



# **FİNANSAL YATIRIM ARAÇLARINDA PORTFÖY OPTİMİZASYONU**

**2024  
DOKTORA TEZİ  
İŞLETME**

**Elif ÇETİN**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Mehmet İSLAMOĞLU**

**FİNANSAL YATIRIM ARAÇLARINDA PORTFÖY OPTİMİZASYONU**

**Elif ÇETİN**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Mehmet İSLAMOĞLU**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İşletme Anabilim Dalında  
Doktora Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Haziran 2024**

## İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	1
TEZ ONAY SAYFASI.....	5
DOĞRULUK BEYANI .....	6
ÖNSÖZ .....	7
ÖZ.....	8
ABSTRACT.....	9
ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ.....	10
ARCHIVE RECORD INFORMATION .....	11
KISALTMALAR .....	12
ARAŞTIRMANIN KONUSU .....	13
ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ.....	16
ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ.....	17
ARAŞTIRMA HİPOTEZLERİ.....	18
KAPSAM VE SINIRLILIKLAR/KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER .....	19
1. FİNANSAL PİYASALAR VE YATIRIM ARAÇLARI.....	20
1.1. Piyasa Kavramı.....	20
1.2. Finansal (Mali) Piyasalar ve Sınıflandırılması .....	20
1.2.1. Örgütlenme Yapısına Göre Finansal Piyasalar .....	22
1.2.2. Vadelerine Göre Finansal Piyasalar.....	23
1.2.3. İşlem Durumuna Göre Finansal Piyasalar .....	23
1.2.4. İşlemin Gerçekleşme Zamanına Göre Finansal Piyasalar .....	24
1.2.5. Alıcı ve Satıcılara Göre Finansal Piyasalar .....	24
1.3. Finansal Piyasalarda İşlem Gören Finansal Araçlar .....	25
1.3.1. Para Piyasası Araçları .....	25
1.3.1.1. Hazine Bonosu .....	25

1.3.1.2. Repo .....	26
1.3.1.3. Mevduat Sertifikası .....	26
1.3.1.4. Finansman Bonosu .....	26
1.3.1.5. Eurodollar .....	26
1.3.2.Sermaye Piyasası Araçları .....	26
1.3.2.1. Pay Senetleri.....	27
1.3.2.2. Tahviller .....	28
1.3.2.3. Bonolar .....	32
1.3.2.4. Gelir Ortaklığı Senetleri .....	33
1.3.2.5. Gayrimenkul Sertifikası.....	33
1.3.2.6. Menkul Kıymetleştirme .....	34
1.3.2.7. Kolektif Yatırım Kuruluşları .....	37
1.3.2.8. Vadeli İşlem ve Opsiyon Sözleşmeleri .....	38
1.3.2.9. Varantlar .....	38
1.3.2.10.Kira Sertifikaları (Sukuk) .....	39
1.3.2.11.Borsa Yatırım Fonları.....	41
1.3.2.12.Kıymetli Madenler ve Kıymetli Taşlar.....	42
2. PORTFÖY PLANLAMASI.....	44
2.1. Temel Analiz .....	44
2.1.1.Ekonomik Analiz.....	44
2.1.2.Sektör Analizi .....	45
2.1.3.Firma Analizi.....	45
2.2. Teknik Analiz.....	46
2.2.1.Dow Teorisi.....	47
2.2.1.1. Dow Teorisi Varsayımları.....	48
2.2.2.Fiyat Grafikleri .....	48
2.2.3.Trend Çizgileri .....	50
2.2.4.Formasyonlar .....	50
2.2.5.İndikatörler .....	50
2.2.5.1. Toplanma ve Dağılma Endeksi .....	50
2.2.5.2. Alınan Satılan İşlem Hacmi Endeksi .....	51
2.2.5.3. Talep Endeksi.....	51
2.2.5.4. Hareket Kolaylığı Göstergesi.....	51

2.2.5.5. Dikey Yatay Filtre .....	51
2.2.5.6. Yükselenler-Düşenler Endeksi .....	52
2.3. Yatırımcı Profili .....	52
3. PORTFÖY OPTİMİZASYONU .....	54
3.1. Risk Kavramı .....	54
3.1.1. Sistematik Risk .....	55
3.1.1.1. Enflasyon Riski .....	55
3.1.1.2. Pazar Riski .....	56
3.1.1.3. Faiz Oranı Riski .....	56
3.1.2. Sistematik Olmayan Risk .....	56
3.1.2.1. Faaliyet (İş) Riski .....	57
3.1.2.2. Finansal Risk .....	57
3.1.2.3. Yönetim Riski .....	57
3.2. Portföy .....	58
3.2.1. Portföy Türleri .....	58
3.2.2. Geleneksel Portföy Teorisi .....	59
3.2.3. Modern Portföy Teorisi .....	61
3.3. Optimizasyon .....	62
3.3.1. Portföy Optimizasyonu .....	63
3.4. Portföy Optimizasyon Modelleri .....	64
3.4.1. Matematiksel Modeller .....	67
3.4.1.1. Markowitz Ortalama-Varyans Modeli .....	67
3.4.1.2. Riske Maruz Değer (VaR Model) .....	68
3.4.1.3. Koşullu Riske Maruz Değer (CVaR Model) .....	69
3.4.1.4. Oyun Teorisi .....	70
3.4.1.5. Bulanık Yaklaşım .....	70
3.4.1.6. Dinamik Koşullu Korelasyon Modeli (DCC-GARCH) .....	71
3.4.2. Meta-Sezgisel Modeller .....	72
3.4.2.1. Genetik Algoritma .....	73
3.4.2.2. Tavlama Benzetimi Algoritması .....	73
3.4.2.3. Karınca Kolonisi Algoritması .....	74
3.4.2.4. Parçacık Sürü Algoritması (PSO) .....	74
3.4.2.5. Arı Kolonisi Algoritması .....	74

3.4.2.6. Yapay Sinir Ağları.....	75
<b>4. FİNANSAL YATIRIM ARAÇLARINDA PORTFÖY OPTİMİZASYONU</b>	<b>77</b>
4.1. Literatür Özeti .....	77
4.2. Araştırmanın Hipotezleri.....	85
4.3. Araştırmanın Veri Toplama Yöntemi .....	86
4.4. Araştırmanın Analiz Yöntemi .....	86
4.4.1. Birim Kök Testi.....	87
4.4.1.1. Augmented Dickey Fuller Test.....	88
4.4.1.2. Phillips Perron Testi.....	88
4.4.1.3. Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) Testi.....	89
4.4.2. Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA) Modeli .....	90
4.4.3. ARCH-LM Testi.....	92
4.4.4. Otoregresif Koşullu Değişen Varyans Modelleri .....	93
4.4.4.1. ARCH Modeli .....	93
4.4.4.2. GARCH Modeli .....	96
4.4.4.3. EGARCH Modeli.....	97
4.4.4.4. GJR-GARCH Modeli.....	98
4.4.5. Dinamik Koşullu Değişen Varyans Modeli.....	99
4.5. Araştırmanın Veri Seti ve Bulgular .....	100
4.5.1. Tanımlayıcı İstatistikler .....	101
4.5.2. Birim Kök Test Sonuçları .....	107
4.5.3. ARMA Modeli Tahmin Sonuçları .....	108
4.5.4. Koşullu Değişen Varyans Modelleri Tahmin Sonuçları.....	114
4.5.5. Dinamik Koşullu Korelasyon Tahmini .....	126
<b>SONUÇ .....</b>	<b>136</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>142</b>
<b>TABLolar LİSTESİ .....</b>	<b>156</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ .....</b>	<b>158</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>159</b>

## TEZ ONAY SAYFASI

Elif ÇETİN tarafından hazırlanan “FİNANSAL YATIRIM ARAÇLARINDA PORTFÖY OPTİMİZASYONU” başlıklı bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet İSLAMOĞLU

.....

Tez Danışmanı, Finans ve Bankacılık Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İşletme Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 25/06/2024

**Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)**

**İmzası**

Başkan : Prof. Dr. Ferudun KAYA (BAİBÜ)

.....

Üye : Prof. Dr. Mehmet İSLAMOĞLU (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Feyzullah Esad ŞEKKELİ (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Elif ERER (MCBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Almabrok F. AHMID (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Doktora Tezi derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## **DOĞRULUK BEYANI**

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışmayı bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı herhangi bir yola tevessül etmeden yazdığımı, araştırmamı yaparken hangi tür alıntıların intihal kusuru sayılacağını bildiğimi, intihal kusuru sayılabilecek herhangi bir bölüme araştırmamda yer vermediğimi, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserlere metin içerisinde uygun şekilde atıf yapıldığını beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak ahlaki ve hukuki tüm sonuçlara katlanmayı kabul ederim.

**Adı Soyadı:** Elif ÇETİN

**İmza** :



## ÖNSÖZ

Finansal piyasalarda yatırım yapmak zaman içerisinde karmaşık bir sürece dönüşmüştür. Teknolojinin gelişmesi ve değişen ekonomik koşullar yatırımcıları çeşitli yatırım araçlarına yönlendirmektedir. Yatırım araçlarının çok çeşitli olması yatırımcıların karar verme süreçlerini ve riski yönetmelerini zorlaştırmaktadır. Portföy optimizasyonu, yatırımcıların karar verme süreçlerini kolaylaştırmanın ve risk profillerine uygun en iyi getiriyi elde etmelerine yardımcı olmanın bir yoludur. Bu çalışmada geleneksel emtiaların ve kripto para birimlerinin bir kısmı sürece dahil edilerek finansal yatırım araçlarında portföy optimizasyonu konusu ele alınmıştır. Çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı ve yatırımcılara yol gösterici olacağı umulmaktadır.

Tez çalışmam süresince desteklerini ve bilgilerini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof.Dr. Mehmet İSLAMOĞLU'na, tez izleme sürecinde katkı sunan Doç.Dr. Fatih GÜÇLÜ'ye, araştırmama destek olan Dr.Öğr. Üyesi Elif ERER'e, lisansüstü eğitim yolculuğumda her daim en büyük destekçim olan ve yol gösteren, üzerimde çok emeği olan kıymetli hocam Prof. Dr. Ferudun KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım. Son olarak hayatımın her aşamasında en büyük destekçim olan, bu zorlu süreçte maddi ve manevi yanımda olan değerli aileme çok teşekkür ederim.

## ÖZ

Bu çalışmada, finansal yatırım araçlarında portföy optimizasyonuna yönelik olarak geleneksel emtialar ve kripto para birimleri ile gerçekleştirilen portföy optimizasyonu ve etkileri incelenmiştir. Araştırmada finansal yatırım araçlarında portföy optimizasyonu kapsamında üç farklı geleneksel emtia portföylerinin optimize edilmesi ve kripto para birimleri ile çeşitlendirmenin bu portföyler üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın veri setini, 2017-2022 tarihlerini kapsayacak şekilde, dört likit kripto para birimi (Bitcoin (BTC), Litecoin (LTC), Ripple (XRP), Dash coin (DASH)) ve geleneksel emtialardan; yumuşak emtialar (şeker, pamuk, kakao, portakal suyu), tarımsal emtialar (pirinç, buğday, soya fasulyesi, mısır) ve metal emtialara (altın, gümüş, platin, bakır) ait günlük veriler oluşturmaktadır. Öncelikle elde edilen verilerden etkin sonuçlara ulaşmak için emtia ve kripto para piyasasındaki belirsizliklerin durağanlıkları Phillips-Perron ve KPSS birim kök testleri ile incelenmiştir. Birim kök testlerinin incelenmesi sonrasında, 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 kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

DCC-GARCH modeli ile elde edilen analiz sonuçlarına göre, kripto para birimlerinden bir kısmı gerçekleştirilen 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 artırdığı bulgusuna 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

## **ABSTRACT**

This study investigates portfolio optimization in financial investment instruments, focusing on traditional commodities and cryptocurrencies. The research aims to optimize three different portfolios of traditional commodities within the scope of portfolio optimization in financial investment instruments and to examine the effects of diversifying these portfolios with cryptocurrencies. The dataset for the research comprises daily data spanning from 2017 to 2022, including four liquid cryptocurrencies (Bitcoin (BTC), Litecoin (LTC), Ripple (XRP), Dash coin (DASH)) and traditional commodities. These traditional commodities encompass soft commodities (sugar, cotton, cocoa, orange juice), agricultural commodities (rice, wheat, soybeans, corn), and metal commodities (gold, silver, platinum, copper). First of all, in order to reach effective results from the data obtained, the stationarity of the uncertainties in the commodity and cryptocurrency markets was examined with Phillips-Perron and KPSS unit root tests. After examining the unit root tests, appropriate ARMA models were determined for each commodity. In order to observe the effect of optimizing commodity portfolios and diversifying with crypto currencies, analyzes were carried out using the DCC-GARCH model with the OxMetrics6 program.

According to the analysis results obtained with the DCC-GARCH model, some of the crypto currencies reduce investor risks and show protection features in portfolio diversification, while some of them show diversification features. In the findings of the study, it has been found that cryptocurrencies have low correlation with traditional commodities and increase portfolio performance. In this context, cryptocurrencies serve as a good tool for portfolio diversification and positively impact portfolio performance.

**Keywords:** Portfolio Optimization; Investment Instruments; Cryptocurrencies; Traditional Commodities; Portfolio Diversification; Dynamic Conditional Correlation

## ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ

<b>Tezin Adı</b>	Finansal Yatırım Araçlarında Porföy Optimizasyonu
<b>Tezin Yazarı</b>	Elif ÇETİN
<b>Tezin Danışmanı</b>	Prof.Dr. Mehmet İSLAMOĞLU
<b>Tezin Derecesi</b>	Doktora
<b>Tezin Tarihi</b>	25/06/2024
<b>Tezin Alanı</b>	İşletme Anabilim Dalı
<b>Tezin Yeri</b>	KBÜ/LEE
<b>Tezin Sayfa Sayısı</b>	161
<b>Anahtar Kelimeler</b>	Portföy Optimizasyonu; Yatırım Araçları; Kripto Para Birimleri; Geleneksel Emtialar; Portföy Çeşitlendirmesi; Dinamik Koşullu Korelasyon

### ARCHIVE RECORD INFORMATION

<b>Name of the Thesis</b>	Portfolio Optimization In Financial Investment Instruments
<b>Author of the Thesis</b>	Elif ÇETİN
<b>Advisor of the Thesis</b>	Prof.Dr. Mehmet İSLAMOĞLU
<b>Status of the Thesis</b>	PhD
<b>Date of the Thesis</b>	25/06/2024
<b>Field of the Thesis</b>	Business Department
<b>Place of the Thesis</b>	UNIKA/IGP
<b>Total Page Number</b>	161
<b>Keywords</b>	Portfolio Optimization; Investment Instruments; Cryptocurrencies; Traditional Commodities; Portfolio Diversification; Dynamic Conditional Correlation

## **KISALTMALAR**

<b>ADF</b>	: Augmented Dickey Fuller
<b>ARCH</b>	: Otoregresif Koşullu Değişen Varyans Modeli
<b>BİST</b>	: Borsa İstanbul
<b>CVaR</b>	: Koşullu Riske Maruz Değer
<b>ÇKKV</b>	: Çok Kriterli Karar Verme
<b>DCC</b>	: Dinamik Koşullu Korelasyon
<b>HMVKŞ</b>	: Hazine Müsteşarlığı ile Hazine Müsteşarlığı Varlık Kiralama Anonim Şirketi
<b>KPSS</b>	: Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin Testi
<b>MAD</b>	: Ortalama Mutlak Sapma
<b>MM</b>	: Minimax
<b>PSO</b>	: Parçacık Sürü Algoritması
<b>VaR</b>	: Riske Maruz Değer
<b>VDMK</b>	: Varlığa Dayalı Menkul Kıymetler

## ARAŞTIRMANIN KONUSU

Finansal sistem, ekonomi içerisindeki fon akımlarını düzenlemek olan temel işlevini fon fazlası olan ekonomik birimlerden fon ihtiyacı olan ekonomik birimlere fon aktarımı ile gerçekleştirmektedir. Finansal sistem bu işlevini finansal araçlar ve bu araçları kullanan finansal aracı birimler ile gerçekleştirmektedir (Demir, 2021: 275).

Finansal araç, mal ya da hizmet sahibi olan satıcıların ve alıcıların amaçlarını gerçekleştirmek için buluşmalarını sağlayan her türlü ortam piyasa olarak tanımlanmaktadır. Piyasaları; mal piyasaları ve finansal piyasalar olarak ikiye ayırmak mümkündür (Sayılğan, 2019: 25). Finansal piyasaların oluşumu, yüzyıllar öncesine, yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte tarihin doğuşuna bağlanabilmektedir. Pazarların ilk prototipinin çiftçilerin tohumlarını başka ürünlerle değiştirmek için ekinleri kullanmasıyla ortaya çıktığı belirtilmektedir. Fon arz eden ve talep edenlerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ortaya çıkan ihtiyaçların giderilmesi adına oluşan finansal piyasalar, yüzyıllar boyu gelişmiş ve değişmiştir. Finansal piyasalar, finansal varlıkların alınıp satıldığı ortam olarak da tanımlanmaktadır. Potansiyel alıcı ve satıcıların hisse senetleri, tahviller, para birimleri ve türev ürünler gibi varlıkların alışı ve satışına katıldığı yer olarak ifade edilmektedir (Ali Alhaj vd., 2020: 159; Demir, 2021: 276).

Finans piyasası, ülkeler arasındaki ticaret ilişkilerinin gelişmesi ve sınırlayıcı etkenlerin esnetilmesi ile küresel finans piyasası ve sermaye hareketlilik hacminin de artmasını sağlamıştır. Küresel sermayenin hareketliliği zamanla finansal sistemin bileşenlerinin çeşitlenmesine ve hacimlerinin artmasına yol açmıştır. Bu bağlamda finansal piyasalar çeşitli niteliklere göre sınıflandırılabilir. Finansal piyasaları vade yapılarına göre, para ve sermaye piyasaları; örgütlenme biçimine göre, örgütlenmiş ve örgütlenmemiş (tezgâh üstü) piyasalar; piyasada işlem gören finansal varlığın işlem durumuna göre, birincil ve ikincil piyasalar; ödemenin ve teslimin şekline göre, spot ve vadeli piyasalar ve piyasada kullanılan araçlara göre, para, menkul değerler, gayrimenkul, kambiyo ve kıymetli madenler piyasaları olarak beş grupta sınıflandırmak mümkündür (Kaya ve Doğan, 2019: 45).

Para ve sermaye piyasalarının varlığıyla temelde şekil alan finansal piyasalar, birincil ve ikincil piyasa işlemlerinin artması, organize ve organize olmayan (tezgahüstü) piyasaların çeşitlenmesiyle beraber finansal piyasaların zenginliği

artmıştır. Swap, forward, opsiyon, futures gibi türev araçlar finansal piyasa çeşitliliğinin en önemli göstergelerindendir (Demir, 2021: 279). Finansal piyasalarda kullanılan araçları temel olarak para piyasası araçları ve sermaye piyasası araçları olarak sınıflandırmak mümkündür:

#### Para Piyasası Araçları:

- Hazine Bonosu
- Repo
- Mevduat Sertifikası
- Finansman Bonosu
- Eurodollar (Karan, 2020: 27).

#### Sermaye Piyasası Araçları:

- Pay Senetleri
- Tahviller
- Bonolar
- Gelir Ortaklığı Senetleri
- Gayrimenkul Sertifikası
- Varlığa Dayalı Menkul Kıymetler
- Yatırım Fonu Katılma Belgeleri
- Vadeli işlem ve Opsiyon Sözleşmeleri
- İpotekli Sermaye Piyasası Araçları
- Varantlar
- Kira Sertifikaları (Sukuk)
- Borsa Yatırım Fonları
- Kıymetli Madenler ve Kıymetli Taşlar (Madenoğlu, 2020: 35).

Bütün bu gelişmelere ek olarak son yıllarda finansal piyasalardaki dinamik ve ekonomik değişikliklerin sonucu olarak küresel finansal çeşitlilik ve yatırıma katkıda bulunan yenilikçi finansal araçlar ortaya çıkmıştır (Marszk & Lechman, 2020). Özellikle block-chain teknolojisinin gelişmesiyle, kripto para birimlerinin önemiyet kazanması ve dünyanın bir çok yerinde ödeme aracı olarak kullanılması küresel finansal piyasalar açısından geleceğe farklı bir projeksiyon sunmaktadır (Demir, 2021: 291). Yatırımcılar tasarruflarına değer katmak ve riskten kaçınmak amacıyla birden çok finansal yatırım aracını tercih etmektedir. Alacakları risk durumuna göre de çeşitli



yatırım araçlarını kullanarak optimal portföyleri oluşturmaktadırlar (Madenöglü, 2020: 34).

Optimizasyon, bir problem için onu yöneten koşullara göre mümkün olan en iyi sonucu elde etmektir. Diğer bir ifadeyle çok sayıda uygulanabilir çözüm arasından en iyiyi arama sanatıdır. Optimizasyon, bir sistemde mevcut kaynakların en verimli şekilde kullanılarak belirli amaçlara ulaşmayı sağlayan bir teknoloji olarak da belirtilebilmektedir. Optimizasyon; mühendislik, uygulamalı matematik ve finans gibi birçok temel bilimde karşılaşılan problemlerin çözümünde temel bir araç olarak kullanılmaktadır (Butenko vd., 2017: 2; Lei vd., 2016: 73; Türkay, 2011: 2).

Finans alanı incelendiğinde yatırım kararlarındaki risk miktarı ve sermaye varlıklarının getirisi en önemli iki bileşen olarak belirtilmektedir. Optimal varlık seçimi, genellikle risk ve getiri arasındaki bir denge tarafından yönlendirilmekte ve varlık riski ne kadar yüksek olursa, yatırımcıların da getiri beklentileri daha yüksek olmaktadır. Yatırımcılar, risk alma ve riskten kaçınma temelinde etkin sınırda bir nokta seçerek, portföy bileşimlerini getirilerini en üst düzeye çıkaracak ve riski en aza indirecek şekilde belirlerler (Zanjirdar, 2020: 421).

Portföy optimizasyonu, yatırım getirisini en üst düzeye çıkaracak ve portföy riskini mümkün olduğunca en aza indirecek şekilde finansal varlıkların en iyi kombinasyonunun seçilmesi olarak tanımlanmaktadır (Markowitz, 1952: 78). Optimizasyon problemlerini çözmek için tek bir yaklaşım olmadığından, farklı optimizasyon problemlerini çözmek için çeşitli optimizasyon yöntemleri ortaya çıkmıştır. Optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılan algoritmalar; kesin algoritmalar ve yaklaşık algoritmalar olarak iki kategoriye ayrılmaktadırlar. Kesin algoritmalar optimal çözümleri doğru bir şekilde bulabilirken, yaklaşık algoritmalar zor optimizasyon problemleri için optimale yakın çözümler bulabilmektedirler (Zanjirdar, 2020: 421). Kesin algoritmalar (matematiksel modeller); Markowitz Model, VAR, CVAR ve DCC-GARCH, yaklaşık algoritmalar; parçacık sürü algoritması ve genetik algoritma optimizasyon problemlerini çözmek için yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, kripto paraların geleneksel emtia portföyleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve portföy çeşitlendirmesine katkılarının DCC-GARH modeli kullanılarak belirlenmesi araştırmanın konusunu oluşturmaktadır.

## ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Yatırım yapmak, kişilerin ve kurumların finansal hedeflerine ulaşmasında önemli bir etkidir. Yatırım yaparken risk ve beklenen getiri arasındaki dengeyi sağlamak gerekmektedir. Bu dengenin, portföy optimizasyonu ile sağlanması mümkündür. Portföy optimizasyonu, farklı finansal varlıkları bir araya getirerek, riski minimize etmek ve getiriyi maksimize etmek amacıyla yapılan bir yaklaşımdır. Bu bağlamda, yapılan araştırmalar incelendiğinde geleneksel emtiaların portföy optimizasyonunda önemli rolü bulunan finansal varlıklar arasında yer aldığını söylemek mümkündür.

Geleneksel finansal varlıkların yanında, son yıllarda kripto para birimleri önemli bir yatırım alternatifini 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.

## ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Çalışmada portföy optimizasyon yöntemi olarak otoregresif koşullu değişen varyans modellerinden Dinamik Koşullu Korelasyon Modeli (DCC-GARCH) seçilmiştir. Model, varlıklar arasındaki korelasyonların stokastik bir süreç olarak yorumlanmasına olanak tanınması ve mevcut piyasa koşullarını iyi yansıtmaları sebebiyle tercih edilmiştir.

DCC-GARCH modeli finansal varlıkların volatilitesi hakkında bilgi vermektedir. Bu model, finansal varlıklar arasındaki volatilitenin etkileşimini açıklamaları bakımından güçlü bir modeldir. Modelin tercih edilmesinin en büyük faydası, zaman içinde koşullu korelasyondaki olası değişiklikleri bulmaktır; değişikliklerin belirlenmesi, haberlere ve yeniliklere yanıt olarak dinamik yatırımcı davranışının tespit edilmesine olanak sağlamaktadır (Çelik, 2012). Model, değişkenler arasındaki volatilitenin etkileşimini tespit etmesine ek olarak zamana bağlı olarak değişen korelasyon kat sayısını da tahmin etmektedir. Bunun sonucunda finansal varlıkların getirileri arasındaki ilişki de ortaya koyulmuş olmaktadır (Gürsoy ve Kılıç, 2021: 1329). Ayrıca dinamik koşullu korelasyonların ölçüm yöntemi, kriz döneminde gelişen finansal piyasalarda sürü davranışı nedeniyle olası bulaşma etkilerini araştırmak için de uygun olmaktadır (Chiang vd., 2007: 1224; Syllignakis & Kouretas, 2011: 731).

DCC-GARCH modelinin kullanılması, standardize edilmiş artıkların korelasyon katsayılarını ölçmek ve böylece heteroskedastisiteyi doğrudan hesaba katmak için avantajlı olmaktadır (Chiang vd., 2007: 1213). Volatilitenin prosedürel ayarlanması nedeniyle, zamanla değişen koşullu korelasyonun (DCC) volatiliteden herhangi bir sapması yoktur. Forbes ve Rigobon'da (2002) kullanılan volatilitenin ayarlı çapraz piyasa korelasyonlarına benzememekle birlikte, zamanla değişen volatilitenin korelasyonu DCC – GARCH modeli ile sürekli olarak ayarlanmaktadır. Bu nedenle, DCC bir süper korelasyon ölçüsü sağlamaktadır (Cho ve Parhizgari, 2008: 20).

## ARAŞTIRMA HİPOTEZLERİ

Çalışmanın konusu ve literatürde bulunan araőtirmalar kapsamında oluşturulan hipotezler aşağıda belirtilmiştir.

H<sub>1</sub>:Yumuşak emtiaların bitcoin kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>2</sub>:Yumuşak emtiaların dashcoin kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>3</sub>:Yumuşak emtiaların ripple kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>4</sub>:Yumuşak emtiaların litecoin kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>5</sub>:Tarımsal emtiaların bitcoin kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>6</sub>:Tarımsal emtiaların dashcoin kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>7</sub>:Tarımsal emtiaların ripple kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>8</sub>:Tarımsal emtiaların litecoin kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>9</sub>:Metal emtiaların bitcoin kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>10</sub>:Metal emtiaların dashcoin kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>11</sub>:Metal emtiaların ripple kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>12</sub>:Metal emtiaların litecoin kripto para birimi ile çeőtlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

## **KAPSAM VE SINIRLILIKLAR/KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER**

Çalışma, farklı finansal emtia portföylerini optimize etme ve çeşitlendirme konusunda kripto para birimlerinin eklenmesinin portföyler üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu bağlamda, kripto para birimlerinin portföy çeşitlendirmesi açısından emtia piyasasında riski azaltan ve yatırımcıyı riske karşı koruyan bir varlık çeşidi olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Tez çalışması hem kripto para birimlerinin hem de geleneksel emtiaların finansal portföylerdeki rolünün ve etkilerinin incelenmesini, literatür araştırması ve analizlerle bu varlık sınıflarının portföy optimizasyonuna etkilerini içerecek şekilde gerçekleştirilmiştir.

Portföy optimizasyonunda yararlanılan modeller göz önüne alındığında, araştırmaya uygun olduğu düşünülen DCC-GARCH modeli ile sınırlandırılmıştır. Çalışmada kullanılmayan optimizasyon modelleri hakkında ayrıntılı bilgilere yer verilmemiş, ancak bu modeller kısaca ele alınmıştır. Ayrıca, geliştirilen birçok başka GARCH modeli bulunmaktadır. Bu modeller hakkında da kısa bilgilere çalışmada yer verilmiştir.

# 1. FİNANSAL PİYASALAR VE YATIRIM ARAÇLARI

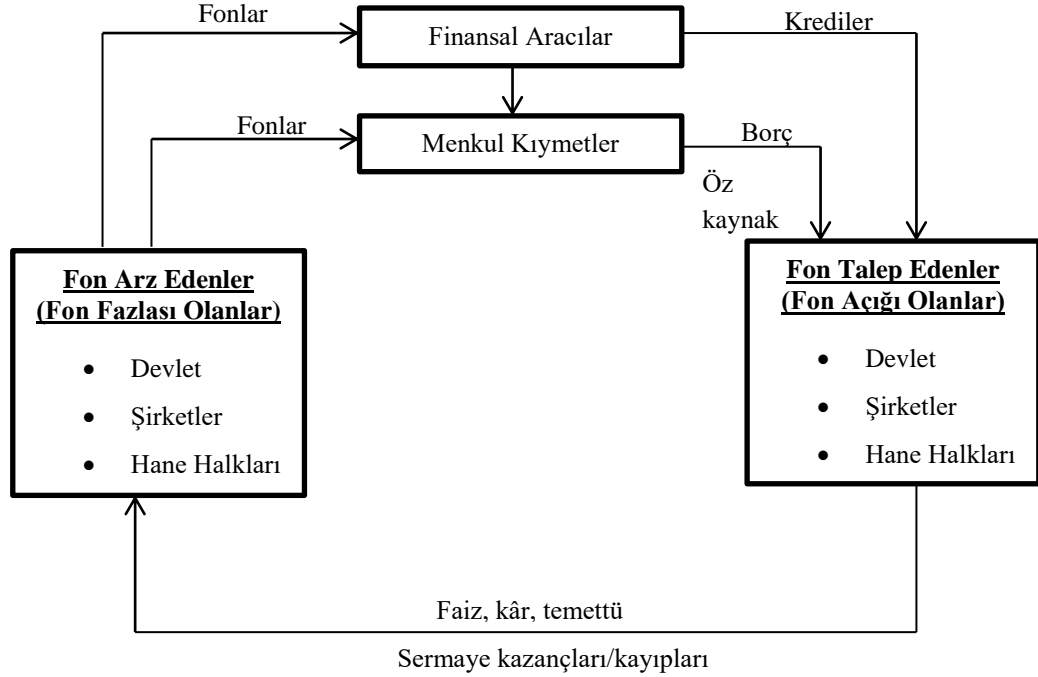
## 1.1. Piyasa Kavramı

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 bulunduğu 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 birarada bulunduğu piyasalardır.

## 1.2. Finansal (Mali) Piyasalar ve Sınıflandırılması

Finansal piyasalar, fon fazlası olan taraftan fon eksikliği olan tarafa fonların aktarılmasını sağlayan mekanizmalardır ve finansal varlıkların fiyatlarını belirleme, likidite sağlama, pazardaki işletmelerle ilgili haber ve bilgilere ulaşılmasını sağlama gibi çeşitli rolleri bulunmaktadır.

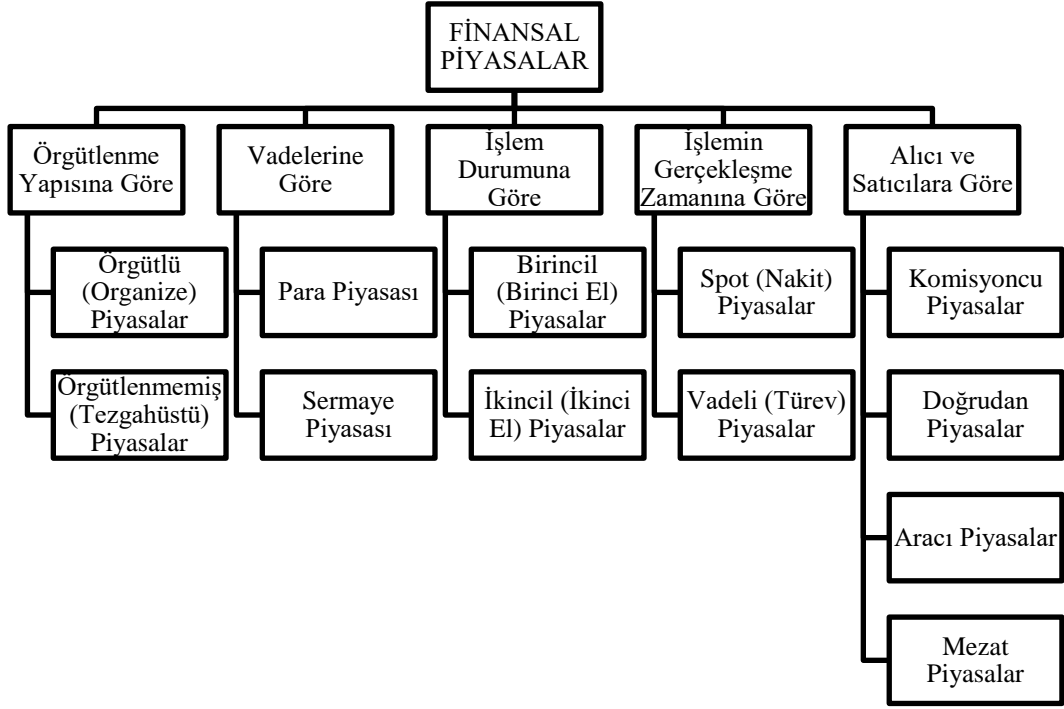
Finansal piyasalarda ekonomik faaliyetlerin gerçekleştiği, devlet, şirket ve hane halkı olmak üzere üç ayrı ekonomik birim bulunmaktadır. Bu birimlerin ekonomik faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gelir ve giderleri arasında denge kurmaları gerekmektedir. Gelir ve giderlerin durumuna göre denge ( $\text{gelir} = \text{gider}$ ), fazla ( $\text{gelir} > \text{gider}$ ), açık ( $\text{gelir} < \text{gider}$ ) olmak üzere üç farklı pozisyon olmaktadır. Ekonomik birimler fazla pozisyonda ise bu birimler fazlayı harcayanlar, açık pozisyonda ise açıktan harcayanlar olarak adlandırılmaktadır. Fazlayı harcayanlar fon arz edenler, açıktan harcayanlar ise fon talep edenlerdir (Karan, 2020: 4). Finansal piyasaların yukarıda açıklanan işleyiş süreci Şekil 1’de gösterilmiştir.



**Şekil 1:** Finansal piyasaların işleyiş süreci

Kaynak: Pilbeam, 2018: 4.

Finansal piyasalar, çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir. Örgütlenme yapısına göre, örgütlü (organize) ve örgütlenmemiş (tezgâhüstü) piyasalar; vadelerine göre, para piyasası ve sermaye piyasası; finansal varlığın işlem durumuna göre, birincil (birinci el), ikincil (ikinci el) piyasalar; işlemin gerçekleşme zamanına göre, spot(nakit) ve vadeli (türev) piyasalar; alıcı ve satıcılara göre ise, komisyoncu, doğrudan, aracı ve mezat piyasalar olarak ele alınmaktadır (Karan, 2020: 25). Finansal piyasaların sınıflandırılması Şekil 2’de gösterilmiştir.



**Şekil 2:** Finansal piyasa türleri

Kaynak: Sayılğan, 2019: 25.

### 1.2.1. Örgütlenme Yapısına Göre Finansal Piyasalar

Örgütlü (Organize) Piyasalar: Sadece kendisine kote edilmiş menkul kıymet alım satımı için düzenlenmiş fiziksel bir ortamı bulunan, işlemlerin belirli kurallara göre yapıldığı, bilgilerin kolay ve güvenilir olarak elde edildiği ve üyeleri olan piyasalardır. Örgütlü piyasalara, bankalar, BİST ve Tokyo Borsası örnek olarak gösterilebilir. İkincil piyasa işlemlerinin büyük bir kısmı örgütlü piyasalarda gerçekleştirilmektedir (Gündoğdu, 2016: 56).

Örgütlenmemiş (Tezgahüstü) Piyasalar: Farklı finansal kurumların uzaktan elektronik ortamda alım satım işlemlerini gerçekleştirdikleri piyasalardır. Bankalararası repo piyasası, serbest altın piyasası ve NASDAQ borsası örgütlenmemiş piyasalar sınıfında yer almaktadır (Karan, 2020: 20).



### **1.2.2. Vadelerine Göre Finansal Piyasalar**

Para Piyasası: Para piyasası, vadesi 1 yıldan kısa olan fon arz ve talebinin karşılaştığı piyasalardır. Kısa vadeli borçlanma araçlarının piyasası olarak da belirtilmektedir. Ticari bankalar, para piyasasının en etkin kurumları arasında yer almaktadır. Para piyasasında işlem gören finansal varlıklar arasında hazine bonoları, ticari senetler, repo ve mevduat sertifikaları yer almaktadır. Para piyasasının vadesi kısa olduğundan, risk ve faiz oranı düşük olmaktadır (Frank vd., 2003: 1 Kaya ve Doğan, 2019: 54).

Sermaye Piyasası: Sermaye piyasası, vadesi 1 yıldan uzun olan, orta ve uzun vadeli fon arz ve talebinin karşılaştığı piyasalardır. BİST, sermaye piyasasına örnek olarak verilebilmektedir. Sermaye piyasasında işlem gören finansal varlıklar arasında pay senetleri, tahviller ve bonolar yer almaktadır. Sermaye piyasasında vade uzun olması sebebiyle, risk ve faiz oranı yüksek olmaktadır (Kaya ve Doğan, 2019: 54; Aytekin, 2018: 151).

### **1.2.3. İşlem Durumuna Göre Finansal Piyasalar**

İşlem durumuna göre piyasalar, birincil (birinci el) ve ikincil (ikinci el) piyasalar olarak ikiye ayrılmaktadır.

Birincil (Birinci El) Piyasalar: Menkul kıymetleri ihraç eden şirketler ile bu menkul kıymetleri satın alan iktisadi birimlerin, yani tasarruf sahiplerinin doğrudan doğruya karşılaştıkları, menkul kıymetlerin ilk satışının gerçekleştiği piyasalardır. Bu nedenle ilk ihraç piyasaları olarak da adlandırılmaktadır. Birincil piyasalarda menkul kıymet satışı ile ihraç yapan kurumlara nakit girişi sağlanmaktadır (Demir, 2021: 279; Sayılğan, 2019: 35).

İkincil (Birinci El) Piyasalar: Menkul kıymetlerin ilk ihraç sonrasında işlem gördükleri piyasalardır. İkincil piyasalar, ihraç edilen menkul kıymetlerin finans piyasasındaki sürüm olanaklarını yani likiditesini arttırarak birincil piyasaya da talep yaratmakta ve bu durum piyasanın gelişmesini sağlamaktadır. İkincil piyasalar, yatırımcılara menkul kıymetleri satmalarını sağlayan likiditeyi sağlaması sebebiyle önem taşımaktadır (Sayılğan, 2019: 35; Pilbeam, 2018: 34).

