

**Yayın Geliş Tarihi (Submitted): 24/10/2024**

**Yayın Kabul Tarihi (Accepted): 07/01/2026**

**Makele Türü (Paper Type): Araştırma Makalesi – Research Paper**

**Please Cite As/Atıf için:**

Alparıslan, N. ve Akdağ, S. (2026), COVID-19 sürecinde sistematik riskin azaltılmasında emtia ve kripto varlıkların rolü: Bulanık mantıkla BIST50 üzerine bir uygulama, *Nicel Bilimler Dergisi*, 8(1), 1-17. doi: 10.51541/nicel.1572555

---

## **COVID-19 SÜRECİNDE SİSTEMATİK RİSKİN AZALTILMASINDA EMTİA VE KRİPTO VARLIKLARIN ROLÜ: BULANIK MANTIKLA BIST50 ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

Nisa ALPARSLAN<sup>1</sup> ve Saffet AKDAĞ<sup>2</sup>

### **ÖZ**

COVID-19 pandemisinin küresel ekonomi üzerindeki etkisiyle beraber finansal piyasalar, belirsizlik ve volatilitenin hâkim olduğu bir sürece girmiş, bu durum yatırımcıların yatırım tercihlerini yeniden değerlendirmesine neden olmuştur. Geleneksel yatırım araçları olan pay senetleri ve tahvillerin yanı sıra altın gibi güvenli liman varlıkları ve kripto varlıklar, yatırımcılar için alternatifler arasında yer almıştır. Bu çalışma, BIST50 endeksinde yer alan pay senetleri ve 10 emtia ile analiz dönemindeki en yüksek işlem hacmine sahip 10 kripto varlığın 11 Mart 2020 ile 31 Mayıs 2022 tarihleri arasındaki haftalık verilerini kapsamaktadır. Çalışma COVID-19 sürecinde portföyün sistematik riskinin azaltılmasında emtiaların ve kripto varlıkların oynadığı rolü incelemektedir. Emtia ve kripto varlıkların portföye dâhil edilmesi, sistematik riski azaltma yönünde katkı sunsa da bu varlıkların yüksek volatilitesi, portföy performansında görece daha düşük sonuçlar elde edilmesine neden olmuştur. Elde edilen bulgulara göre en yüksek getiriyi sağlayan portföy, emtia ve kripto varlıkları içeren portföy olurken en düşük risk ise BIST50 pay senetlerinden oluşan portföyde gözlemlenmiştir. Bu bağlamda yatırımcıların risk-getiri dengesini gözeterek portföylerini çeşitlendirmeleri, sistematik riskin azaltılmasında etkili bir strateji olarak vurgulanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Mantık, Portföy Optimizasyonu, Sistematik Risk

---

<sup>1</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Finans ve Bankacılık Bölümü, Tarsus Üniversitesi, Mersin, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2281-6329>

<sup>2</sup> Sorumlu Yazar, Prof.Dr., Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Finans ve Bankacılık Bölümü, Tarsus Üniversitesi, Mersin, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9576-6786>

# THE ROLE OF COMMODITIES AND CRYPTO ASSETS IN SYSTEMATIC RISK REDUCTION DURING THE COVID-19 PROCESS: AN APPLICATION ON BIST50 WITH FUZZY LOGIC

## ABSTRACT

With the impact of the COVID-19 pandemic on the global economy, financial markets have entered a period of uncertainty and volatility, causing investors to reassess their investment preferences. In addition to traditional investment instruments such as stocks and bonds, safe-haven assets such as gold and crypto assets have become alternatives for investors. Using weekly data from 11 March 2020 to 31 May 2022, this study covers equities in the BIST50 index, 10 commodities and 10 crypto assets with the highest trading volume during the analysis period. The research examines the role of commodities and crypto assets in mitigating systematic risk during COVID-19. According to the findings, the portfolio containing commodities and crypto assets has the highest return, while the lowest risk is observed in the portfolio consisting of BIST50 equities. The Sharpe index and coefficient of variation results reveal that the optimal portfolio of equities outperforms. Although the inclusion of commodities and crypto assets in the portfolio contributed to reduce systematic risk, the high volatility of these assets led to relatively lower portfolio performance. In this context, investors' diversification of their portfolios by considering the risk-return balance is emphasized as an effective strategy to reduce systematic risk.

**Keywords:** Fuzzy Logic, Portfolio Optimization, Systematic Risk

## 1. GİRİŞ

Yatırım ortamı kendi içinde birçok belirsizlik barındırmaktadır. Bu belirsizlikler de yatırımcıların yatırım kararları üzerinde doğrudan etkili olan önemli faktörlerden biridir. Çünkü belirsizlikler yatırımcılar için risk doğurmaktadır. Yatırımcılar, yatırım kararı alırken beklenen getiriye maksimum seviyeye taşımak isterken riskleri ise minimize etmek isterler. Riski minimize etmek için ise portföy çeşitlendirmesine giderler. İyi bir portföy çeşitlendirmesi ile özellikle sistematik olmayan risklerin tamamen giderilebileceği ifade edilmektedir. Çeşitlendirme ile tamamen giderilemeyen risk olarak ifade edilen sistematik riskin ise

