

Kripto Para Piyasalarında Finansal Bulaşıcılık ve Karşılıklı Bağımlılık Dinamiklerinin İncelenmesi

Aslan Aydoğdu¹

Özet

Kripto paraların finansal sistemdeki rolü giderek artmış ve yatırımcılar arasında büyük ilgi görmüştür. Son dönemde, kripto para birimleri yalnızca yatırımcılar tarafından değil, aynı zamanda politika yapıcılar ve akademisyenler tarafından da finansal bir varlık olarak alternatif olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Bu araştırma, kripto para piyasaları arasındaki ilişki türlerini belirleyebilmek için zaman ve frekans uzayında piyasalar arasındaki ilişkilerin farklı yatırım ufuklarında ampirik olarak değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla altı kripto para birimine (Bitcoin, Ethereum, Binance Coin, Ripple, Cardano ve Dogecoin) ait 09.11.2017 ile 17.09.2024 tarihleri arasındaki günlük getiriler, wavelet uyum analizi kullanılarak incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre kripto para fiyatlarının kriz dönemlerin de daha yüksek volatiliteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Kripto para piyasalarının karşılıklı bağımlı olduğu ve finansal krizlerin olduğu dönemlerde bu varlıklar arasında güçlü finansal bulaşıcılık etkisi olduğu gözlemlenmiştir. 2017-2018 yıllarında yaşanan kripto kışı, COVID-19 pandemisi ve Rusya-Ukrayna savaşı gibi dönemlerde kripto para birimleri arasındaki eş hareketlilikler artmış ve bu da kripto para getirileri arasındaki ilişkinin kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında daha güçlü olduğunu ve yatırımcıların kriz dönemlerinde benzer risk algıları geliştirdiğini, küresel finansal ve jeopolitik şoklar karşısında benzer tepkiler verdiğini göstermektedir. Kripto para piyasalarının olgunlaştıkça daha entegre hale geldiği ve bu varlıkların fiyat hareketlerinde güçlü bir uyumun olduğu gözlemlenmiştir. Portföy yöneticileri ve yatırımcılara, kısa vadeli yatırımlar veya finansal kriz dönemlerinde kripto para birimlerini portföylerine dahil etmekten kaçınmaları önerilebilir. Buna karşılık, piyasanın daha istikrarlı olduğu dönemlerde kripto varlıklarının portföylerde daha fazla yer almasının uygun olacağı belirtilebilir. Kripto para piyasalarındaki yüksek korelasyon dikkate alındığında, portföy yöneticilerinin riskleri azaltmak için kripto varlıklarını çeşitlendirmeleri ve farklı varlık sınıflarına yatırım yapmaları önem arz edebilir.

1 Öğr. Gör. Dr., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, aaydogdu@sivas.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9732-0614>

1.Giriş

Ekonomilerin dijital dönüşümü, günümüzde finansal sistemlerde yaşanan en önemli değişimlerden biridir. Dünya ekonomileri hızla dijitalleşmekte ve bu dijitalleşme sürecinin önemli bir parçası dijital varlıklar ve dağıtık defter teknolojisi (DLT) olmuştur. Xu ve Cooper (2017) tarafından yapılan çalışmaya göre, 2025 yılı itibarıyla dijital ekonominin büyüklüğünün 23 trilyon ABD dolarına ulaşması beklenmektedir, bu da küresel ekonominin %25'ini oluşturacağı ifade edilmektedir. Dijital varlıkların yaratılması ve kullanılması için en güncel teknoloji olan DLT'nin en bilinen uygulamalarından biri ise kripto para birimleridir (Oliver, 2013). Blokzincir teknolojisi, FinTech ve yeni nesil ağların kesişim noktasında yer alarak finansal sistemde devrim yaratmıştır (Ünal vd., 2020). Özellikle kripto paralar, bu dönüşümde önemli bir rol oynayarak, bankacılık ve yatırım dünyasında büyük bir değişime yol açmıştır (Jeris vd., 2022). Son yıllarda kripto paralara olan talepteki artış, bu varlıkların piyasa değerlerinin hızla yükselmesine neden olmuştur (Kumar ve Ajaz, 2019). 31 Ağustos 2023 itibarıyla, dünya genelinde 662 borsada 1,8 milyondan fazla kripto para işlem görmüş, günlük işlem hacmi 32,33 milyar doları aşarken (Jana vd., 2023), toplam piyasa değeri ise 2,30 trilyon doları geçmiştir (CoinMarketCap, 2024). Bitcoin, Ethereum ve Binance Coin gibi kripto para birimleri, finans dünyasında yeni ve son derece önemli bir varlık sınıfı olarak hızla gelişmiştir. Bu kripto para birimleri, güvenlik ve şeffaflık sağlayan merkeziyetsiz blokzincir teknolojisi üzerine inşa edilmiştir (Stephen ve Alex, 2018). Geleneksel finansal varlıklardan farklı olarak, kripto paralar merkezi bir otoriteye bağlı değildir ve bankalar ya da hükümetler tarafından kontrol edilmemektedir (Ammous, 2018; Chen & Bellavitis, 2020). Bu merkeziyetsizlik, kripto paraların ticaret hacmini, fiyat oynaklığını ve medya ilgisini önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca, düşük işlem maliyetleri, eşler arası (peer to peer) transfer yapısı ve hükümet denetiminden bağımsız olma gibi özellikleriyle yatırımcıların ilgisini çekmektedir (Corbet vd., 2019). Devam eden yüksek volatiliteye rağmen, kripto paraların sağladığı bu fırsatlar, özellikle portföy çeşitlendirmesi ve potansiyel olarak yüksek kâr arayışındaki yatırımcılar için cazip bir yatırım aracı haline gelmiştir (Brière vd., 2015; Bouri vd.,, 2017).

Uluslararası kripto para birimlerine olan yatırımcı ilgisi, özellikle küresel ekonomik belirsizlikler ve dijital varlıkların sunduğu yüksek getiri potansiyeli ile hızla artmıştır. 2022 yılının Aralık ayı sonunda dünya genelindeki kripto para sahiplerinin sayısı 425 milyona ulaşarak yeni bir rekor kırmıştır. Kripto Para Piyasası Boyutlandırma Raporu'na göre, 2022 yılı boyunca kripto para sahiplerinin sayısı %39 artarak 306 milyondan 425 milyona yükselmiştir. Kripto paraların en bilinen ve yaygın olarak kullanılanı olan Bitcoin'e sahip

yatırımcı sayısı da bu dönemde önemli bir artış kaydetmiştir (Tradingview.com, 2023). Yılın başında 183 milyon olan Bitcoin sahibi kişi sayısı, yıl sonunda 219 milyona ulaşmıştır. Bu artışa, büyük yatırım şirketlerinin Bitcoin teminatlı krediler sunmaya başlaması ve Orta Afrika Cumhuriyeti ile El Salvador'un Bitcoin'i yasal para birimi olarak kabul etmesi önemli katkıda bulunmuştur. Bitcoin'in ardından en büyük kripto para birimlerinden biri olan Ethereum'a sahip kişi sayısı, 2022 yılının başında 24 milyon iken yıl sonunda 87 milyona çıkmıştır (Aydın, 2024). Yatırımcıların kripto paralara olan yönelimi, özellikle Bitcoin, Ethereum ve Binance Coin gibi büyük kripto varlıklarının güvenilirlik kazanması ve merkeziyetsiz finans (DeFi) uygulamaları ile blokzincir teknolojisinin benimsenmesiyle hızlanmıştır. 2024 yılı itibarıyla kurumsal yatırımcıların da kripto para piyasalarına giriş yapmasıyla piyasa derinliği artmış ve bu varlıklar, uluslararası yatırım portföylerinde kalıcı bir yer edinmeye başlamıştır. Bloomberg'in 2023 yılı raporuna göre, Türkiye'deki kripto yatırımcıları arasında da önemli bir artış kaydedilmiştir. 18 ila 60 yaş arasındaki Türkiye nüfusu içinde kripto yatırımcılarının oranı, son 18 ayda %40'tan %52'ye yükselmiştir. Türkiye'de kripto paraların giderek artan popülaritesi, özellikle yatırımcılar arasında dikkat çekici bir trend olarak öne çıkmaktadır. Kripto para yatırımları, merkeziyetsiz yapıları ve potansiyel kâr fırsatları nedeniyle Türk yatırımcıların ilgisini çekmekte ve bu eğilimin gelecekte de devam edeceği öngörülmektedir. Bu gelişmeler, kripto para piyasalarının Türkiye'deki finansal ekosistemde önemli bir yer edindiğini göstermektedir. Bu doğrultuda kripto para birimleri arasındaki finansal bulaşıcılık ve karşılıklı bağımlılıkları araştırma ihtiyacı doğmaktadır. Son yıllarda, küresel ve bölgesel finansal krizler hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin finansal piyasalarını etkilemiştir. 2007-2008 küresel finansal kriz, 2009 Avrupa Borç krizi, 2014 Rusya-Ukrayna Savaşı, 2020 COVID-19 pandemisi 2022 Rusya-Ukrayna savaşı ve 2023 İsrail-Filistin savaşı örnek olarak gösterilebilir. Bu finansal krizlerin yanı sıra daha önce meydana gelen krizlerin etkisiyle finansal bulaşıcılık kavramı ortaya çıkmış ve önemli bir kavram haline gelmiştir. Finansal bulaşıcılık kavramı ile ilgili net bir tanım olmamakla birlikte Dünya Bankası, finansal bulaşıcılığı, geniş, kısıtlı ve çok kısıtlı tanımlar altında incelemektedir. Bu tanımlar, şokların yayılma mekanizmaları ve yatırımcı davranışlarının krizler üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır. Özellikle kriz dönemlerinde, piyasa bağlantıları ve bulaşma etkisi arttırdığı ifade edilmektedir. Ancak Forbes ve Rigobon (2002), bulaşıcılığın çok kısıtlı tanımını kullanarak, kriz dönemlerinde piyasa ilişkilerinin geçici olarak güçlenmesini bulaşıcılık, kalıcı güçlü bağlantıları ise karşılıklı bağımlılık olarak tanımlar. Bu ayırım, uluslararası yatırımcılar için portföy risk