#### **1.2.4. İşlemin Gerçekleşme Zamanına Göre Finansal Piyasalar**

Spot (Nakit) Piyasalar: Spot piyasalar, varlıkların teslim ve ödemesinin eş zamanlı olarak yapıldığı piyasalardır. Diğer bir ifadeyle bir varlığı arz ve talep edenin ilgili varlık teslim edildiğinde aynı anda ya da yakın bir zamanda ödeme yükümlülüğünün gerçekleştirildiği piyasalardır. Ödeme aracı olarak sadece nakit değil; çek, senet, bono ve poliçe gibi diğer ödeme araçlarının da kullanılması mümkün olmaktadır (Korkmaz vd., 2017: 738; Sayılğan, 2019: 36).

Vadeli (Türev) Piyasalar: Vadeli piyasalar belirli fiyat, özellik ve miktarda ürün ya da finansal araç için, anlaşmanın bugünden yapıldığı, fiziki yükümlülüklerin ileri bir tarihte gerçekleşmesini taahhüt eden piyasalardır. Başka bir deyişle vadeli işlem piyasalarında belirli bir vadede teslimatı veya nakit uzlaşması yapılması koşuluyla herhangi bir mal ya da finansal aracın, bugünden alım satımının gerçekleştirildiği piyasalardır (Tura, 2023: 255; Kurar ve Çetin, 2016: 405). Vadeli piyasa işlemlerinin, spot piyasalara göre alım-satım komisyonlarının daha düşük olması yatırımcıların maliyet bakımından avantajlı olmasını sağlamaktadır (Sümer vd., 2018: 551).

#### **1.2.5. Alıcı ve Satıcılara Göre Finansal Piyasalar**

Komisyoncu Piyasalar: Komisyoncu piyasalarda fon arz ve talep eden taraflarla birlikte ücret karşılığı aracılık faaliyeti gerçekleştiren üçüncü bir komisyon tarafı bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, özel bir işlem gerçekleştirmek isteyen tarafın isteği doğrultusunda karşı tarafı bulan komisyoncuların dâhil olduğu piyasalardır. Gayrimenkul işlemleri bu piyasalarda gerçekleştirilen işlemler arasında yer almaktadır (Denizli, 2015: 8).

Doğrudan Piyasalar: Alıcı ve satıcıların doğrudan bir araya gelerek işlemlerini gerçekleştirdikleri piyasalardır. Doğrudan arama piyasaları herhangi bir aracı kuruluş kullanmaksızın alıcı ve satıcıların amaçlarını gerçekleştirdiği, bu nedenle işlem gören menkul kıymetlerin çok fazla el değiştirmedeği piyasalardır (Sayılğan, 2019: 36).

Aracı Piyasalar: Aracı piyasalarda belirli kurumlar ya da işletmeler aracılık faaliyetlerini üstlenmektedirler. Aracılık yapanlar belirli bir menkul kıymet stoğu ile alım satım işlemlerinin gerçekleştirirler. Aracılık faaliyetleri farklı fiziksel ortamdan

çeşitli iletişim araçları ile alış-satış emri verilerek gerçekleştirilmektedir. Bu piyasalar üçüncü piyasa olarak da adlandırılmaktadır (Denizli, 2015: 8).

**Mezat Piyasalar:** Mezat piyasalar, tüm piyasa katılımcılarının alım satım emirlerinin merkezi bir yerde toplandığı piyasalardır. Bu piyasalar karşı taraf bulmayı amaçlayan yatırımcıların maliyetlerini azaltmaktadır. Mezat piyasalar, menkul kıymet alıcı ve satıcılarının bir arada açık teklif ile işlemlerini gerçekleştirmeleri sebebiyle açık artırma piyasaları olarak da adlandırılmaktadır (Sayılgan, 2019: 36).

### **1.3. Finansal Piyasalarda İşlem Gören Finansal Araçlar**

Finansal araçlar, finans piyasalarında fon transferi sağlamak amacıyla tarafların düzenleyip kullandığı belgeler olarak ifade edilmektedir. Finansal araçlar, taraflardan biri için varlık diğer taraf için yükümlülüğe neden olan sözleşmeler olarak da belirtilmektedir. Para ve sermaye piyasaları finansal piyasaların önemli bir kısmını oluşturduğundan, bu piyasalara ait finansal araçlar açıklamaları ile birlikte sunulmuştur.

#### **1.3.1. Para Piyasası Araçları**

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). Para piyasası araçlarından öne çıkanlar ve bu araçların nitelikleri aşağıda belirtilmiştir.

##### **1.3.1.1. Hazine Bonosu**

Hazine bonosu, vadesi bir yıldan az olan iskonto edilerek satılan devlet borçlanma senesidir. Vadesinin kısa süreli olmasından dolayı devlet tahvillerinden ayrılmaktadır. Devletin borcunu ödememesi ve likidite riskinin sıfır olduğu kabul edilmektedir (Karan, 2020: 28). Devlet tarafından ihraç edilmesi sebebiyle güvencesi en yüksek varlıktır.

### **1.3.1.2. Repo**

Repo, finansal varlıkların belirli bir tarihte geri alım vaadi ile satılmasına yönelik anlaşmadır. Ters Repo ise, aynı anlaşmanın karşı tarafın bakış açısıyla değerlendirilmesidir (Kaya ve Doğan, 2019: 47).

### **1.3.1.3. Mevduat Sertifikası**

Mevduat sertifikası, vadeli hesaplara karşılık hamiline düzenlenmiş sertifikalardır (Karan, 2020: 28). Mevduat sertifikaları genel olarak, banka tarafından mevduat sahibine satılan, borç senedi niteliğindeki piyasa aracı olarak ikincil piyasalarda işlem gören para piyasası aracı olarak belirtilmektedir (Arslan vd., 2019: 154).

### **1.3.1.4. Finansman Bonosu**

Finansman Bonosu, büyük şirketlerin kısa vadeli fon gereksinimlerini karşılamak amacıyla ihraç ettikleri teminatsız borç senetleridir (Kaya ve Doğan, 2019: 47). İskonto esasına göre satılan finansman bonoları kısa vadeli olması sebebiyle faiz riskinden korunmayı sağlamaktadır (S.Y.B., 2007: 10).

### **1.3.1.5. Eurodollar**

Avrupa'daki dolar mevduatına verilen addır. Merkez bankalarının denetimi dışında olan ve faiz, kredi ve vade koşulları uluslararası koşullara göre oluşturulan dolar mevduatıdır (Karan, 2020: 34). Euro ifadesi, bu tür mevduatların çoğunluğunun özellikle Batı Avrupa ülkelerinin bankalarında bulunmasından kaynaklanmaktadır. Asya ve benzeri diğer tüm ülkelerde de tutulan ABD doları hesapları bu isimle anılmaktadır.

## **1.3.2. Sermaye Piyasası Araçları**

Sermaye piyasaları, 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 gerçekleşmektedir. 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 dağılımını oluşmasını sağlamak, iki temel işlevidir (Sayılğan, 2019: 27-28). Sermaye piyasası araçlarından ne çıkanlar ve bu araçların özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

### **1.3.2.1. Pay Senetleri**

Pay senetleri, anonim ortaklıklar tarafından ihraç edilen, belirli ortaklık sermayesine katılma payını temsil eden, finansal piyasalarda en fazla işlem hacmine sahip olan ve yasal şartlara uygun olarak düzenlenmiş kıymetli evrak niteliğindeki senetlerdir (Madenoglu, 2020: 35). Anonim ortaklık sermayesinin büyük bir bölümünü temsil etmesi, pay senetlerinin en önemli özelliklerindedir. Sermayesi paylara bölünmüş komandit şirketler de hisse senedi ihraç edebilirler fakat halka arz yoluyla satış yapamazlar.

Pay senetlerinin sahiplerinin, anonim ortaklığın da ortağı olması sebebiyle yasalar ve sözleşmelerde bulunan; yönetime katılma, kâr payı alma, tekrar hisse alma, oy kullanma gibi hakları bulunmaktadır. Pay senetleri, yatırımcıların birikimlerini, büyük sermayeli işletmeler içinde bir araya getirerek, işletmelere ekonomik yapısını geliştirme ve anapara birikimi olanağı sağlamaktadır. Pay senetleri sahipleri, şirket yönetimine katılma, rüçhan hakkı, bedelsiz hisse senedi alma, genel kurulda oy kullanma, krdan pay alma ve bilgi alma hakkı gibi imknlar sunması sebebiyle yatırım yapılan işletme veya işletmelerde söz sahibi olmaktadırlar (elik, 2020: 26).

Pay senetlerini; tedavül bakımından nama ve hamiline yazılı pay senetleri, sahiplerine sağladığı haklar açısından adi ve imtiyazlı pay senetleri, sermaye artışlarına göre bedelli ve bedelsiz pay senetleri, prime göre primli ve primsiz pay senetleri, şirketle ilgili olanlara göre kurucu ve katılma intifa pay senetleri olmak üzere beş kategoride sınıflandırmak mümkündür (Madenoglu, 2020: 35).

Bu sınıflandırmaya göre;

Nama ve Hamiline Yazılı Pay Senetleri: Nama yazılı olan paylarda payın sahibinin kim olduğu yazılmaktadır. Nama yazılı payların, hamiline paya dönüşmeden borsada işlem görmesi olanaklı değildir. Hamiline yazılı olan paylarda; ad, soyad, adres gibi payın ortağına ait bilgiler yer almamaktadır. Hamiline pay, payı elinde bulunduranın ya da Takasbank kayıtlarında kimin üzerinde kayıtlı görünüyorsa onun mülkiyetindedir.

Adi ve İmtiyazlı Pay Senetleri: Pay senetleri sahiplerine ana sözleşmede farklı bir hüküm yer almadan eşit haklar tanıyorsa adi pay senedi olarak belirtilmektedir. İmtiyazlı pay senetleri ise, ana sözleşme ile oy hakkı, kâra iştirak vb. bakımından sahiplerine diğerlerine kıyasla daha özel haklar sağlayan pay senetleridir.

Bedelli ve Bedelsiz Pay Senetleri: Sermaye artışları ile ilgilidir. Bedelli sermaye artırımını, dış kaynaklardan sağlanan yeni kaynakları pay senedi dağıtılarak şirket sermayesinin artırılmasıdır. Bedelsiz sermaye artırımını ise, ortaklarından bir bedel alınmaksızın, yeni hisse senedi çıkarılarak şirketlerin sermayesinin artırılması olarak belirtilmektedir. Başka bir deyişle bedelsiz sermaye artırımını, şirketlerin kendi kaynaklarını kullanarak yaptıkları sermaye artırımını olarak açıklanmaktadır.

Primli ve Primsiz Pay Senetleri: Nominal değeri ile ihraç edilen paylar primsiz pay olarak ifade edilirken, nominal değerinden yüksek bir bedelle ihraç edilen paylar primli paylar olarak adlandırılmaktadır.

Kurucu ve Katılma İntifa Pay Senetleri: Kurucu pay senetleri, şirket kurucuları veya şirket için öneli olan kişilere sadece temettü hakkı sunan pay senetleridir. Katılma intifa pay senetleri ise, sahiplerine ortaklık hakkı tanımadan kârdan pay alma ya da yeni pay alma gibi bazı imkânlardan faydalanılmasını sağlayan senetlerdir.

### **1.3.2.2. Tahviller**

Tahviller, ihraççıların borçlu konumda oldukları ve ödünç para sağlamak amacıyla düzenledikleri, genellikle orta veya uzun vadeli borçlanma araçları olarak tanımlanmaktadır. Bir başka ifadeyle, devlet veya anonim şirketlerin borçlanarak orta ve uzun vadeli fon sağlamak amacıyla çıkardıkları borç senetleri olarak adlandırılmaktadır (Madenoglu, 2020: 45).

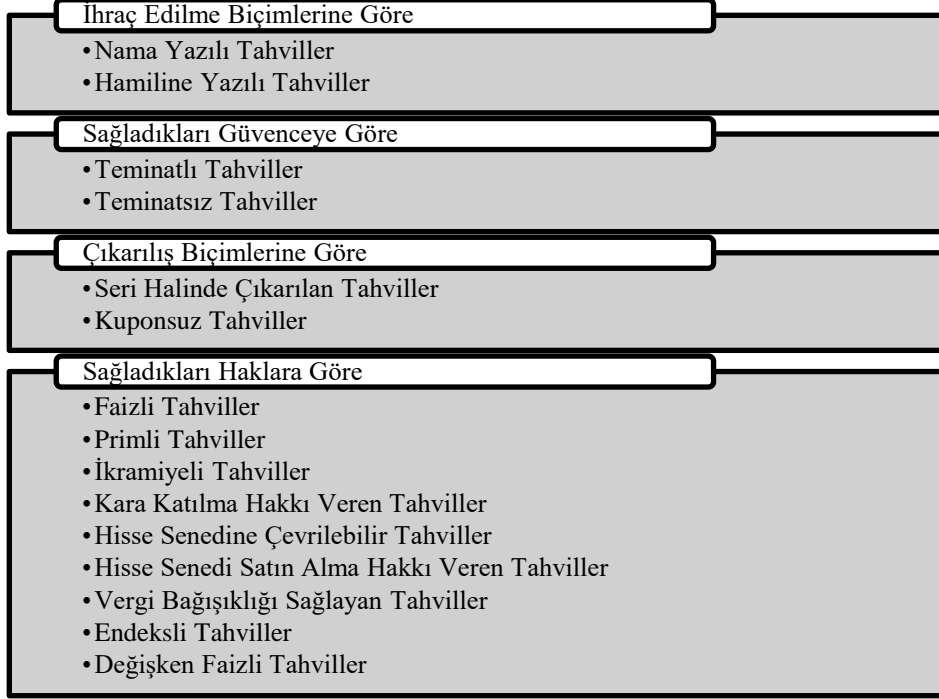
Piyasada çıkartılmış olan tahvili olarak yatırım yapan yatırımcı, çıkarılan tahvil karşılığında bu kuruluşa ödünç para vermiş olmakta, tahvilin vadesinin sonunda ise anapara ve belirlenen faiz getirisi oranınca kâr elde etmektedir. Kurumlar, piyasaya tahvil arz ederek, uzun süreli nakit kaynağı sağlayabilmektedir. Anonim ortaklıkların TTK tarafından tahvil çıkarma yetkisi bulunurken, özel yasalarla bazı kamu kurumlarına da bu yetkinin tanınması mümkün olmaktadır. Anonim ortaklıklar tahvil ihraç ettiğinde SPK'dan izin alması gerekmektedir; ancak kamu kuruluşları için bu izin gerekmemektedir. Tahvil sahiplerinin ortaklık hakkı bulunmamakta, sadece ihraç edene karşı alacaklılık hakkı bulunmaktadır (Madenoglu, 2020: 45; elik, 2020: 26).

Finansal yatırım aracı olarak yatırımcılar, pay senetlerini tercih ettiklerinde elde edecekleri gelir, şirketlerin kârları yıllara göre değiştiğinden ve pay senedi piyasalarında farklı değişkenler olması sebebiyle piyasa şartlarına göre belirsiz ve değişken olurken tahvillerden elde edilecek gelir, belirli faiz oranıyla sabit olmaktadır (elik, 2020: 26).

Anonim şirketlerinin çıkardığı tahvillerin bazı koşulları bulundurması gerekmektedir. Bunlar;

- şirketin unvanı, konusu, merkezi ve süresi,
- Esas sermayenin miktarı,
- Esas sözleşme tarihi,
- İtfa planı,
- şirketçe onaylanmış son bilançoya göre şirketin içinde bulunduğu durumu,
- İtfa şekilleri, vadesi, faiz oranı,
- Tahvillere karşılık şirketin daha önce teminata bulunup bulunmadığı,
- şirketi temsil etme yetkisi olan en az iki imza (Kaya ve Doğan, 2019: 50).

Tahviller; ihraç edilme biçimleri, sağladıkları güvence, çıkarılış biçimleri ve sağladıkları haklara göre sınıflandırılabilir. Tahvil türleri şekil 3'te gösterilmiştir (Karan, 2020: 407).



**Şekil 3:** Tahvil türleri

Kaynak: Karan, 2020: 407.

**Nama Yazılı Tahviller:** Üzerinde gerçek şahısların ad soyadları ve tüzel kişilerin ticaret unvanlarının bulunduğu tahvillerdir.

**Hamiline Yazılı Tahviller:** Tahvil alacaklısı belli olmayan, yani tahvilin elinde bulundurana ait olduğu tahvillerdir.

**Teminatlı Tahviller:** Tahvil sahiplerinin güvence olarak ipotek verdiği tahvillerdir. Bu tahvillerde, tahvil sahibinin faiz ve anapara alacağı güvence altına alınmaktadır.

**Teminatsız Tahviller:** Anapara ve faiz ödemeleri güvence altına alınmadan, işletmenin piyasadaki itibarı göz önüne alınarak çıkarılan tahvillerdir.

**Seri Halinde Çıkarılan Tahviller:** Vadeleri belirli periyotlarda bir kısmı geri ödenecek şekilde planlan tahvillerdir. Seri halinde çıkarılan tahvillere, vadesi kısa ise düşük oranda faiz, vadesi uzun ise yüksek oranda faiz ödenmektedir.

**Kuponsuz Tahviller:** Tahvil sahiplerinin vade süresince faiz geliri elde edemediği tahvillerdir. Vade sonunda tahviller, nominal değerinde satılmakta veya



vade sonunda nominal değere eşit tutarda geri alınmaktadır. Nominal bedelin iskonto edilmiş fiyatıyla işlem yapıldığından iskontolu tahvil de denilmektedir.

**Faizli Tahviller:** Kupon faizi ödeyen tahvillerdir. Tahvil sahiplerine vade sonuna kadar belirli periyotlarda (3 ayda, 6 ayda vb.) önerilen faiz oranına göre (kupon faizi) ödeme yapılmaktadır. Sabit faizli tahvil olarak da adlandırılmaktadır.

**Primli Tahviller:** Tahviller, nominal (üzerinde yazan) değeriyle satıldığında başabaş, nominal değerinden fazla bir fiyatla satıldığında primli, nominal değerinden az bedelle satıldığında iskontolu tahvil olarak adlandırılmaktadır.

**İkramiyeli Tahviller:** Daha öncesinde belirli olmayan kura ile belirlenen tahvil sahiplerine faiz gelirlerine ek olarak para, altın gibi ikramiyeler dağıtılan tahvillerdir.

**Kâra Katılma Hakkı Veren Tahviller:** Tahvil sahiplerine belirli bir faiz ödemesi garantisini vermeyen, faiz ödemelerinin şirketin kâr etmesine bağlı olduğu tahvillerdir.

**Hisse Senedine Çevrilebilir Tahviller:** Tahvil sahipleri, tahvillerini belirli bir oranda veya belirli bir fiyat üzerinden belirli sayıdaki hisse senedi ile değiştirme olanağına sahiptirler.

**Hisse Senedi Satın Alma Hakkı Veren Tahviller:** Tahvil sahiplerine önceden belirlenen fiyatta ve miktarda hisse senedi satın alma opsiyonu sunan tahvillerdir.

**Vergi Bağışıklığı Sağlayan Tahviller:** Kamu kuruluşları ihtiyaç duydukları fonlar için tahvil ihraç etmektedirler. Böylelikle bu tahviller, satın alanlara vergi bağışıklığı sağlamaktadır.

**Endeksli Tahviller:** Tahvil satın alanların yüksek enflasyondan korunmalarını sağlamak için bir endekse (altın, döviz vb.) dayanarak, anapara ve faiz ödemelerinin gerçekleştiği tahvillerdir.

**Değişken Faizli Tahviller:** Kupon faiz ödemeleri sabit bir oranda değil, ödemenin yapılacağı zaman başka bir piyasanın faiz oranı gibi değişken bir unsura göre belirlenen tahvillerdir.

### 1.3.2.3. Bonolar

İhraç eden kuruluşların borçlu sıfatıyla düzenleyerek satışa sunduğu ve itibari değerinin vade sonunda tasarruf sahibine geri ödenmesi taahhüdünü içeren, vadesi 1 yıldan az olan menkul kıymetlerdir. İhraç eden tarafından belirlenen vadeye göre uygun iskonto oranları ile iskonto edilerek bulunan fiyat üzerinden satılmaktadırlar (SPK, 2022: 10). Ayrıca, ödeme kolaylığı olan ve nakit yerine geçen emre yazılı kambiyo senetlerine, sermaye piyasaları ile finansman sağlamak için çıkarılan sabit getirili menkul kıymetler de bono olarak adlandırılmaktadır. Sabit getiri elde edilen, risksiz ya da düşük riskli olan bonoların, devlet ya da özel şirketler tarafından halka arz edilen; Hazine Bonosu, Kıymetli Maden Bonosu, Finansman Bonosu, Banka Bonoları ve Banka Garantili Bonolar gibi çeşitleri bulunmaktadır.

**Hazine Bonosu:** Hazine bonoları vadeleri ve ihraç miktarı yasalarla belirlenen kısa vadeli kıymetli evraktır. Bütçe gelir-gider dengesi sağlanamadığında çoğunlukla başvuru kaynak likiditesi kolay olan hazine bonosu ihraç etmektir (Ataç, 2004: 126).

**Kıymetli Maden Bonosu:** Kıymetli madenin işlem gördüğü borsaya üye olan bankalar ve kıymetli maden aracı kuruluşların belirli miktarda kıymetli maden cinsinden, iskontolu ve iskontosuz olarak sattıkları menkul kıymetlerdir (Sayılğan, 2019: 103).

**Finansman Bonosu:** Finansman bonoları, iskonto esasına dayanan yani nominal değerinden daha düşük fiyata satılan menkul kıymetlerdir. Şirketler tarafından çıkarılan finansman bonolarının vadeleri 90-360 gün arasındadır (Sayılğan, 2019: 93).

**Banka Bonoları:** Banka bonoları, Kalkınma ve Yatırım Bankalarının Kurul düzenlemelerine göre borçlu sıfatıyla düzenlediği, Sermaye Piyasası Kurul kaydı sonrası ihraç edilen emre ya da hamiline yazılı kıymetli evraklardır (Ünal, 2016: 1).

**Banka Garantili Bonolar:** Mevduat kabul etmeyen bankalardan (kalkınma ve yatırım bankaları) kredi kullanan anonim ortaklıkların, bu kredilerin teminatı olarak borçlu sıfatı ile düzenleyip alacaklı bankaya verdikleri emre yazılı senetlerden, bu krediyi kullandırmış olan bankaca kendi garantisi altında ve Sermaye Piyasası Kurulu'na kayda alınmasından sonra ihraç edilen kıymetli evraklardır (Aliyeva ve Tağiyev, 2017: 70).

#### **1.3.2.4. Gelir Ortaklığı Senetleri**

Gelir ortaklığı senetleri köprü, baraj, elektrik santrali, karayolu, demiryolu, telekomünikasyon sistemleri, sivil kullanıma yönelik deniz ve hava limanları gibi kamuya ait altyapı tesislerinin gelirlerine gerçek ve tüzel kişilerin katılmasına olanak sağlamak için çıkarılan senetlerdir (Bayraktar, 2016: 36).

Gelir ortaklığı senetlerine gereksinimin nedenleri içerisinde; altyapı yatırımlarına devlet bütçesine ek olarak kaynak sağlamak, küçük kupürler çıkararak sermaye piyasasının faydalanacağı yeni bir araç oluşturmak, faiz kazancı elde etmekten sakınan ve haram sayan tasarruf sahiplerine gelir ortaklığı ismini kullanarak ulaşmak ve enflasyon hızı azaldığında, yüksek ve sabit faizli devlet tahvillerinin hazineye getirdiği faiz yükünü azaltmak gösterilebilir (Kaya ve Doğan, 2019: 51).

Gelir ortaklığı senetlerinin yatırımcılara sağladığı vergi avantajı ve teminat olarak kullanılabilmesi beraberinde devletin yatırımcılara enflasyon oranı üzerinden gelir sağlamayı taahhüt etmesi, kamunun sermaye maliyetine ağır bir yük getirmekte bu durum gelir ortaklığı senetlerinin dezavantajı olarak belirtilmektedir (Madenoğlu, 2020: 56).

#### **1.3.2.5. Gayrimenkul Sertifikası**

Gayrimenkul sertifikası, devam eden veya başlayacak olan gayrimenkul projesini gerçekleştirenler tarafından ihraç edilen projelerin gerçekleşmesinde kullanılacak sermaye piyasası aracıdır. Gayrimenkul projesinin belirli bağımsız bölümlerini ya da bağımsız bölümlerin belirli bir alan birimini temsil eden nominal değeri eşit menkul kıymeti ifade etmektedir (T.C. Resmi Gazete, 2013).

Gayrimenkul sertifikaları yurt dışında veya yurt içinde halka arz edilerek ya da halka arz edilmeden nitelikli yatırımcılara satılarak ihraç edilebilirler. Gayrimenkul sertifikalarının temel amacı yüksek bütçeli gayrimenkul projelerinin finanse edilmesidir. Bu menkul kıymetler istenildiğinde alınıp satılarak likite dönüştürülebilirler.

Gayrimenkul sertifikası ihraç etmek isteyen ihraççıların; proje tutarının en az yarısını ihraç edebilmesi ve projenin gerçekleştirileceği arsanın mülkiyetine münferiden sahip olması bununla beraber arsa tapusunun kat irtifakı tapusuna

çevrilmesi veya arsa üzerinde ihraççı lehine kat irtifakı tesis edilmesi zorunludur (SPK, 2022: 14).

### **1.3.2.6. Menkul Kıymetleştirme**

Menkul kıymetleştirme, belirli bir alacak hakkını temsil eden varlıkların gelecekteki nakit akışlarının menkul kıymet haline dönüştürülerek bugüne getirilmesidir. Genellikle bankalar tarafından kullanılmaktadır. Diğer bir ifadeyle menkul kıymetleştirme, bankanın likiditesi düşük olan varlığının finansal piyasalarda ihraç edilebilir menkul kıymete dönüştürülmesidir. Menkul kıymetleştirmenin amacı, alacaklarını tahsil etme konusunda Sermaye Piyasası kurallarına göre oluşturulan özel bir kurum tarafından likiditenin yönetimini kolaylaştırmaktır. Menkul kıymetleştirme genellikle birden fazla tüketici kredisi veya farklı kaynaklardan doğan alacakların, toplanarak bir havuzu oluşturulması işlemidir ve bu havuzdaki alacakların menkul kıymete dönüştürülerek yatırımcılara satılmasıdır (Sayılğan, 2019: 103; Kesebir ve Günceler, 2018: 75-79).

Menkul kıymetleştirmenin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Avantajları:

- Yatırımcıya piyasadaki finansal yatırım araçlarından daha fazla getiri elde etme olanağı, ihraç eden tarafın finansman giderlerinin azalması, nakit akışının düzenli olması bununla beraber borçlanma maliyetlerinin azalması,
- Sermaye ihtiyacını azaltarak firmaların sermaye yapısının güçlenmesi, kredi ve likidite riskinin dağıtılması, şirketler için önemli bir likidite kaynağı olması,
- Bilançonun aktif-pasif dengesinin sağlanması ve maliyeti düşük fon kaynağı elde edilmesi menkul kıymetleştirmenin avantajları arasındadır.

Dezavantajları:

- İyi alacakların menkul kıymete bağlanması sonucunda bilançoda kalan alacakların portföy kalitesini düşürmesi,
- Alacakların bilanço dışına çıkarılmasıyla şirket bilançosu hakkında doğru finansal raporlamaya engel olması,
- Kredi piyasasının denetlenmesinin etkin yapılamaması,

- Yasal otoritenin ihraç kuruluşunun kredi kontrolünü gerçekleştirmesinin zorlaşması,
- Ekonomideki kredi stoklarının takip edilmesinin zorlaşması, belirsizliğe neden olması menkul kıymetleştirmenin dezavantajları arasındadır (Günceler, 2018: 82-83).

Menkul kıymetleştirme, piyasa incelendiğinde; ödeme aktarmalı menkul kıymetleştirme ve teminatlandırılmış borç yükümlülüğü doğuran menkul kıymetleştirme olmak üzere iki temel yöntem ile gerçekleştirilmektedir. Teminatlandırılmış borç yükümlülüğü doğuran menkul kıymetleştirmelerde de aktife dayalı ve nakit akımlı menkul kıymetler olmak üzere iki ayrı menkul kıymet türü düzenlenmektedir (Sayılgan, 2019: 104).

**Ödeme Aktarmalı Menkul Kıymetleştirme:** Ödeme aktarmalı menkul kıymetler, alacakların bilanço dışına çıkarılarak bunlarla ilgili menkul kıymet ihraç edilmesi temeline dayanmaktadır. Bu yöntemde bilanço dışına çıkarılan alacaklar özel amaçlı kuruluşa satılmaktadır. Bu tür menkul kıymetler, yatırımcılara vade ve faiz oranı açısından benzer özelliklere sahip varlıklardan oluşan bir portföye ya da alacak havuzuna ortak olma olanağı sunmaktadır. Ödeme aktarmalı menkul kıymetler, kredi veren kuruluşlara riskli varlıkların bilanço dışına çıkarılmasını sağlaması sonucu kuruluşların bilanço risklerini azaltarak kuruluşların daha iyi şartlarda ve ucuza fon elde etme imkânını sağlamaktadır. Bu tür menkul kıymetleştirmede kredi veren kurum, tüm haklarını özel amaçlı kuruluşa devretmesiyle, kredi alacaklarından doğacak riskleri de devretmiş olmaktadır. Özel amaçlı kurum tarafından alacak havuzunu satın alma ve bunlara dayalı menkul kıymet ihraç etme faaliyetlerinin sorumluluğunu özel amaçlı kuruluş adına bağımsız bir kuruluş olan yedd-i emin üstlenmektedir. Bununla birlikte Yedd-i emin, yatırımcıların korunması ve bilgilendirilmesi görevini de gerçekleştirmektedir (Erdönmez, 2006: 76-77).

**Teminatlandırılmış Borç Yükümlülüğü Doğuran Menkul Kıymetleştirmeler:** Menkul kıymetleştirme dayanağı olan alacaklar, bilanço dışına çıkarılamamaktadır. Teminatlandırılmış borç yükümlülüğü doğuran menkul kıymetleştirmeler ile birlikte varlığa dayalı menkul kıymetler (VDMK), nakit aktarmalı menkul kıymetler ve ipoteye dayalı menkul kıymetler olmak üzere teminatlandırılmış menkul kıymet türleri düzenlenebilmektedir (Sayılgan, 2019: 105).

*Varlığa Dayalı Menkul Kıymetler (Tahviller):* Menkul kıymetleşme sürecinde elde edilen finansal varlıklardır. Varlığa dayalı menkul kıymetler işletmelerin ve bankaların, finans kurumlarının sahip olduğu alacakları karşılığında çıkarmış olduğu bir tür değerdir (Karan, 2020: 35). Başka bir ifade ile VDMK, kuruluşun bilançosunda yer alan alacakların, bilançosundan çıkarılarak menkul kıymetleştirilmesi suretiyle ihraç edilen sermaye piyasası aracıdır.

Varlığa dayalı menkul kıymetlerin ihracı ile varlıkların likit hale getirilmesi ve düşük maliyetle alternatif fon kaynağı oluşturulması mümkün olmaktadır. Varlığa dayalı menkul kıymetlere; tüketici kredileri, konut kredileri, ihracat kredileri; finansman şirketlerinin kendi mevzuatları uyarınca açmış oldukları krediler; finansal kiralamaya yetkili kuruluşların finansal kiralama sözleşmelerinden doğan alacaklar; gayrimenkul yatırım ortaklıklarının portföylerindeki gayrimenkullerin satış veya satış vaadi sözleşmelerinden kaynaklanan senetli alacakları karşılığında doğrudan ihraç edilebilecek kıymetli evraklar örnek olarak gösterilebilmektedir.

*Nakit Aktarmalı Menkul Kıymetler (Tahviller):* Nakit aktarmalı menkul kıymetler ihraççının bilançosunun pasifinde borç olarak görünmeye devam eder. Bu menkul kıymetler kredi veren kuruluşun borcu olarak yapılandırılmış menkul kıymetlerdir. Risklerin azaltılması bakımından menkul kıymetleştirme işleminden farklılık göstermektedir. Yatırımcılara belirlenen vadede anapara ve faiz ödemesi yapılmaktadır. Alacaklardan elde edilen nakit akımları doğrudan yatırımcıya ödenmeyerek, yeni yatırımlar için kullanılmaktadır. Sadece tek bir dayanağa (alacak havuzu) göre değişik vadelerde birden çok farklı menkul kıymet ihracı yapılabilmektedir (Sayılğan, 2019: 106).

*İpoteğe Dayalı Menkul Kıymetler:* İpoteğe dayalı menkul kıymetler, ipotek finansmanı kuruluşları tarafından çıkarılan pay senedi dışındaki sermaye piyasası araçları ve konut finansmanı alacaklarına dayalı olarak veya bu alacakların teminatı altında çıkarılan sermaye piyasası araçlarıdır. Diğer bir ifadeyle, ipoteğe dayalı menkul kıymetler, konut finansmanı fonunun veya ipotek finansmanı kuruluşunun devralacağı varlıklar karşılık gösterilerek çıkarılan menkul kıymetlerdir. İpotek teminatlı menkul kıymetler, bankalar ve ipotek finansmanı kuruluşları tarafından çıkarılmaktadır (S.Y.B., 2007: 16, SPK, 2022: 15).

İpotekli konut finansmanı sisteminde menkul kıymetleştirme süreci giderek önem kazanmıştır. Avrupada bu süreç kendi içerisinde Alman ve Danimarka modelleri olarak ikiye ayrılmıştır. Alman modelinde; ipotek bankasının tek bir ipotek havuzu bulunmaktadır. Yeni kredi verildiğinde yeni tahvil ihraç edilerek krediler fonlanmakta ve ihraç edilen krediler ipotek bankasının bilançosunda kalmaktadır. Diğer bir ifadeyle gayrimenkul kredisi riski, ipotek bankasında kalmaktadır. Bu model Pfandbrief olarak adlandırılmaktadır. Modele göre, finans kuruluşları ipotekli konut kredisi taleplerinde sadece ipotek miktarı kadar kredi açmaktadır. Banka tarafından kredi miktarına uygun miktarda Pfandbrief ihracı yapılarak, sermaye piyasalarında satış işlemi gerçekleştirilmektedir. Danimarka modeli ise, Almanya Pfandbrief modelinden, ipotek bankalarının tahvil ihraççısı değil aracısı olması yönüyle ayrılmaktadır. Bu modelde, ipotek bankaları benzer kredilerden oluşan kredi havuzları oluşturarak, her bir havuz için farklı seri tahviller ihraç etmektedirler. Bu sistemde ipotek bankaları yatırımcılar ve borç verenler arasında köprü görevi görmeleri sebebiyle risk taşımamaktadırlar (Erdönmez, 2012: 69; Düzakın, 2010: 36; Berberoğlu, 2009: 123).

#### **1.3.2.7. Kolektif Yatırım Kuruluşları**

Kolektif yatırım kuruluşları, tasarruflarını sermaye piyasasında değerlendirmek isteyen tasarruf sahiplerinden topladıkları fonları toplu olarak değerlendiren kuruluşlardır. Bu kuruluşlar, çalışma biçimleri ve yatırımcılara sundukları hizmetler bakımından iki sınıfa ayrılmaktadır. Hukuki yapılarına göre ayrı ve bağımsız bir tüzel kişilik olarak kurulduklarında yatırım ortaklığı, farklı bir tüzel kişilik tarafından bir sözleşmeye göre kurulduklarında ise yatırım fonu olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bireysel tasarruflar çoğu zaman yeterli büyüklükte olmadığından, bireysel tasarruflarla oluşturulan portföyler genellikle risklidirler. Bu nedenle bu tür ortaklık modelleri, karşılaşılabilecek riskleri azaltmak amacıyla kurulmuştur (Münyas, 2017: 150).

**Yatırım Ortaklıkları:** Yatırım ortaklıkları, anonim şirket çatısı altında kurulan, faaliyet konusu halkın tasarrufları ile oluşturulan portföyü işletmek olan ve yatırımcı ile pay sahipliği ilişkisi bulunan kolektif yatırım kuruluşudur. Diğer bir ifadeyle yatırım ortaklıkları, sermaye piyasası araçları, gayrimenkul, girişim sermayesi yatırımları ile Sermaye Piyasası Kurulunca belirlenecek diğer varlık ve haklardan oluşan portföyleri işletmek amacıyla kurulmuş olan anonim ortaklıklardır. Yatırım

ortaklıklarının faaliyet konusu, anonim şirketlerden ayrılan temel özelliğidir (Ertan, 2013: 134).

Yatırım Fonları: Yatırımcılardan toplanan paralar karşılığında katılma belgesi verilerek, belge sahiplerinin hesabında riski dağıtmak ve inancılı mülkiyet esasına göre sermaye piyasası araçları ile ulusal ve uluslararası borsalarda işlem gören kıymetli madenler portföyü yönetmek amacıyla kurulan mal varlıkları yatırım fonu olarak tanımlanmaktadır. Yatırımcılar, fonun sahip olduğu portföyün bir kısmını temsil eden katılma belgesini alarak fona ortak olur ancak, katılma belgeleri sahiplerine fon yönetimine katılma hakkı tanımamaktadır (İslamoğlu ve Aziz, 2023: 98; S.Y.B, 2007: 15).

Yatırım fonu katılma belgelerini yöneten kuruluşlar, küçük tasarruf sahiplerinin riskini azaltarak yatırım yapmasına imkân sağlar, böylelikle sermaye piyasasının gelişmesinde de önemli bir rol üstlenirler. Küçük tasarruf sahiplerine; yatırım fonu belgeleri, düşük tutarlarda alım satıma olanak sağlaması, profesyoneller tarafından yönetilmeleri, kolaylıkla likite dönüştürülebilmesi ve istenilen risk seçeneklerinin olması gibi avantajlar sağlamaktadır (Madenoğlu, 2020: 59).

#### **1.3.2.8. Vadeli İşlem ve Opsiyon Sözleşmeleri**

Vadeli işlem sözleşmeleri, sözleşmenin taraflarına, standartlaştırılmış miktar ve kalitedeki bir malı, kıymetli madeni, finansal göstergeyi, sermaye piyasası aracını belirli bir vadede, bugünden üzerinde anlaşılan fiyattan alma veya satma hakkı veren sözleşmelerdir. Vadeli işlem ve opsiyon sözleşmelerinin en önemli fonksiyonu etkin risk yönetimi ve gelecekteki fiyatların keşfidir. Vadeli işlem sözleşmeleri genellikle fiyat riskinden korunma, yatırım ve arbitraj amacıyla kullanılmaktadır (S.Y.B., 2007: 17).

#### **1.3.2.9. Varantlar**

Varantlar, opsiyon sözleşmelerinin menkul kıymetleştirilmiş halidir. Sahiplerine dayanak varlığı veya finansal göstergeyi, belirli bir vadede ya da vade tarihine kadar önceden belirlenmiş bir fiyattan alım-satım hakkı veren ve bu hakkı nakit uzlaşısı ya da kaydı teslimat ile yapıldığı menkul kıymet niteliğine sahip sermaye



piyasa enstrümanıdır. Varantların genel özellikleri; borsaya kote edilmeleri ve ikincil piyasalarda işlem görmeleridir. Takas işlemleri diğer menkul kıymetlerle aynı olup, varant çıkaran işletmenin kendisine kaynak sağlamak amacıyla ihraç edeceği bir piyasa aracı olmamakla birlikte yapılandırılmış ürünler türünden bir finansal yatırım aracıdır ve tamamen piyasaya süren ihraççının sorumluluğundadır (Çelik, 2020: 29; Zor, 2013: 219-220).

