

PORTFÖY OPTİMİZASYONUNDA KRİPTO PARA BİRİMLERİ ÜZERİNE BİR ARAŐTIRMA¹

A RESEARCH ON CRYPTOCURRENCIES IN PORTFOLIO OPTIMIZATION

Elif ÇETİN²  * Mehmet İSLAMOĞLU  ** Elif ERER  ***

*Araştırma Makalesi / Geliş Tarihi: 08.12.2024
Kabul Tarihi: 27.03.2025*

Öz

Bu çalışmanın amacı, üç farklı geleneksel emtia portföylerinin optimize edilmesi ve kripto para birimleri ile çeşitlendirmenin portföyler üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Araştırmanın veri setini, dört likit kripto para birimi ve üç farklı geleneksel emtiaya ait günlük veriler oluşturmaktadır. Çalışmada her bir emtia için uygun ARMA modelleri belirlenmiştir. Emtia portföylerini optimize etme ve kripto para birimleri ile çeşitlendirmenin etkisini gözlemlemek amacıyla OxMetrics6 programı yardımıyla DCC-GARCH modeli kullanılmıştır. Ulaşılan analiz sonuçlarına göre, kripto para birimlerinden bir kısmı portföy çeşitlendirmesinde yatırımcı riskini azaltmakta bir kısmı da koruma özelliği göstermektedir. Çalışmanın bulgularında, kripto para birimlerinin, geleneksel emtialar ile arasındaki düşük korelasyon ve portföy performansını artırdığına ulaşılmıştır. Bu bağlamda, kripto para birimleri portföy çeşitlendirmesi için iyi bir araç olmakta ve portföy performansını olumlu etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Portföy Optimizasyonu, Yatırım Araçları, Kripto Para Birimleri, Geleneksel Emtialar, Portföy Çeşitlendirmesi, Dinamik Koşullu Korelasyon (DCC-GARCH).

JEL Sınıflaması: G10,G11,C61.

Abstract

The aim of this study is to optimize three different traditional commodity portfolios and to examine the effects of diversification with cryptocurrencies on portfolios. The dataset of the study consists of daily data of four liquid cryptocurrencies and three different traditional commodities. In the study, appropriate ARMA models were determined for each commodity. In order to optimize commodity portfolios and observe the effect of diversification with cryptocurrencies, the DCC-GARCH model was used with the help of the OxMetrics6 program. According to the analysis results, some of the cryptocurrencies reduce investor risk in portfolio diversification, while others show protection. In the findings of the study, it was concluded that cryptocurrencies have a low correlation with traditional commodities and increase portfolio performance. In this context, cryptocurrencies are a good tool for portfolio diversification and positively affect portfolio performance.

Keywords: Portfolio Optimization, Investment Instruments, Cryptocurrencies, Traditional Commodities, Portfolio Diversification, Dynamic Conditional Correlation (DCC-GARCH).

JEL Classification: G10,G11,C61.

¹ **Bibliyografik Bilgi (APA):** FESA Dergisi, 2025; 10(1) , 87 - 105 / DOI: 10.29106/fesa.1598016

² Bu makale Elif Çetin tarafından Prof. Dr. Mehmet İslamoğlu danışmanlığında hazırlanan “Finansal Yatırım Araçlarında Portföy Optimizasyonu” adlı doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

* Öğr.Gör.Dr., Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi , elif.cetin@ibu.edu.tr, Bolu– Türkiye, ORCID: 0000-0002-8051-0152

** Prof.Dr., Karabük Üniversitesi İşletme Fakültesi, mehmetislamoglu@kbu.edu.tr, Karabük – Türkiye, ORCID: 0000-0002-4416-0888

** Dr. Öğr. Üyesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, elif.erer@cbu.edu.tr, Manisa – Türkiye, ORCID: 0000-0002-2238-4602

Giriş

Küreselleşen finansal piyasalar ve ekonomik dinamiklerin hızla değişmesi, yatırımcılar için risk ve getiri yönetimini daha karmaşık hale getirmiştir. Bu durum, portföy optimizasyonunun, yatırım kararlarında temel bir unsur olarak öne çıkmasına neden olmuştur. Portföy optimizasyonu, yatırımcının risk ve getiri beklentilerine en uygun finansal yatırım araçlarını seçerek portföyünü oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır. Süreçte belirli bir risk seviyesini minimize ederek beklenen getiriyi elde etmek veya belirli bir getiri seviyesi için riski en aza indirmek hedeflenmektedir.

Son yıllarda, geleneksel finansal araçlara ek olarak kripto para birimleri yatırım portföylerinde yer almaya başlamıştır. Bu durum, portföy çeşitlendirmesi açısından yeni fırsatların ve zorlukların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Kripto para birimlerinin yüksek volatiliteye sahip olması yatırımcılara geleneksel emtia ve hisse senedi piyasalarından farklı bir risk-getiri dinamiği sunmaktadır. Bu bağlamda çalışmada, finansal yatırım araçlarında portföy optimizasyonu kapsamında üç farklı geleneksel emtia (tarımsal ürünler, yumuşak (soft) ürünler, metaller) portföylerinin optimize edilmesi ve kripto para birimleri ile çeşitlendirmenin bu portföyler üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kripto para birimlerinden en likit olanlar; Bitcoin, Litecoin, Dash ve Ripple, seçilmiş olup 2017-2022 dönemini kapsayan veriler ile DCC-GARCH modeli kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde finansal piyasalar ve öne çıkan yatırım araçlarını, ikinci bölümde portföy optimizasyonu kavramı ve portföy optimizasyon modellerini kapsayan bilgiler verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde literatür incelemesi, dördüncü bölümde ise çalışmada kullanılan yöntem ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Beşinci bölümde elde edilen bulgular yer almıştır.

1. Finansal Piyasalar ve Yatırım Araçları

Piyasa, alıcı ve satıcıların para, hizmet, mal ya da kıymetli evrak alım satımını yaptığı platform olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle yatırımcıların fiziksel ya da elektronik ortamda arz ve talebinin buluştuğu ortamdır. Piyasaları özelliklerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Piyasalar, iktisadi açıdan gerçek (reel) ve finansal (mali) piyasalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Gerçek (reel) piyasalar, üretilmiş mal ve hizmetler ile birlikte bu mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan üretim faktörlerinin arz ve talebinin söz konusu olduğu piyasalardır. Finansal piyasalar ise, fon arz edenler ve fon talep edenlerin bir arada bulunduğu piyasalardır. Finans piyasalarında fon transferi sağlamak amacıyla tarafların düzenleyip kullandığı belgeler olarak finansal araçlar ifade edilmektedir. Finansal araçlar, taraflardan biri için varlık diğer taraf için yükümlülüğe neden olan sözleşmeler olarak da belirtilmektedir. (Sayılğan, 2019: 25-27).

1.1. Para Piyasası ve Sermaye Piyasası Araçları

Para ve sermaye piyasaları finansal piyasaların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Para piyasası kısa vadeli (vadeleri bir yıl ve bir yıldan az olan) fon arz ve talebinin karşılaştığı piyasalardır. Vadenin bir yıldan kısa olması geri ödenmeme riskinin azalması anlamına gelmektedir. Para piyasasının en etkin kurumu olan ticari bankaların bu piyasada önemli bir yeri bulunmaktadır (Kaya ve Doğan, 2019: 45). Hazine bonosu, repo, mevduat sertifikası, finansman bonosu ve eurodollar para piyasası araçlarından öne çıkanlar arasında yer almaktadır (Karan, 2020: 27).

Sermaye piyasası ise, işletmelerin orta ve uzun vadeli fon gereksinimlerini karşıladıkları piyasalardır. Vadesi bir yıldan uzun olan fon arz ve talebinin karşılandığı bu piyasalarda fonların el değiştirmesi menkul kıymetler aracılığıyla gerçektelemektedir. Menkul kıymetler; ortaklık ya da alacak hakkı sağlayan, belirli bir tutarda yatırım aracı olarak kullanılan, seri halinde çıkarılabilen ve Sermaye Piyasası Kurulu tarafından şartları belirlenen kıymetli evraklardır. Sermaye piyasalarının, ekonomide kaynak dağılımını optimalleştirerek ve üretim araçlarının tabana yayılmasını sağlayarak dengeli gelir dağılımı oluşmasını sağlamak, iki temel işlevidir (Sayılğan, 2019: 27-28). Pay senetleri, tahviller, bonolar, gelir ortaklığı senetleri, gayrimenkul sertifikası, menkul kıymetleştirmeler, kolektif yatırım kuruluşları, vadeli işlem ve opsiyon sözleşmeleri, varantlar, kira sertifikaları (sukuk), borsa yatırım fonları, kıymetli madenler ve kıymetli taşlar sermaye piyasası araçlarından öne çıkanlar arasında bulunmaktadır.

2. Portföy Optimizasyonu

Portföy optimizasyonu, yatırım getirisini en üst düzeye çıkaracak ve portföy riskini mümkün olduğunca en aza indirecek şekilde finansal varlıkların en iyi kombinasyonunun seçilmesidir (Zanjirdar, 2020: 421). İlk olarak Markowitz (1952) tarafından modern portföy teorisinde geliştirilmiştir. Teori, her bir risk seviyesi için maksimum portföy getirisinin veya her bir getiri seviyesi için minimum portföy riskinin çeşitli kombinasyonlarını gösteren etkin sınırı sunmaktadır. Portföy getirileri ve risk (risk ölçüsü olarak varyans), varlıkların getirileri arasındaki korelasyon dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Risk-getiri çerçevesi temelinde, portföy getirilerini en üst düzeye çıkarmak veya portföy riskini en aza indirmek için amaç fonksiyonu ile varlık kombinasyonlarının değiştirilmesiyle optimizasyon süreci elde edilmektedir (Vo vd., 2019: 134). Süreç kısaca, yatırımcıyı risk-getiri

kombinasyonu konusunda memnun eden bir dizi varlık ve bunların ilgili portföy katılım ağırlıklarının belirlenmesi aşamalarından oluşmaktadır (Milhomem & Dantas, 2020: 1).

Portföy optimizasyonu sürecinde, doğru varlık setinin manuel olarak seçilmesi zordur ve bu nedenle gelişmiş teknikler gerektirmektedir. En iyi portföyü seçmek amacıyla yıllar boyunca ortalama-varyans (Markowitz (1959)), arpıklıkla varyans (Samuelson (1975)), riske maruz değer (VaR) (Jorion (1997)) ve koşullu riske maruz değer (CVaR) (Rockafellar and Uryasev (2000)), ortalama mutlak sapma (MAD) (Konno ve Yamazaki (1991)) ve minimax (MM) (Young (1998)) tekniklerinden sezgisel ve metasezgisel optimizasyon teknikleri gelişmiştir (Gunjan ve Bhattacharyya, 2023: 3848-3856).