yönetimi, varlık dağıtımı ve fiyatlama stratejilerinin geliştirilmesinde yol gösterici olabilmektedir. Ayrıca, kısa ve uzun dönemli piyasa ilişkilerini ayırt etmek için katkı sağlamaktadır. Bu çalışmanın birincil amacı, kripto para piyasaları arasındaki ilişki türlerini belirleyebilmek için zaman ve frekans uzayında piyasalar arasındaki ilişkilerin farklı yatırım ufuklarında ampirik olarak incelenmesi hedeflenmektedir. Kripto para piyasasında güvenli liman, portföy çeşitlendirme aracı ve hedge olarak pratik sonuçlarını farklı zaman ölçeklerinde veya yatırım ufuklarında incelemektir. Bu tür bir inceleme, yatırımcılara genellikle volatil olan finansal piyasa zemininde yol gösterebilmeleri için faydalı bilgiler sunmaktadır. Araştırmanın hedeflerine ulaşabilmek için altı kripto (Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Binance Coin (BNB), Ripple (XRP), Cardano (ADA) ve Dogecoin(DOGE)) para birimi seçilmiştir. 09.11.2017'den 17.09.2024'e kadar kripto para birimlerinin günlük verilerden yararlanarak kripto para piyasaları arasındaki ilişkileri ve nedenselliği araştırmak için wavelet uyum analizi kullanılmıştır. Bu analizin avantajı; genellikle kullanılan yöntemler yalnızca zamana veya frekansa dayalı iken, wavelet uyum analizi bu iki boyutu birleştirerek piyasaların birlikte hareketini inceleme imkânı sunmaktadır. Ayrıca Araştırmacılar, wavelet uyum analizini zamanla değişen bir ortamda ortak hareketleri ve nedensel ilişkileri incelemek için güvenilir ve faydalı bulmaktadır (Dahir vd., 2018). Kripto para piyasaları arasındaki ilişkiler ve finansal bulaşıcılık, zaman içerisinde frekanslara göre değişimlerini ortaya koymak hem yatırımcılar hem de portföy yöneticileri için önem arz etmektedir. Son olarak çalışmanın, kripto para piyasalarının karmaşık doğasını daha derinlemesine anlamak amacıyla, bu piyasalar arasındaki ilişkilerin zaman içerisinde nasıl evrildiği ve farklı frekanslara ya da yatırım ufuklarına göre nasıl değişiklik gösterdiği ele alınmaktadır. Özellikle, kripto paralar arasındaki nedensellik ilişkilerinin ve finansal bulaşıcılık ile karşılıklı bağımlılık düzeylerinin incelenmesi, yatırımcıların stratejik karar alma süreçlerine katkı sağlayabilir. Kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına sahip yatırımcılar, bu ilişkilerin dinamiklerini analiz ederek, bulaşıcılık risklerini yönetme, riskten kaçınma veya piyasa fırsatlarından faydalanma stratejileri geliştirebilirler. Ayrıca, bu tür analizlerin portföy çeşitlendirmesi, risk yönetimi ve etkin yatırım stratejileri geliştirme açısından kritik bilgiler sunacağı düşünülmektedir. Kripto para piyasaları arasındaki ilişkilerin frekans bazında nasıl farklılık gösterdiğinin anlaşılması, yatırımcıların optimal stratejiler oluşturmalarına ve piyasa volatilesine karşı daha hazırlıklı olmalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde ilgili literatürün genel bir taslağı sunulmaktadır. Üçüncü bölümde kullanılan metodolojik yaklaşımlar incelenmektedir. Dördüncü bölümde veri

kaynakları sunulmaktadır. Beşinci bölümde ise elde edilen ampirik bulgulara yer verilmiştir. Son olarak, çalışmanın sonuçları kısaca özetlenmekte, olası politika sonuçları ve önerilere yer verilmektedir.

2. Literatür Taraması

Araştırmacılar arasında büyük bir ilgi uyandıran kripto paralar, karmaşık yapılarının derinlemesine analiz edilmesini sağlamıştır (Phillip vd., 2018; Hårdle vd., 2020). Kripto paraların mevcut finansal sistemleri sarsma ve paranın tanımını yeniden şekillendirme potansiyeli detaylıca ele alınmıştır (Scott vd., 2017). Kripto paraların temel bileşenleri olan blokzincir teknolojisi ve merkeziyetsizlik, finansal kapsayıcılık, şeffaflık, işlem maliyetlerinin düşmesi ve güvenliğin artması gibi avantajlar sunmaktadır (Lee, 2019). Finansal sistemde kripto paraların yarattığı dönüşüm yoğun bir araştırma konusu olurken, düşük işlem ücretleri, hızlı işlemler, küresel erişim, artan tüketici ilgisi ve kullanıcı dostu uygulamalar gibi faktörler sayesinde işletmelerin kripto paraları giderek daha fazla benimsemesi önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır (Mungoli, 2023). Bu gelişmeler, kripto paraların finans dünyasında yarattığı köklü değişimi temsil etmektedir. Kripto para piyasalarının dinamiklerini ve etkili unsurlarını inceleyen çalışmalar, bu piyasadaki araştırma konularının çeşitliliğini ortaya koymaktadır. Bu konular arasında öne çıkan başlıklar şunlardır: ilk olarak, muhasebe ve değer yaratma süreçleri (Zhu vd., 2017; Sovbetov, 2018; Bolt ve Van Oordt, 2019; Zimmerman, 2020), ikinci olarak, sürü davranışları ve spekülâtif balonlar (Poysler, 2018; Grobys ve Junntila, 2021), son olarak, kripto para birimlerinin getirileri, işlem hacimleri ve fiyatlarının tahmin edilmesi (Derbentsev vd., 2019; Cohen, 2020; Mudassir vd., 2020). Ayrıca, bazı çalışmalar, kripto paraların pay senedi, döviz kuru, altın ve enerji piyasalarıyla olan volatilité ilişkisine odaklanmaktadır (Huynh vd., 2020a; Huynh vd., 2020b; Thampanya vd., 2020). Bununla birlikte, kriz dönemlerinde piyasalardaki varlıkların değişen volatilité yapıları, literatürde daha fazla incelenmesi gereken bir başka önemli konudur (Umar ve Gubareva, 2020; Baur ve Dimpfl, 2021; Corbet vd., 2021). Literatür, kripto paralara olan talebin zamanla arttığını öne sürmekte, özellikle COVID-19 pandemisi sırasında birçok kripto paranın fiyatında keskin artışlar yaşandığını belirtmektedir. Bu bağlamda, literatürde kripto para birimlerinin fiyatlarındaki artışların nedenlerine ve potansiyel spekülâtif etkilere dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte, finansal bulaşıcılık ve karşılıklı bağımlılık konularında literatürde hâlâ önemli boşluklar bulunmaktadır. Bu sebeple, kripto para birimlerinin karşılıklı bağımlılık ve finansal bulaşıcılık perspektifinden incelenmesi,

alandaki mevcut bilgi eksiklerinin giderilmesi ve piyasa dinamiklerinin daha iyi anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Tablo 1. Literatür Taraması

Yazarlar	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Sonuç
Demir vd., (2020)	01.09.2019 31.03.2020	Bitcoin , Ethereum, Ripple, COVID-19 Vaka ve Ölüm Sayıları	ARDL Testi Wavelet Uyum Analizi	Bitcoin ile bildirilen vaka ve ölüm sayıları arasında başlangıçta negatif bir ilişki saptanmış olup, zamanla bu ilişki pozitif bir yönelime geçmiştir. Ethereum ve Ripple için de benzer sonuçlar elde edilmesine rağmen, bu iki kripto para birimi arasındaki etkileşimler daha zayıf kalmıştır.
Bouri vd., (2020)	20.07.2010 22.02.2018	Bitcoin Altın Ons Emtia Endeksi (S&P GSCI) Morgan Stanley Capital International (MSCI)	Wavelet Uyum Analizi	Bitcoin, altın ve emtialar ile hisse senedi piyasaları arasındaki genel bağımlılığın çeşitli zaman ölçeklerinde çok güçlü olmadığı, Bitcoin'in ise en az bağımlı varlık olarak gözlemlendiği tespit edilmiştir. Altın ile hisse senedi getirileri arasındaki ortak hareketin portföyün VaR seviyesini etkilediği ortaya konmuştur. Özellikle, çeşitlendirme faydalarının zaman-frekans alanında farklılık gösterdiği ve Bitcoin'in hem altına hem de emtialara kıyasla üstünlük sergilediği gözlemlenmiştir.
Kaya (2021)	01.01.2018 03.05.2021	Binance Coin Ethereum Ripple Tether	ARDL Sınır Testi Toda- Yamamoto Nedensellik Analizi	Kripto para birimleri arasında uzun dönemli bir eşbütünlüğe ilişkin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm kripto paraların Binance Coin'nin nedeni olduğu belirlenmiş, Binance Coin ve Ethereum arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi gözlemlenmiş ve Tether'den Ethereum'a, Ethereum'dan Ripple'a tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu saptanmıştır.

Kangalı Uyar (2021)	04.01.2000 17.10.2019	Euro (EUR), İsviçre Frangı (CHF), İngiliz Sterlini (GBP), Japon Yeni (JPY), Avustralya Doları (AUD), Kanada Doları (CAD), Yeni Zelanda Doları (NZD)	Wavelet Uyum Analizi	Küresel finansal kriz ve Avrupa borç krizi dönemlerinde Japon Yeni ile diğer önemli döviz kurları arasında bulaşıcılık tespit edilmemiş, ancak Japon Yeni-İsviçre Frangı çifti hariç tutulmuştur. Bunun yanı sıra, Avustralya Doları-Kanada Doları, Avustralya Doları-Yeni Zelanda Doları ve İsviçre Frangı-Euro döviz çiftleri arasında her zaman güçlü ilişkiler bulunmuştur.
Özdemir (2022b)	03.01.2023 14.03.2021	20 Hisse Senedi Piyasası (Yüksek, Üst Orta Gelirli ve Düşük Orta Gelirli Ülke Ekonomiler)	Wavelet Güç Spektrumu Analizi	Yüksek gelirli ekonomilerde oynaklık, diğer ülkelere göre daha yaygın olup, COVID-19 sürecinde etkisinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, hisse senedi piyasalarındaki bölgesel farklılıklar, finansal hareketliliğin yoğun olduğu yerlerde spekülasyon ataklarının artmasına ve yatırımcıların davranışlarını önemli ölçüde etkilemesine yol açmıştır.
Özdemir (2022a)	17.11.2019 25.01.2021	Bitcoin, Ethereum, Stellar, Ripple, Tether, Cardano, Litecoin Eos	EGARCH DCC-GARCH Wavelet Uyum Analizi	Bitcoin, Ethereum ve Litecoin'in yüksek volatilité gösterdiğini ve birbirleriyle güçlü bir bağımlılık içinde olduklarını gözlemlemiştir. Piyasalardaki herhangi bir şok, bu üç kripto para piyasasında eşzamanlı volatilité yayılmalarına yol açmakta ve bu volatilité yayılmaları daha belirgin hale gelmektedir. Ayrıca yapılan risk analizine göre, USDT hariç tüm kripto varlıkların, SSE ve S&P 500'e kıyasla daha yüksek aşağı yönlü risk taşıdığı belirtilmiştir.

Kara ve Demireli (2023)	14.06.2018 01.12.2021	Bitcoin Ethereum Binance Coin Cardano Litecoin Tron Stellar IOTA	Engle Granger Eşbütünleşme Yöntemi En Küçük Kareler Yöntemi (EKK), Toda- Yamamoto Nedensellik Yöntemi	BTC ile seçilen altcoinler arasında uzun vadeli bir eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmemiştir. Ancak, bağımsız ve bağımlı değişkenler arasında kısa vadeli bir ilişkinin mevcut olduğu sonucuna varılmıştır. Nedensellik testine göre, altcoinler üzerinde bir etkisi olduğu, ancak Binance Coin ve Litecoin üzerinde herhangi bir nedenselliğinin bulunmadığı ve bu coinlerin Bitcoin'den etkilenmediği belirlenmiştir.
Polat ve Karakaya (2023)	23.02.2017 18.06.2021	Bitcoin, Ethereum, Litecoin, Stellar, Ripple	Granger Nedensellik Analizi Hafner Herwartz Varyansta Nedensellik Analizi	Kripto paralar arasındaki nedensellik analizine göre, ortalama değerlerde Ethereum ve Litecoin hariç diğer değişkenler arasında Granger nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Varyans açısından ise Bitcoin ile Ethereum ve Bitcoin ile Litecoin dışındaki diğer değişkenler arasında varyans nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Mensi vd., (2024)	15.05.2018 07.03.2022	Bitcoin Ethereum Litecoin Ripple Bitcoin Cash	TVP-VAR Analizi	Analiz sonuçlarına göre, COVID-19 pandemisi döneminde kripto para piyasalarının birbirleriyle olan bağlantısının arttığı, hisse senedi piyasaları toparlandıkça ise bu bağlantının pandemi öncesi seviyelere gerilediği tespit edilmiştir.
Aydoğdu (2024)	01.01.2017 22.11.2023	Bitcoin Ethereum Ripple Binance Coin	Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü (MODWT) Hurst Üsteli Volatilité Modelleri	BTC, ETH, XRP ve BNB gibi kripto paraların getirilerinin hem kendi iç dinamiklerine bağlı olarak hem de küresel olaylar sırasında değişiklik gösterdiği ve bu getirilerin yüksek volatilité ile fraktal bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir.