#### **1.3.2.10. Kira Sertifikaları (Sukuk)**

Kira sertifikaları; her türlü varlık ve hakkın finansmanını sağlamak amacıyla varlık kiralama şirketi tarafından ihraç edilen ve sahiplerinin bu varlık veya haktan elde edilen gelirlerden payları oranında hak sahibi olmalarını sağlayan menkul kıymetlerdir. Kira sertifikaları çoğunlukla İslam prensiplerine göre (faizsiz) ihraç edilen tahvil olarak tanımlanmaktadır. Kira sertifikaları bir varlığa sahip olma ya da ondan yararlanma hakkını gösteren, sadece nakit akışı değil bununla beraber mülkiyet hakkı da sunan menkul kıymetlerdir. Bu özelliklerinden dolayı tahvil ve bonolardan ayrılmaktadırlar (Sayılğan, 2019: 96). Kira sertifikaları, TL, dolar, avro ve altına dayalı olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmaya ait özellikler aşağıda belirtilmiştir (Kira Sertifikaları, 2022).

Kira sertifikalarının genel özellikleri:

- Doğrudan satış yöntemi ile ihraç edilir.
- TL cinsi kira sertifikalarının her birinin nominal değeri 100 TL'dir.
- Kira sertifikaları 6 ayda bir kira ödemeli olarak ihraç edilir.
- Kira sertifikaları, Borsa İstanbul Borçlanma Araçları Piyasasında işlem görür.
- Kira sertifikaları, Hazinece satılan Milli Emlak bedellerinin ödenmesinde kabul edilir.
- Kira sertifikalarının gösterge niteliğindeki fiyatları günlük olarak Resmi Gazete'de yayınlanır.
- Hazine Müsteşarlığı ile Hazine Müsteşarlığı Varlık Kiralama Anonim Şirketi (HMVKŞ), kiraya verdiği taşınmazları gerekli ve faydalı gördüğünde eş değer

bir varlık ile takas, satın alma ve satma gibi yollarla tasarrufta bulunmaya yetkilidir.

- İhraçta kazanmasına rağmen, yükümlülüklerini yerine getirmeyen katılımcılar en az 4 doğrudan satışa % 20 teminatla katılmak zorundadır.

ABD Doları ve Avro Cinsi Kira Sertifikasının Özellikleri:

- ABD Doları ve Avro cinsi kira sertifikası doğrudan satış yöntemi ile ihraç edilir.
- Sertifikanın özellikleri (miktar, sabit kira getirisi, itfa tarihi vb.) ve Sertifika Talep Form'ları internet sayfasında yayımlanan ihraç duyurusunda yer almalıdır.
- ABD Doları ve Avro cinsi kira sertifikalarının her birinin nominal değeri 10.000 ABD Doları/Avro ve katları değerindedir.
- Kira sertifikaları, Borsa İstanbul Borçlanma Araçları Piyasasında işlem görür.
- Kira sertifikaları, mevcut vergi mevzuatına tabiidir. Gelir Vergisi Kanununun Geçici 67. maddesi uyarınca vergilendirilmektedir.
- Kira sertifikalarının fiyatları günlük olarak Resmi Gazete'de yayımlanır.
- Hazine Müsteşarlığı ile Hazine Müsteşarlığı Varlık Kiralama Anonim Şirketi (HMVKŞ), kiraya verdiği taşınmazları gerekli ve faydalı gördüğünde eş değer bir varlık ile takas, satın alma ve satma gibi yollarla tasarrufta bulunmaya yetkilidir.
- Kira sertifikaları, 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu uygulamasında teminat olarak kabul edilir ve T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığınca satılan Milli Emlak bedellerinin ödenmesinde de kabul edilmektedir.
- İhraçta kazanmasına rağmen, yükümlülüğünü kısmen veya tamamen yerine getirmeyen katılımcı doğrudan satış yöntemi ile yapılan en az 4 ihraca vermiş olduğu teklifin %20'si kadar tutarı, talep toplama tarihinde TCMB tarafından Resmi Gazete'de yayımlanan gösterge niteliğindeki ABD Doları/Avro cinsi döviz alış kuru üzerinden hesaplanan TL karşılığını teminat olarak yatırmak zorundadır.

### Altına Dayalı Kira Sertifikasının Özellikleri:

Fiziki altına yatırım yapan bireysel yatırımcıların belirli bir getiri elde ederek yastık altındaki altınlarının ekonomiye kazandırılması ve ülke rezervlerinin artmasını sağlamak amacıyla altına dayalı kira sertifikası ihraç edilmektedir.

- Altına dayalı kira sertifikasının yapısı, yurt içi piyasalarında ihracı yapılan diğer kira sertifikaları gibi gayrimenkulün alım satımı ve söz konusu gayrimenkulün kiralanmasına dayanan kira sertifikasıdır.
- Bu sertifikalar belirli tarihlerde yatırımcılardan toplanacak talebe göre ihraç edilirler.
- Altına dayalı kira sertifikası için talep toplama döneminde yalnız 22 ve 24 ayar altınlar kabul edilir. Altınlar iskontoya tabi tutulmadan saflığı oranında bire bir olarak kabul edilir. Böylelikle yatırımcılar herhangi bir kayba uğramamaktadır.
- Altına dayalı kira sertifikası, yatırımcısına her 6 ayda bir TL cinsinden altın fiyatına endeksli kira ödemesi yapar ve kira oranı ihraç öncesi yapılan ihraç duyurusunda kamuoyu ile paylaşılır.
- Söz konusu kira oranı, senedin vadesi boyunca sabit kalıp yatırımcının el de edeceği TL tutarı ise altın fiyatlarında meydana gelecek değişimlere göre farklılık gösterebilmektedir.
- Altına dayalı kira sertifikasından sadece gerçek kişiler yararlanabilmekte olup tüzel kişiler altına dayalı kira sertifikasına yatırım yapamamaktadır.
- Altına dayalı kira sertifikalarının fiyatları günlük olarak Resmi Gazete’de yayımlanır.

#### **1.3.2.11. Borsa Yatırım Fonları**

Borsa yatırım fonları; bir endeksi baz alan, baz aldığı endeksin performansını yatırımcılara yansıtmayı hedefleyen ve payları borsalarda işlem gören yatırım fonlarıdır. Borsa yatırım fonları ile yatırımcıların risklerinin çeşitlendirme metodu ile azaltılması sağlanmaktadır (Altın, 2016: 68). Borsa yatırım fonlarının borsalarda işlem görmesi, gün boyu işlem gerçekleştirebilme ve günlük izleme imkânı sunmaktadır.

İşlem yapma kolaylığı, düşük maliyet ve şeffaflık olanakları borsa yatırım fonlarının; avantajları arasındadır (Madenoğlu, 2020: 69).

Borsa yatırım fonları tek bir yatırım aracı olarak, bir endeksi takip etme olanağı sağlamaktadır. Endeks fon şeklinde kurulduğundan, belirli bir endeksi baz olarak endeks kapsamındaki menkul kıymetlere, bu menkul kıymetlerin endeksteği ağırlıkları dikkate alınarak yatırım yapılmaktadır. Bu süreç yatırımcıya dolaylı olarak endeksin getirisinden de faydalanma olanağı sunmaktadır. Borsa yatırım fonu, fon toplam değerinin en az %80'ini sürekli olarak sadece takip edilen endeks kapsamındaki varlıklara, fon toplam değerinin en az %80'ini devamlı olarak takip edilen endeksi takip eden ve yabancı borsalarda işlem gören borsa yatırım fonlarının katılma paylarına, takip edilen endeks kapsamında yatırım yapılması zorunlu olmayan varlıklara yatırım yaparak endeksi takip edebilmektedir. Borsa yatırım fonlarının çeşitleri arasında altın ve gümüşe endeksli borsa yatırım fonları bulunmaktadır (Borsa Yatırım Fonları, 2022:5-6).

#### Altın Borsa Yatırım Fonu:

Altın borsa yatırım fonu, fon toplam değerinin en az % 80'i devamlı olarak borsada işlem gören altın ve altına dayalı sermaye piyasası araçlarına yatırım yapar. Ayrıca yabancı para ve sermaye piyasası araçlarına da yatırım yapılabilmektedir.

#### Gümüş Borsa Yatırım Fonu:

Gümüş borsa yatırım fonu, fon toplam değerinin en az % 80'i devamlı olarak fiziki gümüşe veya çeşitli piyasa, tür ve vadelerde türev araçlar yoluyla gümüşe yatırım yapan yerli ve yabancı borsa yatırım fonu paylarına ve diğer gümüş emtia fonları paylarına yatırılmaktadır.

### **1.3.2.12. Kıymetli Madenler ve Kıymetli Taşlar**

Altın, gümüş, platin ve paladyum gibi kıymetli maden ürünleri üzerinden Borsa İstanbul üyesi bankalar ve kıymetli maden aracı kuruluşlarının işlem yapılmasına olanak sağlayan piyasalardır (Sayılğan, 2019: 103). Kıymetli madenler piyasası ile fon sahiplerine alternatif finansal enstrüman sunularak, portföylerini çeşitlendirmeleri hedeflenmektedir (Çelik vd., 2018: 220). Kıymetli madenlerin, fiyat hareketlerinde

gerçekleşebilecek değişimlerin tahmin edilmesi mümkündür, bu durum yatırımcıların riskten korunmasını ve güvenilir bir yatırım aracı olmasını sağlamaktadır.

## 2. PORTFÖY PLANLAMASI

### 2.1. Temel Analiz

Temel analiz, halka duyurulan bilgilerden faydalanarak bir işletmenin değerinin finansal tablolara ve değerlendirmelere dayanarak araştırılmasıdır. İşletmeye ait finansal giderler, varlıklar ve tüm finansal yönleri içeren mevcut bilgilerle gelecekle ilgili tahminler yapılarak firma değerinin belirlenmesi söz konusudur (Rajeswari, 2020: 416; Karan, 2020: 473). Temel analizin varsayımları arasında, bazı hisse senetlerinin yanlış fiyatlanabileceği ve piyasanın verimli olmadığı bulunmaktadır. Bir menkul kıymetin piyasa değeri; kazanç, temettü, borç ve sermaye yapısı gibi temel unsurlara dayalı olarak gerçek değerinden farklılaştığında yanlış fiyatlanmış olarak nitelendirilmektedir. Bunun sonucunda da yatırımcılar düşük veya yüksek fiyatlı hisse senetleri belirlemek için finansal, endüstriyel veya ekonomik verileri kullanabilmekte ve bu hisse senetlerinden anormal kârlar elde edebilmektedirler. Böyle bir varsayım, yatırımcıları ve analistleri temel analize önem vermelerinde teşvik etmektedir (Yıldız, 2007: 28).

Temel analiz, genellikle hisse senedi fiyatının doğru bir şekilde değerlendirilip değerlendirilmediğini belirlemek için, makroekonomik durum, sektörel ilerlemeler ve özellikle yatırım yapılacak varlıkların finansal göstergelerine odaklanmaktadır. Bu nedenle temel analiz, yatırımın temel taşı olarak nitelendirilmektedir (Achelis, 2001: 52; Uyar vd., 2020: 653; Rajeswari, 2020:415). Temel analiz ekonomi, sektör ve şirketin gelişimini etkileyen faktörlerin incelenmesini içermektedir. Böylelikle analiz daha etkin sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (Dan, 2015:145). Sırasıyla ekonomi, sektör ve firma değerlendirilerek iyi bir temel analiz yapılmış olmaktadır. Ekonomik analiz ile işletmenin sistematik riski, sektör ve firma analizi ile de sistematik olmayan riski değerlendirilmiş olmaktadır (Karan, 2020: 473).

#### 2.1.1. Ekonomik Analiz

Ekonomik analiz, işletmelerin üzerinde ekonominin etkilerini tespit etmek amacıyla yapılan temel analizin bir aşamasıdır. Analistler: Enflasyon endişe kaynağı mı? Faiz oranları yükselir mi düşer mi? Ticaret dengesi olumlu mu? Para arzı

genişliyor mu yoksa daralıyor mu? gibi sorularla ekonomik koşulların uygunluğunu tespit etmek amacıyla ekonomik analizi gerçekleştirmektedirler (Achelis, 2001: 52).

### **2.1.2. Sektör Analizi**

Firmanın bulunduğu sektörün geleceğinin incelendiği temel analizin ikinci aşamasıdır. Sektörlerin doğru bir şekilde analizinin yapılması yatırım kararlarının etkinliğini artırmaktadır. Söz konusu sektördeki ürünlerin arz ve taleplerinin analizleri göz önüne alınmaktadır (Dan, 2015:145). Firmanın bulunduğu sektöre ait eski ve güncel verileri sektörün geleceğinin tahminlenmesinde referans olmaktadır. Bir sektörün büyümesi ve kârlılığının artması ile içinde bulunduğu ekonominin büyümesi arasında birbirlerini karşılıklı olarak etkileyen pozitif bir korelasyon olduğunu söylemek mümkündür. İçinde bulunulan sektörü daha iyi tanımda temel analizin önemli bir rolü bulunmaktadır (Akkaya ve Canöz, 2018: 383).

Sektör analizi; sektörün tanımı, sektörün büyümesi ve sektörel rekabet olarak üç aşamada gerçekleştirilebilmektedir. İlk aşamada, sektörün sınırları, farklı sektörlerle ilişkileri, hangi sektörlerle rakip olduğu belirlenerek sonrasında hükümetin etkisi araştırılmaktadır. İkinci olarak sektörün büyüme potansiyeli incelenmektedir. Potansiyeli tespit etmek amacıyla sektörün hayat eğrisi (oluşma-büyüme-genişleme-olgunluk-gerileme) değerlendirilmektedir. Üçüncü olarak son aşamada ise, sektörel rekabet tartışılmaktadır. Yurt içi rekabette; sektördeki büyük firmalar, yeni rakiplerin ortaya çıkma ihtimali değerlendirilirken, dış rekabette; yabancı şirketler ve dış hükümetlerin etkileri değerlendirilmektedir (Karan, 2020: 497-499).

### **2.1.3. Firma Analizi**

Ekonomik ve sektörel koşullar belirlendikten sonra, finansal durumun belirlenmesi amacıyla firmanın kendisi analiz edilmektedir. Firma analizi, finansal verilerin, yönetimin, iş konseptinin ve rekabetin incelenmesini içermektedir. Bu nedenle firma analizi temel analizin en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Firma analizi çoğunlukla şirketin mali tablolarını inceleyerek yapılmaktadır (Dan, 2015:145; Achelis, 2001: 52).

Firma hakkında ayrıntılı veriler ve bu verilerin firma değerine etkisini kapsayan firma analizi; firma ile ilgili bilgilerin değerlendirilmesi ve finansal analizler olmak üzere iki temel aşamada yapılmaktadır. Firma ile ilgili bilgiler; firmanın geçmiş ve güncel bilgileri, bulunduğu sektördeki yeri ve firmanın pazardaki durumunu içermektedir. Firma analizinin ikinci aşaması olan finansal analiz ise firmaya ait finansal tabloların (bilanço, gelir tablosu, satışların maliyeti tablosu, fon akım tablosu nakit akım tablosu, kâr dağıtım tablosu ve öz kaynak değişim tablosu) detaylı bir şekilde analiz edilip yorumlanmasıdır. Yatay analiz, trend analizi, dikey analiz ve oran analizi genellikle finansal analizde kullanılan yöntemler arasındadır (Karan, 2020: 499-503).

## **2.2. Teknik Analiz**

Teknik kelimesi, terim olarak borsaya uygulanmasıyla yeni bir anlam kazanmıştır. Pazarın ilgili olduğu malların incelenmesi değil, pazar eylemlerinin incelenmesini ifade etmektedir. Teknik Analiz, belirli bir hisse senedi veya ortalamalardaki; fiyat değişiklikleri, işlem hacmi gibi gerçek ticaret geçmişini çoğunlukla grafik biçiminde kaydetmek ve bu grafikten hareketle gelecekteki muhtemel eğilimi öngörmek olarak tanımlanmaktadır (Edwards, 2018: 4). Başka bir ifadeyle teknik analiz; finansal varlıkların geçmiş fiyat hareketlerini göz önüne alarak gelecekteki fiyat hareketlerini tahminlemeye dayanan analizdir (Uyar vd., 2020: 653).

Finansal piyasaların Eugene Fama'nın (1965) ifade ettiği Etkin Piyasa kavramına tam olarak ulaşamaması asimetrik bilgiye neden olmaktadır. Asimetrik bilginin egemen olduğu finansal piyasalarda yalnızca finansal varlığın fiyatına ait tam ve doğru bilginin elde edilebileceği kabul edilmektedir (Ponsi, 2016: 16). Teknik analiz de finansal varlıkların fiyat verileri ve grafikleri dikkate alınarak bilgi toplanan bir analiz türüdür. Teknik analiz yöntemleri Klasik, İstatistiksel, Duyarlılık ve Davranışsal analiz yöntemleri olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca, Fiyatın Ortalamaya Döneceğini varsayan yöntemler ve Fiyatın Ortalamaya Dönmeyeceğini varsayan yöntemler olarak da farklı sınıflandırmaların yapılması mümkün olmaktadır (Lim, 2015: 11-13)

Teknik analiz, yaygın olarak kullanılmasına rağmen bir takım dezavantajlara sahiptir. Bunlar:



- Teknik analiz metotlarının esasında geçmiş fiyat hareketlerinin gelecekte tekrarlanacağı varsayımı eleştirilmektedir. Bu varsayımına göre finansal piyasaların rassal yürüyüş süreci izlediği iddiası arasında çelişkili bir durum söz konusu olmaktadır.
- Teknik analizlerden elde edilen sonuçlar subjektif nitelikte olabilmektedir.
- Teknik analiz metotlarından ulaşılan sonuçlara bağlı olarak hareket eden yatırımcılar, gerçekte oluşmayacak bir fiyatın oluşmasına ve yöntemin kendini doğrulamasına sebep olabilmektedir.
- Teknik analiz metotlarından elde edilen bilgilerin hesaplanma biçimlerinin farklı olması, yatırımcıların kararsızlıklarına sebep olabilmektedir (Lim, 2015: 13).

Teknik analiz kısaca, çizelgelerin temel araç olarak kullanılmasıyla geçmişteki fiyat ve işlemlerin incelenerek yarını tahmin etmektir ve temelleri Dow Teorisine dayanmaktadır. Dow Teorisi, Charles Dow tarafından 1900 ile 1902 yılları arasında The Wall Street Journal'da yayınlanan bir dizi makalenin sonucunda ortaya çıkmıştır. Dow Teorisi, modern teknik analiz ilkelerinin temelini oluşturmuştur (Achelis, 2001: 43).

### **2.2.1. Dow Teorisi**

Modern teknik analizin temelleri, 1900'lü yıllarda Charles Dow tarafından geliştirilen Dow Teorisine dayanmaktadır. Bu temeller, tümü doğrudan veya dolaylı olarak Dow Teorisinden türetilen fiyatlandırmanın eğilimli doğası, bilinen tüm bilgileri iskonto eden fiyatlar, doğrulama ve sapma, fiyattaki değişiklikleri yansıtan hacim ve destek/direnç gibi ilkeleri içermektedir. Dow teorisi, esas olarak piyasa eğilimlerine odaklanan teknik analiz şekli olarak nitelendirilmektedir. Bununla birlikte, çoğunlukla takip edilen Dow Jones Endüstri Ortalaması, Dow Teorisinin bir ürünüdür. Charles Dow'un günümüz teknik analizine katkıları göz ardı edilemeyecek derecede önemlidir. Menkul kıymet fiyat hareketinin temellerine odaklanması ve yaptığı vurgular piyasaları analiz etmek için yeni bir yaklaşımın gelişmesini sağlamıştır (Ghobadi, 2014:335; Achelis, 2001:7).

### 2.2.1.1. Dow Teorisi Varsayımları

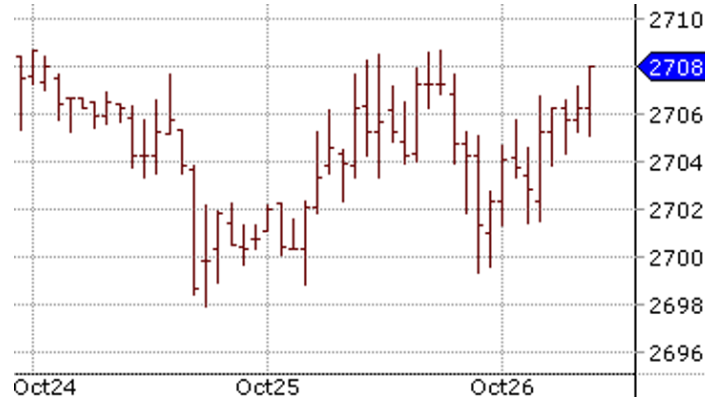
Piyasa analizlerinin piyasada fiyatların gidiş yönünü belirlemek amacıyla yapıldığı görüşüne dayanan Dow teorisinin altı temel varsayımı bulunmaktadır. Bunlar;

- Ortalamalar tüm faktörleri (piyasadaki mevcut tüm bilgileri) barındırırlar,
- İşlem hacmi trendi desteklemelidir,
- Ortalamalar birbirini desteklemelidir,
- Piyasa trendler halinde hareket eder,
- Ana trendler üç aşamada gerçekleşir
- Trend sonlandıran sinyal (dönüş sinyali) gelmedikçe mevcut trend geçerlidir (Apaydın, 2009: 16-21).

### 2.2.2. Fiyat Grafikleri

Fiyat grafikleri; çubuk grafikleri, nokta-şekil grafiği ve mum grafiği olarak üç başlık altında incelenebilmektedir.

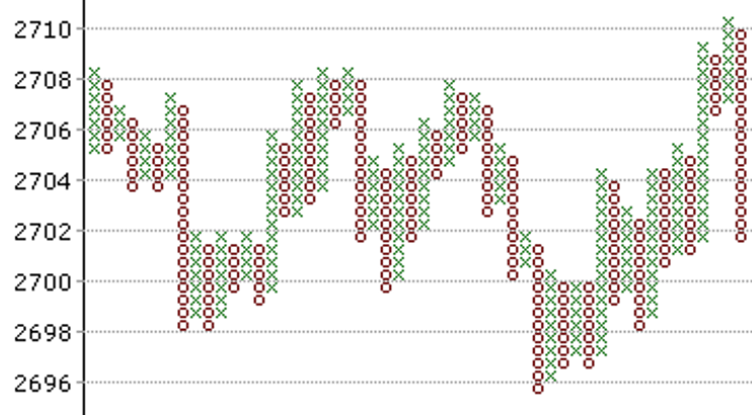
Çubuk Grafiği: Teknik analizde yaygın olarak tercih edilen grafiklerdir. Gün içerisindeki en yüksek, en düşük ve kapanış fiyatları kullanılmaktadır. Çubuk grafikler ile hisse senedi fiyatları daha kolay takip edilebilmektedir (Person, 2004: 35).



Şekil 4: Çubuk grafiği

Kaynak: Yatırım Akademisi, 2024.

**Nokta-Şekil Grafiği:** Bu grafikler izlenilmesi zor olduğundan en az tercih edilen grafiklerdir. Yükseliş ve düşüşler X ve O olarak farklı sütunlarda belirtilir. Grafikte, “O” şekilleri grafikteki düşüşleri “X” ise yükselişleri göstermektedir. Zaman ve işlem hacimleri içermeyen fiyatların yönüne odaklanan grafik türüdür (Budak, 2019: 10).



**Şekil 5:** Nokta-şekil grafiği

Kaynak: Yatırım Akademisi, 2024.

**Mum Grafiği:** Açılış fiyatı, kapanış fiyatı, gün içi en yüksek fiyat ve gün içi en düşük fiyat değerlerini gözlemlemek için kullanılan grafiklerdir. Mum grafikleri çubuk grafiklerine benzer fakat düz bir çubuk yerine bir gövdeye sahip olan grafik türüdür. Mum grafiklerindeki desenler gelecekteki fiyatlara ilişkin ipucu sunmakta, bu nedenle hisse senedi alım satım kararlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Thammakesorn ve Sornil, 2019: 1).



**Şekil 6:** Mum grafiği

Kaynak: Yatırım Akademisi, 2024.

### **2.2.3. Trend Çizgileri**

Arz-talep dengesi boyunca fiyatların izledikleri yön trend olarak adlandırılmaktadır. Teknik analizin varsayımlarına göre fiyatlar trendler halinde hareket ederek belirli bir eğilim göstermektedirler. Analistler, bu eğilimi tespit etmek amacıyla çizgiler çizerler ve bu fiyatların oluşturduğu doğrular trend, çizilen çizgi ise trend çizgisi olarak belirtilmektedir. Piyasada yükselen, alçalan ve yatay olmak üzere üç tür trend bulunmaktadır. Talebin arza kıyasla baskın olduğu dönemde fiyatlar yükselme eğiliminde olacağından yükselen trend, arz baskın olduğunda fiyatlarda düşüş eğilimi olduğundan azalan trend, arz ve talep dengeli olduğunda ise yatay trendler gözlenmektedir (Budak, 2019: 11-12; Karan, 2020: 552).

### **2.2.4. Formasyonlar**

Yeni trendler, birçok faktörün etkisiyle arz-talep dengesinin değişmesiyle oluşmaktadır. Trend değişimi esnasında arz-talep atakları fiyat grafiklerine belirli modellerde yansımaktadır. Bu modellerin bir kısmı daha sık görülür ve trendin yönünü beklenen yönde değiştireceği varsayılmaktadır. Teknik analizde bu modellere formasyon adı verilmektedir. Omuz-baş-omuz formasyonu, üçgen formasyonlar, takoz ve kama formasyonları, bayrak ve flama formasyonları teknik analiz formasyonları arasındadır. (Karan, 2020: 557).

### **2.2.5. İndikatörler**

Teknik analizde kullanılan indikatörler; toplanma ve dağılma endeksi, alınan satılan işlem hacmi endeksi, talep endeksi, hareket kolaylığı göstergesi, dikey yatay filtre, yükselenler –düşenler endeksi olarak sınıflandırılmaktadır.

#### **2.2.5.1. Toplanma ve Dağılma Endeksi**

Marc Chaikin tarafından geliştirilen toplanma ve dağılma endeksi, işlem hacmi ve fiyatlardaki hareketi birleştirerek fiyatların trendi hakkında bilgi veren hacim bazlı teknik analiz göstergesidir. Toplanma ve dağılma endeksi yüksek işlem hacmiyle gerçekleşen fiyat farklılıklarının sonucu bir trendin varlığının ya da devam edip

etmeyeceğinin araştırılmasında kullanılmaktadır (Sundareswaran ve Sathish, 2024: 166-167; M'ng ve Jean, 2014: 1115).

#### **2.2.5.2. Alınan Satılan İşlem Hacmi Endeksi**

Alınan satılan işlem hacmi endeksi, işlem miktarlarının al-sat kararlarında kullanılması amacıyla geliştirilen göstergedir (Karan, 2020: 570).

#### **2.2.5.3. Talep Endeksi**

Talep Endeksi, James Sibbet tarafından geliştirilmiştir. Fiyat ve işlem hacmini iyi bir şekilde birleştiren bu gösterge fiyat değişiminin öncü göstergesi olmaktadır. Bu indikatörün sıfır çizgisini kestiği yön trend yönüyle paraleldir. Talep endeksi, sıfır çizgisinin üzerine ise alım sinyali, sıfırın altında ise satım sinyali vermektedir. Sıfır çizgisindeki hareketler zayıf fiyat hareketleri olarak belirtilmektedir (Achelis, 2001: 40).

#### **2.2.5.4. Hareket Kolaylığı Göstergesi**

Richard W. Arms Jr. tarafından geliştirilen Hareket Kolaylığı Göstergesi, hacim temelli bir göstergedir. Hacim ile fiyat değişimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Pozitif ve negatif değerler alabilmektedir. Hareket Kolaylığı Göstergesi sıfırın altına geçtiğinde satış sinyali verilmektedir, bu durum fiyatların daha kolay aşağıya doğru hareket ettiğini göstermektedir. Fiyatlar hareket etmiyorsa veya fiyatların hareket etmesi için yoğun hacim gerekiyorsa gösterge sıfıra yakın olmaktadır. Göstergesi sıfırın üzerine çıktığında ise bir satın alma sinyali üretmektedir, bu durum fiyatların daha kolay yukarı doğru hareket ettiğini göstermektedir (Achelis, 2001: 44).

#### **2.2.5.5. Dikey Yatay Filtre**

Dikey Yatay Filtre, fiyatların trendi olup olmadığını veya trendin gerçekten bir trend olup olmadığını belirlenmesini sağlayan göstergedir. Fiyatlardaki hareketlerin bir trend içerip içermediğini araştırmaktadır. Bir trend var mıdır, varsa ne kadar

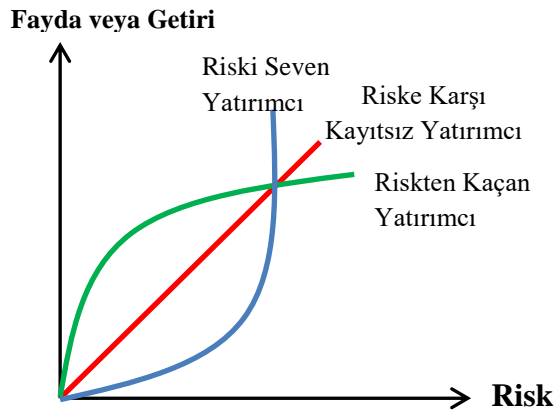
güçlüdür gibi sorulara cevap aramaktadır. Son günün en yüksek ve en düşük değerleri farkının, kapanış fiyatı ile önceki günün kapanış fiyatı arasındaki farka bölünmesi ile bulunmaktadır (İndikatörler, 2022: 18).

### 2.2.5.6. Yükselenler-Düşenler Endeksi

Tek başına teknik bir göstereyi ifade etmemektedir. Piyasanın derinliğini, gücünü görmek amacıyla her gün yükselen ve düşen hisse senedi sayıları arasındaki farktan oluşan endeksi izlemek için anlamlı sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır (Karan, 2020: 572; Fang, vd., 2014: 36).

## 2.3. Yatırımcı Profili

Yatırımcı profili, bir yatırımcının kayıpları üstlenme riski olarak değerlendirilen, finansal riske olan tolerans seviyesine göre tanımlanmaktadır. Yatırımcının sahip olduğu subjektif özelliklere göre hangi kâr karşılığında parasını ne kadar riske atacağı değerlendirilmektedir. Yatırımcılar genellikle riskten kaçınırlar, fakat bazı durumlarda az da olsa risk alma eğilimi göstermektedirler. Yatırımcının mali durumu, yatırım hedefleri, finansal eğitim ve içinde bulunulan yaşam evresi, yatırımcı profilini belirleyen temel özellikler arasındadır. Yatırımcılar risk alma eğilimlerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre; riski seven yatırımcı, riskten kaçan yatırımcı ve riske karşı kayıtsız yatırımcı olmak üzere üç ayrı yatırımcı tipi bulunmaktadır (Ranganatham ve Madhumathi, 2009: 18-19). Yatırımcı tipleri Şekil 7’de gösterilmiştir.



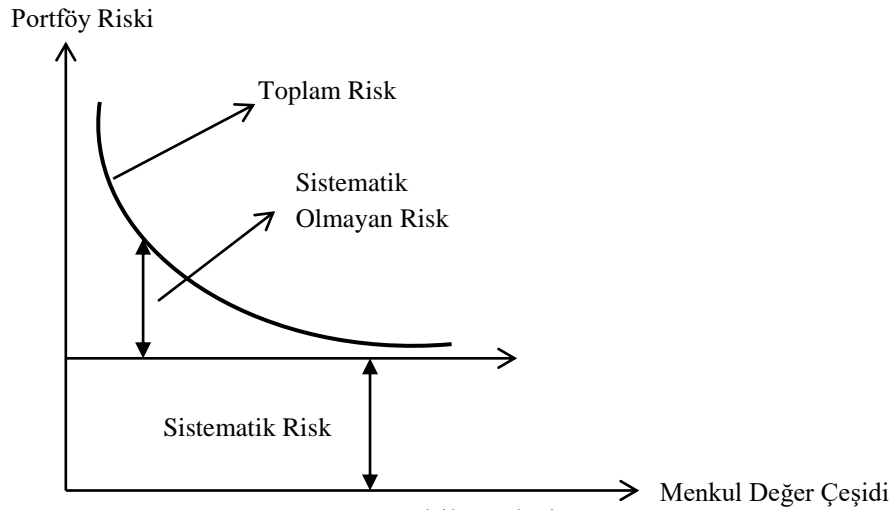
Şekil 7: Yatırımcı tipleri

Riski seven yatırımcı, riskten kaçan yatırımcıya kıyasla daha yüksek risk almaktadır ve her ek yatırımda elde edeceği verimliliğin faydası zamanla çoğalmaktadır. Riskten kaçan yatırımcılar ise, getirisi belli olan iki yatırım aracından daha az riskli olanı tercih eden yatırımcılardır. Riskten kaçan bir yatırımcının elde edeceği verimliliklerin faydası, her ek yatırımda zamanla azalmaktadır. Riske karşı kayıtsız yatırımcılara göre, hangi yatırımın tercih edileceğinin bir önemi bulunmamaktadır. Bu tip yatırımcılar risk ve verim arasında kayıtsız kalmaktadırlar (Atan vd., 2018: 26).

### 3. PORTFÖY OPTİMİZASYONU

#### 3.1. Risk Kavramı

Risk, genellikle istenmeyen ve hedefler üzerinde etkisi olacak olayların gerçekleşme olasılığını ifade etmektedir. Finans teorisinde risk kavramı çoğunlukla felaketler ve değişkenlikler olmak üzere iki farklı tür olayı içermektedir. Felaketler, bir kaza, bir işletmenin başarısızlığı veya hisse senetlerinin beklenmedik bir şekilde değer kaybetmesi gibi herhangi bir felaket olayının gerçekleşme olasılığı, felaketin zıttı; piyango kazanmak, iyi bir iş fırsatı elde etmek veya hisse senetlerinin beklenmedik bir şekilde değer kazanması gibi şans olayları olarak tanımlanmaktadır. Değişkenlikler ise, sıkça finansal risk olarak adlandırılmakta ve yatırımların getiri oranındaki değişkenlikleri ifade etmektedir. Başka bir ifadeyle, finans teorisinde risk kavramı gerçekleşmesi beklenen sonuçların gerçekleşmeme olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Tanıma göre, bir yatırımın riski, o yatırımdan sağlanacak getirinin önceden kesin olarak bilinmemesinden kaynaklanmaktadır. Yatırımcıların karşılaştıkları toplam risk bileşenleri; sistematik ve sistematik olmayan riskler olarak sınıflandırılmaktadır (Troncoso, 2008: 183-184). Risk bileşenleri Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8: Risk bileşenleri

Portföy teorisi bakımından yatırımcılar, işletmelerin maruz kaldıkları riskleri dikkate almalıdırlar. İyi bir çeşitlendirme yapan yatırımcıların sistematik olmayan riskleri düşürerek ya da ortadan kaldırarak işletmelerin toplam risklerini (sistemik risk + sistematik olmayan risk) azaltabilmeleri mümkün olmaktadır. Fakat sistematik



risk, tüm işletmeleri etkilediğinden yatırımcıların yapacakları çeşitlendirme ile sistematik risklerini azaltmaları mümkün olmamaktadır (Tanrıöven ve Aksoy, 2011:120).

### **3.1.1. Sistematik Risk**

Sistematik risk, içinde bulunulan sistemden kaynaklanan, sosyal, ekonomik ve politik yapıların değişkenlik göstermesi sonucu piyasadaki tüm varlıkları farklı derecelerde fakat aynı yönde etkileyen risklerdir. Sistematik risk piyasanın tamamını etkileyen risk faktörlerinden kaynaklanması sebebiyle çeşitlendirme yoluya azaltılması mümkün olmamaktadır. Kısaca, bu tür riskler kontrol edilemeyen riskler olarak ifade edilmektedir (Li vd., 2013: 557).

Sistematik risk, çeşitlendirilemeyen risk olarak da adlandırılmaktadır. Portföy teorisine göre, yatırım fonlarının çeşitlendirme yapılarak varlıklar arasında pozitif tam korelasyon olmadığı müddetçe beklenen getiri oranı azalmadan riskin düşürülmesi mümkün olmaktadır. Fakat portföy riski, sistematik riskin çeşitlendirilememesi sebebiyle belirli bir seviyeye kadar azaltılabilmektedir. Sistematik risk ortadan kaldırılamasa da yönetilme olanağı bulunmaktadır. Sistematik risk genellikle; enflasyon riski, pazar riski ve faiz oranı riski olmak üzere üç başlık altında değerlendirilmektedir (Altay, 2004: 5).

#### **3.1.1.1. Enflasyon Riski**

Enflasyon, fiyatlar genel düzeyinin önemli oranlarda sürekli artışını ifade etmektedir. Enflasyon riski, başka bir ifadeyle satın alma gücü riski, fiyatlar genel seviyesindeki değişikliklerden kaynaklanan, satın alma gücünün azalışına bağlı olarak ortaya çıkan risklerdir. Enflasyon oranının varlık getiri oranından fazla olması satın alma gücünü azaltmaktadır. Enflasyon riski, yatırımcıların varlıklarının parasal değerlerinde enflasyonun etkisiyle oluşan kayıp olarak da ifade edilmektedir. Farklı tür varlıkların enflasyon riskinden etkilenme seviyeleri farklılık göstermektedir (Sayılğan, 2019: 586).

### **3.1.1.2. Pazar Riski**

Pazar riski, ekonomik sebeplerin etkisiyle varlıkların beklenen getirilerinin; gerçekleşen getirilerden az olmasını ifade etmektedir. Pazar riski çeşitlendirilerek ortadan kaldırılması mümkün olmayan sistematik risk türüdür. Bu risk yatırımcı davranış ve seçimlerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Piyasadaki varlıkların fiyat değişimleri yatırımcıların varlıklara karşı tutumlarından etkilenmektedir. Pazar riskini etkileyen bir diğer faktör ulusal ve uluslararası politik koşullardır. Hükümet değişiklikleri, savaşlar ve uluslararası ticari gelişmeler pazar riskini etkileyen faktörler arasındadır (Altay, 2004: 8).

### **3.1.1.3. Faiz Oranı Riski**

Faiz oranı riski, piyasanın faiz oranındaki dalgalanmalarından kaynaklanan risk türüdür. Piyasa faiz oranındaki dalgalanmalar, sabit getirili varlıkların piyasa fiyatları ve getiri oranlarında değişikliklerin oluşmasına neden olmaktadır. Faiz oranı riski, piyasadaki varlıkları farklı düzeylerde fakat aynı yönde etkilemektedir. Piyasa faiz oranının nominal faiz oranı üzerine çıktığı koşullarda sabit getirili varlığa yatırım yapan yatırımcı zarara uğramaktadır. Bununla beraber yatırımcının, yatırım tutarını yüksek faiz oranı ile değerlendirmesini engelleyerek fırsat maliyetinin oluşmasına neden olmaktadır. (Altay, 2004: 6; Sayılğan, 2019: 588).

## **3.1.2. Sistematik Olmayan Risk**

Sistematik olmayan risk, faaliyette bulunan endüstriye özgün faktörlerden ve bu bağlamda şirkete özgü risk olarak nitelendirilebilmektedir. Belli bir şirket ve endüstri koşullarının ortaya çıkardığı risk olması sebebiyle çeşitlendirme ile ortadan kaldırılması mümkündür (Li vd., 2013: 557). İşletmelerin kendi faaliyetlerinin kontrol ve düzenlemelerini sağlayarak bu tür riskleri azaltabilme olanakları bulunmaktadır.

