu ve Walther (2018), Bitcoin ve altının hem kendi koşullu varyans özelliklerini ve yapılarındaki farklılıkları hem de diğer alternatif yatırım araçlarıyla olan ilişkilerini analiz ederek söz konusu iki değişkenin korunma ve finansal sıkıntı dönemlerindeki kaliteye uçuş (flight-to-quality) özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda altının piyasa sıkıntısı zamanlarında kaliteye uçuş ile finansal piyasalarda önemli bir rol oynadığı ancak Bitcoin'in tam tersi davrandığı belirlenmiştir. Ayrıca Bitcoin'in istikrarlı korunma yeteneklerine dair hiçbir kanıt elde edilememiştir. Son olarak Bitcoin-altın volatilité ilişkisine bakıldığında, her iki varlık arasında istikrarlı bir korelasyonun olmadığı sonucuna varılmıştır. Korkmaz (2018) çalışmasında hem altın, dolar, euro ve Bitcoin değişkenlerinde spekülâtif balonların varlığını hem de değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Analiz sonuçlarında altın hariç diğer değişkenlerde fiyat balonlarının varlığı, ayrıca euro hariç tüm değişkenler arasında karşılıklı nedensellik ilişkileri tespit edilmiştir. Selmi vd. (2018), Bitcoin'in petrol fiyatlarına göre bir korunma, güvenli liman veya çeşitlendirici olarak hareket etme yeteneğini, altın ile karşılaştırmalı olarak araştırmışlardır. Elde edilen bulgular, Bitcoin ve altının, petrol fiyat hareketleri için bir korunma, güvenli bir sığınak ve çeşitlendirme işlevi göreceğini, ancak bu özelliğin farklı piyasa koşullarına duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Sonuçlar, Bitcoin ve altının finansal stres zamanlarında neredeyse benzer şekilde davranma eğiliminde iken ekonomik istikrar zamanlarında farklı şekilde davranma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Kang, McIver ve Hernandez (2019), altın vadeli işlemlerinin Bitcoin fiyatları karşısında korunma ve çeşitlendirme özelliklerini incelemektedirler. Araştırma neticesinde; Bitcoin ve altın vadeli fiyatları arasında volatilité kalıcılığı, nedensellik ve faz farklılıklarına dair kanıtlar bulunmuş, ayrıca Avrupa devlet borç krizi sırasında bulaşmanın arttığı gözlemlenmiştir. İlgili varlıklar arasındaki volatilité ilişkisi genellikle pozitif ancak sifıra yakındır. DCC seviyesi 2010-2013 Avrupa borç krizi sırasında artmış, 2014-2016 yılları arasında negatif korelasyonlar görülmüştür. Pal ve Mitra (2019), Bitcoin ve farklı sınıflardaki finansal araçlar (S&P500 endeksi, altın ve buğday) arasındaki riskten korunma olasılıklarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda Bitcoin'in çalışma kapsamındaki tüm finansal araçlar ile hedge edilebileceği, ancak ilgili varlıklar arasında altının, Bitcoin'e karşı daha iyi bir riskten korunma sağladığı gösterilmektedir. Symitsi ve Chalvatzis (2019) iyi çeşitlendirilmiş bir portföyde Bitcoin'in örneklem dışı performansını değerlendirmişler ve işlem maliyetlerinden arındırılmış ekonomik kazançları tahmin etmişlerdir. Araştırma sonucunda Bitcoin'in dahil edilmesinden istatistiksel olarak önemli çeşitlendirme faydaları tespit etmişler, özellikle bu durumun emtialar için daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir. Kuzu ve Çelik (2020), Bitcoin ile 8 borsa endeksi, altın, ham petrol ve ABD 10 yıllık bono faizinden oluşan alternatif yatırım araçları arasındaki uzun dönemli ilişkileri araştırmışlardır. Araştırma sonucunda Bitcoin ile ilgili diğer değişkenler arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir.

Telek ve Şit (2020), dolar endeksi ve altın fiyatının Bitcoin üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Analiz sonuçlarına göre; ilgili değişkenler arasında uzun dönemli ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Youssef (2020), kripto paralar için sürü davranışının varlığını ve sürü davranışını belirleyen faktörleri araştırmıştır. Araştırma sonucunda söz konusu faktörlerden volatilité, S&P500 ve dolar endeksinin sürü davranışını azaltıcı; işlem hacmi, altın fiyatı ve ABD ekonomik politik belirsizlik endeksi (Economic Policy Uncertainty - EPU) değişkenlerinin ise sürü davranışını azaltıcı etki yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Baur ve Hoang (2021), farklı zaman, frekans ve kantiller için Bitcoin ile altın arasındaki korelasyonları araştırmışlar ve araştırma sonucunda değişkenler arasında sifıra yakın korelasyonlar bulunmuştur. Bu

bulguları yazarlar, Bitcoin'in altın benzeri özelliklerinin yatırımcılar tarafından kabul edilmeyen ve benimsenmeyen bir rivayet olduğu veya oyunda "gerçek" korelasyonu azaltan başka faktörlerin olduğu şeklinde açıklamaktadırlar. Söz konusu başka faktörler: İkame etkisi (yatırımcıların altın satın Bitcoin satın alması) ve yakalama etkisi (yatırımcıların altının piyasa ağırlığını yakalamak için Bitcoin satın alması) olabileceği belirtilmektedir.

İlişki temelli diğer çalışmalardan farklı olarak Bitcoin, altın, dolar, çeşitli borsa endeksleri vb. yatırım araçlarının volatilité yapılarının modellenerek, model sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. Dyhrberg (2016b) ve Baur, Dimpfl ve Kuck (2018) Bitcoin, altın ve doların volatilité yapılarını karşılaştırarak Bitcoin'in ne tür bir finansal varlık olarak sınıflandırmakta olduğu sorusuna odaklanmaktadır. Dyhrberg (2016b), araştırma sonucunda, Bitcoin'in hem altın hem de dolar ile birçok benzerliğe sahip olduğunu ancak çoğu yönünün altına benzediğini göstermektedir. Genel sonuç ise, Bitcoin'in merkezi olmayan doğası ve sınırlı pazar büyüklüğü nedeniyle bir para birimi ile bir emtia arasında bir yerde olduğu şeklinde ifade edilmektedir. Baur vd. (2018), Dyhrberg (2016b) tarafından gerçekleştirilen çalışmayı replike ederek sonuçları genişletmişlerdir. Ampirik kanıtlar, Bitcoin'in altın ve fiat para birimlerinden çok farklı ve ilişkisiz olduğunu göstermektedir. Mevcut durumda Bitcoin'in aşırı getirileri ve oynaklığının, altından veya ABD dolarından ziyade oldukça spekülâtif bir varlığa benzediğini belirtmişlerdir. Smales (2019) ise Bitcoin, altın, tahvil vadeli işlemleri, çeşitli borsa endeksleri ve hisse senedi endeks özelliklerini karşılaştırarak Bitcoin özelliklerinin, piyasa kargaşası döneminde güvenli bir sığınak sağlayıp sağlamayacağı üzerine odaklanmıştır. Sonuçlar, Bitcoin'in güvenli bir liman olarak görülmemesi gerektiğini göstermektedir. Yine analiz sonuçlarına göre Bitcoin diğer varlıklardan daha değişken ve daha az likittir yani diğer varlıklardan daha farklı özelliklere sahip bulunmaktadır.

Altın-kripto para ilişkisi üzerine yukarıdaki literatür açıklamaları, Tablo 1'de özet olarak sunulmaktadır. Ayrıca ilgili çalışmalarda uygulanan yöntem ve veri setine ilişkin özet bilgiler de Tablo 1'e dahil edilmektedir.