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

3. Metodoloji

Çalışma, üç aşamadan oluşan kapsamlı bir araştırmayı yürütmektedir. İlk aşama, incelenen değişkenler için grafik analiz ve tanımlayıcı istatistiklerin hesaplanmasını içermektedir. İkinci aşamada, kripto para birimleri arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için Pearson korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Son olarak, bu çalışma, kripto para birimleri arasındaki dinamik varyansları ve karşılıklı bağımlılıkları ölçmek için wavelet analizi kullanmıştır.

Wavelet analizi, zaman-frekans alanında zaman serilerinin davranışını analiz etme yeteneği sayesinde finans ve ekonomi alanlarında popülerlik kazanmıştır (Schleicher, 2002: 27; Uyar, 2019: 141; Kangallı Uyar, 2021: 122). Wavelet metodolojisinin, farklı zaman serisi segmentleri ve frekans alanları boyunca korelasyon modellerini inceleme yeteneği ve bu modellerin etkisini değerlendirme kapasitesi, finansal zaman serisi analizinde kullanılmasının itici gücü olmuştur (Aguiar Conraria vd., 2008; Zhang vd., 2021). Wavelet analizinin yaygın kullanılmasının başlıca sebeplerinden biri, durağan olmayan zaman serilerinin herhangi bir dönüşüm gerektirmeden ve veri kaybı yaşanmadan incelenmesine imkân tanınmasıdır (Schleicher, 2002: 27; Kangallı Uyar, 2021: 122). Bir diğer nedeni ise, finansal zaman serilerindeki hareketlerin hem zaman hem de frekans uzayında analiz edilebilme imkânı sağlamasıdır. Bu sayede, finansal zaman serilerinin farklı frekanslara ayrıştırılmasıyla, orijinal serilerde tespit edilemeyen hareketler veya özellikler hakkında bilgi edinilebilir. Böylece, değişkenler arasındaki ilişkiler, genel bir seviyede değil, frekans-temelli, diğer bir ifadeyle ölçek bazında analiz edilebilir (Crowley, 2007: 256). Ayrıca wavelet yaklaşımının parametrik olmayan yapısı sayesinde, değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler de herhangi bir veri kaybı olmadan göz önüne alınabilir (Kangallı Uyar, 2021: 122). Bu bölümde, çalışmanın hedeflerine ulaşabilmek ve kripto para birimlerinin fiyat dalgalanmalarını analiz edebilmek için wavelet güç spektrumu (Wavelet Power Spectrum -WPS) kullanılmıştır. Ayrıca, zaman ve frekansa bağlı bir yapıda wavelet uyum analizi (Wavelet Coherence Analysis-WTC) kullanılarak eş hareketler ve nedensel bağlantılar incelenmiştir.

Wavelet analizi, bir getiri serisinin zaman-ölçek bileşenlerine ayrılmasını sağlar (Marín Rodríguez vd., 2023). Aynı zamanda, wavelet fonksiyonları, konum ve ölçek ölçütlerine ve başka bir wavelet fonksiyonuna dayalı olarak oluşturulmaktadır (Dahir vd., 2018). Morlet wavelet, küçük dalgalar üretmek için kullanılır. Zaman (t) ve ölçek (s) fonksiyonu olarak şu şekilde ifade edilir:

$$\psi_{\tau,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t - \tau}{s}\right) \quad (1)$$

Burada, τ , s ve \sqrt{s} sırasıyla zamanı, ölçeği ve normalleştirme faktörünü tanımlar. Bir normalleştirme faktörünün dahil edilmesi, dönüşümün farklı zaman ve ölçekler için karşılaştıra bilirlğini korumasını sağlar.

Çalışmanın amaçlarına bağlı olarak, literatür zaman serisi ayrıştırması için birden fazla wavelet türü sunmaktadır; bu çalışmada “Morlet Waveleti” seçilmiştir (Morlet vd., 1982). Morlet wavelet zaman ve frekans lokalizasyonunun en iyi kombinasyonunu sunmaktadır (Addison 2017), Ayrıca Morlet wavelet için Fourier periyodunun kullanılan ölçeğe neredeyse eşit olduğunu göstermektedir (Grinsted vd., (2004). Morlet dalgacığı şu şekilde tanımlanır:

$$\psi^M(t) = \frac{1}{\pi^{1/4}} e^{i\bar{\omega}_0 t} e^{-t^2/2} \quad (2)$$

Burada $\bar{\omega}_0$ waveletin merkezi frekansını gösterir. Dahir vd., (2018) ve Bouri vd., (2020) gibi, bu çalışmada da Morlet waveleti olarak $\bar{\omega}_0 = 6$ kullanılmıştır. Bu değer etkili bir zaman ve frekans konumunu sağlamaktadır. Ayrık zamanlı bir serinin $(p)(t)$, $t=0,1,2,\dots,n$ sürekli wavelet dönüşümlerinin (Continuous Wavelet Transform-CWT) W_p 'ye göre gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$W_x(\tau, s) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\psi_{\tau,s}^*(t)dt = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\psi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right)dt \quad (3)$$

Burada karmaşık eşlenik $*$ ile gösterilir. Güç spektrumu varyansı şu şekilde yazılabilir.

$$\|x\|^2 = \frac{1}{C_\psi} \int_0^{+\infty} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} |W_x(\tau, s)|^2 d\tau \right] \frac{ds}{s^2} \quad (4)$$

Her bir değişken için local varyansı değerlendirmek için WPS kullanılır, bu da şu şekilde tanımlanır:

$$WPS_x(\tau, s) = |W_x(\tau, s)|^2 \quad (5)$$

Torrence ve Compo (1998)'nin çalışmasında $x(t)$ ve $y(t)$ gibi iki farklı zaman serisi için XWT ölçüsünü aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$W_{x,x}(\tau, s) = x(\tau, s)W_y^*(\tau, s) \quad (6)$$

Burada $W_x(\tau, s)$ ve $W_y(\tau, s)$ sırasıyla $x(t)$ ve $y(t)$ 'nin sürekli wavelet dönüşümlerini (Continuous Wavelet Transforms – CWT) ifade eder. τ

konum, s ölçek parametresini, $*$ işareti ise karmaşık sayının eşliğini gösterir. $x(x)$ ve $y(x)$ iki zaman serisi arasındaki wavelet uyum ölçüsü şu şekilde tanımlanır

$$R^2(\tau, s) = \frac{|S(t^{-1}W_{x,y}(\tau, s))|^2}{S(t^{-1}|W_x(\tau, s)|^2)S(t^{-1}|W_y(\tau, s)|^2)} \quad (7)$$

Burada $R^2(\tau, s)$ her zaman ve frekansta $x(t)$ ve $y(t)$ arasındaki korelasyonu ölçer. S zaman ve ölçeklerdeki yumuşatma (düzgünleştirme) parametresini gösterir. Wavelet uyum analizi değeri² 0 ile 1 arasında değişir ($0 \leq R^2(\tau, s) \leq 1$). $R^2(\tau, s)$ 'un sıfıra yakın değerler alması $x(t)$ ve $y(t)$ gibi iki zaman serisi arasındaki lokal korelasyonun zayıf olduğunu yani etkileşimin veya nedensellik bağlantılarının olmadığını gösterirken, bire yakın değerler alması durumunda ise güçlü olduğunu yani birlikte hareketin olduğunu ve nedensellik bağlantılarının güçlü olduğunu göstermektedir (Rua ve Nunes, 2009: 634). WTC'nin iki zaman serisi arasındaki etkileşiminin pozitif mi yoksa negatif yönden mi olduğunu göstermemesi gibi bir sınırlaması bulunur ve bu sınırlama "lead-lag" ilişkilerinin hesaplanmasıyla çözülür. İki zaman serisi arasındaki faz farklı bağlantısını tahmin etmek için kullanılır (Torrence ve Webster 1999).

$$\emptyset_{x,y}(\tau, s) = \tan^{-1} \left(\frac{\Im\{S(t^{-1}W_{x,y}(\tau, s))\}}{\Re\{S(t^{-1}W_{x,y}(\tau, s))\}} \right), \quad \emptyset_{x,y} \in [-\pi, \pi] \quad (8)$$

Burada \Im ve \Re sırasıyla düzgünleştirme güç spektrumunun gerçek ve sanal kısımlarını göstermektedir.

4. Veri Seti

Veri kümesi, 09.11.2017'den 17.09.2024'e kadar kripto para birimlerinin günlük kapanış değerlerini içermektedir. 17.09.2024 tarihi itibarıyla piyasa değeri açısından en yüksek altı kripto para birimi olan Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Binance Coin (BNB) ve Ripple (XRP), Cardano (ADA) ve Dogecoin (DOGE), coninmarket.com tarafından rapor edilmiştir. Kripto para birimleri sürekli işlem gördüklerinden dolayı mevcut tüm günlere ait veriler kullanılmıştır ve bu da seçilen kripto para birimleri için toplam 2505 gözlem sayısına karşılık gelmektedir. Tether (USDT) ve USDC bir stable coinler olup ABD dolarına sabitlendiğinden dolayı analize dahil

2 Bu değerin dağılımı hakkında henüz bir bilgi bulunmadığından, istatistiksel anlamlılık seviyesinin değerlendirilmesi amacıyla Monte Carlo simülasyon analiz yöntemlerine başvurulmaktadır (Kangallı Uyar, 2021).

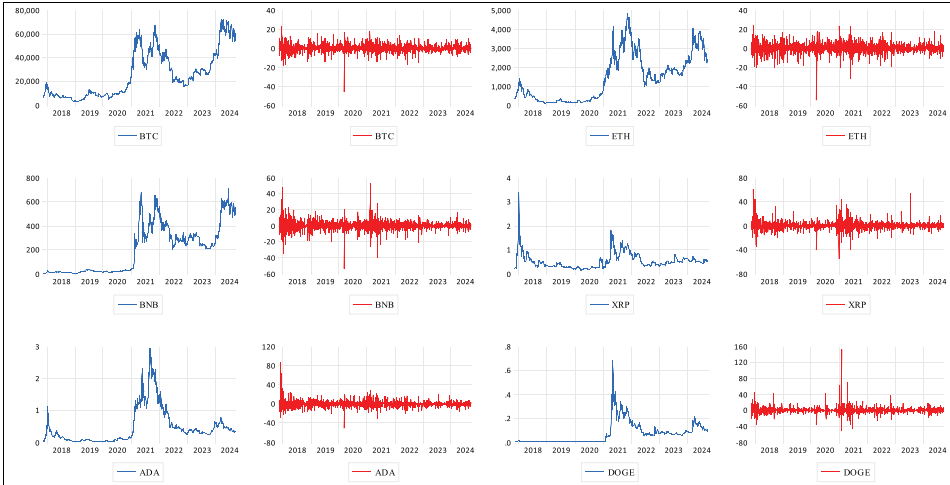
edilmemiştir ve Binance Coin (BNB) verilerinin 09.11.2017 tarihi itibarıyla mevcut olması, çalışma dönemi başlangıcı olarak belirlenmiştir. Kripto para verileri ABD doları cinsinden investing.com adresinden elde edilmiştir. Kripto para birimleri için günlük getirileri hesaplamak için logaritmik fark yöntemi kullanılmıştır.

$$R_t = 100 \times (\log(P_t) - \log(P_{t-1})) \quad (9)$$

Burada $\log(P_t)$, t zamanındaki kapanış fiyatlarının logaritmik halini ifade eder.