Sistematik olmayan risk, işletmelere veya belirli bir endüstriye özgü olması nedeniyle, söz konusu endüstri dışındaki işletmeleri ve tüm piyasayı etkileyecek risk faktörlerine sahip değildir. Bu nedenle çeşitlendirme yoluyla ortadan kaldırılması sebebiyle çeşitlendirilebilir risk olarak da adlandırılmaktadır. Sistematik olmayan

riskler; faaliyet (iş) riski, finansal risk ve yönetim riski olarak üçe ayrılmaktadır (Tanrıöven ve Aksoy, 2011:120).

### **3.1.2.1. Faaliyet (İş) Riski**

Faaliyet (iş) riski, faaliyet ortamındaki değişikliklerin faaliyet geliri ve kâr payına etkisi sonucunda ortaya çıkan risk türüdür. İçsel faaliyet riski ve dışsal faaliyet riski olmak üzere kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır. İçsel faaliyet riski, işletmenin faaliyetlerini etkin bir şekilde gerçekleştirip gerçekleştirmediği, dışsal faaliyet riski ise işletmenin kontrolünde olmayan yasal düzenlemeler ve demografik özellikler gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Yatırımcılar portföylerini farklı endüstrilerde bulunan işletmelerin hisse senetlerinden oluşturduklarında faaliyet riskini ortadan kaldırmaları mümkün olmaktadır. Bu nedenle faaliyet riski çeşitlendirilebilir risk türü olarak sınıflandırılmaktadır (Altay, 2004: 12).

### **3.1.2.2. Finansal Risk**

Finansal risk, işletmelerin faaliyetlerini öz kaynak ve yabancı kaynaklarla finanse etmesi sonucunda işletmelerin borç ödeme yeterliliğinin azalmasıdır. Yabancı kaynak kullanımı öz kaynağa göre daha düşük maliyetlidir ve finansal kaldıraç etkisiyle işletmelerin pay başına düşen kârını artırmaktadır. Fakat borçları geri ödeyememe ve iflas olasılığı söz konusu olduğundan işletme paylarının riskliliği artmaktadır. Finansal riskin işletme yönetimi kararı ile ortadan kaldırılabilmesi mümkün olduğundan sistematik olmayan risk kategorisindedir. Yatırımcılar farklı varlık yatırımlarıyla çeşitlendirme yaparak bu riski ortadan kaldırabilmektedir (Altay, 2004: 11; Sayılğan, 2019: 589).

### **3.1.2.3. Yönetim Riski**

Yönetim riski, işletmelerin başarısız ve kötü yönetilmesinden kaynaklanan risk türüdür. Yöneticilerin politikaları, izleyeceği stratejiler ve aldığı kararlar başarı ya da başarısızlığı beraberinde getirmektedir. İşletmelerin verimliliği ve kârlılıkları yönetimin nitelikleriyle doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple yönetim riski yöneticilerin bilgi ve yetenekleri doğrultusunda diğer risk türlerinin etkilerinin artmasına ya da

azalmasına neden olabilmektedir. Yönetim riski işletme karlılığında önemli bir etkiye sahip olduğundan yatırımcılar açısından göz ardı edilmeyecek bir risk türüdür. Yönetimin iyi olduğu işletmelerde beklenen getiri yüksek olasılıkla gerçekleşeceğinden bununla birlikte pay başına düşen kâr beklentisinin de gerçekleşme olasılığı artacağından pay riskinde azalmanın olacağı söylenebilmektedir (Altay, 2004: 12; Sayılğan, 2019: 588-589).

### **3.2. Portföy**

Portföy, kelime anlamı olarak “cüzdan” demektir (Başar, 2019: 3). SPK tanımına göre ise, servetin oluşturulma şekli olup, dar anlamda para ve sermaye piyasası araçları ile kıymetli madenlerden oluşan varlık grubunu ifade ederken, geniş anlamda bir kişinin ya da kuruluşun sahip olduğu varlıkların tümünü ifade etmektedir (SPK, 2022:1).

Portföy, bir yatırımcı tarafından yatırım amacıyla oluşturulan varlıkların birleşimi olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle, bireyler ve gruplar tarafından yatırılan ve sahiplenilen bazı varlıkların bir kombinasyonu olarak da ifade edilmektedir. Teknik olarak portföy, bir yatırımcı tarafından yatırılan gerçek ve finansal varlıklar kümesini içermektedir (Hanif vd., 2021: 39; Mehrani vd., 2020: 1). Finansal bağlamda portföy, varlıkların ya da yatırımların bir koleksiyonu, yatırımcıların belli bir amaç için bir araya getirdikleri çeşitli menkul kıymetlerden oluşan sepeti ifade etmektedir.

#### **3.2.1. Portföy Türleri**

Değişen piyasa dinamikleri sebebiyle, Markowitz ve çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen yatırımın çeşitlendirilmesi, yatırım riskini azaltmak için kullanılan çok önemli bir mekanizma olarak belirtilmektedir. Portföyü, risk ve getiri derecesine göre; agresif portföy, savunma portföyü, gelir portföyü, spekülasyon portföyü ve hibrit portföy olarak sınıflandırmak mümkündür (Gunjan ve Bhattacharyya, 2022: 1). Portföy türleri risk ve getiri derecesine göre Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1: Portföy türleri**

Açıklama	
<b>Agresif Portföy</b>	Daha yüksek getiri hedefler ve yüksek riskler üstlenir.
<b>Savunma Portföyü</b>	Minimum riski hedefler ve minimum getiri sağlar.
<b>Gelir Portföyü</b>	Savunma portföyüne çok benzer, ancak temettülerden elde edilen kazançlara veya diğer tekrar eden fayda türlerine odaklanır.
<b>Spekülatif Portföy</b>	Son derece yüksek riski hedefler.
<b>Hibrit Portföy</b>	Optimum risk derecesi ile optimum getiri sağlamayı hedefler.

Kaynak: Gunjan ve Bhattacharyya, 2022: 20.

Agresif portföy, daha yüksek getirileri hedefler ve genellikle amaca ulaşmak için daha yüksek riskler üstlenmektedir. İlk büyüme aşamasında olan şirketlere öncelik verilmektedir. Agresif portföyün aksine, savunma portföyü minimum riski hedeflemektedir. Olumsuz koşullarda riskin minimum düzeyde olmasını sağlamak için günlük ihtiyaç ürünleri sağlayan firmalar tercih edilmektedir. Gelir portföyü ise, savunma portföyüne benzemektedir, fakat temettü veya diğer yinelenen faydalardan elde edilen kazanç odaklanmaktadır. Gelir portföyü; gayrimenkulleri, hızlı tüketim ürünleri ve diğer istikrarlı endüstrileri içermektedir. Spekülatif portföy, son derece yüksek riski hedeflemektedir. İlk halka arzlar, başlangıç seviyesindeki ürün araştırmalarına yapılan yatırımlar ve devralma hedeflerini içeren portföyler spekülatif portföye örnek olarak gösterilebilir. Son olarak hibrit portföy ise, optimum risk derecesi ile optimum getiri sağlamayı amaçlamaktadır. Risklerin ve getirilerin derecesine göre farklı varlık türlerinin bir karışımını kullanmaktadır (Gunjan ve Bhattacharyya, 2022: 4).

### 3.2.2. Geleneksel Portföy Teorisi

Geleneksel portföy teorisi temelinde portföydeki varlık sayısının kişisel olarak artırılması ile riskin azaltılmasına dayanmaktadır (Deniz ve Okuyan, 2018: 469). Yatırımcılar, geçmiş tecrübelerini göz önünde bulundurarak basit çeşitlendirme yöntemi ile riski azaltmak için portföy oluşturmaktadırlar. Yatırımcıların temel amacı, kabul edebileceği risk seviyesinde yatırımın beklenen getirisini maksimize etmektir. Yatırımcıların istenen seviyede getiri elde etmesi, tasarruflarını tüketime ya da yeniden

yatırıma dönüştürmelerinde karar vermeleri bakımından oldukça önemlidir (Şenkardeşler, 2016: 361; Akyer, 2016: 11).

Geleneksel yaklaşıma göre yatırımcı, sadece nihai finansal servetinin ortalamasına ve varyansına dayalı olarak tek bir portföy seçimi yapar ve bu hesaplamadaki ilgili parametreleri bilmektedir. Fakat, geleneksel portföy seçiminin, yatırımcının zenginliği, bilgisi ve anlayışı açısından her zaman açıklanamayan ek özellikler bulunmaktadır.

Geleneksel portföy teorisi yatırımcıya ilişkin çeşitli varsayımlara dayanmaktadır. Bunlar;

- Varlık: Arka plan riskleri yoktur ve tüm finansal varlıklar ticarete uygundur (tamamen likit). Enflasyon, beşerî sermaye, yükümlülükler vb. dikkate alınmaz.
- Bilgi: Bilgi seti, portföy seçim problemindeki tüm ilgili parametreleri içerir. Spesifik olarak, varlık getirilerinin ortak dağıtımıyla ilgili parametreler bilinir.
- Tercih: Beklenen fayda paradigması altında, yalnızca rastgele sonuçların ortalama ve varyansı önemsendir. İlgili risk ölçüsü varyanstır.
- Anlayış: Yatırım anlayışı, yalnızca o dönemin başında işlem yapılması ve nihai servetten fayda sağlamayı önemsemesi anlamında bir dönemdir. Yatırımcı gelecek dönemlerdeki yatırım fırsatlarını dikkate almaz (Peñaranda, 2007: 1).

Geleneksel portföy teorisi, aşırı çeşitlendirilmiş portföyü yönetmenin zor olduğu, gerekli getiriyi sağlamayan varlıkları portföye dâhil etme olasılığının mümkün olması, aşırı çeşitlendirmenin araştırma ve işlem maliyetlerini arttırabileceği, belirsiz istatistiklere sıklıkla ağırlık vermesi ve hataları maksimize etmesi gerekçeleriyle eleştirilere maruz kalmıştır (Green ve Hollifield, 1992: 1785; Şenkardeşler, 2016: 361; Adhikari vd., 2020: 2).

Geleneksel yaklaşım, sezgisel ve basit olmasına rağmen, ortalama varyans analizinin pratik olarak uygulanması sorunludur. Bunun nedeni varlıkların sayısı arttıkça, bireysel varlıkların ağırlıklarının, saf çeşitlendirme kavramlarının önerdiği kadar hızlı bir şekilde sifra yaklaşmalarının mümkün olmamasıdır (Green ve Hollifield, 1992: 1785; Adhikari vd., 2020: 2).

### 3.2.3. Modern Portföy Teorisi

Markowitz (1952) tarafından yayınlanan “Portföy Seçimi” adlı makale modern portföy teorisinin temel yapıtaşıdır. Markowitz makalesinde portföy problemini bir varlık portföyünün ortalama ve varyansının bir seçimi olarak formüle etmiştir. Makalede, portföyde bulunan varlıkların belirli risk düzeyinde gerçekleşebilecek maksimum getirinin nasıl sağlanabileceğini incelemiştir. Markowitz, portföy riskinin portföyü oluşturan varlıkların riskinden daha az olabileceğini, yatırımcıların bazı portföyleri aynı getiriyi sağlamasına rağmen daha riskli olması sebebiyle, bazı portföyleri de aynı risk düzeyinde olmasına karşın daha az getiri sağlamaları sebebiyle seçmeyeceklerini, bu bağlamda etkin sınırın bulunduğunu ve etkin sınırın kuadratik programlama ile tespit edilebileceğini belirtmiştir (Sayılğan, 2019:583).

Modern portföy teorisinin; yatırımcı davranışları, davranışların fiyat belirlenmesine etkisi ve bilgilerin piyasa tarafından değerlendirilmesi amacıyla çeşitli varsayımları bulunmaktadır. Bunlar;

- Yatırımcı rasyoneldir ve modern portföy teorisi etkin piyasalar hipotezine dayanmaktadır. Rasyonel yatırımcı varsayımı (faydayı maksimize eden), modern portföy teorisi tarafından varsayılan etkin piyasalar hipotezinin temelidir. Etkin piyasalar hipotezi, bilginin simetrik olduğunu (Tüm aktörlerin ilgili tüm bilgilere eşit ve zamanında erişiminin olmasıdır.), hemen elde edilebilir ve bilinebilir olduğunu, anlaşıldığını ve böylece bilgi haline geldiğini ve bu bilginin hızlı bir şekilde varlık fiyatlarına yansıdığını varsaymaktadır.
- Yatırımcılar riskten kaçınır ve beklenen fayda teoreminin aksiyomlarına dayalı kararlar alırlar. Riskten kaçınan bir yatırımcı, aynı beklenen fayda ya da getiri ile iki farklı portföy sunulduğunda, daha yüksek toplam riske sahip portföye göre daha düşük toplam riske sahip portföyü tercih eden kişi olarak belirtilmektedir.
- Bir yatırımcı, beklenen getirisi daha yüksek olan bir portföyü, beklenen getirisi daha düşük olan başka bir portföye tercih etmektedir.
- Yatırımcıların amacı bir dönemde faydalarını maksimize etmektir. Yatırımcıların refahı azalan marjinal faydaya sahiptir.

- Yatırımcılar, riski beklenen getirilerdeki değişkenliğe göre hesaplar, başka bir ifadeyle riskin göstergesi geçmişteki getirilerin standart sapmasıdır (Beyhaghi ve Hawley, 2013: 21-22).

### 3.3. Optimizasyon

Optimizasyon bir sorun için onu yöneten koşullara göre mümkün olan en iyi sonucu elde etmek olarak tanımlanmaktadır (Zanjirdar, 2020: 420). Optimizasyonun tarihinin, matematikçi Öklid ile yaklaşık MÖ 300 yıllarına dayandığı söylenmektedir. Pierre de Fermat, 17. yüzyılda kalkülüs tabanlı optimizasyonlara yol açacak olan gradyan modifikasyonları kavramını tartışmıştır. 18. yüzyılda ise Euler ve Lagrange'ın ayrıntılı görüşlere sahip olduğu bu alanda daha sonra Newton ve Leibniz tarafından kalkülüs varyasyonları ayrıntıları olarak ele alınmıştır. 1805'te Legendre ve 1809'da Gauss, regresyon analizinde ortak bir strateji olan en küçük kareler yöntemini önermişlerdir. Tüm kısıtları çözümleyen farklı uygulanabilir alternatifler arasından en iyi çözüm ya da çözümleri bulmak olarak ifade edilen optimizasyon teorisi, geometri ve diferansiyel hesabın gelişimi için bir katalizör görevi görmüştür (Kheiri, 2018: 900).

Günümüzde optimizasyon, üretim planlamasından mühendislik tasarımına, veri analitiği ve finansa kadar çok sayıda bilimsel alanda çeşitli bağlamlarda etkili kararlar veya tahminler tasarlamak için kullanılmaktadır. Karar verme süreci, somut bir problem için uygun bir matematiksel modelin oluşturulması aşaması ile başlar ve sonrasında modelin uygun sayısal algoritmalar aracılığıyla çözüldüğü aşama ile devam eder. Bir optimizasyon modeli, karar eylemlerinin fiziksel sınırlarını, kaynaklara ilişkin bütçeleri, karşılanması gereken tasarım gereksinimlerini temsil eden kısıtlamaların yanı sıra, maksimize etmek istenilen kararlar için nicel bir nesnel iyilik kriterinin belirtilmesini gerektirmektedir. Optimal tasarım ise, tüm problem kısıtlamalarını karşılarlarken mümkün olan en iyi objektif değeri veren tasarım olarak tanımlanmaktadır (Blank ve Deb, 2020: 89497; Calafiore ve El Ghaoui, 2014: 1-14; Lange, 2013: 1).



### 3.3.1. 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). Portföy optimizasyonu getiri varyansını en aza indirme amacına bağlı olarak risk-getiri dengesini dikkate alarak en uygun portföyü seçme işlemi olarak da tanımlanmaktadır (Thongkairat vd., 2019).

Portföy optimizasyonu ilk 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). Süreci 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 kavramı, finansal piyasaların ve finansal karar almanın geliştirilmesinde ve anlaşılmasında etkili olan bir kavramdır. Harry Markowitz'in portföy teorisinin yayınlanması bu konudaki ana ve en önemli başarı olarak belirtilmektedir. Portföy optimizasyonu, riski en aza indirmekle birlikte, belirli bir sermaye ile hazırlanabilecek varlık ve menkul kıymetlerin optimal seçimini içermektedir. (Zanjirdar, 2020: 420).

Portföy optimizasyonu, simülasyonlar veya kısıtlı senaryolar kullanarak, her bir varlığın ağırlığını belirleyerek portföyün riske göre belirlenmiş getirilerini maksimize etmede farklı varlıkların potansiyelini keşfetmek için yatırım uzmanları tarafından tercih edilen ve kaynak tahsisinden oluşan, finans ve ekonomide yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Kaynaklar, maksimum getiriye elde etmek için farklı portföyler tarafından dağıtılan parasal tutarlardır (Faia vd., 2021: 2; Bakry vd., 2021: 2).

Portföy optimizasyon sürecinde, riski en aza indirmek ve kârı en üst düzeye çıkarmak amacı doğrultusunda portföydeki her bir hissenin miktarı belirlenmektedir.

Optimizasyon problemleri kârı maksimize ederken, bu eylemle ilişkili bir risk seviyesi getirmektedir. Risk, zarar görme veya zarar görme olasılığını ifade etmektedir; genellikle belirsizlikten kaynaklanan tehlike olarak tanımlandığından risk ölçümü, portföy optimizasyonunda önemli konulardan biridir (Faia vd., 2021: 2). Risk ölçümünün araştırmacıları uğraştırması sebebiyle, bugüne kadar çeşitli risk önlemleri geliştirilmiştir, fakat finans alanı incelendiğinde risk, çoğunlukla getiri kayıtlarından elde edilen rakamlar temelinde tanımlanmaktadır (Zanjirdar, 2020: 420).

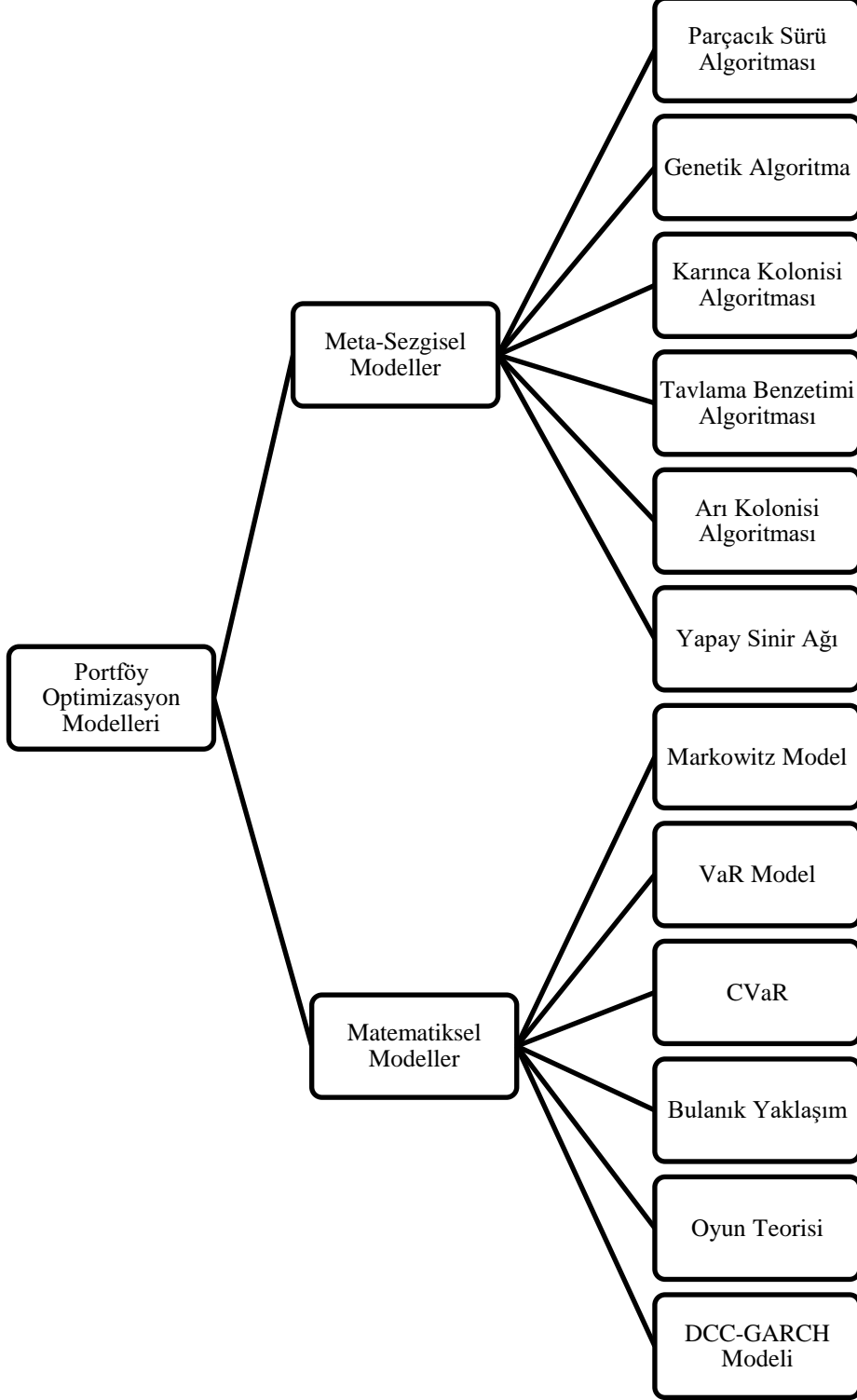
Portföy optimizasyonu, önceden tanımlanmış hedeflere dayalı olarak varlıkların en iyi kombinasyonunu seçme süreci olarak da belirtilmektedir. Hedefler, getiriyi en üst düzeye çıkarmak veya riski en aza indirmek ya da her ikisi birden olabilmektedir. Her optimizasyon tekniği, uygunluk fonksiyonları olarak farklı portföy ölçüleri kullanmaktadır. Seçim yapılabilecek çok sayıda varlık olması nedeniyle, doğru varlık setinin manuel olarak seçilmesi zordur ve bu nedenle gelişmiş teknikler gerektirmektedir. En iyi portföyü seçmek amacıyla yıllar boyunca ortalama-varyans (Markowitz (1959)), çarpıklıkla 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, 2022: 2-8).

### **3.4. 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 çözümler doğru bir şekilde bulunabilirken, yaklaşık algoritmalar ile zor optimizasyon problemleri için optimale yakın çözümler bulunabilmektedir. Yaklaşık algoritmalar da kendi içerisinde; sezgisel, meta-sezgisel ve hiper-sezgisel olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır.

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 çözümlerine 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 algoritmalarda arama işlemi problemin çözüm kümesinde gerçekleşirken hiper-sezgisel algoritmalarda arama işlemi sezgisel uzayda yapılmaktadır. Hiper-sezgisel yaklaşımda problemin çözümünden daha çok hangi sezgisel algoritma ile çözüme daha verimli ulaşılabileceğine karar vermeye 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 çözümler üretebilmeleri sebebiyle tercih edilmektedir (Zanjirdar, 2020: 421; Onan, 2013:114). Şekil 9'da öne çıkan portföy optimizasyon modelleri sunulmuştur.



Şekil 9: Portföy optimizasyon modelleri

Kaynak: Zanjirdar, 2020: 421.

### 3.4.1. Matematiksel Modeller

Matematiksel modeller, optimizasyon problemlerinin çözümünde önemli bir yere sahiptir. Ekonomi, enerji, telekomünikasyon, endüstri, mühendislik ve finans gibi çeşitli alanlarda geniş kullanım alanına sahiptir. Matematiksel modeller ile problemlere optimal çözümler doğru bir şekilde bulunabilmektedir. Markowitz ortalama-varyans, riske maruz değer, koşullu riske maruz değer, oyun teorisi ve bulanık yaklaşım sıklıkla kullanılan matematiksel modeller arasındadır.

#### 3.4.1.1. Markowitz Ortalama-Varyans Modeli

Markowitz (1952), portföy teorisi üzerine yaptığı çalışmalarda ortalama-varyans modelini önermiş ve 1990 yılında ekonomi dalında Nobel ödülü almıştır. Ortalama-varyans modelinde, oluşturulan portföyün beklenen getirisini ve riskini ölçmek amacıyla tarihsel varlık fiyatlarından hesaplanan ortalama ve varyanstan yararlanmıştır. Ortalama-varyans modeli, yatırımcıların belirli bir risk seviyesi için beklenen getiriye en üst düzeye çıkarmak veya belirli bir getiri için riski en aza indirmek istedikleri varsayımına dayanmaktadır (Chaweewanchon ve Chaysiri, 2022: 5).

Markowitz modelinin kullanılabilmesi için:

- $E(R_i)$  ile gösterilen  $i$  hissesine ilişkin beklenen getiri.
- $S_i$  ile ele alınan hisse başına riskin bir ölçüsü olarak gösterilen  $i$  hissesi için beklenen getirinin standart sapması.
- $\delta_{ij}$  sembolü ile temsil edilen çeşitli hisse senedi getiri oranları arasındaki ilişkinin ve korelasyonun bir ölçüsü olarak kovaryans verileri gerekmektedir.

Markowitz Ortalama-varyans modelinin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z &= \delta_p^2 \\ \text{St: } \bar{r}_p &= \sum_{i=1}^n w_i \cdot \bar{r}_j \\ \sum_{i=1}^n w_i &= 1 \\ w_i &> 0 \end{aligned} \quad (1)$$

(1) Numaralı eşitlikte;

$w_i$  = i'nin portföydeki payına ilişkin ağırlık

$\bar{r}_p$  = Portföyden beklenen getiri

$\bar{r}_j$  = Hisse senedi getirileri

$\delta_p^2$  =Portföy getiri varyansı

Portföy getiri varyansı şu şekilde hesaplanır:

$$\delta_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i \cdot w_j \text{cov}(\bar{r}_i, \bar{r}_j) \quad (2)$$

### 3.4.1.2. Riske Maruz Değer (VaR Model)

Riske Maruz Değer (VaR) kriteri, 1993 yılında risk tanımlaması için bir ölçüt olarak tanıtılmıştır. Bu kriter, normal piyasa koşullarında ve bir güven aralığında beklenen maksimum kayıp olarak tanımlanmaktadır. Bir portföyün en kötü durum performansının olasılığını ölçen bir metriktir. İş segmentleri ve piyasa oyuncuları arasında yaygın olarak bildirilen ve yaygın olarak kabul edilen bir finansal risk göstergesidir. Satın alma pozisyonu için riske maruz değer, belirli bir güven düzeyinde, belirli bir süre boyunca bir riskli varlığın veya portföyün potansiyel değerindeki kaybı ölçmektedir. Risk altındaki varlıkların değerlendirilmesi üç ana faktörü içerir: gerekli güven seviyesi, önceden belirlenmiş bir kayıp seviyesi ve önceden belirlenmiş bir süre. Risk altındaki değer, belirli bir varlık, bir varlık grubu veya tüm finansal organizasyon için de tutulabilir. Kısaca VaR modeli, normal piyasa koşullarında belirli bir süre boyunca ve belirli bir güven düzeyinde beklenen kaybı ölçmektedir. VaR, bir varlığın değerinin veya varlık portföyünün ne kadarının belirli bir zaman boyunca % kaç olasılıkla risk altında olduğu sorusunu yanıtlamaktadır (Zanjirdar, 2020: 424; Puelz, 2001:279).

Matematiksel olarak riske maruz değer:

$$\Pr \{P_0 - P_1 \geq \text{VaR}\} \leq \alpha \quad (3)$$

$P_0$ , sıfır anındaki portföy değeri ve  $P_1$ , 1 anındaki portföy değeri ve alfa,  $P_1$  istatistiksel hata düzeyidir. Yukarıdaki denklem, portföyün gelecek dönemdeki amortismanının riske maruz değerinden fazla olma olasılığının maksimum alfaya eşit

olduğunu, diğer bir deyişle portföy kaybının gelecek dönemde riske maruz değerinden az olma olasılığını ifade etmektedir. Portföy değerinin bir sonraki dönemdeki kümülatif dağılım fonksiyonunu  $F(P)$  ile gösterirsek  $1-\alpha$ ; tersi,  $F_P^{-1}(\alpha)$ 'in gelecek dönemde portföy değerinin yüzdelerini, dolayısıyla portföyün riske maruz değerini temsil etmektedir (Zanjirdar, 2020: 424).

Aşağıdaki ilişki elde edilir:

$$VaR = P_0 - F_P^{-1}(\alpha) \quad (4)$$

### 3.4.1.3. Koşullu Riske Maruz Değer (CVaR Model)

Koşullu riske maruz değer, VaR'ı aşan potansiyel kayıpların dağılımını göz önünde bulundurarak, VaR'ı aşan kayıpların ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. CVaR, ile VaR'ın eksiklikleri tamamlanmaya çalışılmaktadır. Bir kırılma noktası olarak VaR bir olasılık ile bağlantılı en kötü durumda uğranılacak kaybı simgelerken, CVaR en kötü durum sınırı aşıldığında, söz konusu portföye yapılan yatırımdan beklenen parasal kaybın ölçüsü şeklinde tanımlanmaktadır. Bu nedenle CVaR her zaman VaR değerinden daha yüksek bir parasal kayıp olarak bulunmaktadır. CVaR da VaR gibi parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerle hesaplanabilmektedir (Chakravarty ve Sarkar, 2020: 190).

L portföy kayıpları için,  $\alpha$  güven düzeyinde  $CVaR_\alpha$  ve  $VaR_\alpha$  arasındaki ilişkinin parametrik gösterimi (5):

$$CVaR_\alpha = \frac{1}{1-\alpha} \int_\alpha^1 VaR_u(L) du \quad (5)$$

CVaR değerinin bulunabilmesi için ilk olarak VaR değerinin hesaplanması gerekmektedir. Sonrasında VaR'a bağlı olarak CVaR hesaplanmaktadır. Her ifade de CVaR'ın her durumda kayıplar bakımından VaR'dan daha küçük olmasının mümkün olmayacağı anlaşılmaktadır. CVaR aşağıdaki gibi (6) formüle edilebilmektedir:

$$CVaR = E[X | X > VaR_\alpha(X)] \quad (6)$$

Bir yatırımcı risk konusunda daha korumacı bir görüş sağlamak isterse, CVaR, VaR'a tercih edilmelidir. Bunun nedeni CVaR ile kaybın dağılımı konusunda ayrıntılı bilgiyi zorunlu kılmasıdır. CVaR finans alanında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Chakravarty ve Sarkar, 2020: 190).

#### **3.4.1.4. Oyun Teorisi**

Oyun teorisi, etkileşim ve işbirliğinin bir arada olduğu ortamlarda karar vermeyi inceler. Oyun teorisini ilk olarak John Van Neumann ortaya atmıştır (Zanjirdar, 2020: 425). Oyun teorisi, rasyonel bağımsız karar vericiler olarak adlandırılan oyuncular arasındaki etkileşimlerin değerlendirilmesini içeren uygulamalı matematiğin bir dalıdır (Abdel-Raouf vd., 2020: 26). Oyun teorisi kavramları, çeşitli stratejik senaryoları formüle etmek, yapılandırmak, analiz etmek ve nihayetinde anlamak için ortak bir dil sağlamaktadır. Oyun teorisi, çatışma durumlarını, oyuncular arasındaki etkileşimi ve oyuncuların kararlarını araştıran bilimsel disiplindir (Bhuiyan, 2016:114). Oyun teorisi, karar verme sistemlerinin davranışını modelleme ve değerlendirme bilimi olarak da ifade edilebilmektedir. Oyun teorisi, bir sistemin matematiksel davranışını stratejik veya oyun temelli bir şekilde elde etmeye çalışmaktadır. Oyun teorisinin amaçlarından biri, karar verme oyunlarının muhtemel olaylarını öngörmektir (Sohrabi ve Azgomi, 2020: 59).

Oyun teorisi, karar alma proseslerinde iki ya da daha çok oyuncunun olduğu ve oyuncuların alacakları kararlarda diğer oyuncuların da etkisinin dikkate alındığı, çeşitli alanlarda uygulanabilen stratejik bir yaklaşımdır. Oyun teorisinde, oyunlar niteliklerine göre; oyuncuların davranışlarına, oyuncu sayısına, eylemin zamanlamasına ve oyun aşamalarının sayısına, oyuncuların kazancına, oyuncuların strateji bilgilerine göre sınıflandırılmaktadır (Arslan ve Çetin, 2021: 444-446).

#### **3.4.1.5. Bulanık Yaklaşım**

Bulanık yaklaşım, belirsiz durumlarda diğer bir ifadeyle sonucu kesin olmayan gözlemlerin ve koşulların bulunduğu problemlerin çözülebilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bulanık yaklaşım, kişilerin tecrübelerinden ve nicel verilerden yararlanılarak elde edilen bilgilerin algoritmalar ve belirli matematiksel modeller kullanılarak sonuç elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım, 0 ve 1 şeklinde kodlanan ikili değer mantığına dayanmaktadır. Bulanık yaklaşım, bu iki değeri, aralıktaki bütün değerleri göz önüne alarak sonuçlar üretmektedir. Kesin sonuçlar yerine dereceli bir ifade ile elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Bu yöntem, sonuçlardaki ikili değer sınırlandırmasını yok ederek, çok değerli bir yaklaşım sunmaktadır (Avşarlıgil, 2020: 199).



Bir bulanık küme, 0 ile 1 arasında üyelik derecesine sahip olan bir üyelik fonksiyonu ile belirtilmektedir. Bulanık kümelerden karar verme problemlerinde yararlanılması, karar verme teorilerinin bir uzantısı olması biçiminde ifade edilmektedir. Mevcut problem, alınacak kararlar belirsizlik ve belirli bir risk oranına sahipse bulanık karar verme yaklaşımı amaç fonksiyonunun ve modelin kısıtlarının belirsizliklerini ortadan kaldırmaya çalışmaktadır (Zimmermann, 1987: 10).

#### **3.4.1.6. Dinamik Koşullu Korelasyon Modeli (DCC-GARCH)**

Sabit ortalama ve varyanslı olmadıklarından dolayı çoğu ekonomik zaman serilerinin modellenmesinde bilinen yöntemler yeterli olmamaktadır. Bu nedenle yeni yöntemlerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu yöntemlerden biri, Engle (1982) tarafından sunulan otoregressif koşullu değişen varyans (ARCH) modelidir. ARCH metodunun Engle tarafından ortaya atılmasından sonra çeşitli türevleri geliştirilmiştir. Bu türevlerden biri uygulamada yaygın olarak yer alan, belirsizliğin hesaplanmasında kullanılan genelleştirilmiş ARCH (GARCH) (Bollerslev, 1986) modelidir. GARCH modelleri simetrik koşullu varyans varsayımı ile hareket etmektedir. Ancak bu varsayımın doğru olmadığı ve volatilitenin şoklara karşı asimetrik olarak tepki verdiği ileri sürülmektedir (Nelson, 1990; Christie, 1982; Schwert, 1989). Pagan ve Schwert (1990) ve Nelson (1991) tarafından geliştirilen üstel GARCH (EGARCH) modelinin GARCH modeline göre avantajı, tüm parametre kümelerinde koşullu varyanstaki pozitifliği sağlaması ve volatilitedeki asimetrik etkiye ulaşılmasına olanak sunmasıdır (Duran, Şahin, 2006: 62 – 63).

İlerleyen süreçlerde GARCH modelin türleri olan EGARCH VE TGARCH geliştirilmiştir. Tek değişkenli GARCH modelleri genişletilerek çok değişkenli modeller ortaya çıkmıştır. Bollerslev (1990), koşullu korelasyonların zamana bağlı olarak farklılaşmadığı, dinamikler arasındaki ilişkinin sabit koşullu korelasyon ile ortaya konulabileceğini öne süren CCC (Constant Conditional Correlations) parametresini geliştirmiştir. Tse ve Tsui (2002) ve Engle (2002) koşullu korelasyonların zamana bağlı değişim gösteren kovaryans matris için ise DCC (Dynamic Conditional Correlations) parametresini belirlemişlerdir (Hepsağ, 2013: 33).

Dinamik Koşullu Korelasyon modelleri (DCC, Engle 2002), bir vektör serisinin öğeleri arasındaki koşullu korelasyonların zamana bağlı olduğu çok değişkenli

GARCH modelleri sınıfıdır. DCC modelleri, koşullu kovaryans matrisinin her zaman tam olarak belirtilmesi sayesinde, varlıkların ilişkili ve heteroskedastik olduğu vektör zaman serilerinin davranışını tahmin etmek amacıyla finans alanında kullanılmaktadır. Engle (2002) modelinde, korelasyonun önceki dönemde bilinen bilgilere dayandığını (koşullu olduğunu) ve çok dönemli tahminlerin korelasyon matrislerinin benzer şekilde tanımlandığını belirtmektedir. Buna göre her zaman noktası, farklı bir koşullu korelasyon matrisi üretmektedir. Bu süreç, zamanla değişen korelasyonları incelemek ve riskten korunmak amacıyla çıkarımlar yapmak için uygun bir süreçtir (Ravagli ve Boshnakov, 2022: 17; Le ve Tran, 2021: 762).

Engle (2002)'ın Dinamik Koşullu Korelasyon (DCC) modeli iki adımda hesaplanmaktadır. Birinci adımda, GARCH (1,1) modelinden ulaşılan GARCH parametreleri tahminlenmekte, ikinci adımda ise seriler arasındaki korelasyonlar tahmin edilmektedir.

$$H_t = D_t P_t D_t \quad (1)$$

(1). denklemde  $H_t$ ,  $n \times n$  koşullu kovaryans matrisi gösterirken,  $P_t$  ise koşullu korelasyon matrisini ve  $D_t$  diyagonal üzerinde zamanla değişen standart sapmalara sahip diyagonal matrisi göstermektedir.

$$D_t = \text{diag}(h_{1t}^2, \dots, h_{Nt}^2) \quad (2)$$

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta)M + \alpha_{et-1}\epsilon'_{t-1} + \beta Q_{t-1} \quad (3)$$

(3). denklemdeki  $Q_t$ , standart hata  $\epsilon_t$ 'nin  $n \times n$  koşullu olmayan matrisidir.  $\alpha$  gecikmeli dönemlerdeki standardize edilmiş artıkların dinamik koşullu korelasyon üzerindeki etkisini gösterirken  $\beta$  ise kalıcılığı göstermektedir.

### 3.4.2. Meta-Sezgisel Modeller

Meta-sezgisel algoritmalar, genellikle doğadan ilham alan ve doğrusal olmayan problemleri çözmek için kullanılan algoritmalardır. Bu algoritmaların kullanılması mutlaka optimal çözüme ulaşılacağını garanti etmese de, problemin sınırlılıkları fazla olduğunda, meta-sezgisel modeller bu problemleri çözmek için kullanılacak en uygun modellerdir (Zanjirdar, 2020: 426).

