

**FARKLI YATIRIM UFUKLARINA GÖRE KRİPTO PARA
BİRİMLERİNİN VOLATİLİTE MODELLEMESİ**

**Pamukkale Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Doktora Tezi
İşletme Anabilim Dalı
Genel İşletme Doktora Programı**

Aslan AYDOĞDU

Danışman: Prof. Dr. Hafize MEDER ÇAKIR

MART 2024

DENİZLİ

DOKTORA TEZİ ONAY FORMU

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atıfta bulunulduğunu beyan ederim.

İmza

Aslan AYDOĞDU

ÖN SÖZ

Tez aşamasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen yol gösterici, cesaretlendiren ve teşvik edici olan danışman hocam Prof. Dr. Hafize MEDER ÇAKIR'a teşekkürü borç bilirim.

Tez izleme komitesinde yer alarak süreci özenle takip eden ve önemli katkılar sunan değerli hocalarım Prof. Dr. İsmail ÇELİK ve Doç. Dr. Umut UYAR'a teşekkür ederim.

Tez savuma jürime katılarak tezime farklı bakış açıları katan Prof. Dr. Dündar KÖK, Prof. Dr. Yusuf KADERLİ ve Doç. Dr. Umut Tolga GÜMÜŞ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecinde bana yardımcı olan, destek veren ve motivasyonumun yüksek olmasını sağlayan Arş. Gör. Melek CIBIR ve tüm arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Beni bu dünya getiren, bugünlere gelmem için büyük emek veren bugünkü ben olmamı sağlayan babam Mehmet Şirin AYDOĞDI, annem Hazine AYDOĞDI ve kardeşlerime sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Doktora aşamasında beni hep destekleyen, motive eden, cesaretlendiren ve sevgisiyle bana güç veren hayat arkadaşım ve sevgili eşim Zehra ÇİÇEK AYDOĞDU'ya varlığı için teşekkürlerimi sunarım.

Aslan AYDOĞDU
Mart 2024, Denizli

ÖZET

FARKLI YATIRIM UFUKLARINA GÖRE KRİPTO PARA BİRİMLERİNİN VOLATİLİTE MODELLESİ

AYDOĞDU, Aslan

Doktora Tezi

İşletme ABD

Genel İşletme Doktora Programı

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Hafize MEDER ÇAKIR

Mart 2024, xiii+360

Son yıllarda finans ekosisteminde bir devrim yaratan yenilik olarak ortaya çıkan kripto para piyasası, hızlı gelişimi, geleneksel finansal sistemlere meydan okuyan yapısı ve yüksek getiri potansiyeli ile büyük bir ilgi odağı haline gelmiştir. Bu piyasanın temeli, güvenlik ve şeffaflık sağlayan blockchain teknolojisine dayanmaktadır ve bu özellikleriyle hem geniş bir yatırımcı kitlesinin hem de portföy yöneticileri ve araştırmacıların dikkatini çekmiştir.

Farklı yatırım ufuklarına göre kripto para birimlerinin incelendiği bu çalışmada; piyasa değeri en yüksek olan dört farklı kripto para biriminin (Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin) fraktal yapısı, etkinliği ve uzun hafıza özelliği, Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü (MODWT), Yeniden Ölçeklendirilmiş Aralık (R/S) analizi ve volatilité modelleri kullanılarak araştırılmıştır. Bitcoin, Ethereum, Ripple için 01/0/2017 ile 22/11/2023 arasındaki günlük getiri verileri kullanılırken, Binance Coin için ise 06/11/2017 ile 21/11/2023 yılları arasındaki günlük kapanış fiyatları kullanılmıştır.

MODWT analizi sonucunda, farklı yatırım ufuklarına göre BTC, ETH, XRP ve BNB getirilerinin kendi iç dinamiklerine ve küresel olayların geliştiği dönemlerde yön ve derecelerinde değişiklik olduğu ve aynı zamanda hem volatil hem de fraktal bir yapı sergiledikleri gözlemlenmiştir. Hesaplanan Hurst üsteli katsayılara göre; bu kripto para birimlerine ait kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde devamlılığı olmayan, ortalamadan sapan, negatif otokorelasyona sahip, diğer bir ifadeyle seride kalıcı olmayan davranış sergilediği saptanmıştır. Bu bulguya göre Etkin Piyasa Hipotezi'nin tamamen reddedileceği ve kaotik bir yapı sergiledikleri gözlemlenmiştir. Bu kripto para birimlerine ait getiri ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde ise piyasaya giren bilgi şoklarının hiperbolik oranda elemine olduğu için geçmiş getirilerden yararlanarak geleceğin getirilerini tahmin edilebileceği; Dolayısıyla, EPH'nin ihlal edilebileceği ve birbirlerini tekrarlayan trendler oluşturduğundan dolayı FPH'nin geçerli olduğu gözlemlenmiştir.

Son olarak seçilen kripto para birimlerine ait en uygun volatilité modelleri belirlenmiştir (bkz. Tablo 19, 21, 23, 25). Elde edilen bulgulara göre; BTC ve ETH, XRP ve BNB getirilerinin, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerin piyasaya giren bilgi şoklarının yavaş yavaş azaldığından dolayı geçmiş getiriler bakımından geleceğin getirilerini tahmin edilebileceği, dolayısıyla, Etkin Piyasa Hipotezi'nin ihlal edilebileceği, Fraktal Piyasa Hipotezi'nin ise geçerli olduğu gözlemlenmiştir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında ise hem volatilitenin hem de bilgi şoklarının geçici olduğu, ancak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Hem Hurst katsayılarının hem de en uygun volatilité modellerinden elde edilen

bulguların uyumlu olması nedeniyle sonuçların kripto para piyasasının bütününe kapsayacağı çıkarımı yapılabilir. Kripto para piyasasına yatırım yapmak isteyen bireysel ve kurumsal yatırımcılar ile portföy yöneticilerinin farklı yatırım ufuklarına göre yatırım stratejileri belirlemeleri hem risk düzeyleri hem de portföy çeşitlendirmeleri açısından faydalı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Blockchain, Kripto Para, Bitcoin, Yatırım Ufku, Wavelet Analizi, Etkin Piyasa Hipotezi, Fraktal Piyasa Hipotezi, Kısa Hafıza, Uzun Hafıza, Volatilité, Fraktallık, Kendine Benzerlik.

ABSTRACT

VOLATILITY MODELING OF CRYPTOCURRENCIES ACCORDING TO DIFFERENT INVESTMENT HORIZONS

AYDOĞDU, Aslan

Doctoral Thesis

Business Administration Department

PhD. in Business Administration

Adviser of the Thesis: Prof. Dr. Hafize MEDER ÇAKIR

March 2024, xiii+360

The Cryptocurrency market has emerged as a revolutionary innovation in the financial ecosystem in recent years and become a focus of great interest because of its rapid development, structure that challenges traditional financial systems and high return potential. This market is based on blockchain technology, which provides security and transparency. With these features, it has attracted the attention of both a broad investor base and portfolio managers and researchers.

This study investigates cryptocurrencies according to different investment horizons; The fractal structure, efficiency and long memory feature of four different cryptocurrencies with the highest market value (Bitcoin, Ethereum, Ripple and Binance Coin) were evaluated using Maximum Overlap Wavelet Transform (MODWT), Rescaled Range (R/S) analysis and volatility models. was researched. While daily return data between 01/01/2017 and 22/11/2023 was used for Bitcoin, Ethereum and Ripple, daily closing prices between 06/11/2017 and 21/11/2023 were used for Binance Coin.

As a result of the MODWT analysis, it was observed that the returns of BTC, and ETH, According to the calculated Hurst exponent coefficients, it was determined that the returns of these cryptocurrencies in the short and medium-term investment horizons are discontinuous, deviate from the average, have negative autocorrelation, is, they exhibit non-permanent behaviour in the series. According to this finding, it was observed that Efficient Market Hypothesis would be completely rejected and they exhibited a chaotic structure. It was observed that in the returns of these cryptocurrencies and their returns in long and term investment horizons, Fractal Market Hypothesis is valid because the information shocks entering the market are eliminated at a hyperbolic rate, future returns can be predicted by using past returns, therefore EPH can be violated and it creates repeating trends.

Finally, the most appropriate volatility models for the selected cryptocurrencies were determined (see Tables 19, 21, 23, 25). According to the findings, it was observed that BTC and ETH, In short, and medium-term investment horizons, it was determined that both volatility and information shocks are temporary but change. It can be inferred that the findings obtained from both Hurst coefficients and the best-fit volatility models are compatible and the results will cover the entire Cryptocurrency market. It may benefit both individual and institutional investors and portfolio managers who want to invest in the Cryptocurrency market to determine investment strategies according to different investment horizons in terms of risk levels and portfolio diversification.

Keywords: Blockchain, Cryptocurrency, Bitcoin, Investment Horizon, Wavelet Analysis, Efficient Market Hypothesis, Fractal Market Hypothesis, Short Memory, Long Memory, Volatility, Fractality, Self-Similarity.

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ	ix
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

SERMAYE PİYASALARINDA ETKİNLİK VE ETKİNLİĞE YÖNELİK KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1.Geleneksel Finans ve Fraktal Finansa Genel Bir Bakış.....	6
1.1.1.Geleneksel Finans Teorisinin Geçmişi.....	6
1.1.2.Finansal Piyasalar ve Piyasa Etkinliği Kavramları	9
1.2. Etkin Piyasa Hipotezi.....	10
1.3. Etkin Piyasa Hipotezi Altında Yatan Modeller.....	17
1.3.1. Adil Oyun Teorisi Modeli.....	17
1.3.2.Submartingale Modeli	18
1.3.3.Rassal Yürüyüş Modeli	19
1.4. Etkin Piyasa Hipotezi Formları.....	21
1.4.1. Zayıf Formda Etkinlik Formu	21
1.4.2. Yarı-Güçlü Formda Etkinlik Formu.....	22
1.4.3. Güçlü Formda Etkinlik Formu	23
1.5. Etkin Piyasa Hipotezine, Normal Dağılıma ve Rassal Yürüyüşe Yönelik Eleştiriler	24
1.6. Piyasa Etkinliği Bağlamında Analiz Teknikleri.....	30
1.7. Fraktallık ve Fraktal Piyasa Hipotezi	35
1.7.1. Fraktal, Fraktal Boyut ve Kendine Benzerlik (Self-Similarity) Kavramları.....	35
1.7.2. Likidite Kavramı	41
1.7.3. Uzun Hafıza Kavramı	42
1.7.4. Yatırım Ufku Kavramı	44
1.7.5. Fraktal Piyasa Hipotezi	44

İKİNCİ BÖLÜM

GELENEKSEL VE ÇAĞDAŞ FİNANSAL YATIRIM ARAÇLARINA İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1.Finansal Piyasa ve Finansal Piyasanın Sınıflandırılması.....	53
2.1.1. Finansal Piyasa Kavramı.....	53
2.1.2. Finansal Piyasanın Fonksiyonları	55
2.1.3. Finansal Piyasaların Sınıflandırılması.....	56
2.2.Yatırım Kavramı ve Geleneksel Yatırım Araçları ve Özellikleri	59
2.2.1 Yatırım Kavramı	59
2.2.2. Geleneksel Yatırım Araçları ve Özellikleri.....	61
2.2.3. Geleneksel Yatırım Araç Türleri.....	63
2.2.3.1 Para Piyasası Araçları	64
2.2.3.2. Sermaye Piyasası Araçları	69
2.3. Çağdaş Yatırım Araçları	76
2.3.1. Blockchain Teknolojisi ve Kripto Paralar.....	76
2.3.1.1. Blockchain Teknolojilerine İlişkin Temel Kavramlar ve Tanımları.....	77
2.3.1.2. Akıllı Sözleşmeler ve Blockchain Kullanım Alanları.....	82
2.3.1.3. Blockchain Teknolojisinin Özellikleri, Avantaj ve Dezavantajları	85
2.3.1.4. Blockchain Teknolojisinin Çalışma Yapısı.....	91
2.3.1.5. Blockchain Teknolojilerinin Finans Sektörü Üzerindeki Etkileri.....	94
2.3.1.6. Blockchain Teknolojilerinin Önemi ve Kripto Paralar	96
2.3.2. Çağdaş Yatırım Aracı Olarak Kripto Paralar	98
2.3.2.1.Para, Para Birimi Kavramı ve Kripto Paranın Tarihsel Gelişimi.....	98
2.3.2.2.Kripto Para Kavramı ve Önemi	101
2.3.2.3 Kripto Paraların Özellikleri, Avantaj ve Dezavantajları	103
2.3.2.4. Kripto Para Madenciliği, İşleyiş Mekanizması ve Cüzdan Türleri.....	108
2.3.2.5. Finansal Piyasalar ve Kripto Paralar	113
2.3.2.6. Kripto Para Borsaları	115
2.3.2.7. Kripto Paralar ve Finans Alanındaki Gelişme ve Düzenlemeler	116
2.3.2.8 . Kripto Para Türleri	119

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA DİZAYNI

3.1. Araştırmanın Amacı.....	133
3.2. Araştırmanın Veri Seti	135
3.3. Araştırmanın Metodolojisi	136

3.4. Finansal Zaman Serileri	137
3.5. Finansal Zaman Serilerinin Özellikleri	140
3.6. Finansal Zaman Serilerinde Durağanlık	149
3.7. Finansal Zaman Serilerinde Otokorelasyon	162
3.8. Finansal Zaman Serilerinde Değişen Varyans	168
3.9. Finansal Zaman Serilerinde Stokastik Süreçler	185
3.10. Wavelet Analizi.....	195
3.11. Literatür Araştırması	218
3.12. Uygulama ve Araştırma Sonuçları	235
3.12.1. Bitcoin Analiz Sonuçları	244
3.12.2. Ethereum Analiz Sonuçları	262
3.12.3. Ripple Analiz Sonuçları	277
3.12.4. Binance Coin Analiz Sonuçları	292
SONUÇ VE TARTIŞMA	308
KAYNAKLAR	323
ÖZGEÇMİŞ	360

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Beklenmeyen Olumlu Bir Olay Karşısında Piyasasının Tepkisi	14
Şekil 2. Beklenen Olumlu Bir Olay Karşısında Piyasasının Tepkisi.....	15
Şekil 3. Hisse Senedi Fiyatının Etkin ve Etkin Olmayan Piyasalarda Yeni Bilgiye Verdiği Tepki	16
Şekil 4. Üç Ayrı Formdaki Piyasa Etkinliğinin Birbiri ile İlişkileri	24
Şekil 5. Sierpinski Üçgenin Temel Yapım Aşamaları	36
Şekil 6. Koch Kar Tanesi	37
Şekil 7. Weierstrass Fonksiyonu	38
Şekil 8. Finansal Zaman Serilerinin Kendine Benzerliği.....	38
Şekil 9. Almanya DAX Endeksinin Kendine Benzerliği.....	39
Şekil 10. Fraktal Boyutun Zaman Serilerindeki Görünümü ve Hurst Üsteli ile İlişkisi	41
Şekil 11. Etkin Piyasa Hipotezi ve Fraktal Piyasa Hipotezi Savunucuları	52
Şekil 12. Ekonomik Birimler	53
Şekil 13. Finansal Sistemin İşleyişi	54
Şekil 14. Finansal Piyasalar Oluşturan Temel Unsurlar	55
Şekil 15. Finansal Piyasa Sınıflandırılması.....	59
Şekil 16. Finansal Varlıkların Ekonomik Rollerini.....	61
Şekil 17. Finansal Piyasa Türleri	63
Şekil 18. Tahvil Türleri	73
Şekil 19. Farklı Sermaye Piyasası Araçları.....	75
Şekil 20. Ağ Yapıları.....	81
Şekil 21. Blockchain Genel Uygulamaları.....	85
Şekil 22. Blockchain Teknolojisinin Temel Özellikleri.....	86
Şekil 23. Blockchain Teknolojinin Başlıca Faydaları.....	89
Şekil 24. Blockchain Teknolojisinin Güvenliği (Blockchain neden güvenli?).....	90
Şekil 25. Blockchain Temel Çalışma Mantığı	93
Şekil 26. Kripto Para Cüzdanları	112
Şekil 27. Bitcoin İşleyiş Mekanizma Süreci	124
Şekil 28. Normal Dağılım Grafiği.....	143
Şekil 29. Lognormal Dağılım Grafiği	145
Şekil 30. Leptokörtik ve Platikörtik Dağılım Grafikleri	146
Şekil 31. Simülasyon ile Elde Edilmiş Wiener Süreçleri.....	190
Şekil 32. Wavelet Dönüşümü.....	195
Şekil 33. Fourier ve Wavelet Dönüşümü için Zaman-Frekans Düzlemi	196

Şekil 34. Anne ve Baba Wavelet Grafikleri.....	198
Şekil 35. Ölçek α parametresi $0 < a < 1$ gösterimi.....	199
Şekil 36. Ölçek ile Frekans arasındaki ilişki.....	200
Şekil 37. Konum Parametresinin Wavelet Fonksiyonuna Etkisi	200
Şekil 38. Wavelet Dönüşümünün Aşamaları (Kaydırma-Ölçekleme İşlemi).....	201
Şekil 39. Morlet Waveleti	205
Şekil 40. Mexican Hat Wavelet Grafiği.....	205
Şekil 41. Piramit Algoritması Yoluyla x 'in Birim Ölçeğin Ayrışmasını Gösteren Akış Diyagramı.....	208
Şekil 42. Piramit Algoritması Yoluyla x 'in Rekonstrüksiyonu (Yeniden oluşturulması) Gösteren Akış Diyagramı.....	208
Şekil 43. Haar Ölçekleme Fonksiyonunun Çift Ölçek İlişkisi.....	210
Şekil 44. Haar Waveleti	210
Şekil 45. Symlet Wavelet.....	211
Şekil 46. Farklı Filtre Uzunluklarına Sahip Coiflet Wavelet Grafikleri	211
Şekil 47. Daubechies Ölçekleme ve Wavelet Fonksiyonları	213
Şekil 48. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin Fiyat Serisi Grafikleri.....	236
Şekil 49. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin Getiri Serisi Grafikleri.....	238
Şekil 50. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin Normal Dağılım, Yoğunluk ve QQ Plot Grafikleri.....	239
Şekil 51. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin Kripto Para Birimlerine Ait Fiyat ve Getiri Serilerine İlişkin Otokorelasyon Fonksiyon Grafikleri.....	240
Şekil 52. Bitcoin (BTC) için Getiri ve Farklı Zaman Ölçek Getiri Serilerine İlişkin Grafikler	247
Şekil 53. BTC için Hesaplanan Hurst Üsteli Grafiği	254
Şekil 54. Ethereum (ETH) için Getiri ve Farklı Zaman Ölçek Getiri Serilerine İlişkin Grafikler	263
Şekil 55. ETH için Hesaplanan Hurst Üsteli Grafiği	269
Şekil 56. Ripple (XRP) için Getiri ve Farklı Zaman Ölçek Getiri Serilerine İlişkin Grafikler.....	278
Şekil 57. XRP için Hesaplanan Hurst Üsteli Grafiği	284
Şekil 58. Binance Coin(BNB) için Getiri ve Farklı Zaman Ölçek Getiri Serilerine İlişkin Grafikler	292
Şekil 59. BNB için Hesaplanan Hurst Üsteli Grafiği.....	298

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Anomali Türlerinin Sınıflandırılması	29
Tablo 2. Teknik Analiz Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları.....	34
Tablo 3. Etkin Piyasa Hipotezi ile Fraktal Piyasa Hipotezi'nin Karşılaştırılması	51
Tablo 4. Sermaye Piyasası ile Para Piyasası Arasındaki Temel Farklar.....	57
Tablo 5. Para Piyasası Araçları ve İhraç Eden Kurum/Kuruluşlar	69
Tablo 6. Bitcoin Birimleri.....	122
Tablo 7. Ether Birimleri	126
Tablo 8. Araştırma Kullanılan Veri Setine Ait Bilgiler	136
Tablo 9. Kesirli (fraksiyonel) Bütünleşik Parametrelerin Özellikleri.....	181
Tablo 10. Serilerin Fraktal Gruplandırılması.....	194
Tablo 11. Ölçek ile Frekans Arasındaki İlişkinin Gösterimi	200
Tablo 12. Çoklu Ölçek Yöntemine Göre Wavelet Analizi Zaman Ufukları.....	217
Tablo 13. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin'e İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler	241
Tablo 14. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin'e İlişkin ARCH- LM ve Ljung-Box Test İstatistikleri	242
Tablo 15. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin'e İlişkin Birim Kök Test Sonuçları	243
Tablo 16. Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Zaman Ölçekleri	246
Tablo 17. Serilerin Fraktal Gruplandırılması.....	252
Tablo 18. Bitcoin için Hesaplanan Hurst Üsteli- R/S Analiz Sonuçları	253
Tablo 19. Bitcoin için Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Volatilite Modelleme Sonuçları	257
Tablo 20. Ethereum için Hesaplanan Hurst Üsteli- R/S Analiz Sonuçları	268
Tablo 21. Ethereum için Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Volatilite Modelleme Sonuçları	272
Tablo 22. Ripple için Hesaplanan Hurst Üsteli- R/S Analiz Sonuçları	283
Tablo 23. Ripple için Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Volatilite Modelleme Sonuçları	287
Tablo 24. Binance Coin için Hesaplanan Hurst Üsteli- R/S Analiz Sonuçları	298
Tablo 25. Binance Coin için Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Volatilite Modelleme Sonuçları	302

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACF	Otokorelasyon Fonksiyonu
ADF	Geliştirilmiş Dickey-Fuller
APARCH	Asimetrik Üslü Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
APT	Arbitraj Fiyat Teorisi
AR	Otoregresif
ARCH- M	Ortalamada Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
ARCH	Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
ARCH-LM	Lagrange Çarpanı
ARFIMA	Otoregresif Kesirli Bütünleşik Hareketli Ortalama
ARIMA	Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama
ARMA	Otoregresif Hareketli Ortalama
BIST	Borsa İstanbul
BNB	Binance Coin
BTC	Bitcoin
C-GARCH	Component Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
CWT	Sürekli Wavelet Dönüşümü
DAX	Almanya Birleşik Borsa Endeksi
DDK	Dağıtık Defter-i Kebir
DF	Dickey Fuller
DFA	Trendden Arındırılmış Dalgalanma Analizi
DJIA	Dow Jones Borsası Endüstri Endeksi
DWT	Kesikli Wavelet Dönüşümü
EGARCH	Üstel Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
EKK	En Küçük Kareler Tahmin Edicisi
EPH	Etkin Piyasa Hipotezi
ETH	Ethereum
FED	Federal Rezerv Bankası
FIAPARCH	Kesirli Bütünleşik Asimetrik Üslü Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
FIEGARCH	Kesirli Bütünleşik Üstel Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
FIGARCH	Kesirli Bütünleşik Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
FPH	Fraktal Piyasa Hipotezi

FTSE	Londra Borsası
GARCH	Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
GARCH-M	Ortalamada Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
GED	Genelleştirilmiş Hata Dağılımı
GJR-GRACH	Eşik Değerli Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
GPH	Geweke-Porter-Hudak
HYGARCH	Hiperbolik Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
IGARCH	Bütünleşik Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
IoT	Nesnelerin İnterneti
KBH	Kesirli Brown Hareketi
KPSS	Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin
LTCM	Uzun Vadeli Sermaye Yönetimi
MA	Hareketli Ortalama
MB	Merkez Bankası
MODWT	Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü
MPT	Modern Portföy Teorisi
NYSE	New York Menkul Kıymetler Borsası
PP	Phillips-Perron
R/S	Yeniden Ölçeklendirme Aralığı Analizi
SBH	Standart Brownian Hareketi
SPK	Sermaye Piyasası Kurulu
SVFM	Sermaye Varlık Fiyatlama Modeli
TDK	Türk Dil Kurumu
T-GARCH	Eşik Değerli Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
VDMK	Varlığa Dayalı Menkul Kıymet
XRP	Ripple

GİRİŞ

Son yıllarda bilişim teknolojileri hızlı bir şekilde gelişmesiyle birlikte hayatın her alanına girmesinin yanı sıra ekonomik yapılar ve finansal işlemler üzerinde önemli etkiler göstermeye başlamıştır. Bu etkilerin en bariz örneklerinden biri, para birimlerinin geçmişten günümüze kadar birçok değişim sürecinden geçmiş olmasıdır. Tarihsel bir perspektifle incelendiğinde para, takas sistemlerinden, değerli metallerin kullanımına ve ardından temsili para birimlerine dönüşmüştür. 20. yüzyılın ortalarından itibaren bu gelişim süreci, kâğıt paranın yaygınlaşması ve banka kayıtlarının dijitalleşmesi ile devam etmiştir. 21. yüzyılın başlarında ise bu gelişim süreci bilişim teknolojilerinin ivme kazanması ile uyumlu hale gelerek, dijital paraların yanı sıra kripto para birimlerinin ortaya çıkmasına kadar devam etmiştir.

Dijital paranın kriptoloji ve Blockchain teknolojilerinin entegrasyonu ile geliştirilen kripto para birimlerinin ortaya çıkışı, Nakamoto (2008) tarafından ilk kez Bitcoin'in önerilmesiyle başlamıştır ve sonraki yıllarda Ethereum, Ripple, Binance Coin, Ether, USD Coin ve Litecoin gibi birbirinden farklı kripto para birimleri ortaya çıkmıştır. Bu kripto para birimlerin yanı sıra kripto para piyasasında fiili dolaşımdaki kripto para birimlerinin sayısı Mart 2023 yılı itibariyle 22.000'den fazla olup; piyasa değeri 1 Trilyon doları aşarak önemli bir büyüme potansiyeli göstermiştir (CoinMarketCap, 2023). İlk olarak genellikle çevrimiçi oyunlarda kullanılan bu paralar, ilerleyen süreçlerde daha popüler hale gelmiş ve yatırımcılar, düzenleyiciler ve medya tarafından yoğun bir ilgi görmüştür. Bu para birimleri, finansal kurumların aracılığı olmaksızın, çevrimiçi ödemelerin eşler arası elektronik nakit sistemleri üzerinden bir taraftan diğer tarafa doğrudan transfer edilmesini sağlamaktadır.

Özgün yapısıyla kripto para birimleri, geleneksel finansal varlıklarla kıyaslandığında; merkezi bir otoriteye bağlı olmayan, tamamen dijital olmasıyla ve bölünebilir yapısıyla dikkat çekmektedir. Ayrıca bu para birimlerinin değerlendirmesi bağlamında, geleneksel finansal varlıklardan farklı olarak kripto para birimlerinin değeri herhangi bir maddi varlığa, ülke ekonomisine veya firmaya bağlı değildir; bunun yerine tüm işlemleri takip edebilen bir algoritmanın güvenliğine dayanmaktadır. Düşük işlem maliyetleri, eşler arası işlem yapıları ve merkezi olmayan yapıları gibi faktörlere bağlı olarak kripto paraların kullanımı hızla artmıştır. Son yıllarda bu durum, kripto para birimlerinde önemli fiyat dalgalanmalarının yanı sıra işlem hacminde ve fiyatında yükselmeye neden olmuştur ve bunun sonucunda kripto para birimlerini alım ve satım

stratejilerine uygun çağdaş bir finansal varlık sınıfı olarak gören yatırımcıların sayısı giderek artmıştır. Dolayısıyla, bu gelişmeler sayesinde dünya genelinde kripto para birimleri güncel bir konu haline gelmenin yanı sıra akademik araştırmalarda da popüler bir konu haline gelmiştir. Bu bağlamda günlük işlem hacmi 3 milyar doları aşan kripto para birimlerinin yaşadığı bu gelişim sürecinde hem evriminin hem de olası etkilerinin analiz edilmesi, bütün ülkeler ve yatırımcılar açısından önem arz etmektedir. Ayrıca günümüzde kripto para birimlerinin yüksek volatiliteye sahip olması ve hukuki bakımdan düzenlemelerin tamamlanmamış olması sebebiyle çağdaş bir yatırım aracı konumundaki kripto para birimlerinin ve kripto para piyasasının gelişimi devam etmektedir. Bu çerçevede kripto para piyasası ile ilgili yeni ampirik araştırmalar hızlı bir şekilde ortaya çıkmaya devam ederken, çağdaş yatırım aracı olarak kullanılan kripto para birimlerinin farklı yatırım ufuklarına göre analiz edilmesi, Etkin Piyasa Hipotezi (EPH), Fraktal Piyasa Hipotezi (FPH) ve volatilité modelleri bağlamında incelenmesi önem arz etmektedir.

Louis Bachelier'in 1900 yılında yayımladığı çalışma ile finansal piyasalardaki fiyat hareketlerinin rastgele olup olmadığı uzun süreli bir tartışma konusu haline gelmiştir. Yıllardır test edilen Rastal Yürüyüş Hipotezi, fiyat hareketlerinde belirgin bir trendin olmadığını ve geçmiş fiyat verilerinin gelecekteki fiyat hareketlerini tahmin etmesinin imkânsız olduğunu ve piyasayı yenmenin mümkün olmadığını yani piyasa üzerinde sürekli bir avantaj elde etmenin olasılık dışı olduğunu ileri sürmektedir. Uzun yıllardır test edilen bu hipotez, Etkin Piyasa Hipotezi (EPH) ile paralellik göstermektedir. EPH, fiyatların rastgele hareket ettiğini ve finansal varlık fiyatlarının mevcut tüm bilgileri yansıttığını savunmaktadır. Dolayısıyla, EPH'ye göre varlık fiyatlarının normal bir dağılım sergilediği kabul edilmektedir. Böylece EPH'yi doğrusallık, süreklilik ve durağan özellikleriyle tanımlamak mümkündür. Ancak zaman içinde yapılan araştırmalar ve gözlemler, finansal varlık fiyatlarının sivri (leptokörtik) ve kalın kuyruklu dağılımlara sahip olduğunu ve fiyat hareketlerinde belirgin anomalilerinin olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, finansal varlık fiyatlarının doğrusal olmayan, süreksiz ve karmaşık yapısını vurgulayarak, bu fiyat hareketlerini açıklamak için farklı hipotezlerinin geliştirilmesinin gerekliliğine işaret etmiştir. Bu bağlamda Peters (1994) tarafından geliştirilen Fraktal Piyasa Hipotezi (FPH), finansal varlık fiyatlarının Kesirli Brownian Hareketini (KBH) sergilediğini ve getirilerin kendine benzerlik (self-similarity) ve uzun hafıza ile tanımlanan fraktal dağılıma sahip olduğunu savunmaktadır (Liu vd., 2022).

EPH, finansal piyasalardaki krizleri, dengesizlikleri, kaosu ve belirgin trendleri, spekülative balonları ve diğer anomalileri açıklayamamaktadır. FPH ise piyasa hareketlerinin düzensizliğini, dalgalı ve doğrusal olmayan niteliklerini dikkate almaktadır. Bu durumda FPH'nin gerçeklikle daha uyumlu bir yapı sergilediğini söylemek mümkündür. EPH, genellikle tek bir yatırım ufku üzerine odaklanırken, FPH ise yatırımcılarının farklı yatırım ufuklarına sahip olduğunu kabul ederek daha geniş bir perspektif sunmaktadır. Bu farklı yaklaşımları nedeniyle FPH, piyasa dinamiklerinin daha kapsamlı bir şekilde ele alınmasına olanak tanımaktadır. EPH'nin gerçeğe uygun olmayan katı varsayımlarının aksine FPH, daha gerçekçi bir yaklaşım sunarak, finansal piyasalardaki kaosu ve belirgin trendleri, finansal piyasalardaki krizleri, düzensizlikleri ve spekülative balonları analiz etmeye yönelik bir çerçeve sağlamaktadır. Dolayısıyla, bu fark, araştırmacılar arasında FPH'ye artan bir ilgiye yol açmıştır.