5. Analiz Bulguları

Bu bölümde, incelenen dönemde kripto para birimlerinin ilişkin elde edilen analiz bulgularına yer verilmiştir.



Şekil 1. Kripto Para Birimlerine Ait Fiyat ve Getiri Serileri

Şekil 1’de, incelenen kripto para birimlerinin günlük fiyat (mavi) ve getiri (kırmızı) serilerini gösteren grafiklere yer verilmiştir. Grafiklerde yer alan kripto varlıkların, özellikle volatilité seviyeleri ve belirgin piyasa dalgalanmaları açısından dikkat çekici bulgulara işaret ettiği söylenebilir. BTC fiyatının 2017, 2020, 2021 ve 2023 yıllarında belirgin artışlar gösterdiği ve 2022 yılında ise düşüş gösterdiği gözlemlenebilmektedir. BTC getiri grafiği, BTC’nin volatilitésinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. ETH ve BNB’nin fiyat hareketleri 2017, 2020, 2021 ve 2023 yıllarında BTC’ye benzer şekilde güçlü bir yükseliş sergilemiş ve 2022 yılında ise düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir. Ethereum’un fiyat hareketleri de 2017 ve 2021 yıllarında Bitcoin’e benzer şekilde güçlü bir yükseliş sergilemiştir. Hem ETH hem de BNB’ye ait getiri grafiklerine bakıldığında, özellikle kriz

dönemlerinde volatilité seviyesinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. XRP'nin fiyat hareketleri 2017 ve 2020 yıllarında artış gösterse de daha sınırlı ve dengeli bir seyir sergilemiştir; özellikle 2017'nin sonunda gerçekleşen büyük bir artış dikkat çekmektedir. XRP getiri grafiğinin nispeten daha az oynaklığa sahip olduğu ifade edilebilir. ADA'nın 2017 ve 2021 yıllarında fiyatlarında artış olduğu ve 2021 yılından sonra düşüş eğiliminde olduğu gözlemlenebilmektedir. Bu artış, kripto piyasasının genel boğa trendleri ile paralel bir seyir izlemektedir. ADA getiri grafiği incelendiğinde belirgin oynaklık gözlemlenmektedir. DOGE'nin fiyat hareketleri özellikle 2021 yılında hızlı bir yükseliş yaşamış ve sonraki yıllarda düşüş eğilimine girmiştir. DOGE getiri grafiği incelendiğinde ise özellikle 2021 yılında oldukça volatil bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmektedir. Özetle, tüm kripto para birimlerine ait hem fiyat hem de getiri serilerinde, incelenen yıllar boyunca önemli fiyat ve getiri değışiklikleri ortaya konmuş olup; 2017, 2020, 2021 ve 2023 yıllarında volatilité kümelenmeleri olduğu ve getiri oynaklığında dikkate değer bir artış olduğu gözlemlenebilmektedir. Ayrıca boğa ve ayı piyasalarının etkileri net bir şekilde grafiklere yansımaktadır.

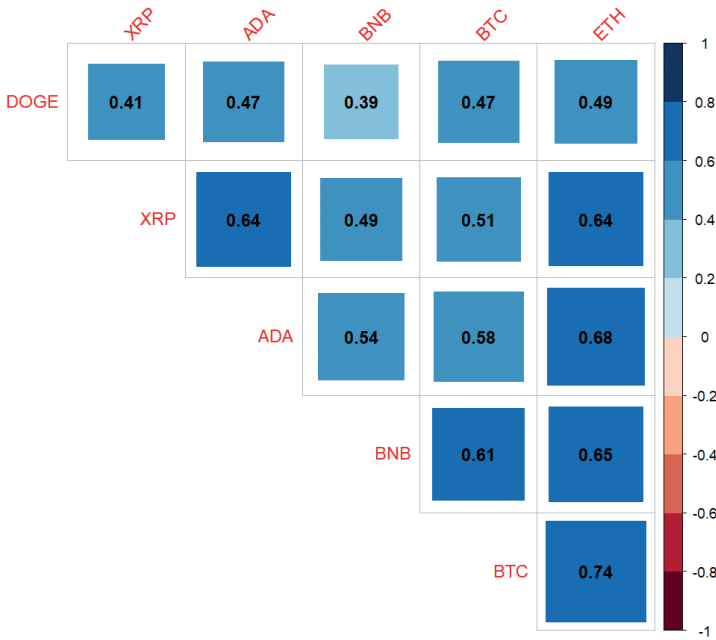
Tablo 1. Tanımlayıcı İstatistikler

	BTC	ETH	BNB	XRP	ADA	DOGE
Ortalama	0.084	0.078	0.223	0.039	0.093	0.170
Maximum	22.511	23.474	52.921	60.688	86.154	151.632
Minimum	-46.473	-55.073	-54.308	-55.050	-50.363	-51.511
S.Sapma	3.713	4.677	5.260	5.845	6.100	7.087
Çarpıklık	-0.771	-0.880	0.415	1.145	1.978	4.826
Basıklık	15.879	13.972	20.840	23.780	30.581	97.600
Jarque-Bera	17562.07***	12889.13***	33292.93***	45618.23***	81039.21***	943804.4***
Gözlem Sayısı	2505	2505	2505	2505	2505	2505

Not: *** %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Kripto para birimlerinin getirilerine ilişkin tanımlayıcı istatistiklerin sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Her bir kripto para birimi için ortalama getiri, maksimum ve minimum değerler, standart sapma, çarpıklık, basıklık ve Jarque-Bera istatistiği hesaplanmıştır. Kripto para birimlerinin ortalama getirisinin %0,039 (XRP) ile %0,170 (DOGE) arasında değıştiği ortaya konmuştur. Standart sapma değerleri incelendiğinde, kripto para birimlerinin yüksek volatilitéye sahip olduğu görülmektedir. Özellikle DOGE'nin (7,087) en yüksek standart sapmaya sahip olduğu, BTC'nin ise (3,713) en düşük standart sapmaya sahip olduğu belirlenmiştir. Çarpıklık değerleri değerlendirildiğinde, BTC (-0,771) ve ETH (-0,880) negatif çarpıklık değerlerine sahipken, bu durum dağılımların sola çarpık olduğunu ve ortalamadan daha düşük getirilerin daha sık gerçekleştiğini gösterebilir. Öte yandan BNB (0,415), XRP (1,145), ADA (1,978) ve DOGE (4,826) pozitif çarpıklık değerlerine sahiptir ve bu durum sağa çarpık dağılımları işaret

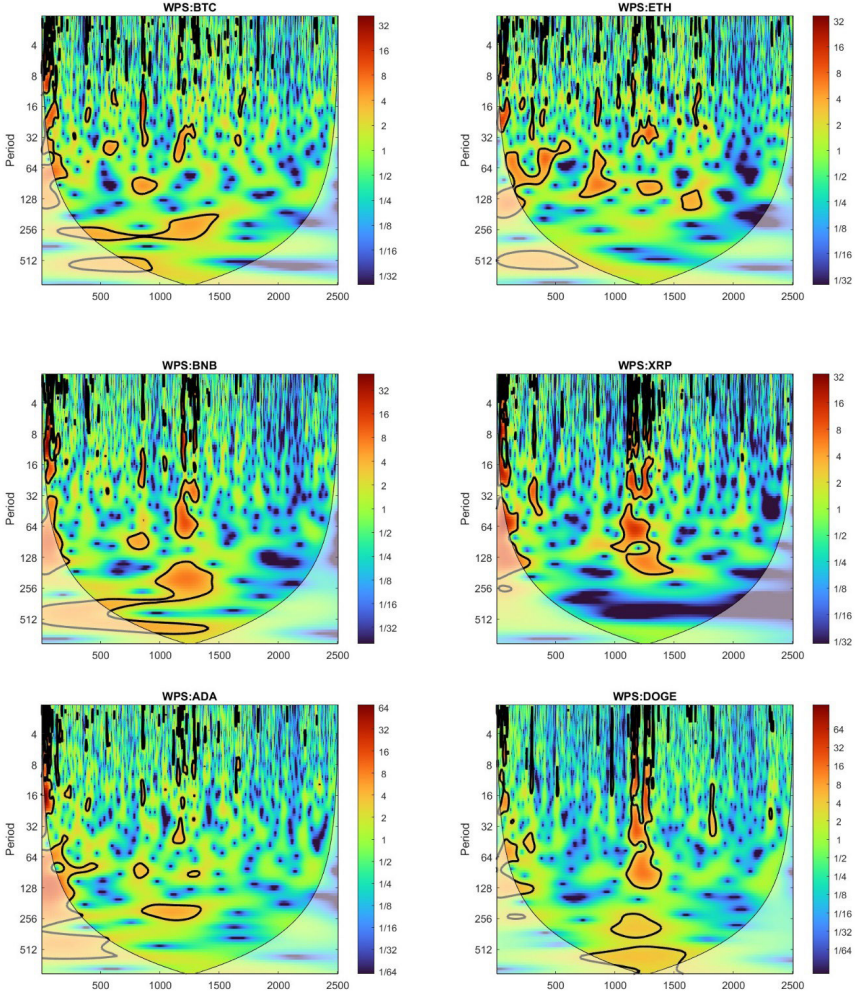
etmektedir. Son olarak, basıklık değerleri incelendiğinde, tüm kripto para birimlerinin getiri serilerinin üçten büyük bir basıklık değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu da kuyrukların normal dağılım kuyruklarından daha kalın olduğu, sivri (leptokurtik) ve normal olmayan bir dağılım gösterdiğini belirtmektedir. Bu durum, anlamlı Jarque-Bera testi ile doğrulanmıştır. Analiz edilen kripto para birimlerinin getiri dağılımları, yüksek volatilité, asimetri ve kalın kuyruk özellikleri sergilemektedir. Bu bulgular, kripto para piyasalarının geleneksel finansal varlıklardan farklı dinamiklere sahip olduğunu ve risk yönetimi stratejilerinin bu özellikler dikkate alınarak geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Yatırımcılar ve portföy yöneticileri, kripto para birimlerinin istatistiksel özelliklerini göz önünde bulundurarak portföylerinde uygun risk-getiri dengesi sağlamaları gerekebilir.



Şekil 2. Korelasyon Matrisi

Şekil 2’de Pearson korelasyon matrisi sonuçlarına yer verilmiştir. Bu Pearson korelasyon matrisi, kripto para birimleri arasındaki korelasyon yapısını analiz etmektedir. Matris, DOGE’nin diğer kripto paralarla genel olarak zayıf ve orta düzeyde pozitif bir korelasyona sahip olduğunu, XRP, ADA, BNB, BTC ve ETH arasındaki korelasyonların ise daha güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle XRP-ADA, ADA-ETH ve BTC-ETH arasında anlamlı pozitif korelasyonlar gözlemlenmektedir. BTC ve ETH arasındaki 0,74’lük güçlü korelasyon, bu iki varlığın piyasa hareketlerinin büyük ölçüde birlikte gerçekleştiğini göstermektedir. Genel olarak, bu kripto paralar

arasında pozitif korelasyonların bulunduğu, ancak korelasyonların Őiddetinin farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu durum, kripto para portföylerinde çeşitlendirme stratejilerinin uygulanmasında korelasyonların dikkate alınması gerektiğini vurgulamakta ve yüksek korelasyon gösteren varlıkların portföyün risk ve getiri profilini nasıl etkileyebileceğine dair önemli ipuçları sunmaktadır. Ayrıca bu bağlamda kesin kanıt elde etmek için daha kapsamlı bir araştırma gerekmektedir.