### **3.4.2.1. Genetik Algoritma**

Genetik algoritma, genlerin hayatta kalmasının simüle edildiği Darwin'in evrim teorisinden esinlenmiştir. Doğal seleksiyon ve genetik bilimi mekanizmasına dayanan popülasyon tabanlı bir algoritmadır. Genetik algoritma, doğal biyolojik evrim sürecini takip eden kapsamlı bir olasılık arama yöntemidir. Bu algoritmanın uygulanması, ilk olarak popülasyon adı verilen ilkel bir rastgele çözümler kümesiyle başlamaktadır. Popülasyondaki her üyeye, mevcut problemin çözümünü temsil eden kromozom denir. Kromozom, gen adı verilen bir sayı dizisidir. Algoritmanın her yinelemesinde, yeni bir kromozom seti oluşturulmaktadır. Belirli bir zamandaki nüfus jenerasyon olarak adlandırılmaktadır. Her jenerasyondaki kromozom sayısının, problemin amaç fonksiyonuna göre bir kromozomu hesaplayan uyum fonksiyonuna uygunluğu değerlendirilmektedir. Üreme işlemi esnasında kromozomlara yavru ve mutasyon operatörü gibi genetik operatörler uygulanmaktadır. Üretilen kromozomlar bebek olarak adlandırılmaktadır. Bu aşamada yeni doğanın uygunluğu değerlendirildikten sonra, daha iyi kromozomlar seçim prosedürlerinden biri tarafından seçilir ve bir sonraki jenerasyona aktarılır. Genetik operatörlerin her biri için, operatörlerin kromozomlara uygulanabilecekleri bir olasılık parametresi tanımlanır ve bu işlem, algoritmanın durma koşulu sağlanana kadar devam etmektedir (Grefenstette, 1993: 3; Mirjalili, 2018: 43; Zanjirdar, 2020: 427).

### **3.4.2.2. Tavlama Benzetimi Algoritması**

Tavlama benzetimi algoritması, fizik bilimine dayanmaktadır. Malzeme mühendisleri, katı malzemenin iyi organize edildiği ve enerjisinin en aza indirildiği duruma ulaşmak için kademeli soğutma yöntemi kullanmaktadır. Bu yöntem, malzemenin yüksek sıcaklığa yerleştirilmesini ve sıcaklığın kademeli olarak düşürülmesini içermektedir. Tavlama benzetimi yöntemi, optimizasyon problemini çözmek için kademeli soğutma sürecini simüle etmektedir. Problemin amaç fonksiyonu, sanal sıcaklığı tanımlayarak minimize edilmesi gereken maddenin enerjisine benzemektedir. Bu durumda sıcaklık, algorithmada kontrol edilebilen bir parametredir. Tavlama benzetimi algoritması, sistem dengeye yaklaşıncaya kadar tavlama sürecindeki enerji değişikliklerini simüle etmeye devam etmektedir (Zanjirdar, 2020: 428).

### **3.4.2.3. Karınca Kolonisi Algoritması**

Karınca Kolonisi Algoritması 1992 yılında Marco Dorigo tarafından geliştirilen popülasyon tabanlı bir meta-sezgisel modeldir. Bu algoritma, rastgele arama tekniği ile öğrenme mekanizmasını birleştirmektedir. Karıncaların yaşam sistemlerini temel alan ve yiyecek arama davranışlarını taklit eden bir algoritmadır. Koloniler halinde yaşayan karıncalar, yuvalar ile yiyecekler arasında en kısa yolu bulma yeteneğine sahiptirler. Geçtikleri yollara feromon denen izler bırakarak yollarını bulan karıncaların gerçek hayattaki bu davranışlarından yola çıkılarak geliştirilen algoritma ile simetrik ve asimetrik gezen satıcı problemlerinde optimal çözümler bulunmaktadır. Oluşturulan yapay karıncalar kullanılarak ve karıncaların belli kurallarla geçiş yaptığı yollarda yapay feromon güncellemesi yapılarak en kısa yol iterasyonlar boyunca araştırılmaktadır (Söyler ve Kesintürk, 2007: 1; Dorigo vd., 2006: 30).

### **3.4.2.4. Parçacık Sürü Algoritması (PSO)**

Parçacık sürü algoritması ilk olarak Kennedy ve Eber Hart tarafından önerilmiştir. Bu yöntemi formüle ederken kuşların grup uçuşundan, balıkların grup halinde yüzmesinden ve bir dizi basit matematiksel ilişki kullanılarak formüle edilen sosyal yaşamlarından esinlenilmiştir. Yöntem bir parçacık grubu olarak adlandırılan rastgele bir başlangıç popülasyonunun oluşturulmasıyla başlamaktadır. Gruptaki her parçacığın özellikleri, optimal değerlerini belirlemesi gereken bir dizi parametre temelinde belirlenmektedir. Bu şekilde, her parçacık problemin çözüm uzayında bir noktayı temsil etmekte ve her parçacığın bir hafızası bulunmaktadır, yani arama uzayında bulabileceği en iyi konumun üyesi olmaktadır. Her parçacık, önce sahip olduğu en iyi konuma, sonra da tüm parçacıkların sahip olduğu en iyi konuma olmak üzere iki yönde hareket etmektedir. Böylece, bu yöntemde, arama uzayındaki her parçacığın konumunun değişimi, komşularının yanı sıra kendi deneyim ve bilgisinden de etkilenmektedir (Zanjirdar, 2020: 429).

### **3.4.2.5. Arı Kolonisi Algoritması**

Arı Kolonisi algoritması arıların davranışlarından esinlenilerek geliştirilmiştir. İlk olarak Derviş Karaboğa tarafından 2005 yılında ileri sürülmüştür. Bir arı

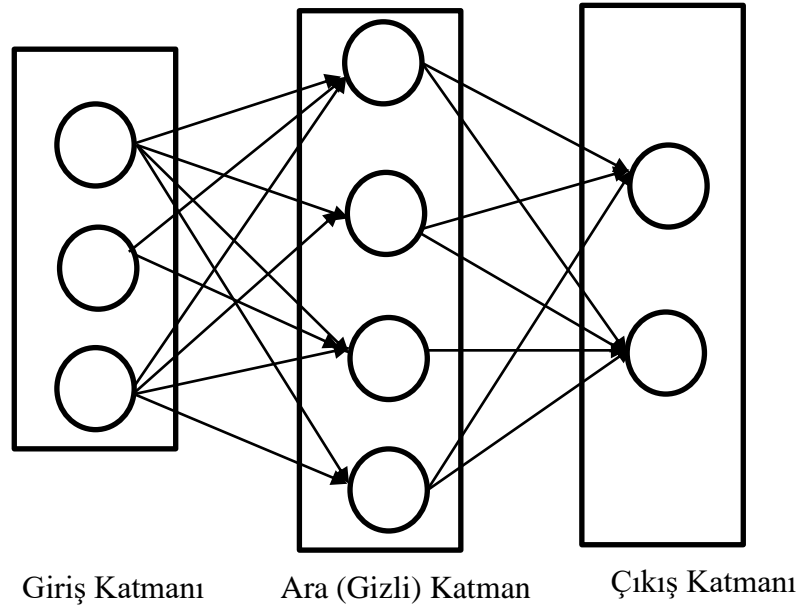
kolonisinde üç tür arı bulunmaktadır. Bunlar; işçi arı, gözcü arı ve kâşif arıdır. Bilinen kaynaktan yiyecek taşıyan arı işçi arı olarak adlandırılmaktadır. Arılar yiyecek kaynağı tespit ettiklerinde kaynağı diğer arılara dans ederek haber verirler. Dans alanında kalarak, gelen bilgilere doğrultusunda yiyecek kaynağını tercih eden arılar gözcü arı olarak adlandırılmaktadır. Rastgele gezinerek yiyecek bulmaya çalışan arı ise kâşif arı olarak tanımlanmaktadır. Koloninin yarısı işçi, yarısı gözcü arılardan oluşmaktadır. Her yiyecek kaynağında sadece tek işçi arı bulunmaktadır. Bu durumda kolonideki işçi arı veya gözcü arı sayısı çözüm sayısına eşit olmaktadır. Yiyecek kaynağı biten her arı kâşif arıya dönüşerek başka bir kaynak aramaktadır. Yiyecek kaynağının pozisyonu, optimize edilen problem için çözümlerden birini temsil etmektedir. Kaynaktaki yiyecek miktarı ise çözümün uygunluğunun bir ölçüsüdür (Erkol, 2017: 863-864).

Algoritmada öncelikle başlangıç popülasyonu ve işçi arılar için başlangıç pozisyonları belirlenmektedir. İşçi arıların gittiği kaynaktaki yiyecek miktarı ve bu kaynağın etrafında olabilecek yiyecek kaynaklarında bulunan yiyecek miktarları hesaplanmaktadır. En fazla yiyeceğin mevcut olduğu kaynağı işçi arı, gözcü arılara duyurur. Gözcü arılar farklı olasılık hesapları ile kendilerine ulaşan kaynaklardan birini seçer ve kaynağa giderler. Bütün gözcü arıların kaynak bulamadığı durumda, kendine kaynak bulan gözcü arıların komşulukları tespit edilir ve yiyecek miktarları hesaplanır. Tespit edilen yeni kaynaklar tekrar gözcü arılara haberr verilir ve gözcü arıların kendine yiyecek kaynağı bulması sağlanır. Bu işlem tüm gözcü arılar bir yiyecek kaynağına ulaşana kadar devam etmektedir (Zanjirdar, 2020: 429-430).

#### **3.4.2.6. Yapay Sinir Ağları**

Yapay sinir ağları, insan beyninin bilgi işleme tekniğinden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Genellikle paralel dağıtılan ve nöron adı verilen basit işlem birimlerinden oluşan bir işlemci olarak belirtilmektedir. Yapay sinir ağları, kullanılması planlanan geçerli deneysel bilgiyi depolamak ve bulmak için yüksek hızlı bilgi işleme, haritalama yetenekleri, hata toleransı, uyarlanabilirlik, genelleştirme ve sağlamlık gibi üstün özelliklere sahiptir. Bu özellikleri ile farklı mühendislik sistemlerinin performansının modellenmesi, tahmin edilmesi ve optimizasyonu için bir araç haline gelmiştir (Elsheikh vd., 2019: 623).

Yapay sinir ağı, tek katmanlı ve çok katmanlı olmak üzere iki sinir ağı modeli olarak sınıflandırılmaktadır. Tek katmanlı yapay sinir ağı, girdi ve çıktı katmanlarından oluşmaktadır. Doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılmamaktadır. Birden çok girdi değerlerine sahip olabilmektedir. Çok katmanlı yapay sinir ağı ise; girdi katmanı, gizli (ara) katmanlar ve çıktı katmanlarından oluşmaktadır. Çok katmanlı yapay sinir ağı karmaşık, doğrusal olmayan problemlerin çözümünde tercih edilmektedir. Birden çok girdiye ve birden fazla ara katmana sahip olabilmektedir (Gupta, 2013: 25-26). Yapay sinir ağı katmanı Şekil 10’da gösterilmiştir.



**Şekil 10:** Yapay sinir ağı katmanları

Kaynak: Elsheikh vd., 2029: 625.

Yapay sinir ağındaki bilgi işleme, giriş birimlerinden veri girişi ile başlar ve çıkış birimlerine ulaşana kadar bir katmandan diğerine aktararak gerçekleşir. Bilgi işleme, ağı gelen bilgilerin ağına ağırlık değerleri kullanılarak çıktıya dönüştürülmesi sürecidir. Ağına girdiler için doğru çıktıları elde edebilmesi ağırlıkların doğru değerlerinin olması ile mümkün olmaktadır (Abiodun vd., 2018: 5-7). Yapay sinir ağı, yaşamın birçok alanındaki karmaşık ve karmaşık olmayan problemleri çözme yeteneğine sahip olmasıyla; tarım, bilim, tıp, eğitim, finans, yönetim, güvenlik, mühendislik gibi çeşitli alanlarda da sorunların çözülmesinde kullanılmaktadır (Elsheikh vd., 2019: 623).

## 4. FİNANSAL YATIRIM ARAÇLARINDA PORTFÖY OPTİMİZASYONU

### 4.1. Literatür Özeti

Modern portföy teorisinin Markowitz<sup>1</sup> tarafından tanıtılması ve portföy yönetimine katkıları ile birlikte literatür önemli ölçüde genişlemiştir. Literatür incelendiğinde portföy optimizasyonu ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir kısmının özeti aşağıda sunulmuştur.

Giunta vd. (2024) çalışmalarında, gelişmiş ve gelişmekte olan piyasalar, portföy seçiminde entropi tabanlı kriterlerin değerlendirilmesi ve kripto para birimlerinin portföy performansı 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 portföy çeşitlendirme ve portföy performansını artırmak için kullanılabilmesi 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.

Sahu vd. (2024) çalışmalarında, kripto para birimlerine odaklanarak portföy optimizasyon metodolojilerini ve kısa vadeli yatırım stratejilerini araştırmışlardır. Yapılan analizler kripto para birimlerindeki önemli volatilité, çarpıklık ve basıklığı ortaya koymuştur. Bu durum gelişmiş portföy yönetimi tekniklerinin gerekliliğini vurgulamıştır. Kurtosis mimimizasyon metodolojisinin diğer optimizasyon

---

<sup>1</sup> 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 (Sayılğan, 2019: 583).

stratejilerine kıyasla daha iyi performans gösterdiği ve yatırımcılara en iyi getiriye sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Nadeem vd. (2024) araştırmalarında, 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.

Oduşami ve Akınsomi (2024) çalışmalarında, kripto para birimlerinin Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı (GYO) hisse senetleri için çeşitlendirme ve risk azaltma faydaları incelenmiştir. Bitcoin ile dünyanın birçok ülke ve bölgesinden elde edilen GYO endeksleri arasındaki ilişki araştırılmış ve bununla birlikte Bitcoin ile korunan GYO portföylerinin piyasa riskinin, korunmayan portföylerle karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda, GYO riskinden korunmak için Bitcoin ile çeşitlendirmenin bölgesel olarak faydalı olduğu sonucu elde edilmiştir.

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

Osman vd. (2023) çalışmalarında, finans ve kripto para piyasalarındaki varlıkları içeren iki portföy optimizasyon yaklaşımı CVaR modeli ile araştırılmıştır. Sonuç olarak, kripto para piyasası bileşenlerinin finansal piyasa endekslerine karşı daha zayıf bir güvenli liman olduğuna ulaşılmıştır.

Jana ve Sahu (2023) araştırmalarında, pandemi ve Rusya-Ukrayna savaşı nedeniyle yaşanan finansal kriz öncesinde ve sırasında Hindistan borsasında kripto para birimlerinin riskten korunma ve çeşitlendirme aracı olarak olanakları 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 sonucu elde edilmiştir.



Khaki vd. (2023) çalışmalarında, merkezi ve merkezi olmayan kripto para birimlerinin çeşitlendirme potansiyelini değerlendirmek amacıyla ortalama varyans ve yüksek dereceli moment optimizasyon yaklaşımlarını kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda merkezi olmayan kripto para birimlerinin, merkezi kripto para birimlerine göre daha fazla çeşitlendirme potansiyeli sunduğu tespit 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.

Mba ve Mai (2022) çalışmalarında, dört geleneksel kripto para birimi (BTC, ETH, BNB ve XRP) ve iki stabil kripto para (USDT ve USDC) içeren altı kripto para biriminden oluşan portföyü incelemiştir. Kopula parçacık sürü optimizasyonu (CPSO) portföy stratejisi diğer üç portföy stratejisine; küresel minimum varyans (GMV), en çeşitlendirilmiş portföy (MDP) ve minimum kuyruk bağımlı (MTD) portföye göre değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda CPSO'nun ekstrem piyasa koşullarında umut verici bir strateji olduğu, GMV' nin normal piyasa koşullarında olumlu olduğuna 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.

Tenkam vd. (2022) çalışmalarında K ortalama kümeleme algoritması ve GARCH C-Vine kopula modeli ile diferansiyel evrim algoritması kullanılarak bir kripto varlık portföyünün seçimi ve optimizasyonuna odaklanmışlardır. Bu yaklaşım, sekiz kripto paranın çeşitlendirilmiş bir portföyünün oluşturulmasına ve portföyün koşullu risk değerini en aza indirerek getiriye maksimize etmeye yönelik optimal stratejinin belirlenmesine imkân tanımıştır. Sonuçlar, True-USD gibi sabit kripto

paraların portföydeki diğer kripto varlıklarla negatif bir korelasyona sahip olduğu ve yatırımcılar için güvenli bir liman olabileceğini ortaya koymaktadır.

Kurosaki ve Kim (2022) çalışmalarında, dört büyük kripto para biriminin portföy optimizasyonu araştırılmıştır. Zaman serisi modeli olarak genellenmiş otoregresif koşullu heteroskedastisite (GARCH) modeli ve MNTS dağılımlı artıklar kullanılmıştır. Zaman serisi modeline dayanarak, portföy Foster-Hart riski açısından optimize edilmiştir. İstatistiksel analizler, MNTS dağılımlı GARCH modelinin, diğer GARCH modellerine kıyasla kripto para getirileriyle daha uyumlu olduğunu göstermiştir. Foster-Hart optimizasyonunun, daha kârlı bir portföy ve daha iyi bir risk-getiri dengesi sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Culjak vd. (2022) araştırmalarında, sektörel kripto para sınıflandırmasının portföy optimizasyonuna faydaları ve performansı incelenmiştir. MinVar, MinCVaR, MaxSR, MaxSTARR, MaxUT ve MaxMean olmak üzere altı optimizasyon hedefi test edilmiştir. Elde edilen portföyler aynı dönemde kripto piyasasını temsil eden CRIX endeksinin performansı ile karşılaştırılmıştır. Markowitz Ortalama-Varyans modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak, altı portföy stratejisinden beşinin, finans, takas ve ticari hizmetler sektörleri gibi sektörel kripto para birimlerini içermesi durumunda daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Som ve Kayal (2022) çalışmalarında, farklı yaklaşımlar kullanarak kripto para birimlerinin volatilitelerini 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.

Li ve Meng (2022), kripto para birimleri ile yenilenebilir enerji borsaları arasındaki zaman ve frekans bağlantısının değerlendirilmesi ve portföy çeşitlendirmesi üzerine araştırmalarını gerçekleştirmiştir. Zaman-frekans alanı yayılma sonuçlarına göre yenilenebilir enerji stoklarında kısa vadeli yayılmaların uzun vadeli yayılmalarına kıyasla baskın olduğuna ulaşılmıştır. Ayrıca bulgulara göre, portföy tasarımında yatırımcıların kısa vadeli işlemlerle daha fazla kâr elde edebileceği ve kripto para

birimlerine büyük bir yatırım yaparak portföylerini optimize edebilecekleri tespit edilmiştir.

Wang vd. (2022) araştırmalarında, farklı finansal emtia portföylerini optimize etme ve çeşitlendirme konusunda enerji vadeli işlemlerin özellikleri incelenmiştir. Markowitz Ortalama-Varyans optimizasyonu ve Sharpe oranları kullanılmıştır. Enerji vadeli işlemlere sahip portföylerin, diğer emtia portföyelerine kıyasla daha iyi getiri ve daha düşük standart sapma sağladığı gözlemlenmiştir.

Salihoğlu ve Gv (2021) çalışmalarında, Bitcoin ile altın, gümüş ve ham petrol fiyatları gibi ticari emtialar arasındaki ilişki ve Bitcoin'in alternatif bir yatırım aracı olup olamayacağı araştırılmıştır. Analizlere göre, uzun vadede altın fiyatlarının Bitcoin fiyatlarını olumlu, gümüş ve ham petrol olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Bozma vd. (2021) araştırmalarında, BİST alt sektörleri hakkında portföy optimizasyonu hakkında bir öngörü sağlanması amacıyla optimal portföy ağırlıkları DCC-GARCH yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Optimal portföy ağırlık oranına göre hizmet sektörlerinin diğer sektörlere göre daha kârlı olduğu tespit edilmiştir.

Akbulut ve şenol (2021) çalışmalarında, firma getirisini etkileyebilecek değişkenler ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerine göre optimal portföy oluşturmayı amaçlamışlardır. Portföy seçiminde PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın tamamlanmasıyla seçilen alternatiflere ve kriterlere bağlı olarak oluşturulan optimal portföyün yüksek getiri sağladığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle seçilen karar değişkenleri ve ÇKKV tekniklerinin optimal portföy oluşturmada tutarlı olduğu 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, ortalama varyans analizi, Sharpe oranı, koşullu riske maruz değer ve ortalama varyans yayılma testleri kullanarak gerçeşletirmişlerdir. Araştırma bulguları, kripto para birimlerinin portföy çeşitlendirme faydalarını destekler niteliktedir.

Zhi vd. (2021) araştırmalarında, envanter finansman sağlayıcılarının, temerrüt risklerini azaltmak ve teminat portföylerini optimize etmek amacıyla teminatların zamanında piyasa bilgilerini nasıl kullanabileceği kopula modelleri ve portföy

optimizasyonu kullanılarak araştırılmıştır. Kopula bazlı stok finansman stratejilerinin, çok teminatlı getiri serileri arasındaki bağımlılık yapısını yakalamada avantajlı olduğu sonucu elde edilmiştir.

Bakry vd. (2021) çalışmalarında, portföy optimizasyon yaklaşımı ve Monte Carlo simülasyonu kullanılarak, iyi çeşitlendirilmiş bir portföyde Bitcoin'in çeşitlendirme potansiyeli değerlendirilmiştir. Optimizasyon portföyü, öz sermaye için geniş piyasa endekslerinden (para birimi, küresel ekonomik faaliyet, enerji, sabit gelirli (şirket tahvilleri) ve altın)) oluşturulmuştur. Bitcoin'in risk arayan bir yatırımcı için potansiyel bir çeşitlendirici olsa da riskten kaçınan yatırımcının portföylerinde Bitcoin'e maruz kalmalarını sınırlayarak dikkatli olması gerektiği, piyasa koşullarında kayıp olasılığını artırabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Öncü ve Ektik (2021) araştırmalarında, kripto para birimlerinin portföy riskine ve getirisine olan etkileri incelenmiştir. Veri seti olarak en yüksek işlem hacmine sahip; üç kripto para, üç döviz kuru, üç endeks ve üç emtia incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kripto para birimlerinin portföye dahil edildiğinde yüksek getiri elde edilebileceği gözlemlenmiştir.

Süsay vd. (2020) çalışmalarında, Markowitz'in teorisinden yola çıkarak karesel programlama modeli ve BIST100 endeksi ile aynı getiriye sahip daha düşük riskli veya aynı riske sahip daha yüksek getirisi olan portföylerin oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda BIST 100 endeksi ile eşit risk-getiri değerine sahip olan portföy, BIST 100 endeksinin getirisi sabit kalmak koşulu ile daha düşük riske sahip bir portföy ve etkin sınır üzerinde yer alan alternatif portföy bileşenleri sunulmuştur.

Ma vd. (2020) çalışmalarında, 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.

Avşarlıgil (2020) araştırmasında, finansal yatırımcıların portföy seçimi esnasında bulanık modellerin uygulanabilirliğini değerlendirmiştir. Yatırımcıların sahip oldukları finansal kaynakları yatırıma dönüştürmek için kullanacakları

portföylerin oluşturulmasında, geçmiş fiyat farklılıklarından yararlanılarak, Bulanık Verdegay yöntemi ile getiriler artırılmaya çalışılmıştır. Çalışmanın sonunda, Bulanık Verdegay yaklaşımının yatırımcılar bakımından portföy oluşturulurken tercih edilebilecek, etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Mehrani vd. (2020) çalışmalarında, bir kara delik algoritması kullanılarak Tahran borsasındaki bir portföy optimize edilerek, Markowitz Modeli ile karşılaştırılmıştır. Kara delik yönteminin, Markowitz modeli kullanılarak elde edilen sonuçlarla aynı sonuçları verdiği ve optimizasyon portföyü için uygun model olabileceği tespit edilmiştir.

Pekkaya ve Gümüş (2020) araştırmalarında, oyun teorisinin tercih edildiği ulusal ve uluslararası literatüre ait hisse senedi ve portföy optimizasyonu araştırmalarının, amaç ve yöntemleri bakımından karşılaştırmalı olarak incelenmesini ve sonuçların sunulmasını amaçlamışlardır. İncelenen çalışmaların büyük bir kısmının minimaks/maksimin temelinde oyun modellerini kullandığı gözlemlenmiştir. Birçok çalışmada optimizasyon modellemelerinde, Markowitz Ortalama-Varyans modeli kapsamında portföy oluşturulduğu ve doğrusal programlama gibi yöneylem tekniklerinin kullanıldığına rastlanmıştır.

Li vd. (2020) çalışmalarında, tutarsız yatırımcılar için bulanık çok amaçlı dinamik portföy optimizasyonunu tartışmışlardır. Parçacık sürü optimizasyonu kullanarak portföy seçimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, önerilen modelin tutarsız yatırımcıların davranışıyla eşleştiği ve çözüm algoritmasının karmaşık doğrusal olmayan problemleri çözmek için uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Pavković vd. (2019) araştırmalarını kripto para birimleri ile Avrupa Birliği pazarındaki önemli finansal göstergeler arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü incelemek amacıyla Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) modeli ve dalgacık dönüşümleri kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçları, Bitcoin ve Ripple'nin gözlemlenen Avrupa pazarlarının çoğunda olası bir çeşitlendirme aracı olduğu ve kripto para birimlerinin değeri ile seçilen endeksler arasındaki ilişkinin zayıf olması, bazı kripto para birimlerinin çeşitlendirme aracı olarak kullanılabilirliğini göstermiştir.

Liu (2019) tarafından yapılan çalışmada, kripto para piyasasında yatırım yapılabilirliği ve çeşitlendirmenin rolü incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, farklı

kripto para birimleri arasındaki portföy çeşitlendirmesinin yatırım sonuçlarını önemli ölçüde iyileştirebileceğine ulaşılmıştır.

Thongkairat vd. (2019) araştırmalarında, risk-getiri portföy optimizasyon modeliyle ilişkili etkin sınırı bulma sorununa kopula tabanlı GARCH kavramı uygulanmıştır. Çalışmada, hisse senedi endeksinin, altın fiyatlarının ve ham petrol fiyatlarının günlük zaman serileri kullanılmıştır. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, karma Gauss ve Student-t kopula modelinin portföy getiri serisinin bağımlılık yapısını daha başarılı bir şekilde tanımladığı saptanmıştır.

Akdağ (2019) tarafından yapılan çalışmada, bulanık doğrusal programlama yöntemi ile değerli madenlerin ve döviz kurlarının portföy optimizasyonuna eklenmesinin, portföyün beklenen getirisi ve riskine etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Portföy optimizasyonu için bulanık doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Portföy optimizasyon süreçlerine döviz kurlarının ve değerli madenlerin ilave edilmesinin portföyün beklenen getirisini artırırken, riskini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sarwar vd. (2019) araştırmalarında, portföy optimizasyonu için bir varyans ve kovaryans serilerinin kullanıldığı BEKK-GARCH modeli kullanılarak firma hisse senetleri ile petrol varlıkları arasındaki şok aktarımı ve volatilité yayılımı analiz edilmiştir. Portföy optimizasyonundan elde edilen sonuçlar, optimal bir portföy oluşumunda petrol varlıklarının önemini göstermiştir. Ayrıca sonuçlara göre, petrol ve gaz firması hisse senetlerine yapılan yatırımlar söz konusu olduğunda, yatırımcıların yatırımlarının büyük bir kısmını petrol varlıkları yerine firma hisse senetlerine ayırarak optimal bir portföy oluşturabilecekleri söylenebilmektedir.

Platanakis vd. (2018) çalışmalarında, dört popüler kripto para biriminden oluşan bir portföyde naive (1/N) ve optimal çeşitlendirmenin performansını incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, naive çeşitlendirme (1/N) ile optimal çeşitlendirme arasında çok küçük ve istatistiksel olarak anlamsız bir fark olduğuna ulaşılmıştır.

Andrianto ve Diputra (2017) araştırmalarında, kripto para biriminin iyi oluşturulmuş portföyler üzerindeki etkileri Modern Portföy Teorisi yaklaşımı ile incelenmiştir. Analizlere göre, kripto para biriminin portföyün etkinliğini artırdığını tespit edilmiştir.

Yakut ve Çankal (2016) çalışmalarında, çok amaçlı genetik algoritma ve hedef programlama optimizasyon tekniklerinin optimal portföyü oluşturmada uygulanabilirliğinin karşılaştırmışlardır. Kuadratik hedef programlama ve çok amaçlı genetik algoritma, optimizasyon metotları uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda optimizasyon teknikleri bakımından karşılaştırıldığında kuadratik hedef programlamanın genetik algoritmadan daha iyi sonuçlar sunduğuna ulaşılmıştır.

## 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.

H<sub>1</sub>:Yumuşak emtiaların bitcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>2</sub>:Yumuşak emtiaların dashcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>3</sub>:Yumuşak emtiaların ripple kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>4</sub>:Yumuşak emtiaların litecoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>5</sub>:Tarımsal emtiaların bitcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>6</sub>:Tarımsal emtiaların dashcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>7</sub>:Tarımsal emtiaların ripple kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>8</sub>:Tarımsal emtiaların litecoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>9</sub>:Metal emtiaların bitcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>10</sub>:Metal emtiaların dashcoin kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>11</sub>:Metal emtiaların ripple kripto para birimi ile çeşitlendirilmesi portföy riskini azaltmaktadır.

H<sub>12</sub>: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 gözlemlemek amacıyla DCC-GARCH modeli kullanılmıştır.



#### 4.4.1. Birim Kök Testi

Aşağıdaki otoregresif model incelendiğinde:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + e_t, \quad t = 1, 2, \dots$$

Modelde  $Y_0 = 0$ ,  $\rho$  reel bir sayı,  $\{e_t\}$  sıfır ortalamalı ve  $\sigma^2$  varyanslı ( $e_t$  NID  $(0, \sigma^2)$ ) bağımsız normal rassal değişkenlerden meydana gelen bir dizidir. Eğer  $|\rho| < 1$  ise,  $Y_t$  zaman serisi  $t \rightarrow \infty$  giderken durağan bir zaman serisine yakınsar. Eğer  $|\rho| = 1$  ise, zaman serisi durağan değildir ve  $Y_t$ 'nin varyansı  $t\sigma^2$ 'dir.  $\rho = 1$  olduğu zaman serileri rassal yürüyüş süreci olarak isimlendirilir. Eğer  $|\rho| > 1$  ise, zaman serileri durağan değildir ve zaman serisinin varyansı  $t$  arttığında üstel olarak artar (Dickey ve Fuller, 1979: 427).

$$\begin{aligned} Y_t - Y_{t-1} &= \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + e_t \\ &= (\rho - 1)Y_{t-1} + e_t \\ \Delta Y_t &= \delta Y_{t-1} + e_t \end{aligned}$$

Burada  $\delta = (\rho - 1)$  ve  $\Delta$  birinci fark operatörüdür ve  $e_t$  beyaz gürültü hata terimidir. Burada sıfır hipotezi  $H_0: \delta = 0$ 'dır. Eğer  $\delta = 0$  ise,  $\rho = 1$ 'dir, seride birim kök vardır ve seri durağan olmamaktadır. Alternatif hipotez ise  $\delta < 0$ , yani serinin durağan olduğu durumu ifade etmektedir (Gujarati, 2004: 814).

Dickey ve Fuller, birim kökün olup olmadığını test etmek amacıyla kullanılan üç farklı regresyon denklemini göz önünde bulundurmıştır:

$$\begin{aligned} \Delta Y_t &= \delta Y_{t-1} + e_t \\ \Delta Y_t &= a_0 + \delta Y_{t-1} + e_t \\ \Delta Y_t &= a_0 + \delta Y_{t-1} + a_2 t + e_t \end{aligned}$$

$a_0$  ve  $a_2 t$  deterministik elemanların varlığı, yukarıdaki üç regresyon denkleminin farklı olmasına neden olmaktadır. İlk denklem, pür rassal yürüyüş modelidir (sabit terimsiz), ikinci modele sabit veya sapma terimi ilave edilmiştir. Üçüncü model hem sapma hem de doğrusal zaman trendini bulundurmaktadır. Bütün denklemlerde  $\delta$  parametresi ile ilgilenilmektedir. Eğer  $\delta = 0$  ise  $\{y_t\}$  dizisi birim kök içermektedir. Test, standart hata ve  $\delta$ 'nın tahmini değerini elde etmek için, EKK metodunu uygulayarak yukarıda ifade edilen denklemleri tahmin etmektedir. Tüm

durumlarda tahmin edilen  $Y_{t-1}$  katsayısı, bu katsayının standart hatasına bölünerek tau  $\tau$  istatistiği hesaplanmakta, tau istatistiği Dickey-Fuller tablolarında gösterilmektedir. Dickey-Fuller tablosundaki değerle t istatistiğini karşılaştırılarak sıfır hipotezi kabul veya reddedilmektedir (Enders, 1995: 114; Gujarati, 2004: 816).

#### 4.4.1.1. Augmented Dickey Fuller Test

Dickey Fuller testinde, hata terimi  $e_t$ 'nin korelasyonsuz olduğu varsayılmaktadır. Ancak,  $e_t$  korelasyonlu olduğunda, Dickey ve Fuller, Augmented Dickey-Fuller (ADF) testi olarak bilinen bir test geliştirilmiştir. Bu test, bağımlı değişken  $\Delta Y_t$ 'nin gecikmeli değerlerini ekleyerek tahmin edilen üç denklemin genişletilmesidir. ADF testi, aşağıda belirtilen regresyonun tahminlenmesidir:

$$\Delta Y_t = a_0 + \delta Y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-1} + e_t$$

Burada  $e_t$  pür beyaz gürültü hata terimidir ve  $\Delta Y_{t-1} = (Y_{t-1} - Y_{t-2})$ ,  $\Delta Y_{t-2} = (Y_{t-2} - Y_{t-3})$  vb. ADF testi,  $\delta = 0$  test etmektedir ve DF istatistiği gibi aynı asimtotik dağılımı izlemektedir, bu nedenle aynı kritik değerler kullanılmaktadır (Gujarati, 2004: 817).

#### 4.4.1.2. Phillips Perron Testi

Phillips (1987) tarafından zaman serilerinde birim kökün varlığını araştırmak amacıyla farklı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yöntemde, parametrik olmayan istatistiksel bir teknik kullanılmakta ve bu sebeple birçok zaman serisi modeli için geçerli olmaktadır. Bu yaklaşım özellikle zaman serilerinde hareketli ortalama bileşenleri olduğunda kritik avantajlar sunmaktadır (Phillips ve Perron, 1988: 336).

Phillips Perron testi, artıklarda korelasyonu hesaplamaya dahil eden bir testtir. Bu testte, aşağıdaki regresyon denklemi EKK tahminine dayanır:

$$\Delta Y_t = \mu + \beta(t - T/2) + \rho Y_{t-1} + e_t$$

Sıfır hipotezi  $H_0: \rho = 1$ 'dir, test istatistikleri artıklarda korelasyonu düzeltmek amacıyla uyarlanmaktadır. Bu istatistik,  $Z(\hat{\rho})$ ,  $H_0: \rho = 1$  sıfır hipotezini test etmek için kullanılmaktadır:

$$Z(\hat{p}) = T(\hat{p} - 1) - (T^6/24D_x)(S_{Tl}^2 - S_u^2)$$

burada T gözlem sayısını ifade etmektedir.

$$D_x = (T^2(T^2 - 1)/12 \sum Y_{t-1}^2 - T \left( \sum tY_{t-1} \right)^2 + T(T + 1) \sum tY_{t-1} \sum Y_{t-1} - (T(T + 1)(2T + 1)/6) \left( \sum Y_{t-1} \right)^2$$

$S_{Tl}^2$ ,  $\sigma^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} E(S_T^2)$ 'nin tutarlı bir tahmincisidir ve burada  $S_T = \sum_{t=1}^T e_t$ 'dir.

$S_u^2$ ,  $\sigma_u^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \sum_{t=1}^T E(e_t^2)$ 'nin tutarlı bir tahmincisidir.

Phillips Perron testinin asimtotik kritik değerleri Dickey Fuller testi ile benzerlik göstermektedir ve kritik değerler Dickey Fuller tablosundaki gibidir (Ghosh, 1999: 323-324).

#### 4.4.1.3. Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) Testi

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (1992) serilerin trend durağan veya düzey durağan olduğu sıfır hipotezine dayanan bir LM testi önermişlerdir. Bu test, sıfır hipotezi altında bir limit teorisi sunmaktadır ve fark durağan alternatif hipotezi altında asimtotik gücü analiz etmektedir (Phillips ve Jin, 2002: 239).

$$Y_t, t = 1, 2, \dots, T \text{ olsun.}$$

Serilerin deterministik trend, rassal yürüyüş ve durağan hatanın toplamına ayrıştırıldığı varsayılmaktadır:

$$Y_t = \xi t + r_t + e_t$$

Burada  $r_t$  rassal yürüyüş sürecini ifade etmektedir:

$$r_t = r_{t-1} + u_t$$

Burada  $u_t \sim iid(0, \sigma_u^2)$ . İlk değer  $r_0$  sabit rolünü üstlenmektedir. Durağanlık hipotezi  $\sigma_u^2 = 0$  olmasıdır.  $e_t$ 'nin durağan olduğu varsayıldığından, sıfır hipotezi altında  $Y_t$  trend durağandır (Kwiatkowski vd., 1992: 162).

#### 4.4.2. Otoregresif Hareketli Ortalama (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  $\mu$  ve  $\theta$  ise sabit terimleri göstermektedir. Hareketli ortalama terimi  $Y_t$ ,  $e$ '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  $\mu$  sabit terimi ifade etmektedir. Bu sabit terim sürecin ortalamasını göstermektedir.

$Y_t$ 'nin varyansı,

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

Birinci otokovaryans,

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

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  $\theta$ 'nın değerini dikkate alınmaksızın kovaryans durağandır.

Kovaryans durağan sürecin  $j$ . otokorelasyonu ( $\rho_j$  ile gösterilir)  $j$ . otokovaryansının varyansına bölünmesi olarak tanımlanmaktadır.

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

$\rho_j$ ,  $Y_t$  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 otoresgresyon 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 otoregresif süreç, AR(p) (Hamilton, 1994: 53-58),

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

Otoregresif 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).

#### 4.4.3. ARCH-LM Testi

$a_t$  ortalama denklemin artıklarını ifade ettiğinde  $a_t^2$ , ARCH etkisi olarak bilinen şartlı değişen varyansı kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır. ARCH etkisini tespit etmek için iki test bulunmaktadır. Birinci test, McLeod ve Li (1983) tarafından geliştirilen Ljung-Box istatistiği  $Q(m)$ 'in  $\{a_t^2\}$ 'ye uygulanmasıdır. İkinci test ise, şartlı farklı varyans için Engle (1982) tarafından geliştirilen Lagrange multiplier testidir. Bu test, doğrusal regresyondaki  $\alpha_i = 0$  ( $i = 1, \dots, m$ ) test eden F istatistiğine karşılık gelmektedir.

$$a_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \dots + \alpha_m a_{t-m}^2 + e_t, \quad t = m + 1, \dots, T$$

Burada  $e_t$  hata terimini ve T örnek hacmini ifade etmektedir, m önceden belirlenmiş pozitif tamsayı, sıfır hipotezi  $H_0: \alpha_1 = \dots = \alpha_m = 0$ 'dır.

$$SSR_0 = \sum_{t=m+1}^T (a_t^2 - \bar{\omega})^2$$

burada  $\bar{\omega} = \left(\frac{1}{T}\right) \sum_{t=1}^T a_t^2$   $a_t^2$ 'nin örnek ortalamasıdır.

$$SSR_1 = \sum_{t=m+1}^T \hat{e}_t^2$$

burada  $\hat{e}_t$  doğrusal regresyonun en küçük kareler artığıdır. Bu durumda test istatistiği:

$$F = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/m}{SSR_1/(T-2m-1)} \text{ dir.}$$

Bu test, asimtotik olarak sıfır hipotezi altında  $m$  serbestlik dereceli ki-kare dağılımı göstermektedir. Eğer  $F > \chi_m^2(\alpha)$  ise sıfır hipotezi reddedilmektedir (Tsay, 2005: 102).