Fraktal Piyasa Hipotezi (FPH), finansal enstrümanların zamanla fraktal özellikler gösterdiğini ve farklı zaman ölçeklerinde¹ analiz edildiğinde finansal zaman serilerinin kendine benzer (self-similarity) bir yapı sergilediğini ileri sürmektedir. FPH aynı zamanda fiyat hareketlerinde uzun vadeli belleğin ve farklı yatırım ufuklarında yinelenen yapıların olduğunu savunmaktadır. Dolayısıyla, uzun vadeli belleğinin analizinde en sık kullanılan yöntem, Hurst üstelidir. Hurst üsteli katsayılarına göre finansal zaman serilerinin üç farklı durumu açıklanabilmektedir; Bunlar, serinin uzun hafıza yani trende sahip olma, serinin eski ortalama değerine geri dönmesi ve serinin rassal yürüyüş sergileyip sergilemediğidir. Öte yandan, finansal zaman serilerinde farklı yatırım ufuklarını elde edebilmek için birbirinden farklı analiz yöntemleri bulunmakla birlikte, diydik (2 ve katı olan) özelliklere gerek duymadığı ve daha esnek bir yapıya sahip olduğundan dolayı Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü (Maksimum Overlap Wavelet Transform-MODWT) analiz yöntemi sıklıkla tercih edilmektedir (Gençay vd., 2002).

Hurst üsteli ve wavelet analizinin birlikte kullanılması finansal zaman serilerinin analizinde önemli iki yöntem olup; finansal piyasalardaki davranışları anlamak ve çeşitli yatırım stratejileri geliştirmek açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda Hurst üsteli ve wavelet analizi, yatırımcılar ve portföy yöneticileri için finansal piyasaların karmaşık yapısını anlamak ve bu bilgiyi stratejik yatırım kararlarına dönüştürmek için büyük önem

¹ "Farklı zaman ölçekleri" kavramı teknik bir kavram olduğundan dolayı çalışmanın diğer kısımlarında "farklı yatırım ufukları" şeklinde ifade edilmektedir.

taşıyabilir. Hurst üsteli, finansal varlıkların fiyat hareketlerinin uzun vadeli trendlerini ve serinin eski ortalama değerine geri dönüş davranışlarını belirleyerek, yatırımcıların veya portföy yöneticilerinin bu bilgiye dayalı olarak risk yönetimi stratejilerini geliştirmelerine ve trend takibi veya serinin eski ortalamasına geri dönmesi odaklı yatırım stratejileri uygulamalarına imkân sağlayabilir. Diğer yandan wavelet analizi, finansal zaman serilerinde hem kısa hem de orta ve uzun vadeli yatırım ufkundaki döngüleri, volatilité değişimlerini ve piyasadaki anormal davranışları tespit ederek, piyasa koşullarına göre risk düzeylerinin ayarlanmasını, piyasa döngülerinin ve potansiyel finansal gelişmelerin veya krizlerin önceden tespit edilmesini sağlayarak portföy optimizasyonu için önemli bilgiler sunabilir. Bu analiz yöntemleri, yatırımcıların ve portföy yöneticilerinin daha dengeli ve riski optimize edilmiş portföyler oluşturmalarına, piyasa davranışlarına daha iyi uyum sağlamalarına ve daha bilinçli yatırım kararları almalarına katkı sağlayabilir. Hurst üsteli ve wavelet analizi, bu nedenle, finansal piyasaların dinamiklerini ve risklerini daha derinlemesine kavramak ve etkili yatırım stratejileri geliştirmek için modern portföy yönetiminin temel araçlarından biri haline gelmiştir. Finansal piyasaların analizinde kullanılan Hurst üsteli ve wavelet analizi, özellikle yüksek volatilitéye sahip ve karmaşık yapıdaki kripto para birimleri piyasasının anlaşılmasında önemli bir katkı sağlayabilir. Aynı zamanda kripto para piyasalarının hızlı değişimlerine ve beklenmedik fiyat hareketlerine karşı duyarlı bir risk yönetimi ve portföy optimizasyonu stratejisi geliştirmek için elzem olabilir. Dolayısıyla, bu çifte yaklaşım, bu bağlamda finansal piyasaların geleneksel modelleriyle sınırlı kalmayıp, piyasa davranışlarının daha geniş ve karmaşık yapısını kavramak için kritik öneme sahip olup; bu analizlerin kripto para birimleri için de incelenmesi, yeni ve hızla gelişen ve yüksek volatilitéye sahip kripto para piyasasının dinamik yapısını anlamak ve bu piyasanın hızlı değişimlerine ve beklenmedik fiyat hareketlerine karşı duyarlı bir risk yönetimi ve portföy optimizasyonu stratejisi geliştirmek için büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda kripto para piyasasının doğasında var olan dalgalanma ve belirsizlikler nedeniyle bu piyasanın detaylı olarak araştırılmasına ve derinlemesine bir analize gerek duyulmaktadır.

Dolayısıyla, bu çalışmada, farklı yatırım ufuklarına göre kripto para birimlerinin uygun volatilité modelinin belirlenmesi ve EPH ve FPH kapsamında araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda piyasa değeri en yüksek olan dört kripto para araştırma kapsamına alınmıştır. Bunlar; Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Ripple (XRP) ve Binance Coin (BNB)'dir. Tüm kripto paraların toplam piyasa değerinin %68'ini

oluşturan bu kripto paraların (CoinMarketCap, 2023) araştırma kapsamına alınıp analiz edilmesi, araştırma sonuçlarının hem daha tutarlı hem de daha anlamlı olmasına katkı sağlayarak kripto para piyasası için genellenmesine katkısı olacağı düşünülmektedir.

Çalışma üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, sermaye piyasalarında etkinlik ve etkinliğe yönelik kavramsal çerçeve ele alınmıştır. Bu kapsamda, finans teorisi geçmişi, etkinlik kavramı, piyasa etkinliği kavramı, etkin piyasa hipotezi, etkin piyasa hipotezi etkinlik formları, piyasa etkinliği kapsamında analiz teknikleri, yatırım ufku, uzun hafıza kavramı, fraktal ve fraktal piyasa hipotezi detaylı olarak açıklanmıştır.

İkinci bölümde, geleneksel ve çağdaş yatırım araçlarına ilişkin kavramsal çerçeve ele alınmıştır. Bu bölümde, öncelikle finansal piyasa kavramı ve finansal piyasanın sınıflandırılması, yatırım kavramı ve geleneksel yatırım araçları ve özellikleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra, blockchain teknolojilerine ilişkin temel kavramlar, blockchain kullanım alanları ve çalışma yapısı açıklanmıştır. Ayrıca, çağdaş yatırım aracı olarak kripto paralar ve kripto para birimlerine ilişkin bilgilere yer verilmiş ve ardından finansal piyasalar ve kripto para borsaları ve kripto para türlerine ilişkin açıklamalar yapılmıştır.

Üçüncü ve son bölümde ise kripto para birimlerinin günlük getirilerinden yararlanarak tanımlayıcı istatistikler analiz edilmiştir. MODWT kullanarak filtreleme işlemi ile farklı yatırım ufuklarına göre getiriler elde edilmiştir. Kripto para birimlerine ait getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre getirilerin Peters (2015) tarafından orijinal olarak tanımlanan Yeniden Ölçeklendirme Aralık Analizi (R/S) kullanarak Hurst katsayısı hesaplanmıştır. Ardından hesaplanan Hurst katsayısına göre kripto para birimlerinin getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre getirilerin hem kısa hafıza hem de uzun hafızanın varlığını test etmek için en uygun volatilité modeli belirlenmiştir. EPH ve FPH ile birleştirilen bu yöntemlerin hem fraktal hem de etkinlik ve uzun hafızanın varlığına ilişkin kanıtlar sunması beklenmektedir.

Yapılan analizler sonucunda BTC, ETH, XRP ve BNB kripto para birimlerine ilişkin bulgular EPH ve FPH kapsamında değerlendirilmiştir. Elde edilen bulguların kripto para piyasasının daha iyi anlaşılması, uygun yatırım stratejilerinin geliştirilmesi, optimal portföy çeşitlendirmesi ve risk yöntemi uygulamalarının iyileştirilmesi açısından önemli katkılar sağlaması beklenmektedir. Ayrıca kripto para piyasasının fraktal yapısının, kısa ve uzun hafızanın etkilerine dair derinlemesine bir bakış açısı sunması beklenmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

SERMAYE PİYASALARINDA ETKİNLİK VE ETKİNLİĞE YÖNELİK KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Geleneksel Finans ve Fraktal Finansa Genel Bir Bakış

Ellili yılların sonlarında net gelir ve işletme geliri teorileriyle başlayan finans işlevinde çeşitli değişiklikler meydana gelmiştir. Bu değişikliklerle beraber son otuz yılda araştırmacılar tarafından borçlanma ve firma değeri konuları arka plana itilmiş, doğrusal olmayan egzotik opsiyonlar ve yapılandırılmış finansal ürünler ön plana çıkarılmıştır. Finans mühendisleri tarafından bu ürünlerin fiyatlandırılması ve finansal zaman serilerinde izlediği yolun modellenmesi anlamında çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modeller genellikle geleneksel finans teorisinden gelen getirilerin rassal hareket ettiği ve getiri dağılımının normalliği gibi birçok araştırmacı tarafından çok fazla eleştirilen varsayımlara dayanmaktadır (Ramasamy ve Helmi, 2011: 77; Günay, 2015: 5). “Hisse senedi fiyatları ve diğer finansal zaman serilerinin gelecekteki fiyat hareketlerinin izleyeceği yolu modelleyebilmek için doğru öngörü modellerine ihtiyaç duyulmaktadır” (Günay, 2013: 5). Günümüzün ana akım ekonomik ve finansal paradigması olan geleneksel teori, finansal piyasaların karmaşıklığını açıklayabilmek için yetersiz kalmakta ve gerçeği aşırı basite indirgemektedir. Geleneksel teori, sorunları yalnızca ideal veya normal koşullar altında ele alabilmektedir. Bu nedenle, gerçek piyasa dinamiklerinin tanımlanmasına olanak sağlayan ve günümüz sermaye piyasalarının görünen düzensizliğini ölçmek için doğru araçlar sağlayan alternatif teoriler gerekmektedir (Velasques, 2009: 4).

1.1.1. Geleneksel Finans Teorisinin Geçmişi

Günümüzde ekonomi bölümlerinin “modern” olarak adlandırılan finans programlarında geleneksel finans teorisinin temellerini oluşturan istatistiğin ve olasılık matematiğinin ilk çalışmalarının Lous Bachelier tarafından 1900’lü yıllarda yapıldığını söylemek mümkündür (Benoit vd; 1977/2005: 30-31). Hisse senedi fiyat seyri için ortaya atılan model (Brownian hareketin matematiği) Bachelier tarafından 1900’lü yıllarda oluşturulmuştur. Einstein ve Wiener tarafından 1905 ve 1923 yıllarında yapılmış olan fiziksel partiküller çalışmalarında da aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Bachelier tarafından hazırlanan tez, Osborne’e (1959) kadar finans dünyasının dışında kalmıştır. Bacheleir’in çalışmasına atıfta bulunmayan Osborne, Brownian hareketini hisse senedi fiyat seyirleri

için uygun bir model olarak yeniden ele almıştır (Günay, 2015: 5-6). Bachelier'in yaklaşımının önemli bir varsayımı, ardışık fiyat değişikliklerinin bağımsız olduğudur (Clarkson, 2022). Bachelier'in kullanmış olduğu "Rassal Yürüyüş" modeli Pascal ve Fermat'ın çalışmalarıyla ilişkili olup; hilesiz bir madeni paranın yazı veya tura gelmesi gibi fiyatların da eşit olasılıkla yukarı ve aşağı yönde hareket edeceğini önermiştir. Öte yandan, Benoit Mandelbrot'un Chicago Üniversitesi'nden doktora öğrencisi Eugene F. Fama, Bachelier'in yaklaşımından yola çıkarak ve onun fikrini daha ileriye götürerek Etkin Piyasa Hipotezi (EPH) çalışmasını yapmıştır (Benoit vd; 1977/2005: 31-32).

1952 ve 1973 yılları arasında birbirinden farklı birçok model geliştirilmiştir. 1952 yılında Markowitz tarafından "Modern Portföy Yönetimi", 1964 yılında Sharpe tarafından "Sermaye Varlık Fiyatlama Modeli (SVFM)", sırasıyla; 1965 ve 1970 yıllarında Fama tarafından "Etkin Piyasa Hipotezi" ve 1905 yılında Pearson tarafından "Rassal Yürüyüş" ve son olarak 1973 yılında Black ve Scholes tarafından "Opsiyon Fiyatlama Modeli" geliştirilmiştir. Bu modellerin ortak noktaları; finansal piyasaların etkin olduğu ve getiri serilerinin normal dağıldığı veya Rassal Yürüyüş Hipotezinin geçerli olduğu varsayımlarının kabul edilmesidir. Modeller tarafından ileri sürülen tezlerin geçerli olabilmesi için yukarıdaki varsayım şartlarının gerçekleşmesi gerekmektedir. Fakat finansal piyasalarda son 50 yıl içinde birbirinden farklı kriz ve skandallar yaşanmıştır. Bu kriz ve skandallar, EPH'nin dayanmış olduğu Rassal Yürüyüş Hipotezinin kabulünün geçersiz olduğu yönünde kanıtlar sunmaktadır. 2001 yılında Enron, 2003'teki Parmalat skandalları, 1987'de Kara Pazartesi, 1998'de Uzun Vadeli Sermaye Yönetimi (LTCM) ve 2008'de mortgage krizi gibi yaşanan krizler buna örnek olarak verilebilir. Finansal zaman serilerinin getiri dağılımı için birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda serilerin getiri dağılımının normal dağılım göstermediği belirtilmektedir. Örnek olarak Lowenstein (2001), Uzun Vadeli Sermaye Yönetimi'nin yükseliş ve düşüşlerine ilişkin ayrıntılı olarak ele aldığı çalışmasında, geleneksel finans teorisinin öngördüğünden daha fazla olağanüstü olayların varlığına ilişkin olarak Fama (1965) tarafından elde edilen sonuca atıfta bulunarak şunları ifade etmiştir: "Fiyat değişimlerinin sayısı net olarak normal dağılıma uygun olsaydı ortalama beş standart sapma fazla olan gözlemler yaklaşık olarak her 7.000 yılda bir gözlemlenirdi. Aslında bu tür gözlemler üç veya dört yılda bir ortaya çıkmaktadır" (Clarkson, 2022: 2). Bütün bu eleştirilere rağmen rassal yürüyüş modeli ve normal dağılım varsayımını oluşturan teoriler; modellerde ve hesaplamalarda büyük kolaylık sağladığı için uzun bir süre kabul

görmüştür. Çünkü; standart istatistiksel analizler bu dağılımların kullanımında uygulanılmamaktadır (Peters, 1994: 41).

Benoit Mandelbort, rassal yürüyüş modelinin ve normal dağılım varsayımının finansal piyasaların gerçek yapısı ile uyuşmadığını ifade eden ilk kişi olmuştur. Ünlü matematikçi Mandelbort 1963 yılında yayınladığı makalesinde; menkul kıymet fiyat dağılımlarının kuyruklarının normal dağılımından çok daha kalın olduğunu belirtmiş ve bunun yerine hem bağımsız hem de sonsuz varyansa sahip kararlı Pareto dağılımını önermiştir. Fakat makalenin sonuna doğru Mandelbort önerdiği modeldeki bağımsızlık varsayımının gerçeği bütünüyle yansıtmadığını gözlemleyerek şöyle bir açıklama yapmıştır: “Daha yakından incelendiğinde şu anlaşılmaktadır; Büyük değişimler büyük değişimler tarafından takip edilme eğilimindeyken küçük değişimler küçük değişimler tarafından takip edilme eğilimini göstermektedir.” Daha sonra Mandelbort, Mısır’daki yedi yıllık bol hasatın ardından ve İncil’de anlatıldığı yedi yıllık kıtlığa atıfta bulunarak bu durumu “Yusuf Etkisi” olarak adlandırmıştır. Fakat Mandelbort bu bağımsızlık etkisini modelleyebilmek için en iyisinin nasıl olacağını düşünürken 1951-1955 yıllarını kapsayan ve bir yıldan diğerine nehir akışları ile (özellikle Nil nehri örneğinde olduğu gibi) doğa olayları arasındaki güçlü bağımlılığının raporlaştırıldığı bir çalışmaya rastlamıştır. Mandelbort bu çalışmadan yola çıkarak bağımlılığın kuvvetli bir istatistik ölçüsü olarak nitelendirilen Hurst üstelini (H) geliştirmiştir. Ayrıca Mandelbort ve Van Ness tarafından 1968 yılında Mandelbrot’un yeni modeli olan Kesirli Brownian Hareketi (Fractional Brownian Motion-KBH), Hurst üsteli olan H katsayısı içeren bir denklem aracılığıyla tanımlanmıştır. Birçok finansçı Mandelbort’un çalışmasının son derece kritik olduğunu vurgulamıştır. Bununla birlikte normal dağılımın gerçek ile tutarsızlığının doğru olması halinde geçmişte yapılan birçok istatistiksel çalışmalar ile SVFM’nin ve EPH’nin testlerinin geçersiz olacağını ortaya koymuştur. Eugene F. Fama da 1970 yılındaki hisse senedi piyasasının etkinliğine dair ilham veren çalışmasında, Mandelbort tarafından savunulan kararlı Pareto dağılımlarının standart dağılımlardan daha gerçekçi olduğunu söylemektedir. Ayrıca Eugene F. Fama ek olarak “Ancak finansçılar normal değişkenler için kullanacak birçok istatistiki tekniklerin var olması ve bu teknikler için normal olmayan durağan değişkenlerin görece zayıf olması nedeniyle finansçıların bu sonuçları kabul etmekte gönülsüz olduklarını da belirtmiştir” (Clarkson, 2022: 3-4).

Markowitz modern portföy teorisinde, normal getiri varsayımı ve varyansı risk ile ilişkilendirerek menkul kıymetler ve varlık sınıfları arasında çeşitlendirme kavramını

rasyonelleştirmiştir. Ancak gerçek dünyada sabit, rastgele veya deterministik değildir. Finansal piyasalar; son derece kaotik bir yapıya sahiptir. Yani finansal piyasalar, öngörülemeyen ve karmaşık dinamiklere sahip oldukları için son derece belirsiz bir yapıdadır. Bununla birlikte varlık sınıfları arasındaki ortak hareketleri zaman içerisinde önemli ölçüde değişim eğilimi göstermekte, yatırım getirileri normal dağılıma uymamakta ve varyanslar durağan olmamaktadır. EPH için sabit varyans ve normallik varsayımları gerekli koşullardır. Yüksek ve değişen bir kovaryans ise modern portföy yönetiminin yapısını zayıflatmaktadır. İronik bir şekilde, kriz zamanlarında bu ortak hareketler, düşük korelasyon ve çeşitlendirme faydalarına ihtiyaç duyulduğu zaman sıçrama eğilimini göstermektedirler (Howell, 2003: 210).

1.1.2.Finansal Piyasalar ve Piyasa Etkinliği Kavramları

Piyasa bir malın veya hizmetin değiş tokuşunu gerçekleştirmek için alıcı ve satıcıların bir araya geldiği fiziksel bir ortam olarak tanımlanmaktadır (Aydın, 2016: 51; Sayılğan, 2017: 25). Fakat günümüzde, teknolojinin gelişmiş olduğu seviye, alıcı ve satıcıların fiziksel bir yerde yüz yüze gelme zorunluluğunu ortadan kaldırmıştır. Burada anlatılmak istenen; bir araya gelerek gerçekleşecek fiziksel bir karşılaşmadan ziyade alım satım emirlerinin piyasa mekanizması içerisinde buluşması ve bu yolla işlemin gerçekleşmesidir (Sayılğan, 2017: 25). Finansal piyasalar ise ekonomiler kaynak sağlamakta ve bir finansal hakkı temsil etmektedir; temsil edilen finansal araçların alınıp satıldığı piyasa olarak tanımlanmaktadır. Bu noktada finansal piyasalar, genel anlamda kaynak fazlası olan ekonomik birimler ile kaynak eksikliği bulunan ekonomik birimleri bir araya getirmek ve aralarındaki kaynak alışverişini sağlamak üzere gerekli sistemi oluşturan piyasalardır (İncekara, 2011: 21; Kılıç, 2014: 301; Aydın, 2016: 51). Sermayenin etkin kullanımı için finansal piyasalar önem arz etmektedir. Bu kullanım sistemi, üretim süreçlerini ve ekonominin genelini daha etkin bir şekilde çalıştırarak katkı sağlamaktadır. Kişilerin doğru harcama zamanlaması yapmalarına olanak vermektedir. Böylelikle örneğin insanların sahip olduğu tasarruf açığını kapatmak için ve bir malı almak istediklerinde malın değeri kadar tasarruf etmek ve bunun için beklemeksizin finansal piyasalardan faydalanarak o mala daha erken sahip olmaları mümkündür (Atıcı, 2018: 52).

Etkinlik kavramı finans biliminin merkezi konumunda yer almaktadır. Öncelikle etkinlik terimi, uygun bilginin finansal varlıkların fiyatına yansıtılabildiği bir piyasayı tanımlamak için kullanılmaktadır (Dimson ve Mussavian, 1998: 92). Piyasa etkinliği üç

farklı piyasa türü olarak sınıflandırılmaktadır. Bu piyasa etkinlik türlerinden birincisi, faaliyet etkinliğidir (Operational efficiency). Bu etkinlik türünde; fon arz ve talep edenler daha az maliyet ile işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Böylece, piyasadaki işlem maliyetlerinin yatırımcılara normal üstü getiri sağlamadığı etkinlik türüdür (Topaloğlu 2019: 5). İkincisi ise kaynak dağıtım etkinliğidir (capital allocational efficiency). Bu piyasa etkinlik türünde; kaynakların maksimum dağıtımını hedeflenmektedir. Son piyasa etkinlik türü ise bilgi etkinliğidir (informatinaol efficiency). Bu piyasa etkinlik türünde ise fiyatların var olan bütün bilgiyi yansıttığı kabul edilmektedir. EPH'de bahsedilen etkinlik kavramı, bilgisel etkinliğini kastetmektedir. EPH'nin en önemli varsayımlarından biri, fiyatın bütün bilgiyi içermesi nedeniyle bir yatırımcının herhangi bir bilgiyi kullanarak olağanüstü getiri sağlamayacağını ifade etmektedir (Karan, 2022: 278).

Fama (1970)'ya göre piyasanın etkin olup olmadığının ölçütü; menkul kıymet fiyatlarının piyasaya ilişkin elde edilen bilgiler aracılığıyla tahmin edebilirliği ile yakından ilişkilidir. Başka bir ifadeyle, varolan bilgilerin menkul kıymet fiyatlarına yansıdığı ölçüde bir piyasanın etkin olduğu ifade edilmektedir. Böylece, bilgi yönetiminin önemi artmaktadır. Bu noktada daha profesyonel ve bilgili yatırımcılar ile bilgi teknolojilerindeki gelişmeler borsayı daha etkin hale getirmektedir (Demireli vd., 2010: 54).

Bir menkul kıymet piyasasının etkin olabilmesi için yatırımcılar bilgiye özgürce ulaşılabilmesi, yatırımcılar arasında rekabet ve iletişim ortamı yaratılmalıdır (Abeysekera, 2001: 251). Ayrıca fiyatlar, var olan bütün bilgileri kullanarak oluşan piyasa dengesini yansıtmalıdır. Bu fiyatlar tarafsız, hemen veya çok az bir gecikme ile yeni bilgi girişine verilen tepkiyi yansıtmalıdır. Profesyonel bir yatırımcı grubu, fiyatların bilgi girişini doğru bir şekilde yansıtılabilmesi için borsada menkul kıymetleri işlem gören firmalar ile ilgili bilgileri toplamalı ve analiz edip yorumlamalıdır. Bu yatırımcılar, bilgi girişinin fiyatlara eksiksiz ve eş zamanlı olarak yansması için piyasayı dikkatli bir şekilde izlemelidir. Bilgiyi eksik ya da yanlış bir şekilde yorumlayan yatırımcılar bu tür piyasalarda fiyatları çok etkilememektedir (Karan, 2022: 278-279).

1.2. Etkin Piyasa Hipotezi

Etkin Piyasa Hipotezi (Efficient Market Hypothesis), Eugene F. Fama tarafından 1970 yılında piyasaya ulaşan bütün bilgilerin pay senedi fiyatlarına yansıdığı ifade edilerek gündeme gelmiştir. Bu hipoteze göre pay senetleri piyasaya giren bütün bilgileri

içerdiğinden dolayı etkin bir piyasada tasarruf sahiplerinin normal üstü getiri elde etmeleri mümkün değildir (Fama, 1970: 383). Bu kapsamda EPH, tarihsel gelişimi, tanımı ve varsayımları göz önünde bulundurularak detaylı olarak açıklanmaktadır (Topaloğlu, 2019: 4).

EPH'nin ilk dayanağını oluşturan Cowles'in 45 profesyonel yönetici ile 1933 yılında yapmış olduğu çalışmada, pay senedi fiyatlarındaki değişimlerin öngörülebilir başarıyla olmadığı sonucuna varılmıştır. Daha sonrasında Kendall (1953) ve Osborne (1959, 1969) vb. bilim insanları konuyla yakından ilgilenmişler ve pay senetlerinde "Rassal Yürüyüş" (Random Walk) kavramı literatüre kazandırılmıştır. Böylece, pay senetlerinin belirli bir çizgi doğrultusunda değil de daha çok bağımsız ve tesadüfi olarak hareket ederek fiyatlandığı tezi ön plana çıkmıştır (Emin, 2021: 9). Ayrıca EPH'nin geçmişinin 1965 yılında Samuelson'un "Doğru Beklenen Fiyatların Rastgele Dalgalandığının Kanıtı (Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly)" adlı çalışmasına dayandığı bilinmektedir. Samuelson bu çalışmada, bir piyasada pay senedi fiyatlarının bilgisel etkinliği sağladığını, tasarruf sahiplerinin bütün beklentilerini ve piyasadaki bütün var olan bilgileri yansıttığı sürece fiyat değişikliklerinin öngörülemezliğini ifade etmiştir. Ortaya atılan bu düşünce daha sonra 1967 yılında Roberts ve sırasıyla 1965 ve 1970 yıllarında Fama'nın çalışmalarıyla birlikte geliştirilmiştir. Böylece Fama 1970 yılında Etkin Sermaye Piyasaları: Teori ve Ampirik Çalışmalar Üzerine Bir İnceleme ("Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work") isimli çalışmada "pay senedi fiyatları piyasada olan mevcut bütün bilgileri içermektedir" şeklindeki ifadesiyle literatürde yerini almış ve EPH kavramının teorik alt yapısını oluşturmuştur (İldırar ve Dalli, 2021: 49). Hipoteze göre pay senetleri ile bilgi arasında bir korelasyon bulunmakta ve pay senedi veya menkul kıymet fiyatları her zaman açıklanan yeni bilgilere göre oluşmaktadır (Bayraktar, 2012: 38; İldırar ve Dalli, 2021: 49).

Piyasalar menkul kıymet fiyatlarının yansıttığı bilgiye göre sınıflandırılmaktadır. Böylece piyasadaki tasarruf sahipleri var olan bilgileri kullanarak anormal getiri elde edemez (Fama, 1970: 383). Modern portföy teorisine göre iyi bir şekilde portföyünü çeşitlendiren bir yatırımcının pazar portföyü getirisi kadar getiri elde edeceği ifade edilmektedir. Başka bir ifadeyle, bir yatırımcı endeks fonuna yatırım yaparak pazarın ortalama getirisi kadar kazanç elde edecektir. Bu noktada etkin bir piyasada tasarruf sahipleri pazar portföyünün üstünde getiri elde edemez (Karan, 2022: 277).

Menkul kıymet fiyatlarının piyasaya bilgi akışının bir fonksiyonu olarak tanımladığı (Baal, 2009: 5) EPH'nin geçerliliği aşağıdaki yer alan birtakım varsayımlara bağlıdır. Bu varsayımlar (Fama, 1970: 387; Rees, 1995: 256; Mandacı, 2021: 101):

- ❖ Alım satıma konu olan menkul kıymetlerin işlem maliyeti olmamalıdır.
- ❖ Piyasada aktör sayısı oldukça fazladır ve hiçbiri pazarı etkileyememektir.
- ❖ Piyasada pay senetleri ile ilgili mevcut elde edilebilir bütün bilgi tüm piyasa katılımcıları için maliyetsiz olarak sağlanmalıdır.
- ❖ Her bir pay senedinin cari fiyatı ve gelecekteki fiyatlarının dağılımı için mevcut bilgilerin etkileri konusunda herkes mutabıktır. Böyle bir piyasada, pay senedinin cari fiyatı mevcut bütün bilgilere eş zamanlı veya çok kısa bir sürede tepki verir ve bunu yansıtır.
- ❖ Menkul kıymetler bölünebilir özelliklere sahiptir.
- ❖ Tasarruf sahipleri rasyonel davranış sergilemekte ve kararların beklenen getiri risk dengesine göre almaktadır.
- ❖ Piyasaların likiditesi yüksektir ve alım satım maliyeti düşüktür.
- ❖ Piyasaların kurumsal alt yapıları gelişmiştir. Düzenleyici mevzuat olduğundan piyasalar sürekli etkin bir şekilde çalışmaya devam etmektedir.

Etkin piyasa hipotezi genel olarak üç teorik varsayıma dayanmaktadır. Birincisi yatırımcılar rasyonel olup; menkul kıymetleri rasyonel olarak değerlendirirler. İkincisi, bazı yatırımcılar rasyonel olmadığı ölçüde bu yatırımcıların yapacakları alım satım işlemleri rastgele olacaktır ve bu nedenle yatırımcılardan biri bir işlem yaptığı zaman diğer bir yatırımcı tarafından fiyatları doğrudan veya dolaylı olarak etkilemeden etkisiz hale getirebilecektir. Üçüncüsü yatırımcılar benzer şekillerde irrasyonel davrandıklarında piyasada bulunan arbitrajcılar tarafından irrasyonel davranış sergileyen bu yatırımcıların menkul kıymet fiyatları üzerindeki etkileri ortadan kaldırılacaktır (Shleifer, 2004: 2).