500	1000	1500	2000	2500
03/2019	08/2020	12/2021	04/2023	09/2024

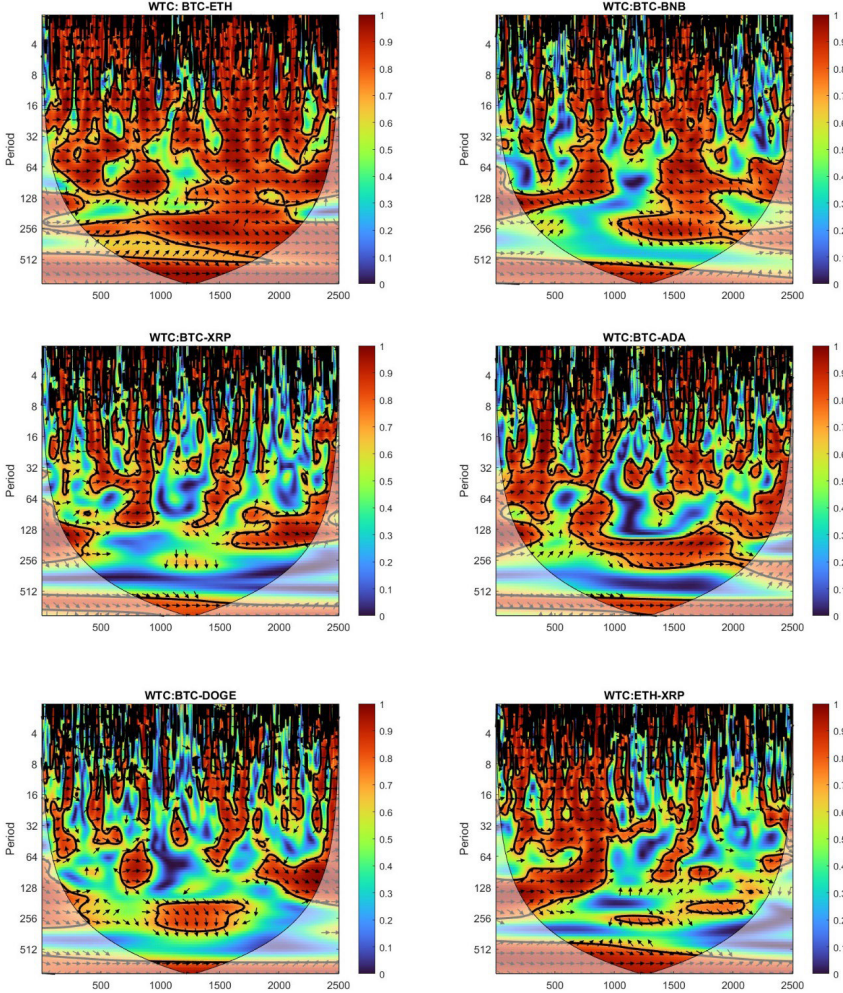
Şekil 3. Kripto Para Birimlerine Ait Wavelet Güç Spektrumu (WPS) Grafikleri

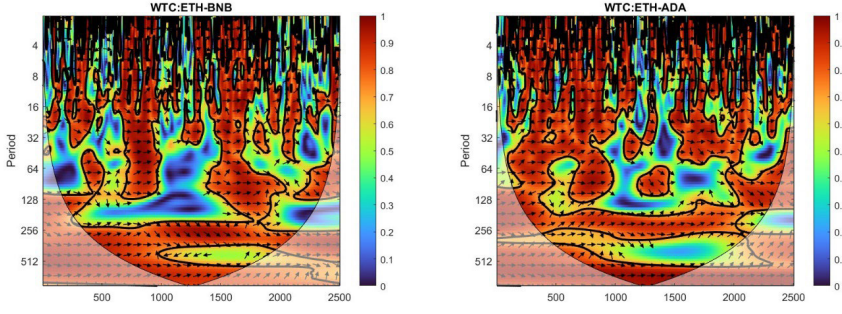
Wavelet güç spektrumu (WPS) grafikleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Wavelet dönüşümünün mutlak kare değeri, farklı zaman ve ölçeklerde birim değişkenlerin yerel varyansını ölçer (Dahir vd., 2018). Monte Carlo simülasyonlarının kullanımı, wavelet gücünün istatistiksel anlamlılığını değerlendirmeye olanak sağlar. Bu analizde, kalın siyah konturlar %5 anlamlılık seviyesini gösteren alanları işaret eder. İnce gri ‘U’ şekilli çizgi ise, sınır etkilerini gösteren etki konisini belirtir (Dewandaru vd., 2017). Kırmızı ve mavi renkli bölgeler, yüksek ve düşük varyasyonu temsil eder. Ayrıca, araştırma altı farklı yatırım döngüsü kapsamında incelenmiştir. Bunlar: 4-8, 8-16, 16-32, 32-64, 64-128 ve 128-512 günlük yatırım ufuklarıdır. Yatırım ufukları üç gruba ayrılmıştır: kısa vadeli yatırım ufku, 4-8, 8-16, 16-32 günlük yatırım döngülerini kapsar; orta vadeli yatırım ufku, 32-64 ve 64-128 günlük yatırım döngülerini içerir; uzun vadeli yatırım ufku ise 128-512 günün üzerindeki yatırım döngülerini kapsar.

2017 yılından itibaren kripto para birimlerinin getiri değişimlerinin WPS grafiklerinde önemli dalgalanmalar sergilediği gözlemlenmiştir. Bitcoin ve Ethereum, özellikle 2017’nin son çeyreği ile 2018’in ilk çeyreği arasında, 16-32 ve 32-64 günlük ölçeklerde yüksek güç bölgeleri göstermiştir. Bu dönem, kripto para piyasalarının önemli fiyat hareketleri yaşadığı, volatilitenin arttığı ve yatırımcı ilgisinin zirveye ulaştığı bir dönem olarak bilinmektedir. Bitcoin, 2020 yılının ilk çeyreğinden 2021’in son çeyreğine kadar olan süreçte, 128-256 günlük ölçeklerde yüksek güç bölgeleri göstermiştir. Bu durum, Bitcoin’in giderek kurumsal yatırımcıların ilgisini çekmeye başlamasıyla açıklanabilir. Ethereum ise, özellikle DeFi ve NFT ekosistemlerinin büyümesi ile 2020’nin ilk çeyreğinden 2021’in son çeyreği ve 2022’nin ilk çeyreğine kadar 64-128 günlük ölçeklerde yüksek güç bölgeleri göstermiştir.

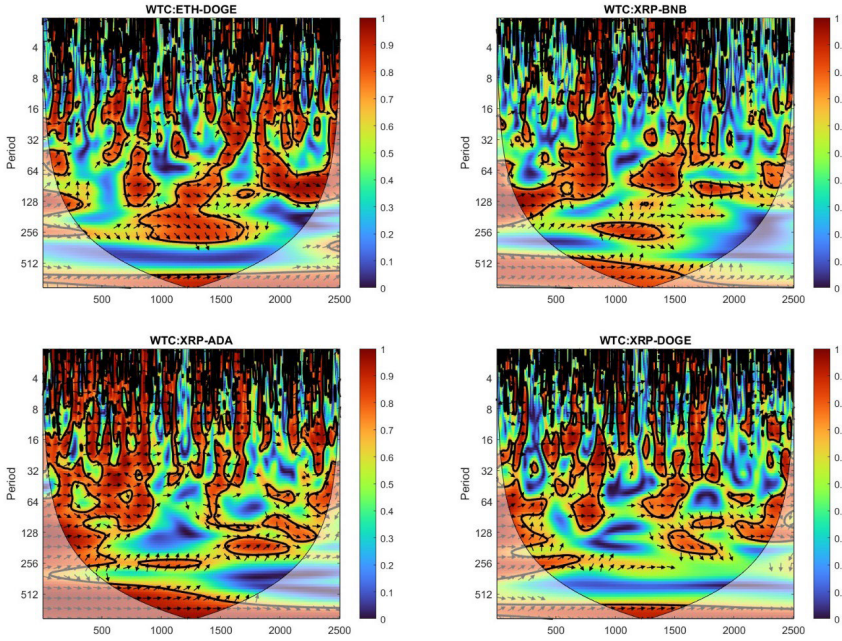
Binance Coin, 2017’nin ikinci çeyreği ile 2018’in ilk çeyreği arasında 16-32 ve 64-128 günlük ölçeklerde yüksek güç sergilemiştir. Ayrıca, 2020’nin ilk iki çeyreğinde 32-64, 64-128 ve 128-512 günlük ölçeklerde de yüksek güç bölgeleri gözlemlenmiştir. Bu, Binance Coin’in, Binance borsasının büyümesiyle paralel olarak kazandığı ivmeyi yansıtmaktadır. Ripple ise, 2017’nin ikinci çeyreği ile 2020’nin ilk iki çeyreği arasında, 16-32, 32-64 ve 64-128 günlük ölçeklerde yüksek güç bölgeleri göstermiştir. ADA ve DOGE ise, 2017’nin ikinci çeyreği ile 2018’in ilk iki çeyreği arasında, 16-32, 32-64 ve 64-128 günlük ölçeklerde orta ve yüksek güç bölgeleri sergilemiştir. Kripto para birimlerinin getirileri, özellikle 2017 ve 2020 yıllarında kısa vadeli (4-8, 8-16 günlük) yüksek güç bölgeleri ile dikkat çekmiştir. Ayrıca, tüm bu yüksek ve orta güç bölgelerinin %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir, bu da kripto para piyasalarının oynaklık yapısının dinamik olduğunu ortaya koymaktadır. WPS grafiklerinden elde edilen

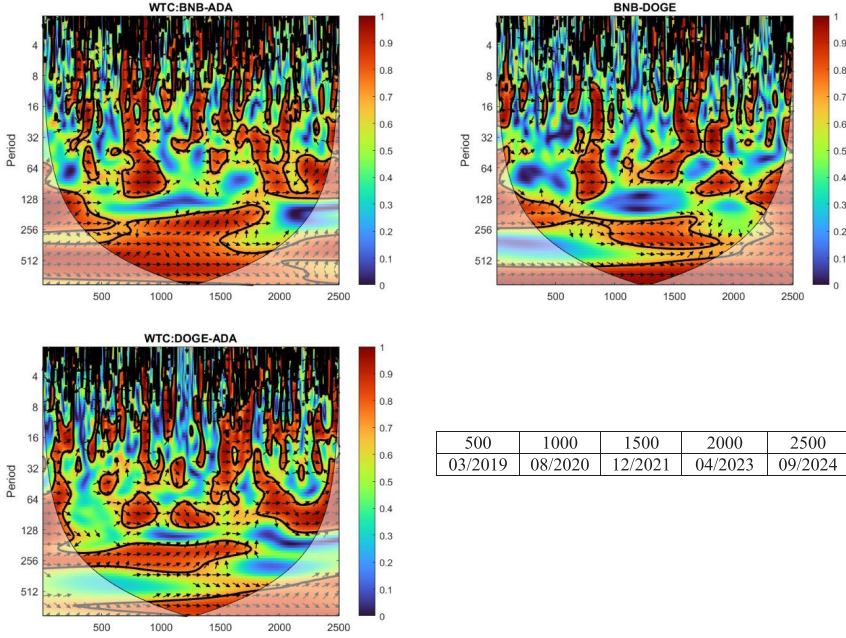
bulgular, kripto paraların fiyat değişimlerinin 2017'den itibaren başladığını göstermektedir. Bitcoin, Ethereum ve Binance Coin için, 2020'nin son çeyreğinden 2021'in üçüncü çeyreğine kadar olan dönemde, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında yüksek fiyat değişimi gözlemlenmiştir. Ripple için ise 2017, 2018, 2020 ve 2021 yıllarında, kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında yüksek fiyat değişimi gözlemlenmiştir. Ayrıca, 2021 yılında kısa vadeli yatırım ufkunda kripto para fiyat değişimlerinin orta ve yüksek düzeye olduğu gözlemlenmiştir.