2.1. Portföy Optimizasyon Modelleri

Optimizasyon problemlerini çözmek için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Bu algoritmaları; kesin algoritmalar ve yaklaşık algoritmalar olarak iki kategoride sınıflandırmak mümkündür. Kesin algoritmalar (matematiksel modeller) ile optimal çözümle doğru bir şekilde bulunabilirken, yaklaşık algoritmalar ile zor optimizasyon problemleri için optimale yakın çözümle bulunabilmektedir. Yaklaşık algoritmalar da kendi içerisinde; sezgisel, meta-sezgisel ve hiper-sezgisel olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır (Zanjirdar, 2020: 421).

Sezgisel algoritmaların yerel optimalliği ve çeşitli problemler için kullanılamaması, iki önemli dezavantajı olarak belirtilmektedir. Sezgisel algoritmaları çözmek için sunulmuş olan meta-sezgisel algoritmalar, çok çeşitli problemlere uygulanabilen yerel optimizasyon çözümüne sahip çeşitli yaklaşık optimizasyon algoritmalarıdır. Meta-sezgisel yöntemler, sezgisel yöntemleri üst seviyede birleştirerek, arama uzayını etkin ve verimli bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Meta-sezgisel ve hiper-sezgisel algoritmalar arasındaki fark ise bir probleme çözüm bulunan uzaya göre değişmektedir. Kısaca ifade edilmesi gerekirse meta-sezgisel algoritmalar arama işlemi problemin çözüm kümesinde gerçekleşirken hiper-sezgisel algoritmalar arama işlemi sezgisel uzayda yapılmaktadır. Hiper-sezgisel yaklaşımda problemin çözümünden daha çok hangi sezgisel algoritma ile çözümle daha verimli ulaşılabileceğine karar verilmeye çalışılmaktadır. Eğer bir problemin birden fazla sezgisel çözümü varsa bunlardan hangisinin daha başarılı olacağına karar verilmesi hiper-sezgisel algoritmalar ile mümkün olmaktadır. Bu yöntemler, büyük ölçekli ve karmaşık problemlere etkin çözümle üretebilmeleri sebebiyle tercih edilmektedir. Meta-Sezgisel modellerde; Parçacık Sürü Algoritması, Genetik Algoritma, Yapay Sinir Ağı ve Karınca Kolonisi Algoritması, matematiksel modellerde ise; Markowitz Model, VaR Model, CVaR Model ve DCC-GARCH Modeli öne çıkan portföy optimizasyon yöntemleri arasında yer almaktadır (Zanjirdar, 2020: 421; Onan, 2013:114).

3. Literatür İncelemesi

Modern portföy teorisinin Markowitz³ tarafından tanıtılması ve portföy yönetimine katkıları ile birlikte literatür önemli ölçüde genişlemiştir. Literatür incelendiğinde portföy optimizasyonu ile ilgili birçok çalışma mevcuttur.

Giunta vd. (2024) alışmalarında, gelişmiş ve gelişmekte olan piyasalar, portföy seçiminde entropi tabanlı kriterlerin değerlendirilmesi ve kripto para birimlerinin portföy perfonması ve çeşitlendirmesi üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda entropi ölçümlerinin yüksek risk koşullarında optimal portföyleri etkin bir şekilde tanımladığı ve Bitcoin kripto para biriminin hem portföy çeşitlendirmede hem de portföy performansını artırmada kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Jeleskovic vd. (2024) araştırmalarında, bir kripto para biriminin finansal varlık olarak ele alındığında ortaya çıkabilecek etkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Belirli bir döneme ait üç farklı portföy analizlerde kullanılmıştır. Bu portföylerden birincisi; yalnızca hisse senetleri, tahviller ve emtialardan oluşmakta, ikincisi sadece kripto para birimlerinden, üçüncüsü ise bu iki portföyün kombinasyonu şeklinde oluşturulmuştur. Risk yapısı GARCH-Copula ve GARCH-Vine Copula yaklaşımlarıyla hesaplanmıştır. Bulgulara göre,kripto para biriminin portföye dahil edilmesinin, sadece hisse senetleri, tahviller ve emtialardan oluşan veya sadece kripto para birimlerinden oluşan bir portföyden daha iyi sonuçlar verdiği elde edilmiştir.

Nadeem vd. (2024) alışmalarında, bir portföye kripto para birimlerinin dahil edilmesinin portföy riskine etkisinin incelenmesi amaçlanmış ve bu doğrultuda VaR model kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre, kripto para birimlerinin geleneksel varlıkların göstergeleriyle anlamlı ilişkisinin olmaması sebebiyle portföylere dahil edilmesinin riski azalttığı tespit edilmiştir.

³ Markowitz, 1952 yılında “Portföy Seçimi” (Portfolio Selection) başlıklı makalesini yayınlamıştır. Bu makalede, portföyde bulunan menkul kıymetler için belirli risk seviyesinde mümkün olan maksimum getirinin nasıl sağlanabileceğini araştırmıştır. Geleneksel portföy yönetimine çeşitli katkıları olmuştur. Markowitz’in portföy yaklaşımı Modern Portföy Teorisi olarak adlandırılmıştır (Sayılđan, 2019: 583).

Bhanja vd. (2023) araştırmalarında; toplam, asimetrik ve frekans tabanlı yayılma iletim çerçevesinde farklı varlık sınıflarının (özsermaye, kripto para birimi ve değerli metaller) portföy çeşitlendirme potansiyelini VaR model ile değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar Bitcoin'in potansiyel bir çeşitlendirici olduğunu göstermektedir.

Jana ve Sahu (2023) çalışmalarında, pandemi ve Rusya-Ukrayna savaşı nedeniyle yaşanan finansal kriz öncesinde ve sırasında Hindistan borsasında kripto para birimlerinin riskten korunma ve çeşitlendirme aracı olarak olmaları incelenmiştir. Hisse senetleri ile kripto para birimleri arasındaki volatilité yayılımını ve dinamik korelasyonu tespit etmek için DCC-GARCH modeli kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, kripto para birimlerinin krizden önce borsada bir riskten korunma varlığı olarak hizmet ettiği, ancak kriz sırasında yalnız Tether kripto para biriminin riskten korunma sağladığı elde edilmiştir.

Kumaran (2022) araştırmasında, vektör hata düzeltme modelini kullanarak aralarındaki dinamik ilişkiyi incelemek için özellikle Bitcoin, Litecoin, Ethereum, Ripple ve Neo ve Orta Doğu borsa endekslerini incelemiştir. Çalışmada, kripto paraların eş bütünleşik bir ilişki sergilediğini fakat kripto paralar ile piyasa endeksleri arasında önemli eş bütünleşik hareketlerin meydana gelmediği, kripto paraların piyasa endekslerinden ayrıldığını ve yatırımcılar için bir çeşitlendirme seçeneği olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Gül (2022) tarafından yapılan çalışmada, kripto para birimlerinin portföy çeşitlendirmesinde kullanılıp kullanılmayacağı incelenmiştir. Veri seti olarak; hisse senetleri, emtialar, döviz kurları ve yatırım fonları içeren portföyler oluşturulmuş ve bu portföylere kripto para birimleri dahil edilmiştir. Araştırma bulgularına göre, kripto para birimlerinin portföy çeşitlendirmesi için iyi bir araç olabileceği ve portföy performanslarını olumlu etkilediği tespit edilmiştir.

Som ve Kayal (2022) araştırmalarında, farklı yaklaşımlar kullanarak kripto para birimlerinin volatilitésini ve Bitcoin'in gerçekten "dijital altın" olup olmadığını görmek amacıyla bir portföye dahil edilmesinin etkisi araştırılmıştır. Çalışmada Monte Carlo simülasyonu ve varyans-kovaryans yöntemi kullanılmıştır. Bununla beraber araştırmada, dünya genelinde on ülkenin portföylerini karşılaştırmak için genelleştirilmiş benzetilmiş tavlama optimizasyon tekniğini kullanılmıştır. Bitcoin'in getirileri önemli ölçüde artırdığı ve ilgili riskleri ortadan kaldırdığı için portföyde yer alması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Letho vd. (2021) çalışmalarını, kripto para birimlerinin, gelişmekte olan bir piyasa ekonomisinde geleneksel ve alternatif yatırımların portföy riskine göre ayarlanmış getirileri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirmişlerdir. Araştırma bulguları, kripto para birimlerinin portföy çeşitlendirme faydalarını destekler niteliktedir.

Ma vd. (2020) araştırmalarında, kripto para biriminin çeşitli varlık sınıflarının portföyleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Beş kripto para biriminin eklenmesiyle çeşitlendirmenin dört geleneksel varlık portföyü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Performansı değerlendirmek için eşit ağırlıklandırılmış portföy, Markowitz Ortalama - Varyans portföyü ve Sharpe oranı kullanılmıştır. Kripto para birimlerini mevcut portföylere dahil etmenin getirileri önemli ölçüde artırabileceği ve portföy riskini azaltarak daha iyi çeşitlendirme sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

4. Metodoloji

4.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Geleneksel finansal varlıkların yanında, son yıllarda kripto para birimleri önemli bir yatırım alternatifi olarak ortaya çıkmıştır. Bununla beraber geleneksel emtialar da tarihsel olarak yatırımcılar için güvenli limanlar olarak kabul edilmiş ve portföy çeşitlendirmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmada finansal yatırım araçlarında portföy optimizasyonu kapsamında üç farklı geleneksel emtia (tarımsal ürünler, yumuşak (soft) ürünler, metaller) portföylerinin optimize edilmesi ve kripto para birimleri ile çeşitlendirmenin bu portföyler üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kripto para birimlerinden en likit olanlar; Bitcoin, Litecoin, Dash ve Ripple, seçilmiş olup 2017-2022 dönemini kapsayan veriler ile DCC-GARCH modeli kullanılmıştır.

Literatürde kripto para birimleri kullanılan optimizasyon çalışmalarının çoğunda Markowitz Model, VaR Model ve CVaR Model gibi yaygın modeller kullanıldığı ve tek bir kripto para birimi ile yapılan çeşitlendirmelerin söz konusu olduğu görülmektedir. Bu çalışmada ise finansal varlıklar arasındaki volatilité yayılımı belirlenerek ve bununla birlikte zamana bağılı olarak değişen korelasyon katsayısının tahmin edilmesinde etkin olan DCC-GARCH modeli tercih edilerek, dört farklı kripto para birimi kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma ile birlikte, geleneksel finansal varlıklara alternatif yatırım araçlarından kripto para birimlerinin portföy çeşitlendirme stratejilerine katkısı, kripto para birimleri ve geleneksel emtialar arasındaki portföy optimizasyonunun risk ve getiri açısından nasıl şekillendiği görülebilmekte, böylelikle yatırımcılara ve araştırmacılara bu varlık sınıflarıyla ilgili daha derin bir perspektif sunulmaktadır.

4.2. Araştırmanın Hipotezleri

Araştırma, farklı finansal emtia portföylerini optimize etme ve çeşitlendirme konusunda kripto para birimlerinin eklenmesinin portföyler üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılacaktır. Bu bağlamda, kripto para birimleri kullanarak üç finansal emtia portföyü analiz edilecektir. Araştırmanın konusu ve literatürde bulunan çalışmalar kapsamında oluşturulan hipotezler aşağıda belirtilmiştir.