Rasyonellik: Piyasaya yeni bir bilgi ulaştığında, rasyonel yatırımcıların getiri beklentileri bu yeni bilgiye göre değiştirmektedir ve rasyonellik yatırımcıların faydalarını maksimum yapmak için kolay karar almalarını sağlamaktadır. Yatırımcılar rasyonel olduklarında her bir menkul kıymetin temel değerini ele almakta ve temel değeri değiştirecek bir bilgi elde ettiklerinde bu yeni bilgiye hemen uyum sağlayarak her bir hisse senedini gelecekteki nakit akımlarını yeni risk durumuna göre iskonto ederek oluşan bugünkü değerine göre değerlendirmektedir. Dolayısıyla, bu haberin iyi bir haber ya da kötü bir haber olmasına göre menkul kıymet fiyatları yeniden güncellenmektedir. Başka

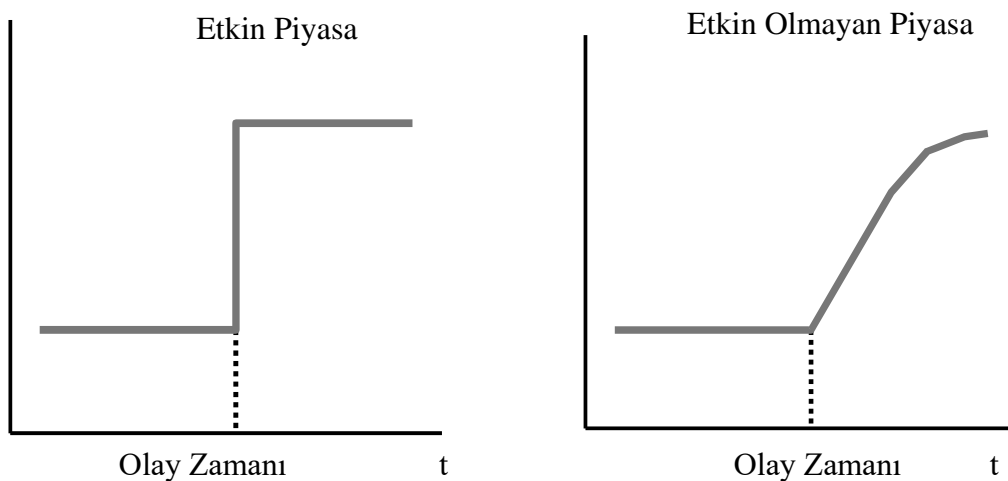
bir ifadeyle, menkul kıymetlerle ilgili piyasaya iyi bir haber geldiği zaman yatırımcılar, hisse senedine olan talebi arttıracak ve hisse senedinin fiyatını yükselteceklerdir. Piyasaya menkul kıymetlerle ilgili kötü bir haber girdiği zaman ise tam tersi bir durum meydana gelecek ve hisse senedini satarak fiyatı düşüreceklerdir. Bu bağlamda menkul kıymetler ile ilgili elde edilen bütün bilgi piyasaya eş zamanlı olarak yansiyacaktır (Shleifer, 2004: 2).

Rasyonellikten Bağımsızlık: Birçok yatırımcı irrasyonel bir şekilde iyimser oldukları kadar, irrasyonel bir şekilde kötümser de olabilmektedir. Bu durum gerçeklikten sapmalara sebep olabilir. Ancak EPH kabul edildiğinde rasyonel hareket eden yatırımcılar sayesinde rekabetçi piyasalarda denge devamlı olarak sağlanmaktadır. Öte yandan, yatırımcıların rasyonel hareket etmediği durumlar olsa bile, piyasaların etkin olduğunu söylemek mümkündür. Piyasada irrasyonel yatırımcılar yer almakta ve bu yatırımcılar birbirinden farklı kararlar almaktadır. Bu karar alma süreçleri birbirinden bağımsız olduğunda ise irrasyonel bu yatırımcıların alım satım işlemleri birbirini telafi edecek ve piyasa etkin olmaya devam edecektir (Shleifer, 2004: 4; Ross vd., 2012: 440).

Arbitraj: Finansal piyasaların etkinliğini sağlayan bir diğer faktör ise arbitrajdır. Arbitraj, farklı piyasalarda aynı veya benzer varlıkların aynı anda oluşan fiyat farkı avantajından yararlanmak amacıyla varlıkların fiyatların düşük olduğu piyasalardan alınıp yüksek olduğu piyasalara eş zamanlı olarak satılmasıdır (Başarır, 2021: 31). Piyasalarda iki tür yatırımcı tipi vardır. Bunlar; irrasyonel olan bireysel yatırımcılar ve rasyonel olan profesyonel yatırımcılardır. İrrasyonel yatırımcılar; hisse senetlerinin değerinden düşük veya yüksek olduğunu düşündükleri zaman duygularına kapılıp hareket edeceklerdir. Eğer irrasyonel yatırımcılar birbirlerinin bu davranışlarını dengeye oturtmazlarsa hisse senetlerinin etkin fiyatları etkilenecek ve bu fiyatlar aşağı veya yukarıya gitme eğilimi gösterecektir. Fakat rasyonel olan profesyonel yatırımcılar hisse senedi fiyatlarını mantık çerçevesinde değerlendirerek doğru öngörü yapıp ve buna bağlı olarak bir davranış göstereceklerdir. Bu durumda yatırımcılar hisse senedi piyasa değerinin altında değerlendirilmişse alım işlemi, piyasa değerinden yüksek değerlendirilmişse satış işlemi için pozisyon alacaklardır. Böylece, menkul kıymetlerin eş zamanlı alım satım işlemi yaparak arbitraj karı elde edeceklerdir. Arbitraj işleminin devamlı bir şekilde yapılması menkul kıymetlerin fiyatlarını dengeye ulaşmasını sağlamakta ve irrasyonel yatırımcıların alım satım işlemlerini ortadan kaldırmaktadır. Dolayısıyla, profesyonel yatırımcıların arbitrajı, irrasyonel bireysel yatırımcıların spekülasyonlarına

baskın gelmesi durumunda ise piyasalar etkin olmaya devam edecektir (Shleifer, 2004: 4; Ross vd., 2012: 440).

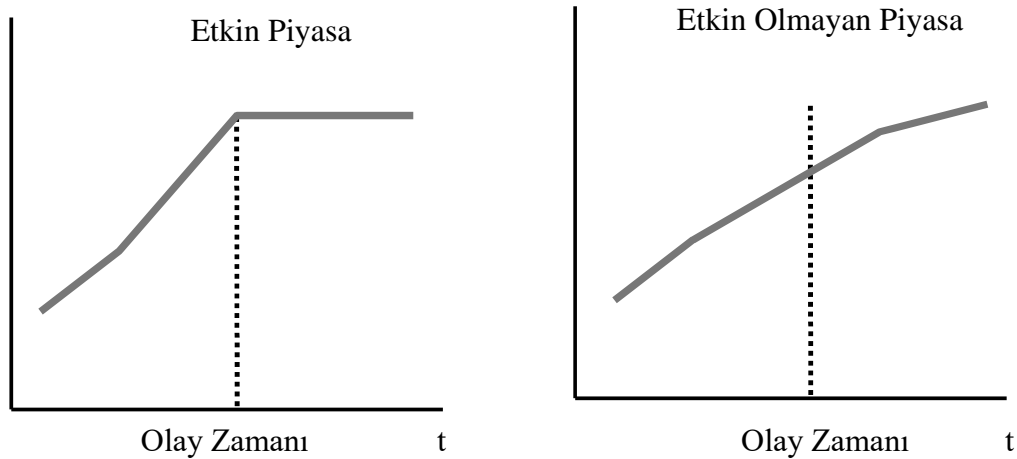
Piyasanın beklenen ve beklenmeyen olumlu bir olay karşısındaki durumu aşağıdaki Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir. Etkin bir piyasada menkul kıymet fiyatları beklenmeyen olumlu bir olay karşısında çok hızlı bir şekilde yükselecek ve bunu eş zamanlı olarak yansıtacaktır. Fakat etkin olmayan bir piyasada, menkul kıymet fiyatları piyasa giren yeni bilgiye göre ayarlanacak ve fiyatlar uzun bir süre yukarıya doğru yükselmeye devam edecektir. Başka bir ifadeyle, etkin olmayan bir piyasada yeni bir bilgiye göre menkul kıymet fiyatlarının ayarlanması süreç alacaktır (Chuvakhin, 2001: 4).



Şekil 1. Beklenmeyen Olumlu Bir Olay Karşısında Piyasasının Tepkisi

Kaynak: Chuvakhin (2001: 5)

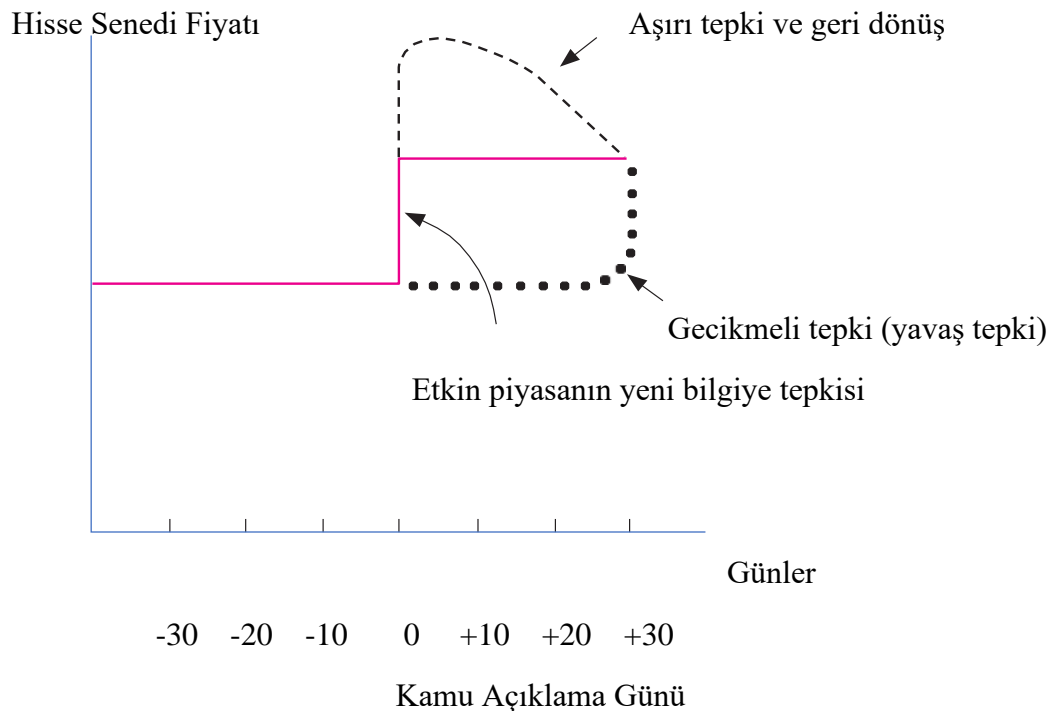
Piyasanın etkin olduğu durumda, beklenen bir olay karşısında olay gerçekleşmeden önce zaman zaman menkul kıymet fiyatları yükselmekte ve olay gerçekleştiğinde ise fiyatlar uyum sağlamaktadır. Piyasada olay gerçekleştirdikten sonra fiyatlar tekrardan dengeye gelmektedir. Bir piyasanın etkin olmadığı durumda ise beklenmeyen bir olay karşısında menkul kıymet fiyatları gitgide gerçek değerinden uzaklaşmakta ve oluşan dengesizlikten dolayı fiyatların ne zaman tekrar dengeye geleceği belirsizlik kazanmaktadır (Chuvakhin, 2001: 5).



Şekil 2. Beklenen Olumlu Bir Olay Karşısında Piyasanın Tepkisi

Kaynak: Chuvakhin (2001: 5)

Yukarıda piyasa etkinlik türleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu kapsamda genel olarak etkin ve etkin olmayan piyasalarda hisse senedi fiyatının piyasaya giren yeni bilgiye vermiş olduğu tepki aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Şekil 3, Hisse senedi fiyatlarının piyasaya yeni gelen bilgiye verdiği tepkiye göre birkaç muhtemel değişimi göstermektedir. Burada, piyasaya gelen yeni bilginin ve etkin piyasanın bu bilgiye verdiği tepki fiyata hemen ve bütünüyle yansımakta, Dolayısıyla, hisse senedi fiyatında yükseliş ve düşüşlerin olmadığı anlaşılmaktadır. Gecikmeli veya yavaş tepkide ise bilgi fiyatlara yavaş yavaş yansımaya başlamakta ve durum yaklaşık olarak 30 gün sürmekte, sonrasında fiyatların tekrar dengeye geldiği görülmektedir. Burada, hisse senedi yatırımcıları alım satım işlemini uygun bir zamanlama ile yaparak normal getiri elde edebileceklerdir. Aşırı tepki ve geri dönüşte ise etkin olmayan piyasada fiyatta bir balon oluşmakta ve sonrasında fiyat bir düzeltme yaparak dengeye gelmektedir. Erken tepkinin olduğu durumda piyasaya bilgi kamuya açıklama gününden önce girdiğinden dolayı fiyatlar bu açıklama gününden önce değişmeye başlamaktadır (Ross vd., 2012: 438-439).



Şekil 3. Hisse Senedi Fiyatının Etkin ve Etkin Olmayan Piyasalarda Yeni Bilgiye Verdiği Tepki

Kaynak: Ross vd., (2012: 438)

Piyasalar etkin olduğunda yeni bilgi fiyatlara hızlı bir şekilde yansıtacağı için yatırımcılar sadece normal getiri oranını elde etmeyi beklemelidir. Bilgi yayınlandığı zaman bundan haberdar olunması yatırımcıyı etkilemez. Çünkü; fiyat önceden ayarlanmış olacaktır. İşletmeler de etkin bir piyasada ihraç ettikleri menkul kıymetler için adil fiyat beklentisi içerisinde olmalıdırlar (Ross vd., 2005: 352).

Yatırımcılar, etkin bir piyasada piyasaya gelen yeni bilgi fiyatlara anında yansıtacağından sadece normal getiri oranı elde etmeyi beklemelidir. Bilgi açıklandığı zaman bunun farkından haberdar olan yatırımcıya herhangi bir fayda sağlamaz. Çünkü yatırımcının işlem yapmaya zamanı olmadan önce fiyat ayarlanmış olacaktır. İşletmeler ise halka arz ettikleri menkul kıymetler için gerçeğe uygun bir değer beklentisi içerisinde olmalıdır (Ross vd., 2012: 438). Dolayısıyla, etkin piyasalarda yatırımcılar herhangi bir yatırım stratejisine bağlı olarak olağanüstü/anormal bir getiri elde edilmeyeceği için uzmanlar veya analistler bu tür piyasalarda portföy oluştururken aşağıdaki kurallara uyulması gerektiğini belirtmektedir (Karan, 2022: 287):

Menkul Kıymet ve Piyasa Analizi

- ❖ Hisse senedi beklenen göreceli performanslarına bağlı olarak seçilmelidir.
- ❖ Yatırım zamanlaması yapmak için piyasanın dip ve tepe noktalarına ulaşmaktan kaçınılmalıdır.

Risk Analizi

- ❖ Toplam riski azaltmak için portföyde çeşitlendirme yapılmalıdır.
- ❖ Portföyünde yer alan hisse senetlerinin piyasa riski sistematik olarak kontrol edilmelidir.
- ❖ Portföyde yer alan sabit getiriye sahip menkul kıymetlerin faiz oranı riski devamlı olarak kontrol edilmelidir.

Diğer

- ❖ Pazarlanabilirliği yüksek olan pay senetlerine yatırım yapılmalıdır.
- ❖ Vergileri dikkate alarak yatırım yapılmalıdır.

1.3. Etkin Piyasa Hipotezi Altında Yatan Modeller

Etkin piyasa hipotezi bazı varsayımlara dayanmaktadır. Bu kapsamda bu hipoteze göre temel varsayım, var olan bütün bilgilerin menkul kıymet fiyatlarına yansıtılmasıdır. Bu fiyatların oluşum süreciyle ilgili üç model vardır. Bunlar; Beklenen getiri veya adil oyun teorisi (fair game), martingale ve rassal yürüyüş modelleridir. Bu modeller aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1.3.1. Adil Oyun Teorisi Modeli

“Adil Oyun Teorisi (Fair Game)” kavramı Louis Bachelier tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bachelier 1900 yılında Sorbonne Üniversitesi’nde yaptığı matematik doktora tezinde “gelecek fiyat hareketlerinin sistematik olarak tahmin edilmesinin mümkün olmadığı oyunun adil (dürüst)” olduğunu ifade etmiştir (Davis vd., 2006: 27). Adil oyun hipotezinin iki temel özelliği bulunmaktadır. Bunlardan birincisi arbitraj imkanının bulunmaması, ikincisi ise fiyat değişimlerinin öngörülemezliğidir (Guerrien ve Gun, 2011: 20). Ayrıca birbirinden farklı teoriler genel olarak riski çeşitli şekillerde tanımlasalar da tüm adil oyun modelleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Fama, 1970: 384):

$$E(P_{j,t+1} | \Phi_t) = [1 + E(r_{j,t+1} | \Phi_t)]P_{j,t} \quad (1)$$

formüldeki j pay senedini, t ise zamanı ifade etmektedir;

$E(r_{j,t+1})$: Beklenen getiri,

$P_{j,t}$: j pay senedini, t ise zamanındaki fiyatı,

$P_{j,t+1}$: j pay senedinin, $t+1$ zamanındaki fiyatı,

$R_{j,t+1}$: j pay senedinin bir dönemlik % getirisi,

$\left[\frac{P_{j,t+1} - P_{j,t}}{P_{j,t}} \right]$, Φ_t : t zamanında pay senedi fiyatına tam olarak yansıdığı kabul edilen bilgi setidir.

$P_{j,t+1}$ ve $r_{j,t+1}$ rassal değişkenler olarak kabul edilmektedir.

Adil oyun teorisi; hangi beklenen getiri hipotezi uygulanırsa uygulansın piyasadaki denge fiyatlarının oluşumunda Φ_t setindeki bilgilerden bütünüyle faydalandığını iddia etmektedir. Başka bir ifadeyle, Φ_t seti içindeki bilgiler, denklemdaki $P_{j,t}$ fiyatına tam anlamıyla yansımaktadır (Fama, 1970: 384).

Sonuç olarak; adil oyun modeli daha ayrıntılı olarak değerlendirildiğinde yapılan çalışmalar piyasadaki pay senetlerine ait denge fiyatlarını açıklamak amacıyla ortak bir varsayım dayandırmaktadır. Bu varsayım piyasadaki denge fiyatların oluşumunun beklenen getiri ile açıklanabileceği bir varsayım niteliği taşımaktadır. Piyasadaki fiyatların dengeye gelmesi, piyasadaki var olan bilginin tam olarak yansıtılmasına göre şekillenmektedir. Böylece modele göre bir pay senedinin bir dönem sonraki öngörülen fiyatının, o pay senedin bugünkü fiyatına ek olarak pay senediyle ilgili var olan bilgilerle ilişkili olarak gelecek dönem için beklenen getirisine eşit olduğunu iddia etmektedir (Fama, 1970: 384-385; Kıyılar, 1997: 10). Dolayısıyla, getiriler rastgele ise piyasaların etkin olduğu varsayılmaktadır. Sonuç olarak; piyasalarda alım satım yapan yatırımcıların piyasanın genel dengesine ulaşmak için rasyonel davrandıkları ve adil oyun piyasasında pay senetlerine ait bilgiler ile aşırı getiri elde edemeyeceği anlamına gelmektedir (Gürel, 2019: 33).

1.3.2.Submartingale Modeli

18. yüzyılda Fransa’da kumar oynayan kişilerin uyguladıkları para koyma stratejisi baz alınarak oluşturulan “Submartingale Modeli’nin” çalışma yapısını şu şekilde açıklamak mümkündür: Bu modele göre eğer her defa kaybedildiğinde kaybedilen tutarın iki katı kadar para yeniden yatırılırsa kazanılan ilk oyunda elde edilen getiri ortaya konulan ilk paraya eşit olmaktadır. Başka bir ifadeyle, bu strateji ile oynanan oyunda beklenen getiri ortaya konulan ilk para veya bu paranın daha fazlası kadar (submartingale) olacaktır (Çelik, 2007: 8-9; Aliyev, 2016: 9). Pratikte submartingale süreci, tam olarak uygulanabilir veya uygulanması tavsiye edilebilir bir strateji olmamasına karşın matematiksel olarak değerlendirildiğinde bu süreç mevcut bilgi seti içerisinde gelecekteki fiyatın en iyi öngörüsü şu anki fiyat olduğunu göstermektedir. Bu süreç EPH’nin tanımı ile uyumludur. Fakat bu varsayım rassal yürüyüş ile benzerlik gösterse de çok önemli bir

noktada farklılık göstermektedir. Bu model gelecekteki fiyat hareketlerinin birbiriyle benzer olup olmadığı varsayımına dayanmaz. Bu, submartingale modelinin temel bir özelliğidir ve rassal yürüyüş teorisinden ayrıştığı noktalardan biridir. Rassal yürüyüş modelleri, fiyat hareketlerinin tamamen rastgele ve birbirinden bağımsız olduğunu varsaymaktadır. Oysa submartingale modeli; fiyatların zaman içinde artış eğilimi gösterebileceğini kabul etmekte ve bu durum, önceki fiyat hareketlerinin gelecekteki fiyatlar üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmadığı anlamına gelmektedir (Topaloğlu, 2019: 7). Bu kapsamda değerlendirildiğinde submartingale süreçler sınırlayıcı alt bir martingale olarak rassal yürüyüşleri içine almakla kalmayarak, finansal piyasalardaki volatilité kümelenmesi (volatility clustering) gibi ampirik sonuçlar ile uyum sağlamaktadırlar. Bu yaklaşım aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir:

$$E (P_{j,t+1} | \Phi_t) \geq P_{j,t} \text{ veya } E (r_{j,t+1} | \Phi_t) \geq 0 \quad (2)$$

Yukarıdaki denklemde;

E , beklenen getiri,

$P_{j,t}$ ve $P_{j,t+1}$: j pay senedinin t ve $t+1$ zamanındaki değerlerini,

$r_{j,t+1}$: bir dönemlik oransal getirileri,

Φ_t : t zamanında fiyatta yansıtılmış olan bilgi kümesini göstermektedir.

Submartingale modeli fiyat oluşumunu açıklamaya yönelik oluşturulmuştur. Aslında bu model, beklenen getiri veya adil oyun modelinin özel bir yapısıdır. Bu modele göre bir finansal varlığın gelecek dönemdeki fiyatı ile bugünkü fiyatı arasındaki fark 0 (sıfır)'a eşittir veya 0 (sıfır)'dan daha büyüktür (Neftci, 1996: 23). Benzer şekilde, bu modelde menkul kıymetlerin gelecekteki fiyatlarında meydana gelecek değişimler yüksek değişimlere sebep olacaktır. Fakat etkin bir piyasada bu değişimin büyüklüğünün ne olacağını bilenemeyeceğini iddia etmektedir. Bu nedenle, bu beklenti ile elde edilebilecek bir getiri olmamaktadır (Açık vd., 2018: 686).

1.3.3.Rassal Yürüyüş Modeli

Rekabetçi piyasalarda fiyat oluşumlarının daha iyi anlaşılmasıyla birlikte rassal yürüyüş modeli, EPH ile tutarlı olabilecek gözlemlerin bir kümesi olarak görülmeye başlanmıştır (Dimson ve Mussavian, 1998: 94). Nitelikleri aynı olan bir piyasada fiyatlar var olan bütün bilgiyi yansıtmakta ve sonuç olarak fiyatlardaki değişimler teorik olarak beklenmedik haberlerin gelmesinden kaynaklanmaktadır. Bu anlamda pay senedi getirileri istatistik kavramlarıyla rassal değişkenler olarak tanımlanır. Bu durumu doğrulamak için Rassal Yürüyüş Hipotezi sık sık test edilmiştir. Rassal yürüyüş modeline

göre fiyatlar rastgele oluşmaktadır. Bu fiyatlardaki değişimleri birbirinden bağımsızdır. Bu gibi durumlarda geçmiş fiyat verilerine dayanan faydalı stratejiler tasarlanmamaktadır (Blasco vd., 1997: 667). Rassal yürüyüş modeline göre bir finansal varlığın fiyat seviyesi, toplam rastgele sayılar serisinin gösterdiği hareket gibi tahmin edilebilecek bir şey değildir. Bu noktada pay senedi fiyatlarındaki değişimlerden elde edilen geçmiş döneme ait bilgilerden faydalanarak gelecekteki fiyat hareketlerinin öngörülmesinde kullanılamamaktadır (Demireli vd., 2010: 55). Rassal yürüyüş süreci matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$y_t = y_{t-1} + u_t \quad (3)$$

şeklinde gösterilmektedir ve ayrıca

$$E y_t = E(y_{t-1}), \quad (4)$$

$$E u_t = 0, E u_t, u_s = 0; t \neq s \quad (5)$$

niteliklerini taşımaktadır. Buna göre rassal bir seyir izleyen pay senedinin, herhangi bir gün, ay ya da yıl boyunca yükselme veya azalma olasılığı, pay senedinin geçmiş döneme ait fiyat değişikliklerinden tamamen bağımsızdır. Rassal yürüyüş modeli aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir.

$$E(r_{j,t+1} | \Phi_t) = E(r_{j,t+1}) \quad (6)$$

j : pay senedini,

t : zamanı,

E : beklenen getiriyi,

$r_{j,t+1}$: j pay senedinin (t+1) dönemdeki getirisi,

Φ_t : t döneminde fiyata tam olarak yansiyacak bilgi setini göstermektedir.

Bu denklemde bir bağımsız rassal değişkenin koşullu ve olasılıklı dağılımlarının özdeş olduğu anlatılmaktadır. Başka bir ifadeyle, rassal yürüyüş modeline göre sermaye piyasalarında oluşan fiyat hareketleri rastgele oluşmaktadır. Bunun temel sebebi; fiyat değişimlerinin geleceğe yönelik oluşacak fiyat değişimlerini etkilememesidir. Başka bir deyişle, bağımsız olmasıdır (Civan, 2007: 253). EPH'ye göre menkul kıymet fiyatlarını etkileyecek tüm bilgi hızlı bir şekilde ulaştığından dolayı piyasada aşırı bir getiri elde etmek oldukça zordur. Rassal yürüyüş modeline göre sadece yeteri bilgiye sahip yatırımcılar verileri anında analiz ederek fiyatı belirleyebilmektedir. Menkul kıymet fiyatlarını kısa vadede tahmin etmek neredeyse imkânsız olmaktadır. Çünkü bu modelin temelinde menkul kıymet fiyatları rassal bir seyir izlemektedir (Ertürk, 2012: 59). Rassal yürüyüş modeli; ekonomik çevreyi daha ayrıntılı açıklaması nedeniyle adil oyun hipotezinin bir uzantısı olarak ifade edilmektedir.

1.4. Etkin Piyasa Hipotezi Formları

Pazar etkinliği daha önce detaylı olarak açıklanmış ve üç ayrı bilgi türüne göre sınıflandırılmıştır. Buna göre Fama yaptığı ilk çalışmada mevcut bilgi kaynaklarını göz önünde bulundurarak EPH'nin etkinlik türlerini içerdiği bilgi türüne göre üç gruba ayırmıştır. Bunlardan birincisi fiyatların hisse senedine ilişkin geçmiş fiyat hareketlerini yansıttığı durum “*zayıf formda piyasa etkinliğini*”, ikincisi kamuya açık bütün bilgilerin fiyatlara yansıdığı durum “*yarı güçlü formda piyasa etkinliği*”, üçüncüsü ise kamuya açık bilgilere ilave olarak şirket içerisinde yer alan bilgilerin fiyata yansımada durumunda “*güçlü formda piyasa etkinliğini*” ifade etmektedir (Fama, 1970: 388; Keleş, 2003: 15).

1.4.1. Zayıf Formda Etkinlik Formu

Zayıf formda etkinlik; Rassal Yürüyüş Hipotezi olarak bilinmektedir ve EPH'nin etkin piyasa hipotezinin en eski ve ilk etkinlik formudur. Bu etkinlik formunun temeli 1990'lı yıllarda Louis Bachelier tarafından hazırlanan “*Spekülasyon Teorisi*” isimli doktora tezine dayanmaktadır. Daha sonra 1970 yılında Fama'nın etkin piyasa hipotezi ile bu etkinlik formu daha fazla ön plana çıkmıştır (Tufan ve Sarıçipek, 2013: 165).

Zayıf formda etkin piyasa hipotezi, pay senedi fiyatlarıyla ilgili geçmişe ilişkin bütün bilgilere kolaylıkla ulaşabileceğini ve bu bilgilerin bugünkü fiyatlara yansıdığını iddia etmektedir. Dolayısıyla, pay senedinin gelecekteki fiyatlarını, geçmiş fiyatlar belirlemektedir (Tezcanlı, 1996: 22). Zayıf formda etkin piyasa hipotezi, geçmiş fiyat ve getiriler bilgisine dayalı olarak normal üstü getiri elde etmenin imkânsız olduğu görüşünü savunmaktadır. Risk belirsizliği varsayımı altında zayıf etkinlik formu, pay senedi getirilerinin geçmişte elde edilen getirilerine dayalı olarak tamamen tahmin edilemez olduğunu Rassal Yürüyüş Hipotezine dayandırmaktadır (Shleifer, 2000: 6). Bu kapsamda zayıf formda etkin piyasa hipotezinin varsayımı altında yatırımcılar, bir pay senedinin belirli bir döneme ait geçmiş fiyat bilgilerinden yararlanarak, gelecekteki pay senedinin fiyatını öngörmeye çalışsa bile o pay senedine ait teknik analiz, zaman serileri analizi gibi analizlerden yararlanarak aşırı kazanç elde edemeyeceklerdir. Başka bir ifadeyle, teknik analiz ve benzeri analizler aşırı kazanç yaratmaz (Atakan vd., 2009: 35). Bunun temel sebebi; teknik analiz yönteminin pay senetlerinin gelecek fiyatlarını belirlemek için geçmiş fiyat hareketlerinden yararlanması ve gelişimi itibariyle temelinde üç ana ilkenin bulunmasıdır. Bu ilkelerden ilki, piyasa her şeyi iskonto etmektedir. Diğer bir deyişle, pay senedinin fiyatını etkileyecek faktörlerin tamamı piyasadaki fiyatlara yansır. İkincisi pay senedi fiyatları trendler halinde hareket etmektedir. Son ilke, tarihin

tekerrürden ibaret olacağı yönündedir (Korkmaz ve Ceylan, 2007: 306). Fakat EPH, teknik analize göre bütünüyle zıt bir yapıya sahiptir. Çünkü EPH’de hisse senedi fiyatlarının rastgele hareket ettiği ve geçmiş fiyatların gelecek fiyatları belirlemeyeceğini ifade etmektedir. Ayrıca, pay senedi fiyat hareketlerinin “martingale” özelliğinden söz edilmektedir. Bu durum Rassal Yürüyüş Hipotezi ile test edilmektedir (Demireli vd., 2010 55). Zayıf etkinlik formunda bilgi olarak piyasa verilerini göz önünde bulundurmaktadır. Piyasa verileri ise temel olarak pay senedinin fiyatı ve işlem hacmi vb. bilgiler yer almaktadır (Dağlı, 2004: 311).

Rasyonel yatırımcının devamlı olarak diğer yatırımcılardan önce yeni bilgilere ulaşma çabası ve yoğun pazar rekabeti rassal yürüyüş teorisinin başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Bu teori; fiyat değişikliklerinin tesadüfi ve önceden tahmin edilemeyeceğini öne sürmektedir. Bu kapsamda pazarda oluşan fiyatlar akılcı bir sebebe dayanıyorsa pazara yeni gelen bilgi fiyatları değiştirecektir. Bu durumda, bilgilerin herkese ulaşılabilir ve maliyetsiz olması yoğun pazar rekabeti ile bir araya gelince fiyatların önceden tahmin edilmesi de olanaksız duruma gelecektir. Kısaca, rassal yürüyüş teorisine göre fiyat değişimlerinin geçmiş fiyat hareketleri ile ilişkisi yoktur. Zayıf formda piyasa etkinliğinin test edilmesinde rassal yürüyüş hipotezi kullanılmaktadır (Karan, 2004: 274).