Şekil 4. Kripto Para Birimlerine Ait Wavelet Uyum Analizi Grafikleri





Şekil 4. Kripto Para Birimlerine Ait Wavelet Uyum Analizi Grafikleri (Devam)

Kripto para birimleri getirileri arasındaki eş hareketler ve nedensellik ilişkileri, Şekil 4'teki wavelet uyum analizi (WTC) grafikleri ile gösterilmiştir. Bu grafiklerde, istatistiksel olarak anlamlı bölgeler siyah ok işaretleriyle sembolize edilir ve bu oklar faz farklarını gösterir. Oklar sağa, sağ aşağıya veya sağ yukarıya bakıyorsa, değişkenler arasındaki ilişkinin pozitif; sola, sol aşağıya veya sol yukarıya bakıyorsa, ilişkinin negatif olduğunu gösterir (Grinsted vd., 2004; Kangallı Uyar, 2021: 136). Ok yukarı yönelmişse, birinci değişkenin ikinci değişkeni etkilediği; aşağıya yönelmişse, ikinci değişkenin birinci değişkeni etkilediği anlaşılır. Başka bir ifadeyle, oklar aşağıya bakıyorsa, birinci değişkenini ikinci değişkeni yönlendirdiği; yukarı bakıyorsa, ikinci değişkenin birinci değişkeni yönlendirdiği anlamına gelir. Ayrıca okların yorumlanmasında yukarı, sağ yukarı veya sol aşağıya bakan oklar, ikinci değişkenin birinci değişkene neden olduğunu; aşağıya, sağ aşağıya veya sol yukarıya bakan oklar ise, birinci değişkenin ikinci değişkene neden olduğunu gösterir (Kang vd., 2019; Kirikkaleli ve Güngör, 2021).

Wavelet uyum sonuçları, standart olarak zaman ve ölçek (veya frekans) eksenlerinde gösterilir ve uyumlar bir renk ölçeğiyle temsil edilir. Renk spektrumu, analiz edilen seriler arasındaki ilişki yoğunluğunu (birlikte hareketi) gösterir. Daha sıcak renkler (kırmızı), anlamlı birlikte hareketleri;

daha soğuk renkler (mavi) ise seriler arasında zayıf birlikte hareketleri ifade eder. Başka bir ifadeyle, wavelet uyum analizinin grafiksel açıklamasında renkler, ilişkinin gücünü belirtir; kırmızı yüksek uyumu, mavi ise düşük uyumu ifade eder. Grafiklerin sağ tarafında, 0 ile 1 arasında değişen bir ölçek sunulmuştur. Yatay eksen zaman unsurunu temsil ederken, dikey eksen ölçek bileşenini gün cinsine çevrilmiş şekilde göstermektedir. Siyah çizginin ya da etki konisinin ötesindeki bölgelerde, wavelet katsayılarının %5 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle bu bölgeler dikkate alınmamaktadır. Wavelet uyum analizi, kripto para birimi getirisi çiftlerinde eş hareketliliği ya da dinamik ilişkiyi ortaya çıkarırken; wavelet faz farkı, farklı yatırım ufuklarında getirilerin dinamik bağlantılarını veya karşılıklı bağımlılıklarını belirler.

Wavelet uyum analizi grafikleri, kripto para birimlerinin getirilerinin zaman ve frekans alanlarında önemli ölçüde dinamik bir ilişki içerisinde olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, kripto para birimlerinin getiri çiftlerindeki uyum (yani kripto para getirileri), hem düşük hem de yüksek frekans bantlarında (4-8, 8-16, 16-32, 32-64, 64-128 ve 128-512 günlük yatırım ufuklarında) artmakta ve 2017 yılından 2024 yılına kadar sürmektedir.

Bitcoin ve diğer kripto para birimlerinin getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, BTC-ETH arasında incelenen dönem boyunca neredeyse tüm yatırım ufuklarında anlamlı ve çok güçlü ilişkiler olduğu görülmektedir. Bu bulgu, her iki kripto para birimi piyasası arasındaki eş hareket derecesinin oldukça yüksek olduğunun bir göstergesidir. BTC-ETH için ilişkinin yönü pozitifdir ve ilişkideki etki yönü frekanslara göre farklılık gösterse de kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında BTC'den ETH'ye doğrudur. Karşılıklı bağımlılık ilişkisi BTC-BNB, BTC-XRP, BTC-ADA ve BTC-DOGE için de gözlemlenebilmektedir. BTC-BNB için incelenen dönem boyunca kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında ilişki BTC'den BNB'ye, XRP'ye, ADA'ya ve DOGE'ye doğrudur. Ancak uzun vadeli yatırım ufuklarında ilişki BNB ve DOGE'den BTC'ye doğrudur. Uzun dönemde de ilişkinin yönü pozitifdir. Ayrıca, 2017-2018 yıllarındaki finansal gelişmeler, COVID-19 pandemisi ve Ukrayna-Rusya savaşı, bulaşıcılık etkileriyle kriz dönemlerine karşılık gelen kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında, BTC ve diğer kripto para birimlerinin getirileri için güçlü bir ilişki olduğu ifade edilebilir.

Ethereum ve diğer kripto para birimlerinin getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, ETH-XRP arasında 2017-2019 yılları arasında kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında anlamlı ve güçlü ilişkilerin olduğu gözlemlenebilmektedir. ETH-XRP için ilişkinin yönü pozitifdir ve

tüm yatırım ufuklarında ilişkiadaki etki yönü ETH'den XRP'ye doğrudur. Karşılıklı bağımlılık ilişkisi ETH-BNB ve ETH-DOGE arasında da gözlemlenebilmektedir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında ilişkinin yönü ETH'den BNB'ye ve DOGE'ye doğrudur. Ancak uzun vadeli yatırım ufuklarında ilişki BNB ve DOGE'den ETH'ye doğrudur ve bu ilişkinin yönü pozitifdir. ETH-ADA arasındaki ilişki, incelenen dönemde neredeyse tüm yatırım ufuklarında anlamlı ve güçlü bir ilişki olduğu ifade edilebilir. ETH-ADA için ilişkinin yönü pozitifdir ve tüm yatırım ufuklarında ilişkiadaki etki yönü ETH'den ADA'ya doğrudur.

Ripple ve diğer kripto para birimlerinin getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, XRP ile BNB arasında, incelenen dönemde özellikle 2017 ve 2020 yıllarında güçlü bir korelasyon olduğu görülmektedir. Bu korelasyon, özellikle 16-64 günlük yatırım ufuklarında dikkat çekicidir. Bu dönemde XRP ve BNB'nin güçlü bir şekilde birlikte hareket ettiği ve okların yönüne göre BNB'nin genellikle XRP'den önce geldiği görülmektedir. Bu durum, XRP ile BNB'nin uzun vadeli dönemlerde de belirgin bir eş hareketliliğe sahip olabileceğini göstermektedir. XRP ile ADA arasındaki korelasyon, özellikle 32-128 günlük yatırım ufukları arasında belirgin olup, bu yatırım ufuklarında güçlü bir ilişki olduğu gözlenmektedir. Benzer şekilde, XRP ve DOGE arasındaki ilişki de 16-64 günlük yatırım ufukları arasında oldukça belirgin olup, ilişkinin yönü pozitif ve güçlü bir eş hareket ortaya koymaktadır. Bu dönemde okların sağa ve aşağıya yönelmesi, DOGE'nin XRP'yi takip ettiğini göstermektedir. Ancak daha uzun vadeli yatırım ufuklarında (256-512 gün) korelasyonun zayıflaması, uzun vadeli yatırımcıların bu iki varlık arasındaki ilişkiyi daha az belirgin olarak algıladığını göstermektedir. XRP'nin BNB, ADA ve DOGE ile olan ilişkilerinde eş hareketliliklerin dönemsel olarak güçlü bir şekilde ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Bu durum, özellikle kısa ve orta vadeli yatırımcılar açısından bu varlıklar arasında önemli korelasyonlar bulunduğunu ve XRP'nin genellikle bu varlıklar karşısında öncülük ettiğini göstermektedir. Uzun vadeli periyotlarda ise bu ilişkilerin zayıfladığı dikkat çekmektedir.

Binance Coin ve diğer kripto para birimlerinin getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, BNB ve DOGE'nin kısa vadeli yatırım ufukunda (16-32 gün) güçlü bir ilişki gözlemlenmiştir. Orta vadeli yatırım ufuklarında (64-128 gün) bu iki kripto para birimi arasında devam eden bir ilişki olduğu gözlemlenmektedir. Uzun vadeli yatırım ufuklarında (256-512 gün), iki değişken arasında anlamlı bir korelasyon olduğu görülmektedir. Sağ ve aşağıya doğru yönelen oklar, BNB'nin DOGE'yi etkilediğini göstermektedir. BNB-ADA arasındaki ilişki kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında (16-64 gün) iki değişken arasında güçlü bir korelasyon olduğunu göstermektedir.

Ancak, uzun vadeli yatırım ufkunda (128-256 gün) bu ilişkinin zayıfladığı gözlemlenmektedir. Ayrıca, ilişkinin yönü pozitifdir ve ADA'nın genellikle BNB'yi takip ettiğini göstermektedir. DOGE ve ADA getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, kısa vadeli yatırım ufuklarında (4-16 gün) zayıf bir korelasyon görülmektedir. Bu da kısa vadeli yatırım ufuklarında ADA ve DOGE'nin birbirleriyle ilişkili olmadığını göstermektedir. 16-64 günlük yatırım ufuklarında ise güçlü bir korelasyon görülmektedir. Sağ ve aşağıya yönelen oklar, ADA'nın DOGE karşısında öncülük ettiğini göstermektedir. ADA'nın bu dönemde DOGE'ye göre daha belirgin hareketler yaptığı anlaşılmaktadır. 128-512 günlük yatırım ufuklarında da bir ilişkinin olduğu gözlemlenmektedir. Ancak uzun vadede korelasyon daha zayıftır ve bu uzun vadeli yatırım ufuklarında DOGE'nin ADA'yı takip ettiği ve ADA'nın yönlendirdiği anlaşılmaktadır.

Kripto para birimleri arasında gözlemlenen bu anlamlı ilişkiler, bu varlıkların birbirine bağımlı olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Özellikle küresel finansal kriz dönemlerinde ve çeşitli jeopolitik ve ekonomik şoklarla karşılaşıldığında, kripto para piyasaları arasında güçlü bir bulaşıcılık etkisi gözlemlenmektedir. Örneğin, 2018 yılında yaşanan "kripto kışı", COVID-19 pandemisi ve 2022'de başlayan Rusya-Ukrayna savaşı, kripto piyasalarındaki yatırımcı davranışlarını derinden etkilemiştir. Bu olaylar, finansal piyasalardaki belirsizliğin arttığı dönemlerde kripto para birimleri arasındaki kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Kripto para birimleri arasında gözlemlenen güçlü ilişki, bu varlıkların kriz dönemlerinde benzer tepkiler verdiğini ve yatırımcıların kripto piyasalarında ortak bir risk algısına sahip olduklarını göstermektedir. Bu durum, özellikle finansal bulaşıcılık teorisi açısından değerlendirildiğinde, yatırımcıların belirli olaylar karşısında sergilediği sürü davranışlarıyla da ilişkilendirilebilir. Küresel ekonomik ve jeopolitik krizler, bu sürü davranışlarını tetiklemekte ve kripto piyasalarında yaygın bir spekülasyon eğilime yol açmaktadır. Yatırımcıların COVID-19 salgınında ortaya çıkan olası piyasa çöküşlerine karşı aşırı duyarlı olduklarını ima etmektedir. Yatırımcıların davranışları, tercihlerindeki değişimlerle bu kripto para birimlerinde daha belirgin hale gelmiştir.