- H₁:Yumuşak emtiaların bitcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₂:Yumuşak emtiaların dashcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₃:Yumuşak emtiaların ripple kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₄:Yumuşak emtiaların litecoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₅:Tarımsal emtiaların bitcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₆:Tarımsal emtiaların dashcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₇:Tarımsal emtiaların ripple kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₈:Tarımsal emtiaların litecoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₉:Metal emtiaların bitcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₁₀:Metal emtiaların dashcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₁₁:Metal emtiaların ripple kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.
H₁₂:Metal emtiaların litecoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

4.3. Araştırmanın Veri Toplama Yöntemi

Araştırmada kripto para birimlerinin, geleneksel emtia portföylerinin çeşitlendirilmesi üzerindeki etkileri araştırılacaktır. Bu bağlamda; tarımsal emtialar (pirinç, buğday, soya fasulyesi, mısır), yumuşak emtialar (şeker, pamuk, kakao, portakal suyu), metal emtialar (altın, gümüş, platin, bakır) olmak üzere üç farklı emtia türü ve en likit dört farklı kripto para birimi (Bitcoin (BTC), Litecoin (LTC), Ripple (XRP) ve Dash coin (DASH)) kullanılmıştır. Uygulamada 2017-2022 yıllarını kapsayan beş yıllık veri seti çalışmaya dahil edilmiştir. Araştırmada yer alan emtiaların veri seti için “investing.com”, internet sitesindeki günlük fiyat verilerinden yararlanılmıştır.

4.4. Araştırmanın Analiz Yöntemi

Araştırmada üç farklı emtia portföyünü optimize etme ve kripto para birimleri ile çeşitlendirmenin etkisini incelemeye önce sapmasız ve etkin sonuçlar elde edebilmek amacıyla ilk olarak emtia ve kripto para piyasasında belirsizliklerin durağanlıkları incelenmiştir. Durağanlıkların incelenmesine Phillips-Perron ve KPSS birim kök testlerinden yararlanılmıştır. Değişkenlere yönelik birim kök testlerinin incelenmesinin ardından, her bir emtia için uygun ARMA modelleri belirlenmiştir. Farklı emtia portföylerini optimize etme ve kripto para birimleri ile çeşitlendirmenin etkisini gözlemek amacıyla Dinamik Koşullu Korelasyon (DCC-GARCH) modeli kullanılmıştır.

4.4.1. ARMA Modeli

Birinci sıradan hareketli ortalama, MA(1), spesifikasyonu aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = \mu + e_t + \theta e_{t-1}$$

Burada $\{e_t\}$ beyaz gürültüyü μ ve θ ise sabit terimleri göstermektedir. Hareketli ortalama terimi Y_t , e_t 'nin son iki değerinin, ortalamaya benzer şekilde, ağırlıklandırılmış toplamından elde edilmektedir.

Y_t 'nin beklenen değeri,

$$E(Y_t) = E(\mu + e_t + \theta e_{t-1}) = \mu + E(e_t) + \theta E(e_{t-1}) = \mu$$

Yukarıdaki denklemde μ sabit terimi ifade etmektedir. Bu sabit terim sürecin ortalamasını göstermektedir.

Y_t 'nin varyansı,

$$E(Y_t - \mu)^2 = E(e_t - \theta e_{t-1})^2 = E(e_t^2 + 2\theta e_t e_{t-1} + \theta^2 e_{t-1}^2) = \sigma^2 + 0 + \theta^2 \sigma^2 = (1 + \theta^2) \sigma^2$$

Birinci otokovaryans,

$$E(Y_t - \mu)(Y_{t-1} - \mu) = E(e_t - \theta e_{t-1})(e_{t-1} - \theta e_{t-2})$$

$$= E(e_t e_{t-1} + \theta e_{t-1}^2 + \theta e_t e_{t-2} + \theta^2 e_{t-1} e_{t-2})$$

$$= 0 + \theta \sigma^2 + 0 + 0 = \theta \sigma^2$$

Daha yüksek dereceden otokovaryansların tamamı sıfırdır:

$$E(Y_t - \mu)(Y_{t-j} - \mu) = E(e_t - \theta e_{t-1})(e_{t-j} - \theta e_{t-j-1}) = 0 \quad j > 1$$

MA(1) süreci θ 'nın değerini dikkate alınmaksızın kovaryans durağandır.

Kovaryans durağan sürecin j. otokorelasyonu (ρ_j ile gösterilir) j. otokovaryansının varyansına bölünmesi olarak tanımlanmaktadır.

$$\rho_j \equiv \gamma_j / \sqrt{\gamma_0}$$

ρ_j, Y_t ve Y_{t-j} arasındaki korelasyondur.

$$\text{Corr}(Y_t, Y_{t-j}) = \frac{\text{Cov}(Y_t, Y_{t-j})}{\sqrt{\text{Var}(Y_t)}\sqrt{\text{Var}(Y_{t-j})}} = \frac{\gamma_j}{\sqrt{\gamma_0}\sqrt{\gamma_0}} = \rho_j$$

MA(1) süreci için birinci otokorelasyon aşağıdaki gibidir:

$$\rho_1 = \frac{\theta \sigma^2}{(1 + \theta^2)\sigma^2} = \frac{\theta}{1 + \theta^2}$$

Daha yüksek dereceden otokorelasyonların tamamı sıfırdır.

MA(q) modeli ise aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = \mu + e_t + \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

MA(q) sürecinin ortalaması ve varyansı aşağıda gösterilmiştir (Hamilton, 1994: 49):

$$E(Y_t) = \mu + E(e_t) + \theta_1 E(e_{t-1}) + \theta_2 E(e_{t-2}) + \dots + \theta_q E(e_{t-q}) = \mu$$

$$E(Y_t - \mu)^2 = E(e_t + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \dots + \theta_q e_{t-q})^2$$

Birinci düzeyden otoresresyon süreci, AR(1):

$$Y_t = c + \phi Y_{t-1} + e_t$$

$|\phi| \geq 1$ olduğunda, Y_t için kovaryans durağan süreç yoktur. $|\phi| < 1$ olduğunda ise, Y_t için kovaryans durağan süreç vardır.

Durağan AR(1)sürecinin ortalaması,

$$\mu = c/(1 - \phi)$$

AR(1) sürecinin varyansı,

$$E(Y_t - \mu)^2 = E(e_t + \phi e_{t-1} + \phi^2 e_{t-2} + \phi^3 e_{t-3} + \dots)^2 = (1 + \phi^2 + \phi^4 + \phi^6 + \dots)\sigma^2 = \sigma^2/(1 - \phi^2)$$

j. otokovaryansı,

$$E(Y_t - \mu)(Y_{t-j} - \mu)$$

$$= E[e_t + \phi e_{t-1} + \phi^2 e_{t-2} + \dots + \phi^j e_{t-j} + \phi^{j+1} e_{t-j-1} + \phi^{j+2} e_{t-j-2} + \dots] \times$$

$$[e_{t-j} + \phi e_{t-j-1} + \phi^2 e_{t-j-2} + \dots] = [\phi^j + \phi^{j+2} + \phi^{j+4} + \dots] \sigma^2$$

$$= \phi^j [1 + \phi^2 + \phi^4 + \dots] \sigma^2 = [\phi^j / (1 - \phi^2)] \sigma^2$$

p.inci dereceden otoresresif süreç, AR(p) (Hamilton, 1994: 53-58),

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t$$

Otoresresif hareketli ortalama, ARMA(p,d,q) modeli,

$$Y_t = \mu + \gamma_1 Y_{t-1} + \gamma_2 Y_{t-2} + \dots + \gamma_p Y_{t-p} + e_t + \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

Box ve Jenkins (1970) tarafından ARIMA (p,d,q) modelleri tartışılmıştır. Modelde, “d” terimi verinin durağan hale getirilmesi için uygulanan fark derecesini belirtmektedir, diğer bir ifadeyle karakteristik denklemin birim kök sayısına denk olmasıdır. Modeldeki “p” ise oto-regresif (gecikmeli bağımlı değişken) terimini ve “q” gecikmeli

hareketli ortalama terimini ifade etmektedir. Araştırmalar, küçük “p” ve “q” değerlerine sahip kısa modellerin daha etkin tahminleme sağladığını göstermektedir (Said ve Dickey, 1984: 599, Greene, 2002: 610).

4.4.2. Dinamik Koşullu Korelasyon (DCC-GARCH) Modeli

Bireysel varlık getirilerine yönelik otoregresif koşullu değişen varyans modellerinin tahminlenmesi sonrasında, zamanla değişen varyans-kovaryans matrisinin (H_t) ve dinamik koşullu korelasyon matrisinin (R_t) hesaplanabilmesi amacıyla Engle (2002) tarafından nerilen DCC-GARCH yaklaşımı kullanılmıştır. R_t 'nin aşağıdaki DCC (1,1) modelini takip ettiği varsayılmaktadır:

$$H_t = D_t R_t D_t$$

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{Q} + \alpha e_{t-1} e'_{t-1} + \beta Q_{t-1}$$

$$e_{t-1} = (e_1, e_2) = (t^{-1}(u_{1,t-1}), t^{-1}(u_{2,t-1}))$$

$$R_t = \text{diag}(Q_t)^{-\frac{1}{2}} Q_t \text{diag}(Q_t)^{-\frac{1}{2}}$$

Yukarıdaki denklemde $D_t = \text{diag}(h_{ii,t}^{1/2})$ EGARCH modellerinden sağlanan zamanla değişen koşullu varyansın karekknn içeren diagonal matrisi ifade etmektedir. Q_t standardize edilmiş artıklara ilişkin zamanla değişen kovaryans matrisi ve Q koşulsuz varyans-kovaryans matrisidir. α parametresi gecikmeli dönemlerdeki standardize edilmiş artıkların dinamik koşullu korelasyon üzerindeki etkisini ve β kalıcılığı ifade etmektedir.