Tablo 1: Literatür özeti

Kaynak	Örneklem	Veri ve Frekans	Yöntem
Capie vd. (2005)	Altın, sterlin-dolar ve yen-dolar döviz kurları	08.01.1971-20.02.2004 (Haftalık)	EGARCH model
Ciner vd. (2013)	S&P 500 ve FTSE endeksleri, ABD ve İngiltere 10 yıllık hükümet tahvilleri, altın, petrol, döviz kurları	01.1990-06.2010 (Günlük)	DCC model Kantil regresyon
Zagaglia ve Marzo (2013)	Altın, ABD doları	13.10.2004-05.03.2010 (Günlük)	BEKK-GARCH model
Bampinas ve Panagiotidis (2015)	Ham petrol, spot altın	01.2003-12.2012 (Günlük)	Doğrusal, doğrusal olmayan ve zamanla değişen nedensellik testleri Johansen eşbütünleşme testi GARCH-BEKK model Probit regresyon
Brière vd. (2015)	Bitcoin, hisse senetleri, tahviller, döviz kurları, altın, petrol, hedge fonları, gayrimenkul	23.07.2010-27.12.2013 (Haftalık)	Huberman ve Kandel (HK) ile Ferson, Foerster ve Keim (FFK) ortalama-varyans yayılma testleri
Dyhrberg (2016a)	Bitcoin, dolar-euro ve dolar-sterlin döviz kurları, FTSE endeksi	19.07.2010-22.05.2015 (Günlük)	KPSS ve DF-GLS birim kök testleri T-GARCH model
Dyhrberg (2016b)	Bitcoin, Federal fonlama oranı, döviz kurları (USD-EUR, USD-GBP), FTSE endeksi, altın futures, altın	19.07.2010-22.05.2015 (Günlük)	GARCH ve EGARCH modeller

Kristoufek ve Vosvrda (2016)	Altın (142 ülke fiyatıyla)	01.01.2011-30.11.2014 (Günlük)	Uzun dönemli bağımlılık ölçütleri Fraktal boyut ölçüleri Yaklaşık entropi
Bouri vd. (2017a)	Bitcoin, S&P emtia endeksleri	18.07.2010-28.12.2015 (Günlük)	CCC, DCC ve ADCC modeller Regresyon analizi
Bouri vd. (2017b)	Bitcoin, hisse senetleri, tahviller, para birimleri, emtialar (petrol, altın)	18.07.2011-22.12.2015 (Günlük ve haftalık)	DCC model Regresyon analizi
Baur vd. (2018)	Bitcoin, Federal fonlama oranı, döviz kurları (USD-EUR, USD-GBP), FTSE endeksi, altın futures, altın, MSCI World endeksi	19.07.2010-22.05.2015 19.07.2010-14.07.2017 (Günlük)	GARCH, EGARCH ve GJR-GARCH modeller
Corbet vd. (2018)	Bitcoin, Ripple, Litecoin, MSC GSCI Toplam Getiri endeksi, ABD doları, SP500 endeksi, COMEX altın, VIX, Markit ITTR110 endeksi	29.04.2013-07.02.2014 10.02.2014-30.04.2017 (Günlük)	Diebold ve Yilmaz metodu Barunik ve Krehlik metodu
Klein vd. (2018)	Bitcoin, altın, gümüş, WTI ham petrol, S&P500, MSCI World ve MSCI EM50 endeksleri, CRIX kripto para endeksi	02.07.2011-31.12.2017 31.07.2014-31.12.2017 (Günlük)	ADF birim kök testi APARCH ve FIAPARCH modeller BEKK-GARCH model
Korkmaz (2018)	Bitcoin, dolar, euro, altın	01.08.2011-23.03.2018 (Günlük)	ADF ve PP birim kök testleri Toda-Yamamoto nedensellik SADF ve GSADF balon testleri EGARCH model
Selmi vd. (2018)	Bitcoin, altın, petrol	13.09.2011-29.08.2017 (Günlük)	BDS testi Kantil üzerine kantil regresyon GARCH model
Şarkaya İçellioğlu ve Engin Öztürk (2018)	Bitcoin, dolar, euro, yen, pound, yuan	29.04.2013-22.09.2017 (Günlük)	ADF ve PP birim kök testleri Engle-Granger eşbütünleşme testi Johansen eşbütünleşme testi Granger nedensellik testi
Kang vd. (2019)	Altın futures, Bitcoin	26.07.2010-25.10.2017 (Haftalık)	DCC-GARCH model Dalgacık tutarlılık analizi
Pal ve Mitra (2019)	Bitcoin, S&P500 bileşik fiyat endeksi, altın, buğday	03.01.2011-19.02.2018 (Günlük ve haftalık)	DCC-GARCH, ADCC-GARCH ve GO-GARCH modeller
Smales (2019)	Apple ve Twitter hisse senetleri, Bitcoin, 10 yıllık tahvil vadeli işlemleri, altın, S&P 500 hisse senedi endeksi ETF'leri, Nasdaq endeksi	08.2011-06.2018 (Günlük)	Korelasyon analizi Getirilerin varyans ve likidite eşitliği testleri
Symitsi ve Chalvatzis (2019)	Bitcoin, döviz kurları, altın, petrol, çeşitlendirilmiş bir hisse senedi havuzu	20.09.2011-14.07.2017 (Günlük)	GJR-GARCH model DCC model SADF balon testi
Topaloğlu (2019)	Bitcoin, 8 döviz kuru	03.02.2012-04.10.2017 (Günlük)	ADF ve Zivot-Andrews birim kök testleri Gregory-Hansen eşbütünleşme testi Granger nedensellik testi
Kuzu ve Çelik (2020)	Bitcoin ve 8 borsa endeksi, altın, ham petrol, ABD 10 yıllık bono faizi	01.2013-05.2018 (-)	ADF ve PP birim kök testleri ARDL sınır testi

Telek ve Şit (2020)	Bitcoin, altın, dolar endeksi	2012-2019 (Aylık)	ARDL sınır testi
Youssef (2020)	En büyük 18 kripto para, altın, ABD doları, ABD EPU, ortalama borsa getirisi, S&P500 endeksi, işlem hacmi, volatilité	28.04.2013-10.11.2019 (Günlük)	En küçük kareler (EKK) yöntemi TVP regresyon
Baur ve Hoang (2021)	Bitcoin, altın, Bitcoin Google araştırma hacmi, altın Google araştırma hacmi	2011–2021 (Günlük, haftalık ve aylık)	DCC model Kantil korelasyon

Tablo 1 incelendiğinde değişkenler arasındaki volatilité ilişkilerinin yoğunlukla araştırıldığı görülebilmektedir. Ayrıca literatürdeki çalışmalarda kripto paraları temsilen Bitcoin ele alınmakta, diğer kripto varlıklar sadece Corbet vd. (2018) çalışmasında kullanılmaktadır. Piyasa kapitalizasyonu açısından en büyük ikinci kripto para olan Ethereum ilginçtir ki yukarıdaki literatür çalışmalarının hiçbirinde yer almamaktadır. Aynı şekilde gerçekleştirilen çalışmalarda ortalamada doğrusal olmayan modellere neredeyse hiç kullanılmamıştır. Bunun yanında literatürdeki altın ve kripto para ilişkileri üzerine gerçekleştirilen analizlerde cDCC-GARCH modelinin de kullanılmadığı görülebilmektedir.

Yöntem

Giriş bölümünde de açıklandığı gibi bu çalışmada altın ve kripto paralar arasındaki ilişkiler çok farklı analiz teknikleri ile açıklanmaktadır.

Serilerin doğrusal dışılığı (nonlinearity) testleri

Zaman serileri literatüründe doğrusal dışılığın test edilmesinde çok sayıda doğrusal dışılık testleri bulunmaktadır. Güriş (2020), söz konusu testleri “belirli bir model tipine özgü olmayan genel testler” ve “belirli doğrusal olmayan yapıya özgü testler” olarak iki gruba ayırmaktadır. Bu çalışmada literatürde en çok kullanılan testlerden Brock, Deckert, Scheinkman ve LeBaron (BDS) (1996) ile Harvey ve Leybourne (2007) testleri kullanılmaktadır.