uluslararası çeşitlendirme ile kısmen giderilebileceği literatürde yer alan çalışmalarda belirtilmektedir. (Brealey, Myers, ve Marcus 2001:251). COVID-19 pandemisi, bütün finansal piyasalarda yüksek volatiliteye neden olmuş ve yatırım araçlarının büyük çoğunluğunu etkilemiştir. Zhang vd. (2020), çalışmasında COVID-19 pandemisinin pay senedi piyasası riskine etkisi incelenmiş ve küresel finansal piyasalardaki risk seviyesini önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir. Pandeminin finansal piyasalardaki risk seviyelerini artırdığı göz önünde bulundurulduğunda, portföy çeşitlendirmesinin bu süreç üzerindeki etkilerinin incelenmesi önemli ve faydalı sonuçlar ortaya koyabilir. Nitekim literatürde COVID-19 pandemi döneminin yatırım araçlarının performansı üzerindeki etkisine ve bu etkiyi minimize etmek için nasıl bir portföy çeşitlendirilmesine gidileceğine yönelik akademik çalışmalar yapılmıştır. Bir yandan pandemi döneminde başta altın gibi emtiaların güvenli bir liman olup olmadığı test edilirken diğer taraftan dijitalleşmeyle birlikte hızla gelişen kripto varlıkların da bu tür dönemlerde güvenli liman işlevi görüp göremeyeceği araştırılmaya başlanmıştır. Bitcoin özelinde, kripto varlıkların portföy çeşitlendirmesi yoluyla portföy performansı üzerinde olumlu etkiler yarattığı pek çok çalışmada belirtilmiştir (Brière vd. 2015; Carrick, 2016; Eisl vd. 2015; Gangwal, 2017; Pinudom vd. 2018; Symitsi ve Chalvatzis, 2019; Wu ve Pandey, 2014). COVID-19 pandemi dönemini dikkate alan çalışmalara bakıldığında ise Nasreen vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, kripto varlıkların birimlerinin COVID-19 pandemisi döneminde riskten korunma aracı aynı zamanda da güvenli liman rolü üstlendiği ifade edilmektedir. Ali vd. (2021) çalışmasında ise altının COVID-19 pandemi döneminde portföy çeşitlendirmesinde kullanılmasının portföyün riskinin minimize edilmesinde önemli bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir. Genel olarak bakıldığında literatürdeki çalışmalar, COVID-19 pandemi döneminde ya sadece kripto varlıkların portföy çeşitlendirmesindeki rolünü ya da emtiaların portföy çeşitlendirmesindeki rolünü ortaya koymaya çalışmaktadır. Bu çalışma, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak hem emtiaların hem de kripto varlıkların, portföyün beklenen getirisi, portföyün toplam riski ve portföyün sistematik riski üzerindeki etkisini yapay zekâ yöntemlerinden biri olan bulanık mantık ile ortaya koymaya çalışmaktadır. Ayrıca BIST50 endeksinde yer alan pay senetlerinden hangilerinin COVID-19 pandemi döneminde diğerlerinden ayrıştığı ve portföy çeşitlendirmesinde kullanılabileceği yine aynı yöntemle ortaya konmuş olacaktır.

Bu çalışmanın temel amacı özellikle COVID-19 pandemisinin pay senetleri üzerinde yarattığı sistematik riskin minimize edilmesinde emtiaların ve kripto varlıkların bir etkisinin olup olmadığının test edilmesidir. Varlık getirileri ve yatırımcı tercihleri çoğu zaman belirsizlik

içerdiğinden bulanık kümeler yaklaşımı bu belirsizliklerin açıkça modellenmesine olanak tanımaktadır. Bu nedenle çalışmada uygulanan portföy optimizasyonunda klasik doğrusal programlama yerine bulanık doğrusal programlama kullanılmıştır. Bu amaçla özellikle belirsizliklerin yoğun olduğu durumlarda kullanılan ve bir yapay zekâ uygulaması olan bulanık mantık ile optimizasyon işlemi gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Çalışmada BIST 50 endeksinde yer alan hisse senetlerinin, emtialar ve kripto varlıkların COVID-19 pandemisi dönemine (11 Mart 2020 - 31 Mayıs 2022) ait haftalık verileri kullanılarak bulanık doğrusal programlama yöntemiyle portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Portföy optimizasyonu iki aşamalı olarak uygulanmıştır. İlk aşamada sadece BIST50’de yer alan pay senetleri verileri ile portföy optimizasyon işlemleri gerçekleştirilerek oluşturulan optimal portföyün getirisi, sistematik riski ve toplam riski hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise BIST50’de yer alan pay senetlerine, emtialar (Altın, Gümüş, Palaydum, Platin, Petrol, Buğday, Pamuk, Kahve, Mısır, Canlı Sığır) ve kripto varlıklar (Bitcoin, Ethereum, Tether, USD Coin, BNB, Cardano, XRP, Dogecoin, Dai, TRON) dâhil edilerek elde edilen optimal portföylerin beklenen getirisi, sistematik riski ve toplam risk hesaplanmıştır. Sonraki süreçte ise oluşturulan bu iki portföy beklenen getiri, sistematik risk ve toplam risk bakımından karşılaştırılmıştır. Böylelikle kripto varlık ve emtiaların, portföy performansı üzerindeki etkisi ortaya konmuştur.