Hisse senedinin kamuya açık olan geçmişe ait fiyat bilgilerine herkes ulaşabiliyorsa yatırımcıların hiçbirinin bu bilgilere dayanarak avantaj sağlaması olası değildir. Piyasada geçmiş fiyat hareketlerine ilişkin bilgi setine dayalı aşırı kazanç fırsatları oluşuyorsa piyasa zayıf formda etkin değildir (Berk, 2005: 428). Aynı zamanda hisse senedi fiyatlarını etkileyen yeni bilgi piyasaya rassal olarak girmektedir ve önceden kestirilmesi de mümkün değildir.

1.4.2. Yarı-Güçlü Formda Etkinlik Formu

Yarı güçlü formdaki EPH’ye göre kamuya açık bütün bilgiler menkul kıymet fiyatlarına doğrudan yansımaktadır. Başka bir deyişle, bütün kamuya açık bilgiler mevcut fiyatlara tamamıyla yansıtılmaktadır. Aynı zamanda yarı güçlü formdaki etkin piyasa hipotezi, zayıf formdaki etkin piyasa hipotezini kapsamaktadır. Çünkü zayıf formda etkin olan bir piyasada ele alınan pay senetleri fiyatları, getiri oranları ve işlem hacmi gibi bütün piyasa bilgileri kamuya açıktır. Buna ek olarak kamuya açık bilgiler, kazanç ve temettü duyuruları, sermaye artırımları, muhasebe sistemindeki değişiklikler, fiyat kazanç oranları ve finansal darboğaz gibi bütün bilgiler hızlı bir şekilde pay senetlerinin

fiyatlarına yansımaktadır (Dağlı, 2004: 311; Reilly ve Brown, 2011: 152). Dolayısıyla, yatırımcıların hem geçmiş fiyat hareketlerinden faydalanarak hem de kamuya açık bütün bilgilerden (hisse bölümleri, ekonomi ile ilgili haberler ve siyasi haberler vb.) yararlanarak alım satım maliyetini de göz önünde bulundurarak aşırı kazanç sağlaması mümkün olmamaktadır. Diğer bir ifadeyle, bilgi kamuya duyuru yapılır yapılmaz hisse senetleri fiyatına yansiyacaktır ve geleceğe yönelik kazanç tahmininde yatırımcı kendisine fayda sağlayacak normal üstü bir getiri sağlamayacaktır (Reilly ve Brown, 2011: 152; Tufan ve Sarıççek, 2013: 166).

Yarı güçlü etkinlik formu, bir firmanın beklentilerine ilişkin kamuya açık bilgiler açıklandığı andan itibaren menkul kıymet fiyatları bilginin özelliğine göre hızlı bir şekilde azaltacak veya arttıracaktır. Bu tür bilgiler; geçmiş fiyatlara ek olarak, firmanın ürün yelpazesi, yönetim kalitesi, bilanço bileşimi, sahip olunan patentler, kazanç tahminleri ve muhasebe uygulamaları hakkındaki temel verileri içermektedir. Halka açıklanan bilgiler doğrudan fiyatlara yansiyacaktır. Böylece, bütün yatırımcılar bilgiye erişebildiğinden dolayı halka açık kaynaklardan elde edilen bu bilgilerden faydalanarak piyasada avantaj elde edemeyeceklerdir. Temel analiz, firmanın halka açıklanan mali tablolarını ve mali etkileri olası bilgilerinden yararlanarak bir firmanın piyasa değerinin incelenmesi olup; yarı güçlü etkinlik formuna göre yatırımcı temel analiz yöntem yolunu izleyerek aşırı getiri sağlayamayacaktır (Bodie vd., 2012: 238-241).

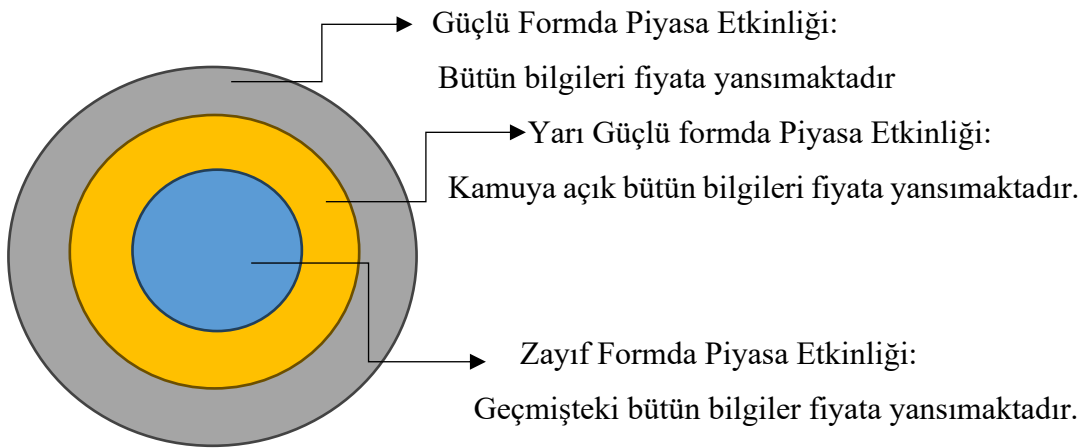
Yarı güçlü etkinlik formu, zayıf form etkinlik hipotezine göre daha fazla ölçüde bilgi ve piyasaların etkinliğini yansıtmaktadır. Bu etkinlik formda; tüm halka açık bilgilerin ve kamu duyurularının, hızlı bir şekilde ve bütünüyle menkul kıymet fiyatlarına yansiyıp yansımadığının testi hedeflenmektedir (Tufan ve Sarıççek, 2013: 166).

1.4.3. Güçlü Formda Etkinlik Formu

Güçlü formda piyasa etkinliği; diğer formlara nazaran en gelişmiş piyasa etkinlik formudur (Karan, 2022: 285). Bu form kapsamında hem halka açık hem de özel kaynaklı olan bilgilerin girişi pay senetleri fiyatlarına tam olarak yansımaktadır (Reilly ve Brown, 2011: 152). Başka bir ifadeyle, sadece içeriden öğrenenlerin sahip olduğu bilgi değil, aynı zamanda firmaya ait bütün bilgilerin pay senedi fiyatlarının üzerinde etkili olduğu varsayımına dayanmaktadır. EPH'nin bu formunun oldukça aşırı bir durum olduğu ifade edilmektedir (Bodie vd., 2012: 238). Ayrıca, güçlü formda piyasa etkinliği; piyasa verileri ile halka açık var olan bilgilerin yanısıra içeriden öğrenenlerin özel bilgilerinin de menkul kıymetlerin fiyatlarına hızlı ve tam olarak yansıdığını kabul ettiği için; zayıf formda

piyasa etkinliği ile yarı kuvvetli piyasa etkinliğini de içermektedir. Dolayısıyla, temel veya teknik analiz yöntemlerinden yararlanarak piyasada avantaj elde etmek mümkün olmamaktadır (Fama, 1970: 383-384). Yani bu formdaki piyasa etkinliğinde firma yöneticiler, sahipleri ve çalışanlar gibi özel bir bilgiye sahip kişilerin bu bilgilerden yararlanarak anormal getiri elde edememeleri gerekmektedir (Karan, 2022: 285).

Sonuç olarak Şekil 4'te görüldüğü gibi zayıf formda etkin, yarı güçlü formda etkin ve güçlü formda etkin piyasa hipotezleri birbiriyle ilişkili olduğu görülmektedir. Bütün fiyat davranışlarının rasyonel bir yatırımcının faydalanabileceği şekilde öngörülebilir olması için yani piyasanın yarı kuvvetli formda etkin olabilmesi için zayıf formda da etkin olması gerekmektedir. Buna benzer şekilde, bir piyasanın kuvvetli formda etkin olabilmesi için sadece zayıf formda etkin değil, aynı zamanda yarı kuvvetli formda da etkin olması gerekmektedir. Aksi halde piyasa, menkul kıymetin fiyatı ile ilgili bütün bilgileri içermeyecektir (Karan, 2022: 279).



Şekil 4. Üç Ayrı Formdaki Piyasa Etkinliğinin Birbiri ile İlişkileri

Kaynak: Karan (2022: 280)

1.5. Etkin Piyasa Hipotezine, Normal Dağılıma ve Rassal Yürüyüşe Yönelik Eleştiriler

Etkin piyasa hipotezinin gerçek dünya ile uyumsuz ve katı varsayımları, birçok araştırmacının EPH'ye yönelik eleştirilerde bulunmasına sebep olmuştur. Benzer şekilde Fama'nın EPH ile ilgili makalesinin yayınlamasıyla birlikte eleştirel bakış açısını yansıtan yayınlar da ortaya çıkmaya başlamıştır. Genel olarak, EPH'ye yönelik yapılan eleştiriler, fiyatların rassal yürüyüşe göre hareket etmediği ve yatırımcıların her zaman rasyonel davranmadığı konularında olmuştur. Bu kapsamda, EPH'ye ilişkin eleştirilerin başında yatırımcıların geleceğe yönelik beklentilerinin homojen olduğu varsayımının ön plana çıktığı görülmektedir. Ancak bu varsayımın arkasında yatırımcıların bütünün aynı

beklentilere sahip olması mantığı olduğu için işlem yapmak söz konusu değildir. Çünkü aynı beklentilere sahip yatırımcı bireylerin çeşitli finansal varlıklara yatırım yapması ve/veya finansal piyasada bir alım-satım yapması mümkün olmayacaktır. Piyasada belirli bir işlem hacminin oluşabilmesi için ancak yatırımcıların geleceğe dönük beklentilerinin, başka bir ifadeyle, homojen beklentilerinin olmadığı varsayılmalıdır (Demireli, 2007: 42). Dolayısıyla, piyasada bir ticaretin gerçekleştirilebilmesi için yatırımcıların heterojen beklentilere sahip olmaları gerektiği ve bazılarının fiyatların artacağını öngörerek alış pozisyonu alırken, bazılarının ise fiyatların düşeceğini bekleyerek satış pozisyonu almaları gerekmektedir.

EPH, piyasada tüm yatırımcı bireylerin bilgiye hemen ulaştığını ve aynı bilgiye sahip olduğunu varsayar. Ancak reel hayatta tüm yatırımcı bireylerin eşit bilgiye sahip olmadığını yanında bilgiyi de farklı şekillerde yorumlamaları mümkündür (Shostak, 1997: 30). EPH'nin bir diğer varsayımı ise yatırımcı bireylerinin bütününe rasyonel olduğudur. Ancak teorik olarak EPH'ye yöneltelen ilk eleştiri, yatırımcı bireylerin tamamının ve/veya bütününe yakınının rasyonel olmayacağı yönündedir. Black (1986) tarafından yapılan çalışmada, birçok yatırımcı menkul kıymet ile ilgili taleplerini oluştururken menkul kıymetlerle ilgili olmayan bilgiye de tepki (reaksiyon) göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, yatırımcıların bilgiden ziyade çıkan sesi (noise) takip ettiğini söylemek mümkündür (Gürünlü, 2011: 40).

Shiller (1979) tarafından yapılan çalışmada, uzun dönem faiz oranlarının aşırı volatiliteye sahip olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, LeRoy ve Porter (1981) ile Shiller (1981) tarafından yapılan çalışmalarda da hisse senedi fiyatlarının aşırı volatiliteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu volatilitenin sadece yeni bilgiler ile açıklanamaması, EPH ile çelişmektedir. Bu bulgular, fiyatların tahmin edilemez ve beklenmedik şekillerde hareket ettiğini ve piyasalardaki volatilitenin EPH'nin varsayımlarıyla uyumlu olmadığını göstermektedir.

Grossman ve Stiglitz (1980) tarafından yapılan çalışmada, piyasalarda bilgiye erişimin maliyetli olduğu ve bu nedenle piyasaların bilgisel anlamda etkin olmasının mümkün olamayacağı savunulmaktadır. Araştırmada, yatırımcıların bilgiye maliyetsiz bir şekilde ulaşması durumunda bilgi üretiminin getirisinin ortadan kalkacağı belirtilmiştir. Bu durumda, bilgi üretilmediği takdirde fiyatların bilgi taşıma fonksiyonu da sona erecektir. Ancak bilgiye erişim maliyeti olduğunda fiyatlar tam olarak bilgiyi yansıtmayacak ve etkinlik düzeyi düşecektir.

De Bondt ve Thaler (1985, 1987) tarafından yapılan çalışmalarda, menkul kıymet piyasalarında aşırı reaksiyon gösteren yatırımcıların rasyonel bir davranış sergilemediği yönünde sonuçlar elde ederek; aşırı tepki hipotezini desteklemişlerdir. Bu hipoteze göre piyasalarda geçmiş performansı zayıf olan hisse senetleri, gelecekte daha iyi performans gösterebilmektedir. Ayrıca bu çalışmalar, piyasaların zayıf formda etkin olmadığına dair bulgulara da ulaşmışlardır. Başka bir deyişle, piyasalarda bilgiye dayalı alım ve satım stratejilerinin getiri sağlayabileceği düşüncesini desteklemişlerdir.

Edgar Peters (1991) tarafından yapılan çalışma, sermaye piyasalarının kaotik sistem anlayışına göre işlediğini açıklamaktadır. Bu çalışmada, piyasanın belli bir belleğe sahip olduğu vurgulanmaktadır. Büyük fiyat dönüşlerinin tamamen rassal davranışlar olmadığına dikkat çekilmektedir. Örneğin, İngiltere'deki bugünkü fiyat değişimlerinin yıllarca önceki fiyat değişimlerinden etkilendiği gösterilmiştir. Ayrıca, fiyat trendlerinin zıt periyotlar izlediği belirtilmektedir. Eğer fiyatlar daha önce yükselme trendi izlemişse daha sonra tamamen tersi bir trend izleyecekleri savunulmaktadır. Bu model, henüz uygulanma olanağına sahip olmasa da finans piyasalarında etkinliğin tartışılması boyutuna yeni bir katkı sağlamaktadır. Dinamik yapısıyla günümüz piyasa yapısına uygun görünmektedir. Gelecekteki araştırma sonuçları kesin olarak bilinmese de EPH'nin günümüz piyasalarındaki ilerleyişi tam olarak açıklayamadığı bilinmektedir. Ancak model, nispeten optimal durumdan ne kadar uzaklaştığı konusunda bilgi sağlamaktadır. Günümüz sermaye piyasalarının yapısını açıklamak konusunda EPH zayıf bir konumda olduğundan bu model kapsam dışında tutmak gerekmektedir (Çağlarımak Uslu, 2002: 131-132).

Brock vd., (1992) tarafından yapılan çalışmada, teknik analiz kurallarını uygulayarak riski azaltmak ve getiriye artırmanın mümkün olduğuna dair istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Bütün bu bulgular, EPH ve SVFM konusunda önemli şüpheler uyandırmış ve bu hipotezlerin piyasadaki sıra dışı fiyat hareketleri ve getirileri açıklamakta başarısız olduğunu göstermiştir.

EPH'ye yönelik bir başka eleştiri, portföyün sahip olduğu sistematik riskin çeşitlendirme yoluyla azaltılamayacağı konusudur. Sistematik riskin kaynakları, ekonominin içinde bulunduğu koşullarla ilişkilendirilmiştir ve bu nedenle sistematik riskin piyasadaki kaynaklandığı vurgulanmaktadır. Ancak günümüzde artan ve gelişen teknolojiyle birlikte uluslararası piyasalarda da portföy çeşitlendirmesi yapmak mümkün hale gelmiştir. Bu şekilde yapılan çeşitlendirme, farklı ülkelerden yapılan yatırımları ve

bu ülkelerin farklı ekonomik konjonktürlerini içermektedir. Bu durum, bir anlamda ülkenin ekonomik konjonktüründen bağımsız davranma fırsatı sunduğu için sistematik riskin değişmeden aynı kalacağı varsayımı günümüzde geçerliliğini yitirmektedir (Çağlarırnak Uslu, 2022: 129).

EPH'ne yönelik yapılan bir başka eleştiri ise yatırımcıların yatırım kararları alırken rasyonel bilgiye sahip oldukları varsayımdır. Rasyonel beklentiler varsayımı pek çok ekonomist veya araştırmacılar tarafından eleştirilmektedir ve piyasada yer alan yatırımcıların tamamının rasyonel iç güdüler ile hareket etmediği savunulmaktadır. Bu bağlamda alternatif olarak geliştirilen bir prensip olan "*heterojen beklentiler prensibi*" önem kazanmıştır. Bu prensibe göre piyasada yer alan yatırımcıların geleceğe yönelik beklentileri birbirinden farklı ve rasyonellikten uzak olabilmektedir. Örneğin Shiller, finansal piyasalarında yer alan bir yatırımcının "ne istediğini bilen akıllı yatırımcı" (smart investor) olmadığını vurgulayarak, çoğu yatırımcının trend ve modayı takip ettiğini savunmaktadır. Bu nedenle, yatırım kararlarının alınmasında bu değişkenlerin önemli bir rol oynadığı vurgulanmaktadır (Çağlarırnak Uslu, 2002: 130).

Etkin piyasa hipotezinin doğru fiyat ("içsel fiyat" veya "temel değer") yaklaşımının anlamsız olduğu ve fiyatların nasıl hareket etmesi gerektiğini açıklamanın imkânsız olduğu belirtilmektedir. Fiyatlar, yatırımcının zihnindeki modeller veya teorilerle ilişkili olup; dışardan gelen bilgiler kadar etkilenmektedir. Bu modeller, yatırımcıların geçmiş tecrübelerinin, eğitimlerinin, psikolojik durumunun ve geleceği nasıl gördükleri gibi faktörlerin bir sonucudur. Samuelson'un "varsayılan olasılık dağılımı" bu tür bir modelin örneği olarak verilebilir. Hisse senedi fiyat davranışları hakkındaki yaygın düşünceleri temsil etmektedir. Yeni bilgi yatırımcıların düşüncelerini farklı şekillerde etkilemektedir (Guerrien ve Gun, 2011: 28). Fiyat davranışlarının birbirinden bağımsız olmaması, fiyatların normal (Gaussian) dağılıma ve durağanlığa sahip olmaması, fiyatlardaki kümeleme ve ayrıca piyasada olaylar ve çöküşler gibi büyük finansal krizlerin gerçekleşmesi, EPH'nin diğer yönlerindedir (Blackledge ve Rebow, 2010: 41). Bu eleştiriler, EPH'nin finansal piyasaları tam olarak açıklayamadığı ve gerçek piyasa koşullarını yeterince yakalayamadığı fikrini desteklemektedir. Finansal piyasalar karmaşık ve dinamik bir yapıya sahip olup ve bu eleştiriler, EPH'nin geçerliliğini sorgulamaktadır.

Lo (2008) tarafından yapılan çalışmada, yatırımcıların yeni bilgiye her zaman aynı oranda tepki vermediği vurgulanmaktadır. Yatırımcılar, performans aşırı tepki

gösterebilirler ve yakın zamanda fiyatı düşmüş hisse senetlerini satarken, fiyatı yükselen hisse senetlerini satın alabilirler. Bu tür aşırı tepkiler, hisse senedi fiyatlarını adil seviyelerinden saptırabilecektir. Dolayısıyla, rasyonel yatırımcılar fiyatları dengelemek için tersine işlem yapabilirler. Bu durumun sonuçlarından biri, yükselen fiyatların düşmesi ve düşen fiyatların yükselmesi olabilir. Diğer bir sonuç ise kaybedenlerin alım yapması ve kazananların satış yapmasıyla ilgili aykırı yatırım stratejilerinin aşırı getiri sağlamasıdır (Lo, 2008: 5).

Etkin Piyasa Hipotezi'ne yönelik birçok eleştiri yapılmıştır ve bu eleştiriler genellikle çeşitli ampirik sonuçlarla desteklenmiştir. Bu eleştiriler arasında en önemlisi anomalilerdir. Hisse senedi piyasalarında, rassal yürüyüşe uymayan fiyat hareketlerinin gözlemlendiği birçok bulgu bulunmaktadır. Bu bulgular EPH'ye ters düşmekte ve anomali olarak adlandırılmaktadır (Atakan, 2008: 100). Başka bir tanıma göre anomaliler, bir varlığın getirilerinde ortaya çıkan güvenilir, yaygın olarak bilinen ve açıklanamayan düzenli bazı kalıpları ifade etmektedir. Bu kalıplar, beklenen getirilerden sapmaları ifade etmektedir. Anomaliler, finansal piyasalarda sıklıkla gözlemlenmektedir. Ayrıca, bu kalıpların güvenilir olması ve belli bir düzene sahip olması, finansal varlık fiyatının belirli bir seviyede tahmin edebilmesine imkân sağlamaktadır. Pek çok yatırımcı, genel olarak bilinen bu kalıplardan faydalanabilmekte ve düşük risk ile olağandışı getiri elde edebilmektedir (Lo, 2008: 6). Hisse senedi piyasalarında gözlemlenen ve EPH'nin varsayımlarına uymayan anomalilere ilişkin çalışmalar aynı zamanda zayıf formda etkinlik testlerinin de alt kategorisinde yer almaktadır. Sermaye piyasalarında gözlemlenen anomali türleri; zamana bağlı anomaliler (dönemsellikler), dönemsel olmayan (kesitsel) anomaliler ve son olarak teknik anomaliler olarak sınıflandırılabilir (Karan, 2004: 281).

Tablo 1. Anomali Türlerinin Sınıflandırılması

Zamana Bağlı Anomaliler(Dönemsellikler)	Dönemsel Olmayan (Kesitsel) Anomaliler	Teknik Anomaliler
Günlere İlişkin Anomaliler	✓ Firma Büyüklüğü Etkisi	✓ Hareketli Ortalamalar
✓ Gün İçi Etkisi		✓ Destek ve Dirençler
✓ Haftanın Günü	✓ Piyasa Değeri / Defter Değeri Oranı Etkisi	
Aylara İlişkin Anomaliler	✓ Etkisi Fiyat / Kazanç Oranı Etkisi	
✓ Ocak Ayı Etkisi	✓ Fiyat / Satış Oranı Etkisi	
✓ Ay İçi Etkisi		
✓ Ay Dönümü Etkisi		
Tatillere İlişkin Anomaliler		
✓ Tatil Etkisi		
Diğer Dönemlere İlişkin Anomaliler		
✓ Kazananlar-Kaybedenler Etkisi		

Kaynak: Karan (2004: 241)

Etkin Piyasa Hipotezi'ne yönelik eleştiriler ve anomaliler, yatırımcıların araştırma çabası göstermeden olağanüstü getiriler elde edemeyeceği yönündeki varsayımı sorgulamaktadır. Anomaliler, bu inancın yanlış olduğunu göstermektedir. Mevcut ampirik çalışmalar, düşük fiyatlanmış menkul kıymetler üzerinde yapılan araştırmalarla ilgili anomalilerle birlikte yatırım yapmanın mümkün olduğunu kanıtlamaktadır. Piyasada kolayca erişilebilen bilgiler fiyatlara yansımaya rağmen üstün yatırım stratejileriyle normalüstü getiriler elde etmek mümkündür. Yatırımcılar, analizlerinden ve araştırmalarından yararlanarak, fiyatları etkileyen faktörleri değerlendirebilir ve değerlemelerinde yanlışlıkları veya fırsatları tespit edebilirler. Bu şekilde piyasa etkinliği inancından bağımsız olarak, iyi bir araştırma ve yatırım stratejisiyle daha iyi sonuçlar elde edilebilir (Bodie vd., 2005: 380). Ampirik olarak gözlemlenen piyasa anomalilerinin varlığında, tartışmalar genellikle bu anomalilerin piyasaların etkin olmaması sonucu mu yoksa başka sebeplerden mi kaynaklandığı konusuna odaklanmaktadır. Anomalilerin EPH ile ilişkilendirilip ilişkilendirilemeyeceğini anlamak genellikle mümkündür. Ancak bu anomalilerin arkasındaki nedenleri açıklamak daha karmaşık bir süreçtir. Bu bağlamda iki ana görüş öne çıkmaktadır: Birincisi, bu anomalilerin fiyatlandırma modellerindeki eksikliklerden kaynaklandığına dair görüştür; ikincisi ise davranışsal finans açısından bu anomalilerin incelenmesidir (Bilir, 2018: 1369).

Yukarıda açıklanan bütün bu eleştiriler davranışsal finans alanının gelişmesine katkı sağlamıştır. Aslında bu eleştiriler, geleneksel finans teorilerinin sınırlamalarını ortaya koyarak ve insanların finansal kararlarını etkileyen faktörlere odaklanarak davranışsal finansın önemini vurgulamıştır. Davranışsal finans, geleneksel finans teorilerinin varsayımlarını eleştirerek ve insanların duygusal ve bilişsel faktörlerinin

finansal yatırım kararlarını nasıl etkilediğini incelemektedir. Geleneksel finansın rasyonel davranış varsayımına dayanarak finansal piyasalardaki yatırımcılar, yöneticiler ve diğer piyasa aktörlerinin her zaman rasyonel olduğu düşünülmesine karşın davranışsal finans farklı bir perspektif sunmaktadır. Davranışsal finans; piyasa katılımcılarının sistematik hatalar yaptığını ve bu hataların insan doğasında yer alan bilişsel önyargılarla ilişkili olduğunu öne sürmektedir (Smart vd., 2017: 377). Davranışsal finansla göre yatırımcıların irrasyonel davranışlar sergilediği dönemler olabilmektedir. Yatırımcılar, özellikle piyasada balon olduğu zamanlarda, rasyonel davranmaktan vazgeçerek tedbirli olma eğiliminden sapabilirler. Bu dönemlerde, menkul kıymet fiyatlarını temel değerlendirme seviyesinin çok üstüne yükseltmeye istekli görünebilirler ancak bu yükselişin herhangi bir dayanağı bulunmamaktadır (Mayo, 2013: 412).

Günay (2013: 15) tarafından yapılan akademik çalışmalar sonucunda, hisse senedi getirilerinin dağılımında EPH ile uyumlu olmayan bazı özelliklerin tespit edildiği belirtilmiştir. Bu özellikler arasında kalın kuyruk, değişen varyans ve uzun dönemli bellek veya fraktallık yer almaktadır. Bu tespitler sonucunda, fiyat değişikliklerinin normal dağılıma sahip olmadığını ve rassal yürüyüş özelliği göstermediği belirtilmektedir. Bu durum EPH'nin gerçek hayatla uyumlu olmadığı anlamına gelmektedir. EPH'ye göre fiyat değişikliklerinin normal dağılıma sahip olması beklense de gerçek hayatta hisse senedi fiyatları normal dağılıma uymayıp, rassal yürüyüş özelliğini göstermektedir. Bu durum, bağımlılık, uzun hafıza özelliği ve kendine benzerlik (self similarity) gibi kavramlarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Fiyat değişiklikleri arasındaki benzerlik yapısı, EPH'ye alternatif olarak FPH'nin ortaya çıkmasına ve gelişmesine katkı sağlamıştır (Erdoğan, 2017a: 50). Sonuç olarak bu çalışmalar, finansal piyasalarda gerçek hayatla daha uyumlu bir açıklama sunmak için EPH'yi sorgulamış ve alternatif teorilerin gelişmesine katkıda bulunmuştur. Hisse senedi getirilerindeki kalın kuyruk, değişen varyans ve uzun dönemli bellek gibi özellikler, finansal piyasalardaki karmaşıklığı ve bağımlılığı göstererek daha gerçekçi bir perspektif sunmaktadır. Bu tür özelliklerin varlığı, davranışsal finans ve fraktal teorilerin önemini vurgulamakta ve finansal modellerin geliştirilmesine yönelik çalışmaları teşvik etmektedir.

1.6. Piyasa Etkinliği Bağlamında Analiz Teknikleri

Finansal piyasalarda menkul kıymetlerin getirisi, yatırımcılarının yatırım kararlarını etkileyen en önemli göstergelerden biridir. Yatırımcıların alacakları kararlar,

finansal piyasaların gelişmesini ve düzenli bir seyir izlemesini sağlamak için oldukça önem arz etmektedir. Yatırımcı kararlarının sağlıklı olmasının pay senetleri getirilerini etkileyen etmenlerin doğru ve anlamlı bir şekilde belirlenmesine bağlı olduğu ifade edilebilir. Literatürde pay senedinin getirisini tahmin etmek için birbirinden farklı analiz yöntemleri kullanılmaktadır (Kalaycı ve Karataş, 2005: 146). Bu doğrultuda temel analiz ve teknik analiz yatırımcılara birbirinden farklı karar alma yöntemleri sunmaktadır (Birgili, 2013: 1).

Temel Analiz: Temel analiz Graham- Dod tarafından geliştirilmiş ve bir pay senedinin gerçek değerini ve riskini öngörmek amacıyla o pay senedinin ait olduğu şirket hakkındaki tüm bilgilerin değerlendirmesinde kullanılan bir yöntemdir (Kılıç, 2008: 19). Başka bir ifadeyle, temel analiz; bir pay senedinin ait olduğu firma değeri, firmanın halka açık mali tablolarını veya firmanın faaliyet gösterdiği sektör ve bu sektör durumundan elde edilen her türlü bilgileri kullanarak, pay senedini değerini etkileyebilecek temel unsurların araştırılmasıdır (Gürel, 2019: 52). Örneğin; firmanın finansal durumu, karlılık durumu, firmanın büyüklüğü, faaliyet gösterdiği sektörün yapısı ve özellikleri ve makro ekonomik göstergelerin firma performansına olası etkileri gibi temel faktörler incelenerek pay senedinin gerçek değeri belirlenmektedir. Yatırımcılar bu faktörleri göz önünde bulundurarak yatırım yapıp yapmayacaklarına karar vermektedir (Özdil ve Yılmaz, 2006: 216).

Temel analiz genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; ekonomi, sektör ve firma analizleridir (Öztürk, 2016: 470). Temel analiz yönteminde makrodan mikroya doğru inceleme yapılmaktadır. İlk olarak hangi ülkede yatırım yapılacağına, bu ülkenin ekonomi durumu ve bu durumun pay senedi üzerindeki olası etkilerini belirleyebilmek için “*ekonomi analizi*” yapılmaktadır. Ülkeye karar verildikten sonra sektörün seçimi ve bu sektörün durumunu incelemek için “*endüstri analizi*” yapılmaktadır. Son olarak yatırım yapılacak firmanın genel yapısı ile pay senedinin fiyat değişimlerini ayrıntılı olarak araştırmak için “*firma analizi*” yapılmaktadır (Sakınç, 2018: 136). Firmanın gerçek değeri baz alınarak pay senediyle ilgili değerler hesaplanmakta ve bu denge fiyatı cari fiyat ile karşılaştırılmaktadır. Eğer pay senedinin piyasa fiyatı gerçek değerinin altında ise satın alınmakta; gerçek değerinin üstünde ise satılmaktadır.