BDS testi, aslında serilerin bağımsız ve özdeş dağılıma (independent and identically distributed – iid) uygunluğunu sınamaktadır. Bu test tanımlama hatası testi olarak kullanılmaktadır (Güriş, 2020: 93). BDS testi, bağımsızlık için bir portmanteau testi olup özünde, farklı hata terimi çiftleri arasındaki mesafeyi incelemektedir. Buna göre “d” belirli bir mesafeyi temsil etsin, ε_t ve ε_{t-1} ise hata terimi dizisinin iki gerçekleşmesi olsun. Hata teriminin tüm değerleri bağımsızsa, herhangi bir hata terimi çifti ($\varepsilon_i, \varepsilon_j$) arasındaki mesafenin “d” değerinden küçük olma olasılığı tüm i ve j’ler için aynı olmalıdır (Enders, 2014: 416). Bu test, bir dizide örüntü olup olmadığına yönelik bir test olup, ağırlıklı olarak doğrusal olmamaları ilişkin kanıt olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır (Brooks, 2014: 680). Alternatif hipotezin belirtilmediği BDS testi için yokluk hipotezi (BDS, 1996: 198):

H_0 : Zaman serisi örneği, iid olan bir veri oluşturma sürecinden gelmektedir.

Yukarıdaki yokluk hipotezinin reddedilmesi durumunda serinin doğrusal olmadığına karar verilmektedir. Çalışmada kullanılan diğer bir doğrusal dışılık testi de Harvey ve Leybourne (2007) testidir. Bu test, yumuşak geçişli otoregresif modellerden ESTAR veya LSTAR tipi bir doğrusal dışılık testidir. Harvey ve Leybourne (2007), I(0) ve I(1) süreçlerin varlığına birlikte izin veren aşağıdaki denklemi önermektedirler:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-1}^2 + \beta_3 Y_{t-1}^3 + \beta_4 \Delta Y_{t-1} + \beta_5 (\Delta Y_{t-1})^2 + \beta_6 (\Delta Y_{t-1})^3 + \varepsilon_t \quad (1)$$

H_0 : $\beta_2, \beta_3, \beta_5, \beta_6 = 0$ (Seri, doğrusal davranış sergilemektedir).

H_1 : $\beta_2, \beta_3, \beta_5, \beta_6$ en az biri $\neq 0$ (Seri, doğrusal dışı davranış sergilemektedir).

Harvey ve Leybourne (2007) testi, Ki-Kare (χ^2) dağılımına uygunluk göstermektedir. Hesaplanan test istatistiğinin χ^2 tablo değerinden büyük olması durumunda, sıfır hipotezi reddedilmekte yani ilgili serinin doğrusal dışı davranış sergilediğine karar verilmektedir.

Doğrusal ve doğrusal olmayan birim kök testleri

Çalışmada öncelikle Dickey ve Fuller (1981) tarafından önerilen standart ADF birim kök testi, sonrasında ise doğrusal olmayan alternatif bir birim kök testi olan Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) (2003) birim kök testi uygulanmaktadır.

Serilerin durağanlığı genellikle ADF birim kök testi ile sınanmaktadır. ADF birim kök testi aşağıdaki üç model üzerinden gerçekleştirilmektedir.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (\text{sabit terimsiz ve trendsiz model}) \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (\text{sabit terimli model}) \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (\text{sabit terimli ve trendli model}) \quad (4)$$

Burada ΔY_t ; $Y_t - Y_{t-1}$ 'yi yani değişkenin birinci farkını, Y_t ; bağımlı değişkeni, μ ; sabit terimi, ε_t ; hata terimini ve son olarak m ise optimum gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Optimum gecikme uzunluğu, bilgi kriterlerine göre belirlenmektedir. Birim kökün varlığına ilişkin hipotezler:

$$H_0: \delta = 0 \quad (\text{Seride birim kök vardır yani seri durağan değildir})$$

$$H_1: \delta < 0 \quad (\text{Seride birim kök yoktur yani seri durağandır})$$

ADF testi sonucunda elde edilen tau test istatistiği, MacKinnon (1996) değerleriyle karşılaştırılarak birim kökün varlığı araştırılmaktadır. Hesaplanan test istatistiğinin MacKinnon (1996) kritik değerinden küçük olması durumunda sıfır hipotezi reddedilmekte yani ilgili serinin durağan olduğuna karar verilmektedir.

KSS (2003) birim kök testi, ESTAR modele dayanan ve doğrusal olmayan bir birim kök testi olup aşağıdaki gibi formülize edilmektedir:

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} [1 - \exp(-\theta y_{t-1}^2)] + \varepsilon_t \quad (5)$$

Denklem 5'te yer alan γ parametresi düzgünleştirme parametresi iken θ parametresi iki rejim arasındaki geçişin hızını belirleyen parametredir. θ parametresinin teorik olarak pozitif işarete sahip olması beklenmekte ve bu parametre "sıfır" değerine ne kadar yakınsa zaman serisine ait sürecin o kadar doğrusal dışı davranış sergilediği, "bir" değerine yaklaştıkça da sürecin doğrusal olarak ifade edileceği belirtilmektedir (Hepsağ, 2022: 36). Teste ait hipotezler (KSS, 2003: 363):

$$H_0: \theta = 0 \quad (\text{Seride birim kök vardır yani seri durağan değildir})$$

$$H_1: \theta > 0 \quad (\text{Seride doğrusal olmayan ESTAR durağanlık vardır})$$

Doğrusal olmayan eşbütünleşme testi

Hepsağ (2021), yakın dönemde doğrusal olmayan bir eşbütünleşme testi geliştirmiştir. Söz konusu testte Hepsağ (2021), Sollis (2009) çalışmasını takip ederek negatif ve pozitif şokların farklı etkiye sahip olduğu "Asimetrik Üssel Yumuşak Geçişli Hatası Düzeltme Modeli (AESTAR-ECM)" önermektedir. Bu test aşağıdaki gibi formülize edilmektedir:

$$\Delta y_t = G_t(\theta_1, u_{t-1}) \{S_t(\theta_2, u_{t-1}) \gamma_1 + (1 - S_t(\theta_2, u_{t-1})) \gamma_2\} u_{t-1} + \psi' \Delta x_t + \sum_{i=1}^p \omega_i' \Delta z_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Denklem 6'daki $z_t = (y_t, x_t)'$ gözlemlenebilir I(1) değişkenlerinin $n \times 1$ boyutlu vektörü, y_t bağımlı değişken, $x_t' = (x_{1t}, \dots, x_{kt})$ ise $k \times 1$ boyutlu bağımsız değişken vektörü, u_t uzun dönem modeline ait hata terimidir. Teste ait hipotezler (Hepsağ, 2021: 402):

$$H_0: \theta_1 = 0 \quad (\text{Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur})$$

$$H_1: \theta_1 > 0 \quad (\text{Değişkenler arasında simetrik veya asimetrik ESTAR eşbütünleşme ilişkisi vardır})$$

Yukarıdaki hipotezlerden değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunmadığını ifade eden yokluk hipotezinin reddedilip alternatif hipotezin kabul edilmesi durumunda, simetrik ESTAR eşbütünleşme ilişkisine karşı asimetrik ESTAR eşbütünleşme ilişkisi, standart F testi kullanılarak sınanmaktadır.

Doğrusal olmayan nedensellik testi

Ekonometrik analizlerde nedensellik; bir değişkenin başka bir değişkeni etkilemesi değil, bir değişkenin geçmiş davranışları yoluyla başka bir değişkenin gelecekteki davranışlarının öngörülmesidir. Yani nedensellik kavramı ile sadece “öngörü gücü” ifade edilmektedir (Brooks, 2014: 335; Asteriou ve Hall, 2016: 336; Akkuş, 2021: 283). Granger (1969) tarafından geliştirilen doğrusal nedensellik testini takiben, sonraki dönemlerde doğrusal olmayan ilişkiler üzerine nedenselliğin araştırıldığı çeşitli parametrik olmayan çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmalar arasında Hiemstra ve Jones (1994) ile Diks ve Panchenko (2006) çalışmaları öne çıkmaktadır.