#### 4.4.4. Otoresif Koşullu Değişen Varyans Modelleri

Ekonomik zaman serisilerinin birçoğu, sabit ortalama ve varyansa sahip olmadıkları için bilinen metotlar yeterli olmamaktadır. Bu nedenle yeni yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemlerden biri otoresif koşullu değişen varyans (ARCH) modelidir ve Engle(1982) tarafından önerilmiştir. ARCH yönteminin ortaya atılmasından sonra farklı türevleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri belirsizliğin ölçümünde yaygın olarak kullanılan genelleştirilmiş ARCH (GARCH) modelidir. Bu model Bollerslev (1986) tarafından öne sürülmüştür. GARCH modelleri simetrik koşullu varyans varsayımı ile hareket etmektedir. Ancak bu varsayımın doğru olmadığı ve volatilitenin şoklara karşı asimetric olarak tepki gösterdiği öne sürülmektedir (Nelson, 1990; Christie, 1982; Schwert, 1989). Pagan ve Schwert (1990) ve Nelson (1991) tarafından geliştirilen üstel GARCH (EGARCH) modelinin GARCH modeline göre avantajlı olmasının nedeni, tüm parametrelerde koşullu varyanstaki pozitifliği sağlaması ve oynaklıktaki asimetric etkinin elde edilmesine olanak tanınmasıdır (Duran ve Şahin, 2006: 62-63).

##### 4.4.4.1. ARCH Modeli

Hisse senedi fiyatı, döviz kuru gibi finansal veriler için sadece küçük ayarlamalara sahip durağan dönemler mevcutken, çoğu ardışık gün için büyük sapmalara sahip durağan olmayan dönemler bulunmaktadır. Durağan olmayan dönemlerden sonraki varyans, durağan sürece kıyasla daha büyüktür. Volatilitenin modellenmesi ile ilgili sistematik bir çerçeve sunan ilk model Engle (1982) tarafından geliştirilen ARCH modelidir. ARCH modellerine göre, bir varlık getirisinin şoku  $a_t$  serisel olarak ilişkisizdir, ancak bağımlıdır ve  $a_t$ 'nin bağımlılığı gecikmeli değerlerinin basit kuadratik formuyla tanımlanabilmektedir (Milhoj, 1987: 100; Tsay, 2005: 102). ARCH modeli öncelikle Engle (1982) tarafından İngiltere'deki enflasyon oranının

tahminlenmesinde kullanılmıştır. Daha sonra ise, finansal ve ekonomik zaman serilerinin oynaklığının modellenmesi için uygulanmıştır (Fan ve Yao, 2003: 143).

Eğer  $Y_t$  rassal değişkeni  $f(Y_t/Y_{t-1})$  şartlı yoğunluk fonksiyonundan sağlanıyorsa, standart varsayımlar altında, geçmiş bilgiye dayanarak oluşturulan bugünkü değer tahmini  $E(Y_t/Y_{t-1})$  varyansı  $V(Y_t/Y_{t-1})$ 'dir. Şartlı tahminin varyansı geçmiş bilgiye dayanmaktadır. Bu sebeple rassal bir değişken olması mümkündür.

Birinci düzeyden otokorelasyon,

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

Yurada  $e_t$  beyaz gürültüdür ve  $V(e_t) = \sigma^2$ 'dir.  $Y_t$ 'nin şartlı ortalaması  $\gamma Y_{t-1}$  iken, şartsız ortalaması sıfırdır.  $Y_t$ 'nin şartlı varyansı  $\sigma^2$  iken, şartsız varyansı  $\sigma^2/1 - \gamma^2$ 'dir.

$$Y_t = e_t X_{t-1}$$

Denklemden  $V(e_t) = \sigma^2$  ve  $Y_t$ 'nin varyansı ise  $\sigma^2 X_{t-1}^2$ 'dir. Bu sebeple tahmin aralığı dışsal değişkenin gelişimine bağlı olmaktadır.

Şartlı varyansa izin veren model Granger ve Anderson tarafından geliştirilmiştir:

$$Y_t = e_t Y_{t-1}$$

Burada şartlı varyans  $\sigma^2 Y_{t-1}^2$ 'dir. Şartsız varyans sıfır ya da sonsuzdur. Tercih edilen model,

$$Y_t = e_t h_t^{1/2}$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1}^2$$

$$V(e_t) = 1$$

Bu model otoregresif şartlı değişen varyans (ARCH) modeli olarak isimlendirilmektedir. Bu model, tam olarak bilineer değildir. Normallik varsayımına ek olarak, bu durum,  $\psi_t$  bakımından doğrudan açıklanabilmektedir.  $\psi_t$ , t zamanında var olan bilgi setidir. Şartlı yoğunlukları kullanarak;

$$Y_t/\psi_t \sim N(0, h_t)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1}^2$$



Varyans fonksiyonunun daha genel açıklanmış hali aşağıdaki gibidir:

$$h_t = h(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}, \alpha)$$

Burada  $p$ , ARCH sürecinin derecesini göstermektedir ve  $\alpha$  bilinmeyen parametre vektörünü ifade etmektedir.

ARCH regresyon modeline,  $Y_t$ 'nin ortalamasının  $X_t\beta$  olduğu varsayılarak ulaşılmaktadır. Burada  $X_t\beta$ ,  $\beta$  bilinmeyen parametre vektörü ile  $\psi_{t-1}$  bilgi setine eklenen dışsal değişkenler ile gecikmeli içsel değişkenin doğrusal kombinasyonudur (Engle, 1982: 986-989).

$$Y_t/\psi_{t-1} \sim N(X_t\beta, h_t)$$

$$h_t = h(e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-p}, \alpha)$$

$$e_t = Y_t - X_t\beta$$

$$h_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i e_{t-i}^2$$

$\alpha_0 > 0$  ve  $\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, p-1$  ve  $\alpha_p > 0$ . Bu şartlar şartlı varyansın her zaman pozitif olarak elde edilmesini sağlamaktadır. (Kirchgassner, Wolters, 2007: 245-246) Diğer bir kısıtlama ise  $\alpha_i$ 'lerin her birinin ya da toplamının 1'den küçük olmasıdır. Bu kısıtlama ARCH sürecinin durağan olması sebebiyle de gerekli olmaktadır. Aksi koşulda süreç sonsuz varyansa sahip olmaktadır (Özer ve Türkyılmaz, 2004: 35).

Eğer büyük bir pozitif veya negatif  $e$  değeri mevcutsa, bu koşul şartlı varyans açısından büyük değerler serisine neden olmaktadır. Eğer meydana gelen şok küçük ise, daha küçük şokların yakın gelecekte oluşacağı varsayılmaktadır.  $p$  değeri daha yüksek oldukça, volatilité kümeleri de daha geniş olmaktadır (Kirchgassner ve Wolters, 2007: 246).

ARCH modelinin zayıf yönleri ise aşağıdaki gibidir:

- Model negatif ve pozitif şokların volatilité üzerinde benzer etkilere sahip olduğunu varsaymaktadır. Bu durum modelin, önceki şokların karesine dayanmasından kaynaklanmaktadır. Pratikte, finansal varlığın fiyatı, pozitif ve negatif şoklara çeşitli şekillerde cevap vermektedir.

- ARCH modeli oldukça sınırlandırıcı bir yapıya sahiptir.
- ARCH modeli finansal zaman serilerinin değişkenlik kaynağının anlaşılması için yeni bir bakış açısı sunmamaktadır (Tsay, 2005: 103-109).

#### 4.4.4.2. GARCH Modeli

GARCH modeli 1986 yılında Bollerslev tarafından öne sürülmüştür. ARCH ve GARCH modellerinde şartlı varyans temel kavramdır. Klasik GARCH modellerinde ise şartlı varyans serinin geçmiş dönem değerlerinin karelerinin doğrusal fonksiyonu olarak ifade edilmektedir (Francq ve Zakoian, 2010: 19).

ARCH modelinin ampirik uygulamalarında, şartlı varyans denklemi için uzun gecikme gerekmektedir ve negatif varyans parametre tahminleri problemini engellemek amacıyla sabit bir gecikme yapısından yararlanılmaktadır. ARCH modelinin genişletilmesi daha uzun hafıza ve daha esnek gecikme yapısına olanak tanımaktadır.

$e_t$ , gerçek değerli kesikli zaman stokastik süreci ve  $\psi_t$ , t zamanındaki bilgi setini belirtmektedir. GARCH(p,q) süreci aşağıdaki gibidir:

$$e_t/\psi_{t-1} \sim N(0, h_t)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i e_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i}$$

$$= \alpha_0 + A(L)e_t^2 + B(L)h_t$$

Burada,

$$p \geq 0, q > 0$$

$$\alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, q$$

$$\beta_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, p$$

$p = 0$  için, süreç ARCH(q) sürecine indirgenir, ve  $p = q = 0$  için  $e_t$  beyaz gürültüdür. ARCH(q) modelinde şartlı varyans sadece geçmiş örnek varyanslarının doğrusal bir fonksiyonu iken, GARCH(p,q) süreci beraberinde gecikmeli şartlı varyansları da içermektedir (Bollerslev, 1986: 308-309).

$$V(\varepsilon_t) = E[\varepsilon_t^2] = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha(1) - \beta(1)}$$

Bu nedenle, GARCH(p,q) sürecinin varyansının var olması için;

$$\alpha(1) + \beta(1) = \sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{i=1}^q \beta_i < 1$$

olması gerekmektedir (Kirchgassner, Wolters, 2007: 252 – 254).

GARCH modelinde, koşullu varyans otokorelasyonlu bir tesadüfi değişkendir ve  $e_t^2$  bir ARMA modeline sahiptir. Aynı zamanda hataların koşulsuz dağılımı simetrik ve sivri olmaktadır. GARCH modelinin koşulsuz sivriliği, koşulsuz dağılımının kuyruklarındaki ve merkezindeki gözlemlerle birleştirilen düşük volatilité ve yüksek volatilité kümelerini gösteren koşullu varyanstaki değişmelerin yinelenmesinden fark edilmektedir. Tüm derecelerdeki koşulsuz momentli, koşullu normal GARCH dağılımı sadece  $\alpha(L) = \beta(L) = 0$  olduğu zaman gerçekleşir. Koşullu varyansın yüksek derecede sürekliliği  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayılarının toplamalarının 1'e yakın olmasından meydana gelmektedir (Özer ve Türkyılmaz, 2004: 43 – 45).

#### 4.4.4.3. EGARCH Modeli

EGARCH modeli Nelson (1991) tarafından geliştirilmiştir. Eğer  $\sigma_t^2$  t zamanında verilen bilginin şartlı varyansı ise, pozitif olması gerekmektedir. GARCH modeli, bu durumu  $\sigma^2$ 'yi pozitif rassal değişkenlerin doğrusal bir kombinasyonu şeklinde belirterek sağlamaktadır.  $\sigma^2$ 'nin pozitif olması için diğer bir yöntem ise, gecikmeli  $z_t$  ve zamanın bir fonksiyonu olarak  $\ln(\sigma_t^2)$ 'yi doğrusallaştırmaktır.

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_t + \sum_{k=1}^{\infty} \beta_k g(z_{t-k}) , \beta_1 \equiv 1$$

Burada  $z_t$  standartlaştırılmış artıktır. EGARCH modeli borsa getirileri ve volatilité değişimleri arasındaki asimetric ilişkiyi göstermektedir. Bunu sağlamak için,  $g(z_t)$ 'nin değeri  $z_t$ 'nin işaretine ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olması gerekmektedir.  $g(z_t)$ , şartlı varyans sürecinin  $\{\sigma_t^2\}$  hisse senedi fiyatlarındaki artış ve azalışlara asimetric cevap verilmesine olanak sağlamaktadır (Nelson, 1991: 350-351).

EGARCH modeli yalnızca asimetriyi ifade etmez, bununla birlikte şartlı varyansın her zaman pozitif olmasını da sağlamaktadır. EGARCH(1,1) modeli aşağıdaki gibidir:

$$\ln(h_t^2) = \alpha_0 + \alpha \left| \frac{e_{t-1}}{h_{t-1}} \right| + \delta \frac{e_{t-1}}{h_{t-1}} + \beta \ln(h_{t-1}^2)$$

Burada standartlaştırılmış hatalar  $e/\sigma$  kullanılmaktadır. ARCH etkisi karesel hatalar yerine standartlaştırılmış hataların mutlak değeri ile ifade edilmektedir. Eğer kaldıraç etkisi mevcut ise,  $\delta$ 'nın negatif olması beklenmektedir (Kirchgassner, Wolters, 2007: 257 – 258).

EGARCH modeli genel olarak aşağıdaki şekilde belirtilmektedir:

$$\ln(h_{j,t}^2) = \omega_j + \beta_j \ln(h_{j,t-1}^2) + \delta \frac{e_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}^2}} + \alpha \left[ \frac{|e_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}^2}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right]$$

$\alpha$  parametresi modelin simetrik, yani GARCH etkisini ifade etmektedir.  $\beta$  piyasada oluşan herhangi bir durum dikkate alınmaksızın şartlı volatilitedeki sürekliliği ölçmektedir.  $\beta$  nisbi olarak büyük olduğunda, volatilitenin piyasadaki bir krizi takiben ortadan kalkması uzun zaman almaktadır.  $\delta$  parametresi asimetriyi yada kaldıraç etkisini hesaplamaktadır. Eğer  $\delta = 0$  ise, model simetriktir.  $\delta < 0$  olduğunda, pozitif şoklar (iyi haberler) negatif şoklardan (kötü haberler) daha az oynaklığa neden olmaktadır. Eğer  $\delta > 0$  ise, pozitif farklılıklar negatif farklılıklardan daha çok istikrar bozucu olmaktadır (Su, 2010: 8-9).

#### 4.4.4.4. GJR-GARCH Modeli

GJR – GARCH modeli Glosten, Jagannathan ve Runkle (1993) tarafından öne sürülmüştür. Pozitif ve negatif beklenmeyen getiriler şartlı varyans üzerinde çeşitli etkilere neden olmaktadır. Beraberinde, borsa getirilerinin şartlı ortalama ve şartlı varyansı arasında negatif bir ilişki mevcuttur (Glosten vd. 1993: 1799).

EGARCH modelinin avantajları bulunmasına rağmen model yüksek sayıda doğrusal olmayan algoritmalar barındırdığından ampirik tahmini teknik olarak zor olmaktadır. GJR – GARCH modeli ise teknik olarak daha basittir (Wang, 2007: 38).

$$h_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i e_{t-i}^2 + \sum_{k=1}^r \gamma_k e_{t-k}^2 d_{t-k} + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j}^2$$

Yukarıdaki varyans denkleminde yer alan kukla değişken ( $d_t$ ),  $e_t < 0$  değerini aldığı anda  $d_t = 1$ , diğer durumlarda ise  $d_t = 0$  değerini almaktadır. Bu sebeple asimetri parametresi  $\gamma$ ,  $d_t = 1$  değerini aldığı anda anlamlı olmaktadır. Bu modelde, iyi haberlerin ve kötü haberlerin koşullu varyans üzerindeki etkisi farklı olarak dikkate alınmaktadır. Modelde iyi haberlerin ( $\varepsilon_t > 0$ ) koşullu varyans üzerindeki etkisi  $\alpha$  ile, kötü haberlerin ( $\varepsilon_t < 0$ ) koşullu varyans üzerindeki etkisi  $(\alpha + \gamma)$  olarak ifade edilmektedir.  $\gamma > 0$  olması durumunda, kaldıraç etkisinin var olduğu ve kötü haberlerin oynaklığı artırdığı söylenebilmektedir.  $\gamma \neq 0$  olması durumunda, haberlerin oynaklığa etkisi simetrik olmamaktadır (Glosten vd. 1993: 1799).

#### 4.4.5. Dinamik Koşullu Değişen Varyans 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 önerilen DCC-GARCH yaklaşımı kullanılmıştır.  $R_t$ 'nin aşağıdaki DCC (1,1) modelini takip ettiği varsayılmaktadır:

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (2)$$

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

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

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

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

#### 4.5. Araştırmanın Veri Seti ve Bulgular

Çalışmada üç 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 üç farklı emtia türü ve dört farklı kripto para biriminden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin açıklamalar Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2:** Çalışmada kullanılan değişkenler

	<b>Değişkenler</b>	<b>Açıklamaları</b>	<b>Veri Kaynağı</b>
<b>Tarımsal Emtialar</b>	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
<b>Yumuşak Emtialar</b>	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
<b>Metal Emtialar</b>	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
<b>Kripto Emtialar</b>	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

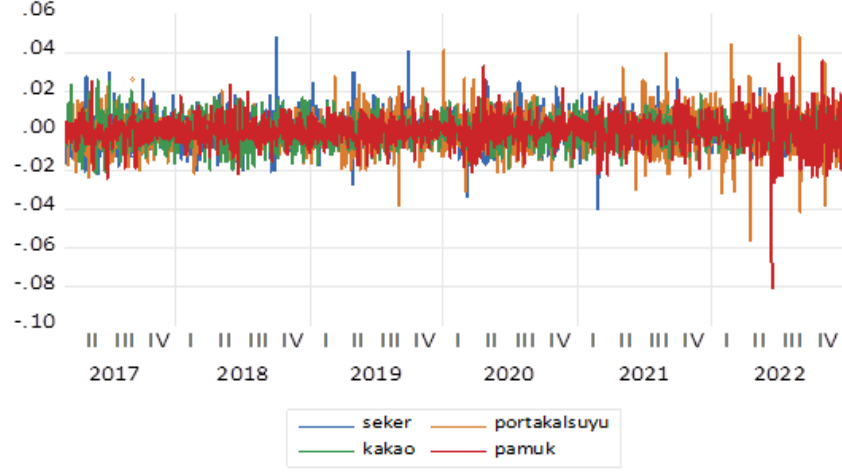
#### 4.5.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırmada kullanılan yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metal emtialar ve kripto paralara ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve getiri grafikleri aşağıda sunulmuştur.

**Tablo 3:** Yumuşak Emtialar Tanımlayıcı İstatistikler

	ŞEKER	PORTAKAL SUYU	PAMUK	KAKAO
<b>Ortalama</b>	4.07E-06	4.02E-05	2.00E-05	7.65E-05
<b>Median</b>	-0.000235	0.000000	-4.68E-05	0.000000
<b>Maximum</b>	0.048053	0.048695	0.036080	0.025972
<b>Minimum</b>	-0.040417	-0.056077	-0.080807	-0.021719
<b>Std. Dev.</b>	0.007701	0.009389	0.007675	0.007084
<b>Çarpıklık</b>	0.347551	0.046681	-0.711279	0.083727
<b>Basıklık</b>	5.692563	5.758959	12.82794	3.249845
<b>Jarque-Bera</b>	471.3945	464.5374	6011.224	5.514502
<b>Observations</b>	1463	1463	1463	1463

Tablo 3'te çalışmada kullanılan yumuşak emtialara ilişkin tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır. Özet istatistik sonuçları incelendiğinde yumuşak emtialar açısından en yüksek ortalama getiri kakao emtiasına aittir. Söz konusu emtialar risk açısından karşılaştırıldığında standart sapma değeri en yüksek olan emtia portakal suyu emtiasına aittir. Dolayısıyla riskin en yüksek olduğu yumuşak emtianın portakal suyu piyasası olduğu söylenebilmektedir. Çarpıklık ve basıklık değerlerine baktığımızda şeker, portakal suyu ve kakao emtialarının pozitif çarpıklık değerlerine sahip olduğu, pamuk emtiasının ise negatif çarpıklık değerine sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar şeker, portakal suyu ve kakao emtialarının sağa çarpık olduğunu, pamuk emtiasının ise sola çarpık olduğunu ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle, pamuk piyasasının sola çarpık olması bu piyasada uç olayların varlığına işaret etmektedir. Basıklık değerlerine baktığımızda yumuşak emtialar piyasasında tüm emtiaların basıklık değerlerinin 3'ten büyük olduğu görülmektedir. Bu durum söz konusu emtiaların sivri bir dağılıma sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Jarque-Bera istatistikleri de incelendiğinde, söz konusu emtiaların normal dağılıma sahip olmadığı görülmektedir. Çarpık ve basıklık değerleri incelendiğinde yumuşak emtia piyasasında yer alan emtiaların leptekurtik dağılıma sahip olduğu ifade edilebilmektedir.



**Şekil 11:** Yumuşak emtia piyasasına ilişkin getiri grafikleri

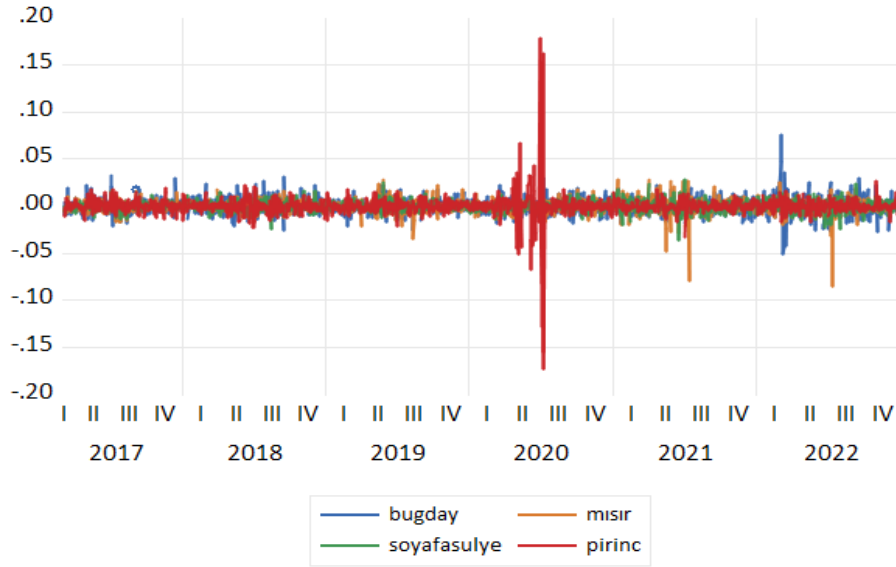
Şekil 11’de yumuşak emtia piyasası için 2017-2022 dönemine ilişkin şeker, portakal suyu, pamuk ve kakao emtialarına ilişkin getirilere ait grafik yer almaktadır. Şekil 1 incelendiğinde, her dört emtia için volatilitenin kümelenmesinin olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle küçük değişimleri küçük değişimler, büyük değişimleri büyük değişimler takip etmektedir. Emtialar kendi aralarında karşılaştırıldığında, 2018 yılının üçüncü çeyreğinde şeker emtiasında yüksek bir volatilitenin görülmektedir. 2022 yılının 2. çeyreğinden itibaren ise pamuk piyasasında bir dalgalanma yaşandığı görülmektedir.

**Tablo 4:** Tarımsal emtialar tanımlayıcı istatistikler

	SOYA FASULYESİ	PİRİNÇ	MISIR	BUĞDAY
<b>Ortalama</b>	0.000115	0.000186	0.000174	0.000174
<b>Median</b>	0.000000	0.000000	0.000276	-0.000436
<b>Maximum</b>	0.027904	0.178774	0.028684	0.076242
<b>Minimum</b>	-0.035170	-0.172036	-0.085194	-0.050837
<b>Std. Dev.</b>	0.005480	0.012791	0.007311	0.008947
<b>Çarpıklık</b>	-0.079099	0.574975	-2.044608	0.522209
<b>Basıklık</b>	6.019733	104.9131	27.20639	8.506876
<b>Jarque-Bera</b>	557.3916	633210.7	36737.82	1915.097
<b>Observations</b>	1463	1463	1463	1463



Tablo 4’te yer alan özet istatistik sonuçları incelendiğinde tarımsal emtialar bakımından en yüksek ortalama getiri pirinç emtiasına aittir. Söz konusu emtialar risk açısından karşılaştırıldığında standart sapma değeri en yüksek olan emtia pirinç emtiasına aittir. Dolayısıyla riskin en yüksek olduğu tarımsal emtianın pirinç piyasası olduğu ifade edilebilmektedir. Çarpıklık ve basıklık değerlerine baktığımızda pirinç ve buğday emtialarının pozitif çarpıklık değerlerine sahip olduğu, soya fasulyesi ve mısır emtialarının ise negatif çarpıklık değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre pirinç ve buğday emtialarının sağa çarpık olduğunu, soya fasulyesi ve mısır emtialarının ise sola çarpık olduğu ifade edilebilmektedir. Başka bir ifadeyle, soya fasulyesi ve mısır piyasalarının sola çarpık olması bu piyasalarda uç olayların varlığına işaret etmektedir. Basıklık değerlerine baktığımızda tarımsal emtialar piyasasında tüm emtiaların basıklık değerlerinin 3’den büyük olduğu görülmektedir. Bu durum söz konusu emtiaların sivri bir dağılıma sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Jarque-Bera istatistikleri de incelendiğinde, söz konusu emtiaların normal dağılıma sahip olmadığı görülmektedir. Çarpık ve basıklık değerleri incelendiğinde tarımsal emtia piyasasında yer alan emtiaların leptokurtik dağılıma sahip olduğunu ifade edebiliriz.



**Şekil 12:** Tarımsal emtia piyasasına ilişkin getiri grafikleri

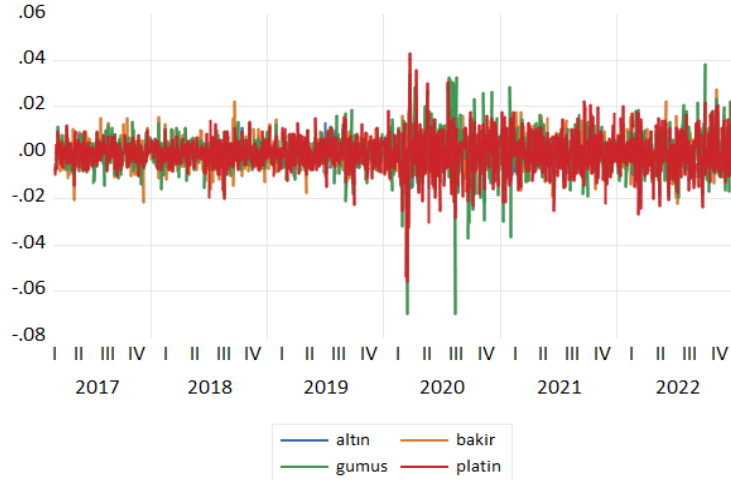
Şekil 12’de tarımsal emtia piyasası için 2017-2022 dönemine ilişkin buğday, mısır, soya fasulyesi ve pirinç emtialarına ilişkin getirilere ait grafik yer almaktadır. Şekil 2 incelendiğinde, her dört emtia için volatilité kümelenmesinin olduğu

görülmektedir. Diğer bir ifadeyle küçük değişimleri küçük değişimler, büyük değişimleri büyük değişimler takip etmektedir. Emtialar kendi aralarında karşılaştırıldığında, 2020 yılının üçüncü çeyreğinde pirinç emtiasında yüksek bir volatilité görülmektedir. 2021 yılının ikinci çeyreğinden itibaren mısır piyasasında bir dalgalanma yaşanırken, 2022 yılının birinci çeyreğinde buğday emtiasında volatilité görülmektedir.

**Tablo 5:** Metal emtialar tanımlayıcı istatistikler

	<b>ALTIN</b>	<b>BAKIR</b>	<b>GÜMÜŞ</b>	<b>PLATİN</b>
<b>Ortalama</b>	0.000113	9.58E-05	8.37E-05	1.32E-05
<b>Median</b>	0.000216	7.45E-05	8.91E-05	0.000330
<b>Maximum</b>	0.030906	0.027305	0.038274	0.043099
<b>Minimum</b>	-0.025635	-0.029970	-0.069736	-0.055588
<b>Std. Dev.</b>	0.003995	0.005989	0.007928	0.007819
<b>Çarpıklık</b>	-0.199457	-0.028597	-0.761198	-0.377292
<b>Basıklık</b>	8.727639	4.469443	13.51235	8.218856
<b>Jarque-Bera</b>	2009.490	131.8244	6877.755	1694.998
<b>Observations</b>	1463	1463	1463	1463

Tablo 5'te yer alan özet istatistik sonuçları incelendiğinde metal emtialar açısından en yüksek ortalama getiri bakır emtiasına aittir. Söz konusu emtialar risk açısından karşılaştırıldığında standart sapma değeri en yüksek olan gümüş emtiasına aittir. Dolayısıyla riskin en yüksek olduğu metal emtianın gümüş piyasası olduğu söylenebilmektedir. Çarpıklık ve basıklık değerlerine baktığımızda metal emtiaların negatif çarpıklık değerine sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar metal emtialarının sola çarpık olduğunu ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle, metal piyasasının sola çarpık olması bu piyasada uç olayların varlığına işaret etmektedir. Basıklık değerlerine baktığımızda metal emtialar piyasasında tüm emtiaların basıklık değerlerinin 3'ten büyük olduğu görülmektedir. Bu durum söz konusu emtiaların sivri bir dağılıma sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Jarque-Bera istatistikleri de incelendiğinde, söz konusu emtiaların normal dağılıma sahip olmadığı görülmektedir. Çarpık ve basıklık değerleri incelendiğinde metal emtia piyasasında yer alan emtiaların leptekurtik dağılıma sahip olduğunu ifade edebiliriz.



**Şekil 13:** Metal emtia piyasasına ilişkin getiri grafikleri

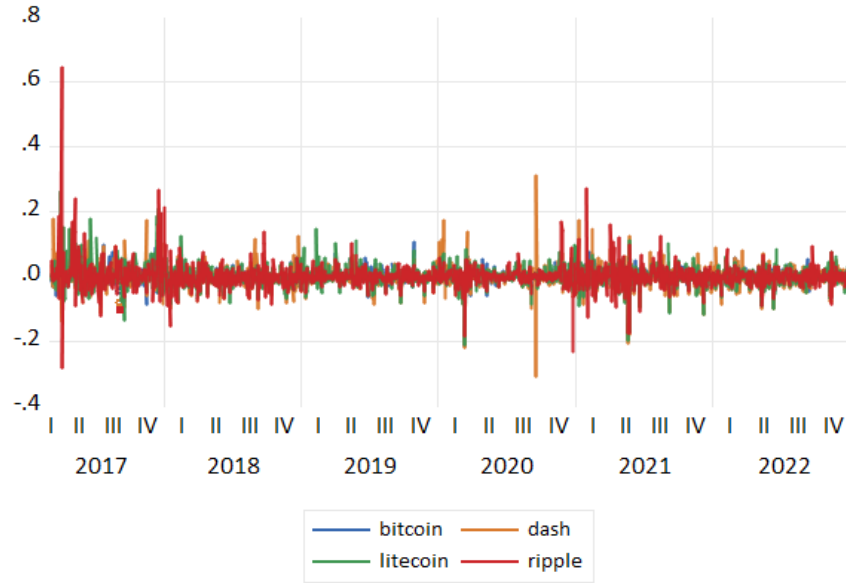
Şekil 13'te metal emtia piyasası için 2017-2022 dönemine ilişkin altın, gümüş, bakır ve platin emtialarına ilişkin getirilere ait grafik yer almaktadır. Şekil 3 incelendiğinde, her dört emtia için volatilitenin olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle küçük değişimleri küçük değişimler, büyük değişimleri büyük değişimler takip etmektedir. Emtialar kendi aralarında karşılaştırıldığında, 2020 yılının birinci çeyreğinde altın emtiasında yüksek bir volatilitenin olduğu görülmektedir. Yine 2020 yılının birinci ve üçüncü çeyreğinde gümüş emtiasında yüksek bir volatilitenin olduğu görülmektedir.

**Tablo 6:** Kripto paralar tanımlayıcı istatistikler

	BTC	DASH	LTC	XRP
<b>Ortalama</b>	0.000765	2.26E-05	0.000840	0.001198
<b>Median</b>	0.000578	-0.000444	-0.000569	-0.000325
<b>Maximum</b>	0.108530	0.311215	0.263609	0.648053
<b>Minimum</b>	-0.216944	-0.308900	-0.211243	-0.283589
<b>Std. Dev.</b>	0.021403	0.034098	0.031867	0.039971
<b>Çarpıklık</b>	-0.721244	0.039822	0.713132	3.435839
<b>Basıklık</b>	12.34881	17.24347	13.44541	58.08020
<b>Jarque-Bera</b>	5454.611	12367.39	6774.958	187815.6
<b>Observations</b>	1463	1463	1463	1463

Tablo 6'da yer alan özet istatistik sonuçlarına bakıldığında kripto paralar açısından en yüksek ortalama getiri Dash kripto para birimine aittir. Söz konusu kripto

paralar risk açısından karşılaştırıldığında standart sapma değeri en yüksek olan Ripple kripto para birimine aittir. Dolayısıyla riskin en yüksek olduğu Kripto para biriminin Ripple piyasası olduğu ifade edilebilmektedir. Çarpıklık ve basıklık değerlerine baktığımızda Dash, Litecoin ve Ripple kripto para birimlerinin pozitif çarpıklık değerlerine sahip olduğu, Bitcoin kripto para biriminin ise negatif çarpıklık değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre Dash, Litecoin ve Ripple kripto para birimlerinin sağa çarpık olduğunu, Bitcoin kripto para biriminin ise sola çarpık olduğu ifade edilebilmektedir. Diğer bir ifadeyle, Bitcoin kripto para birimi piyasasının sola çarpık olması bu piyasada uç olayların varlığına işaret etmektedir. Basıklık değerlerine baktığımızda kripto para birimleri piyasasında tüm kripto paraların basıklık değerlerinin 3'ten büyük olduğu görülmektedir. Bu durum söz konusu kripto paraların sivri bir dağılıma sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Jarque-Bera istatistikleri de incelendiğinde, söz konusu emtiaların normal dağılıma sahip olmadığı görülmektedir. Çarpık ve basıklık değerleri incelendiğinde kripto para piyasasında yer alan para birimlerinin leptokurtik dağılıma sahip olduğunu ifade edebiliriz.



**Şekil 14:** Kripto para piyasasına ilişkin getiri grafikleri

Şekil 14'te kripto para piyasası için 2017-2022 dönemine ilişkin Bitcoin, Litecoin, Dash ve Ripple kripto para birimlerine ilişkin getirilere ait grafik yer almaktadır. Şekil 4 incelendiğinde, her dört kripto para birimi için volatiliteler kümelendiği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle küçük değişimleri küçük

değişimler, büyük değişimleri büyük değişimler takip etmektedir. Kripto paralar kendi aralarında karşılaştırıldığında, 2017 yılının birinci çeyreğinde Bitcoin kripto para biriminde yüksek bir volatilité görülmektedir. 2020 yılının üçüncü çeyreğinden itibaren ise Dash kripto para biriminde bir dalgalanma yaşandığı görülmektedir.

#### 4.5.2. 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 7’de yer almaktadır.

**Tablo 7:** Birim kök test sonuçları

	Phillips-Perron		KPSS	
	Yumuşak Emtialar			
	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli
<b>Şeker</b>	-38.3240**	-38.3829**	0.3221	0.0592
<b>Pamuk</b>	-35.8660**	-35.8543**	0.0815	0.0814
<b>Portakal suyu</b>	-41.0631**	-41.2171**	0.3379	0.0265
<b>Kakao</b>	-38.1271**	-38.1157**	0.0194	0.0133
	Tarımsal Emtialar			
	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli
<b>Pirinç</b>	-30.1412***	-30.1309***	0.0411	0.0456
<b>Buğday</b>	-37.4459***	-37.4327***	0.0300	0.0300
<b>Soya</b>	-37.9260***	-37.9396***	0.1921	0.0720
<b>Fasulyesi</b>				
<b>Mısır</b>	-37.8698***	-37.8701***	0.0494	0.1160
	Metaller			
	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli
<b>Altın</b>	-39.6799***	-39.6747***	0.0951	0.0852
<b>Gümüş</b>	-37.6141***	-37.6222***	0.0575	0.0732
<b>Platin</b>	-37.3937***	-37.41288***	0.0681	0.0337
<b>Bakır</b>	-39.0710***	-39.0840***	0.0918	0.0886
	Kripto Para Birimleri			
	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli	Sabit terimli	Sabit terim ve trendli
<b>Bitcoin</b>	-39.0731***	-39.0893***	0.2944	0.1040
<b>Litecoin</b>	-39.5301***	-39.6068***	0.3762	0.1298
<b>Ripple</b>	-39.4238***	-39.4303***	0.3433	0.1216
<b>Dash</b>	-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 7’de yer alan Phillips-Perron ve KPSS birim kök test sonuçları incelendiğinde, yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metaller 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.

#### 4.5.3. ARMA Modeli Tahmin Sonuçları

Değişkenlere ilişkin birim kök testlerinin incelenmesinin ardından, yumuşak emtialar, tarımsal emtialar, metaller 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 istatistiki anlamlılıkları dikkate alınarak tespit edilmiştir.