Temel analiz yöntemini kullanan yatırımcılar, portföy yöneticileri ve analistler, piyasada gerçek değerinden daha düşük değerlenmiş menkul kıymetleri bularak diğer yatırımcılardan daha fazla getiri elde edebilirler. Ancak etkin bir piyasada menkul kıymet

fiyatları, piyasada yer alan tüm kişilerin aynı bilgiye aynı anda ulaşması nedeniyle dengede kalmaktadır. Dolayısıyla, etkin bir piyasada bu analistlerin piyasada gerçek değeri altında değerlendirilmiş menkul kıymetleri bulma potansiyeli ortadan kalmaktadır (Gürel, 2019: 52).

Temel analiz ile Rassal Yürüyüş Hipotezi arasındaki ilişkiyi şu şekilde açıklamak mümkündür: Rassal Yürüyüş Hipotezi pay senedi fiyat hareketlerinin birbirinden bağımsız olduğunu savunmaktadır. Yani uzun döneme ait trendler ve fiyat belirlemesine ilişkin herhangi bir şey ifade etmez. Kısa dönemde rassal olarak oluşan pay senedi fiyatı uzun dönemde de aşağı veya yukarıya doğru değişiklikler gösterebilir. Literatür incelendiğinde piyasa etkinliği için temel analize ihtiyaç duyulmadığı ve yararsız olduğuna dair iddia eden herhangi bir görüş yoktur. Temel analizi kullanan analistler, diğer yatırımcılardan daha hızlı bir şekilde gelecek değer ve cari değer arasındaki çelişkileri fark ettiği takdirde basit “satın al ve tut” stratejilerine oranla daha fazla getiri elde etme imkânı yakalayabilirler. Yani deneyimli bir analist veya yatırımcı, pay senetlerinin piyasa değerlerini doğru ve tam olarak tahmin edebilirse ve zamanlamayı doğru yapabilirse piyasa değerinden daha düşük değerlendirilmiş pay senetlerini satın alarak normal üstü getiri elde edebilir (Adalı, 2006: 40).

Teknik Analiz: Teknik analiz; ilk olarak 1900-1902 yıllarında Charles Dow tarafından The Wall Street Journal gazetesinde yayınlanan makalelerin derlemesiyle ortaya çıkmıştır. Teknik analiz daha sonra Hamilton tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmaların sonucunda ortaya çıkan ve Dow Teorisi'ne dayanan DJIA (Dow Jones Endüstriyel Ortalaması) Endeksi, günümüzde Amerika'nın finansal piyasalarının en önemli göstergelerinden biri olarak kullanılmaktadır (Haznedaroğlu, 2009: 20). Teknik analiz; belirli bir finansal varlık ya da endeks ile ilgili fiyat, işlem hacmi gibi bilgilerin genel olarak grafik tarzında kaydı ve görselleştirilmiş bu geçmiş döneme ait bilgilerden gelecekte olası trendi belirleme şeklinde tanımlanmaktadır. Teknik analizciler, temel analizciler gibi makroekonomik değişkenlerden mikro ekonomik değişkenlere yönelik bir piyasa analizi yapmazlar (Sakınç, 2018: 136). Teknik analistler bir menkul kıymetin gerçek değerinden ziyade fiyatı öngörmeye çalışmaktadır. Bu sebeple, teknik analizden yararlanan bir analist herhangi bir menkul kıymetin gerçek değerini bilmemekte, sadece her bir menkul kıymetin fiyatını belirlemektedir (Kılıç, 2008: 25). Ayrıca bu analiz yöntemi ardışık fiyat hareketlerinin birbiriyle ilişkili olarak gerçekleştiği varsayımına ve geçmiş dönemlerde yaşanan fiyat hareketlerinin gelecekte tekrar edeceği düşüncesine

dayanmaktadır. Dolayısıyla, teknik analiz, geçmiş dönemlere ait fiyat değişimlerinden yararlanarak gelecek fiyat öngörüsünde bulunmaktadır (Gürel, 2019: 51).

Teknik analiz yönteminin temelini oluşturan ve birçok analist tarafından benimsenmiş ve kabul görmüş bazı ilkeler bulunmaktadır. Bu ilkeleri şu şekilde sıralayabiliriz (Başoğlu vd., 2008: 46; Kılıç, 2008: 26):

- ❖ Bir finansal varlığın piyasa fiyatı sadece arz ve talebin karşılıklı etkileşimi ile belirlenmektedir.
- ❖ Rasyonel ve irrasyonel birçok unsurun yanı sıra temel analistler tarafından incelenen ekonomi, sektör ve firmaya ilişkin unsurlar da arz ve talebi etkilemektedir.
- ❖ Finansal piyasadaki küçük dalgalanmaların etkisi göz ardı edilirse ve yeterli süre uzunluklarında menkul kıymet fiyatları belli bir trend eğilimi göstermektedirler.
- ❖ Menkul kıymet fiyatlarında düşüş ve yükselişler meydana gelmektedir. Dolayısıyla, trendler oluşmakta ve trend başladığı zaman tersine dönüncüye kadar devam etme eğilimi göstermektedir.
- ❖ Arz ve talebe ilişkin ortaya çıkan sapmalar, var olan trendde değişmelere sebep olmaktadır.
- ❖ İşlem hacmi, trendin bazı önemli noktalarında pay senedi fiyat değişimlerinin öngörüsünde önemli bir rol oynamaktadır.

Teknik analiz yöntemi, yaygın olarak kullanılan ve araştırma alanına sahip bir analiz türü olmasına karşın bünyesinde bir takım avantaj ve dezavantajlar içermektedir (Uyar vd., 2020: 658). Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Teknik Analiz Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Teknik Analiz Avantajları	Teknik Analiz Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fiyatı belli olan bir menkul kıymeti için satın alma ve satma süresini belirlemede kullanılmaktadır. ✓ Firmanın hakkında temel bilgi kaynağı olan finansal tablolar veya mali bilgilere bağlı olmaksızın; finansal piyasalarda derlenen verilerden yararlanarak analiz gerçekleştirilmektedir. Böylelikle bu analiz yöntemi mali bilgilerden ziyade fiyat hareketlerinde meydana gelen değişiklikleri algılamaya odaklanmıştır. ✓ Menkul kıymetler hariç emtia piyasaları, döviz kurları ve kripto para piyasalarında kısa ve uzun süreli analizlerde kullanmak mümkündür. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Teknik analiz yaklaşımında geçmiş fiyat hareketlerinin gelecekte yineleyeceği varsayımı halen tartışma konusunu oluşturmaktadır. ✓ Fiyat formasyonları kendilerini tekrarlamayabilir. ✓ Bir kuralın verimliliği bütün kişilerin aynı kuraldan yararlanarak başarısız hale gelme olasılığını yükseltebilir. ✓ Gerçek dünyada teknik analiz kuralları uygulanabilir özellikte değildir. ✓ Yorumlamalardaki farklılıklar, nesnel ve öznel yargıların işin içine girmesi sebebiyle aynı veri ve bilgiler ile farkı yatırım kararlarının alınmasına yol açabilir.

Kaynak: Haznedaroğlu (2009: 20-21)

Fiyat değişimlerinin birbirine bağlı olmaksızın başka bir ifadeyle, geçmiş fiyat değişimlerinin gelecekteki fiyatları belirlemede kullanılamayacağını iddia eden Rassaal yürüyüş modeli ile teknik analiz yaklaşımı kıyasladığında birbirinin tam tersi görüşleri savunmaktadır. Teknik analiz yönteminde menkul kıymet fiyatları devamlı trendler doğrultusunda hareket ettiği için piyasaya yeni giren bir bilgi bütün yatırımcılar tarafından öğrenilemez. Piyasaya giren bu bilginin menkul kıymet fiyatlarına yansımaları ani olmaz, zaman içerisinde gerçekleşmektedir. Başka bir deyişle, bilgi önce bilgiye sahip ve deneyimli profesyonellerden agresif yatırımcılara, ardından piyasada olan diğer yatırımcılara ulaşmaktadır. Bu bilginin incelenmesi ve değerlendirilmesi süreci, adım adım ve kademeli olarak gerçekleşmektedir. Teknik analistlere göre agresif yatırımcıların yeni bir fiyat dengesini oluşturacak sistemleri geliştirmeleri olasıdır.

Teknik analistler alım ve satım işlemini yapmak için yeni bir denge fiyatı oluşmaya başladığı zaman fiyat dalgalanmalarından yararlanmaktadır. Bu durum, piyasaya yeni bir bilgi girdiğinde ve bu bilginin fiyatlara hızlı ve doğru şekilde yansıdığı ve yatırımcıların bütün bu bilgiyi hemen elde edip değerlendirdiğini iddia eden etkin piyasa hipotezi ile çelişmektedir. Piyasalarda fiyat ayarlamalarının ne zaman düşüş ne zaman yükseliş yönünde hareket edeceği belirsiz olduğundan aşırı getiri sağlamak mümkün değildir (Reilly vd., 2002: 198). Etkin bir piyasa ve denge fiyatları bütün var

olan bilgileri yansıtıyorsa teknik analiz herhangi bir fayda sağlamayacaktır. Çünkü piyasaya gelen bütün bilgiler doğru ve anında halka duyurulmuş ve fiyat ayarlanması yapılmıştır. Bu bağlamda teknik analizden yararlanarak yapılan alım-satımlardan aşırı bir getiri elde edemeyecektir (Adalı, 2006: 39).

1.7. Fraktallık ve Fraktal Piyasa Hipotezi

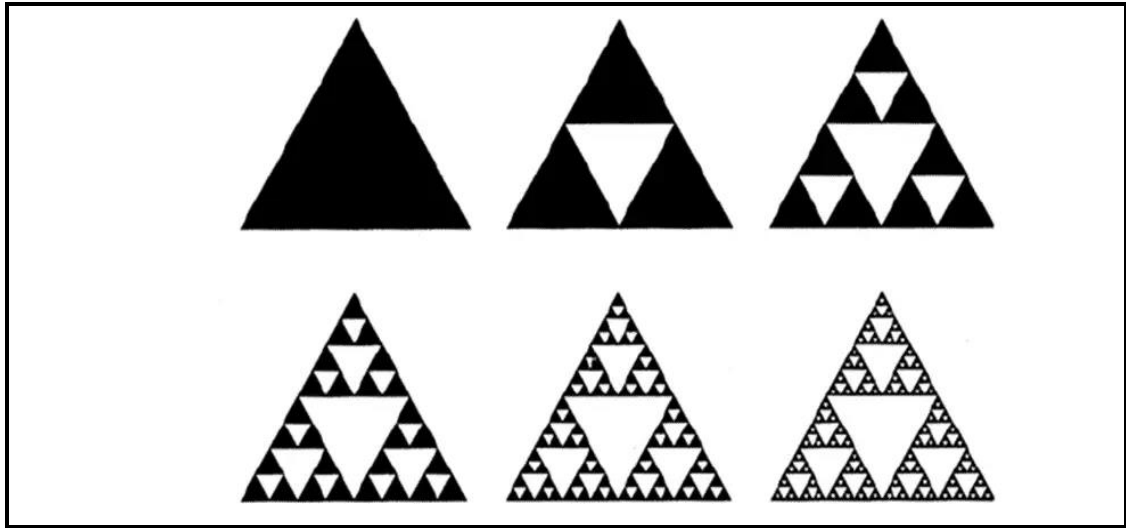
Fraktal Piyasa Hipotezi (FPH) hakkında ayrıntılı bilgi verilmeden önce konunun daha iyi anlaşılabilmesi için fraktal, fraktal geometri, fraktal boyut, uzun hafıza, kendine benzerlik (self similarity), likidite ve yatırım ufku kavramları açıklanacaktır.

1.7.1. Fraktal, Fraktal Boyut ve Kendine Benzerlik (Self-Similarity) Kavramları

Fraktal kavramı ilk olarak 1960'lı yıllarda New York kasabası Heights'te bulunan IBM firmasının araştırma merkezinde matematikçi olarak çalışan ve günümüzde "Fraktalların Babası" olarak bilinen Benoit Mandelbrot (1924-2010) tarafından ortaya atılmıştır. Mandelbrot, pamuk fiyatı zaman serilerinin farklı zaman ölçeklerinde benzer olduğuna dair ampirik gözlemden yola çıkarak güçlü bir fraktal geometrik nesnelere teorisinin gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır. Fraktallar geometrik olarak kendilerinin parçalarına benzeyen geometrik nesnelere dir. Hisse senedi fiyatı zaman serileri farklı zaman ölçeklerinde benzer görüntüyü vererek bu özelliği sergilemektedir (Focardi ve Fabozzi, 2004: 258).

Fraktal kelimesi Latince'deki "*fractus*" kelimesinden türetilmiştir. Genellikle "kırılmış" veya "düzenli olmayan parçalara ayırmak" anlamına gelen fraktal, Mandelbrot tarafından pütürlü ve parçalanmış olanın geometrisini tanımlamak için kullandığı bir kelimedir. Başka bir tanıma göre fraktal; aynı yapı ve detayı tekrar eden modeldir. Herhangi bir fraktal parçası bizim onu tekrar ve tekrar büyüttüğümüz şekilde aynı görünmektedir (Güney, 2015: 36). Fraktal, parçaları bir şekilde tümü ile ilişki içerisinde olan nesnedir. Başka bir ifadeyle, bir fraktal kendine ait ölçeğinde kendine benzer olan bir geometrik yapıya sahiptir. Aynı zamanda fraktallar kendine referanslı (self-referential) ve kendine benzer (self-similar)'dir. En kolay gözlemlenebilen doğal yapılardan biri olan ağaçlar fraktal yapılara örnek olarak gösterilmektedir. Bir fraktal ölçeğine göre dallanan ağaçlarda her bir dalı, dalları ile niteliksel anlamda bütün ağaca benzemektedir (Peters, 1991: 46-47). Fraktallar, ağaçlarda olduğu gibi kimyasal tepkimelerde, gezegenlerin yörüngelerinde, dağlarda, yapraklarda ve kar taneleri gibi farklı doğal yapılarda bulunabilmektedir. Kendine benzerlik kavramı ise fraktal yapının

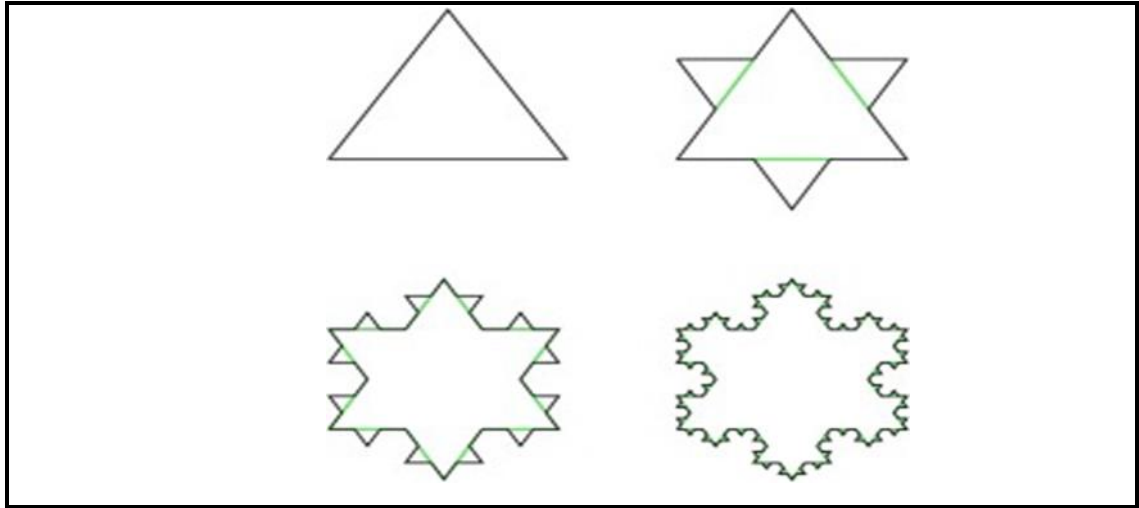
tüm alt yapılarının ana yapı ile birebir aynı olduğu anlamına gelmektedir. Fraktal üçgende olan her bir parça itibarıyla büyük üçgen ile birebir aynı niteliktedir (Sardar ve Abrams, 2014: 35). Bu durum Şekil 5’te görülmektedir.



Şekil 5. Sierpinski Üçgeninin Temel Yapım Aşamaları

Kaynak: Peitgen vd (2004: 77)

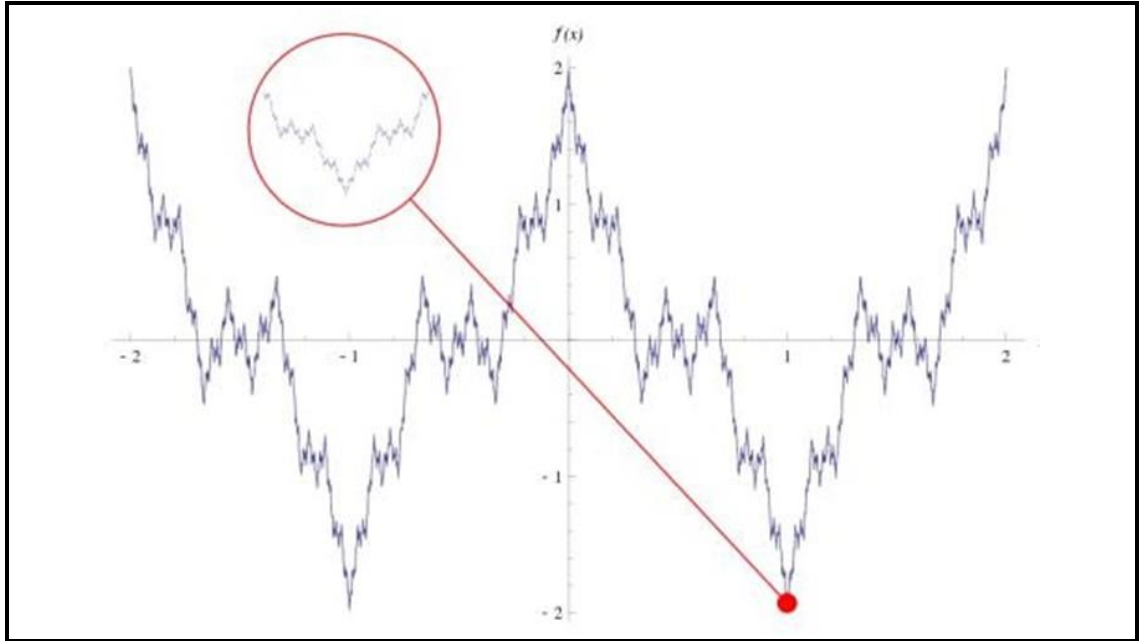
Fraktal bir yapının olduğu geometrik şekiller farklı ölçeklerde birbirlerini tekrar etmektedir. Şekil 5’te gösterilen küçük yapılar büyütüldüğü zaman, bu yapıların büyük yapıya büyük oranda benzediği görülmektedir. Örneğin; yapraklardaki damarlar dallara benzer, dallar ağaçlara; kayalar ise küçük dağlara benzerler. Cismin boyutları değiştiğinde niteliksel anlamda bir değişiklik olmaz. İngiltere sahiline uçaktan baktığınızda gördüğünüz şey, büyüteçle baktığınızda gördüğünüz şeye benzemektedir. Bu, kendine benzerlik özelliğinin; basit ve kısa bir iterasyon [ardışık işlem] kuralının, bir bilgisayar ya da raslantısal bir şekilde tabiat-ana tarafından, görünürde son derece kompleks şekiller oluşturabilmek için kullanılabileceği anlamına gelir. Bu özellik, bilgisayar grafikleri oluşturmada oldukça kullanışlı olup; daha önemlisi, doğanın nasıl işlediğini ortaya koymasından önemlidir (Talep, 2019: 316).



Şekil 6. Koch Kar Tanesi

Kaynak: Messana (2020: 17)

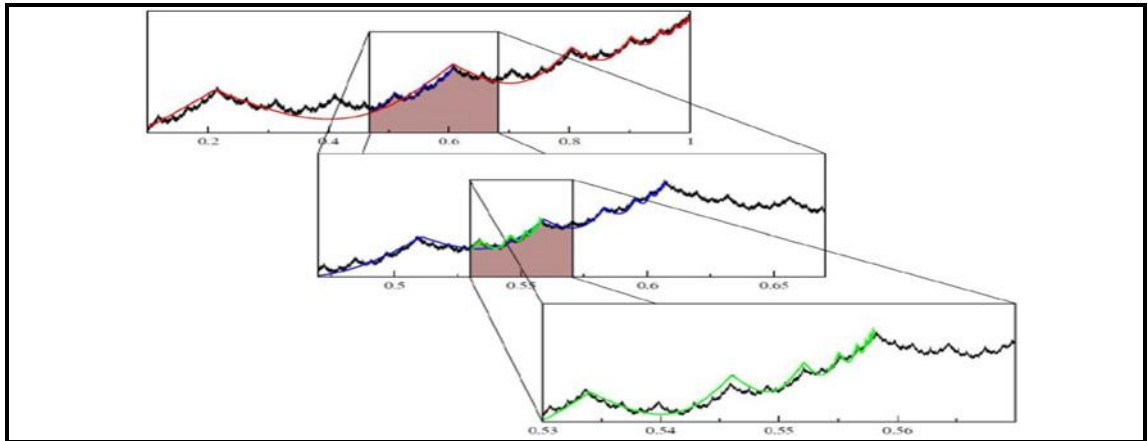
Şekil 6’da genel olarak bilinen ve İsveçli matematikçi Niels Fabian Helge Von Koch tarafından bulunmuş olan ve Koch kar tanesi olarak nitelendirilen bir fraktal yapı bulunmaktadır. Bu fraktal yapının birinci iterasyonunda [ardışık işleminde] basit bir eşkenar üçgenden başlayarak oluşturulmaktadır. İkinci iterasyonda üçgenin her kenarı üç eşit parçaya bölünmekte ve her kenarın ortasından dışarı doğru daha küçük bir eşkenar üçgen oluşturulmaktadır. Bu aşamada yeni eşkenar üçgenin tabanı olarak kullanılan yeşil parça çıkarılmaktadır. Bu işlem ilerleyen iterasyonlarda aynı şekilde devam etmekte ve dördüncü iterasyondaki gibi yeni bir fraktal yapı ortaya çıkmaktadır (Messana, 2020: 17). Şekil 6’ya bakıldığında fraktal yapıların, küçük parçalardan büyük parçalara doğru gidildikçe veya bütünden küçük parçalara doğru inildikçe parçaların birbirine benzer (self-similar) geometrik nesnelere olduğu görülmektedir. Fraktal yapıya yönelik diğer bir örnek olan Weierstrass fonksiyonu Şekil 7’de verilmiştir. Bu fraktal yapıda kırmızı nokta yaklaşıldığı zaman elde edilen görüntü sol üst kırmızı çember içerisinde verilmiştir. Kırmızı çember içindeki görüntünün, tüm grafikteki görüntüye benzer bir yapıya sahip olduğu gözlemlenebilmektedir. Dolayısıyla, fraktal yapıların kendine benzer olduğu, fraktal yapıların kendine benzer özellik taşıdığı ve nesneye yaklaşıldığı veya uzaklaştırıldığı zaman kendine benzer görüntünün elde edilebileceğini söylemek mümkündür (Messana, 2020: 16).



Şekil 7. Weierstrass Fonksiyonu

Kaynak: Messana (2020: 16)

Fraktal yapılara yönelik bir diğer örnek Şekil 8 ve 9’da verilmiştir. Şekil 8’de birinci fraktal yapıda kırmızı ile belirtilen bir zaman serisinin belirli bir kesiti (mavi ile gösterilen) alınmaktadır. Alınan bu kesite ikinci zaman serisi üzerinden aynı işlem yapılmaktadır. Elde edilen zaman serilerinin tamamının benzerlik gösterdiği görülmektedir.

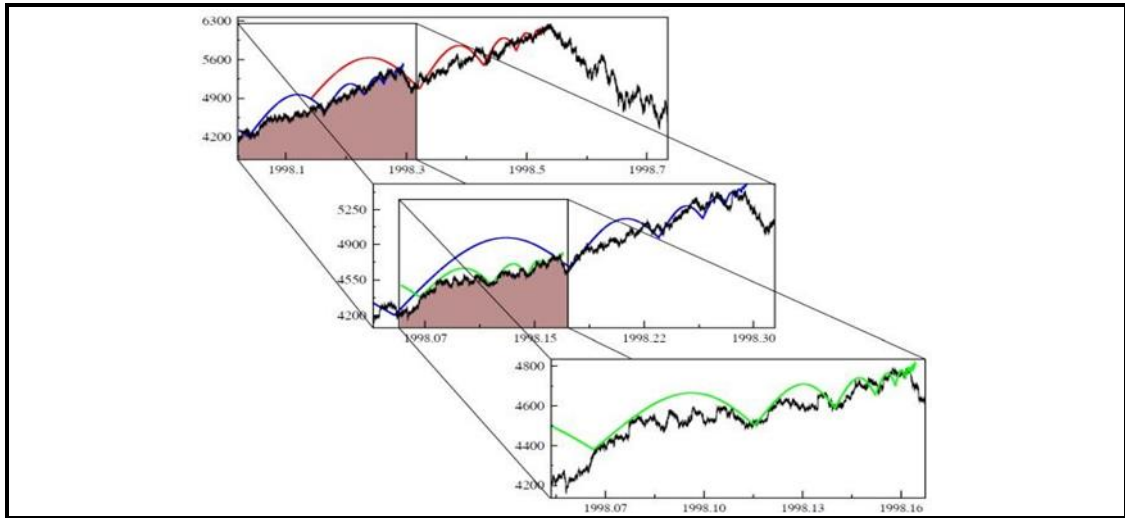


Şekil 8. Finansal Zaman Serilerinin Kendine Benzerliği

Kaynak: Oswiecimkaa vd (2010:637)

Oswiecimkaa vd. 2010 yılında yaptıkları bir çalışmada Almanya DAX (Almanya Birleşik Borsa Endeksi) Endeksi, S&P 500 Endeksi ve Brent petrolü incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre bu zaman serileri fraktal bir yapı göstermektedir. Şekil 9’da görüldüğü gibi Almanya DAX Endeksi 1998 yılının yaklaşık olarak 10 aylık dönemi için fraktal yapı göstermektedir (Oswiecimkaa vd, 2010: 638). Diğer bir ifadeyle, finansal zaman serilerinin farklı zaman ölçeklerinde kendine benzer bir yapıya sahip

olduğu anlaşılmaktadır. Belirli bir kesit dikkate alındığında ve zaman serisi daha yakından incelendiği zaman bu kesitin tüm zaman serisine benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 9. Almanya DAX Endeksinin Kendine Benzerliği

Kaynak: Oswiecimka vd (2010: 638)

Fraktal geometri; simetrik olmayan karmaşık nesnelere incelemektedir. Fraktal yapılar, parçaları bütünü ile benzerlik gösteren yapılardan oluşmaktadır (Aygören, 2008: 126). Başka bir ifadeyle, Öklid geometrisindeki üçgen, daire ve dikdörtgen gibi basit şekillerden ziyade sıra dışı ve karmaşık şekillerden oluşmaktadır. Fraktal geometrideki şekiller, öncelikle Öklid geometrisindeki nesnelere aksine düzenli olmayıp, bütünüyle düzensizlerdir. İkinci olarak, fraktal geometride şekiller farklı zaman ölçeklerinde aynı dereceden düzensizliğe sahiptirler (Ürkmez, 2018: 18).

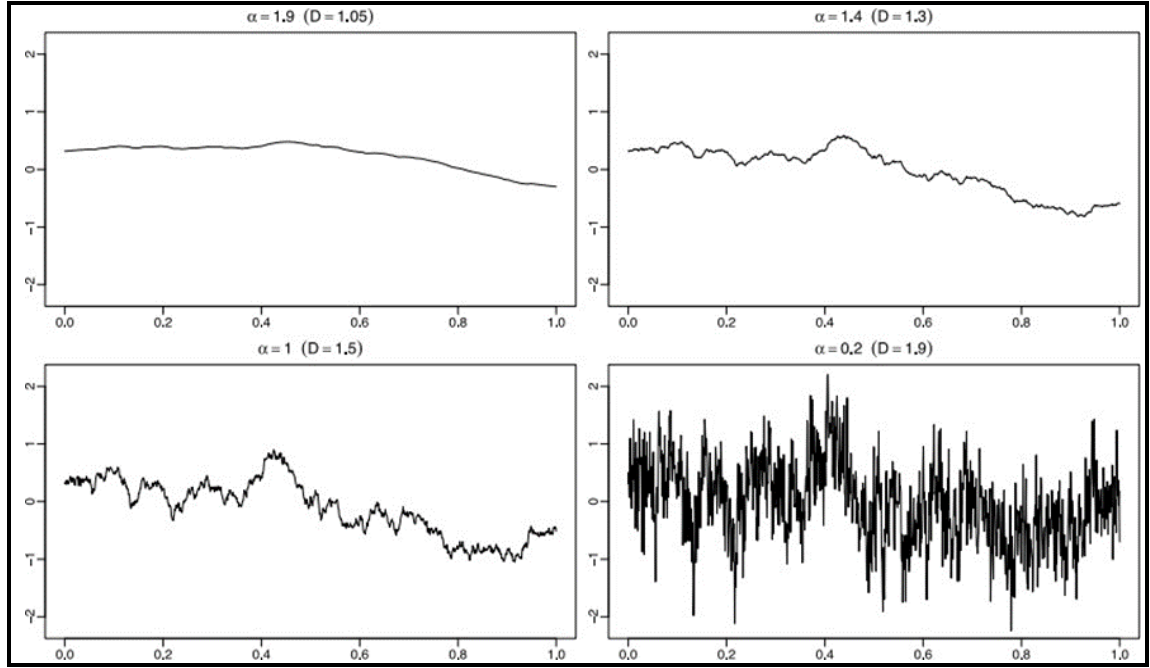
Fraktal boyut kavramını açıklamadan önce boyut kavramını açıklamakta fayda vardır. Boyut; belirli bir biçimde ölçülmüş bir büyüklüğü anlatmak amacıyla kullanılan geometrik bir kavramdır. Boyut olarak adlandırılabilen geleneksel olarak şekiller, farklı ölçeklerden yararlanılarak tanımlanır. Örneğin; bir ağacı tanımlamak istediğimizde ağırlığı, genişliği ve dalları gibi kavramları ölçmemiz gerekmektedir ve böylece birçok ölçüm yapmamız gerekmektedir. Günümüzde en çok bilinen ölçek, Öklid boyutudur (D_E). İkinci olarak bilinen ölçek türü ise topolojik boyuttur (D_T). Bu iki ölçek türü tam sayılar ile yakından ilişkili olup; genellikle eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Kısaca aralarındaki farkı şu şekilde açıklamak mümkündür: Öklid boyut şekil tarafından kaplanan uzayı dikkate alarak tanımlanırken, topolojik boyut ise gözlemlenen şeklin nasıl parçalanabileceğini dikkate almaktadır (Günay, 2013: 50).