Hiemstra ve Jones (1994), Baek ve Brock’un (1992) asimptotik teoriye dayalı kritik değerlerle koşullu bağımsızlık testini modifiye etmişlerdir (Diks ve Panchenko, 2006: 1650). Hiemstra-Jones tarafından kullanılan doğrusal olmayan Granger nedensellik testi, zaman serileri içinde ve boyunca zamansal ilişkilerin parametrik olmayan tahmin edicilerine dayanmaktadır (Hiemstra ve Jones, 1994: 1640). Diks ve Panchenko (2006), Hiemstra-Jones (1994) tarafından önerilen doğrusal olmayan Granger nedensellik testinin sıfır hipotezini (nedensellik yoktur) aşırı reddetme eğiliminde olduğunu belirterek hem bunun nedenini araştırmışlar hem de yeni bir test istatistiği (T_n) önermişlerdir. Söz konusu yeni test istatistiğinin basit gösterimi aşağıdaki gibidir (Diks ve Panchenko, 2006: 1650):

$$T_n(\varepsilon) = \frac{(n-1)}{n(n-2)} \sum_{i=1}^n \left(\hat{f}_{X,Y,Z}(X_i, Y_i, Z_i) \hat{f}_Y(Y_i) - \hat{f}_{X,Y}(X_i, Y_i) \hat{f}_{Y,Z}(Y_i, Z_i) \right) \quad (7)$$

Doğrusal olmayan Granger nedensellik testinin hipotezleri şöyledir:

H_0 : Doğrusal dışı Granger nedensellik yoktur.

H_1 : Doğrusal dışı Granger nedensellik vardır.

cDCC-GARCH model

Küreselleşmeyle birlikte farklı finansal piyasalar arasındaki ilişkiler de artmaktadır. GARCH modeller değişkenlerin varyanslarındaki doğrusal olmama özelliğini modellemekte, çok değişkenli GARCH modeller (Multivariate GARCH - MVGARCH) ise değişkenlerin varyansları arasındaki ilişkilere odaklanmaktadır. Literatürde Vektör GARCH (VECH), Köşegen (Diagonal) VECH, Baba- Engle-Kraft-Kroner GARCH (BEKK-GARCH), Sabit Koşullu Korelasyon (Constant Conditional Correlation - CCC), Dinamik Koşullu Korelasyon (Dynamic Conditional Correlation – DCC), Dinamik Eş Korelasyon (Dynamic Equicorrelation – DECO) olmak üzere çeşitli MVGARCH modeller yer almaktadır. VECH ve BEKK modelleri, fazla parametrelili olması nedeniyle tercih edilmemekte, bu modeller yerine CCC ve DCC modelleri daha çok tercih edilmektedir. Ancak CCC modeli de değişkenler arasındaki koşullu korelasyonların sabit olduğunu varsaymakta, bu yönüyle koşullu korelasyonların zamanla değişimini temel alan DCC modele göre literatürde çok daha az tercih edilmektedir.

DCC modelinin Engle (2002) tarafından geliştirilmesinin ardından DCC modelinin uzantısı veya düzeltilmesi olan çeşitli modeller de geliştirilmiştir. Bu kapsamda Cappiello, Engle ve Sheppard (2006) tarafından Asimetrik DCC (ADCC), sonrasında Aielli (2013) tarafından Düzeltilmiş DCC (Corrected DCC – cDCC) modelleri önerilmiştir. Aielli (2013), DCC büyük sistem tahmin edicisinin tutarsız olabileceği ve DCC korelasyon parametrelerinin geleneksel yorumunun yanıltıcı sonuçlara yol açabileceğini belirterek DCC modelinin düzeltilmiş versiyonunu (cDCC) sunmuştur. cDCC model aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Aielli, 2013: 285):

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta)S + \alpha \{Q_{t-1}^{*1/2} \varepsilon_{t-1} \varepsilon'_{t-1} Q_{t-1}^{*1/2}\} + \beta Q_{t-1} \quad (8)$$

Aielli (2013) tarafından gerçek verilere dayalı olarak yapılan uygulama sonuçları, cDCC korelasyon tahminlerinin DCC korelasyon tahminlerinden eşit veya önemli ölçüde daha iyi performans gösterdiğini kanıtlamıştır.

Bulgular ve tartışma

Çalışmada altın ile kripto para piyasaları arasında ilişkiler araştırılmaktadır. Analizler için 02.01.2018-08.06.2023 dönemine ait günlük kapanış fiyatları kullanılmış, Amerikan doları cinsinden ons altın (GOLD) ve yine Amerikan doları cinsinden Bitcoin (BTC) ve Ethereum (ETH) verileri finance.yahoo.com adresinden alınmıştır. Söz konusu dönemin seçiminde Ethereum fiyatlarının diğer değişkenlere göre daha eskiye gitmemesi belirleyici olmuştur. Ayrıca araştırma dönemi COVID-19 küresel kriz dönemini de kapsamaktadır. Kripto para piyasasını temsilen literatürde en çok kullanılan ve en büyük kripto para olan Bitcoin, bunun yanında en büyük ikinci kripto para olan Ethereum seçilmiştir. Bitcoin ilk çıkarılan kripto para olmasının yanı sıra ilgili piyasanın yaklaşık yarısını, diğer taraftan Ethereum ise söz konusu piyasanın yaklaşık %19'unu temsil etmektedir (coinmarketcap.com, 20.08.2023). Ayrıca literatür incelemesinde görüldüğü üzere Ethereum, daha önce altınla ilişkili çalışmalarda ele alınmamıştır. Aşağıda söz konusu değişkenlerin kapanış fiyatlarına ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de yer almaktadır.

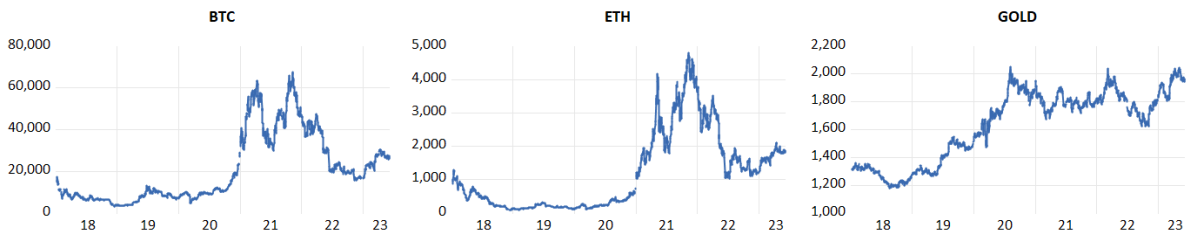
Tablo 2: Tanımlayıcı istatistikler

	BTC	ETH	GOLD
Ortalama	20780.42	1197.198	1633.201
Medyan	11916.33	654.812	1728.700
Maksimum	67566.83	4812.087	2051.500
Minimum	3242.485	84.30830	1176.200
Std. Sapma	16416.83	1166.976	253.3250
Çarpıklık	0.984842	1.059461	-0.375898
Basıklık	2.780210	3.175918	1.686572
Jarque-Bera	224.0574 (0.000000)	257.8729 (0.000000)	130.6421 (0.000000)
Gözlem	1369	1369	1369
ARCH (5)	5.3672 (0.0001)	6.4953 (0.0000)	14.165 (0.0000)
ADF	-1.668481	-1.875179	-2.347563
ΔADF	-37.74692***	-40.34163***	-38.06843***

Not: ***; ilgili serinin %1 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu ifade etmektedir. ADF testi için; düzey değerlerinde sabitli ve trendli, birinci farkında ise sabitli model test sonuçları yer almaktadır. Parantez içindeki değerler, olasılık değerlerini, ARCH (5), LM koşullu varyans testini göstermektedir.

Tablo 2'de yer alan tanımlayıcı istatistiklere göre ilgili dönemde kripto para fiyatlarındaki maksimum ve minimum değerler arasındaki aşırı farklılık dikkat çekmektedir. Bu fiyat değişkenliği durumu, serilerin standart sapma değerlerinden de açıkça görülebilmektedir. Diğer taraftan BTC ve ETH serileri sağa çarpık, GOLD serisi ise sola çarpıktır. Çarpıklık değeri, asimetrik modellerin kullanılıp kullanılmayacağı konusunda fikir vermektedir. Jarque-Bera test sonuçları tüm serilerin normal dağılmadığını göstermektedir. Bu durum model tahminlerinde dikkate alınmalıdır. LM koşullu varyans testi sonuçlarına göre serilerde ARCH etkisi bulunmaktadır. Son olarak standart ADF birim kök testi sonuçlarına göre tüm seriler düzeyde durağan değilken birinci farklarında %1 anlamlılık düzeyinde durağandır. Şekil 1'de tüm değişkenlere ait fiyat serisi grafikleri gösterilmektedir.