Kripto para birimleri arasında ilk korelasyonların 4-8, 8-16 ve 16-32 günlük yatırım ufuklarında önemli bir ortak hareket olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, kripto para piyasaları olgunlaştıkça getiri birlikte hareketlilik yoğunlaşmıştır. Özellikle, getiri birlikte hareketliliğin derinliğindeki artış, 2017 yılındaki kripto para piyasasındaki yükseliş ve 2020 yılının başlarında başlayan COVID-19 pandemisi döneminde kalıcı hale gelmiş ve 64-128,128-512 günlük yatırım ufuklarına kadar önemli bir

uyum, uzun vadeli yatırımcıların ölçeğinde olası bir artış olduğunu gösterir. Her iki analiz yönteminden elde edilen bulgular; yatırımcıların, kripto para birimleri arasında volatilité yayılmasını artıran fiyatların yükselişine eğilimli varlıklara yöneldiğini göstermektedir. Dolayısıyla, ekonomik çıkarım, yatırımcıların kripto kışı, COVID-19 salgını ve Rusya-Ukrayna savaşı sırasında sürü davranışına büyük ölçüde maruz kaldığı yönündedir. Bu durum, yatırımcıların COVID-19 salgını veya küresel finansal piyasalardaki durgunluklar gibi olaylardan kaynaklanan ekonomik sorunlar sırasında kripto para birimlerinin neden ve nasıl benzer davranışlar izlediklerini anlamak için önemli bir gösterge şeklinde kabul edilebilir. Yatırımcıların, anormal dönemlerde potansiyel gelecekteki kazanç beklentileri nedeniyle, şiddetli finansal sıkıntıların ortaya çıkabileceği piyasalardan uzaklaşıp, finansal kayıplarını telafi etmek için kripto para piyasaları gibi farklı piyasalara yönelmeleri söz konusu olmuştur. Ancak, ana sorun, bu piyasalardaki riskli davranışlardaki olası artışla birlikte sürü davranışının da artmasıdır. Birçok yatırımcı bu piyasalarda aynı davranışı izlediği için, bu da bu varlıkların volatilité oranında bir artışa neden olmuş ve bu varlıkların fiyatları kısa sürede hızla yükselmiştir.

6. Sonuç ve Tartışma

Finansal varlıkların getirileri arasındaki nedensel ilişkinin araştırılması, yıllar içinde akademik çalışmalarda popüler bir konu haline gelmiştir. Yatırımcılar, portföy yöneticileri ve finansal düzenleyiciler, portföy tahsisi yaparken bir yatırım stratejisinin risk ve getiri boyutlarını göz önünde bulundurmalıdır. Piyasa dalgalanmalarının finansal varlıklar üzerindeki etkilerini anlamak kritik önem taşımaktadır. Özellikle kripto para piyasaları arasındaki ilişkilerin incelenmesi, piyasaların dalgalı olduğu dönemlerde optimal portföylerin belirlenmesinde önemli rol oynar. Finansal piyasalar arasındaki ilişkilerin geçici mi yoksa uzun vadeli mi olduğu, yatırımcıların en iyi portföy stratejilerini belirlemelerine ve politika yapımcıların kriz dönemlerinde riskten kaçınmak için etkili politikalar geliştirmelerine yardımcı olabilir. Bu çalışmada, kripto para piyasaları arasındaki ilişkilerin zaman ve frekans alanında nasıl değişiklik gösterdiği ele alınmaktadır. Wavelet uyum analizi kullanılarak, piyasalar arasındaki finansal bulaşıcılık veya karşılıklı bağımlılıktan kaynaklanan frekans temelli ilişkiler tespit edilmiştir. Buna göre, kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında ya da yüksek frekanslarda gözlemlenen güçlü ilişkiler finansal bulaşıcılıkla, düşük frekanslarda veya uzun vadeli yatırım ufuklarında görülen güçlü ilişkiler ise karşılıklı bağımlılıkla ilişkilendirilmiştir. Çalışma, çeşitli zaman dilimleri ve yatırım

ufuklarını analiz etmekte, getiri volatilitelerini ve getirilerin korelasyonunu wavelet temelli bir metodoloji kullanarak ele almaktadır.

Çalışmanın sonuçları, kripto para piyasalarında hem istikrarlı hem de dalgalı ekonomik koşullarda potansiyel kullanımına ilişkin önemli içgörüler sağlamaktadır. WPS grafiklerine göre, 2017'den itibaren kripto para birimlerinin getiri değişimlerinde belirgin dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Özellikle Bitcoin ve Ethereum, 2017 sonu ve 2018 başı döneminde 16-64 günlük ölçeklerde yüksek güç bölgeleri sergilemiş, bu dönem piyasalarda volatilitenin arttığı ve yatırımcı ilgisinin zirveye ulaştığı bir dönem olarak kaydedilmiştir. Bitcoin, 2020-2021 arasında 128-256 günlük ölçeklerde yüksek güç göstermiştir, bu durum kurumsal yatırımcıların artan ilgisiyle açıklanabilir. Ethereum, DeFi ve NFT ekosistemlerinin büyümesiyle 2020-2022 arasında 64-128 günlük ölçeklerde yüksek güç sergilemiştir. Binance Coin ise, Binance borsasının büyümesine paralel olarak farklı zaman dilimlerinde yüksek güç bölgelerine sahip olmuştur. Ripple, Ada ve Doge gibi diğer kripto para birimlerinde de kısa ve orta vadeli yüksek güç bölgeleri tespit edilmiştir. Tüm bu bulgular, %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ve kripto para piyasalarının oynaklık yapısının dinamik olduğunu göstermektedir. Özellikle 2020-2021 döneminde Bitcoin, Ethereum ve Binance Coin için orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında yüksek fiyat değişimleri gözlemlenmiştir. Ripple için ise kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında yüksek volatiliteler belirgin olmuştur. Özetle, WPS analizi kripto para getirilerinin oynaklığının finansal kriz dönemlerinde kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

WTC grafiklerine göre ise özellikle kripto para piyasalarının birbirine bağımlı olduğunu ve kriz dönemlerinde bu varlıklar arasında güçlü bulaşıcılık etkilerinin görüldüğünü göstermektedir. 2017-2018 yıllarındaki kripto kışı, COVID-19 pandemisi ve Rusya-Ukrayna savaşı gibi dönemlerde kripto para birimleri arasındaki eş hareketlilikler artmış ve bu varlıklar arasındaki korelasyonlar daha belirgin hale gelmiştir. Bu tür olaylar, yatırımcıların risk algılarında değişikliklere yol açarak kripto para piyasalarında ortak hareketliliklere neden olmuştur. Özellikle sürü davranışı olarak adlandırılan yatırımcı davranışları, bu dönemde kripto para piyasalarının volatilitelerini artırmış ve piyasaların birbirine olan bağımlılığını pekiştirmiştir. Bu bulgular, kripto para birimleri arasında gözlemlenen yüksek dereceli eş hareketliliğin, yatırımcıların kriz dönemlerinde benzer risk algıları geliştirdiğini ve küresel finansal ve jeopolitik şoklar karşısında benzer tepkiler verdiğini göstermektedir. Kripto para piyasalarının olgunlaştıkça daha entegre hale geldiği ve bu varlıkların fiyat hareketlerinde güçlü bir uyumun oluştuğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu bulgular kripto paraların kısa ve orta vadeli yatırım ufkunda volatil bir yapıya sahip olduğu belirtilirken, uzun vadede çeşitlendirme potansiyeli sunduğu vurgulanmaktadır. Portföy yöneticileri ve yatırımcıların kısa vadeli yatırımlarda ve finansal kriz dönemlerinde kripto paraları portföyelerine eklemekten kaçınmaları tavsiye edilebilir. Aksine, piyasaların daha az dalgalandığı normal ekonomik koşullarda kripto varlıklarının portföylerde daha fazla yer alması önerilebilir. Kripto para piyasalarındaki yüksek korelasyonlar dikkate alındığında, portföy yöneticilerinin, riskleri azaltmak adına kripto varlıklarını çeşitlendirerek farklı varlık sınıflarına yatırım yapmaları kritik öneme sahip olabilir. Özellikle kriz dönemlerinde kripto paraların artan oynaklığı ve bulaşıcılık etkileri göz önünde bulundurularak, portföylerde denge sağlanması önem arz edebilir. Kısa ve orta vadeli stratejiler, kripto piyasalarındaki yüksek dalgalanmalardan yararlanmayı hedefleyen yöneticiler için uygun olabilir. Ancak bu stratejilerin başarısı, piyasa volatilitésinin yakından takip edilmesine ve hızlı tepkiler verilmesine bağlı olabilir. Kriz dönemlerinde artan bulaşıcılık ve korelasyonlar nedeniyle, portföy yöneticilerinin bu dönemlerde daha korumacı stratejiler izlemesi gerekebilir. Sürü davranışları ve volatilitenin yükselebileceği bu dönemlerde, riskten korunma stratejileri uygulanabilir. Kripto piyasalarının artan kurumsal ilgisi ve olgunlaşması, daha sağlam düzenleyici çerçevelerin oluşturulmasını gerektirir. Küresel krizlerde kripto para piyasalarının etkilerini göz önünde bulunduran politika yapıcılar, potansiyel risklere karşı önleyici adımlar atmalıdır. Bu bağlamda, piyasaların likidite ihtiyaçlarını karşılayacak adımlar önem kazanabilir. Bitcoin ve Ethereum gibi büyük kripto varlıklar, uzun vadeli yatırım ufkularında portföy dayanıklılığını artırabilir ve kurumsal yatırımcıların ilgisini çekebilir. Yatırımcılar, kripto paralar arasındaki yüksek korelasyonu dikkate alarak, bu varlıkların oluşturabileceği bulaşıcılık etkilerini hesaba katmalı ve gerektiğinde portföylerinde riskten korunma stratejilerini uygulanması önerilmektedir. Son olarak, kısa vadeli yatırım ufkuna sahip yatırımcılar, kısa vadeli spekülâtif yatırımlar için kripto piyasaları fırsatlar sunabilir.