Fraktal boyut (Fractal dimension), topolojik bir boyut değil, metriktir (Ürey, 2006: 46). Geometrik bir nesnenin alanı nasıl kapladığını nicel olarak ölçen bir terimdir. Düz

bir çizginin fraktal boyutu vardır ve bir düzlemin fraktal boyutu 2 (iki)'dir. Bunlara ilaveten fraktal nesnelere ara boyutları da olabilir. Fraktal nesnelere ara boyutuna düz bir çizgiden daha fazla yer kaplayacak kadar çentikli bir Brownian hareketinin yolu örnek olarak verilebilir (Focardi ve Fabozzi, 2004: 231). Bir şeklin karmaşıklığını ölçmek için kullanılmasına izin vermektedir. Birçok yapının reel boyutu düzenli bir yapıya sahip değildir ve tam sayı olan bir, iki ve üç boyutlu sınıflandırmaya girmezler (Peitgen vd., 2004: 192). Başka bir ifadeyle, üç boyutlu bir kitabın kalınlık boyutunun olmadığı varsayıldığında geleneksel Öklid geometrisine göre bu kitap iki boyutlu bir düzleme sahiptir. Kitaptan bir kâğıt yırtılıp top yapmak için ufalandığında bu top ne iki boyutlu ne de üç boyutlu olacaktır. Bu kıvrıştırılmış kâğıdın üç boyuttan az olması, onun kesirli veya diğer bir deyişle fraktal bir boyuta sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda geleneksel Öklid geometrisinden ayrılan fraktal geometride, nesnelere boyutları tam sayılar yerine fraktal değerler almaktadır. Fraktal bir nesnenin karakteristiği, alanını düzensiz ve karmaşık bir şekilde doldurmasıdır; bu durum, nesnenin parçalarının birbiriyle ilişkili ve korelasyonlu olmasından kaynaklanmaktadır (Peters, 1991: 55-57).

İkinci bölümde ayrıntılı olarak ele alınacak olan Hurst Üsteli bir fraktal boyuta $D+H=2$ formülü şeklinde yazılabilir. Burada D fraktal boyutu, H uzun hafıza parametresi olan Hurst üsteli değerini temsil etmektedir. Rassal yürüyüş kabulü altında oluşturulan EPH'ye göre finansal zaman serilerinin fraktal boyut değerinin 1,5 olduğundan dolayı rassal yürüyüş süresinde Hurst üsteli 0,5 değerini almaktadır. Hurst üsteli $0,5 < H < 1$ arasında bir değer aldığı zaman fraktal boyut bir çizgiye daha yaklaşmaktadır ve dirençli finansal zaman serileri (yani uzun dönem belleğe sahip finansal zaman serileri) rassal yürüyüş serisinden daha pürüzsüz ve daha az dalgalı olmaktadır. Hurst üsteli $0 < H < 0,5$ arasında bir değer aldığı zaman ise daha yüksek bir fraktal boyut söz konusu olmaktadır ve finansal zaman serisi çok dalgalı bir çizgiye sahip olmaktadır. Bu durum zaman serisinde dirençli olmayan yani uzun dönem belleğe sahip olmayan bir yapı anlamına gelmektedir (Jin, 2001: 87; Günay, 2015: 38).

Şekil 10'da farklı fraktal boyut zaman serilerinin görünümü ve Hurst üsteli ile arasındaki ilişki anlatılmıştır. Zaman serilerinde fraktal boyut değeri arttıkça serinin daha dalgalı bir hal aldığı, zaman serileri fraktal boyut değeri azaldıkça serinin daha pürüzsüz olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, fraktal boyut değeri yükseldikçe zaman serisindeki kalıcılık azalmaya devam ederek dirençsiz bir yapıya sahip olduğu çıkarımını yapmak mümkündür.



Şekil 10. Fraktal Boyutun Zaman Serilerindeki Görünümü ve Hurst Üsteli ile İlişkisi

Kaynak: Gneiting vd (2012: 249)

FPH'nin oluşturulması 1990'lı yıllara dayansa da Mandelbrot'un bakış açısı çok geniş bir yelpazede araştırma konusu olmuştur. Bu araştırma konusundan biri, pamuk fiyatlarının davranışını araştırmak amacıyla fraktal geometri boyutundan hareketle emtia fiyatlarının rassal yürüyüş sergilemediği bulgusuna ulaşmıştır. Genel olarak finansal zaman serilerinin bazı emtialara benzer karmaşık multifraktal yapılar gösterdiğinden dolayı, finansal piyasaların fraktal geometri aracılığıyla araştırmasında ilham kaynağı olmuştur (Aslam, 2020: 2). Ayrıca, Mandelbrot (1963) pamuk fiyatı zaman serilerinin farklı zaman ölçeklerinde kendine benzer olduğu ampirik gözleminden hareketle, FPH'nin oluşmasında son derece önemli katkılar sunmuştur (Focardi ve Fabozzi, 2004: 231). FPH, tıp, mühendislik, coğrafya, tarım ve fizik vb. farklı alanlarda kullanılmanın yanı sıra finans alanında da tercih edilmektedir. Farklı yatırım ufuklarında zaman serileri kendine benzer veya birbirine benzer bir yapı gösterdiğinde fraktal bir yapıdan bahsedilebilir ve bu zaman serilerini bu kapsamda incelemek gerekmektedir.

1.7.2. Likidite Kavramı

FPH'ye göre EPH öncülüğünde iki eksik unsur bulunmaktadır. Bu iki unsurdan birisi likidite kavramıdır. Kısaca likidite "*piyasa likiditesi*" olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle, bir yatırımcının menkul kıymet fiyatı üzerinde önemli bir etkisi olmaksızın, ilgili menkul kıymeti alabilmek veya satabilmesindeki göreceli kolaylık

anlamına gelmektedir. Kabaca söylemek gerekirse yatırımcılar birbirleriyle işlem yaptıklarında likidite oluşmaktadır. Bunun oluşabilmesi için iki yatırımcının bir menkul kıymetin değeri hakkında farklı fikirlere sahip olması gerektiği varsayılmaktadır (Anderson ve Noss, 2013: 8). Likiditeden bahsedebilmek için bilginin tüm yatırımcılar üzerinde farklı bir etkiye sahip olması gerekir. Bütün yatırımcılar üzerinde bir bilginin aynı etkiye sahip olduğunu varsayalım. Bütün yatırımcılar, bu bilgi piyasaya geldiğinde aynı işlemi yapacaklardır. Böylece, piyasada herhangi bir likidite üretilmeyecektir. Yatırımcılar homojen olmadığından dolayı bazı yatırımcılar haftalık, günlük, dakikalık veyahut saniyelik işlemler gerçekleştirirken bazı yatırımcılar aylık, üç aylık veya yıllık işlemler gerçekleştirmektedir. Bunlara ilaveten bazı yatırımcılar kaldıraçlı işlemler gerçekleştirirken diğerler ise kendi özkaynakları ile yatırımlarını gerçekleştirmektedir. Bu farklılıklar, bilginin öneminin genellikle yatırımcının yatırım ufkuyla göre açıklanabileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Bu durum piyasanın dengede olmasını sağlayan likiditenin oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Bu açıklamalardan hareketle likiditenin kaynağı farklı bilgi kümelerine, farklı yatırım ufuklarına ve böylece farklı “adil fiyat (fair price)” kavramlarına sahip yatırımcılardır (Peters, 1994: 42).

1.7.3. Uzun Hafıza Kavramı

Uzun hafıza (Long memory); bir zaman serisinin uzun gecikmelerdeki otokorelasyon yapısı ve uzun dönemli bağımlılık olarak tanımlanmaktadır. Uzun hafızaya sahip bir sürecin otokorelasyonu hiperbolik oranda yavaş yavaş azalmaktadır. Eğer bir zaman serisi uzun hafızaya sahipse birbirinden çok uzak gözlemler arasında bile dirençli bir zamansal farklılık vardır. Uzun hafıza ve sonuçlarını Wu tarafından şu şekilde tanımlamıştır: “Uzun hafıza gözlemler arasındaki uzaklık sonsuza gitme eğilimindeyken, otokovaryans fonksiyonu çok yavaş bir şekilde azalan stokastik bir süreçtir” (Gürsakal, 2010: 95).

1951 yılında Hurst, çalışmasında Nil Nehri rezervuarlarının depolama kapasitesini değerlendirmeyi içeren bir çalışma yaparak ve “uzun vadeli bağımlılık (long term dependence-long memory)” veya “uzun bellek” terimini alan yazınına kazandırmıştır. Uzun bellek kavramı, bir zaman serisinin farklı iki gözlemi arasındaki istatistiksel bağımlılık düzeyini tanımlamakta ve bu istatistiksel bağımlılığın iki gözlem arasındaki zaman farkı arttıkça nasıl azaldığına odaklanmaktadır. Bu ifadeden yola çıkarak, uzun hafızanın bir zaman serisinin uzak gözlemler arasındaki korelasyonun devamlılığını ifade ettiği sonucuna varılabilir (Laopodis, 2021: 50). “Uzun hafıza” kavramı; aynı zamanda

"uzun dönemli bağımlılık" veya "uzun dönemli kalıcılık (*long term persistence*)" olarak da anılan bir kavramdır ve literatürde geçmişten günümüze tüm gözlemler arasında göz ardı edilemez düzeyde bir bağımlılığın bulunduğunu ifade etmektedir (Graves vd., 2017: 1).

Bir zaman serisi $I(0)$ seviyesinde durağan ise otokorelasyon fonksiyonu geometrik olarak azalmakta ve zaman içindeki uzak gözlemlerin birbirinden bağımsız olması nedeniyle $I(0)$ sürecinin kısa belleğe sahip olduğu ifade edilmektedir. Fakat zaman serisi birinci fark $I(1)$ 'den sonra durağansa otokorelasyon fonksiyonu doğrusal olarak azalmaktadır; zaman içindeki uzak gözlemler ise bağımsız değildir. Bu durumda $I(0)$ ve $I(1)$ arasında kesirli bütünleşik bir $I(d)$ sürecinden söz edilebilir. Kesirli bütünleşik süreçte, otokorelasyon fonksiyonu hiperbolik olarak azalmaktadır. Bu durum, zaman içinde birbirinden çok uzak olan gözlemler arasında zayıf, ancak sıfır olmayan bir korelasyona işaret eder. Uzak gözlemler arasındaki söz konusu bu korelasyon, uzun hafıza olarak tanımlanmaktadır (Zivot ve Wang, 2006: 97-98).

Finansal varlıkların getirilerindeki farklılıklar, uzun süreli hafıza veya uzun vadeli bağımlılığın varlığına işaret eder; bu da uzak gözlemler arasında otokorelasyonun varlığını vurgulamaktadır. Zaman içinde seri boyunca gözlemlerin birbirine bağımlı olması göz önüne alındığında, uzak geçmiş gözlemler önümüzdeki getirilerin tahmin edilmesine yardımcı olabilir. Finansal varlıkların doğasında yer alan bu yapı, spekülative kar elde etme potansiyelini beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak, bir finansal zaman serisinde uzun hafıza özelliğini sergilemesi, gelecekteki getirilerin tahmin edilemez olduğu EPH'nin temel varsayımlarını çürütmektedir

Finansal varlıkların getirilerinde uzun süreli hafızanın veya uzun vadeli bağımlılığın varlığı, birbirine uzak gözlemler arasında otokorelasyonun varlığını belirtmektedir. Serideki gözlemlerin zaman içinde bağımsız olmaması nedeniyle, uzak geçmiş gözlemler gelecekteki getirilerin tahmin edilmesine yardımcı olabilir. Finansal varlıkların bu yapısı sebebiyle, spekülative kazançların sürekli bir şekilde elde edilme potansiyeli ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden, bir finansal zaman serisi uzun vadeli belleğin özelliğini sergilediğinde, gelecekteki getirilerin EPH kapsamında öngörülelemeyeceği varsayımıyla çelişmektedir (Barkoulas vd., 2000: 177). Daha detaylı olarak, uzun dönemli belleğe sahip finansal bir zaman serisinde, yatırımcıların fiyat hareketleri hakkında bir tahmin yaparak pozitif bir getiri elde etmeleri mümkün olabilir (Mulligan, 2000: 33-34; Festić vd., 2012: 116). Bir zaman serisinde uzun hafızanın varlığının tespit

edilmesi, serinin fraktal bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, zaman serisinde uzun hafızanın varlığı ve fraktal bir yapı tespit edilmesi durumunda zaman serisinin fiyatlarının rassal yürüyüş sergilediği, piyasalarda geçmiş fiyat davranışları ile gelecekteki fiyatları tahmin edilmeyeceğini savunan EPH'nin geçersiz olabileceğine dair kanıtlar göstermek mümkün olabilir.

1.7.4. Yatırım Ufku Kavramı

Peters 1994 yılında Fraktal Piyasa Hipotezi'ni piyasayı likidite ve yatırımcı ufku olmak üzere iki temel unsur üzerinde inşa etmiştir. Likidite kavramı yukarıda açıklandığı için burada açıklanmayacak olup sadece yatırımcı ufku üzerinde durulacaktır. Yatırım ufku, bir yatırımcının yatırımını planlanan zamanda nakde dönüştürebilme tarihi olarak tanımlanır (Bodie vd, 2012: 723). Yatırımcılar, farklı yatırım ufuklarına ve farklı bilgi kümelerine sahip olduklarından dolayı homojen değildirler. Yani, piyasalarda hem kısa vadeli hem de uzun vadeli yatırım ufkuna sahip yatırımcı kişiler vardır. Örneğin bazı yatırımcılar saniyelik, dakikalık veya saatlik işlemler gerçekleştirerek kısa yatırım ufkuna sahip olurlar. Diğer yatırımcılar ise aylık, yıllık veya daha uzun vadeli işlemler gerçekleştirerek uzun yatırım ufkuna sahip olmaktadır. Ayrıca, kısa vadeli yatırım ufkuna sahip yatırımcı bireyler genellikle teknik analiz yöntemine, uzun vadeli yatırımcı bireyler ise temel analiz yöntemine önem vermektedir (Peters, 1994: 43). Dolayısıyla, yatırımcı bireyleri farklı vadelerde finansal farklılıklar arasında tercih yaparken, ufuk tarihlerini dikkate almalıdırlar. Örneğin; bir tahvilin vade süresi, nakde ihtiyaç duyulan bir tarihe denk gelmesi durumunda onu daha cazip ve ucuz bir yatırım haline getirilebilir.

1.7.5. Fraktal Piyasa Hipotezi

Modern finans araştırmalarının teorik çerçevesini oluşturan Etkin Piyasa Hipotezi; piyasaya yeni gelen bilgilerin finansal varlık fiyatlarına anında ve doğru bir şekilde yansıdığını ileri sürmektedir. Ancak bu teorinin uygulanabilirliği birçok ampirik çalışma ile sorgulanmıştır. Piyasa verilerinin EPH'nin varsayımları ile uyumlu olmaması nedeniyle 1960'lı yıllarda doğrusal olmayan sistemlerde düzensiz ve pürüzsüz olmayan olayların analizinde kullanılan Fraktal Piyasa Hipotezi, Peters (1991) tarafından bilimin yeni bir dalı olarak ileri sürülmüştür. Peters'e göre fraktal teori veya dağılımlar finansal piyasanın gerçek yapısını göstermektedir. Yani fraktal dağılımlar, doğrusal olmayan yapıları oluşturmak için uygun araç niteliği taşımaktadır. Benzer bir şekilde kendine benzerlik, uzun hafıza veya uzun dönemli bellek gibi sistem özelliklerinin bir sonucu olarak fraktal teori, karmaşık sistemlerini, finansal piyasa özelliklerini ve fiyat

hareketlerini daha iyi açıkladığı için EPH'ye nazaran daha genel bir yapıya sahiptir (Bo ve Zhongyong, 282-284; Yin vd., 2013: 144-145).

FPH'nin amacı; yatırımcı davranışının ve piyasa fiyat hareketlerinin gözlemlenen bulgularımıza uygun bir modeli tanıtmaktır. Piyasalar istikrarlı olduğu zaman EPH ve SVFM geçerli olmaktadır. Benzer şekilde EPH ve SVFM'nin, piyasalar durağan kabul edildiği zaman faydalı olduğu görülmektedir. Panik, korku ve belirsizlik dönemlerinde ise hem EPH hem de SVFM geçerliliğini ve güvenilirliğini kaybetmektedir. Aslında, bu durumu daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse beklentilerinin dışında bir durum olmadığı, yani EPH'nin, Arbitraj Fiyat Teorisi (APT) ve SVFM birer denge modelidir. EPH'nin aksine FPH'de bilginin yatırımcının yatırım ufuklarına göre değerlendirildiği vurgulanmaktadır. Buradaki önemli husus, FPH'nin varsayımları altında piyasanın karakteristik bir zaman ölçeği veya yatırım ufku olmadığı istikrarlı olmasıdır. İstikrarsızlık, piyasa fraktal yapısını kaybettiğinde ve oldukça tekdüze bir yatırım ufku olduğunda ortaya çıkmaktadır (Rachev vd., 1999: 29-30; Weron ve Weron, 2000: 291).

Geleneksel sermaye piyasası teorisi logaritmik fiyatlarının martingale olduğu varsayımına dayanmaktadır. Buna göre logaritmik getiriler geçici olarak bağımsızdırlar. Getirilerdeki zamansal bağımlılık EPH (Fama, 1970), MPT (Markowitz, 1952: 1959) ve SVFM (Sharpe, 1964; Linter, 1965) ile tutarsızdır. Kısa vadeli hafızanın tutarlı bir şekilde pozitif anormal getiri elde etme amacıyla işlem stratejilerini geliştirilmesi için pek mümkün olmasa da uzun dönemli hafızanın varlığı, belirli koşullar altında geçmiş fiyatlara dayanan işlem stratejilerinin sistematik olarak karlı olabileceğini ima etmektedir (Onali ve Goddard, 2011: 59).

Etkin Piyasa Hipotezi, finansal varlık fiyat hareketinin Brownian hareketini ve rassal yürüyüşü takip ettiği ve getirilerin normal dağılıma sahip olduğu varsayımına dayanarak geliştirilmiştir (Fama, 1965: 1970). Ayrıca, finansal piyasaları tanımlamak için doğrusal modeller kullanılmaktadır. Fakat piyasaların normal bir dağılıma sahip olmadığı ve doğrusal yapı ile karakterize edilmediği bilinmektedir. Bu yüzden finansal varlık fiyatlarındaki değişimleri net bir şekilde açıklayamamaktadır. Örneğin EPH, 1987 yılında gerçekleşen kara pazartesi, 2007 ve 2008 yıllarındaki krizleri ve dotcom gibi büyük olayları açıklamakta yetersiz kalmaktadır. EPH'nin bu ve benzeri büyük krizleri açıklamakta yetersiz kalmasının iki temel nedeni vardır. Birincisi, yatırımcıların homojen varsayılmasıdır. İkincisi ise varolan bilgiye dayanarak rasyonel varlık fiyatlamasıdır. Bu yüzden büyük krizler, neredeyse mümkün olmayan ve finansal varlık piyasa davranışının

şansız bir istisnası olarak görülmektedir. Buna karşın, finansal krizlerdeki yükseliş etkin piyasa hipotezinin geçerliliği sorgulanmasına sebebiyet vermiştir. Ancak FPH büyük krizlerin var olduğunu, ihtimal dahilinde ve finansal piyasaların içinde olduğunu varsaymaktadır. Başka bir ifadeyle, açıklamak gerekirse FPH bu konuda daha esnek hareket etmekte olup doğrusal olmayan, leptokörtik dağılım özelliğini ve kalın kuyruklu bir yapı gösteren zaman serilerini yorumlayabilmekte ve bu serilere uygulanabilmektedir (Dar vd., 2017: 154; Liu vd., 2022: 1-2).

Fraktal piyasa hipotezi, finansal piyasalardaki varlıkların fiyat dağılım özelliklerini açıklamak için kullanılabilmektedir (Anderson ve Noss, 2013: 4). FPH, kaos, karmaşıklık ve düzensizlik üzerine kurulu olmanın yanı sıra finansal varlık fiyatlarının otokorelasyonunu ve kendine benzerliğini daha fazla önemsemektedir. FPH, finansal varlık piyasalarının doğrusal olmayan niteliklerini kabul etmektedir ve bu nitelikleri inceleyerek yalnızca hipotezin diğer teorilerle daha iyi bağlantı kurmasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda farklı finans teorileri arasındaki farklılıkları da uzlaştırmaktadır (Liu vd., 2022: 2). 1990'lı yıllarda Bachelier tarafından yapılan çalışmalarda fiyat değişimlerinin normal dağılıma sahip olduğu ve rassal yürüyüş sergilediği varsayımı, Mandelbrot (1963)'a kadar çok fazla kişi tarafından ilgi görmemiştir. Mandelbrot çeşitli pamuk fiyatları arasında farklı zaman ölçeklerinde bir benzerlik bulmuştur. Böyle bir ölçeğin değişmezliği, fizik biliminde görülen çeşitli karmaşık olayı karakterize etmeye yardımcı olacağı bulgusuna ulaşmıştır. Fraktal kavramlar, finansal zaman serilerinin karmaşık yapısını araştırmak için yararlı bir araç olarak farklı ekonomi konularına uygulanmıştır (Panas ve Ninni, 2010: 193-194).

Mandelbrot (1963), fraktal teorisinden yola çıkarak oluşturulan ve kaotik davranış sergileyen finansal veriyi tanımlamak amacıyla FPH modelini ileri sürmüştür. Fraktal görüş, bir nesneyi farklı ölçeklerde ve frekans derecelerinde analiz etmeyi, sonuçları kıyaslamayı ve birbirleriyle ilişkilendirmeyi temel alan bir ilkeyi ifade etmektedir. Bu durum finansal zaman serileri için aynı çalışmada saatlik, günlük, aylık ve yıllık olmak üzere farklı zaman ölçeklerinin kullanılması anlamına gelmektedir. Bu, geleneksel zaman serisi analizlerinde sabit aralıklı gözlemleri inceleyen yaklaşımlardan oldukça farklıdır (Weron ve Weron, 2000: 289).

Peters (1994) ve Anderson ve Noss (2013) finansal piyasalarda işlem gören fiyatların fraktal bir yapıya sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Fiyatlara daha yakın frekansta bakıldıkça fiyatların seyrinin yükselerek karmaşıklaştığı ve kendine benzer bir

yapı sergilediği görülmektedir. Piyasalar durağan bir yapı sergilediğinde günlük, haftalık ve yıllık gibi zaman aralıklarında hesaplanan getiriler aynı kovaryans özellikleri sunmaktadırlar. Örneğin hesaplanan günlük getiriler pozitif bağımlılık gösteriyorsa haftalık, aylık ve hatta yıllık getiriler de aynı davranışı sergileyeceklerdir. Blackledge ve Lampiere (2021: 13)'de fraktal piyasa hipotezine göre çeşitli zaman frekanslarında istatistiki olarak finansal zaman serilerinin birbirine benzediğini, böylece örneğin günlük fiyat dağılımının aylık fiyat dağılımına, aylık fiyat dağılımının ise yıllık fiyat dağılımına benzediğini ifade etmişlerdir.

İlk ileri sürüldüğü günden bu yana EPH'yi destekleyen ve eleştiren çeşitli teorik ve ampirik çalışmalar yapılmıştır. Özellikle bir piyasanın etkinliğinin temel varsayımını oluşturan simetrik bilginin reel hayatta gerçek dışı olduğu konusunda son derece önemli eleştiriler vardır (Moralı ve Uyar, 2018: 2204). Peters, "*Chaos and order in the capital markets*"(1991) ve "*Fractal market analysis: Applying chaos theory to investment and economics*"(1994) isimli fraktallığa dayanan kitaplarıyla FPH'yi EPH'ye karşı bir anti-tez olarak ileri sürmüştür. EPH finansal piyasaları; fiyat veya getiri değişiminin olasılık yoğunluk fonksiyonlarının boyutunun tam olarak 2 (iki)'ye eşit olduğunu varsaymaktadır. FPH ise bu piyasaları; öngörülebilirliği olası olan, doğrusal olmayan ve kesirli fraktal boyutlar ile dinamik sistemler şeklinde tanımlayarak, fiyat veya getiri değişimlerinin olasılık dağılım boyutunun, kesirli veya tamsayı olarak 1-2 aralığında değişmesine olanak sağlamaktadır (Deboeck, 1994: 335). Kısaca bu hipoteze göre; fiyat değişimleri Hurst üsteli aracılığıyla ölçülebilen kesirli Brownian davranışına sahiptir. EPH'nin rassal yürütüş varsayımına esneklik sağlayan bu hipotez piyasaların hareketi için daha genel bir paradigmaya sahiptir (Karp ve Van Vuuren, 2019).

FPH, finansal zaman serilerinin stokastik kendine ait yapılar sergilediğini belirtmektedir. Fiyat değişimlerinin hala rassal yürüyüş sergilediğini; ancak daha da önemlisi, farklı zaman ölçeklerinde fiyatların istatistiksel dağılımının birbirine benzerlik gösterdiği ilk olarak 1938 yılında profesyonel bir muhasebeci olan Ralph Elliot tarafından tasarlanmış ve ortaya atılmıştır. Finansal zaman serisi verilerinin farklı boyutlardaki pencerelerinin istatistiksel olarak benzer olacak şekilde ölçeklenebileceğini (yani serinin histogramının yaklaşık olarak aynı şekilde olması) gözlemleyen Elliot'un bu keşfi, "Elliot Dalgalarının" ortaya çıkmasına ilham kaynağı olmuştur. 1930'lu yıllarda geliştirilen Elliot dalgalarının ilkesine benzer olarak FPH, finansal sinyallerin ve yatırım teorisinin yorumlanmasını ve analizi için kendine benzer bir finansal zaman serisi modelini

sağlamaktadır. Bunun temel nedeni; finansal zaman serilerinin içsel bir hafızaya sahip olmasıdır. Bu bağlamda FPH, gelecekteki bir fiyatın geçmişin özellikleri ile belirlenebileceğini varsaymaktadır (Blackledge ve Lamphere, 2021: 20).

EPH, piyasaya gelen bilgilerin tüm yatırımcılar için homojen olduğunu yani bilginin tüm yatırımcılar üzerinde aynı etkiye sahip olduğunu varsaymaktadır. FPH ise tüm yatırımcıların büyük oranda heterojen olduğunu, diğer bir ifadeyle tüm yatırımcıların olaylara aynı tepkiyi vermek yerine yatırım ufuklarına göre olaylara çeşitli tepkiler verdiğini savunmaktadır. Kısa yatırım ufukuna sahip bir yatırımcı için olumsuz bir bilgi ve Dolayısıyla, yatırımcı açısından bir satış sinyali olarak görülen bir olay, uzun yatırım ufukuna sahip olan bir yatırımcı açısından bir satın alma imkânı sağlayabilir. Yeterli sayıda alıcı ve satıcının olduğu piyasada işlem gerçekleştirilirse ve piyasa mekanizmasında “etkin” bir takas işlemi yapılırsa bu piyasanın herhangi bir sorun ile karşılaşmadan işleyişini sağlar. Dolayısıyla, FPH, EPH’den farklı olarak piyasa etkinliğiyle değil, piyasanın istikrarsızlığı ile ilgilenmekte ve FPH’nin üzerinde durduğu likidite kavramı ortaya çıkmaktadır. Bütün yatırım ufuklarında piyasa tekdüze bir şekilde temsil ediliyorsa yani farklı yatırım ufuklarında yeterli sayıda yatırımcı varsa arz ve talep karşılanacağından dolayı, piyasa hem etkin hem de istikrarlı bir şekilde işlemeye devam edecektir. Ancak fraktal yapı bozulduğu zaman piyasalar istikrarsız hale gelmektedir. Yatırımcı ufku tek dönemli olduğunda piyasa serbest düşüş yapabilir. Benzer şekilde, yatırım ufunun baskın hale gelmesi halinde alım ve satım emirleri verimli bir şekilde işlemeyecek ve böylece aşırı olaylar meydana gelebilecektir. FPH’ye göre yatırım ufuklarının baskın olması durumunda bu durum aşırı olayların gerçekleşmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla, finansal dalgalanmalar (çalkantılar) esnasında kısa yatırım ufuklarının baskın olması gerektiği açık olup ve bunun iki olası nedeni vardır: 1-) Uzun süreli yatırımcıların negatif haberlere ve sürü davranışına tepki olarak paniğe kapılıp ve satış işlemi yapması ve buna karşılık kısa süreli yatırım ufuklarına göre işlem sayısının artması ve/veya 2-) uzun süreli yatırımcıların, piyasa sakinleşene kadar piyasadan uzak durarak, piyasada kısa yatırım ufuklarını baskın hale getirmeye çalışması (Kristoufek, 2013: 1-2). Sonuç olarak; bilginin fiyatlar üzerinde tek dönemli (unifrom investment horizon) olarak bir etkisi olmaz. Bunun yerine, bu bilgi çeşitli yatırım ufuklarına sahip yatırımcı bireyler tarafından farklı şekilde benimsenmiş olabilir. Çünkü uzun vadeli yatırım ufukuna sahip yatırımcıların bilgiyi benimsemek için daha fazla zamanı vardır. Dolayısıyla, yatırımcılar doğru fiyat üzerinde uzlaşmış olur. Böylece, daha uzun bir

yatırım ufku demek, daha pürüzsüz bir finansal zaman serisi anlamına gelmektedir (Peters, 1994: 46-48).

Fraktal Piyasa Hipotezi, kısa yatırım ufkuna sahip yatırımcıların diğer piyasa katılımcılarının teknik bilgilerine ve kitle davranışına odaklandığını, uzun vadeli yatırım ufkuna sahip yatırımcıların ise yatırım kararlarını temel bilgilere dayandırarak verdiklerini ileri sürmektedir. Fiyatlar burada hem teknik bilgi hem de temel bilginin birleşiminden meydana gelmektedir. Kısa dönem frekanslarındaki yerel rastgeleliğin (local randomness) ve uzun dönem frekanslarındaki büyük çaplı belirliliğin (global determinizm) karşımı fraktallıklarda oluşan kendine benzerliğin bir niteliğidir (Anderson ve Noss, 2013: 2013).

FPH'nin öncüsü olan Peters(1994) tarafından FPH'e ilişkin aşağıdaki beş temel varsayım ileri sürülmüştür (Peters, 1994; 44-50; Rachev vd., 1999: 25):

- ❖ Piyasa, çok sayıda farklı yatırım ufkuna sahip birçok kişiden oluşmaktadır. Bir günlük işlem yapan yatırımcının davranışı, bir emeklilik fonundan oldukça farklıdır. Birincisinde yatırım ufku dakika ile ölçülebilirken, diğerinde ise yatırım ufku yıllar olabilir.
- ❖ Bilgi farklı yatırım ufukları üzerinde farklı bir etkiye sahiptir. Günlük işlem yapan yatırımcının birincil amacı alım-satım olduğu için daha çok teknik bilgi/teknik analiz ile ilgilenmektedir. Teknik analizcilerin çoğu kısa yatırım ufkuna sahip olduğundan, temel bilgiyi/temel analizi göz ardı etmektedirler. Öte yandan, piyasalarda faal olarak çalışan temel analist ve ekonomistlerin çoğu uzun bir yatırım ufkuna sahip olup; teknik trendlerin uzun süreli yatırımcılar tarafından kullanılmadığı, yani bu yatırımcımlar için yararlı olmadığını düşünme eğilimindedirler. FPH'ye göre hem teknik hem de temel analizciler haklıdır. Çünkü bilginin etkisi her bir yatırımcının yatırım ufkuna göre değişebilmektedir.
- ❖ FPH'ye göre piyasa istikrarı büyük ölçüde likidite ile alakalıdır (arz ve talebin dengelenmesi). Likiditeden bahsedebilmek için piyasanın farklı yatırım ufuklarına sahip birçok kişinin bir araya gelmesi gerekir. Bu şekilde, kısa dönem yatırım ufkunda fiyatta ciddi bir düşüşe sebep olan bir bilgi piyasaya girdiğinde daha uzun dönemli yatırım ufkuna sahip olan bireyler satın almak için devreye gireceklerdir. Piyasa bu yapısını kaybettiğinde ve farklı yatırım ufuklarına sahip yatırımcıların olmadığı bir durumda likidite sağlanamayacağı için piyasa istikrarsız hale gelmektedir. Uzun vadeli yatırımcının kaybı, genellikle piyasa istikrarının tümünün aynı bilgi setine dayalı

olarak teknik bilgi veya kitle davranışını temel alarak işlem yapmasına neden olur. Özellikle uzun vadeli görünümün belirsizleştiği durumlarda, piyasa daha kısa yatırım ufku haline dönüşecektir. Bu nedenle, piyasanın istikrarı katılımcıların yatırım ufuklarının çeşitlendirilmesine yani fraktal yapıya bağlıdır. Piyasanın istikrarlı olmasının temel nedeni; farklı yatırım ufuklarının bilgi akışına değer vermesi ve diğer yatırım ufuklarının birinde bir çöküş olması durumunda likidite sağlamasıdır. Bu durum küresel sistemin hataya dayanıklı fraktal (kendine benzer) istatistiksel yapısından dolayıdır.