Tablo 8’de ev Tablo 9’da yumuşak emtia piyasasında yer alan her bir varlığa ilişkin ARMA modelleri tahmin sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 8:** Şeker ve portakal suyu emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları

Değişken	ŞEKER		PORTAKAL SUYU	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	3.96E-06	0.000206	4.19E-05	0.000198
AR(1)	-0.848939***	0.164228	0.787040***	0.104179
AR(2)	-	-	-	-
AR(3)	-	-	-	-
MA(1)	0.870376***	0.153798	-0.834579***	0.094096
MA(2)	-	-	-	-
MA(3)	-	-	-	-
SIGMASQ	5.92E-05***	1.50E-06	8.76E-05***	2.28E-06
ARCH(15)	2.3457***		5.5080***	

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 9:** Kakao ve pamuk emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları

Değişken	KAKAO		PAMUK	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	7.77E-05	0.000187	1.95E-05	0.000244
AR(1)	0.389540***	0.028115	0.838128***	0.212708
AR(2)	0.377323***	0.034429	-0.070135***	0.031853
AR(3)	-0.969520***	0.027253	0.037733**	0.021861
MA(1)	-0.382088***	0.033813	-0.774278*	0.210725
MA(2)	-0.366144***	0.041070	-	-
MA(3)	0.955610***	0.033324	-	-
SIGMASQ	4.99E-05***	1.77E-06	5.85E-05***	9.33E-07
ARCH(15)	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 8 ve Tablo 9’da 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 dönemki etkilerini, MA katsayıları ise geçmiş dönem şokların 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 10 ve Tablo 11’de tarımsal emtia piyasasında yer alan her bir varlığa ilişkin ARMA modelleri tahmin sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 10:** Pirinç ve buğday emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları

Değişken	PİRİNÇ		BUĞDAY	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	0.000183	0.000154	0.000174	0.000239
AR(1)	-0.153933***	0.032924	-0.242343***	0.004921
AR(2)	0.524983***	0.017839	-0.993830***	0.004671
MA(1)	-0.189768***	0.036334	0.248761***	0.046437
MA(2)	-0.500283***	0.016639	1.000000***	0.371066
SIGMASQ	-0.189768***	0.036334	7.95E-05***	1.51E-05
ARCH(15)	77.6154***		29.7969***	

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 11:** Pirinç ve buğday emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları

Değişken	SOYA FASULYESİ		MISIR	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	0.000115	0.000145	0.000174	0.000205
AR(1)	-0.094234***	0.053286***	-0.817476***	0.063638
AR(2)	-0.935896***	0.048256***	-0.041602***	0.021270
MA(1)	0.113370***	0.050199***		
MA(2)	0.944632***	0.044777***	0.833355***	0.058764
SIGMASQ	2.99E-05***	7.00E-07***	5.30E-05***	6.00E-07
ARCH(15)	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 10 ve Tablo 11’de 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 12 ve Tablo 13'te metal piyasasında yer alan her bir varlığa ilişkin ARMA modelleri tahmin sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 12:** Altın ve gümüş emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları

Değişken	ALTIN		GÜMÜŞ	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	0.000114	0.000107	8.46E-05***	0.000223
AR(1)	0.611105***	0.009200	1.158428***	0.096217
AR(2)	-0.972178***	0.010237	-0.849868***	0.087292
AR(3)				
MA(1)	-0.624688***	0.006589	-1.131712***	0.094062
MA(2)	0.991276***	0.006800	0.854978***	0.087029
SIGMASQ	1.58E-05***	3.15E-07	6.25E-05***	1.03E-06
ARCH(15)	15.7536***		12.1896***	

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 13:** Platin ve bakır emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları

Değişken	PLATİN		BAKIR	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	1.43E-05***	0.000173	9.59E-05***	0.000154
AR(1)	0.827331***	0.091688	-0.067146***	0.019797
AR(2)	0.022246***	0.024088	-0.972546***	0.019379
AR(3)	-0.088521***	0.017858		
MA(1)	-0.804303***	0.094375	0.064815***	0.026701
MA(2)			0.947176***	0.026868
SIGMASQ	6.04E-05***	1.32E-06	3.54E-05***	9.92E-07
ARCH(15)	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 12 ve Tablo 13'te uygun ARMA modelleri sırasıyla altın emtiası için ARMA(2,2), gümüş emtiası için ARMA(2,2), platin emtiası için ARMA(3,3) ve bakır 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 modellerininin 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 14 ve Tablo 15'te kripto para piyasasında yer alan her bir varlığa ilişkin ARMA modelleri tahmin sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 14:** Bitcoin ve litecoin para birimlerine ilişkin ARMA model tahmin sonuçları

Değişken	BITCOIN		LITECOIN	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	0.000750	0.000840	0.000977***	0.001318
AR(1)	1.004399***	0.236768	-0.786929***	0.068012
AR(2)	-0.790483***	0.262568	0.851150***	0.045288
AR(3)	0.724227***	0.179096	0.873994***	0.059425
MA(1)	-1.024279***	0.233168	0.748176***	0.075702
MA(2)	0.839696***	0.258741	-0.828656***	0.051878
MA(3)	-0.730266***	0.171792	-0.829212***	0.066631
SIGMASQ	0.000455***	7.85E-06	0.001001***	1.69E-05
ARCH(15)	1.797624***		5.449088***	

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 15:** Ripple ve dash para birimlerine ilişkin ARMA model tahmin sonuçları

Değişken	RIPPLE		DASH	
	Katsayı	Standart Hata	Katsayı	Standart Hata
C	0.001205	0.001621	2.25E-05	0.000886
AR(1)	0.892019***	0.066389	0.221959***	0.140156
AR(2)			-0.700247***	0.115064
AR(3)				
MA(1)	-0.864368***	0.069294	-0.288877***	0.141068
MA(2)			0.739759***	0.105007
MA(3)				
SIGMASQ	0.001591***	1.25E-05	0.001150***	1.79E-05
ARCH(15)	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.

#### **4.5.4. 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 modellerine ait hata terimlerinin doğrusal olmayan yapıya sahip olması nedeniyle, söz konusu 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 16’da yumuşak emtialara ilişkin 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 16:** Yumuşak emtialar için koşullu değişen varyans modelleri tahmin sonuçları

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

EGARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresinin 0.9985 olduğu görülmektedir. Bu sonuç, şeker emtia piyasasına gelen bir şokun volatilité üzerindeki etkisinin kalıcılığını ifade etmektedir. Half-life şok açısından değerlendirildiğinde, şeker emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin ortalama 461 gün olduğu söylenebilir. Modelde Theta1 ve Theta2 ise sırasıyla işaret etkisini ve büyüklük etkisini göstermektedir. İşaret etkisini gösteren Theta1 katsayısının negatif ve istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu sonuç, modelde kaldıraç etkisinin varlığına işaret etmektedir. Buna göre, negatif haberlerin şeker emtia piyasası volatilitesi üzerindeki etkisinin pozitif haberlere göre daha etkili olduğu ifade edilebilir. Büyüklük etkisini gösteren Theta2 katsayısı ise pozitif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Dolayısıyla, beklentileri gerçekleştiği ifade edilebilir. Model dağılımını gösteren Student-t istatistiği anlamlı olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla model, asimetri etkisini dikkate alan Student-t dağılımı ile tahmin edilmiştir. Model tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin 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 edilebilir.

Portakal suyu emtia piyasası için tahminlenen EGARCH (1,1) model sonucuna göre, GARCH parametresi 0.8444 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, sisteme gelen bir şokun etkisinin kalıcı olmadığı, şokun sistemde kalma süresinin 5 gün olduğunu ortaya koymaktadır. İşaret etkisini gösteren Theta1 katsayısı pozitif ve istatistiki olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, modelde kaldıraç etkisinin varlığına işaret etmektedir. Pozitif kaldıraç katsayısı, pozitif haberlerin portakal suyu emtia piyasası volatilitesi üzerindeki etkisinin negatif haberlere göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Büyüklük etkisini gösteren Theta2 katsayısı da pozitif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Bu durum beklentilerin gerçekleştiğini ifade etmektedir. Tanımlayıcı test sonuçları incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri için sıfır hipotezinin reddedilemediği ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorununun olmadığı görülmektedir. Aynı zamanda ARCH istatistiği için de sıfır hipotezinin reddedilememekte, modelde ARCH etkisi sorununun ortadan kalkmaktadır.

Kakao emtia piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.9811 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç volatilité kalıcılığına işaret etmektedir. ARCH parametresi ilk şokun etkisini göstermektedir ve kakao emtia piyasası için bu rakam 0.0136 olarak elde edilmiştir. Half-life şok açısından şokun süresi incelendiğinde, kakao emtia piyasasına gelen şokun sistemde 132 gün kaldığı ifade edilebilir. Modelde otokorelasyon ve farklı varyansı test etmek için uygulanan standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri doğrultusunda modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı görülmektedir. Aynı zamanda, ARCH testine göre de modelde ARCH etkisinin olmadığı ifade edilebilir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olması gerekmektedir. Model için bu koşulun da sağlandığı görülmektedir.

Pamuk emtia piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.9244 olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla modelde volatilité kalıcılığından bahsedilebilir. İlk şokun etkisini gösteren ARCH parametresi ise 0.0553 olarak elde edilmiştir. Şokun sistemde kalma süresini gösteren half-life şok değeri dikkate alındığında, pamuk emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin 33 gün olduğu görülmektedir. Modelde otokorelasyon ve farklı varyansı test etmek için standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri uygulanmakta ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı ortaya konulmaktadır. ARCH testine göre ise modelde ARCH etkisinin varlığı görülmemektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı görülmektedir.

Tablo 17'de tarımsal emtia piyasasına ilişkin 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 17:** Tarımsal emtialar için koşullu değişen varyans modelleri tahmin sonuçları

	<b>PİRİNÇ GARCH(1,1)</b>	<b>SOYA FASULYESİ GARCH(1,1)</b>	<b>BUĞDAY GARCH (1,1)</b>	<b>MISIR GARCH (1,1)</b>
<b>Ortalama Denklemi</b>				
<b>Sabit terim</b>	0.000148 (0.000125)	0.000113 (0.000161)	-3.2E-05 (0.000182)	0.000183 (0.000138)
<b>AR(1)</b>	0.784872** (0.32747)	0.103728 (0.074329)	-0.27811 (0.22776)	0.869801*** (0.16696)
<b>AR(2)</b>	-0.63832*** (0.19907)	0.855893*** (0.073421)	0.491282** (0.19158)	-0.00346 (0.032254)
<b>AR(3)</b>				
<b>MA(1)</b>	-0.76491** (0.34331)	-0.09041 (0.072928)	0.229746 (0.23232)	-0.86713*** (0.16556)
<b>MA(2)</b>	0.607637*** (0.20944)	-0.85924*** (0.07094)	-0.52836*** (0.19506)	
<b>MA(3)</b>				
<b>Varyans Denklemi</b>				
<b>Sabit terim</b>	0.111667*** (0.027268)	0.438953** (0.1703)	5.210257** (2.4)	1.169362* (0.60437)
<b>ARCH(Alpha1)</b>	0.415527*** (0.073689)	0.063166*** (0.011028)	0.100172*** (0.029301)	0.08368*** (0.026906)
<b>GARCH(Beta1)</b>	0.412227*** (0.083842)	0.924034*** (0.012173)	0.830926*** (0.054527)	0.896075*** (0.032741)
<b>EGARCH(Theta1)</b>				
<b>EGARCH(Theta2)</b>				
<b>Student(DF)</b>	4.077838*** (0.57945)	7.095709*** (1.1965)	8.859422*** (1.7422)	4.438597*** (0.53326)
<b>Akaike</b>	-7.433837	-7.731637	-6.747926	-7.371378
<b>Q(15)</b>	16.9315	16.1612	19.5111	18.2731
<b>Q2(15)</b>	0.431816	24.0067	13.0168	21.643
<b>ARCH(15)</b>	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 koşullu değişen varyans modellerine ilişkin sonuçlar şu şekilde özetlenebilir. Pirinç emtia piyasası için oluşturulan GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresinin 0.4122 olduğu görülmektedir. Bu sonuç volatilité kalıcılığına işaret etmektedir. ARCH parametresi ilk şokun etkisini göstermektedir ve kripto para piyasası için bu değer 0.4155 olarak elde edilmiştir. Half-life şok açısından değerlendirildiğinde, Pirinç emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin ortalama 4 gün olduğu söylenebilir. Model dağılımını gösteren Student-t istatistiği anlamlı olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla model, asimetri etkisini dikkate alan Student-t dağılımı ile tahmin edilmiştir. Model tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri için sıfır hipotezinin reddedilemediği görülmektedir. Dolayısıyla modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunu mevcut değildir. Aynı zamanda, ARCH testine göre de modelde ARCH etkisinin olmadığı ifade edilebilir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olması gerekmektedir. Model için bu koşulun da sağlandığı görülmektedir.

Soya fasulyesi emtia piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.9240 olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla modelde volatilité kalıcılığından bahsedilebilmektedir. İlk şokun etkisini gösteren ARCH parametresi ise 0.0632 olarak elde edilmiştir. Şokun sistemde kalma süresini gösteren half-life şok değeri dikkate alındığında, Soya fasulyesi emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin yaklaşık 54 gün olduğu görülmektedir. Modelde otokorelasyon ve farklı varyansı test etmek için standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri uygulanmakta ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı ortaya konulmaktadır. ARCH testine göre ise modelde ARCH etkisinin varlığı görülmemektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir.

Buğday emtia piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.8309 olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre modelde volatilité kalıcılığından söz edilebilmektedir. İlk şokun etkisini gösteren ARCH parametresi ise 0.1002 olarak elde edilmiştir. Şokun sistemde kalma süresini gösteren half-life şok değeri dikkate alındığında, buğday emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin yaklaşık 10 gün olduğu görülmektedir. Modelde otokorelasyon ve farklı

varyansı test etmek için standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri uygulanmakta ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı ortaya konulmaktadır. ARCH testine göre ise modelde ARCH etkisinin varlığı görülmektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir.

Mısır emtia piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.8961 olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla modelde volatilité kalıcılığından bahsedilebilmektedir. İlk şokun etkisini gösteren ARCH parametresi ise 0.0837 olarak elde edilmiştir. Şokun sistemde kalma süresini gösteren half-life şok değeri dikkate alındığında, mısır emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin yaklaşık 34 gün olduğu görülmektedir. Modelde otokorelasyon ve farklı varyansı test etmek için standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri uygulanmakta ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı ortaya konulmaktadır. ARCH testine göre ise modelde ARCH etkisinin varlığı görülmektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir.

Tablo 18’de metal emtia piyasasına ilişkin 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 18:** Metal emtialar için koşullu değişen varyans modelleri tahmin sonuçları

	ALTIN GARCH(1,1)	GÜMÜŞ GARCH(1,1)	PLATİN GARCH (1,1)	BAKIR GARCH (1,1)
<b>Ortalama Denklemi</b>				
<b>Sabit terim</b>	0.000141 (8.09E-05)	0.000073 (0.000148)	0.000055 (0.000199)	0.000095 (0.000136)
<b>AR(1)</b>	-0.18706* (0.11431)	1.841232*** (0.056916)	-0.47552** (0.23867)	1.4759*** (0.11187)
<b>AR(2)</b>	0.646017*** (0.090529)	-0.92943*** (0.053284)	0.026704 (0.02339)	-0.74182*** (0.10243)
<b>AR(3)</b>				
<b>MA(1)</b>	0.168224 (0.11327)	-1.8579*** (0.061556)	0.476303** (0.23489)	-1.50139*** (0.10797)
<b>MA(2)</b>	-0.65954*** (0.08673)	0.945428*** (0.059018)		0.760893*** (0.097992)
<b>MA(3)</b>				
<b>Varyans Denklemi</b>				
<b>Sabit terim</b>	0.258563** (0.1289)	0.318461 (0.21395)	0.039986 (1.67E+06)	0.124066 (0.20622)
<b>ARCH(Alpha1)</b>	0.051295*** (0.015077)	0.035928*** (0.012009)	0.372374 (0.29731)	0.022522* (0.012182)
<b>GARCH(Beta1)</b>	0.933074*** (0.019651)	0.960058*** (0.013728)	0.998389** (0.001055)	0.975334*** (0.01652)
<b>EGARCH(Theta1)</b>			0.005198 (0.020867)	
<b>EGARCH(Theta2)</b>			0.374755*** (0.092996)	
<b>Student(DF)</b>	5.792876*** (0.88501)	4.80557*** (0.61865)	4.47872*** (0.7842)	6.323912*** (0.99443)
<b>Akaike</b>	-8.412482	-7.190449	-6.972368	-7.473450
<b>Q(15)</b>	9.07278	24.3352	24.6939	15.1614
<b>Q2(15)</b>	23.2316	15.4914	16.1827	19.7711
<b>ARCH(15)</b>	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 sonuçlar şu şekilde özetlenebilir. Altın emtia piyasası için oluşturulan GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresinin 0.9331 olduğu görülmektedir. Bu sonuç volatilité kalıcılığına işaret etmektedir. ARCH parametresi ilk şokun etkisini göstermektedir ve kripto para piyasası için bu değer 0.0513 olarak elde edilmiştir. Half-life şok açısından değerlendirildiğinde, altın emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin ortalama 44 gün olduğu söylenebilir. Model dağılımını gösteren Student-t istatistiği anlamlı olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla model, asimetri etkisini dikkate alan Student-t dağılımı ile tahmin edilmiştir. Model tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri için sıfır hipotezinin reddedilemediği görülmektedir. Dolayısıyla modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunu mevcut değildir. Aynı zamanda, ARCH testine göre de modelde ARCH etkisinin olmadığı ifade edilebilir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olması gerekmektedir. Model için bu koşulun da sağlandığı görülmektedir.

Gümüş emtia piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.9601 olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla modelde volatilité kalıcılığından bahsedilebilmektedir. İlk şokun etkisini gösteren ARCH parametresi ise 0.0359 olarak elde edilmiştir. Şokun sistemde kalma süresini gösteren half-life şok değeri dikkate alındığında, gümüş emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin yaklaşık 177 gün olduğu görülmektedir. Modelde otokorelasyon ve farklı varyansı test etmek için standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri uygulanmakta ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı ortaya konulmaktadır. ARCH testine göre ise modelde ARCH etkisinin varlığı görülmemektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir.

Platin emtia piyasası için oluşturulan EGARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresinin 0.9984 olduğu görülmektedir. Bu sonuç, platin emtia piyasasına gelen bir şokun volatilité üzerindeki etkisinin kalıcılığını ifade etmektedir. Half-life şok açısından değerlendirildiğinde, şeker emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin ortalama 433 gün olduğu söylenebilir. Modelde Theta1 ve Theta2 ise sırasıyla işaret etkisini ve büyüklük etkisini göstermektedir. İşaret

etkisini gösteren Theta1 katsayısı pozitif ve istatistiki olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, modelde kaldıraç etkisinin varlığına işaret etmektedir. Pozitif kaldıraç katsayısı, pozitif haberlerin platin emtia piyasası volatilitesi üzerindeki etkisinin negatif haberlere göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Büyüklük etkisini gösteren Theta2 katsayısı da pozitif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Bu durum beklentilerin gerçekleştiğini ifade etmektedir. Tanımlayıcı test sonuçları incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri için sıfır hipotezinin reddedilemediği ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorununun olmadığı görülmektedir. Aynı zamanda ARCH istatistiği için de sıfır hipotezinin reddedilememekte, modelde ARCH etkisi sorununun ortadan kalkmaktadır.

Bakır emtia piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.9753 olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla modelde volatilité kalıcılığından bahsedilebilmektedir. İlk şokun etkisini gösteren ARCH parametresi ise 0.0225 olarak elde edilmiştir. Şokun sistemde kalma süresini gösteren half-life şok değeri dikkate alındığında, bakır emtia piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin ortalama 315 gün olduğu görülmektedir. Modelde otokorelasyon ve farklı varyansı test etmek için standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri uygulanmakta ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı ortaya konulmaktadır. ARCH testine göre ise modelde ARCH etkisinin varlığı görülmemektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir.

Tablo 19’da kripto para piyasasına ilişkin 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 19:** Kripto para piyasası için koşullu değişen varyans modelleri tahmin sonuçları

	<b>BITCOIN GARCH(1,1)</b>	<b>LITECOIN GARCH(1,1)</b>	<b>RIPPLE GARCH (1,1)</b>	<b>DASH GARCH (1,1)</b>
<b>Ortalama Denklemi</b>				
<b>Sabit terim</b>	0.000477 (0.000321)	-0.00032 (0.000502)	-0.000587 (0.000334)	-0.00057 (0.00053)
<b>AR(1)</b>	0.719770*** (0.258932)	-0.47877** (0.21637)	-0.045092 (1.144485)	0.150763*** (0.053899)
<b>AR(2)</b>	-0.565113* (0.292208)	-0.01279 (0.17758)	-0.002357 (0.090850)	-0.86782*** (0.091772)
<b>AR(3)</b>	-0.059722 (0.219050)			
<b>MA(1)</b>	-0.767929*** (0.258827)	0.398747* (0.22001)	-0.088010 (1.144115)	-0.16944*** (0.050564)
<b>MA(2)</b>	0.601428** (0.295638)	0.00926 (0.17914)	-0.021670 (0.214499)	0.877527*** (0.083261)
<b>MA(3)</b>	0.005554 (0.220589)			
<b>Varyans Denklemi</b>				
<b>Sabit terim</b>	1.40E-05 (5.11E-06)	0.929538** (0.42723)	0.000116 (2.40E-05)	2.268315** (1.055)
<b>ARCH(Alpha1)</b>	0.086390 (0.020317)	0.138368*** (0.054161)	0.369158 (0.060022)	0.316319*** (0.098846)
<b>GARCH(Beta1)</b>	0.887317 (0.025708)	0.829634*** (0.055842)	0.600931 (0.046703)	0.651884*** (0.090907)
<b>EGARCH(Theta1)</b>				
<b>EGARCH(Theta2)</b>				
<b>Student(DF)</b>	3.310762 (0.328007)	2.743258*** (0.2467)	0.870269 (0.031943)	2.679341*** (0.22167)
<b>Akaike</b>	-5.107647	-4.4437	-4.416421	-4.3534
<b>Q(15)</b>	94.618	53.3746	76.065	11.5867
<b>Q2(15)</b>	5.9130	4.6745	14.372	6.2140
<b>ARCH(15)</b>	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 sonuçlar şu şekilde özetlenebilir. Bitcoin kripto para piyasası için oluşturulan GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresinin 0.8873 olduğu görülmektedir. Bu sonuç volatilité kalıcılığına işaret etmektedir. ARCH parametresi ilk şokun etkisini göstermektedir ve kripto para piyasası için bu değer 0.0863 olarak elde edilmiştir. Half-life şok açısından değerlendirildiğinde, Bitcoin kripto para piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin ortalama 5 gün olduğu söylenebilir. Model dağılımını gösteren Student-t istatistiği anlamlı olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla model, asimetri etkisini dikkate alan Student-t dağılımı ile tahmin edilmiştir. Model tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri için sıfır hipotezinin reddedilemediği görülmektedir. Dolayısıyla modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunu mevcut değildir. Aynı zamanda, ARCH testine göre de modelde ARCH etkisinin olmadığı ifade edilebilir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olması gerekmektedir. Model için bu koşulun da sağlandığı görülmektedir.

Litecoin kripto para piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.8296 olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla modelde volatilité kalıcılığından bahsedilebilmektedir. İlk şokun etkisini gösteren ARCH parametresi ise 0.1383 olarak elde edilmiştir. Şokun sistemde kalma süresini gösteren half-life şok değeri dikkate alındığında, litecoin kripto para piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin 3 gün olduğu görülmektedir. Modelde otokorelasyon ve farklı varyansı test etmek için standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri uygulanmakta ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı ortaya konulmaktadır. ARCH testine göre ise modelde ARCH etkisinin varlığı görülmemektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir.

Ripple (XRP) kripto para piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.6009 olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre modelde volatilité kalıcılığından söz edilebilmektedir. İlk şokun etkisini gösteren ARCH parametresi ise 0.3691 olarak elde edilmiştir. Şokun sistemde kalma süresini gösteren half-life şok değeri dikkate alındığında, ripple kripto para piyasasına gelen bir

şokun sistemde kalma süresinin 1 gün olduğu görülmektedir. Modelde otokorelasyon ve farklı varyansı test etmek için standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri uygulanmakta ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı ortaya konulmaktadır. ARCH testine göre ise modelde ARCH etkisinin varlığı görülmemektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir.

Dash kripto para piyasası için GARCH (1,1) model tahmin sonucu incelendiğinde, GARCH parametresi 0.6518 olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla modelde volatilité kalıcılığında bahsedilebilmektedir. İlk şokun etkisini gösteren ARCH parametresi ise 0.3163 olarak elde edilmiştir. Şokun sistemde kalma süresini gösteren half-life şok değeri dikkate alındığında, dash kripto para piyasasına gelen bir şokun sistemde kalma süresinin 1 gün olduğu görülmektedir. Modelde otokorelasyon ve farklı varyansı test etmek için standartlaştırılmış artıklara ve artık karelere ilişkin Ljung-Box Q istatistikleri uygulanmakta ve modelde otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının olmadığı ortaya konulmaktadır. ARCH testine göre ise modelde ARCH etkisinin varlığı görülmemektedir. Model durağanlık koşulu için ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamının birden küçük olduğu ve modelin durağanlık koşulunu sağladığı söylenebilmektedir.

#### **4.5.5. 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 20'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 edinmemize sağlamaktadır.



**Tablo 20:** Yumuşak emtia piyasası ve kripto para piyasası için dinamik koşullu korelasyon model tahmin sonuçları

	<b>BITCOIN</b>	<b>LITECOIN</b>	<b>RIPPLE</b>	<b>DASH</b>
$\rho(\text{Pamuk})$	0.086365*** (0.030198)	0.155156*** (0.026412)	0.067370** (0.029510)	0.065448** (0.030816)
$\rho(\text{Şeker})$	0.055231* (0.033091)	0.086962*** (0.029193)	0.073119 (0.031737)	0.074382*** (0.028210)
$\rho(\text{Kakao})$	-0.006656 (0.029888)	0.034499 (0.028368)	0.035345 (0.029133)	0.044481 (0.029442)
$\rho(\text{Portakal Suyu})$	0.018859 (0.033581)	0.050868* (0.031015)	0.053849* (0.031784)	0.034913 (0.027339)
<b>Alpha</b>	0.003929 (0.0049937)	0.011333* (0.0060438)	0.010649* (0.0055954)	0.006948 (0.004241)
<b>Beta</b>	0.964254*** (0.074379)	0.874127*** (0.080046)	0.906850*** (0.064996)	0.922961*** (0.05488)
<b>Df</b>	6.777056*** (0.47822)	7.176849*** (0.54970)	6.687479*** (0.46742)	7.171527*** (0.52621)
<b>Akaïke</b>	-32.168979	-31.494521	-31.517926	-31.476326
<b>Hosking Q(10)</b>	276.893	280.888	273.780	268.285
<b>Hosking Q<sup>2</sup>(10)</b>	198.996	212.623	208.964	201.250
<b>Li-McLeod Q(10)</b>	276.847	280.862	273.758	268.215
<b>Li-McLeod Q<sup>2</sup>(10)</b>	199.144	212.727	209.117	201.443

DCC-EGARCH modelinde  $\rho$  varlık çiftleri arasındaki bağımlı yapıyı göstermektedir. Baur ve Lucey (2010), bir varlığın diğer 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. Tablo 20’de yer alan yumuşak emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu korelasyonlar incelendiğinde, Bitcoin ile pamuk ve şeker emtiaları arasındaki korelasyonlar sırasıyla 0.0863 ve 0.0552 olarak elde edilmiştir. Bitcoin ile pamuk ve şeker emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyon bitcoin kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Bitcoin ile kakao ve portakal suyu emtiaları arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Bitcoin ile kakao ve portakal suyu emtiaları arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu

emtiyalardan oluşan portföyde bitcoin kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Bitcoin ile pamuk ve şeker emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Litecoin kripto para birimi bulguları incelendiğinde pamuk, şeker ve portakal suyu emtiaları arasındaki korelasyonlar sırasıyla 0.1551, 0.0869, 0.0508 olarak elde edilmiştir. Litecoin ile pamuk, şeker ve portakal suyu emtiaları arasında pozitif ve düşük korelasyon litecoin kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Litecoin ile kakao emtiası arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Litecoin ile kakao emtiası arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu emtiyalardan oluşan portföyle litecoin kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Litecoin ile pamuk, şeker ve portakal suyu emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Ripple kripto para birimi analiz sonuçlarına göre pamuk ve portakal suyu emtiaları arasındaki korelasyonlar sırasıyla 0.0673 ve 0.0538 olarak elde edilmiştir. Ripple ile pamuk ve portakal suyu emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyon ripple kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Ripple ile şeker ve kakao emtiaları arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Ripple ile şeker ve kakao emtiası arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu emtiyalardan oluşan portföyle ripple kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Ripple ile pamuk ve portakal suyu emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Dash kripto para birimi bulguları incelendiğinde pamuk ve şeker emtiaları arasındaki korelasyonlar sırasıyla 0.0654 ve 0.0743 olarak elde edilmiştir. Dash ile pamuk ve şeker emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyon dash kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Dash ile kakao ve portakal suyu emtiaları arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Dash ile kakao ve portakal suyu emtiaları arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu emtiyalardan oluşan portföyle dash kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Dash ile pamuk ve

şeker emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Yumuşak emtia piyasası ve kripto para piyasası için dinamik koşullu korelasyon modeli bulgularına göre  $H_1, H_2, H_3$  ve  $H_4$  hipotezleri kabul edilmiştir.

Yumuşak emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu yapıyı modellemek amacıyla tahminlenen DCC-EGARCH (1,1) modellerinde Beta parametrelerinin istatistiki olarak anlamlı oldukları görülmektedir. Bitcoin, Litecoin, Ripple ve Dash kripto para birimleri ile yumuşak emtialar için oluşturulan DCC-EGARCH(1,1) modellerinde Beta parametreleri sırasıyla 0.9642, 0.8741, 0.9068 ve 0.9229 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, varlık çiftleri arasındaki dinamik bağımlı süreci yansıtmaktadır. Aynı zamanda yumuşak emtialar ile kripto para birimleri varlık çiftleri arasındaki dinamik bağımlı süreçte kalıcılığın olduğu görülmektedir. Buna göre, dinamik bağımlı süreçte kalıcılığın en güçlü olduğu varlık çifti yumuşak emtialar-bitcoin kripto para birimi varlık çiftine ait iken, kalıcılığın diğerlerine göre daha düşük olduğu varlık çifti yumuşak emtialar-Litecoin kripto para birimine aittir. Diğer yandan, şeker emtiası ile kripto para birimleri arasındaki dinamik bağımlı yapıyı tahminleyen modellerde Alpha katsayılarının litecoin ve ripple kripto para birimlerinde anlamlı bitcoin ve dash kripto para birimlerinde istatistiki olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuç, bitcoin ve dash kripto para birimlerinde geçmiş dönemdeki gecikmeli şokların, koşullu volatilitenin cari değeri üzerinde etkili olmadığını ifade etmektedir.

Yumuşak emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu yapıyı modelleyen DCC-EGARCH(1,1) modellerinde otokorelasyon ve ARCH etkisinin varlığı Hosking ve McLeod-Li testleri ile incelenmektedir. Tanımlayıcı testler, model artıklarında ARCH etkisinin ve otokorelasyonun olmadığını ortaya koymaktadır. Hosking (1980) ve McLeod and Li (1983) otokorelasyon istatistik testleri için model artıklarında otokorelasyonun olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilememektedir. Model artıkları için Hosking (1980) ve McLeod and Li (1983) test istatistikleri için de ARCH etkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedilemediği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, modellerde istatistiksel olarak spesifikasyon hatasının olmadığı ifade edilebilmektedir.

Tablo 21’de 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 edinmemize sağlamaktadır.

**Tablo 21:** Tarımsal emtia piyasası ve kripto para piyasası için dinamik koşullu korelasyon model tahmin sonuçları

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

Tablo 21’de yer alan tarımsal emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu korelasyonlar incelendiğinde, Bitcoin ile soya fasulyesi emtiası arasındaki korelasyon 0.0542 olarak elde edilmiştir. Bitcoin ile soya fasulyesi emtiası arasındaki pozitif ve düşük korelasyon bitcoin kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Bitcoin ile pirinç, buğday ve mısır emtiaları arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Bitcoin ile pirinç, buğday ve mısır emtiaları arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması,

bu emtialardan oluşan portföyle bitcoin kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Bitcoin ile soya fasulyesi emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Litecoin kripto para birimi bulguları incelendiğinde soya fasulyesi emtiası arasındaki korelasyon 0.0665 olarak elde edilmiştir. Litecoin ile soya fasulyesi emtiaları arasında pozitif ve düşük korelasyon litecoin kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Litecoin ile pirinç, buğday ve mısır emtiaları arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Litecoin ile pirinç, buğday ve mısır emtiaları arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu emtialardan oluşan portföyle litecoin kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Litecoin ile soya fasulyesi emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Ripple kripto para birimi analiz sonuçlarına göre buğday emtiası arasındaki korelasyon 0.0541 olarak elde edilmiştir. Ripple ile buğday emtiası arasındaki pozitif ve düşük korelasyon ripple kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Ripple ile pirinç, soya fasulyesi ve mısır emtiaları arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Ripple ile pirinç, soya fasulyesi ve mısır emtiaları arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu emtialardan oluşan portföyle ripple kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Ripple ile buğday emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Dash kripto para birimi bulguları incelendiğinde pirinç ve soya fasulyesi emtiaları arasındaki korelasyonlar sırasıyla 0.0470 ve 0.0587 olarak elde edilmiştir. Dash ile pirinç ve soya fasulyesi emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyon dash kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Dash ile buğday ve mısır emtiaları arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Dash ile buğday ve mısır emtiaları arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu emtialardan oluşan portföyle dash kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Dash ile buğday pirinç ve soya fasulyesi emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy

risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Tarımsal emtialar ve kripto para birimleri için elde edilen bulgulara göre  $H_5, H_6, H_7$  ve  $H_8$  hipotezleri kabul edilmiştir.

Tarımsal emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu yapıyı modellemek amacıyla tahminlenen DCC-GARCH(1,1) modellerinde Beta parametrelerinin istatistiki olarak anlamlı oldukları görülmektedir. Bitcoin, Litecoin, Ripple ve Dash kripto para birimleri ile tarımsal emtialar için oluşturulan DCC-GARCH(1,1) modellerinde Beta parametreleri sırasıyla 0.8101, 0.9323, 0.6536 ve 0.6683 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, varlık çiftleri arasındaki dinamik bağımlı süreci yansıtmaktadır. Aynı zamanda tarımsal emtialar ile kripto para birimleri varlık çiftleri arasındaki dinamik bağımlı süreçte kalıcılığın olduğu görülmektedir. Buna göre, dinamik bağımlı süreçte kalıcılığın en güçlü olduğu varlık çifti tarımsal emtialar-litecoin kripto para birimi varlık çiftine ait iken, kalıcılığın diğerlerine göre daha düşük olduğu varlık çifti tarımsal emtialar-ripple kripto para birimine aittir. Diğer yandan, tarımsal emtiaları ile kripto para birimleri arasındaki dinamik bağımlı yapıyı tahminleyen modellerde Alpha katsayılarının istatistiki olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuç, kripto para birimlerinde geçmiş dönemdeki gecikmeli şokların, koşullu volatilitenin cari değeri üzerinde etkili olmadığını ifade etmektedir.

Tarımsal emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu yapıyı modelleyen DCC-GARCH(1,1) modellerinde otokorelasyon ve ARCH etkisinin varlığı Hosking ve McLeod-Li testleri ile incelenmektedir. Tanımlayıcı testler, model artıklarında ARCH etkisinin ve otokorelasyonun olmadığını ortaya koymaktadır. Hosking (1980) ve McLeod and Li (1983) otokorelasyon istatistik testleri için model artıklarında otokorelasyonun olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilememektedir. Model artık kareleri için Hosking (1980) ve McLeod and Li (1983) test istatistikleri için de ARCH etkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedilemediği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, modellerde istatistiksel olarak spesifikasyon hatasının olmadığı ifade edilebilmektedir.

Tablo 22’de 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 edinmemize sağlamaktadır.

**Tablo 22:** Metal emtia piyasası ve kripto para piyasası için dinamik koşullu korelasyon model tahmin sonuçları

	<b>BITCOIN</b>	<b>LITECOIN</b>	<b>RIPPLE</b>	<b>DASH</b>
$\rho(\text{Altın})$	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)
<b>Alpha</b>	0.010879*** (0.0028539)	0.010873*** (0.0027120)	0.010944*** (0.0028977)	0.010769*** (0.0026953)
<b>Beta</b>	0.975019*** (0.0080070)	0.973659*** (0.0081756)	0.971978*** (0.0097369)	0.972047*** (0.0087135)
<b>Df</b>	7.426066*** (0.52287)	6.913678*** (0.44594)	6.986097*** (0.44739)	6.704595*** (0.43462)
<b>Akaike</b>	-28.669489	-27.962916	-27.908653	-27.851218
<b>Hosking Q(10)</b>	180.127	182.930	179.217	179.642
<b>Hosking Q<sup>2</sup>(10)</b>	246.477	183.596	217.411	171.718
<b>Li-McLeod Q(10)</b>	180.103	182.920	179.182	179.591
<b>Li-McLeod Q<sup>2</sup>(10)</b>	246.244	183.601	217.243	171.757

Tablo 16’da yer alan metal emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu korelasyon bulgularında, Bitcoin ile gümüş ve bakır emtiaları arasındaki korelasyon sırasıyla 0.1341 ve 0.1290 olarak elde edilmiştir. Bitcoin ile gümüş ve bakır emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyon bitcoin kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Bitcoin ile altın ve platin emtiaları arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Bitcoin ile altın ve platin emtiaları arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu

emtiyalardan oluşan portföyle bitcoin kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Bitcoin ile gümüş ve bakır emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Litecoin kripto para birimi bulguları incelendiğinde gümüş, platin ve bakır emtiaları arasındaki korelasyon sırasıyla 0.1238, 0.1221, 0.0843 olarak elde edilmiştir. Litecoin ile gümüş, platin ve bakır emtiaları arasında pozitif ve düşük korelasyon litecoin kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilceğini ortaya koymaktadır. Litecoin ile altın emtiası arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Litecoin ile altın emtiası arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu emtiyalardan oluşan portföyle litecoin kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Litecoin ile gümüş, platin ve bakır emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Ripple kripto para birimi analiz sonuçlarına göre gümüş, platin ve bakır emtiaları arasındaki korelasyon sırasıyla 0.1268, 0.0957, 0.1092 olarak elde edilmiştir. Ripple ile gümüş, platin ve bakır emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyon ripple kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilceğini ortaya koymaktadır. Ripple ile altın emtiası arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Ripple ile altın emtiası arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu emtiyalardan oluşan portföyle ripple kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Ripple ile gümüş, platin ve bakır emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma sağlayabileceği söylenebilmektedir. Dash kripto para birimi bulguları incelendiğinde gümüş, platin ve bakır emtiaları arasındaki korelasyonlar sırasıyla 0.1326, 0.1219 ve 0.0858 olarak elde edilmiştir. Dash ile gümüş, platin ve bakır emtiaları arasındaki pozitif ve düşük korelasyon dash kripto para biriminin portföy yatırımcıları tarafından riskleri çeşitlendirmek için kullanılabilceğini ortaya koymaktadır. Dash ile altın emtiası arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamsız elde edilmiştir. Dash ile altın emtiası arasındaki korelasyonun istatistiki olarak anlamsız olması, bu emtiyalardan oluşan portföyle dash kripto para biriminin koruma özelliği sağladığını göstermektedir. Dash ile gümüş, platin ve bakır emtialarından oluşan varlık çiftlerinin, yatırımcılara portföy risklerini azaltmada daha güçlü bir koruma



sağlayabileceği söylenebilmektedir. Metal emtia piyasası ve kripto para piyasası için ulaşılan bulgulara göre  $H_9, H_{10}, H_{11}$  ve  $H_{12}$  hipotezleri kabul edilmiştir.

Metal emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu yapıyı modellemek amacıyla tahminlenen DCC-GARCH(1,1) modellerinde Beta parametrelerinin istatistiki olarak anlamlı oldukları görülmektedir. Bitcoin, Litecoin, Ripple ve Dash kripto para birimleri ile metal emtialar için oluşturulan DCC-GARCH(1,1) modellerinde Beta parametreleri sırasıyla 0.9750, 0.9736, 0.9719 ve 0.9720 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, varlık çiftleri arasındaki dinamik bağımlı süreci yansıtmaktadır. Aynı zamanda metal emtialar ile kripto para birimleri varlık çiftleri arasındaki dinamik bağımlı süreçte kalıcılığın olduğu görülmektedir. Buna göre, dinamik bağımlı süreçte kalıcılığın en güçlü olduğu varlık çifti metal emtialar-bitcoin kripto para birimi varlık çiftine ait iken, kalıcılığın diğerlerine göre daha düşük olduğu varlık çifti metal emtialar-ripple kripto para birimine aittir. Diğer yandan, metal emtiaları ile kripto para birimleri arasındaki dinamik bağımlı yapıyı tahminleyen modellerde Alpha katsayılarının istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuç, kripto para birimlerinde geçmiş dönemdeki gecikmeli şokların, koşullu volatilitenin cari değeri üzerinde etkili olduğunu ifade etmektedir.

Metal emtialar ile kripto para birimleri arasındaki dinamik koşullu yapıyı modelleyen DCC-GARCH(1,1) modellerinde otokorelasyon ve ARCH etkisinin varlığı Hosking ve McLeod-Li testleri ile incelenmektedir. Tanımlayıcı testler, model artıklarında ARCH etkisinin ve otokorelasyonun olmadığını ortaya koymaktadır. Hosking (1980) ve McLeod and Li (1983) otokorelasyon istatistik testleri için model artıklarında otokorelasyonun olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilememektedir. Model artık kareleri için Hosking (1980) ve McLeod and Li (1983) test istatistikleri için de ARCH etkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedilemediği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, modellerde istatistiksel olarak spesifikasyon hatasının olmadığı ifade edilebilmektedir.