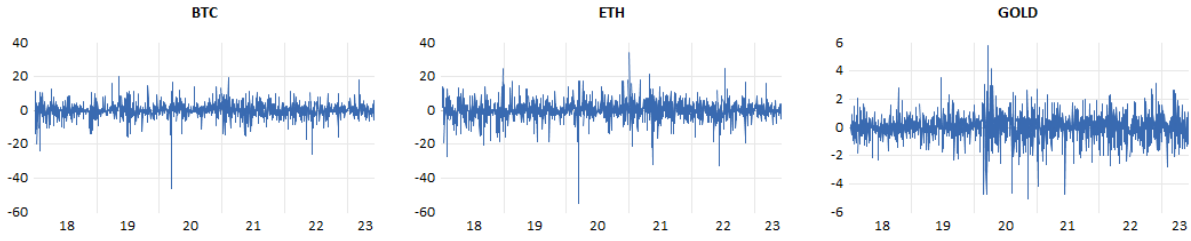
Şekil 1: Değişkenlere ait fiyat serisi grafikleri



Şekil 1'e göre BTC ve ETH fiyatları 2020 yılının birinci çeyreğinden itibaren hızlı yükseliş göstermiş, daha sonra 2022 yılının ortalarında tekrar eski düzeyine yakın bir seviyeye düşmüştür. Diğer taraftan altın serisi ise kripto varlıklara göre daha istikrarlı bir seyir izlemekte, COVID-19 döneminde yükseliş

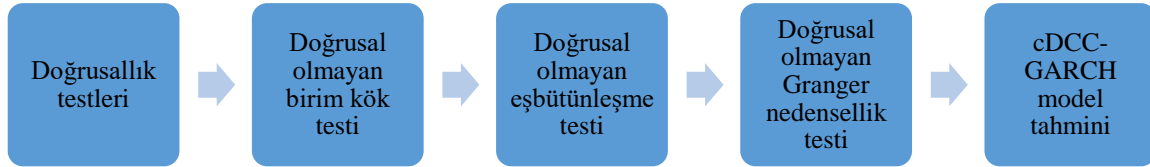
geçerek kriz dönemlerindeki güvenilir liman özelliğini bu dönemde de göstermektedir. Şekil 2’de ilgili değişkenlere ait logaritmik getiri serisi grafikleri gösterilmektedir.

Şekil 2: Değişkenlere ait logaritmik getiri serisi grafikleri



Şekil 2’deki getiri serileri incelendiğinde serilerde volatilité kümelenmesi görülebilmekte, küresel COVID-19 krizi döneminde başta GOLD serisi olmak üzere değişkenlerin volatilitelerinde önemli artışlar görülebilmektedir. Aşağıda Şekil 3’te altın ve kripto para değişkenleri arasındaki ilişkilerin modellenmesinde atılacak temel adımlar gösterilmektedir.

Şekil 3: Değişkenler arasındaki ilişkilerin modellenmesinde temel adımlar



Çalışmada serilerin doğrusal yapıda olup olmadığının test edilmesinde BDS ve Harvey-Leybourne (2007) testleri uygulanmaktadır. İlk olarak BDS test sonuçları Tablo 3’te gösterilmektedir.

Tablo 3: BDS test sonuçları

Boyut	BDS Statistic		
	BTC	ETH	GOLD
2	0.199250***	0.195594***	0.199564***
3	0.339629***	0.333373***	0.339980***
4	0.437727***	0.428986***	0.437977***
5	0.505660***	0.495069***	0.506124***
6	0.552214***	0.539726***	0.553235***

Not: ***; ilgili serinin %1 anlamlılık düzeyinde doğrusal olmadığını ifade etmektedir.

Yöntem kısmında da açıklandığı gibi BDS testinde H_0 hipotezi serinin bağımsız ve özdeş dağıldığını yani iid özelliği sergilediğini ifade etmektedir. Tablo 3’teki sonuca göre %1 anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi reddedilmekte ve her üç değişkene ait serilerin doğrusal olmadığına karar verilmektedir. Tablo 4, Harvey-Leybourne (2007) test sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4: Harvey-Leybourne (2007) doğrusallık test sonuçları

	Hesaplanan Ki-Kare Test İstatistikleri		
	%10	%5	%1
BTC	14.28	14.43	14.69
ETH	12.13	12.26	12.49
GOLD	13.39	13.56	13.86
Ki-kare tablo değerleri	7.78	9.49	13.28

Not: Koyu yazılmış değerler, doğrusal dışılığı ifade etmektedir.

Tablo 4’e göre hesaplan ki-kare test istatistiğinin ki-kare tablo değerinden (kritik değerden) büyük olması durumunda sıfır hipotezi reddedilmekte ve serinin doğrusal dışı davranışlar sergilediğine karar verilmektedir. Tablo 4’te görüldüğü gibi tüm seriler doğrusal dışı davranışlar sergilemektedir. Ancak buradaki doğrusal dışılık ESTAR veya LSTAR tipi bir doğrusal dışılıktır. Bu nedenle buradan sonra

uygulanacak birim kök testi, ESTAR veya LSTAR tipine uygun bir birim kök testi olmalıdır. Aşağıda Tablo 5'te ESTAR modele dayanan KSS (2003) birim kök testi sonuçları gösterilmektedir. Birim kök testi sonuçları, uygulanacak eşbütünleşme testlerinin seçiminde belirleyici olmaktadır.

Tablo 5: KSS (2003) doğrusal olmayan birim kök testi sonuçları

	Hesaplanan Test İstatistikleri		
	Sabitsiz ve trendsiz model	Sabitten arındırılmış model	Trendden arındırılmış model
BTC	-1.89262(1)	-2.54023(1)	-2.81480(1)
ETH	-2.20415(1)*	-2.71089(1)*	-3.27667(1)*
GOLD	0.44491(1)	-1.51099(1)	-2.61792(1)
ΔBTC	-13.58891(1)***	-13.59396(1)***	-13.59396(1)***
ΔETH	-11.06983(1)***	-11.06149(1)***	-11.06035(1)***
ΔGOLD	-11.17102(1)***	-11.16130(1)***	-11.16084(1)***
Asimptotik kritik değerler (sırasıyla %1, %5 ve %10)	-2.82 -2.22 -1.92	-3.48 -2.93 -2.66	-3.93 -3.40 -3.13

Not: ***, ** ve *; sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Parantez içindeki değerler optimal gecikme uzunluğudur. Maksimum gecikme uzunluğu, Schwert (1989) tarafından açıklanan $12*((n/100)^{1/4})$ formülünden yararlanılarak 23 olarak belirlenmiştir. Asimptotik kritik değerler, KSS (2003, s. 364) çalışmasında Tablo 1'de yer almaktadır.

KSS (2003) doğrusal olmayan birim kök testinde hesaplanan test istatistiklerinin mutlak değerce KSS (2003) çalışmasında Tablo 1'de yer alan test kritik değerlerinden büyük olması durumunda H_0 reddedilip H_1 kabul edilmekte ve serinin doğrusal olmayan ESTAR durağan bir seri olduğuna karar verilmektedir. Tablo 5'e göre düzey değerlerinde BTC ve GOLD serileri doğrusal olmayan ESTAR durağan dışı serilerdir. Ancak ETH serisi %10 anlamlılık düzeyine göre doğrusal olmayan ESTAR durağan bir seri iken, %5 anlamlılık düzeyi temel alındığında ESTAR durağan olmayan bir seri olarak ifade edilebilmektedir. Bu nedenle tüm değişkenler farkları alınarak tekrar birim kök testine tabi tutulmuş, %1 anlamlılık düzeyinde tüm serilerin doğrusal olmayan ESTAR durağan oldukları tespit edilmiştir. Bu sonuca göre değişkenlerin bütünleşme derecelerinin I(1) olduklarına karar verilmiştir. Elde edilen KSS (2003) birim kök testi sonucu, Tablo 2'deki standart ADF birim kök testi sonucu ile uygunluk göstermektedir.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilere odaklanılmaktadır. Aşağıda Tablo 6'da Hepsağ (2021) doğrusal olmayan eşbütünleşme testi sonuçları gösterilmektedir. Söz konusu testin uygulanmasında bağımlı ve bağımsız değişkenlerin tamamının bütünleşme derecelerinin I(1) olması gerekmektedir.