## 2. LİTERATÜR

Emtiaların ve kripto varlıkların portföy süreçlerine dâhil edilerek portföy performansı üzerindeki etkilerine yönelik yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Trimbom vd. (2020), Likidite Sınırlanmış Risk-Getiri Optimizasyonu (LIBRO) yöntemini kullandığı çalışması sonucunda kripto varlıkların bir portföyde yer almasının, sadece geleneksel varlıklardan oluşan portföylere kıyasla getirileri artırabildiğini ve kesinlikle risk-getiri oranını iyileştirebileceğini ortaya koymaktadır. Benzer bir çalışma olan Ma vd. (2020) çalışmasında, beş kripto varlığın, dört geleneksel portföye eklenmesinin portföy çeşitlendirmesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, birden fazla kripto varlığın portföye eklenmesinin, portföy çeşitlendirmesi açısından sonuçları olumlu etkilediği belirtilmiştir. Watorek vd. (2021) çalışmasında en likit kripto varlıklar olan Bitcoin ve Ethereum’un, ortalama olarak geleneksel finansal enstrümanlarla korelasyonunun olmadığını tespit ederek, ilgili varlıkların portföy çeşitlendirmesini kolaylaştırabileceğini belirtmişlerdir. Colombo vd. (2021), Bitcoin veya dört likit kripto varlığı (Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Litecoin) iyi çeşitlenmiş bir

geleneksel varlık portföyüne eklemenin riske uygun getirileri artırıp artırmadığını Ortalama Varyans Modeli ile analiz etmişlerdir. Sonuç olarak kripto varlıkların çeşitlendirme açısından performansının yüksek olduğu vurgulanmıştır. Mezghani (2021) çalışmasında, pay senedi piyasaları ve emtia vadeli işlemleri arasındaki bağlantıyı ve riskten korunma stratejilerini araştırmıştır. Çalışmada 2014 petrol fiyatı düşüşü ve COVID-19 pandemisinin risk yayılımı ve portföy tahsisine etkisi analiz edilmiştir. Beş finansal piyasa (S&P500, SSEEC, Nikkei225, CAC40, DAX) ve iki emtia (petrol, altın) arasındaki şok iletimini tahmin etmek için BEKK-GARCH modelini kullanmıştır. Sonuç olarak altının portföy riskini minimize etmede pozitif katkısının olduğu ifade edilmiştir. Aliu vd. (2022) çalışmasında kripto varlıklar, pay senetleri, emtia ve forex enstrümanlarının günlük getirilerini kullanarak Markowitz çeşitlendirme modeli ile analiz yapmıştır. Analiz sonucunda kripto portföye pay senetleri, emtia ve forex enstrümanlarının dâhil edilmesinin, oluşturulan portföyün riskini azalttığı ifade edilmiştir. Liu vd. (2022) çalışmasında S&P 500 endeksi, brent petrol, ham petrol, altın, buğday ve soft içeceklerin (çay, kahve) günlük verilerini kullanarak GARCH modelleri ile optimizasyon işlemi gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda pandemi döneminde altının optimal portföy performansı üzerinde pozitif katkısının olduğu ifade edilmiştir. GARCH modelinin kullanıldığı Mokni vd. (2022) çalışmasında ise COVID-19 pandemisi öncesinde ve sırasında Ekonomi Politik Belirsizlik (EPU) endeksi karşısında en üst beş kripto varlığın ve altının koruma ve güvenli liman olarak oynadığı rolü araştırmıştır. Sonuç olarak, altın ve kripto varlıkların, COVID-19 pandemisi öncesinde ve sırasında ekonomi politik belirsizliğe karşı güçlü bir koruma sergilemediği dolayısıyla güvenli bir liman özelliği taşımadığı ifade edilmiştir. Rubbaniy (2022) çalışmasında, COVID-19 pandemisi sırasında yumuşak emtia olarak adlandırılan buğday, mısır, kakao, kahve ve şekerin yatırım aracı olarak güvenli liman olup olamayacağını araştırmıştır. Çalışmada DCC-GARCH modeli kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yumuşak emtiaların riskten kaçınma ve portföy çeşitlendirmesi için bir seçenek olduğu ifade edilmiştir. Trichilli ve Boujelbène Abbas (2023) çalışmasında pandemi öncesi dönem (1 Haziran 2019 - 31 Aralık 2019) ve pandemi döneminde (31 Aralık 2019 – 15 Haziran 2020) Bitcoin'in portföye dâhil edilmesinin portföy performansı üzerindeki etkisini test etmiştir. Bu bağlamda Dow Jones endeksi, ham petrol, brent petrol, altın ve bakırın günlük getirileri kullanılarak Bayesen modeli ile analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda pandemi öncesi ve pandemi sonrası dönem için Bitcoin'in optimal portföy performansı üzerinde olumlu katkısı olduğu belirtilmiştir. Benzer bir çalışma olarak Abdelmalek (2024) çalışmasında pandemi dönemi ve öncesi için, altın, petrol, dolar endeksi, çeşitli ülkelerin tahvilleri ve pay senedi endekslerinden oluşan portföye on farklı kripto varlığın eklenmesiyle kripto varlıkların optimal portföy üzerindeki etkisini test

etmeyi amaçlamıştır. Markowitz'in (1952) ortalama-varyans yaklaşımının ve maksimum Sharpe oranının kullanıldığı çalışma sonucunda COVID-19 pandemi döneminde optimal portföyün Sharpe oranı üzerinde kripto varlıkların pozitif etkisinin olduğu ifade edilmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde hem kripto varlıkların hem de emtiaların portföy performansı üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Çeşitli çalışmalar, kripto varlıkların portföylere eklendiğinde getirileri artırabildiğini, risk–getiri oranını iyileştirdiğini ve özellikle iyi çeşitlendirilmiş portföylerde dahi marjinal fayda sağladığını ortaya koymaktadır. Emtialara ilişkin çalışmalar ise özellikle altının portföy riskini azaltmada, kriz ve belirsizlik dönemlerinde optimal portföy performansına pozitif katkı sunduğunu vurgulamaktadır.