5. Bulgular

Çalışmada c farklı emtia portföyünü optimize etme ve kripto para birimleri ile çeşitlendirmenin etkisi incelenmektedir. Bu amaç doğrultusunda 2017-2022 yıllarını kapsayan beş yıllık veri seti kullanılmıştır. Veri seti; tarımsal emtialar, yumuşak emtialar, metal emtialar olmak üzere c farklı emtia türü ve dört farklı kripto para biriminden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin açıklamalar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Değişkenler

	Değişkenler	Açıklamaları	Veri Kaynağı
Tarımsal Emtialar	Pirinç	Pirinç günlük ortalama getirisi	investing.com
	Buğday	Buğday günlük ortalama getirisi	investing.com
	Soya Fasulyesi	Soya fasulyesi günlük ortalama getirisi	investing.com
	Mısır	Mısır günlük ortalama getirisi	investing.com
Yumuşak Emtialar	şeker	şeker günlük ortalama getirisi	investing.com
	Pamuk	Pamuk günlük ortalama getirisi	investing.com
	Kakao	Kakao günlük ortalama getirisi	investing.com
	Portakal Suyu	Portakal Suyu günlük ortalama getirisi	investing.com
Metal Emtialar	Altın	Altın günlük ortalama getirisi	investing.com
	Gümüş	Gümüş günlük ortalama getirisi	investing.com
	Platin	Platin günlük ortalama getirisi	investing.com
	Bakır	Bakır günlük ortalama getirisi	investing.com
Kripto Emtialar	BTC	Bitcoin günlük ortalama getirisi	investing.com
	LTC	Litecoin günlük ortalama getirisi	investing.com
	XRP	Ripple günlük ortalama getirisi	investing.com
	DASH	Dash coin günlük ortalama getirisi	investing.com

5.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırmada kullanılan yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metal emtialar ve kripto paralara ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

	Yumuşak Emtialar			
	şeker	Portakal Suyu	Pamuk	Kakao
Ortalama	4.07E-06	4.02E-05	2.00E-05	7.65E-05
Median	-0.000235	0.000000	-4.68E-05	0.000000
Maximum	0.048053	0.048695	0.036080	0.025972
Minimum	-0.040417	-0.056077	-0.080807	-0.021719
Std. Dev.	0.007701	0.009389	0.007675	0.007084
Çarpıklık	0.347551	0.046681	-0.711279	0.083727
Basıklık	5.692563	5.758959	12.82794	3.249845
Jarque-Bera	471.3945	464.5374	6011.224	5.514502
Observations	1463	1463	1463	1463

Tarımsal Emtialar				
	Soya Fasulyesi	Pirinç	Mısır	Buğday
Ortalama	0.000115	0.000186	0.000174	0.000174
Median	0.000000	0.000000	0.000276	-0.000436
Maximum	0.027904	0.178774	0.028684	0.076242
Minimum	-0.035170	-0.172036	-0.085194	-0.050837
Std. Dev.	0.005480	0.012791	0.007311	0.008947
Çarpıklık	-0.079099	0.574975	-2.044608	0.522209
Basıklık	6.019733	104.9131	27.20639	8.506876
Jarque-Bera	557.3916	633210.7	36737.82	1915.097
Observations	1463	1463	1463	1463
Metal Emtialar				
	Altın	Bakır	Gümüş	Platin
Ortalama	0.000113	9.58E-05	8.37E-05	1.32E-05
Median	0.000216	7.45E-05	8.91E-05	0.000330
Maximum	0.030906	0.027305	0.038274	0.043099
Minimum	-0.025635	-0.029970	-0.069736	-0.055588
Std. Dev.	0.003995	0.005989	0.007928	0.007819
Çarpıklık	-0.199457	-0.028597	-0.761198	-0.377292
Basıklık	8.727639	4.469443	13.51235	8.218856
Jarque-Bera	2009.490	131.8244	6877.755	1694.998
Observations	1463	1463	1463	1463
Kripto Paralar				
	BTC	DASH	LTC	XRP
Ortalama	0.000765	2.26E-05	0.000840	0.001198
Median	0.000578	-0.000444	-0.000569	-0.000325
Maximum	0.108530	0.311215	0.263609	0.648053
Minimum	-0.216944	-0.308900	-0.211243	-0.283589
Std. Dev.	0.021403	0.034098	0.031867	0.039971
Çarpıklık	-0.721244	0.039822	0.713132	3.435839
Basıklık	12.34881	17.24347	13.44541	58.08020
Jarque-Bera	5454.611	12367.39	6774.958	187815.6
Observations	1463	1463	1463	1463

5.2. Birim Kök Test Sonuçları

Çalışmada ilk olarak yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metaller ve kripto para piyasalarında yer alan emtiaların durağanlıkları incelenmiştir. Bu amaçla Phillips-Perron ve KPSS birim kök testlerinden yararlanılmıştır. Söz konusu emtialara ilişkin sonuçlar Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Birim Kök Test Sonuçları

	Phillips-Perron		KPSS	
Yumuşak Emtialar				
	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli
Şeker	-38.3240**	-38.3829**	0.3221	0.0592
Pamuk	-35.8660**	-35.8543**	0.0815	0.0814
Portakal suyu	-41.0631**	-41.2171**	0.3379	0.0265
Kakao	-38.1271**	-38.1157**	0.0194	0.0133
Tarımsal Emtialar				
	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli
Pirinç	-30.1412***	-30.1309***	0.0411	0.0456
Buğday	-37.4459***	-37.4327***	0.0300	0.0300
Soya Fasulyesi	-37.9260***	-37.9396***	0.1921	0.0720
Mısır	-37.8698***	-37.8701***	0.0494	0.1160
Metaller				
	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli
Altın	-39.6799***	-39.6747***	0.0951	0.0852
Gümüş	-37.6141***	-37.6222***	0.0575	0.0732
Platin	-37.3937***	-37.4128***	0.0681	0.0337
Bakır	-39.0710***	-39.0840***	0.0918	0.0886
Kripto Para Birimleri				
	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli
Bitcoin	-39.0731***	-39.0893***	0.2944	0.1040
Litecoin	-39.5301***	-39.6068***	0.3762	0.1298
Ripple	-39.4238***	-39.4303***	0.3433	0.1216
Dash	-41.6883***	-41.7240***	0.1967	0.2133

Not: Phillips-Perron birim kök testi için %5 önem seviyesinde sabit terimli birim kök testine ilişkin kritik değer -2.86, sabit terimli ve trendli birim kök testine ilişkin kritik değer -3.41'dir. KPSS birim kök testi için %5 önem seviyesinde sabit terimli birim kök testine ilişkin kritik değer 0.46, sabit terimli ve trendli birim kök testine ilişkin kritik değer 0.14'dir.

Tablo 3'te yer alan Phillips-Perron ve KPSS birim kök test sonuçları incelendiğinde, yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metallere ve kripto para piyasalarında yer alan finansal varlıklar için gerek sabit terimli gerekse sabit terim ve trendli birim kök test sonuçları söz konusu piyasalarda yer alan tüm emtiaların %5 önem seviyesinde düzey değerlerinde durağan oldukları ifade edilebilmektedir.

5.3. ARMA Modeli Tahmin Sonuçları

Değişkenlere ilişkin birim kök testlerinin incelenmesinin ardından, yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metallere ve kripto para piyasalarında yer alan her bir finansal varlık için uygun ARMA modelleri tahmin edilmiştir. Söz konusu ARMA modellerinde uygun gecikme uzunluklarının belirlenmesinde Akaike bilgi kriteri, model durağanlık koşulları ve katsayıların istatistiksel anlamlılıkları dikkate alınarak tespit edilmiştir.

Tablo 4'te yumuşak emtia piyasasında yer alan her bir varlığa ilişkin ARMA modelleri tahmin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4. Yumuşak Emtialara İlişkin ARMA Modelleri Tahmin Sonuçları

Yumuşak Emtialar								
Değişken	Şeker		Portakal Suyu		Kakao		Pamuk	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	3.96E-06	0.000206	4.19E-05	0.000198	7.77E-05	0.000187	1.95E-05	0.000244
AR(1)	-0.848939***	0.164228	0.787040***	0.104179	0.389540***	0.028115	0.838128***	0.212708
AR(2)	-	-	-	-	0.377323***	0.034429	-	0.031853
AR(3)	-	-	-	-	0.969520***	0.027253	0.037733**	0.021861
MA(1)	0.870376***	0.153798	-0.834579***	0.094096	-	0.033813	-0.774278*	0.210725
MA(2)	-	-	-	-	0.366144***	0.041070	-	-
MA(3)	-	-	-	-	0.955610***	0.033324	-	-
SIGMASQ	5.92E-05***	1.50E-06	8.76E-05***	2.28E-06	4.99E-05***	1.77E-06	5.85E-05***	9.33E-07
ARCH(15)	2.3457***	-	5.5080***	-	1.9225***	-	6.1461***	-

Not:*,**,*** sırasıyla %10, %5 ve %1 önem seviyesindeki anlamlılıkları göstermektedir. ARCH(15), 15. gecikme uzunluğu için modelde ARCH etkisinin varlığını inceleyen ARCH-LM testini ifade etmektedir.

Tablo 4'te uygun ARMA modelleri sırasıyla şeker emtiası için ARMA(1,1), portakal suyu emtiası için ARMA(1,1), kakao emtiası için ARMA(3,3) ve pamuk emtiası için ARMA(3,1) olarak tespit edilmiştir. Modellerde AR katsayıları söz konusu finansal varlıkların geçmiş dönemdeki etkilerini, MA katsayıları ise geçmiş dönem şoklarının etkisini göstermektedir. Yumuşak emtialar için kurulan ARMA modellerinin artıklarında 15. gecikme için ARCH-LM testi sonuçları incelendiğinde, %1 önem seviyesinde ARCH etkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedildiği, dolayısıyla tüm modellerde ARCH etkisinin varlığı görülmektedir. ARCH etkisinin varlığı söz konusu olduğundan dolayı, yumuşak emtiaların modellenmesine koşullu değişen varyans modelleri ile devam edilmiştir.

Tablo 5'te tarımsal emtia piyasasında yer alan her bir varlığa ilişkin ARMA modelleri tahmin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 5. Tarımsal Emtialara İlişkin ARMA Modelleri Tahmin Sonuçları

Tarımsal Emtialar								
Değişken	Pirinç		Buğday		Soya Fasulyesi		Mısır	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	0.000183	0.000154	0.000174	0.000239	0.000115	0.000145	0.000174	0.000205
AR(1)	-0.153933***	0.032924	-0.242343***	0.004921	0.094234***	0.053286***	0.817476***	0.063638
AR(2)	0.524983***	0.017839	-0.993830***	0.004671	-	0.048256***	-	0.021270
MA(1)	-0.189768***	0.036334	0.248761***	0.046437	0.935896***	0.050199***	0.041602***	-
MA(2)	-0.500283***	0.016639	1.000000***	0.371066	0.113370***	0.044777***	0.833355***	0.058764
SIGMASQ	-0.189768***	0.036334	7.95E-05***	1.51E-05	0.944632***	7.00E-07***	5.30E-05***	6.00E-07
ARCH(15)	77.6154***	-	29.7969***	-	10.2949***	-	1.7628***	-

Not:*,**,*** sırasıyla %10, %5 ve %1 önem seviyesindeki anlamlılıkları göstermektedir. ARCH(15), 15. gecikme uzunluğu için modelde ARCH etkisinin varlığını inceleyen ARCH-LM testini ifade etmektedir.