Tablo 6: Hepsağ (2021) doğrusal olmayan eşbütünleşme testi sonuçları

Değişkenler	F_{ANEC}	$F_{ANEC,\mu}$	$F_{ANEC,t}$	F_{ANEG}	$F_{ANEG,\mu}$	$F_{ANEG,t}$
BTC-GOLD	3.49545(1)	2.07314(1)	3.22808(1)	4.10188(1)*	3.27362(1)	3.90416(1)
ETH-GOLD	4.16167(1)*	3.36451(1)	5.39134(1)	4.39931(1)*	3.84823(1)	5.49433(1)
Asimptotik kritik değerler (sırasıyla %10, %5 ve %1)	3.678 4.536 6.494	5.009 5.972 8.112	6.303 7.351 9.669	4.088 4.953 6.767	5.373 6.325 8.433	6.655 7.741 10.082

Not: ***, ** ve *; sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Parantez içindeki değerler Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ile belirlenen optimal gecikme uzunluğudur. Asimptotik kritik değerler, Hepsağ (2021, s. 404) çalışmasında Tablo 1'de yer almakta ve bağımsız değişken sayısına göre değişmektedir. F_{ANEC} ve F_{ANEG} ham veri için, $F_{ANEC,\mu}$ ve $F_{ANEG,\mu}$ ortalamadan arındırılmış veri için ve son olarak $F_{ANEC,t}$ ve $F_{ANEG,t}$ trendden arındırılmış veri için test istatistiklerini ifade etmektedir.

Hepsağ (2021) doğrusal olmayan eşbütünleşme testinde, hesaplanan test istatistiklerinin Hepsağ (2021) çalışmasındaki Tablo 1'de yer alan test kritik değerlerden büyük olması durumunda H_0 reddedilip H_1 kabul edilmektedir. Buna göre ilgili değişkenler arasında simetrik ESTAR veya asimetrik ESTAR kointegrasyon ilişkisinin olduğuna karar verilmektedir. Tablo 6'ya göre sadece ham veri durumunda değişkenler arasında %10 anlamlılık düzeyinde eşbütünleşme bulunmakta, ortalamadan ve trendden arındırılmış veriler için eşbütünleşme ilişkisi tespit edilememektedir. Ancak %5 anlamlılık düzeyi temel

alındığında³ değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığına karar verilebilmektedir. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişki bulunmadığı için eşbütünleşme katsayıları, hata düzeltme modeli vb. diğer sonuçlar burada açıklanamamaktadır. Kripto paralar ile altın fiyatları arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunmaması, ilgili değişkenlerin portföy çeşitlendirmesinde birlikte kullanılabilceğini göstermektedir.

Literatürde yer alan çalışmalardan Kuzu ve Çelik (2020) çalışmasında 2013-2018 dönemi için Bitcoin ile altın arasında eşbütünleşme ilişkisine rastlanmazken, Telek ve Şit (2020) çalışmasında 2012-2019 dönemi için ilgili değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca Telek ve Şit (2020), uzun dönem ilişki katsayısının pozitif olduğunu belirtmişlerdir.

Kısa dönemli ilişki analizleri ve GARCH türü modeller, durağan veriler ile analiz edildiği için buradan sonraki analizlerde fiyat verileri $100 \cdot \ln(P_t/P_{t-1})$ formülü ile logaritmik getiri serilerine dönüştürülmüştür. Değişkenler arasındaki kısa dönemli nedensellik ilişkileri doğrusal olmayan Granger nedensellik testi ile analiz edilmektedir. Tablo 7’de ilgili test sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 7: Doğrusal olmayan Granger nedensellik testi sonuçları

BTC → GOLD				
Gecikme Uzunluğu	p_HJ	T_HJ	p_T2	T_T2
1	0.005635	2.534221	0.008267	2.396906
2	0.000254	3.477021	0.001430	2.982420
3	0.000000	4.937418	0.000063	3.834893
4	0.000000	5.255813	0.000057	3.860004
GOLD → BTC				
1	0.011982	2.257712	0.019470	2.064815
2	0.000348	3.391118	0.000979	3.096389
3	0.000007	4.344437	0.000107	3.703069
4	0.000001	4.760190	0.000050	3.890716
ETH → GOLD				
1	0.016092	2.142107	0.024180	1.974192
2	0.001696	2.929778	0.005595	2.536678
3	0.000046	3.909729	0.000794	3.158040
4	0.000002	4.618947	0.000173	3.578477
GOLD → ETH				
1	0.004720	2.595721	0.006838	2.465666
2	0.001424	2.983741	0.003170	2.729689
3	0.004205	2.635165	0.011851	2.261923
4	0.003009	2.746833	0.010141	2.321077

Not: Gri bölge Hiemstra-Jones (1994), diğer kısım Diks-Panchenko (2006) test sonuçlarını göstermektedir. T_HJ, Hiemstra-Jones test istatistiğini; p_HJ, T_HJ için olasılık değerini; T_T2, Diks-Panchenko test istatistiğini ve p_T2, T_T2 için olasılık değerini ifade etmektedir.

Tablo 7’deki ampirik bulgular, örneklem dönemi için kripto paralar ile altın arasında tüm gecikmeler için istatistiksel olarak anlamlı ve karşılıklı nedensellik ilişkilerinin olduğunu göstermektedir. Değişkenler arasında Granger nedenselliğin bulunması, bir değişkenin alacağı değer öngörüsünde diğer değişkenin kullanılabilceğini ifade etmektedir.

Literatür incelemesi kısmında yer alan çalışmalarda Bitcoin ve altın arasındaki Granger nedensellik ilişkileri sadece Korkmaz (2018) çalışmasında yer almaktadır. Bu durum literatürdeki önemli bir boşluğu da ifade etmektedir. Söz konusu çalışmada da bu çalışmanın bulgularına benzer şekilde iki yönlü nedensellik sonucuna ulaşılmaktadır. Elde edilen nedensellik bulguları, her iki değişkenin de diğer değişken için öngörü amaçlı kullanılabilceğini göstermektedir.

³ Hepsağ (2021) temel makalesindeki uygulamada ve Hepsağ (2022) çalışmasında, %5 anlamlılık düzeyi temel alınmaktadır.

Çalışma kapsamındaki analizlerin son aşamasında kripto paralar ile altın arasındaki volatilité ilişkileri, cDCC-GARCH modeli ile incelenmektedir. Aşağıda Tablo 8’de cDCC-GARCH model tahmin sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 8: cDCC-GARCH model tahmin sonuçları

	Katsayılar	Std. Hatalar	t-İstatistikleri	t-Olasılık
cDCC parametreleri				
rho_21	0.871329	0.013686	63.66	0.0000
rho_31	0.077205	0.042393	1.821	0.0688
rho_32	0.080052	0.042594	1.879	0.0604
α	0.027674	0.0088233	3.136	0.0017
β	0.942107	0.022685	41.53	0.0000
Diagnostik testler				
Q(50)	501.755 (0.0459777)			
Q ² (50)	440.186 (0.5949407)			
Log likelihood	-6.4715247			
SIC	0.088640			
AIC	0.031391			
Not: 1. BTC; 2. ETH; 3. GOLD. Q(50), Li ve McLeod’un standardize hatalara ilişkin çok değişkenli portmanteau istatistiklerini; Q ² (50), Li ve McLeod’un standardize hata karelerine ilişkin çok değişkenli portmanteau istatistiklerini ifade etmektedir.				