### 3. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada, BIST50 endeksinde bulunan hisse senetlerinin yanı sıra seçilmiş emtialar (Altın, Gümüş, Paladyum, Platin, Petrol, Buğday, Pamuk, Kahve, Mısır, Canlı Sığır) ve analiz döneminde en yüksek işlem hacmine sahip kripto varlıklar (Bitcoin, Ethereum, Tether, USD Coin, BNB, Cardano, XRP, Dogecoin, Dai, TRON) için bulanık doğrusal programlama modeli uygulanmıştır. Analiz dönemi olarak ise COVID-19 pandemisinin ilan tarihi olan 11 Mart 2020 ile 31 Mayıs 2022 aralığı belirlenmiştir.

Klasik doğrusal programlama modeli, hedef fonksiyonunu kısıtlayıcılar ve değişkenler ile bağlantılı olarak oluşturma amacı taşır. Bu modelde, hedef fonksiyonunun karar vericiyi ne ölçüde etkilediği göz ardı edilir (Özkan, 2003:161-162). Bulanık doğrusal programlama modelinde ise hedef, en yüksek üyelik derecesiyle optimal bir karara ulaşmaktır. Bu modele göre amaç fonksiyonu, karar vericinin beklentilerine göre tatmin edici bir yaklaşım benimser ve minimum ile maksimum yerine daha gerçekçi bir yaklaşım sunar. Bu şekilde, amaç fonksiyonu, karar vericiyi en iyi şekilde etkileyen çözümü hedefler (Tuncel, 1997:45-48).

Bulanık doğrusal programlama modeli, bulanık mantık ile doğrusal programlamanın temel özelliklerini bir araya getiren bir yöntemdir. Bu model genellikle karar sürecinde ortaya çıkan belirsizliklerde kullanılır (Hansen, 1996: 32; Çevik ve Yıldırım, 2010:8). Bulanık doğrusal programlama yöntemi, doğrusal programlamadan farklı olarak, sorunların çözümünde kesinlik varsayımının olmadığı bir yaklaşım benimser. Bu nedenle, bulanık doğrusal programlama modeli, amaç fonksiyonu ve kısıtlamalarında belirsizliğin var olduğu problemlere

uyum sağlamak için büyük bir esneklik gösterir. Bu sayede model, amaç fonksiyonunu sınırlayıcı özel gereksinimlere uyarlamak için kullanılır (Zhang vd. 2003: 384).

Bulanık mantık modeli, Zadeh'in (1965) ilk çalışmalarından biridir. Bu model, net ve kesin bilgi ile elde edilemeyen durumlarda doğru karar vermeye yardımcı olur. Bu bağlamda, bulanık mantık insan düşünüş tarzını temel alır (Şen, 1999:6).

Bulanık mantık, yaklaşık akıl yürütmenin mantığıdır. Bulanık mantığın geçerli olduğu iki sistem vardır: Birincisi, insan değerlendirmesi ve kavramasına ihtiyaç duyulan durumlar; ikincisi araştırma konusunun karmaşık olması ve konuyla ilgili veri ve bilgi eksikliği nedeniyle kişilerin değer yargılarına başvurulması gereken durumlardır (Baykal ve Beyan, 2004:39).

Bulanık doğrusal programlama modeli ile klasik doğrusal programlama modeli arasındaki en önemli fark, bulanıklığın olduğu yerlerde [0,1] aralığında bir memnuniyet derecesini temsil eden üyelik fonksiyonunun kullanılmasıdır. Bulanık doğrusal programlama modelinde, amaç fonksiyonu kısıtlamaları genellikle aşağıdaki gibi gösterilir (Gülcan, 2012: 63):

Amaç Fonksiyonu:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n \tilde{r}_{ij} x_j$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} x_j \leq \tilde{b}_i (i = 1, 2, \dots, m) \quad x \geq 0$$

Bulanık doğrusal programlama modeli, portföy optimizasyonları için Konno Yamazaki doğrusal programlama modeli ile birlikte kullanılabilir. İlgili modelin amaç fonksiyonunun bulanıklaştırılması sonucunda model, bulanık kaynaklı Konno Yamazaki doğrusal programlama modeline dönüşmektedir. Werners (1987) yaklaşımının uygulanmasıyla oluşturulan bulanık Konno Yamazaki doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu aşağıda verilmiştir (Kocadağlı, 2006: 133):

Amaç Fonksiyonu:

$$\min Z \sum_{t=1}^T \frac{y_t}{T}$$

Kısıt:

$$y_t - \sum_{j=1}^n a_{tj} x_j \geq 0 \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Kısıt:

$$y_t + \sum_{j=1}^n a_{tj}x_j \geq 0 \quad t = 1,2, \dots, T$$

Kısıt:

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j \geq \rho M_0 + a\tau \quad a \in [0,1]$$

Kısıt:

$$\sum_{j=1}^n x_j M_0$$

Portföy optimizasyonu için model uygulanarak tespit edilen memnuniyet düzeyinde hangi varlıklara ne kadar yatırım yapılacağı belirlenebilir. Modelde ilk olarak  $\rho M_0$  ( $\alpha = 0,1$ ) ve  $\rho M_0 + \tau$  ( $\alpha = 1$ ) beklenen getiriler için hesaplanarak  $Z^0$  ve  $Z^1$  amaç fonksiyonları belirlenir.  $Z^0$  ve  $Z^1$  verileri kullanılarak elde edilen üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir (Kocadağlı, 2006:133):