- ❖ Fiyatlar, kısa vadeli teknik analiz ve uzun vadeli temel değerlemenin (temel analiz) bir birleşimini yansıtmaktadır. Bu yüzden kısa vadeli fiyat hareketleri uzun vadeli fiyat hareketlerine göre daha değişken (volatil) olacaktır. Piyasadaki temel eğilim ise değişen ekonomik koşula bağlı olarak beklenen getirilerdeki değişimleri yansıtmaktadır. Kısa vadeli eğilimler daha çok kitle davranışının bir sonucudur. Sonuç olarak; beklenen getiri arttıkça ve/veya düştükçe fiyatlar artarak ve/veya düşerek bu ilişkiyi yansıtacaktır.
- ❖ Eğer bir menkul kıymetin ekonomik döngü ile bağlantısı yoksa, bu durumda uzun vadeli bir eğilimden (trendden) bahsedilmeyecektir. Bu varlık için asıl belirleyici faktörler alım-satım (trading), likidite ve kısa süreli bilgi olacaktır. Bir piyasa uzun vadede ekonomik büyüme ile ilişkiliyse ekonomik döngüler hâkim olduğundan dolayı riskler yavaş yavaş azalacaktır. Ekonomik döngü alım-satım faaliyetinden daha az değişkendir. Bu durum da uzun süreli hisse senedi getirileri de daha az değişikliğe maruz kalmaktadır. Dolayısıyla, varyansın sonlu olmasına neden olmaktadır.

Tablo 3’de EPH ile FPH ilişkin karşılaştırmaya yer verilmiştir. EPH, gerçekçi olmayan varsayımlara dayandığı için piyasa ve yatırımcı davranışını tam olarak yansıtmamaktadır. Diğer yandan FPH, günümüzde geçerli olabilecek daha gerçekçi varsayımları içermektedir. EPH’nin katı varsayımları FPH tarafından daha esnek hale getirilmiştir. EPH, ideal piyasayı ve yatırımcıları açıklamak için kullanılırken, FPH gerçek piyasanın ve yatırımcıların farklı davranışlarını vurgulamaktadır. EPH, fiyatların rastgele bir şekilde hareket ettiğini ileri süren Brownian hareketine dayandığı için bu hipoteze göre etkin bir piyasada fiyatlar arasında otokorelasyon bulunmamakta ve gelecekteki fiyat tahminleri yapılamamaktadır. Ancak FPH’de finansal piyasaların fraktal bir yapıya sahip olduğu kabul edildiğinden dolayı, geçmiş fiyat hareketleri gelecekteki fiyatları tahmin etmek için kullanılabilir. FPH’de geçmiş finansal koşullar ve

kararların hafızası gelecekteki fiyatları etkileyebildiği için fiyatlarda hafıza etkisi gözlemlenebilir. Bu nedenle, FPH günümüz koşullarında gerçek piyasa ve yatırımcı davranışını daha iyi yansıttığı için farklı finansal piyasalarda ve çeşitli varlıklar üzerinde incelenmektedir.

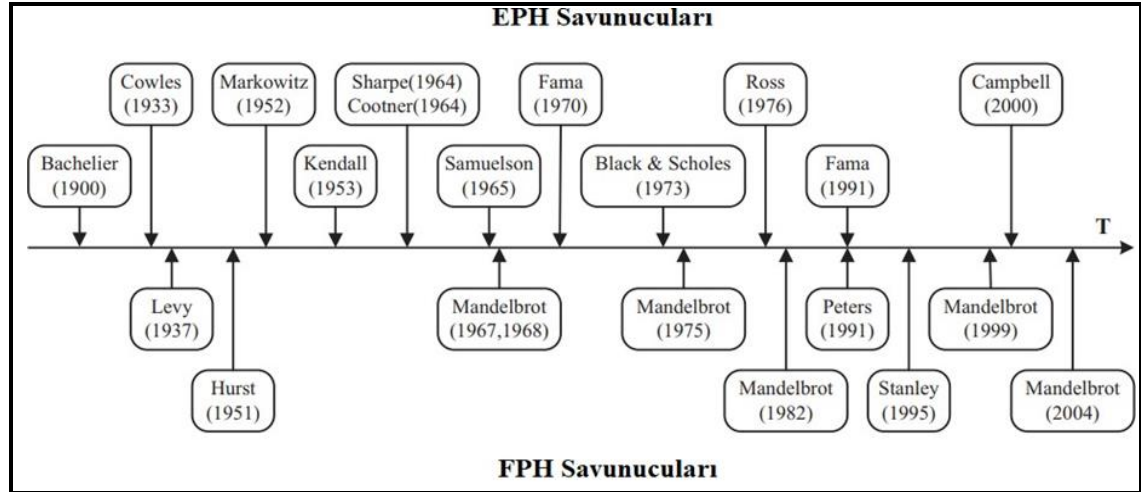
Tablo 3. Etkin Piyasa Hipotezi ile Fraktal Piyasa Hipotezi'nin Karşılaştırılması

Karşılaştırma Konusu	Etkin Piyasa Hipotezi	Fraktal Piyasa Hipotezi
Dayanak ve hipotezler	Piyasa dengesi, sürtünmesiz (frictionless), tam rekabet, yeterli bilgi, sürekli ve makul düzeyde fiyat artışı	Piyasa dengesizliği, sürekli olmayan ve şiddetli fiyat artışı, likidite tarafından belirlenen piyasa istikrarı
Yatırımcı özellikleri	Mükemmel rasyonellik, homojen beklentiler, aynı yatırım ufku	Sınırlı rasyonellik, heterojen beklentiler, farklı yatırım ufukları
Piyasa özellikleri	Doğrusallık, normallik, bağımsızlık	Doğrusal dışılık, kendine benzerlik, uzun dönemli bağımlılık
Piyasa sınıflandırması	Zayıf formda, yarı güçlü formda ve güçlü formda etkin piyasa	Tek fraktallık ve çok fraktallık piyasa
Dağılım özellikleri	Brownian hareketi, Gaussian dağılım (normal dağılım)	Kesirli Brownian hareketi, Levy dağılımı, pareto-Levy dağılımı (normal dağılım yok)
Durağanlık	Durağan süreç (dağılım ortalaması değişmemekte)	Durağan olmayan süreç (dağılım ortalaması değişmekte)
Hafıza	Getirilerin hafızaya sahip olmaması (trendin olmaması)	Getirilerde hafızanın varlığı (trendin olması)
Ölçek	Herhangi bir ölçekte tekrar eden kalıpların olmaması, tüm ölçeklerde sürekli kararlılık	Tüm ölçeklerde tekrar eden birçok kalıbın varlığı, ölçeklerde olası dengesizlikler
Tahmin edilebilirlik	Fiyat ve riskin tahmin edilememesi	Fiyatın kısa dönemde, riskin uzun dönemde tahmin edilebilmesi
Boyut	Tam sayı boyutu	Kesirli (fraktal) boyut

Kaynak: Karp ve Van Vuuren (2019: 7) ve Liu vd. (2022: 5)

Sonuç olarak, fraktal piyasa hipotezi temel olarak iki kavrama odaklanmaktadır: birincisi likidite, diğeri ise yatırım ufku. Farklı yatırım ufukları ve likidite kısıtlamaları olan yatırımcıların etkileşimi sebebiyle finansal zaman serilerinin kendine benzer olduğudur. Başka bir ifadeyle, fraktal bir yapıya sahip olduğunu varsaymaktadır. FPH'nin paradigması altında, likidite ve yatırım ufuklarının heterojen bir yapıya sahip olması piyasa istikrarının temel belirleyicileridir. Bu nedenle FPH, finansal piyasaların dinamik işleyişi, etkileşimleri ve içsel istikrarsızlıkları için potansiyel açıklamaları yapmaya çalışan bir teoridir. "Normal" piyasa koşulları altında farklı yatırımcı amaçları, likidite ve istikrarlı fiyat davranışlarını sağlamaktadır. "Normal" olmayan piyasa koşulları altında ise kitle davranışı likiditeyi azaltmakta ve panik satış işlemi yoluyla piyasayı istikrarsızlaştırmaktadır (Karp ve Van Vuuren, 2019: 21-22). Fraktal piyasa hipotezi piyasanın etkinliğine değil, piyasanın istikrarına yani durağanlığına odaklanmaktadır. Aynı zamanda farklı yatırım ufukları tarafından likidite oluşturulmaktadır. Arz ve talep (boğalar ve ayılar) arasında etkin bir dağılım olduğunda piyasa likit hale gelmektedir.

Ancak bu dağılım dengesizleşirse piyasanın istikrarı kaybolacak ve çalkantılı bir hale gelecektir. Likit bir piyasa, piyasaının adil olduğu ve işlem hacminin yeterince büyük olduğu bir piyasadır (Metescu, 2022: 200). Şekil 11’te Etkin piyasa hipotezi ve fraktal piyasa hipotezini savunan araştırmacılar belirtilmiştir.



Şekil 11. Etkin Piyasa Hipotezi ve Fraktal Piyasa Hipotezi Savunucuları

Kaynak: Liu vd., (2022: 3)

Son olarak FPH kapsamında, bilgiyi farklı şekillerde yorumlayan ve farklı davranış gösteren heterojen yatırımcılar ve piyasa likiditesi, piyasa istikrarının belirleyicileri olarak kabul edilmektedir. Normal piyasa koşullarında farklı yatırım ufuklarına sahip yatırımcıların piyasa likiditesine etkisi ve düzenli fiyat hareketleri sonucunda fraktal yapılar oluşmaktadır. Bu fraktal yapılar, piyasanın dirençli olmasını sağlamaktadır. Ancak aynı zamanda bu fraktal yapılar, kırılabilirlik de oluşturabilir. Uzun vadeli yatırımcıların kayıpları veya davranışlarındaki değişimler (yatırım ufku kısılması veya piyasadan çekilme) sonucunda ortaya çıkan kırılabilirlik, likiditenin yok olmasına, panik satışlarına ve bunun sonucunda piyasa çöküşüne yol açabilir. Fraktal yapıda kalıcılığı sağlayan bu yatırımcı etkileşimi, fiyat değişimlerinin farklı zaman frekanslarında birbirine benzemesine neden olur. FPH'ye göre normal ve stresli zamanlarda piyasaların istikrarı, yatırımcıların farklı şekilde davranışları ile ilişkilidir. Bu durum, piyasa likiditesini ve fiyat davranışlarının dengede kalmasını etkileyebilir (Anderson ve Noss, 2013: 17-18).

İKİNCİ BÖLÜM

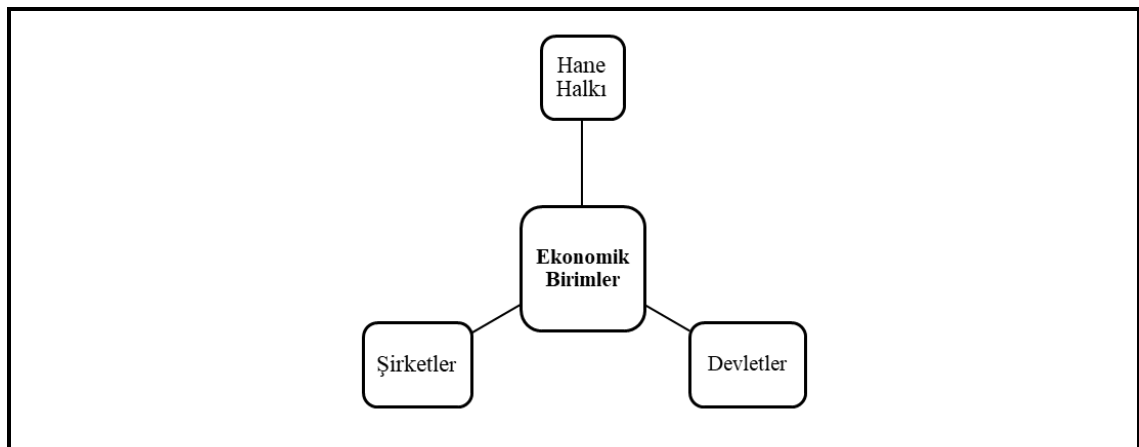
GELENEKSEL VE ÇAĞDAŞ FİNANSAL YATIRIM ARAÇLARINA İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Günümüzde finansal piyasalar, ulusal sınırları aşarak evrensel bir nitelik kazanmıştır. Bu piyasalar, yatırımcıların tasarruflarını yatırım yaparak en verimli şekilde değerlendirmeyi amaçladığı devasa bir piyasa haline dönüşmüştür. Son yıllarda finansal piyasaların bu denli genişlemesi ve ekonomideki etkin rolü, yatırımcıların rasyonel kararlar doğrultusunda yatırım kararı alarak çok büyük kazançlar elde etmelerine olanak sağlamıştır. Bu durum hem bireysel yatırımcıların hem de kurumsal yatırımcıların yatırım yapma alışkanlıklarını değiştirmelerine neden olmuştur. Sermaye piyasalarına, kripto para piyasalarına ve benzer piyasalara olan ilgi arttıkça piyasalara dair bilgi ve öngörülebilirliğin önemi de daha da artmaktadır. Dolayısıyla, bu bölümde öncelikle finansal piyasalar hakkında kısa bilgi verilecek olup; ardından yatırım kavramı, geleneksel yatırım araçları, blockchain ve çağdaş yatırım araçları hakkında bilgi verilmektedir.

2.1.Finansal Piyasa ve Finansal Piyasanın Sınıflandırılması

2.1.1. Finansal Piyasa Kavramı

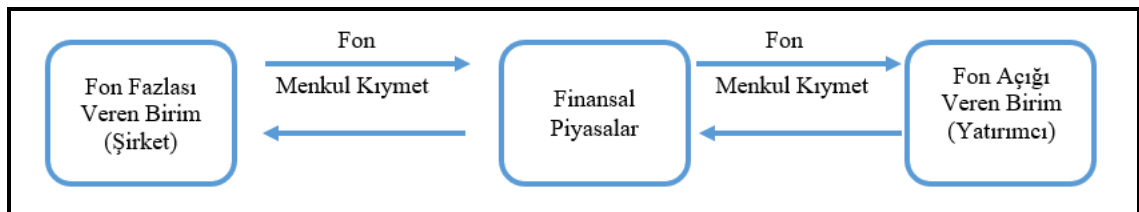
Bazı ekonomik birimler fonlara gereksinim duyarken bazı ekonomik birimler de harcamalarının üzerindeki gelirlerini yatırımlara dönüştürme gereksinimi duymaktadır. Herhangi bir ekonomik faaliyet içinde 3 (üç) farklı ekonomik birim bulunmaktadır. Bunlar; Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Ekonomik Birimler

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Belirlenen 3 (üç) ekonomik birimin her biri, özgün gelir ve gider yapılarına sahiptir. Bu birimler, süregelen ekonomik faaliyetlerini devam ettirebilmek adına gelir-gider dengesini koruma çabası içerisindeyler. Bununla birlikte, zaman zaman bu birimlerin harcamaları gelirlerini aşarken; diğer zamanlarda ise gelirleri harcamalarını üstlenebilmektedir. Bu durum, ekonomik birimlerin periyodik olarak gelir ve gider dengesini sağlama eğilimini göstermektedir. Özetle, bu birimlerin finansal durumları, bazı dönemlerde fon fazlalığına işaret ederken diğer dönemlerde fon ihtiyacına bürünebilmektedir. Fon fazlası bulunan birimler ile fon eksikliği yaşayan birimler arasındaki bu dinamik, finansal piyasalarda fon arzı veya talebi oluşumunu tetiklemekte ve böylece belirli bir piyasa yapısının inşasına katkı sağlamaktadır. Dolayısıyla, fon gereksinimi olan birimler ile fonu talep eden birimlerin fiziksel olarak bir araya geldiği ve karşılıklı olarak alış ve satışların meydana geldiği ortamlara “piyasa” denilmektedir. Diğer bir ifadeyle genellikle piyasa denildiği zaman ilk akla gelen alıcı ile satıcının fiziksel olarak bir araya geldiği ortam olarak ifade edilmektedir (Aydın vd., 2010: 42; Karan, 2022: 4). Ancak günümüzde gerek teknolojinin gerekse internetin geldiği seviye, alıcı ve satıcıların her zaman için fiziksel olarak belirli bir ortamda yüz yüze gelme zorunluluğunu ortadan kaldırmıştır. Burada açıklanmak istenen, fiziksel olarak bir araya gelmekten ziyade, alım ve satım isteklerinin bir araya gelmesidir. Bu isteklerin bir araya gelebilmesi için ise finansal piyasalara ihtiyaç duyulmaktadır. Aşağıdaki Şekil 13’te fon fazlası veren birim (şirketler vb.), fon açığı veren birim (yatırımcılar vb.) ve finansal sistemin işleyişi gösterilmiştir.

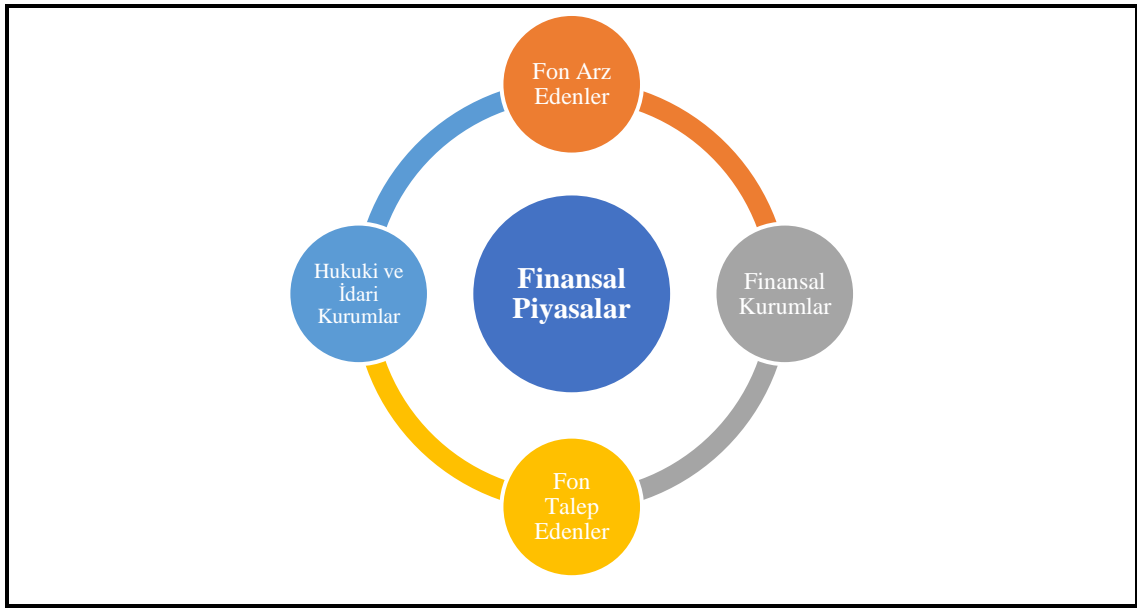


Şekil 13. Finansal Sistemin İşleyişi

Kaynak: Günal (2019: 21)

Temel olarak piyasalar alım-satımına konu olan şeyin özelliğine göre; reel (mal) piyasalar ve finansal piyasalar olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (Atıcı, 2018: 51). Reel piyasalar hem ürünlerin ve hizmetlerin hem de bu ürünleri ve hizmetleri üretmek için kullanılan üretim faktörlerinin bir araya getirildiği, alım ve satımın yapıldığı piyasalardır (Aydın vd., 2010: 42). Finansal piyasalar ise fon arz ve talebinin bulunduğu piyasalardır (Karan, 2022: 4). Diğer bir ifadeyle, tasarruf sahipleri (fon arz edenler) ile yatırım yapmak isteyenlerin (fon talep edenlerin) bir araya geldiği piyasalardan

oluşmaktadır. Finansal piyasalar, sadece fon sağlayanlar ve fon talep edenlerden oluşmamaktadır ve aynı zamanda fon akımlarını kolaylaştıran ve düzenleyen finansal kurumlar ve kuruluşlar, bu fon akımlarında kullanılan finansal varlıklar, piyasaların düzenlenmesini ve adil, şeffaf, güven içinde işleyişini sağlayan hukuki ve idari kurullar ile kurumlar gibi unsurların bir araya geldiği bir sistem olarak değerlendirilmelidir. Bu doğrultuda finansal sistem, finansal piyasaları içine alan geniş bir kavram şeklinde ifade edilmektedir (Aydın vd., 2018: 37). Finansal piyasaları oluşturan 4 (dört) temel unsur bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil 14’te özetlenmiştir.



Şekil 14. Finansal Piyasalar Oluşturan Temel Unsurlar

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

2.1.2. Finansal Piyasanın Fonksiyonları

Finansal piyasalar, ekonominin temel sistemini oluşturan merkezi unsurlardır. Dolayısıyla, finansal piyasalar, ekonomik sistem veya finans faaliyetleri içinde üç temel fonksiyonu yerine getirmektedir. Bunlar (Cecchetti ve Schoenholtz, 2017: 55-56):

Piyasa likiditesi fonksiyonu: Tasarruf sahiplerine ve borçlulara likidite imkânı sunmak şeklinde tanımlanır. Likidite ise bir varlığın değer kaybetmeden hızlı bir şekilde nakde çevrilebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Finansal varlıkların ucuz ve kolay bir şekilde alınıp satılabilmesi genellikle finansal piyasalar ve buna destek olan kurumsal yapılar sayesinde mümkün olmaktadır. Finansal piyasalar, alım ve satım işlemlerinin maliyetini minimize ederek likiditeyi artırmayı amaçlamaktadır. Bu duruma örnek olarak; ABD’nin sermaye piyasası verilebilir. Milyarlarca dolarlık günlük işlem hacmi, düşük

işlem maliyetleri ve yüksek likidite seviyelerine sahip olması ABD hisse senedi piyasasının ne kadar likit olduğunu göstermektedir.

Bilgi sağlama fonksiyonu: Finansal piyasalar aracılığıyla piyasadaki şirketlerle ilgili her türlü bilgiye kolay bir şekilde ulaşılabilir kılmak, toplayabilmek ve iletebilme olanağı şeklinde ifade edilebilir. Diğer bir ifadeyle, finansal varlık ihraç edenler, ilgili tüm bilgileri bir araya getirerek ve fiyat değişikliklerini özet bir şekilde diğer taraflara ileterek katılımcıları bilgilendirir. Örnek vermek gerekirse; A firmasının gelecekteki büyüme ve karlılık beklentilerinin pozitif olması, A firmasının hisse senetlerinin değerini yükseltebilir. Aynı şekilde, bir borçlunun tahvilinin ödeme yapma olasılığının yüksek olması, o tahvilin değerini artırabilir.

Risk paylaşımı fonksiyonu: Finansal araçlar riski transfer edebildiğimiz araçlardır ve finansal piyasalarda bu transferi yapabildiğimiz yerlerdir. Finansal piyasalar risk ve getiri dengesini yönleme imkânı sunmaktadır. Tedbirli bir yatırımcı, hisse senetleri, tahviller, kripto para, altın ve nakit gibi çeşitli varlıklardan oluşan bir portföy oluşturabilir. İyi bir şekilde tasarlanmış bir portföy, bireysel olarak tek tek elde tutulan hisse senetleri veya tahvillerden daha düşük toplam risk taşıyacaktır. Bu portföy optimizasyonu yapmak için yatırımcı, finansal piyasalarda çeşitli finansal varlıkları alıp satarak çeşitlendirme yapmaktadır. Finansal piyasalar olmadan, riskin dağıtılması ve paylaşılması mümkün olmazdı. Kısaca piyasasının olmadığı bir ortamda fiyattan bahsetmek mümkün değildir.

2.1.3. Finansal Piyasaların Sınıflandırılması

Farklı kriterlere göre finansal piyasalar çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Finans literatüründe genellikle kullanılan sınıflandırmalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Para Piyasası-Sermaye Piyasası: Finansal piyasalar, bu piyasalarda işlem gören finansal varlıkların vade yapılarına bağlı olarak para ve sermaye piyasası olmak üzere ikiye ayrılır. Para piyasaları ile sermaye piyasaları arasında net bir ayrım olmamakla birlikte, genel olarak bir yıldan daha kısa süreli finansal araçların işlem gördüğü piyasalar para piyasası olarak ifade edilmektedir. Kısaca para piyasası, kısa süreli fon arz eden ve talep edelerin karşılaştığı piyasa olarak tanımlanır. Bir yıldan daha uzun süreli finansal araçların alınıp satıldığı yani işlem gördüğü piyasalar ise sermaye piyasası olarak adlandırılmaktadır (Uzunoğlu, 2020: 29). Borsa İstanbul (BİST) bir sermaye piyasası olarak nitelendirilirken, ticari bankaların oluşturduğu piyasalar ise para piyasası şeklinde

ifade edilmektedir (Karan, 2022: 20). Tablo 4’te para piyasası ile sermaye piyasası arasındaki temel farklılıklar özetlenmiştir.

Tablo 4. Sermaye Piyasası ile Para Piyasası Arasındaki Temel Farklar

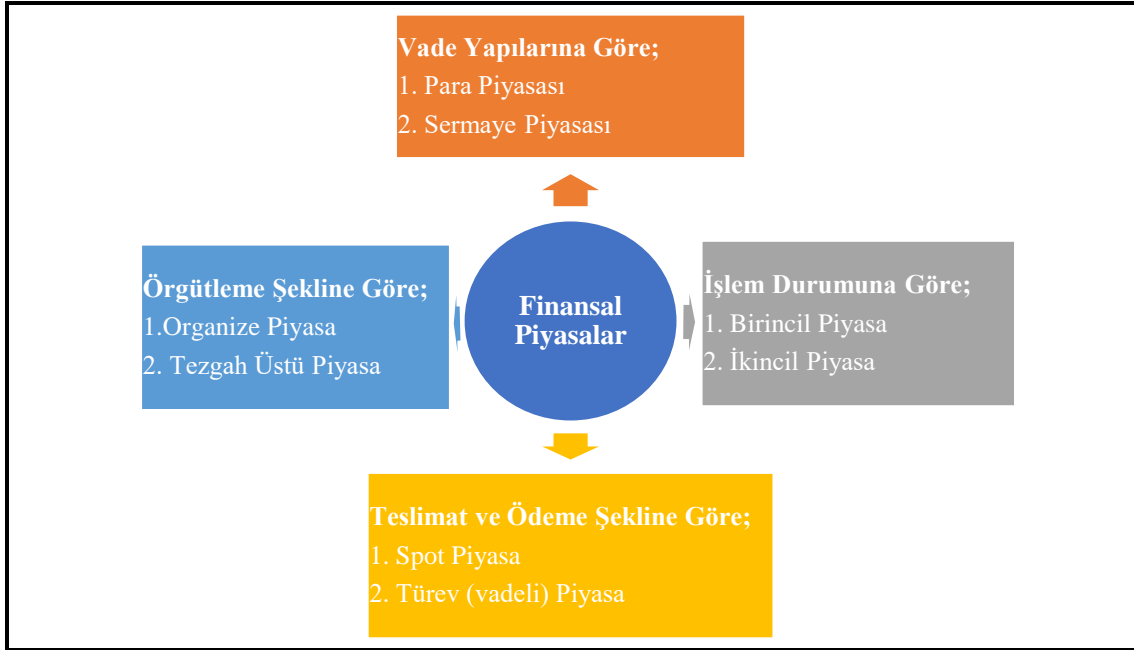
Farklar	Para Piyasası	Sermaye Piyasası
Vade	Kısa vadeli fon arz ve talebin karşılaştığı piyasalardır.	Orta ve uzun vadeli fon arz ve talebin karşılaştığı piyasalardır.
Fonksiyon	Geçici özellikteki nakit sorununu gidermek amacıyla başvurulmaktadır.	Sabit yatırım ve net işletme sermayesi ihtiyacı için başvurulmaktadır.
Fon	Fon kaynakları sürekli olmayan resmi, ticari ve vadeli olmayan mevduattır.	Fon kaynakları süreklilik gösteren gerçek tasarruflardır.
Araç	Ticari senetler vb. menkul kıymetlerdir.	Hisse senedi ve tahvil vb. menkul kıymetlerdir.
Faiz	Kısa vadeli fon arz ve talebi söz konusu olduğu için risk ve faiz oranı düşüktür.	Uzun vadeli fon arz ve talebi söz konusu olduğu için risk ve getiri oranı veya faiz oranı yüksektir.

Kaynak: Korkmaz ve Ceylan (2007: 10)

Birincil Piyasa-İkincil Piyasa: Firmalar büyüdükçe dış sermaye gereksinimleri önemli ölçüde artabilir ve firma belirli bir aşamada ayrıntıları daha sonra verilecek olan organize bir borsada hisse ihraç ederek “halka açılmaya” karar verebilir. Bu ilk ihraç; ilk halka arz veya halka arz olarak adlandırılmaktadır. Bu ilk ihraçta firmanın ihraç ettiği hisse senetlerini satın alanlar, firmanın varlıklarına yaptığı yatırımın finansmanına destek olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, firmanın reel aktif yatırımını desteklemiş olurlar. Bunun karşılığında alıcılar firmanın kısmi sahipleri haline gelir ve gelecekteki başarısına veya başarısızlığına katılırlar (Brealey vd., 2023: 37). Yeni bir hisse senedi ihracı hem firmanın elindeki nakit miktarını hem de halkın elindeki hisse senedi sayısını arttırmaktadır. Böylece, bir firmanın hisse senetlerinin ilk kez ihraç edildiği piyasalara “birincil piyasa” denilmektedir. Ancak finansal piyasalar firmaların yeni nakit toplamasına yardımcı olmanın yanı sıra yatırımcıların kendi aralarında da hisse senedi alım ve satım imkânı sağlamaktadır. Birey, nakit para elde etmek için elinde bulundurduğu hisse senedini sattığında hisse senedinin sahibi de değişmektedir. Hisse senetlerinin bu şekilde alım ve satımının gerçekleşmesi ikincil işlemler olarak tanımlanır ve bu işlemlerin gerçekleştiği piyasalar da “ikincil piyasa” şeklinde ifade edilmektedir (Brealey vd., 2023: 37-38). Özetlemek gerekirse birincil piyasada ilk halka arz, ikincil piyasada ise bu ilk halka arzın sonrasında bahsi geçen hisse senedi, yatırımcılar arasında el değiştirmektedir. Örneğin; BİST hem ilk halka arzların yapıldığı birincil piyasa, hem de halka arz yapılmış olan hisse senetlerinin yatırımcılar tarafından alınıp satıldığı bir ikincil piyasa konumundadır (Ross vd., 2022: 19).