Tablo 8’deki rho katsayılarına göre; BTC ve ETH arasında %1 anlamlılık düzeyinde, kripto paralar (BTC ve ETH) ile GOLD arasında %10 anlamlılık düzeyinde ortak hareketin varlığı bulgusuna ulaşılmıştır. Buradaki sonuçta da görüldüğü gibi kripto paralar ile altın arasında çok düşük olasılıkta volatilité ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca volatilitenin kalıcılığını gösteren alfa (α) ve beta (β) parametreleri de istatistiksel olarak anlamlıdır. Diğer taraftan Bitcoin ve Ethereum arasındaki volatilité ilişkisinin yüksekliği de dikkat çekmektedir. Rho katsayıları değişkenler arasındaki ortalama koşullu korelasyon değerini verirken, Şekil 4’te değişkenler arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar gösterilmektedir. Koşullu korelasyonların zamana bağlı olarak hesaplanması, hem normal hem de varsa kriz dönemlerindeki volatilité ilişkilerini görmemize yardımcı olmaktadır.

Şekil 4: cDCC-GARCH model tahmininden elde edilen dinamik koşullu korelasyonlar



Şekil 4’te görülebileceği gibi Bitcoin ve Ethereum arasındaki dinamik koşullu korelasyon ilişkisi hem çok yüksek yani 1’e yakın, hem de çalışma kapsamındaki tüm zamanlar için pozitifdir. Altın ve kripto paralar arasındaki dinamik korelasyon ilişkisi genelde pozitif olmakla birlikte sıfıra yakındır. Ancak COVID-19 salgınının görüldüğü 2020 yılı boyunca korelasyon ilişkisinin daha da arttığı Şekil 4’ten görülebilmektedir. Elde edilen bulgular risk yönetimi ve portföy çeşitlendirmesi açısından önemlidir. En büyük kripto paralar ile altın arasındaki zayıf ilişkiler, yatırımcılar için portföy çeşitlendirmesi imkanı tanımaktadır. Bu sonuç, Hepsağ (2021) doğrusal olmayan eşbütünleşme analizi sonuçları ile uyumludur.

Literatürdeki çalışmalarda Brière, Oosterlinck ve Szafarz (2015), Bitcoin ve altın arasında düşük korelasyonun varlığı bulgusuna ulaşmışken, Klein, Thu ve Walther (2018) istikrarlı bir korelasyonun olmadığını belirtmektedir. Kang, McIver ve Hernandez (2019), Baur ve Hoang (2021) çalışmalarında da sıfıra yakın korelasyonun bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Smales (2019), Bitcoin’in altın da dahil olmak üzere diğer varlıklardan farklı özelliklere sahip olduğunu ifade etmektedir. Selmi vd. (2018), Bitcoin ve altının stresli piyasa dönemlerinde birlikte hareket ettiğini ancak istikrarlı dönemlerde farklı olduklarını belirtmektedir. Corbet vd. (2018), ilgili değişkenlerin ilişkisiz oldukları sonucuna ulaşmışlardır.

Sonuç ve öneriler

Altın çağlar boyunca değerli bir varlık olarak çeşitli amaçlarla kullanılmış ve halen de popülerliğini devam ettirmektedir. Yakın dönemde altınla önemli benzerlikleri bulunan kripto paralar başta olmak üzere kripto varlıkların gelişimine tanıklık etmekteyiz. Söz konusu kripto varlıklardan özellikle Bitcoin, dijital altın olarak da adlandırılmakta, tek başına tüm kripto varlık piyasasının yaklaşık yarısına hakim olmaktadır. Çalışmada en büyük kripto paralardan Bitcoin ve Ethereum ile altın arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkileri, doğrusal olmayan modeller yardımıyla analiz edilmiştir. Ayrıca çalışmada volatilité ilişkilerinin incelenmesi ile analizin kapsamı genişletilmiştir. Çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiler Hepsağ (2021) doğrusal olmayan eşbütünleşme testi ile, kısa dönemli nedensellik ilişkileri Diks ve Panchenko (2006) ve Hiemstra-Jones (1994) tarafından önerilen doğrusal olmayan Granger nedensellik testi ile ve volatilité ilişkileri düzeltilmiş dinamik koşullu korelasyon (cDCC-GARCH) yöntemi ile analiz edilmiştir.

Hepsağ (2021) doğrusal olmayan eşbütünleşme testi bulgularına göre, sadece ham veri için değişkenler arasında %10 anlamlılık düzeyinde uzun dönemli ilişki bulunmakta, ortalamadan ve trendden arındırılmış veriler için uzun dönemli ilişkiye rastlanmamaktadır. Kripto paralar ile altın arasında çok zayıf uzun dönemli ilişki bulunması veya uzun dönemli ilişkiye rastlanmaması, ilgili değişkenlerin portföy çeşitlendirmesinde birlikte kullanılabileceğini göstermektedir. Doğrusal olmayan Granger nedensellik testi sonuçlarına göre ilgili değişkenler arasındaki iki yönlü Granger nedensellik ilişkisinin varlığı, çalışmanın diğer önemli bulgularından biridir. Buna göre ilgili değişkenlerin alacağı değerlerin öngörülmesinde diğer değişkenin değeri kullanılabilecektir. Son olarak cDCC-GARCH yöntemi sonuçlarına göre altın ve kripto paralar arasında genellikle pozitif ve sıfıra yakın korelasyon bulunduğu belirlenmiştir. Ancak COVID-19 salgınının görüldüğü 2020 yılı boyunca değişkenler arasındaki korelasyon ilişkisinin daha da artmıştır. Elde edilen bulgular risk yönetimi ve portföy çeşitlendirmesi açısından önemlidir. Bitcoin ve Ethereum ile altın arasındaki zayıf ilişkiler, yatırımcılar için portföy çeşitlendirmesi imkanı tanımaktadır.

Gelecekteki araştırmalarda altın ile Bitcoin dışındaki diğer kripto paralarla veya kripto para dışındaki diğer kripto varlıklarla ilişkilerin incelenmesi önemli bir araştırma alanı olabilecektir. Bunun yanında ilgili değişkenler arasındaki getiri ve volatilité yayılım ilişkileri, güncel TVP-VAR yaklaşımı ile de incelenebilecektir. Literatür incelemesi kısmında görülebileceği gibi altın ile kripto paralar arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkileri üzerine incelemeler çok sınırlıdır. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar da literatürdeki önemli boşluğun doldurulmasında yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Aielli, G. P. (2013). Dynamic conditional correlation: On properties and estimation. *Journal of Business & Economic Statistics*, 31(3), 282-299. <https://doi.org/10.1080/07350015.2013.771027>.
- Akkuş, H. T. (2021). Kısa dönemli ilişki analizi. İ. Çelik ve S. Bozkuş Kahyaoğlu. (Ed.). *Finansal zaman serisi analizi (Temel yaklaşımlar) (2. Bs.)* içinde (253-298). Gazi Kitabevi.
- Ammous, S. (2022). Bitcoin standardı: Merkez bankacılığına ademimerkeziyetçi alternatif (E. Serbest, Çev). Liberus Kitap.
- Asteriou, D. ve Hall, S. G. (2016). *Applied econometrics (3. Bs.)*. Palgrave Macmillan.
- Baek, E. ve Brock, W. (1992). *A general test for nonlinear Granger causality: Bivariate model*. Working Paper, Iowa State University and University of Wisconsin, Madison.
- Bampinas, G. ve Panagiotidis, T. (2015). On the relationship between oil and gold before and after financial crisis: Linear, nonlinear and time-varying causality testing. *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, 19(5), 657-668. <https://doi.org/10.1515/snnde-2014-0060>.
- Baur, D. G. ve Hoang, L. (2021). The Bitcoin gold correlation puzzle. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 32, 100561. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100561>.
- Baur, D. G., Dimpfl, T. ve Kuck, K. (2018). Bitcoin, gold and the us dollar - A replication and extension. *Finance Research Letters*, 25, 103-110. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.10.012>.
- Bouri, E., Jalkh, N., Molnár, P. ve Roubaud, D. (2017a). Bitcoin for energy commodities before and after the december 2013 crash: Diversifier, hedge or safe haven? *Applied Economics*, 49(50), 5063-5073. <https://doi.org/10.1080/00036846.2017.1299102>.
- Bouri, E., Molnár, P., Azzi, G., Roubaud, D. ve Hagfors, L. I. (2017b) On the hedge and safe haven properties of Bitcoin: Is it really more than a diversifier? *Finance Research Letters*, 20, 192-198. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.09.025>.
- Brière, M., Oosterlinck, K. ve Szafarz, A. (2015). Virtual currency, tangible return: Portfolio diversification with Bitcoin. *Journal of Asset Management*, 16(6), 365-373. <https://doi.org/10.1057/jam.2015.5>.
- Brock, W. A., Dechert, D., Scheinkman, H. ve LeBaron, B. (1996). A test for independence based on the correlation dimension. *Econometric Reviews*, 15(3), 197-235. <https://doi.org/10.1080/07474939608800353>.
- Brooks, C. (2014). *Introductory econometrics for finance (3. Bs.)*. Cambridge University Press.
- Capie, F., Mills, T. C. ve Wood, G. (2005). Gold as a hedge against the dollar. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 15, 343-352. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2004.07.002>.
- Cappiello, L., Engle, R. F. ve Sheppard, K. (2006). Asymmetric dynamics in the correlations of global equity and bond returns. *Journal of Financial Econometrics*, 2006, 4(4), 537-572. <https://doi.org/10.1093/jffinec/nbl005>.
- Ciner, C., Gurdgiev, C. ve Lucey, B. M. (2013). Hedges and safe havens: An examination of stocks, bonds, gold, oil and exchange rates. *International Review of Financial Analysis*, 29, 202-211. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2012.12.001>.
- Corbet, S., Meegan, A., Larkin, C., Lucey, B. ve Yarovaya, L. (2018). Exploring the dynamic relationships between cryptocurrencies and other financial assets. *Economics Letters*, 165, 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.01.004>.
- Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072. <https://doi.org/10.2307/1912517>.
- Diks, C. ve Panchenko, V. (2006). A new statistic and practical guidelines for nonparametric Granger causality testing. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 30(9-10), 1647-1669. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2005.08.008>.
- Dyhrberg, A. H. (2016a). Hedging capabilities of Bitcoin. Is it the virtual gold? *Finance Research Letters*, 16, 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.10.025>.
- Dyhrberg, A. H. (2016b). Bitcoin, gold and the dollar: A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, 16, 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.10.008>.
- Enders, W. (2014). *Applied econometric time series (4. Bs.)*. John Wiley & Sons.
- Engle, R. F. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350. <https://doi.org/10.1198/073500102288618487>.

- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438. <https://doi.org/10.2307/1912791>.
- Gürüş, B. (2020). *R uygulamalı doğrusal olmayan zaman serileri analizi*. DER Yayınevi.
- Harvey, D. I. ve Leybourne, S. J. (2007). Testing for time series linearity. *Econometrics Journal*, 10, 149-165. <https://doi.org/10.1111/j.1368-423X.2007.00203.x>.
- Hepsağ, A. (2021). Testing for cointegration in nonlinear asymmetric smooth transition error correction models. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 50(2), 400-412. <https://doi.org/10.1080/03610918.2018.1559927>.
- Hepsağ, A. (2022). *Ekonometrik zaman serileri analizlerinde güncel yöntemler (WinRATS uygulamalı)*. Der Yayınları.
- Hiemstra, C. ve Jones, J. D. (1994). Testing for linear and nonlinear Granger causality in the stock price-volume relation. *The Journal of Finance*, 49(5), 1639-1664. <https://doi.org/10.2307/2329266>.
- Kang, S. H., McIver, R. P. ve Hernandez, J. A. (2019). Co-movements between Bitcoin and gold: A wavelet coherence analysis. *Physica A*, 536, 120888. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.124>.
- Kapetanios, G., Shin, Y. ve Snell, A. (2003). Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework. *Journal of Econometrics*, 112(2), 359-379. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(02\)00202-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(02)00202-6).
- Klein, T., Thu, H. P. ve Walther, T. (2018). Bitcoin is not the new gold - A comparison of volatility, correlation, and portfolio performance. *International Review of Financial Analysis*, 59, 105-116. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.07.010>.
- Korkmaz, Ö. (2018). The relationship between Bitcoin, gold and foreign exchange returns: The case of Turkey. *Turkish Economic Review*, 5(4), 359-374. <https://doi.org/10.1453/ter.v5i4.1807>.
- Kristoufek, L. ve Vosvrda, M. (2016). Gold, currencies and market efficiency. *Physica A*, 449, 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.12.075>.
- Kuzu, S., ve Çelik, İ. E. (2020). Bitcoin alternatif yatırım aracı ya da hedge enstrümanı olarak düşünülebilir mi? *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2) 603-613. <https://doi.org/10.18506/anemon.662937>
- MacKinnon, J. G. (1996). Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests. *Journal of Applied Econometrics*, 11, 601-618. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1255\(199611\)11:6<601::AID-JAE417>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1255(199611)11:6<601::AID-JAE417>3.0.CO;2-T).
- O'Connor, F. A., Lucey, B. M., Batten, J. A. ve Baur, D. G. (2015). The financial economics of gold - A survey. *International Review of Financial Analysis*, 41, 186-205. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2015.07.005>.
- Pal, D. ve Mitra, S. K. (2019). Hedging Bitcoin with other financial assets. *Finance Research Letters*, 30, 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.03.034>.
- Schwert, G. W. (1989). Why does stock market volatility change over time? *Journal of Finance*, 44, 1115-1153. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1989.tb02647.x>.
- Selmi, R., Mensi, W., Hammoudeh, S. ve Bouoiyour, J. (2018). Is Bitcoin a hedge, a safe haven or a diversifier for oil price movements? A Comparison with Gold. *Energy Economics*, 74, 787-801. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.007>.
- Smales, L. A. (2019). Bitcoin as a safe haven: Is it even worth considering? *Finance Research Letters*, 30, 385-393. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.11.002>.
- Sollis, R. (2009). A simple unit root test against asymmetric STAR nonlinearity with an application to real exchange rates in Nordic countries. *Economic Modelling*, 26(1), 118-125. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2008.06.002>.
- Symitsi, E. ve Chalvatzis, K. J. (2019). The economic value of Bitcoin: A portfolio analysis of currencies, gold, oil and stocks. *Research in International Business and Finance*, 48, 97-110. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2018.12.001>.
- Şarkaya İçellioğlu, C. ve Engin Öztürk, M. B. (2018). Bitcoin ile seçili döviz kurları arasındaki ilişkinin araştırılması: 2013-2017 dönemi için Johansen testi ve Granger nedensellik testi. *Maliye ve Finans Yazıları*, 109, 51-70. <https://doi.org/10.33203/mfy.343217>.
- Telek, C. ve Şit, A. (2020). Kripto paraların altın ve dövizle ilişkisi: Bitcoin örneği. *Turkish Studies - Economy*, 15(2), 913-924. <https://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.42650>.

Topaloğlu, E. E. (2019). Kripto para Bitcoin ve döviz kurları ilişkisi: Yapısal kırılmalı eşbütünleşme ve nedensellik analizi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(2), 367-382. <https://doi.org/10.18026/cbayarsos.585306>.

Youssef, M. (2020). What drives herding behavior in the cryptocurrency market? *Journal of Behavioral Finance*, 23(2), 230-239. <https://doi.org/10.1080/15427560.2020.1867142>.

Zagaglia, P. ve Marzo, M. (2013). Gold and the U.S. dollar: tales from the turmoil. *Quantitative Finance*, 13(4), 571-582.

www.coinmarketcap.com adresinden 20.08.2023 tarihinde erişildi.

www.companiesmarketcap.com/gold/marketcap adresinden 20.08.2023 tarihinde erişildi.

www.finance.yahoo.com adresinden 09.06.2023 tarihinde erişildi.

www.gold.org/goldhub/data/how-much-gold adresinden 20.08.2023 tarihinde erişildi.

Etik kurul onayı

Kamuya açık verilerin kullanılması, ayrıca insan ve hayvan üzerinde herhangi bir deney vb. çalışması olmaması sebebi ile bu araştırma etik kurul izni gerektirmeyen çalışmalar arasında yer almaktadır.

Çıkar çatışması beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Destek beyanı

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. (Proje No: 2022/097).