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 1, & Z < Z^0 \\ 1 - \frac{[Z-Z^0]}{Z^1-Z^0}, & Z^0 \leq Z \leq Z^1 \\ 0 & Z > Z^1 \end{cases}$$

$$\mu_k(x) = \begin{cases} 0, & \sum_{j=1}^n r_j x_j < \rho M_0 \\ [\sum_{j=1}^n r_j x_j - \rho M_0] / \tau, & \rho M_0 \leq \sum_{j=1}^n r_j x_j \leq \rho M_0 + \tau \\ 1, & \sum_{j=1}^n r_j x_j > \rho M_0 + \tau \end{cases}$$

Olası getirinin üyelik fonksiyonunun  $\mu_k(x)$ , amacın üyelik fonksiyonunun  $\mu_z(x)$  olması durumunda max-min işlemcisinin kullanılmasıyla oluşturulan bulanık modelinin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıdaki gibidir (Wang, 1997: 385):

Amaç fonksiyonu:

$$Max \alpha \quad (\mu(x) \geq \alpha, \mu_k(x) \geq 0, \alpha \in [0,1])$$

Kısıt 1:

$$\sum_{t=1}^T \frac{y_t}{T} + \alpha(Z^1 - Z^0) \leq Z^1$$

Kısıt 2:

$$y_t - \sum_{j=1}^n a_{tj}x_j \geq 0 \quad t = 1,2, \dots, T$$

Kısıt 3:

$$y_t + \sum_{j=1}^n a_{tj} x_j \geq 0 \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Kısıt 4:

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j \geq \rho M_0 + a\tau \quad a \in [0,1]$$

Kısıt 5:

$$\sum_{j=1}^n x_j = M_0$$

$$(0 \leq x_j \leq \mu_j, y_t \geq 0)$$

Modelde kullanılan parametrelerin açıklamaları aşağıda verilmiştir:

T	İncelenen dönem sayısı
t	T dönemi içindeki herhangi bir t. dönem
$\rho$	Beklenen getiri oranı
$r_j$ j.	Hisse senedinin ortalama getiri oranı
$r_{jt}$ j.	Hisse senedinin t döneminde gerçekleşen getiri oranı
$a_{tj}$ j.	Hisse senedinin riski ( $r_{jt} - r_j$ )
$x_j$ j.	Hisse senedine yapılan yatırımın payı
$\mu_j$ j.	Hisse senedine yapılan yatırımın üst sınırı
$M_0$	Toplam yatırımın miktarı
$\rho M_0$	Beklenen getiri miktarı
$y_t$	Yardımcı değişken
$\tau$	Beklenen getirinin önceden bilinen tolerans değeri
a	Memnuniyet seviyesi

## 4. BULGULAR

### 4.1. Pandemi Dönemi İçin BIST 50 Endeksinde Yer Alan Pay Senetleri Üzerine Yapılan Portföy Optimizasyon Sonuçları

Çalışmada ilk olarak, BIST50 endeksinde yer alan pay senetleriyle portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Pay senetlerinin beklenen haftalık getirisi ( $\rho$ ) 0,013, beklenen maksimum getiri oranı ( $\rho_{\max}$ ) 0,029 olarak tespit edilmiştir. Beklenen getirinin

toleransı ise ( $\tau$ ) 0,016 ( $\tau = 0,029 - 0,013$ ) bulunmuştur. Beklenen getirinin üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir:

$$\mu_k(x) = \begin{cases} 0, & \sum_{j=1}^{50} r_j x_j < 0,013 \\ [\sum_{j=1}^{50} r_j x_j - 0,013] / 0,016, & 0,013 \leq \sum_{j=1}^{50} r_j x_j \leq 0,029 \\ 1, & \sum_{j=1}^{50} r_j x_j > 0,029 \end{cases}$$

$Z^0$  ve  $Z^1$  için amaç fonksiyonu ve kısıtlardaki denklemler kullanılarak  $Z^0 = 0,005$  ve  $Z^1 = 0,016$  değerleri elde edilir. Değerler modele eklendiğinde amacın üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir:

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 1, & Z < 0,005 \\ 1 - [Z - 0,005] / 0,016 - 0,005, & 0,005 \leq Z \leq 0,016 \\ 0, & Z > 0,016 \end{cases}$$

Optimizasyon sonucunda portföyün memnuniyet düzeyi ( $\alpha$ ) %78 olarak hesaplanmıştır. Portföyün riski, getirisi ve değişim katsayısı ise Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Portföy İstatistikleri

Portföy	Portföy Riski	Portföy Getirisi	Sharpe Endeksi	Değişim Katsayısı	Sistemik Risk Katsayısı ( $\beta$ )
BIST50 Portföyü	0,007	0,025	23,18	0,28	0,94

Portföyün memnuniyet düzeyi %78, beklenen haftalık getirisi %2,5 portföyün riski %0,7 değişim katsayısı 0,28 ve portföyün betası ( $\beta$ ) 0,94 olarak hesaplanmıştır. Tablo 2 ‘de portföyde yer alan pay senetleri ve ağırlıkları verilmiştir.