Tablo 5’te uygun ARMA modelleri sırasıyla; pirinç emtiası için ARMA(2,2), buğday emtiası için ARMA(2,2), soya fasulyesi emtiası için ARMA(2,2) ve mısır için ARMA(2,1) olarak tespit edilmiştir. Modellerde AR katsayıları söz konusu finansal varlıkların geçmiş dönemki etkilerini, MA katsayıları ise geçmiş dönem şokların etkisini göstermektedir. Tarımsal emtialar için kurulan ARMA modellerinin artıklarında 15. gecikme için ARCH-LM testi sonuçları incelendiğinde, %1 önem seviyesinde ARCH etkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedildiği, dolayısıyla tüm modellerde ARCH etkisinin varlığı görülmektedir. ARCH etkisinin varlığından dolayı, tarımsal emtiaların modellenmesine koşullu değişen varyans modelleri ile devam edilmiştir.

Tablo 6’da metal emtia piyasasında yer alan her bir varlığa ilişkin ARMA modelleri tahmin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 6. Metal Emtialara İlişkin ARMA Modelleri Tahmin Sonuçları

Metal Emtialar								
Değişken	Altın		Gümüş		Platin		Bakar	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	0.000114	0.000107	8.46E-05***	0.000223	1.43E-05***	0.000173	9.59E-05***	0.000154
AR(1)	0.611105***	0.009200	1.158428***	0.096217	0.827331***	0.091688	-	0.019797
AR(2)	-0.972178***	0.010237	-0.849868***	0.087292	0.022246***	0.024088	-	0.019379
AR(3)					-	0.017858		
MA(1)	-0.624688***	0.006589	-1.131712***	0.094062	-	0.094375	0.064815***	0.026701
MA(2)	0.991276***	0.006800	0.854978***	0.087029	0.804303***		0.947176***	0.026868
SIGMASQ	1.58E-05***	3.15E-07	6.25E-05***	1.03E-06	6.04E-05***	1.32E-06	3.54E-05***	9.92E-07
ARCH(15)	15.7536***		12.1896***		20.1941***		3.9415***	

Not:***,*** sırasıyla %10, %5 ve %1 önem seviyesindeki anlamlılıkları göstermektedir. ARCH(15), 15. gecikme uzunluğu için modelde ARCH etkisinin varlığını inceleyen ARCH-LM testini ifade etmektedir.

Tablo 6’da uygun ARMA modelleri sırasıyla altın emtiası için ARMA(2,2), gümüş emtiası için ARMA(2,2), platin emtiası için ARMA(3,3) ve bakar için ARMA(2,2) olarak tespit edilmiştir. Modellerde AR katsayıları söz konusu finansal varlıkların geçmiş dönemki etkilerini, MA katsayıları ise geçmiş dönem şokların etkisini göstermektedir. Metal emtialar için kurulan ARMA modellerinin artıklarında 15. gecikme için ARCH-LM testi sonuçları incelendiğinde, %1 önem seviyesinde ARCH etkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedildiği, dolayısıyla tüm modellerde ARCH etkisinin varlığı görülmektedir. ARCH etkisinin varlığından dolayı, metal emtiaların modellenmesine koşullu değişen varyans modelleri ile devam edilmiştir.

Tablo 7’de kripto para piyasasında yer alan her bir varlığa ilişkin ARMA modelleri tahmin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 7. Kripto Paralara İlişkin ARMA Modelleri Tahmin Sonuçları

Kripto Paralar								
Değişken	Bitcoin		Litecoin		Ripple		Dash	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	0.000750	0.000840	0.000977***	0.001318	0.001205	0.001621	2.25E-05	0.000886
AR(1)	1.004399***	0.236768	-0.786929***	0.068012	0.892019***	0.066389	0.221959***	0.140156
AR(2)	-0.790483***	0.262568	0.851150***	0.045288			-	0.115064
AR(3)	0.724227***	0.179096	0.873994***	0.059425				
MA(1)	-1.024279***	0.233168	0.748176***	0.075702	-	0.069294	-	0.141068
MA(2)	0.839696***	0.258741	-0.828656***	0.051878	0.864368***		0.288877***	0.105007
MA(3)	-0.730266***	0.171792	-0.829212***	0.066631			0.739759***	
SIGMASQ	0.000455***	7.85E-06	0.001001***	1.69E-05	0.001591***	1.25E-05	0.001150***	1.79E-05
ARCH(15)	1.797624***		5.449088***		6.902141***		11.11308***	

Not:***,*** sırasıyla %10, %5 ve %1 önem seviyesindeki anlamlılıkları göstermektedir. ARCH(15), 15. gecikme uzunluğu için modelde ARCH etkisinin varlığını inceleyen ARCH-LM testini ifade etmektedir.

Tablo 14 ve Tablo 15’te uygun ARMA modelleri sırasıyla bitcoin için ARMA(3,3), litecoin için ARMA(3,3), ripple için ARMA(1,1) ve dash için ARMA(2,2) olarak tespit edilmiştir. Modellerde AR katsayıları söz konusu finansal varlıkların geçmiş dönemki etkilerini, MA katsayıları ise geçmiş dönem şokların etkisini göstermektedir. Kripto paralar için kurulan ARMA modellerinin artıklarında 15. gecikme için ARCH-LM testi sonuçları incelendiğinde, %1 önem seviyesinde ARCH etkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedildiği, dolayısıyla tüm modellerde ARCH etkisinin varlığı görülmektedir. ARCH etkisinin varlığından dolayı, kripto paraların modellenmesine koşullu değişen varyans modelleri ile devam edilmiştir.

5.4. Koşullu Değişen Varyans Modelleri Tahmin Sonuçları

Yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metaller ve kripto para birimlerine ilişkin oluşturulan ARMA modellerinin hata terimlerinde ARCH etkisinin varlığı, modellerin en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır. Söz konusu modellere ait hata terimlerinin doğrusal olmayan yapıya sahip olması nedeniyle, modellerin tahmininde otoregresif koşullu değişen varyans modelleri kullanılmıştır. Bu modeller en çok olabilirlik yöntemine ve Student-t dağılımına dayalı olarak tahmin edilmektedir.

Uygun otoregresif koşullu değişen varyans modellerinin tespitinde, modelin durağanlık varsayımını sağlayıp sağlamadığı, model parametrelerinin anlamlılıkları, ARCH etkisinin ortadan kalkıp kalmadığı, Akaike bilgi kriteri gibi hususlar dikkate alınmıştır.

Tablo 8’de yumuşak emtialar için otoregresif koşullu değişen varyans modellerine ilişkin tahmin sonuçları yer almaktadır. Bu doğrultuda, şeker emtiası için uygun model EGARCH(1,1), portakal suyu emtiası için uygun model EGARCH(1,1), kakao emtiası için uygun model GARCH(1,1) ve pamuk emtiası için uygun model GARCH(1,1) olarak tespit edilmiştir.

Tablo 8. Yumuşak Emtialar İçin Koşullu Değişen Varyans Modelleri Tahmin Sonuçları

	ŞEKER EGARCH(1,1)	PORTAKAL SUYU EGARCH(1,1)	KAKAO GARCH (1,1)	PAMUK GARCH (1,1)
Ortalama Denklemi				
Sabit terim	-0.00011 (0.000202)	7.13E-05 (0.000217)	5.66E-05** (2.68E-05)	0.000140 (0.000147)
AR(1)	0.315127 (0.54914)	-0.952497*** (0.066467)	1.842577*** (0.007115)	-0.235617 (0.643246)
AR(2)	-	-	-1.833313*** (0.008972)	-0.045580 (0.031617)
AR(3)	-	-	0.963881*** (0.007654)	-0.008455 (0.035234)
MA(1)	-0.34297 (0.54124)	0.947357*** (0.070559)	-1.856758*** (0.002504)	0.211827 (0.643414)
MA(2)	-	-	1.855171*** (0.002892)	-
MA(3)	-	-	-0.996354*** (0.002098)	-
Varyans Denklemi				
Sabit terim	0.039994 (6.35E+05)	-1.643159*** (0.490468)	2.27E-07 (2.01E-07)	1.26E-06*** (4.63E-07)
ARCH(Alpha1)	0.526075** (0.25196)	0.235135*** (0.047720)	0.013643** (0.006030)	0.055374*** (0.014644)
GARCH(Beta1)	0.99856*** (0.000968)	0.844449*** (0.050053)	0.981159*** (0.008846)	0.924457*** (0.017897)
EGARCH(Theta1)	-0.04861*** (0.017546)	0.091463*** (0.030527)	-	-
EGARCH(Theta2)	0.333747*** (0.031919)	0.457054*** (0.059041)	-	-
Student(DF)	5.313161*** (0.88191)	7.391936*** (1.161242)	179.096*** (0.089664)	4.884154*** (0.629825)
Akaike	-6.839785	-6.600033	-7.099247	-7.14473
Q(15)	22.2592	12.1584	15.999	15.028
Q2(15)	20.8475	19.7694	7.5121	6.6833
ARCH(15)	1.5935	0.81007	0.48055	0.43961

Not:*** sırasıyla %10, %5 ve %1 önem seviyesindeki anlamlılıkları göstermektedir. ARCH(15), 15. Gecikme uzunluğu için modelde ARCH etkisinin varlığını inceleyen ARCH-LM test istatistiğini, Q(15) ve Q2(15) ise sırasıyla standartlaştırılmış hata ve hata karelere ilişkin 15. Gecikme uzunluğu için Ljung-Box test istatistiklerini ifade etmektedir.

Yumuşak emtialar için tahmin edilen koşullu değişen varyans modellerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ait Ljung-Box Q istatistikleri için sıfır hipotezinin reddedilemediği görülmektedir. Dolayısıyla modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunu mevcut değildir. Aynı zamanda ARCH istatistiği için de sıfır hipotezinin reddedilemediği, dolayısıyla modelde ARCH etkisi sorununun ortadan kalktığı ifade edilebilmektedir.

Tablo 9’da tarımsal emtia piyasasına ait otoregresif koşullu değişen varyans modellerine ilişkin tahmin sonuçları yer almaktadır. Bu doğrultuda, Pirinç için uygun model GARCH(1,1), Soya fasulyesi için uygun model GARCH(1,1), Buğday için uygun model GARCH(1,1) ve Mısır için uygun model GARCH(1,1) olarak tespit edilmiştir.