## 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.

Portföy optimizasyonu, finansal piyasaların belirsizlik ortamında risk seviyesini azaltarak beklenen getirinin artırılması prensibine dayanmaktadır. Finansal piyasalardaki belirsizlikten kaynaklanan volatilité çeşitli modellerle belirlenebilmektedir. Volatilité modellemesi ilk olarak Engle (1982) tarafından otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modeli olarak ortaya konulmuş, daha sonra birçok araştırmacı tarafından volatilité modelleri geliştirilmiştir. Bu doğrultuda tez çalışmasında, 2017-2022 dönemini kapsayan veriler kullanılarak volatilité yayılımı DCC-GARCH modelleri ile araştırılmıştır.

Çalışmada ilk olarak değişkenlerin durağanlıkları 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 durağanlıkları 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. Yumuşak emtialara ait ARMA modelleri; 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 elde edilmiştir. Tarımsal emtialara ilişkin ARMA modelleri; pirinç emtiası için ARMA(2,2), buğday emtiası için ARMA(2,2), soya fasulyesi emtiası için

ARMA(2,2), ve mısır emtiası için ARMA(2,1) olarak belirlenmiştir. Metal emtialara ait ARMA modelleri; altın emtiası için ARMA(2,2), gümüş emtiası için ARMA(2,2), platin emtiası için ARMA(3,3) ve bakır emtiası için ARMA(2,2) olarak tespit edilmiştir. Kripto para piyasasında yer alan her bir varlığa ilişkin ARMA modelleri; bitcoin için ARMA(3,3), litecoin için ARMA(3,3), ripple için ARMA(1,1) ve dash için ARMA(2,2) olarak elde edilmiştir. ARMA modellerinde uygun gecikme uzunluklarının belirlenmesinde Akaike bilgi kriteri, model durağanlık koşulları ve katsayıların istatistikî anlamlılıkları dikkate alınmıştır. ARMA modellerinin artıklarında belirlenen gecikme için ARCH-LM testi sonuçları incelendiğinde, ARCH etkisinin varlığı görülmektedir. 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. Yumuşak emtialara ilişkin otoregresif koşullu değişen varyans modelleri; şeker emtiası için EGARCH(1,1), portakal suyu emtiası için EGARCH(1,1), kakao emtiası için GARCH(1,1) ve pamuk emtiası için GARCH(1,1) olarak belirlenmiştir. Tarımsal emtialara ait otoregresif koşullu değişen varyans modelleri; pirinç emtiası için GARCH (1,1) , soya fasulyesi emtiası için GARCH(1,1), buğday emtiası için GARCH(1,1) ve mısır emtiası için GARCH(1,1) olarak tespit edilmiştir. Metal emtialara ilişkin otoregresif koşullu değişen varyans modelleri altın emtiası için GARCH(1,1), gümüş emtiası için GARCH(1,1), platin emtiası için EGARCH(1,1), bakır emtiası için GARCH(1,1) olarak elde edilmiştir. Kripto para piyasasına ilişkin otoregresif koşullu değişen varyans modelleri; Bitcoin için EGARCH(1,1), Litecoin için EGARCH(1,1), Ripple için GARCH(1,1) ve Dash için uygun model GARCH(1,1) olarak belirlenmiştir. 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.

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 diğer 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 diğer 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.

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 diğer 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 diğer emtia çiftlerine kıyasla daha güçlü bir koruma sağlayabileceği tespit edilmiştir.

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

kullanılabileceğine ulaşılmıştır. 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 kullanılabileceği ve yatırımcılara portföy risklerini azaltmada diğer emtia çiftlerine kıyasla daha güçlü bir koruma sağlayabileceği elde 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.

Özetle, yapılan analizler sonucunda yumuşak emtialar, tarımsal emtialar ve metal emtiaları kripto parabirimleri 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 gerçekleştirilen portföy çeşitlendirmesinde yatırımcı risklerini azalttığı, dolayısıyla riskten koruma özelliği sağladığı tespit edilmiştir.

Çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucunda 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 araştırmaların sonuçları dikkate alınarak değerlendirildiğinde sonuçlar; Bhanja vd. (2023); Kumaran (2022), Gül (2022), Som ve Kayal (2022), Letho vd. (2021), Ma vd. (2020) tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Jana ve Sahu (2023) tarafından yapılan araştırmanın sonuçlarında ise tüm kripto para birimlerinin riskten koruma sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu tez çalışması 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 neriler:***

- 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 bulundurulmaları önerilmektedir.

***Kamu otoritelere yönelik neriler:***

- Kripto paralara ilişkin düzenlemelerin yapılması,
- Kamu otoritesi-kripto para entegrasyonunun sağlanması,
- Kripto para birimlerinin kamu kontrolü altında tutularak kanuna aykırı işlemlerin nlenmesi,
- Kripto para işlemlerinin muhasebeleştirilmesi,
- Kripto paraların vergilendirme sistemine dâhil edilmesi büyük bir vergi kaynağı olabileceği sebebiyle önerilmektedir.

***İşletmelere yönelik neriler:***

- 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. Ayrıca, çalışmada yer verilemeyen finansal emtiaların etkilerini gözlemlemek amacıyla farklı emtialar ile oluşturulan portföyler ve farklı analiz yöntemleri de kullanılarak, bulguların karşılaştırılması ve sonuçların birbirlerini destekler nitelikte olup olmadığı tespit edilerek çalışmanın geliştirilebilmesi ve genişletilmesi mümkündür.

## KAYNAKÇA

- Abdel-Raouf, O., Elsisy, M. A., & Kelash, E. (2020). A Survey Of Game Theory Applications in Electrical Power Micro-Grid Systems. *International Journal of Computer Applications*, 177(37), 25-34.
- Abiodun, O. I., Jantan, A., Omolara, A. E., Dada, K. V., Mohamed, N. A., & Arshad, H. (2018). State-of-the-art in Artificial Neural Network Applications: A Survey. *Heliyon*, 4(11), 1-41.
- Achelis, S. B. (2001). *Technical Analysis from A to Z*.
- Adhikari, R., Putnam, K. J., & Panta, H. (2020). Robust Optimization-Based Commodity Portfolio Performance. *International Journal of Financial Studies*, 8(3), 54.
- Adağ, S. (2019). Döviz Kurları ve Değerli Madenlerin Portföy Sürecine Dâhil Edilmesinin Optimizasyon Sonuçları Üzerine Etkisi: Bulanık Doğrusal Programlama ile Bir Uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (37), 217-234.
- Akbulut, O. Y., & Şenol, Z. (2021). Bütünleşik SD ve PROMETHEE ÇKKV Yöntemleri ile Portföy Optimizasyonu: BİST Gıda, İçecek ve Tütün Sektöründe Ampirik Bir Uygulama. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (92), 161-182.
- Akkaya, M., Canöz, İ. (2018). *Sektör Analizi. İçinde: Finansal İktisat* (Eds: Dinçer, H. & Yüksel, S.). Orion Kitabevi, 383-428.
- Akyer, H. (2016). *Optimal Portföy Yönetiminde Sezgisel Yaklaşımlar* (Yayın No. 446279) [Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi.
- Akyol, S., & Alataş, B. (2012). Güncel Sürü Zekâsı Optimizasyon Algoritmaları. *Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 36-50.
- Ali Alhaj, A., Awn, A. M., & Alaswed, A. T. K. A. (2020). Financial Instruments And Their Impact On The Growth Of Investment – A Study On The Libyan Market. *European Journal of Economic and Financial Research*, 4(3).
- Aliyeva, B., & Tağıyev, R. (2017) Capital Market, The Value Appraisal Exposed to The Risk in Investment Instruments. *The Journal of International Scientific Researches*, 2 (5), 68-76.



- Altay, E. (2004). *Sermaye Piyasası'nda Varlık Fiyatlama Teorileri*. İstanbul: Derin Yayınevi.
- Altın, H. (2016). Borsa İstanbul'da İşlem Gören Yatırım Fonlarının Performanslarının Değerlendirilmesi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(3), 67-70.
- Andrianto, Y., & Diputra, Y. (2017). The Effect Of Cryptocurrency On Investment Portfolio Effectiveness. *Journal of finance and accounting*, 5(6), 229-238.
- Apaydın, F. (2009). *Teknik Analizde Optimizasyon Uygulaması Ve Bu Uygulamanın İMKB Üzerinde Test Edilmesi* (Yayın No. 239923) [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi.
- Arslan, B., Çetin, E. (2021). Vekâlet Teorisinde Fırsatçılık Kavramı Ve Oyun Teorisi Arasındaki İlişki. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 4(2), 439-454.
- Arslan, E., Ali, B. O. R. A., & Çetiner, T. (2019). Bankalarda Mevduat Sertifikasının Ülkeler İle Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(20), 154-171.
- Ataç, E. (2004). *Bütçe*. Anadolu Üniversitesi.
- Atan, M., Atan, S. & Halıcı, B. (2018). Portföy Seçim Problemi Üzerine Karşılaştırmalı Alternatif Yaklaşımlar. *Anadolu İktisat ve İşletme Dergisi*, 2(1), 24-37.
- Avşarlıgil, N. (2020). Bulanık Programlamayla Portföy Optimizasyonu Üzerine Bir Uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 38, 197-209.
- Aytekin, G. K. (2018). Türkiye'de Sermaye Piyasaları ve Borsaların Gelişim Süreci. *Uluslararası Beşeri Bilimler ve Eğitim Dergisi*, 4(9), 150-176.
- 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.
- Başar, G. P. (2019). *Optimum Portföy Oluşturma ve BİST'te Bir Uygulama* (Yayın No. 543893) [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi.
- Bayraktar, P. (2016). *Oyun Teorisi Ve Matematiksel Modelleme İle Küçük Yatırımcı İçin Yatırım Araçlarının Karşılaştırılması* (Yayın No. 432854) [Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi.

- Berberoğlu, M. (2009). Mortgage-İpotekli Konut Finansman-Sistemi ve Bu Sistemin Türkiye’de Uygulanabilirliği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 2(1), 119-146.
- Beyhaghi, M., & Hawley, J. P. (2013). Modern Portfolio Theory And Risk Management: Assumptions And Unintended Consequences. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 3(1), 17-37.
- 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.
- Bhuiyan, B. A. (2016). An Overview Of Game Theory And Some Applications. *Philosophy and Progress*, 111-128.
- Blank, J., & Deb, K. (2020). Pymoo: Multi-Objective Optimization in Python. *IEEE Access*, 8, 89497-89509.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal Of Econometrics*, 31(3), 307-327.
- Bozma, G., Aydın, S. & Künü, S. (2021). Borsa İstanbul Alt Sektör Analizi: Portföy Optimizasyonu ve Koruma Oranı. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (28) , 323-337.
- Budak, C. (2019). *Teknik Analiz İndikatörlerinin Performans Karşılaştırması Üzerine Bir Araştırma* (Order No. 28242468). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Butenko, S., Pardalos, P. M. & Shylo, V. (2017). Optimization Methods and Applications. *Springer Optimization and Its Applications*, 130.
- Calafiore, G. C., & El Ghaoui, L. (2014). *Optimization Models*. Cambridge University Press.
- Chaweewanchon, A., & Chaysiri, R. (2022). Markowitz Mean-Variance Portfolio Optimization With Predictive Stock Selection Using Machine Learning. *International Journal of Financial Studies*, 10(3), 64.
- Chakravarty, S. R., & Sarkar, P. (2020). *An Introduction To Algorithmic Finance, Algorithmic Trading And Blockchain*. Emerald Publishing Limited.
- Cho, J. H., & Parhizgari, A. M. (2009). East Asian Financial Contagion under DCC-Garch. *International Journal of Banking and Finance*, 6(1), 17–30.
- Čuljak, M., Tomić, B., & Žiković, S. (2022). Benefits of Sectoral Cryptocurrency Portfolio Optimization. *Research in International Business and Finance*, 60, 101615.

- Çelik, E. (2020). Yatırım araçlarındaki getiri farklılıklarının incelenmesi (2010-2019). *Karşılaştırılması* (Yayın No. 711755) [Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi.
- Çelik, İ. Özdemir, A. Gürsoy, S. ve Ünlü, H.U. (2018). Gelişmekte Olan Pay Senedi Piyasaları ile Kıymetli Madenler Arasındaki Getiri ve Volatilite Yayılımı. *Ege Akademik Bakış*, 2(2), 217-220.
- Demir, A. (2021). Küresel Finans Piyasalarına Genel Bakış. *Mali Çözüm Dergisi*, 31, 275-292.
- Deniz, D., & Okuyan, H. A. (2018). Geleneksel ve Modern Portföy Yönetiminin Ampirik Sonuçlarının Karşılaştırılması: Bist Uygulaması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(3), 467-482.
- Denizli, E. (2015). *Türkiye'de Bankacılık Sektörünün Finansal Piyasalar İçindeki Önemi Ve Büyümeye Etkisi* (Yayın No. 413962) [Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi.
- Dickey, D. A., Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- Dorigo, M., Birattari, M., & Stutzle, T. (2006). Ant Colony Optimization. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1(4), 28-39.
- Duran, S., & Şahin, A. (2006). İMKB Hizmetler, Mali, Sınai ve Teknoloji Endeksleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 1, 57-70.
- Düzakın, H. (2010). İpotekli Konut Finansmanı. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 33-45.
- Edwards, R. D., Magee, J., & Bassetti, W. C. (2018). *Technical Analysis Of Stock Trends*. CRC press.
- Elsheikh, A. H., Sharshir, S. W., Abd Elaziz, M., Kabeel, A. E., Guilan, W., & Haiou, Z. (2019). Modeling of Solar Energy Systems Using Artificial Neural Network: A Comprehensive Review. *Solar Energy*, 180, 622-639.
- Enders, W. (1995). *Applied Econometric Time Series*. John Wiley&Sons, New York.
- Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350.

- Erdönmez, P. A. (2006). Aktif Menkul Kıymetleştirmesi. *Bankacılar Dergisi*, 56, 75-84.
- Erdönmez, P. A. (2012). İpotekli Konut Finansmanı Sisteminde Menkul Kıymetleştirme Yöntemleri: Seçilmiş Ülke Uygulamaları. *Bankacılar Dergisi*, 81, 61-80.
- Erkol, H. O. (2017). Ters Sarkaç Sisteminin Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Optimizasyonu. *Politeknik Dergisi*, 20(4) , 863-868.
- Ertan, F. N. (2013). 6362 Sayılı Sermaye Piyasası Kanunu'nda Kolektif Yatırım Kuruluşları Ve Özellikle Değişken Sermayeli Yatırım Ortaklığı. *Journal of Istanbul University Law Faculty*, 71(2), 131-143.
- Ertenlice, O., ve Kalayci, C. B. (2018). A Survey of Swarm Intelligence for Portfolio Optimization: Algorithms and Applications. *Swarm and Evolutionary Computation*, 39, 36-52.
- Faia, 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, 106739.
- Fama, Eugene. (1965). The Behavior of Stock-Market Prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34-105.
- Fan, J., & Yao, Q. (2003). Parametric Nonlinear Time Series Models. *Nonlinear Time Series: Nonparametric and Parametric Methods*, 125-192.
- Fang, J., Qin, Y., & Jacobsen, B. (2014). Technical Market Indicators: An Overview. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 4, 25-56.
- Fabozzi, F. J., Mann, S. V., & Choudhry, M. (2003). *The Global Money Markets* (Vol. 117). John Wiley & Sons.
- Francq, C., & Zakoian, J. M. (2010). QML Estimation Of A Class Of Multivariate Garch Models Without Moment Conditions On The Observed Process.
- Ghobadi, M. (2014). Profitability of technical analysis indicators to earn abnormal returns in international exchange markets. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 1(4), 334-346.
- Giunta, N., Orlando, G., Carleo, A., & Ricci, J. M. (2024). Exploring Entropy-Based Portfolio Strategies: Empirical Analysis and Cryptocurrency Impact. *Risks*, 12(5), 78.

- Glosten, L. R., Jagannathan, R., & Runkle, D. E. (1993). On The Relation Between The Expected Value And The Volatility Of The Nominal Excess Return On Stocks. *The Journal Of Finance*, 48(5), 1779-1801.
- Grefenstette, J. J. (1993, August). Genetic Algorithms And Machine Learning, In *Proceedings Of The Sixth Annual Conference on Computational Learning Theory* (pp. 3-4).
- Gujarati, D.N. (2004). Basic Econometrics. 4th Edition, The McGraw-Hill Companies.
- Gunjan, A., & Bhattacharyya, S. (2022). A Brief Review Of Portfolio Optimization Techniques. *Artificial Intelligence Review*, 1-40.
- Gupta, N. (2013). Artificial Neural Network. *Network and Complex Systems*, 3(1), 24-28.
- Gül, Y. (2020). Kripto Paralar ve Portföy Çeşitlendirmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (65), 125-141.
- Gündoğdu, A. (Ed.). (2016). Finansal Piyasalar ve Kurumlar. Seçkin Yayınevi.
- Gürsoy, S., & KILIÇ, E. (2021). Küresel Ekonomik Politik Belirsizliğin Türkiye CDS Primi ve BIST Bankacılık Endeksi Üzerindeki Volatilite Etkileşimi: DCC-GARCH Modeli Uygulaması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1323-1334.
- Hepsağ, A. (2013). *Çok Değişkenli Stokastik Oynaklık Modelleri: Petrol Piyasası İle Finansal Piyasalarda İşlem Gören Sanayi Sektörü Endeksi Arasındaki Oynaklık Etkileşimi Üzerine Bir Uygulama* (Yayın No. 340378) [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi.
- Dan, H.R. (2015). Fundamental Analysis – Portfolio Management Tool, Hetesi E. – Vas Zs. (Ed.) New Ideas in a Changing World of Business Management and Marketing. University of Szeged, Doctoral School in Economics, Szeged, pp. 143-163.
- İndikatörler. (2022, 27 Aralık). [www.algolab.com.tr](http://www.algolab.com.tr)
- İslamoğlu, M., Aziz, H. (2023). Sermaye Piyasası Kurumları, F.Kaya (Ed.), Finansal Yatırım Araçları içinde (s.89-113). İstanbul: Beta.
- 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., Latini, 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*, 1-17.

- Karan, B. (2020). Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Kaya, F., Doğan, İ. (2019). Finansal Piyasalar, Ferudun Kaya (Ed.), Finansal Yönetim içinde (s.43-64). İstanbul: Beta.
- Kesebir, M., Günceler, B. (2018). Menkul Kıymetleştirme Banka Kredilerine Kıyasla Firmalar İçin Alternatif Fonlama Kaynağı Olabilir Mi? Türkiye’de Hizmet Sağlayan Şirketlere Uygulanabilirliği Bakımından İncelenmesi. *International Journal of Entrepreneurship and Management Inquiries*, 2(3) , 75-90.
- Khaki, A., Prasad, M., Al-Mohamad, S., Bakry, W., & Vo, X. V. (2023). Re-evaluating Portfolio Diversification and Design Using Cryptocurrencies: Are Decentralized Cryptocurrencies Enough?. *Research in International Business and Finance*, 64, 101823.
- Kheiri, F. (2018). A Review on Optimization Methods Applied in Energy-Efficient Building Geometry And Envelope Design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 897-920.
- Kirchgässner, G.–Wolters, J. 2007. *Introduction to Modern Time Series Analysis*. Berlin, Heidelberg: Springer–Verlag.
- Kitapçıkları, S. Y. B. (2007). Sermaye Piyasası Araçları. Ankara, Mart.
- Korkmaz, T. , Çevik, E. İ. & Uygurtürk, H. (2017). Spot ve Vadeli Piyasalar Arasında Risk Durumunda Nedensellik İlişkisi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(2) , 737-756.
- Kumaran, S. (2022). Portfolio Diversification With Cryptocurrencies–Evidence From Middle Eastern Stock Markets. *Investment Analysts Journal*, 51(1), 14-34.
- Kurosaki, T., & Kim, Y. S. (2022). Cryptocurrency Portfolio Optimization With Multivariate Normal Tempered Stable Processes and Foster-Hart Risk. *Finance Research Letters*, 45, 102143.
- Kurar, İ. ve Çetin, A. (2016). Türev Araçlarının Risk Yönetim Fonksiyonu: Vadeli İşlem Piyasası Risk Yönetimi Üzerine Bir Araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(2) , 403-425.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing The Null Hypothesis Of Stationarity Against The Alternative Of A Unit Root: How Sure Are We That Economic Time Series Have A Unit Root?. *Journal Of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- Lange, K. (2013). Optimization (Vol. 95). Springer Science & Business Media.
- Le, T. P. T. D., & Tran, H. L. M. (2021). The contagion effect from US stock market to the Vietnamese and the Philippine stock markets: The evidence of DCC-

- GARCH model. *The Journal of Asian Finance. Economics and Business*, 8(2), 759-770.
- Lei, G., Zhu, J., & Guo, Y. (2016). *Multidisciplinary Design Optimization Methods For Electrical Machines And Drive Systems* (Vol. 691). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Letho, L., Chelwa, G., & Alhassan, A. L. (2022). Cryptocurrencies and Portfolio Diversification in an Emerging Market. *China Finance Review International*, 12(1), 20-50.
- Li, Y., Zhu, S., Li, D., & Li, D. (2013). Active Allocation of Systematic Risk and Control of Risk Sensitivity in Portfolio Optimization. *European Journal of Operational Research*, 228(3), 556-570.
- Li, Y., Wang, B., Fu, A., & Watada, J. (2020). Fuzzy Portfolio Optimization For Time-Inconsistent Investors: A Multi-Objective Dynamic Approach. *Soft Computing*, 24(13), 9927-9941.
- Li, Z., & Meng, Q. (2022). Time And Frequency Connectedness And Portfolio Diversification Between Cryptocurrencies And Renewable Energy Stock Markets During COVID-19. *The North American Journal of Economics and Finance*, 59, 101565.
- Lim, Mark Andrew. (2015). *The Handbook of Technical Analysis+ Test Bank: The Practitioner's Comprehensive Guide to Technical Analysis*. John Wiley & Sons.
- Liu, W. (2019). Portfolio Diversification Across Cryptocurrencies. *Finance Research Letters*, 29, 200-205.
- 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.
- Madenoğlu, D. (2020). Türkiye’de Kullanılan Ödeme Ve Finansal Yatırım Araçları Üzerinde Kuşaklararası Farklılığın Analizi (Yayın No. 628386) [Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi.
- Markowitz, H. M., & Todd, G. P. (2000). *Mean-variance analysis in portfolio choice and capital markets* (Vol. 66). John Wiley & Sons.
- Markowitz, H.M., (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77-91.

- Mba, J. C., & Mai, M. M. (2022). A Particle Swarm Optimization Copula-Based Approach With Application to Cryptocurrency Portfolio Optimisation. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(7), 285.
- Milhoj, A. (1987). A Conditional Variance Model For Daily Deviations Of An Exchange Rate. *Journal of Business & Economic Statistics*, 5(1), 99-103.
- Münyas, T. (2017). Türk Sermaye Piyasasının Yeni Kolektif Yatırım Kuruluşu: Değişken Sermayeli Menkul Kıymet Yatırım Ortaklığı'nın Yapı, İşleyiş ve Faaliyet Esasları Üzerine Bir İnceleme. *Maliye ve Finans Yazıları*, 1 (107) , 148-160.
- Marszk, A., & Lechman, E. (2020). Application of Diffusion Models in the Analysis of Financial Markets: Evidence on Exchange Traded Funds in Europe, *Risks*, 8(1), 18.
- Mehrani, K., Mirshahvalad, A., & Abbasi, E. (2019). Portfolio Optimization Using Black Hole Meta Heuristic Algorithm. *Specialty Journal Of Accounting And Economics*, 5(2), 1-13.
- Mirjalili, S. (2019). Genetic Algorithm. *In Evolutionary Algorithms And Neural Networks* (pp. 43-55). Springer, Cham.
- Milhomem, D. A., & Dantas, M. J. P. (2020). Analysis of New Approaches Used in Portfolio Optimization: A Systematic Literature Review, *Production*, 30, e20190144. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190144>
- M'ng, J. C. P., ve Jean, A. H. J. (2014). The Usefulness of a New Technical Indicator, Rate of Change–Alpha (ROC- $\alpha$ ) on Stock Markets: A Study of Malaysian Top Capitalization Stocks. *Journal of Emerging Issues in Economics, Finance and Banking (JEIEFB) An Online International Research Journal*, 3(3), 1110-1124.
- 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).
- Oduşami, B. O., & Akinsomi, O. (2024). Diversifying And Hedging Reit Portfolios With Cryptocurrencies: Evidence From Global And Regional REIT Indices. *International Review of Financial Analysis*, 94, 103329.
- Osman, M. B., Galariotis, E., Guesmi, K., Hamdi, H., & Naoui, K. (2023). Diversification in Financial and Crypto Markets. *International Review of Financial Analysis*, 89, 102785.
- Onan, A. (2013). Metasezgisel Yöntemler Ve Uygulama Alanları. *Çukurova Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2), 113-128.



- Öncü, S. & Ektik, D. (2021). Kripto Paraların Yatırım Amaçlı Kullanımı: Riskler ve Getiriler. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(4), 362-395.
- Özbilgin, İ. G. (2012). Risk ve Risk Çeşitleri. *Bilişim Dergisi*, 7, 86-93.
- Özer, M. ve Türkyılmaz, S. (2004). Türkiye Finansal Piyasalarında Oynaklıkların ARCH Modelleri İle Analizi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Özkan, S. (2021). Orta ve Uzun Vadeli Finansman Kaynakları. *Güncel Finansal Yönetim Yaklaşımları-2*, 9.
- Pavković, A., Anđelinović, M., & Pavković, I. (2019). Achieving Portfolio Diversification Through Cryptocurrencies in European Markets. *Business Systems Research: International journal of the Society for Advancing Innovation and Research in Economy*, 10(2), 85-107.
- Pekkaya, M., & Gümüş, F. H. (2021). Oyun Teorisi Yaklaşımı İle Portföy Optimizasyonu Üzerine Literatür Değerlendirmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, (17), 1-19.
- Peñaranda, F. (2007). Portfolio Choice Beyond The Traditional Approach. Available at SSRN 1003123,1-49.
- Person, J. L. (2004). *A Complete Guide To Technical Trading Tactics: How To Profit Using Pivot Points, Candlesticks & Other Indicators* (Vol. 217). John Wiley & Sons.
- Phillips, P. C., & Jin, S. (2002). The KPSS Test With Seasonal Dummies. *Economics Letters*, 77(2), 239-243.
- Phillips, P.C.B. & P. Perron. (1988). Testing For A Unit Root In Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 335–346.
- Pilbeam, K. (2018). *Finance and Financial Markets*. Bloomsbury Publishing.
- Platanakis, E., Sutcliffe, C., & Urquhart, A. (2018). Optimal vs Naïve Diversification in Cryptocurrencies. *Economics Letters*, 171, 93-96.
- Ponsi, Ed. (2016). *Technical Analysis and Chart Interpretations: A Comprehensive Guide to Understanding Established Trading Tactics for Ultimate Profit*. John Wiley & Sons.
- Rajeswari, M. (2020). A Study on Construction of an Investment Portfolio Using Fundamental Analysis. *International Journal of Management (IJM)*, 11(12), 415-429.

- Ranganatham M. ve Madhumathi R (2009); "Investment Analysis and Portfolio Management" Forth Edition, Pearson Education, New Delhi.
- Ravagli, D., & Boshnakov, G. N. (2020). Portfolio Optimization With Mixture Vector Autoregressive Models. arXiv preprint arXiv:2005.13396.
- Resmi Gazete, Gayrimenkul Sertifikaları Tebliği (VII-128.2), (2013), <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130705-11.htm>, Erişim Tarihi: 21.11.2022
- Sahu, S., Ochoa Vázquez, J. H., Ramírez, A. F., & Kim, J. M. (2024). Analyzing Portfolio Optimization in Cryptocurrency Markets: A Comparative Study of Short-Term Investment Strategies Using Hourly Data Approach. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(3), 125.
- Said, S. E., & Dickey, D. A. (1984). Testing For Unit Roots İn Autoregressive-Moving Average Models Of Unknown Order. *Biometrika*, 71(3), 599-607.
- Salihoğlu, E., & Göv, A. (2021). Dijital Emtia Olarak Bitcoin'e Yatırım Portföyünde Yer Verilmeli Mi?: Bitcoin'in Altın, Gümüş ve Petrol Fiyatları ile İlişkisi Üzerine Bir İnceleme. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 6(16), 538-554.
- Sarwar, S., Shahbaz, M., Anwar, A., & Tiwari, A. K. (2019). The Importance Of Oil Assets For Portfolio Optimization: The Analysis Of Firm Level Stocks. *Energy Economics*, 78, 217-234.
- S. Sun, Z. Cao, H. Zhu and J. Zhao. (2020). A Survey of Optimization Methods From a Machine Learning Perspective. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 50(8), 3668-3681.
- Sayılgan, G. (2019). Soru ve Yanıtlarıyla İşletme Finansmanı, Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Sermaye Piyasası Kurulu. (2022, 10 Aralık). *Sermaye Piyasası Araçları Yatırımcıyı Bilgilendirme Kitapçıkları*, Sermaye Piyasası Yayınları: Ankara. <https://www.spk.gov.tr>
- Sermaye Piyasası Kurulu. (2022, 26 Aralık). *Borsa Yatırım Fonları*. <https://www.spk.gov.tr>
- Sermaye Piyasası Kurulu. (2022, 8 Aralık). *Tanıtım Rehberi, Portföy Yönetim Şirketleri*. <https://www.spk.gov.tr>
- Sohrabi, M. K., & Azgomi, H. (2020). A Survey On The Combined Use Of Optimization Methods And Game Theory. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 27(1), 59-80.

- 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.
- Söyler, H., & Keskinürk, T., (2007). Karınca Kolonisi Algoritması İle Gezen Satıcı Probleminin Çözümü, 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi (pp.1-11). Malatya, Türkiye.
- Su, C. (2010). Application of EGARCH Model to Estimate Financial Volatility of Daily Returns: The Empirical Case of China.
- Sundareswaran, T., ve Sathish, M. S. (2024). A Study On Accumulation And Distribution Indicator For Trading In Indian Stock Market. *UGC Care Journal*, 48(1), 166-172.
- Sümer, G., Zengin, B., & Battal, H. (2018). Vadeli İşlem ve Vadeli İşlem Piyasaları. *Third Sector Social Economic Review*, 53(2), 549-562.
- Süsay, A., Yurtoğlu, Y., & Murat, A. T. A. N. (2020). Karesel Programlama ile Portföy Optimizasyonu: Borsa İstanbul Örneği. *Nicel Bilimler Dergisi*, 2(2), 43-59.
- Şenkardeşler, R. A. (2016). Belirsizlik Ve Risk Altında Karar Alma Problemini Geleneksel ve Davranışsal Finans Perspektiflerinden Değerlendirme. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 8(4), 360-379.
- Syllignakis, M. N., & Kouretas, G. P. (2011). Dynamic Correlation Analysis Of Financial Contagion: Evidence From The Central And Eastern European Markets. *International Review of Economics & Finance*, 20(4), 717-732.
- Tanrıöven, C. & Aksoy, E. E. (2011). Sistematik Riskin Belirleyicileri: İMKB’de Sektörel Karşılaştırma. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (51) , 119-138.
- T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı (2022, 26 Aralık). *Kira Sertifikaları*. [www.hmb.gov.tr](http://www.hmb.gov.tr)
- Tenkam, H. M., Mba, J. C., & Mwambi, S. M. (2022). Optimization and Diversification of Cryptocurrency Portfolios: A Composite Copula-Based Approach. *Applied Sciences*, 12(13), 6408.
- Thammakesorn, S., & Sornil, O. (2019, April). Generating Trading Strategies Based On Candlestick Chart Pattern Characteristics, In *Journal of Physics: Conference Series*, 1195(1), 012008, IOP Publishing.
- 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.
- Troncoso, A. (2008). The Concept of Risk in Portfolio Theory. *Panorama Socioeconómico*, 26(37), 182-195.
- Tsay, R. S. (2005). *Analysis of Financial Time Series*. New Jersey: Wiley Interscience.
- Tura, Ü. (2023). Türev Ürünler, F.Kaya (Ed.), *Finansal Yatırım Araçları içinde* (s.255-277). İstanbul: Beta.
- Türkay, M. (2011). Optimizasyon Modelleri ve Çözüm Metodları, URL: <http://home.ku.edu.tr/~mturkay/indr501/Optimizasyon.pdf>.
- Uyar, U. , Kelten, G. S. & Moralı, T. (2020). Yatırımcılar İçin Teknik Analiz: Bitcoin ve Ethereum Uygulamaları. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 12 (23) , 653-671.
- Ünal, O. K. (2016). Banka Bonoları ve Banka Garantili Bonolar. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 2(2).
- Ünal, O. K. (2003). SPK. ve TK.' nda Tahviller. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 7 (2) , 0-0.
- 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.
- V. Puelz, A. (2001). Value-at-Risk Based Portfolio Optimization, Stochastic Optimization: Algorithms and Applications, 279–302.
- Wang, L., Ahmad, F., Luo, G. L., Umar, M., & Kirikkaleli, D. (2022). Portfolio Optimization of Financial Commodities With Energy Futures. *Annals of Operations Research*, 313(1), 401-439.
- Yakut, E., Çankal, A. (2016). Çok Amaçlı Genetik Algoritma ve Hedef Programlama Metotlarını Kullanarak Hisse Senedi Portföy Optimizasyonu: BIST-30'da Bir Uygulama/Portfolio Optimization Using of Methods Multi Objective Genetic Algorithm and Goal Programming: An Application in BIST-30. *Business and Economics Research Journal*, 7(2), 43.
- Yatırım Akademisi. (2024, Haziran). *Çubuk Grafik*. <https://yatirimakademisi.envizyon.com.tr>
- Yıldız, B. & Yıldız, B. (2007). Bulanık-Sinirsel Ağ ile Temel Analiz: İMKB'de Amprik Bir Çalışma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8 (2) , 25-41.

- Zanjirdar, M. (2020). Overview Of Portfolio Optimization Models. *Advances in Mathematical Finance And Applications*, 5(4), 419-435.
- Zhi, B., Wang, X., & Xu, F. (2021). Portfolio Optimization For Inventory Financing: Copula-Based Approaches. *Computers & Operations Research*, 136, 105481.
- Zimmermann, Hans-Jürgen (1987), Fuzzy Sets, Decision Making, And Expert Systems , Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Zor, İ. (2013). Varant Yatırımcısının Volatilité Algısına Etki Eden Faktörler: BIST’de Ampirik Bir Uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 20(2), 219-225.

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> Portföy türleri .....	59
<b>Tablo 2:</b> Çalışmada kullanılan değişkenler .....	100
<b>Tablo 3:</b> Yumuşak Emtialar Tanımlayıcı İstatistikler.....	101
<b>Tablo 4:</b> Tarımsal emtialar tanımlayıcı istatistikler .....	102
<b>Tablo 5:</b> Metal emtialar tanımlayıcı istatistikler .....	104
<b>Tablo 6:</b> Kripto paralar tanımlayıcı istatistikler.....	105
<b>Tablo 7:</b> Birim kök test sonuçları.....	107
<b>Tablo 8:</b> Şeker ve portakal suyu emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları	108
<b>Tablo 9:</b> Kakao ve pamuk emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları .....	109
<b>Tablo 10:</b> Pirinç ve buğday emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları .....	110
<b>Tablo 11:</b> Pirinç ve buğday emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları .....	110
<b>Tablo 12:</b> Altın ve gümüş emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları.....	111
<b>Tablo 13:</b> Platin ve bakır emtialarına ilişkin ARMA model tahmin sonuçları .....	112
<b>Tablo 14:</b> Bitcoin ve litecoin para birimlerine ilişkin ARMA model tahmin sonuçları .....	113
<b>Tablo 15:</b> Ripple ve dash para birimlerine ilişkin ARMA model tahmin sonuçları..	113
<b>Tablo 16:</b> Yumuşak emtialar için koşullu değişen varyans modelleri tahmin sonuçları .....	115
<b>Tablo 17:</b> Tarımsal emtialar için koşullu değişen varyans modelleri tahmin sonuçları .....	118
<b>Tablo 18:</b> Metal emtialar için koşullu değişen varyans modelleri tahmin sonuçları .	121
<b>Tablo 19:</b> Kripto para piyasası için koşullu değişen varyans modelleri tahmin sonuçları .....	124
<b>Tablo 20:</b> Yumuşak emtia piyasası ve kripto para piyasası için dinamik koşullu korelasyon model tahmin sonuçları .....	127

<b>Tablo 21:</b> Tarımsal emtia piyasası ve kripto para piyasası için dinamik koşullu korelasyon model tahmin sonuçları .....	130
<b>Tablo 22:</b> Metal emtia piyasası ve kripto para piyasası için dinamik koşullu korelasyon model tahmin sonuçları .....	133

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Finansal piyasaların işleyiş süreci.....	21
Şekil 2: Finansal piyasa türleri .....	22
Şekil 3: Tahvil türleri .....	30
Şekil 4: Çubuk grafiği .....	48
Şekil 5: Nokta-şekil grafiği .....	49
Şekil 6: Mum grafiği .....	49
Şekil 7: Yatırımcı tipleri.....	52
Şekil 8: Risk bileşenleri.....	54
Şekil 9: Portföy optimizasyon modelleri.....	66
Şekil 10: Yapay sinir ağları katmanları.....	76
Şekil 11: Yumuşak emtia piyasasına ilişkin getiri grafikleri .....	102
Şekil 12: Tarımsal emtia piyasasına ilişkin getiri grafikleri.....	103
Şekil 13: Metal emtia piyasasına ilişkin getiri grafikleri .....	105
Şekil 14: Kripto para piyasasına ilişkin getiri grafikleri .....	106



## ÖZGEÇMİŞ

Elif ÇETİN; 2011 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünde başladığı lisans eğitimini 2015 yılında tamamladı. 2016 yılında İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'da Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. "Sağlık Hizmetlerinde Modülerlik ve Müşteri Memnuniyeti" adlı yüksek lisans tezi ile 2019 yılında yüksek lisans eğitimini bitirdi. 2019 yılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. Yüksek Lisans tezi Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar dergisinde makale olarak yayınlandı. Doktora eğitimi sürecinde hazırladığı; "Covid-19 Pandemi Döneminde İş Doyumunun İş Performansına Etkisi" adlı makalesi Uluslararası Sosyal Bilimler ve Akademik Araştırmalar dergisinde, "Gelir Dağılımı-Tasarruf İlişkisi: Türkiye'de Hanehalkı Tasarruflarının Belirleyicileri" ve "Endüstriyel Dönüşüm Süreci ve Stratejik İnsan Kaynakları Dönüşümünün İlişkisi" başlıklı makaleleri International Journal Of Social, Humanities And Administrative Sciences dergisinde, "İç Girişimsel Faaliyetlerin İşletme Amaçlarına Etkisi" isimli makalesi 4<sup>th</sup> International Congress Of The Human And Social Science Researches (İTOBİAD) kongresinde, "Vekâlet Teorisinde Fırsatçılık Kavramı ve Oyun Teorisi" başlıklı makalesi Uluslararası Yönetim Akademisi dergisinde yayınlandı. Lisans eğitimi sonrasında özel sektörde yönetici olarak çalıştı. 2022 yılı itibariyle Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.