**Tablo 2 .** Portföyde Yer Alan Pay Senetleri ve Ağırlıkları

Kodlar	Değişkenler	Portföydeki Ağırlığı	Ortalama Aylık Getirisi
X2	AKSA	0,233	0,022
X3	AKSEN	0,255	0,025
X4	ALARK	0,002	0,02
X19	HEKTS	0,198	0,026
X21	ISGYO	0,095	0,023
X33	SASA	0,217	0,029

Tablo 2’ ye göre optimal portföy içerisinde yer alması gereken pay senetleri %23,3 AKSA, %25,5 AKSEN, %0,2 ALARK, %19,8 HEKTS, %9,5 ISGYO ve %21,7 SASA olmuştur.

#### 4.2. Pandemi Döneminde BIST 50 Endeksindeki Pay Senetleri ile Emtialar ve Kripto Varlıklar Kullanılarak Oluşturulan Portföyün Optimizasyon Sonuçları

Bu bölümde, BIST50'de yer alan pay senetleri, 10 emtia ve 10 kripto varlığın yüzdelik getirileri kullanılarak (pandemi dönemi için) portföy optimizasyonu yapılmıştır. Mart 2020 ile Mayıs 2022 tarihleri arasındaki 70 varlık için 116 haftalık veri analizde kullanılmıştır. Beklenen haftalık getiri ( $\rho$ ) 0,014, beklenen maksimum getiri oranı ( $\rho_{\max}$ ) 0,076, beklenen getirinin toleransı ise ( $\tau$ ) 0,062 ( $\tau = 0,076 - 0,014$ ) olarak bulunmuştur. Portföyün beklenen getirisinin üyelik fonksiyonu ise aşağıda verilmiştir.

$$\mu_k(x) = \begin{cases} 0, & \sum_{j=1}^{70} r_j x_j < 0,014 \\ \frac{[\sum_{j=1}^{70} r_j x_j - 0,014]}{0,062}, & 0,014 \leq \sum_{j=1}^{70} r_j x_j \leq 0,076 \\ 1, & \sum_{j=1}^{70} r_j x_j > 0,076 \end{cases}$$

$Z^0$  ve  $Z^1$  için amaç fonksiyonu ve kısıtlardaki denklemler kullanılarak  $Z^0=0,002$  ve  $Z^1=0,042$  değerleri elde edilir. Değerler modele eklendiğinde amacın üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 1, & Z < 0,002 \\ 1 - [Z - 0,002]/0,042 - 0,002, & 0,002 \leq Z \leq 0,042 \\ 0, & Z > 0,042 \end{cases}$$

Optimizasyon işlemi sonucunda portföyün memnuniyet düzeyi ( $\alpha$ ) %59 olarak hesaplanmıştır. Portföyün getirisi, riski, Sharpe Endeksi, değişim katsayısı ve sistematik risk katsayısı Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Portföy İstatistikleri

Portföy	Portföy Riski	Portföy Getirisi	Sharpe Endeksi	Değişim Katsayısı	Sistematik Risk Katsayısı ( $\beta$ )
BIST50, Emtia ve Kripto Varlıklar Portföyü	0,016	0,051	11,2	0,31	0,42

Portföyün memnuniyet düzeyi %59, beklenen haftalık getiri oranı %5,1 portföyün riski %1,6 değişim katsayısı 0,31 ve portföyün betası ( $\beta$ ) 0,42 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4' te portföyde yer alan pay senetleri ve ağırlıkları verilmiştir.

**Tablo 4.** Portföyde Yer Alan Pay Senetleri ve Ağırlıkları

Kodlar	Değişkenler	Portföydeki Ağırlığı	Ortalama Haftalık Getirisi
X3	AKSEN	0,071	0,025
X19	HEKTS	0,159	0,026
X21	ISGYO	0,022	0,023
X33	SASA	0,133	0,029
X55	HAM PETROL	0,033	0,015
X57	KAHVE	0,067	0,008
X68	DOGE COİN	0,515	0,076

Tablo 4'e göre optimal portföy içerisinde yer alması gereken varlıklar sırasıyla %7,1 AKSEN, %15,9 HEKTS, %2,2 ISGYO, %13,3 SASA ve %3,33 HAM PETROL, %6,7 KAHVE, %51,5 İLE DOGE COİN varlıklarından oluşmaktadır.

Sadece BIST50 Endeksindeki pay senetleri ile oluşturulan portföy ile BIST50, emtia ve kripto varlıklar ile oluşturulan portföy sonuçları karşılaştırmalı olarak Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5.** Optimizasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

	BIST50 Yer Alan Pay Senetleri İle Oluşturulan Optimal Portföy	BIST50 Yer Alan Pay Senetleri, Emtialar Ve Kripto Varlıklar İle Oluşturulan Optimal Portföy
Portföyün Getirisi	0,025	0,051
Portföyün Riski	0,007	0,016
Sharpe Endeksi	23,18	11,2
Değişim Katsayısı	0,28	0,31
$\beta$	0,94	0,42

Tablo 5'teki veriler değerlendirildiğinde, en yüksek getirinin emtia ve kripto varlıkların dâhil olduğu portföyde elde edildiği görülmektedir. Riskin en düşük olduğu portföyün ise sadece BIST50' de yer alan pay senetleri ile elde edilen portföy olduğu tespit edilmiştir. Portföy performansını ölçen Sharpe endeksi ve değişim katsayısı sonuçlarına bakıldığında sadece pay senetleri ile oluşturulan optimal portföyün daha yüksek performans gösterdiği görülmektedir. Portföylerin sistematik riskini gösteren beta ( $\beta$ ) katsayısına bakıldığında emtiaların ve kripto varlıkların portföye dahil edilmesini portföyün sistematik riski üzerinde önemli derecede bir azalma meydana getirdiği tespit edilmiştir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