Tablo 9. Tarımsal Emtialar İçin Koşullu Değişen Varyans Modelleri Tahmin Sonuçları

	PİRİNÇ GARCH(1,1)	SOYA FASULYESİ GARCH(1,1)	BUğDAY GARCH (1,1)	MISIR GARCH (1,1)
Ortalama Denklemi				
Sabit terim	0.000148 (0.000125)	0.000113 (0.000161)	-3.2E-05 (0.000182)	0.000183 (0.000138)
AR(1)	0.784872** (0.32747)	0.103728 (0.074329)	-0.27811 (0.22776)	0.869801*** (0.16696)
AR(2)	-0.63832*** (0.19907)	0.855893*** (0.073421)	0.491282** (0.19158)	-0.00346 (0.032254)
AR(3)				
MA(1)	-0.76491** (0.34331)	-0.09041 (0.072928)	0.229746 (0.23232)	-0.86713*** (0.16556)
MA(2)	0.607637*** (0.20944)	-0.85924*** (0.07094)	-0.52836*** (0.19506)	
MA(3)				
Varyans Denklemi				
Sabit terim	0.111667*** (0.027268)	0.438953** (0.1703)	5.210257** (2.4)	1.169362* (0.60437)
ARCH(Alpha1)	0.415527*** (0.073689)	0.063166*** (0.011028)	0.100172*** (0.029301)	0.08368*** (0.026906)
GARCH(Beta1)	0.412227*** (0.083842)	0.924034*** (0.012173)	0.830926*** (0.054527)	0.896075*** (0.032741)
EGARCH(Theta1)				
EGARCH(Theta2)				
Student(DF)	4.077838*** (0.57945)	7.095709*** (1.1965)	8.859422*** (1.7422)	4.438597*** (0.53326)
Akaike	-7.433837	-7.731637	-6.747926	-7.371378
Q(15)	16.9315	16.1612	19.5111	18.2731
Q2(15)	0.431816	24.0067	13.0168	21.643
ARCH(15)	0.0279	1.494	0.8913	1.3677

Not:*,**,*** sırasıyla %10, %5 ve %1 önem seviyesindeki anlamlılıkları göstermektedir. ARCH(15), 15. Gecikme uzunluğu için modelde ARCH etkisinin varlığını inceleyen ARCH-LM test istatistiğini, Q(15) ve Q2(15) ise sırasıyla standartlaştırılmış hata ve hata karelere ilişkin 15. Gecikme uzunluğu için Ljung-Box test istatistiklerini ifade etmektedir.

Tarımsal emtialar için tahmin edilen model tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri için sıfır hipotezinin reddedilemediği görölmektedir. Dolayısıyla modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunu mevcut değildir. Aynı zamanda, ARCH testine göre de modelde ARCH etkisinin olmadığı ifade edilebilmektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olması gerekmektedir. Model için bu koşulun da sağlandığı görölmektedir.

Tablo 10’da metal emtia piyasasına ait otoregresif koşullu değişen varyans modellerine ilişkin tahmin sonuçları yer almaktadır. Bu doğrultuda, Altın için uygun model GARCH(1,1), Gümüş için uygun model GARCH(1,1), Platin için uygun model EGARCH(1,1) ve Bakır için uygun model GARCH(1,1) olarak tespit edilmiştir.

Tablo 10. Metal Emtialar İçin Koşullu Değişen Varyans Modelleri Tahmin Sonuçları

	ALTIN GARCH(1,1)	GÜMÜŞ GARCH(1,1)	PLATİN GARCH (1,1)	BAKIR GARCH (1,1)
Ortalama Denklemi				
Sabit terim	0.000141 (8.09E-05)	0.000073 (0.000148)	0.000055 (0.000199)	0.000095 (0.000136)
AR(1)	-0.18706* (0.11431)	1.841232*** (0.056916)	-0.47552** (0.23867)	1.4759*** (0.11187)
AR(2)	0.646017*** (0.090529)	-0.92943*** (0.053284)	0.026704 (0.02339)	-0.74182*** (0.10243)
AR(3)				
MA(1)	0.168224 (0.11327)	-1.8579*** (0.061556)	0.476303** (0.23489)	-1.50139*** (0.10797)
MA(2)	-0.65954*** (0.08673)	0.945428*** (0.059018)		0.760893*** (0.097992)
MA(3)				
Varyans Denklemi				
Sabit terim	0.258563** (0.1289)	0.318461 (0.21395)	0.039986 (1.67E+06)	0.124066 (0.20622)
ARCH(Alpha1)	0.051295*** (0.015077)	0.035928*** (0.012009)	0.372374 (0.29731)	0.022522* (0.012182)
GARCH(Beta1)	0.933074*** (0.019651)	0.960058*** (0.013728)	0.998389** (0.001055)	0.975334*** (0.01652)
EGARCH(Theta1)			0.005198 (0.020867)	
EGARCH(Theta2)			0.374755*** (0.092996)	
Student(DF)	5.792876*** (0.88501)	4.80557*** (0.61865)	4.47872*** (0.7842)	6.323912*** (0.99443)
Akaike	-8.412482	-7.190449	-6.972368	-7.473450
Q(15)	9.07278	24.3352	24.6939	15.1614
Q2(15)	23.2316	15.4914	16.1827	19.7711
ARCH(15)	1.5634	1.6137	1.9774	1.1535

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 önem seviyesindeki anlamlılıkları göstermektedir. ARCH(15), 15. Gecikme uzunluğu için modelde ARCH etkisinin varlığını inceleyen ARCH-LM test istatistiğini, Q(15) ve Q2(15) ise sırasıyla standartlaştırılmış hata ve hata karelere ilişkin 15. Gecikme uzunluğu için Ljung-Box test istatistiklerini ifade etmektedir.

Metal emtialar için tahmin edilen koşullu değişen varyans modellerine ilişkin tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri için sıfır hipotezinin reddedilemediği görölmektedir. Dolayısıyla modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunu mevcut değildir. Aynı zamanda, ARCH testine göre de modelde ARCH etkisinin olmadığı ifade edilebilmektedir.

Tablo 11’de kripto para piyasası için otoregresif koşullu değişen varyans modellerine ilişkin tahmin sonuçları yer almaktadır. Bu doğrultuda, Bitcoin için uygun model GARCH(1,1), Litecoin için uygun model GARCH(1,1), Ripple için uygun model GARCH(1,1) ve Dash için uygun model GARCH(1,1) olarak tespit edilmiştir.

Tablo 11. Kripto Para Piyasası İçin Koşullu Değişen Varyans Modelleri Tahmin Sonuçları

	BITCOIN GARCH(1,1)	LITECOIN GARCH(1,1)	RIPPLE GARCH (1,1)	DASH GARCH (1,1)
Ortalama Denklemi				
Sabit terim	0.000477 (0.000321)	-0.00032 (0.000502)	-0.000587 (0.000334)	-0.00057 (0.00053)
AR(1)	0.719770*** (0.258932)	-0.47877** (0.21637)	-0.045092 (1.144485)	0.150763*** (0.053899)
AR(2)	-0.565113* (0.292208)	-0.01279 (0.17758)	-0.002357 (0.090850)	-0.86782*** (0.091772)
AR(3)	-0.059722 (0.219050)			
MA(1)	-0.767929*** (0.258827)	0.398747* (0.22001)	-0.088010 (1.144115)	-0.16944*** (0.050564)
MA(2)	0.601428** (0.295638)	0.00926 (0.17914)	-0.021670 (0.214499)	0.877527*** (0.083261)
MA(3)	0.00554 (0.220589)			
Varyans Denklemi				

Sabit terim	1.40E-05 (5.11E-06)	0.929538** (0.42723)	0.000116 (2.40E-05)	2.268315** (1.055)
ARCH(Alpha1)	0.086390 (0.020317)	0.138368*** (0.054161)	0.369158 (0.060022)	0.316319*** (0.098846)
GARCH(Beta1)	0.887317 (0.025708)	0.829634*** (0.055842)	0.600931 (0.046703)	0.651884*** (0.090907)
EGARCH(Theta1)				
EGARCH(Theta2)				
Student(DF)	3.310762 (0.328007)	2.743258*** (0.2467)	0.870269 (0.031943)	2.679341*** (0.22167)
Akaike	-5.107647	-4.4437	-4.416421	-4.3534
Q(15)	94.618	53.3746	76.065	11.5867
Q2(15)	5.9130	4.6745	14.372	6.2140
ARCH(15)	0.4063	0.2958	1.021871	0.4002

Not:*,**,*** sırasıyla %10, %5 ve %1 önem seviyesindeki anlamlılıkları göstermektedir. ARCH(15), 15. Gecikme uzunluğu için modelde ARCH etkisinin varlığını inceleyen ARCH-LM test istatistiğini, Q(15) ve Q2(15) ise sırasıyla standartlaştırılmış hata ve hata karelere ilişkin 15. Gecikme uzunluğu için Ljung-Box test istatistiklerini ifade etmektedir.

Kripto para birimleri için tahmin edilen koşullu değişen varyans modellerine ilişkin tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri için sıfır hipotezinin reddedilemediği grlmektedir. Dolayısıyla modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunu mevcut değildir. Aynı zamanda, ARCH testine göre de modelde ARCH etkisinin olmadığı ifade edilmektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olması gerekmektedir. Model için bu koşulun da sağlandığı grlmektedir.

5.5. Dinamik Koşullu Korelasyon Tahmini

Çalışmada kripto para birimlerinin yumuşak emtialar, tarımsal emtialar ve metallere oluşan portföylerde, portföy performansı ve riski üzerindeki etkilerinin incelenmesinde zamanla değişen dinamik koşullu korelasyon modelinden yararlanılmıştır.

Tablo 12’de yumuşak emtia piyasası ile kripto para birimleri arasındaki zamanla değişen dinamik koşullu korelasyonu elde etmek amacıyla tahminlenen DCC-EGARCH(1,1) modellerine ilişkin tahmin sonuçları yer almaktadır. DCC-EGARCH modeli, risk yönetimi stratejileri hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır.

Tablo 12. Yumuşak Emtia Piyasası ve Kripto Para Piyasası İçin Dinamik Koşullu Korelasyon Model Tahmin Sonuçları

	BITCOIN	LITECOIN	RIPPLE	DASH
ρ(Pamuk)	0.086365*** (0.030198)	0.155156*** (0.026412)	0.067370** (0.029510)	0.065448** (0.030816)
ρ(Şeker)	0.055231* (0.033091)	0.086962*** (0.029193)	0.073119 (0.031737)	0.074382*** (0.028210)
ρ(Kakao)	-0.006656 (0.029888)	0.034499 (0.028368)	0.035345 (0.029133)	0.044481 (0.029442)
ρ(Portakal Suyu)	0.018859 (0.033581)	0.050868* (0.031015)	0.053849* (0.031784)	0.034913 (0.027339)
Alpha	0.003929 (0.0049937)	0.011333* (0.0060438)	0.010649* (0.0055954)	0.006948 (0.004241)
Beta	0.964254*** (0.074379)	0.874127*** (0.080046)	0.906850*** (0.064996)	0.922961*** (0.05488)
Df	6.777056*** (0.47822)	7.176849*** (0.54970)	6.687479*** (0.46742)	7.171527*** (0.52621)
Akaike	-32.168979	-31.494521	-31.517926	-31.476326
Hosking Q(10)	276.893	280.888	273.780	268.285
Hosking Q²(10)	198.996	212.623	208.964	201.250
Li-McLeod Q(10)	276.847	280.862	273.758	268.215
Li-McLeod Q²(10)	199.144	212.727	209.117	201.443

DCC-EGARCH modelinde ρ varlık çiftleri arasındaki bağımlı yapıyı göstermektedir. Baur ve Lucey (2010), bir varlığın diğere varlıklar pozitif fakat düşük korelasyonlu olması durumunda söz konusu varlığın portföyde çeşitlendirici bir role sahip olduğunu, negatif bir korelasyon olması veya korelasyonlu olmaması durumunda ise riskten korunma sağlayan bir varlık olarak algılandığını ifade etmiştir.