Kaynakça

- Addison, P. (2017). *The illustrated wavelet transform handbook: Introductory theory and applications in science, engineering, medicine and finance* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315372556>
- Aguiar-Conraria, L., Azevedo, N., & Soares, M. J. (2008). Using wavelets to decompose the time–frequency effects of monetary policy. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 387(12), 2863–2878. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2008.01.063>

- Ammous, S. (2018). *The Bitcoin standard: The decentralized alternative to central banking*. John Wiley & Sons.
- Aydın, S. (2024). Kripto para piyasasında işlem yapan bireysel yatırımcıların irrasyonel yatırımcı davranışlarının analizi. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 1–23. <https://doi.org/10.53443/anadoluibfd.1101865>
- Aydoğdu, A. (2024). *Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Kripto Para Birimlerinin Volatilite Modellemesi*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Baur, D. G., & Dimpfl, T. (2019). Price discovery in bitcoin spot or futures? *Journal of Futures Markets*, 39(7), 803–817. <https://doi.org/10.1002/fut.22004>
- Bloomberg.com, <https://www.bloomberght.com/turkiyedeki-yetiskinlerin-yarisi-kripto-yatirimcisi-2337462> (21.09.2024).
- Bolt, W., & Van Oordt, M. R. (2020). On the value of virtual currencies. *Journal of Money, Credit and Banking*, 52(4), 835–862. <https://doi.org/10.1111/jmcb.12619>
- Bouri, E., Molnár, P., Azzi, G., Roubaud, D., & Hagfors, L. I. (2017). 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>
- Bouri, E., Shahzad, S. J. H., Roubaud, D., Kristoufek, L., & Lucey, B. (2020). Bitcoin, gold, and commodities as safe havens for stocks: New insight through wavelet analysis. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 77, 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.03.004>
- Brière, M., Oosterlinck, K., & 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>
- Chen, Y., & Bellavitis, C. (2020). Blockchain disruption and decentralized finance: The rise of decentralized business models. *Journal of Business Venturing Insights*, 13, e00151. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2019.e00151>
- Cohen, G. (2020). Forecasting bitcoin trends using algorithmic learning systems. *Entropy*, 22(8), 838. <https://doi.org/10.3390/e22080838>
- CoinMarketCap. (2023). *Cryptocurrency prices, charts and market capitalisations*. <https://coinmarketcap.com/>
- Corbet, S., Hou, Y. G., Hu, Y., Oxley, L., & Xu, D. (2021). Pandemic-related financial market volatility spillovers: Evidence from the Chinese COVID-19 epicentre. *International Review of Economics & Finance*, 71, 55–81. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2020.06.022>

- Corbet, S., Lucey, B. M., Urquhart, A., & Yarovaya, L. (2019). Cryptocurrencies as a financial asset: A systematic analysis. *International Review of Financial Analysis*, 62, 182–199. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.09.003>
- Crowley, P. M. (2007). A guide to wavelets for economists. *Journal of Economic Surveys*, 21(2), 207–267. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2006.00502.x>
- Dahir, A. M., Mahat, F., Razak, N. H. A., & Bany-Arifin, A. (2018). Revisiting the dynamic relationship between exchange rates and stock prices in BRICS countries: A wavelet analysis. *Borsa Istanbul Review*, 18(2), 101–113. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2017.10.001>
- Demir, E., Bilgin, M. H., Karabulut, G., & Doker, A. C. (2020). The relationship between cryptocurrencies and COVID-19 pandemic. *Eurasian Economic Review*, 10(3), 349–360. <https://doi.org/10.1007/s40822-020-00154-1>
- Derbentsev, V., Datsenko, N., Stepanenko, O., & Bezkorovainyi, V. (2019). Forecasting cryptocurrency prices time series using machine learning approach. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 65, p. 02001). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196502001>
- Dewandaru, G., Masih, R., & Masih, A. M. M. (2016). What can wavelets unveil about the vulnerabilities of monetary integration? A tale of Eurozone stock markets. *Economic Modelling*, 52, 981–996. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.10.037>
- Dewandaru, G., Masih, R., & Masih, M. (2017). Regional spillovers across transitioning emerging and frontier equity markets: A multi-time scale wavelet analysis. *Economic Modelling*, 65, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.04.026>
- Forbes, K. J., & Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: Measuring stock market comovements. *The Journal of Finance*, 57(5), 2223–2261. <https://www.jstor.org/stable/3094510>
- Grinsted, A., Moore, J. C., & Jevrejeva, S. (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11(5/6), 561–566. <https://doi.org/10.5194/npg-11-561-2004>
- Grinsted, A., Moore, J., & Jevrejeva, S. (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11(5/6), 561–566. <https://doi.org/10.5194/npg-11-561-2004>
- Grobys, K., & Junttila, J. (2021). Speculation and lottery-like demand in cryptocurrency markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 71, 101289. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2021.101289>
- Härdle, W. K., Harvey, C. R., & Reule, R. C. G. (2020). Understanding cryptocurrencies. *Journal of Financial Econometrics*, 18(2), 181–208. <https://doi.org/10.1093/jjfinec/nbz033>

- Huynh, T. L. D., Nasir, M. A., Vo, X. V., & Nguyen, T. T. (2020a). “Small things matter most”: The spillover effects in the cryptocurrency market and gold as a silver bullet. *The North American Journal of Economics and Finance*, 54, 101277. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2020.101277>
- Huynh, T. L. D., Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Ullah, S. (2022b). Financial modelling, risk management of energy instruments and the role of cryptocurrencies. *Annals of Operations Research*, 313(1), 47–75. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03680-y>
- Jeris, S. S., Chowdhury, A. N. U. R., Akter, M. T., Frances, S., & Roy, M. H. (2022). Cryptocurrency and stock market: Bibliometric and content analysis. *Heliyon*, 8(9), e10514. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10514>
- Kang, S. H., McIver, R. P., & Hernandez, J. A. (2019). Co-movements between Bitcoin and gold: A wavelet coherence analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 536, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.124>
- Kangallı Uyar, S. G. (2021). Uluslararası döviz piyasalarında finansal bulaşıcılık ve karşılıklı bağımlılık: Wavelet uyum analizi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 115–147. https://www.researchgate.net/publication/360243912_Uluslararası_Doviz_Piyasalarında_Finansal_Bulasıcılık_ve_Karsilikli_Bagimlilik_Wavelet_Uyum_Analizi
- Kara, A., & Demireli, E. (2023). Kripto para piyasasında Bitcoin ve seçilmiş altcoinler arası eşbütünleşme ve nedensellik. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 52–71. <https://doi.org/10.33416/baybem.1190625>
- Kaya, M. (2021). Seçili kripto para birimleri arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisinin analizi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 13(2), 138–160. <https://dergipark.org.tr/en/pub/cbd/issue/64944/943268>
- Khalfaoui, R., Gözgör, G., & Goodell, J. W. (2023). Impact of Russia–Ukraine war attention on cryptocurrency: Evidence from quantile dependence analysis. *Finance Research Letters*, 52, 103365. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103365>
- Kirikaleli, D., & Güngör, H. (2021). Co-movement of commodity price indexes and energy price index: A wavelet coherence approach. *Financial Innovation*, 7, 15. <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00230-8>
- Kumar, A. S., & Ajaz, T. (2019). Co-movement in cryptocurrency markets: Evidences from wavelet analysis. *Financial Innovation*. <https://doi.org/10.1186/s40854-019-0143-3>
- Lee, J. Y. (2019). A decentralized token economy: How blockchain and cryptocurrency can revolutionize business. *Business Horizons*, 62(6), 773–784. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.08.003>

- Marín-Rodríguez, N. J., González-Ruiz, J. D., & Botero-Botero, S. (2023). A wavelet analysis of the dynamic connectedness among oil prices, green bonds, and CO2 emissions. *Risks*, *11*(1), 15. <https://doi.org/10.3390/risks11010015>
- Mensi, W., Kumar, A. S., Ko, H. U., & Kang, S. H. (2024). Intraday spillovers in high-order moments among main cryptocurrency markets: The role of uncertainty indexes. *Eurasian Economic Review*, *14*(2), 507–538. <https://doi.org/10.1007/s40822-024-00263-1>
- Morlet, J., Arens, G., Fourgeau, E., & Giard, D. (1982). Wave propagation and sampling theory—Part I: Complex signal and scattering in multilayered media. *Geophysics*, *47*(2), 203–221. <https://doi.org/10.1190/1.1441328>
- Mudassir, M., Bennbaia, S., Unal, D., & Hammouch, M. (2020). Time-series forecasting of Bitcoin prices using high-dimensional features: A machine learning approach. *Neural Computing and Applications*, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05129-6>
- Mungoli, N. (2023). Deciphering the blockchain: A comprehensive analysis of Bitcoin's evolution, adoption, and future implications. *arXiv* (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2304.02655>
- Oliver, J. (2013). *Mastering blockchain distributed ledger technology, and smart contracts explained—packt publishing* (Vol. 53). Packt Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Özdemir, O. (2022b). Cue the volatility spillover in the cryptocurrency markets during the COVID-19 pandemic: Evidence from DCC-GARCH and wavelet analysis. *Financial Innovation*, *8*(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00319-0>
- Özdemir, O. (2022a). Stock market volatility and the spread of speculative attacks: Evidence from wavelet analysis. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*(35), 163–180. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.942336>
- Phillip, A., Chan, J., & Peiris, S. (2018). A new look at cryptocurrencies. *Economics Letters*, *163*, 6–9. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.11.020>
- Polat, M., & Karakaya, O. (2023). Kripto paralar arasında getiri ve risk açısından nedensellik ilişkisi. *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *14*(27), 1–17. <https://doi.org/10.47129/bartiniibf.1169216>
- Poyser, O. (2018). Herding behavior in cryptocurrency markets. *arXiv preprint arXiv:1806.11348*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1806.11348>
- Rua, A., & Nunes, L. (2009). International comovement of stock market returns: A wavelet analysis. *Journal of Empirical Finance*, *16*(4), 632–639. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2009.02.002>
- Schleicher, C. (2002). An introduction to wavelets for economists (No. 2002-3). *Bank of Canada*. <https://doi.org/10.34989/swp-2002-3>

- Scott, B., Loonam, J., & Kumar, V. (2017). Exploring the rise of blockchain technology: Towards distributed collaborative organizations. *Strategic Change*, 26(5), 423–428. <https://doi.org/10.1002/jsc.2142>
- Sovbetov, Y. (2018). Factors influencing cryptocurrency prices: Evidence from bitcoin, ethereum, dash, litecoin, and monero. *Journal of Economics and Financial Analysis*, 2(2), 1–27. <https://ssrn.com/abstract=3125347>
- Stephen, R., & Alex, A. (2018). A review on blockchain security. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 396, 012030. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/396/1/012030>
- Thampanya, N., Nasir, M. A., & Huynh, T. L. D. (2020). Asymmetric correlation and hedging effectiveness of gold & cryptocurrencies: From pre-industrial to the 4th industrial revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 159, 120195. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120195>
- Torrence, C., & Compo, G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), 61–78. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079%3C0061:APGTWA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079%3C0061:APGTWA%3E2.0.CO;2)
- Torrence, C., & Webster, P. J. (1999). Interdecadal changes in the ENSO–monsoon system. *Journal of Climate*, 12(8), 2679–2690. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012%3C2679:ICITEM%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012%3C2679:ICITEM%3E2.0.CO;2)
- Tradingview. (2023, January 26). Yayınlanan bir rapora göre, kripto para sahiplerinin sayısı rekor seviyeye ulaştı. <https://tr.tradingview.com/news/muhabbat:d0d473ccdd9e8:0/> (21.09. 2024).
- Umar, Z., & Gubareva, M. (2020). A time–frequency analysis of the impact of the Covid-19 induced panic on the volatility of currency and cryptocurrency markets. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 28, 100404. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2020.100404>
- Unal, D., Hammoudeh, M., & Kiraz, M. S. (2020). Policy specification and verification for blockchain and smart contracts in 5G networks. *ICT Express*, 6(1), 43–47. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2019.07.002>
- Uyar, U. (2019). Sistematik risk davranışında yatırım döngüsü: Wavelet analizi. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 37(1), 135–168. <https://doi.org/10.17065/huniibf.347775>
- Xu, W., & Cooper, A. (2017). *Digital spillover: Measuring the true impact of the digital economy*. Huawei and Oxford Economics. <https://www.huawei.com/minisite/gci/en/digital-spillover/files/gci-digital-spillover.pdf>
- Zhang, L., Li, Z., Kirikkaleli, D., Adebayo, T. S., Adeshola, I., & Akinsola, G. D. (2021). Modeling CO2 emissions in Malaysia: An application of Maki cointegration and wavelet coherence tests. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(20), 26030–26044. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12430-x>

- Zhu, Y., Dickinson, D., & Li, J. (2017). Analysis on the influence factors of Bitcoin's price based on VEC model. *Financial Innovation*, 3, 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40854-017-0054-0>
- Zimmerman, P. (2020). Blockchain structure and cryptocurrency prices. *Bank of England Working Papers*, 855. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3538334>