COVID-19 pandemisinin küresel ekonomiyle yüz yüze gelmesi finansal piyasaların yoğun belirsizlik ve oynaklığın hâkim olduğu bir döneme girmesini de beraberinde getirmiştir. Bu süreçte yatırımcılar açısından hangi varlıklara yatırım yapılacağı sorusu önem kazanmıştır. Pay senetleri ve tahvil gibi klasik yatırım araçlarının yanında, geleneksel olarak güvenli liman görülen altın gibi değerli madenler bir alternatif oluştururken yeni nesil yatırım aracı olarak görülen kripto varlıklar da alternatifler arasında yer almıştır. Altın gibi emtialar, ekonomik dalgalanmalara karşı direnç sağlayan ve enflasyona karşı bir koruma sunan özellikleriyle dikkat çekerken, yüksek risk ve getiri beklentisi olan kripto varlıklar geleneksel finansal piyasalardan bağımsız ve alternatif bir yatırım aracı olarak öne çıkmaktadır. Yatırımcılar bu tür varlıklardan portföy oluşturarak risklerini minimize etmek isterler. Portföy kuramı, iyi bir çeşitlendirme ile sistematik olmayan risklerin tamamen ortadan kaldırılabilceğini ancak sistematik risklerin tamamen giderilemeyeceğini savunmaktadır.

Bu çalışmada, COVID-19 pandemi döneminde pay senetleri üzerindeki sistematik riskin minimize edilmesinde emtiaların ve kripto varlıkların rolü incelenmiştir. Elde edilen bulgular, en yüksek getirili portföyün emtialar ve kripto varlıkları içeren portföy olduğunu ortaya koymuştur. Ancak riskin en düşük olduğu portföy, sadece BIST50'de yer alan pay senetlerinden oluşmaktadır. Portföy performansını ölçen Sharpe endeksi ve değişim katsayısı sonuçları, sadece pay senetleri ile oluşturulan optimal portföyün daha yüksek performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kripto varlıkların ve emtiaların portföye dâhil edilmesinin portföy çeşitlendirme bağlamında sağladığı katkı literatürde yer alan Trimbom vd. (2020), Trichilli ve Boujelbène Abbes (2023) ve Abdelmalek (2024) çalışmalarıyla kısmen örtüşmektedir.

Portföylerin sistematik riskini gösteren beta ( $\beta$ ) katsayısına bakıldığında, emtiaların ve kripto varlıkların portföye dâhil edilmesinin portföyün sistematik riskinde önemli bir azalma sağladığı görülmüştür. Bu durum, yatırımcıların portföy çeşitliliğini artırarak sistematik riski azaltabileceğini göstermektedir. Ancak yüksek getiri potansiyeline rağmen, emtia ve kripto varlıklar ile oluşturulan portföydeki artan risk, performans göstergelerinde (Sharpe endeksi ve değişim katsayısı) daha düşük sonuçlara yol açmıştır.

Sonuç olarak bu çalışma, yatırımcıların portföylerini çeşitlendirerek risklerini dengelemeleri gerektiğini vurgulamaktadır. BIST50 pay senetlerinden oluşan portföy, düşük risk ve istikrarlı getiri hedefleyen yatırımcılar için uygun olabilir. Daha yüksek getiriler

bekleyen yatırımcılar ise emtialar ve kripto varlıklarla çeşitlendirilmiş portföyü değerlendirebilir. Emtia ve kripto varlıklar, portföy çeşitlendirmesi yoluyla sistematik riski azaltmada etkili araçlar olabilir. Ancak risk ve getiri dengesi gözetilerek, risk iştahına uygun bir şekilde bu varlıkların portföye dâhil edilmesi önerilmektedir. Piyasa yapıcılar açısından yatırımcılara daha fazla seçenek sunmak amacıyla, emtia ve kripto varlıklarla çeşitlendirilmiş fon veya türev araçlar gibi finansal ürünlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Böylelikle yatırımcılara farklı risk-getiri profillerine uygun alternatifler sunulabilecektir. Gelecekteki araştırmalar kapsamında, kripto varlıklar ve emtiaların yanı sıra tahvil, döviz ve gayrimenkul gibi alternatif yatırım araçlarının da sistematik riski minimize etme ve portföy performansı üzerindeki etkileri incelenebilir. Ayrıca bu çalışmada portföy optimizasyonu için bulanık doğrusal programlama yaklaşımı benimsenmiş olup elde edilen sonuçlar klasik doğrusal programlama yöntemleriyle karşılaştırılmamıştır. Gelecek çalışmalar için bulanık ve klasik doğrusal modellerin aynı veri seti üzerinde karşılaştırmalı olarak uygulanması, özellikle belirsizlik altında karar verme süreçlerinde iki yöntemin performans farklılıklarının ortaya konmasını sağlayacağından önerilmektedir.