Yumuşak emtia piyasası ile kripto para birimleri arasındaki zamanla değişen dinamik koşullu korelasyonu elde etmek amacıyla DCC-EGARCH(1,1) modellerine ilişkin tahmin sonuçları incelenmiştir. Bu sonuçlara göre Bitcoin ile pamuk ve şeker emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada diğere yumuşak emtia ve kripto para birimlerinden oluşan varlık çiftlerine kıyasla daha güçlü bir koruma sağlayabileceği tespit edilmiştir. Litecoin ile pamuk, şeker ve portakal suyu emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyonun, yatırımcıların risk çeşitlendirmesinde litecoin kripto para birimini kullanabileceğine ulaşılmıştır. Ripple ile pamuk ve portakal suyu emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada diğere varlık çiftlerinden daha güçlü bir koruma sağlayabileceği elde edilmiştir. Dash ile pamuk ve şeker emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyon Dash kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek amacıyla kullanılabilmesine ve yatırımcılara portföy risklerini azaltmada güçlü bir koruma sunabileceğine ulaşılmıştır. Yumuşak emtia piyasası ve kripto para piyasası için dinamik koşullu korelasyon modeli bulgularına göre H1,H2,H3 ve H4 hipotezleri kabul edilmiştir.

Tablo 13'te tarımsal emtia piyasası ile kripto para birimleri arasındaki zamanla değişen dinamik koşullu korelasyonu elde etmek amacıyla tahminlenen DCC-GARCH(1,1) modellerine ilişkin tahmin sonuçları yer almaktadır. DCC-GARCH modeli, risk yönetimi stratejileri hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır.

Tablo 13. Tarımsal Emtia Piyasası ve Kripto Para Piyasası İçin Dinamik Koşullu Korelasyon Model Tahmin Sonuçları

	BITCOIN	LITECOIN	RIPPLE	DASH
ρ (Pirinç)	0.034768 (0.029846)	0.046556 (0.031872)	0.018080 (0.024308)	0.047092* (0.027605)
ρ (Buğday)	0.014972 (0.028194)	0.029863 (0.029766)	0.054179** (0.026100)	0.045671 (0.029000)
ρ (Soya Fasulyesi)	0.054282* (0.030566)	0.066522** (0.032574)	0.031439 (0.031699)	0.058753* (0.030607)
ρ (Mısır)	0.018579 (0.031028)	0.023498 (0.032280)	0.031620 (0.030282)	0.038232 (0.031649)
Alpha	0.023867 (0.032087)	0.012544 (0.016472)	0.035836 (0.029643)	0.045094 (0.040389)
Beta	0.810174** (0.39249)	0.932303*** (0.15007)	0.653696* (0.39130)	0.668302* (0.40581)
Df	6.551958*** (0.39851)	6.354957*** (0.37830)	6.231993*** (0.34898)	5.449522*** (0.28215)
Akaike	-35.035975	-34.316634	-33.811785	-33.764208
Hosking Q(10)	277.957	289.299	317.549	306.279
Hosking Q ² (10)	297.381	270.312	313.643	289.146
Li-McLeod Q(10)	277.874	289.185	317.326	306.092
Li-McLeod Q ² (10)	297.346	270.371	313.510	289.260

Tarımsal emtia piyasası ile kripto para birimleri arasındaki zamanla değişen dinamik koşullu korelasyonu tespit etmek amacıyla DCC-GARCH(1,1) modellerine ilişkin bulgular değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, Bitcoin ile soya fasulyesi emtiası arasındaki pozitif ve düşük korelasyon Bitcoin'in portföy yatırımcıları tarafından risk çeşitlendirmesinde kullanılabilmesi tespit edilmiştir. Litecoin ile soya fasulyesi emtialarından oluşan varlık çiftinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada diğere emtialara göre daha güçlü bir koruma sağlayabileceğine ulaşılmıştır. Ripple ile buğday emtiası arasındaki pozitif ve düşük korelasyonun, Ripple kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından risklerini çeşitlendirmek amacıyla kullanılabilmesi elde edilmiştir. Dash ile buğday, pirinç ve soya fasulyesi emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada diğere emtia çiftlerine kıyasla daha güçlü bir koruma sağlayabileceği tespit edilmiştir. Tarımsal emtialar ve kripto para birimleri için elde edilen bulgulara göre H5,H6,H7 ve H8 hipotezleri kabul edilmiştir.

Tablo 14'te metal emtia piyasası ile kripto para birimleri arasındaki zamanla değişen dinamik koşullu korelasyonu elde etmek amacıyla tahminlenen DCC-GARCH(1,1) modellerine ilişkin tahmin sonuçları yer almaktadır. DCC-GARCH modeli, risk yönetimi stratejileri hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır.

Tablo 14. Metal Emtia Piyasası ve Kripto Para Piyasası İçin Dinamik Koşullu Korelasyon Model Tahmin Sonuçları

	BITCOIN	LITECOIN	RIPPLE	DASH
$\rho(\text{Altın})$	0.080458 (0.055492)	0.027442 (0.044091)	0.038010 (0.041976)	0.022406 (0.042625)
$\rho(\text{Gümüş})$	0.134118*** (0.044120)	0.123838*** (0.041096)	0.126816*** (0.037861)	0.132623*** (0.038087)
$\rho(\text{Platin})$	0.152470 (0.062640)	0.122132*** (0.044377)	0.095722** (0.041061)	0.121911*** (0.042948)
$\rho(\text{Bakır})$	0.129084** (0.051107)	0.084340* (0.045580)	0.109290*** (0.040666)	0.085877** (0.043406)
Alpha	0.010879*** (0.0028539)	0.010873*** (0.0027120)	0.010944*** (0.0028977)	0.010769*** (0.0026953)
Beta	0.975019*** (0.0080070)	0.973659*** (0.0081756)	0.971978*** (0.0097369)	0.972047*** (0.0087135)
Df	7.426066*** (0.52287)	6.913678*** (0.44594)	6.986097*** (0.44739)	6.704595*** (0.43462)
Akaike	-28.669489	-27.962916	-27.908653	-27.851218
Hosking Q(10)	180.127	182.930	179.217	179.642
Hosking Q ² (10)	246.477	183.596	217.411	171.718
Li-McLeod Q(10)	180.103	182.920	179.182	179.591
Li-McLeod Q ² (10)	246.244	183.601	217.243	171.757

Metal emtia piyasası ile kripto para birimleri arasındaki zamanla değişen dinamik koşullu korelasyonu elde etmek amacıyla tahminlenen DCC-GARCH(1,1) modellerine ilişkin sonuçlar incelenmiştir. Bitcoin ile gümüş ve bakır emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada diğer varlık çiftlerine kıyasla daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Litecoin ile gümüş, platin ve bakır emtiaları arasında pozitif ve düşük korelasyon litecoin kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Ripple ile gümüş, platin ve bakır emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada diğer emtialara göre daha güçlü bir koruma sağlayabileceğini söylemek mümkündür. Dash ile gümüş, platin ve bakır emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyon Dash kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek amacıyla kullanılabilirleceği ve yatırımcılara portföy risklerini azaltmada diğer emtia çiftlerine kıyasla daha güçlü bir koruma sağlayabileceği elde edilmiştir. Metal emtia piyasası ve kripto para piyasası için ulaşılan bulgulara göre H9,H10,H11 ve H12 hipotezleri kabul edilmiştir.

Çalışmada kullanılan geleneksel emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu yapıyı modelleyen DCC-GARCH modellerinde otokorelasyon ve ARCH etkisinin varlığı Hosking ve McLeod-Li testleri ile incelenmiştir. Tanımlayıcı testler, model artıklarında ARCH etkisinin ve otokorelasyonun olmadığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, modellerde istatistiksel olarak spesifikasyon hatasının olmadığını söylemek mümkün olmaktadır.

6. SONUÇ

Portföy optimizasyonu finansal kararların alınmasında yatırım alanının en önemli konularından biridir. Portföy optimizasyonunun, Markowitz ile başlayan gelişimi; piyasa koşulları, pazarlardaki değişimler, endüstrideki artan riskler ve teknoloji ile birlikte ortaya çıkan yeni yatırım araçlarının etkisiyle sürekli olarak devam etmektedir. Bu kapsamda çalışmada, üç farklı finansal emtia (tarımsal emtialar, yumuşak emtialar ve metaller) portföyünü optimize etme ve bu geleneksel emtia portföylerinin en likit kripto para birimleriyle (Bitcoin, Litecoin, Dash ve Ripple) çeşitlendirilmesinin etkilerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Finansal piyasalardaki belirsizlikten kaynaklanan volatilitte çeşitli modellerle belirlenebilmektedir. Volatilitte modellemesi ilk olarak Engle (1982) tarafından otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modeli olarak ortaya konulmuş, daha sonra birçok araştırmacı tarafından volatilitte modelleri geliştirilmiştir. Bu doğrultuda çalışmada, 2017-2022 dönemini kapsayan veriler kullanılarak volatilitte yayılımı DCC-GARCH modelleri ile araştırılmıştır.

Çalışmada ilk olarak değişkenlerin durağanlılıkları incelenmiş, sonrasında her bir emtia ve kripto para birimi için uygun ARMA modelleri ve otoregresif koşullu değişen varyans modelleri tahmin edilerek analiz sonlandırılmıştır. Araştırmada kullanılan yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metal emtialar ve kripto para birimlerinin durağanlılıkları Phillips-Perron ve KPSS birim kök testleri ile sınanmış, gerek sabit terimli gerekse sabit terim ve trendli birim kök test sonuçları söz konusu piyasalarda yer alan tüm emtiaların %5 önem seviyesinde, düzey değerlerinde durağan oldukları bulgusu elde edilmiştir.

Araştırmada kullanılan değişkenlere ait birim kök testlerinin incelenmesi sonrasında, yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metaller ve kripto para piyasalarında yer alan her bir finansal varlık için uygun ARMA modelleri tahmin edilmiştir. ARMA modellerinde uygun gecikme uzunluklarının belirlenmesinde Akaike bilgi kriteri, model durağanlık koşulları ve katsayıların istatistiki anlamlılıkları dikkate alınmıştır. ARMA modellerinin artıklarında belirlenen gecikme için ARCH-LM testi sonuçları incelendiğinde, ARCH etkisinin varlığı görölmektedir. ARCH etkisinin varlığından dolayı, tüm emtiaların modellenmesine koşullu değişen varyans modelleri ile devam edilmiştir.

Uygun otoregresif koşullu değişen varyans modellerinin belirlenmesinde; modelin durağanlık varsayımını sağlayıp sağlamadığı, model parametrelerinin anlamlılıkları, ARCH etkisinin ortadan kalkıp kalmadığı ve Akaike bilgi kriteri göz önünde bulundurulmuştur. Belirlenen model tahminlerine göre tüm emtialara ilişkin model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının 1'den küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir.