## **ETİK BEYAN**

“Covid-19 sürecinde sistematik riskin azaltılmasında emtia ve kripto varlıkların rolü: bulanık mantıkla BIST50 üzerine bir uygulama” başlıklı çalışmanın yazım sürecinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş, toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012206174 proje numarası ile desteklenmiştir. Sağladığı katkı ve destek için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- Abdelmalek, W. (2024), Cryptocurrencies and portfolio diversification before and during COVID-19, *EuroMed Journal of Business*, 19(4), 1084-1120.
- Aliu, F., Bajra, U. and Preniqi, N. (2022), Analysis of diversification benefits for cryptocurrency portfolios before and during the COVID-19 pandemic, *Studies in Economics and Finance*, 39(3), 444-457.
- Baykal, N. and Beyan, T. (2004), *Bulanık mantık ilke ve temelleri*, Bıçaklar Kitabevi, Ankara.
- Brealey, R.A., Myers, S.C. and Marcus, A.J. (2001), *Fundamentals of corporate finance* (3rd ed.), The McGraw-Hill Companies, New York.
- Briere, M., Oosterlinck, K. and Szafarz, A. (2015), Virtual currency, tangible return: Portfolio diversification with bitcoin, *Journal of Asset Management*, 16, 365-373.
- Carrick, J. (2016), Bitcoin as a complement to emerging market currencies, *Emerging Markets Finance and Trade*, 52(10), 2321-2334.
- Colombo, J., Cruz, F., Paese, L. and Cortes, R. (2021), The diversification benefits of cryptocurrencies in multi-asset portfolios: Cross-country evidence, *Available at SSRN 3776260*.
- Çevik, O. ve Yıldırım, Y. (2010), Bulanık doğrusal programlama ile süt ürünleri optimum ürün formülü oluşturma, *Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12(18), 15-26.
- Eisl, A., Gasser, S.M. and Weinmayer, K. (2015), Caveat emptor: Does Bitcoin improve portfolio diversification?, *SSRN 2408997*.
- Gangwal, S. (2017), Analyzing the effects of adding Bitcoin to portfolio, *International Journal of Economics and Management Engineering*, 10(10), 3519-3532.
- Gülcan, B. (2012), *Bulanık doğrusal programlama ve bir bisküvi işletmesinde uygulama*, Yüksek Lisans, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaman.
- Hansen, K. B. (1996), Fuzzy logic and linear programming find optimal solutions for meteorological problems, *Applied Mathematics and Computation*, 139, 383-399.
- Kocadağlı, O. (2006), *Bulanık matematiksel programlama ve portföy analizi uygulaması*, Yüksek Lisans, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Liu, X., Shehzad, K., Kocak, E. and Zaman, U. (2022), Dynamic correlations and portfolio implications across stock and commodity markets before and during the COVID-19 era: A key role of gold, *Resources Policy*, 79, 102985.
- Ma, Y., Ferhana, A., Miao, L. and Zilong, W. (2020), Portfolio optimization in the era of digital financialization using cryptocurrencies, *Technological Forecasting and Social Change*, 161, 1-11.
- Markowitz, H. (1952), Portfolio selection, *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Mezghani, T., Ben Hamadou, F. and Boujelbène Abbes, M. (2021), The dynamic network connectedness and hedging strategies across stock markets and commodities: COVID-19 pandemic effect, *Asia-Pacific Journal of Business Administration*, 13(4), 520-552.
- Mokni, K.H., Youssef, M. and Ajmi, A.N. (2022), COVID-19 pandemic and economic policy uncertainty: The first test on the hedging and safe haven properties of cryptocurrencies, *Research in International Business and Finance*, 60, 101573.
- Nasreen, S., Tiwari, A.K. and Yoon, S.M. (2021), Dynamic connectedness and portfolio diversification during the coronavirus disease 2019 pandemic: Evidence from the cryptocurrency market, *Sustainability*, 13(14), 7672.
- Petukhina, A.A., Reule, C.G. and Härdle, W.K. (2021), Rise of the machines? Intraday high frequency trading patterns of cryptocurrencies, *The European Journal of Finance*, 27(1), 8-30.
- Pinudom, B., Tungpisansampun, W., Tansuchat, R. and Maneejuk, P. (2018), Could Bitcoin enhance the portfolio performance?, In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1053, No. 1, p. 012113). IOP Publishing.
- Rubbaniy, G., Khalid, A.A., Syriopoulos, K. and Samitas, A. (2022), Safe-haven properties of soft commodities during times of COVID-19, *Journal of Commodity Markets*, 27, 100223.
- Symitsi, E. and Chalvatzis, K.J. (2019), The economic value of Bitcoin: A portfolio analysis of currencies, gold, oil, and stocks, *Research in International Business and Finance*, 48, 97-110.
- Tuncel, S. Ö. (1997), *Bulanik doğrusal programlama*, Yüksek Lisans, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Trichilli, Y. and Boujelbène Abbas, M. (2023), The impact of COVID-19 on the portfolio optimization, *EuroMed Journal of Business*, 18(2), 207-228.
- Trimborn, S., Li, M. and Härdle, W.K. (2020), Investing with cryptocurrencies—a liquidity constrained investment approach, *Journal of Financial Econometrics*, 18(2), 280-306.
- Watorek, M., Drozd, S., Kwapien, J., Minati, L., Oswiecimka, P. and Stanuszek, M. (2021), Multiscale characteristics of the emerging global cryptocurrency market, *Physics Reports*, 901, 1-82.
- Werners, B. (1987), An interactive fuzzy programming system, *Fuzzy Sets and Systems*, 23, 131-147.
- Wu, C.Y., Pandey, V.K. and Dba, C. (2014), The value of Bitcoin in enhancing the efficiency of an investor's portfolio, *Journal of Financial Planning*, 27(9), 44-52.
- Zadeh, L. A. (1965), Fuzzy sets, *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Zhang, D., Hu, M. and Ji, Q. (2020), Financial markets under the global pandemic of COVID-19, *Finance Research Letters*, 36, 101528.