Çalışmanın analizlerinin son bölümünde ise kripto para birimlerinin yumuşak emtialar, tarımsal emtialar ve metal emtialardan oluşan portföylerde, portföy performansı etkilerinin incelenmesinde zamanla değişen dinamik koşullu korelasyon (DCC-GARCH) modeli kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda yumuşak emtialar, tarımsal emtialar ve metal emtiaları kripto paralarını ile çeşitlendirmenin etkisini gözlemek amacıyla oluşturulan araştırmanın tüm hipotezleri kabul edilmiştir. Geleneksel finansal varlıklara alternatif yatırım araçlarından kripto para birimlerinin, portföy çeşitlendirme stratejilerine katkısı ortaya konulmuştur. Kullanılan kripto para birimlerinin gerçeleştirilen portföy çeşitlendirmesinde yatırımcı risklerini azalttığı, dolayısıyla riskten koruma özelliği sağladığı tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen bulgulara ek olarak, kripto para birimlerinin, geleneksel emtialar ile arasındaki düşük korelasyon sayesinde portföy performansını artırdığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle, kripto para birimlerinin portföy performansını olumlu etkileyen finansal varlıklar olduğu ve portföy çeşitlendirmesi için iyi bir araç olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular literatürdeki benzer araştırmalar dikkate alınarak değerlendirildiğinde; Bhanja vd. (2023); Kumaran (2022), Gül (2022), Som ve Kayal (2022), Letho vd. (2021), Ma vd. (2020) tarafından yapılan çalışmaların bulgularıyla paralellik göstermektedir. Jana ve Sahu (2023) tarafından yapılan araştırmanın bulgularında ise tüm kripto para birimlerinin riskten koruma sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmanın bulgularında tüm kripto para birimlerinin riskten koruma sağladığı elde edilmiştir. Dolayısıyla çalışma sonuçları Jana ve Sahu (2023)'nun çalışmalarıyla kısmen benzerlik göstermektedir. Bu durumun savaş, pandemi, kriz gibi durumlardan kaynaklandığını söylemek mümkün olabilir.

Çalışma ile birlikte ulaşılan sonuçlardan hareketle Merkez Bankası'na, yatırımcılara, işletmelere, düzenleyici ve denetleyici kurumlara yönelik başlıca önerilerimiz şunlardır:

Yatırımcılara yönelik öneriler:

- Kripto para piyasasındaki gelişmeleri takip etmeleri,
- Portföylerini oluştururken kripto para birimlerini portföyelerine dahil etmeleri,
- Tek bir kripto para birimi yerine çeşitlendirilmiş kripto para birimlerinin kullanılarak getiri riskinin azaltılması,
- Kripto para piyasasındaki gelişmelerin yeni fırsat yaratma ve büyüme potansiyeline sahip olmaları nedeniyle kripto paralara yatırım yapmaları,
- Kripto para birimlerinin koruma özelliği sebebiyle beklenmeyen risk ortamında diğer varlık sınıflarından avantajlı olmaları nedeniyle portföylerde bulundurmaları önerilmektedir.

Kamu otoritelerine yönelik öneriler:

- Kripto paralara ilişkin düzenlemelerin yapılması,
- Kamu otoritesi-kripto para entegrasyonunun sağlanması,
- Kripto para birimlerinin kamu kontrolü altında tutularak kanuna aykırı işlemlerin önlenmesi,
- Kripto para işlemlerine ait muhasebe standartlarının oluşturulması,
- Kripto paraların vergilendirme sistemine dâhil edilmesi büyük bir vergi kaynağı olabileceği sebebiyle önerilmektedir.

İşletmelere yönelik öneriler:

- Kripto para birimlerinin işletmeler tarafından gerçekleştirilen işlemlerde kullanılmasının teşvik edilmesi, ülkemizin finansal, teknolojik ve sosyo-ekonomik bağlamda küresel olarak öncül olması bakımından önerilmektedir.

Merkez Bankasına yönelik öneriler:

- Kripto para sistemin kontrolsüzlüğü sebebiyle yasal altyapısının merkez bankaları tarafından geliştirilmesi,
- Merkez bankalarının, geç kalma maliyetlerini azaltması ve teknoloji çağına ayak uydurmalarını için kendi dijital paralarını çıkarması,
- Merkez bankası dijital parası ile para transferleri ve ödemelerin gerçek zamanlı olarak yapılması,
- Merkez bankası dijital parası oluşturularak erişimin bankalara ve bireylere açılması kripto para geleceğinin kontrollü bir Şekilde sağlanması bakımından önerilmektedir.

Çalışma, verilerin elde edildiği dönemin uzunluğu, kullanılan finansal varlık türleri ve metodolojide tercih edilen modellerin varsayımları ile sınırlı kalmıştır. Bundan sonraki araştırmalar için analizlere farklı finansal emtialardan oluşan portföyler dâhil edilerek bu çalışmanın kapsamı genişletilebilir. Çalışmanın zaman periyodu daha uzun bir dönemi kapsayacak Şekilde bir veri setinin analizlerde kullanılması ile literatüre katkı sağlayacak yeni sonuçlar elde edilmesi sağlanabilir. Farklı analiz yöntemleri kullanılarak, bulguların karşılaştırılması ve sonuçların birbirlerini destekler nitelikte olup olmadığı tespit edilerek çalışmanın geliştirilebilmesi ve genişletilmesi mümkündür.

Kaynakça

Bakry, W., Rashid, A., Al-Mohamad, S., & El-Kanj, N. (2021). Bitcoin And Portfolio Diversification: A Portfolio Optimization Approach. *Journal Of Risk And Financial Management*, 14(7), 282.

Baur, D. G., & Lucey, B. M. (2010). Is Gold A Hedge Or A Safe Haven? An Analysis Of Stocks, Bonds And Gold. *Financial Review*, 45(2), 217-229.

Bhanja, N., Shah, A. A., & Dar, A. B. (2023). Aggregate, Asymmetric And Frequency-Based Spillover Among Equity, Precious Metals, And Cryptocurrency. *Resources Policy*, 80, 103145.

Engle, R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity With Estimates Of The Variance Of United Kingdom Inflation. *Econometrica: Journal Of The Econometric Society*, 987-1007.

Fara, R., Pinto, T., Vale, Z., & Corchado, J. M. (2021). Portfolio Optimization Of Electricity Markets Participation Using Forecasting Error In Risk Formulation. *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, 129, 1-12.

Giunta, N., Orlando, G., Carleo, A., & Ricci, J. M. (2024). Exploring Entropy-Based Portfolio Strategies: Empirical Analysis And Cryptocurrency Impact. *Risks*, 12(5), 78.

Gunjan, A. & Bhattacharya, S. (2023). A Brief Review Of Portfolio Optimization Techniques. *Artificial Intelligence Review*, 56(5), 3847-3886.

Gl, Y. (2020). Kripto Paralar Ve Portföy eşitlendirmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (65), 125-141.

Jana, S., & Sahu, T. N. (2023). Can Diversification Be Improved By Using Cryptocurrencies? Evidence From Indian Equity Market. *Journal Of Financial Economic Policy*, 15(6), 551-573.

Jeleskovic, V., Latını, C., Younas, Z. I., & Al-Faryan, M. A. (2024). Cryptocurrency Portfolio Optimization: Utilizing A Garch-Copula Model Within The Markowitz Framework. *Journal Of Corporate Accounting & Finance*, 35(4), 139-155..

Jorion, P. (1997) *Value At Risk: The New Benchmark For Controlling Market Risk*. Irwin Professional Pub.

Karan, B. (2020). *Yatırım Analizi Ve Portföy Ynetimi*. Ankara: Gazi Kitabevi.

Kaya, F., Doğan, İ. (2019). *Finansal Piyasalar*, Ferudun Kaya (Ed.), *Finansal Ynetim İinde* (S.43-64). İstanbul: Betayayınevi.

Konno H. & Yamazakı, H. (1991). Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model And Its Applications To Tokyo Stock Market. *Manage Sci* 37(5),519–531.

- Kumaran, S. (2022). Portfolio Diversification With Cryptocurrencies–Evidence From Middle Eastern Stock Markets. *Investment Analysts Journal*, 51(1), 14-34.
- Letho, L., Chelwa, G., & Alhassan, A. L. (2022). Cryptocurrencies And Portfolio Diversification In An Emerging Market. *China Finance Review International*, 12(1), 20-50.
- Ma, Y., Ahmad, F., Liu, M., & Wang, Z. (2020). Portfolio Optimization In The Era Of Digital Financialization Using Cryptocurrencies. *Technological Forecasting And Social Change*, 161, 120265.
- Markowitz, H.M., (1952). Portfolio Selection. *Journal Of Finance*, 7(1), 77-91.
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio Selection, Efcient Diversification Of Investments*. Wiley, New York.
- Milhomem, D. A., & Dantas, M. J. P. (2020). Analysis Of New Approaches Used In Portfolio Optimization: A Systematic Literature Review, *Production*, 30, 1-16.
- Nadeem, M., Shahzad, A., & Anwar, Y. (2024). Impact Of Crypto Assets As Risk Diversifiers: A Var-Based Analysis Of Portfolio Risk Reduction. *Bulletin Of Business And Economics (Bbe)*, 13(1), 51-60.
- Onan, A. (2013). Metasezgisel Yöntemler Ve Uygulama Alanları. *Çukurova Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2), 113-128.
- Rockafellar, R.T. & Uryasev, S. (2002). Conditional Value-At-Risk For General Loss Distributions. *J Bank Financ* 26(7), 1443–1471.
- Samuelson, P.A. (1975). The Fundamental Approximation Theorem Of Portfolio Analysis In Terms Of Means, Variances And Higher Moments. *Stochastic Optimization Models In Finance*. Elsevier, Amsterdam, 215–220.
- Sayılğan, G. (2019). *Soru Ve Yanıtlarıyla İşletme Finansmanı*, Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Som, A., & Kayal, P. (2022). A Multicountry Comparison Of Cryptocurrency Vs Gold: Portfolio Optimization Through Generalized Simulated Annealing. *Blockchain: Research And Applications*, 3(3), 1-8.
- Thongkairat, S., Yamaka, W., & Chakpitak, N. (2019, January). Portfolio Optimization Of Stock, Oil And Gold Returns: A Mixed Copula-Based Approach, In *International Conference Of The Thailand Econometrics Society*. Springer, 474-487.
- Vo, D. H., Pham, T. N., Pham, T. T. V., Truong, L. M., & Nguyen, T. C. (2019). Risk, Return And Portfolio Optimization For Various Industries In The Asean Region. *Borsa Istanbul Review*, 19(2), 132-138.
- Young, M.R. (1998). A Minimax Portfolio Selection Rule With Linear Programming Solution. *Manag Sci* 44(5), 673–683.
- Zanjirdar, M. (2020). Overview Of Portfolio Optimization Models. *Advances In Mathematical Finance And Applications*, 5(4), 419-435.