Organize Piyasalar-Tezgâh Üstü (Organize Olmayan) Piyasalar: Belirli bir fiziksel mekânda belli işlem kurallarına ve üyelere sahip olan ve sadece kendisine kote edilmiş menkul kıymetlerin alınıp satıldığı piyasalara “*organize piyasa*” ya da “*örgütlü piyasa*” denilmektedir. Tezgâh üstü (Over the counter) piyasalarda ise birçok finansal kurum, telefon, faks ve bilgisayarlar gibi iletişim araçlarıyla birbirine bağlanarak veya iletişim kurarak organize olmayan bir piyasa yapısını oluşturmaktadır (Karan, 2022: 20). New York Menkul Kıymetler Borsası (NYSE), BİST ve Tokyo Borsası organize piyasalardır. Kapalıçarşı piyasası ile Londra para piyasası ise birer organize olmayan piyasalardır. Amerika Birleşik Devletleri’ndeki NASDAQ Borsası ile kripto para borsaları ise elektronik ortamda faaliyet gösteren organize olmayan piyasalara örnek olarak verilebilir. Ayrıca birçok alıcı ve satıcı belirli bir kurum veya kuruluşa tabi olmadan bilgisayar gibi araçlarla birbirileri ile işlem yapmaktadır (Cecchetti ve Schoenholtz, 2017: 59).

Spot Piyasalar-Türev (Vadeli) Piyasalar: Finansal varlıkların alım ve satım işlemleri, anında teslimat ile yapılabileceği gibi önceden belirlenen gelecekteki bir tarihte teslim edilmek üzere de düzenlenebilir. Anında teslimat yapılan piyasalara “*spot piyasalar*” denilirken, ileri bir tarihte teslimat yapılacak piyasalara ise “*türev piyasalar*” veya “*vadeli piyasalar*” adı verilmektedir. Türev piyasasında işlem gören finansal türev araçlar içerisinde vadeli işlem sözleşmeleri (futures) ve opsiyon sözleşmeleri, özellikle önem arz etmektedir. Bu araçlar, piyasanın likiditesini ve risk yönetim mekanizmalarını destekleyici temel unsurlardır (Gürsoy, 2012: 34-35). BİST ile Londra Borsası (FTSE) spot piyasalara örnek olarak verilebilir. Chicago Mercantile Exchange (CME), Londra Uluslararası Finansal Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsası (London International Financial Futures and Options Exchange) ve Chicago Board of Trade ise türev piyasalara örnek olarak verilebilir. Son olarak, ülkemizde tek organize türev (vadeli) işlem piyasası olan ve Borsa İstanbul’da faaliyet gösteren piyasa ise Vadeli İşlemler ve Opsiyon Pazarı (VİOP)’dır (Karan, 2022: 21). Aşağıdaki Şekil 15’te niteliklerine göre finansal piyasa çeşitlerine yer verilmiştir.



Şekil 15. Finansal Piyasa Sınıflandırılması

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Ekonomik kalkınma düzeyi ile finansal piyasalar arasında güçlü bir etkileşim söz konusudur. Örneğin; şirketler, finansal kaynaklara erişim sağlayarak büyüme ve gelişme hedeflerini gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu süreçte, sermaye piyasaları, kredi olanakları ve diğer finansal araçlar aracılığıyla elde edilen kaynaklar, şirketlerin pazar pozisyonlarını güçlendirmelerine ve rekabet avantajlarını artırmalarına olanak tanımaktadır. Dolayısıyla, şirketler ulusal piyasalardan uluslararası piyasalara açılmak, yatırım yapmak ve ihracatlarını gerçekleştirmek için daha uygun maliyetli ve çeşitli özelliklere sahip finansal enstrümanlara ulaşmayı amaçlamaktadırlar. Büyüyen ve gelişen şirketlerin bir bölümü zamanla halka açılarak kurumsal bir yapıya geçer ve kendilerine fon sağlayan tasarruf sahiplerini de gelecekte hedefledikleri başarıya ortak ederler. Tasarruf sahipleri, reel sektör için kaynak sağlarken aynı zamanda finansal piyasalarda gelir elde etme fırsatı bulmaktadırlar. Aynı zamanda, finansal kurumların gelişimiyle sermaye kazancı elde etme fırsatı da artmaktadır. Böylece, gelişmiş finansal kurumlar, sermayenin geniş kesimlere yayılmasını destekleyerek bir bakıma “*sermayenin demokratikleşmesini*” sağlamaktadır (Atıcı ve Gürsoy, 2015: 1062).

2.2.Yatırım Kavramı ve Geleneksel Yatırım Araçları ve Özellikleri

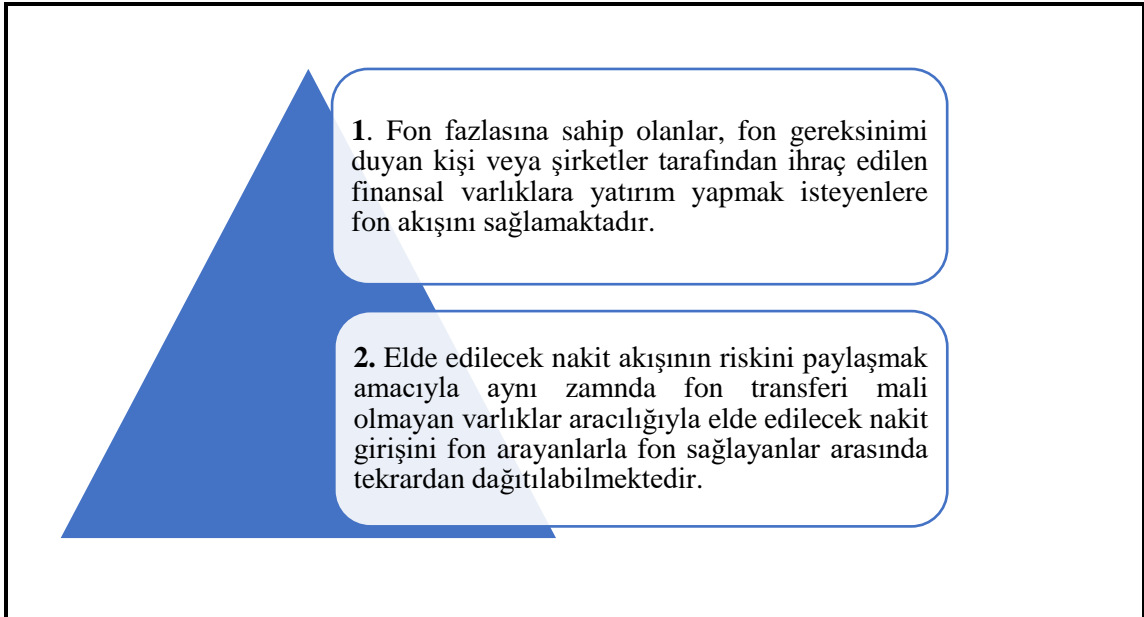
2.2.1 Yatırım Kavramı

Yatırım kavramı bağlamına göre çeşitli anlamlar içerebilen bir kavram olup; geniş bir alanı kapsamakta ve kullanıldığı bağlama göre farklı anlamlar taşımaktadır. Daha açık

bir şekilde ifade etmek gerekirse yatırım kavramının anlamı; ekonomiden finansa, işletmecilikten bireysel finans yönetimine kadar birçok farklı alanda çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitlilik nedeniyle yatırım kavramına birçok tanım yapılmıştır. Genel olarak yatırım; elde edilen paranın bir kısmını ayırarak, mal ve hizmet üretimi için şirketlerin aktiflerinin değerlendirilmesinde harcaması olarak ifade edilirken; bireyler açısından ise yatırım, gelecek kaygısı ile kazançlarının belirli bir kısmını ayırarak yapılan tasarruftan ilave kazanç sağlamak için değerlendirilmesidir. Başka bir tanıma göre yatırım; bir varlık veya kaynağın belirli bir zaman içinde değer artışından kazanç elde etmek veya gelecekte fayda elde etmek için kullanılma işlemidir. Yani bugün belirli bir miktar para, mal veya hizmeti belirli bir hedef doğrultusunda kullanarak gelecekte daha fazla fayda veya kazanç sağlamayı hedeflemektir. Finans açısından yatırım; kazanç sağlamayan nakit varlıkların daha az likit varlıklara dönüştürülerek kazanç elde etmek amacıyla yönlendirilmesidir (Canbulat, 2009: 2). Özetle yatırım; gelecekte elde edilecek olan bir değeri kazanmak amacıyla bugün elde edilen bir değerden tasarruf etmek veya harcamada bulunmak, fedakârlık etmek anlamına gelmektedir. Yatırımın en temel tanımı ise daha fazla kazanç elde etmek için belirli bir miktar parayı bir faaliyete bağlamaktadır. Bu bağlamda yatırım süreci; yatırımcının hangi yatırım araçlarına ne zaman ve ne büyüklükte yatırım yapacağına dair kararlarını nasıl verdiğini içermektedir (Karan, 2022: 3). Yatırım kavramı bağlamına göre çeşitli anlamlar içerebilen esnek bir kavramdır.

Birbirinden farklı yatırım tanımlamaları yapılması aynı zamanda çeşitli yatırım türlerinin belirlenmesi ve farklı yatırım sınıflandırmalarının yapılabilmesi olanağı sağlamaktadır. Hattts (1975)'e göre yatırımlar, yatırım olanakları, mevcut fırsat ve imkanlar, kaynaklar ve politikalar gibi faktörlere bağlı olarak farklı şekillerde belirlenebileceği gibi farklı şekillerde de isimlendirilebilmektedir. Genel anlamda yatırımlar; reel ve finansal yatırımlar olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Reel yatırımlar; mali olmayan varlıklar şeklinde ifade edilmektedir. Reel yatırımlar; tasarrufa ayrılan fonun fiziki olarak somut bir şekilde değerlendirilmesini içermektedir. Fiziki yatırımlar ise arsa, gayrimenkul ve makine gibi fiziksel malları kapsamaktadır. Finansal yatırımlar ise finansal yatırım araçlarını kapsamaktadır. Finansal yatırımlar aynı zamanda mali olmayan varlık yatırımları şeklinde de ifade edilmektedir. Genel olarak, finansal yatırım araçları iki kategoriye ayrılmaktadır: Birincisi gelecekte alacak hakkı sağlayan senetler, ikincisi ise ortaklık hakkı sağlayan senetlerdir. Örneğin hisse senetleri yatırımcısına ortaklık hakkı sağlarken, tahviller ise alacak hakkı sağlamaktadır. Ancak bu

finansal yatırım araçların birbirinden farklı türleri bulunmaktadır. Ayrıca bazı finansal varlıklar ise melez bir özellik göstermektedir. Şekil 16’da görüldüğü gibi finansal varlıkların temel olarak yerine getirdiği iki ekonomik rol bulunmaktadır.



Şekil 16. Finansal Varlıkların Ekonomik Rollerini

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Yukarıdaki ifadelerden anlaşılacağı üzere, bir kişi finansal varlıklara sahip olduğun zaman bu varlığın getirdiği haklara sahip olmanın yanı sıra aynı zamanda o varlıkla ilişkilendirilmiş olan belirli riskleri de kısmen veya tamamen üstlenmek durumunda kalabilir. Bu noktada, finansal varlıklar yatırımcıları bu risklere karşı koruma potansiyeli de sunmaktadır (Karan, 2022: 3).

2.2.2. Geleneksel Yatırım Araçları ve Özellikleri

Yukarıda da ifade edildiği gibi finansal piyasaların en temel işlevi; fon fazlasına sahip kişiler veya kurumlar ile fon açığı yaşayanlar arasında kaynak aktarımı sağlamaktır. Bu piyasalara kaynak sağlayanlar, aktardıkları kaynak karşılığında, fon talep edenlerden elde ettikleri araçlara “*finansal araçlar*” veya “*yatırım araçları*” denilmektedir. Bu bağlamda finansal araçlar, ihraç eden için bir “yükümlülük” niteliği taşıırken, satın alan için ise bir “varlık” özelliği taşımaktadır. Birçok menkul kıymet finansal araç niteliğine sahip iken, finansal araçların menkul kıymet niteliklerine sahip olması gerekmez (Babuşçu, 2018: 65-66). Finansal araçları birbirinden farklı kılan başlıca özellikleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

❖ **Finansal Aracın İsmi:** Her finansal aracın temel özelliklerini tanımlamak için genelleştirilmiş bir adı bulunmaktadır. Bu yüzden aynı niteliklere sahip finansal araçlar

aynı adla ve farklı niteliklere sahip finansal araçlar ayrı adlarla isimlendirilmektedir. Bu niteliklere sahip bir finansal aracı çıkaran kurum veya kuruluş, aracın süresi ve sahibine sağladığı hak ve sorumluluklar olarak ifade edilebilir.

❖ **Vade:** Finansal araçlar için vade; bir finansal aracın satın alındığı tarihten itibaren ihraç edenin nihai sorumluluğu yerine getireceği (geri ödeme yapacağı) ve aracı iade edeceği tarihe kadar beklenmesi gereken tarih veya süreyi ifade etmektedir. Bununla birlikte, bazı finansal araçlar belirli bir süreye sahip iken, bazılarında süre sonsuzdur. Örneğin, tahvil, bono ve mevduat cüzdanı vb. finansal araçların üzerlerinde geri ödeme vadeleri belirtilerek ihraç edilmektedir. Ancak pay senedi, yatırım fonu belgesi vb. finansal varlıkların üzerlerinde geri ödeme vadesi belirtilmemekte, yani sonsuz vade niteliği taşımaktadır. Bu ve benzeri senetler el değiştirdiğinde alım ve satım tarihleri vade arasındaki süre olarak değerlendirilmektedir.

❖ **Paraya Çevrilebilirlik (Likidite):** Likidite, bir varlığın istenildiğinde nispeten gerçek değerine yakın veya düşük bir kayıpla ve hızlı bir şekilde nakde çevrilebilmesi şeklinde ifade edilebilir. Bu kapsamda bir finansal araç, değerinden önemli ölçüde kayıp olmadan, en kısa sürede veya kolayca nakde dönüşebiliyorsa likiditesi yüksektir. Örnek olarak; mali durumu iyi olan şirketin hisse senetleri ve borçlanma araçlarının likiditesi, mali durumu kötü olan bir şirketin benzer araçlarına göre daha yüksektir.

❖ **Hak ve Sorumluluk:** Finansal araçlar kategorisine bağlı olarak yatırımcısına sahiplik yani ortaklık hakkı, alacaklılık hakkı ve belirli bir varlığı kullanma (intifa) hakkı gibi haklardan yararlanma olanağı sunmaktadır. Bir finansal aracı yöneten, ihraç eden ve ortaya çıkmasını sağlayan için ise aracın çeşidine bağlı olarak farklı sorumluluklar getirmektedir. Örneğin; pay senedini elinde bulunduran bir yatırımcı şirkete ortak olurken, tahvil vb. araçları elinde bulunduran bir yatırımcıya ise alacaklılık hakkını vermektedir.

❖ **Finansal Aracın Vergilendirmesi:** Finansal enstrümanlar yatırım amaçlı kullanıldıkları için bu araçları sahiplenen kişi veya kurumlar kazanç elde etmektedirler. Yatırımcıların elde ettiği kazancın vergilendirilmesi gerekmektedir. Ancak belirli ülkeler bir kısım finansal enstrümanlar için vergi avantajı hatta muafiyeti sağlayabilmektedir veya benzer araçlara kıyasla daha düşük vergi oranları uygulayabilirler.

❖ **Riskin Tahmin Edilebilirliği:** Genel olarak finansal araçlar, taraflardan biri için haklar sağlarken, diğer tarafa da belli yükümlülükler getirdiğinden dolayı finansal aracın türüne göre bu yükümlülüklerin yerine getirilmemesi en büyük risk unsurudur. Örnek olarak; finansal aracın çeşidine bağlı olarak hisse senedinde şirketin iflas etmesi

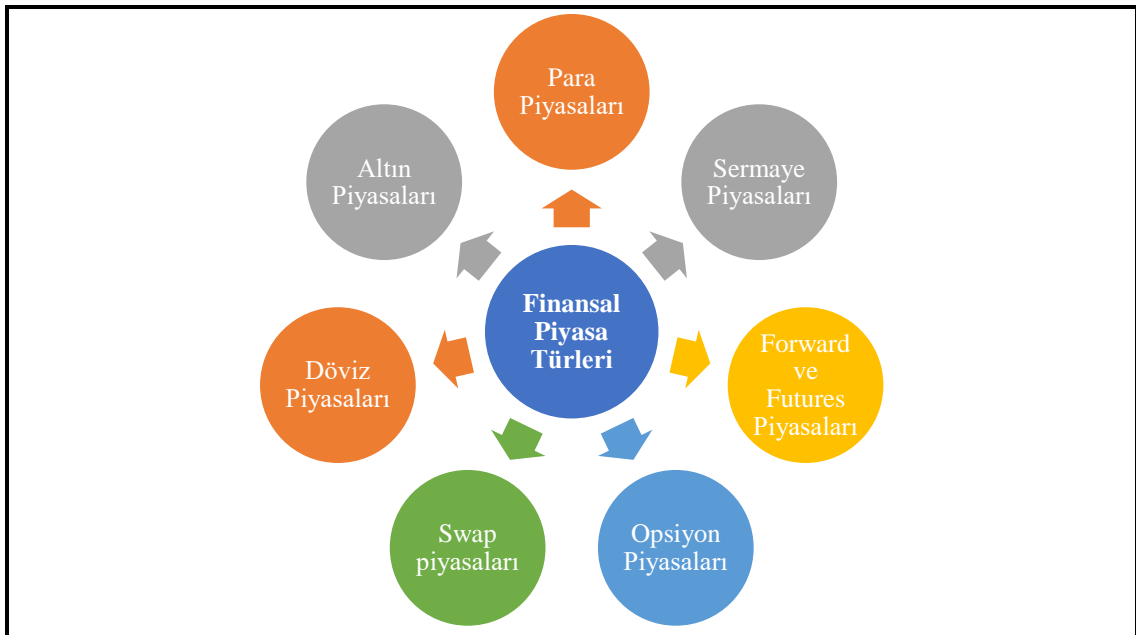
veya kâr payı dağıtmama riski bulunurken, tahvil gibi alacaklılık hakkı sağlayan araçlarda ise en büyük risk şirketin vadesinde faiz ve anaparayı ödeyememe riskidir. Finansal araçların vadesinin uzaması halinde nakit akışlarının gerçekleşmeme olasılığı artmaktadır ve Dolayısıyla risk seviyesi de artmaktadır.

❖ **Para Birimi:** Finansal enstrümanlar çeşitli ulusların para birimleri ile ihraç edilebilmektedir. Yani, Türkiye’de yerleşik bir kişi veya kurum tarafından çıkarılan tahvil, TL cinsinden çıkarılabildiği gibi; dolar ya da euro para cinsinden de çıkarılabilmektedir.

❖ **Bölünebilir Özelliği:** Finansal enstrümanların en az hangi miktarda paraya çevrilebilirliğini göstermektedir. Finansal enstrümanlar ne kadar bölünebiliyorsa o kadar tercih edilmektedir.

2.2.3. Geleneksel Yatırım Araç Türleri

Genel olarak, finansal piyasalar yedi ayrı kategori altında incelemek mümkündür (Şekil 17). Ancak son yıllarda bu kategoriye kripto para piyasası eklenmiş durumdadır.



Şekil 17. Finansal Piyasa Türleri

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekilde 17’de görüldüğü üzere finansal piyasalar; para piyasaları, sermaye piyasaları, döviz piyasaları, altın piyasaları, opsiyon piyasaları, swap piyasaları ve forward ve futures piyasalarının yanı sıra kripto para piyasaları gibi piyasa türleri içeren geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Finansal piyasaların farklı şekillerde sınıflandırılmasına rağmen para ve sermaye piyasaları finansal piyasaların büyük bir

bölümünü oluşturmaktadır. Bu bağlamda finansal araçların vadesi dikkate alınmaktadır. Kısa vadeli finansal araçların alınıp satıldığı piyasalara “*para piyasası*” olarak ifade edilirken uzun vadeli finansal araçların ticareti yapıldığı yerlere ise “*sermaye piyasası*” denilmektedir (Aydın, 2016: 58). Para ve sermaye piyasa araçları bu başlıkta anlatılırken kripto para piyasaları ise çağdaş yatırım araçları başlığı altında anlatılmaktadır.

2.2.3.1 Para Piyasası Araçları

Finansal piyasanın bir alt piyasası olan para piyasası; kısa süreli finansal enstrümanların alınıp satıldığı piyasalardır. Bu piyasalarda kısa vadeli fon fazlasına sahip olanlar ile kısa vadeli fon açığına sahip olanlar karşı karşıya gelmektedirler. Fon fazlasına sahip olan bu tasarrufu karşılığında bir ödül talep etmektedir. Diğer bir ifadeyle, faiz talep etmektedir. Fon açığına sahip olan ise tasarruf açığını bir miktar bedel ödeyerek, yani faiz ödeyerek kapatmak istemektedir (Uzunoğlu, 2020: 29). Kredi ve mevduat işlemlerinin yanı sıra para piyasalarında ikincil piyasada işlem gören para piyasası araçları da vardır. Menkul kıymet olarak adlandırılacak bu araçlar genellikle en fazla bir yıl vadelidir. Bu menkul kıymetler, ihraç aşamasında belirlenmiş vadeler ve faiz oranlarına sahip olup; vadesi dolmadan önce ikincil piyasada alınıp satılabilmektedir. Piyasada alınıp satılabilen menkul kıymetlerin vadesi dolmadan önce işlem görebilmesi, borçlanan taraflar için esneklik sağlamaktadır. Bu tür araçlar küçük miktarlarda ihraç edildiğinden dolayı daha geniş bir kesimin piyasaya katılmasına imkân tanımaktadır (Uzunoğlu, 2020: 95-96). Ancak para piyasalarında vade kısa olduğu için yapılan yatırımlarda getiri ve risk seviyesi de düşüktür. Para piyasası hem organize hem de tezgâh üstü (organize olmayan) piyasa olarak işleyebilmektedir. Organize para piyasalarının belirlenmiş kurallara sahip olup ve bir piyasa düzenleyicisi tarafından işletilip denetlenmektedir. Daha esnek kurallara sahip tezgâh üstü piyasalar, katılımcıların kendi işlem kurallarını belirlediği piyasalardır (Babuşçu, 2018: 67). Genel olarak finansal sisteme dönen gelişmiş bir para piyasasında yaygın olarak kullanılan ana menkul kıymetleri şu şekilde özetlemek mümkündür:

❖ **Vadeli Mevduat:** Gelecekteki gereksinimlerini karşılamak veya kazanç elde etmek isteyen tasarruf sahiplerinin tasarruflarını belirli bir vade boyunca bankalara emanet ettiği güvenilir bir finansal araç olarak ön plana çıkmaktadır. Vadeli mevduatlar, az riskli ve düzenli kazanç elde etmek isteyen tasarruf sahiplerinin tercih edebileceği bir seçenektir. Bankalar belirli bir vade veya vadesiz olarak müşterilerinden topladıkları mevduat ile yarattıkları kaynağı, bankacılık işlemleri aracılığıyla kredi ve benzeri yollarla

ekonomiye kazandırmaktadır. Ayrıca, mevduatlar bankaların en temel finansal kaynağını oluşturmaktadır.

❖ **Mevduat Sertifikası:** Finansal kurumların sunmuş olduğu bir yatırım aracıdır. Mevduat sertifikası, sahibinin belirtilen vade sonu gelmeden önce sertifika üzerinde yazılı olan miktarı kullanma imkânı bulunmayan finansal bir belge niteliği taşımaktadır. Diğer bir ifadeyle, belirli bir miktarın bir vade boyunca bankaya yatırılması ve vade sonunda anapara ile birlikte faizin geri ödenmesi esasına dayanmaktadır. Genel olarak bu tür sertifikalar “*hamiline yazılı mevduat*” olarak ifade edilmektedir. 1980 yılında Türkiye’de hayata geçen Mevduat Sertifika Uygulaması, 30 Ocak 1997 tarihli tebliğ ile yasaklanmıştır (Babuşcu, 2018: 67).

❖ **Hazine Bonosu:** Ülkelerin gelir ve giderlerinin eşzamanlı olmadığı bir gerçektir. Bu nedenle hükümetler kısa vadeli finansman ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla farklı kaynaklara başvurmaktadır. Bu kaynaklar arasında hazine kaynakları, merkez bankası kaynakları, dış borçlanma veya iç borçlanma seçenekleri bulunmaktadır. Dolayısıyla, hükümetler bu kaynaklardan yararlanabilirler. Merkez bankasından devamlı kaynak temin etmek, genellikle enflasyonist bir seçenektir, yani bu durum enflasyon riskini artırabilir. Dış piyasalardan borçlanmak ise bir hazırlık süreci gerektirirken uluslararası piyasalardaki kredibilitenin de yüksek olmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla, iç piyasadaki borçlanmak hükümetler tarafından en çok tercih edilen bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Bu amaçla hükümetler kısa vadeli finansman sağlamak üzere hazine bonosu gibi menkul kıymetleri ihraç etmektedir (Günel, 2019: 27).

Hazine bonoları; her yıl bütçe kanunlarına dayalı olarak hükümetin nakit ihtiyacını finanse etmek için çıkardığı kısa vadeli menkul kıymetlerdir (Özarıslan, 2018: 195). Diğer bir deyişle, kısa vadeli devlet borçlanma senetleri olarak bilinen hazine bonoları para piyasasının önemli araçlarından biri olup; bir yıldan daha kısa vadeli devlet borçlanma senedi olarak ifade edilmektedir. Yani 13 hafta (91 gün), 26 hafta (182 gün), 39 hafta (273 gün) ve 52 hafta (364 gün)’lük vadelerle ihraç edilmektedir (Karan, 2022: 424). Bu bonolar, hamiline yazı olarak ihale yoluyla ve iskontolu olarak satılmaktadır. İskonto yöntemiyle satılan bu araç, ödeme ve likidite riskinin olmadığı kabul edilen bir finansal araçtır ve risksiz bir yatırım aracı olarak kabul görmektedir. Bu yüzden düşük bir getiri sağlaması beklenir. Özellikle, merkez bankalarının para politikalarını şekillendirmede önemli bir rol oynayan bu araç, Türkiye’de nominal değeri 1000 TL olan bir araçtır. Devletin borçlanma gereksinimi olmasa bile, finansal piyasalara müdahalede bulunmak

amacıyla da hazine bonusu ihraç edilebilmektedir (Karan, 2022: 28). Hazine bonolarının faizi, ihale anında mevcut arz ve talebe bağlı olarak belirlenmektedir. Bu bonolar sahibi tarafından başka birine devredebilen hamiline yazılı menkul kıymetlerdir (Turhan ve Ceylan, 2007: 26). Hazine bonoları, birincil piyasada ihraç edildikten sonra ikincil piyasasının hem derin hem de canlı olması yani her an likiditeye çevrilebilir olması nedeniyle oldukça cazip yatırım araçlarıdır. Aynı zamanda devlet güvencesi altında olması, kısa vadeli, likit olması nedeniyle repo işlemlerinde karşılıklı olarak kullanılabilir. İkincil piyasada alınıp satılabilme özellikleri nedeniyle cazip olduğu için ülkemizde hazine bonosuna yatırımı en çok bankalar yapmaktadır. Bu da hazine bonolarının gitgide cazibesini artırmaktadır (Günel, 2019: 27).

❖ **Finansman Bonosu:** Finansman bonusu, ekonomik aktörlerin kısa vadeli fon gereksinimlerini karşılamak ve para piyasalarında likidite sağlamak için ihraç ettiği önemli bir finansal araç türüdür. Sadece güvenilir, ünlenmiş ve belli bir itibara sahip şirketler ve finansal kurumlar tarafından ihraç edilen bu araç, hazine bonolarındaki gibi devlet garantisi olmayan kısa vadeli borçlanma aracıdır (Günel, 2019: 28). Finansman bonusu, ihraççıların borçlu sıfatıyla Sermaye Piyasası Kurulu'na (SPK) kaydetmek koşuluyla ve iskonto esasına göre ihraç ederek daha sonra satışını gerçekleştirdiği emre veya hamiline yazılı menkul kıymet niteliğindeki değerli bir evraktır (Aksoy ve Tanrıöven, 2007). Finansman bonusu vadesi 2 aydan az, 12 aydan fazla olmamak koşuluyla iskonto yöntemiyle ihraç edilmektedir ve iskonto oranı ihraççı tarafından özgürce belirlenmektedir. Şirketler, likidite ihtiyaçlarını karşılamak veya bir yatırıma fon sağlamak amacıyla; bankalardan borç almak yerine finansman bonusu ihraç etme yoluna gitmektedir. Yatırımcılar ise kısa vadeli olduğu için faiz riskine karşı bir korunma amaçlı satın almaktadır. Halka arz edilmek koşuluyla ihraç edilen finansman bonolarının satışında kullanılacak iskonto oranları, vadeye uygun olarak yıllık bazda hesaplanmakta ve satışın yapılacağı ortamlarda ihraççı tarafından duyurulmaktadır (Özarlan, 2018: 196).

Finansman bonolarının ikincil piyasaları yeterince gelişmemiştir ve yatırımcılar finansman bonolarını genellikle vade sonuna kadar ellerinde tutmayı tercih etmektedir. Finansman bonoları, hazine bonolarında olduğu gibi hükümet garantisi taşımamaktadır. Bu nedenle, finansman bonusu ihraç edecek şirketler için uluslararası derecelendirme (rating) kuruluşlarının verdiği notlar büyük önem taşımaktadır. Çünkü yüksek derecelendirme notuna sahip olan şirketlerin finansman bonolarının riski daha düşük

olacağından ihraç halinde talebi de yüksek olacaktır. Şirketler genellikle bir yatırım kuruluşunun yardımıyla finansman bonosunu ihraç etmekte ve bu aracılık için de belli bir ücret (komisyon) ödemektedir. Bunun yanı sıra finansman bonusu çıkaran birçok şirket, vadesinde ödeme konusunda zorluk yaşamaması adına bir açık kredi (line of credit) anlaşması yapmaktadır. Ancak bu anlaşmasının kullanılması zorunlu değildir. Bununla birlikte, finansman bonusunun geri ödemesi bir tür güvence altına alınmış olmaktadır (Günel, 2019: 28). Bütün dünyada gitgide daha fazla kabul görmekte olan finansman bonoları, 1980'li yılların sonlardan itibaren ülkemizde de kullanılmaya başlanmıştır (Aydın, 2016: 59). Özetle, esneklik sağlayan vade yapıları ve yatırımcıların risk iştahlarına göre farklı seçenekler sunması nedeniyle finansman bonoları, şirketler için önemli bir finansal araç olarak ön plana çıkmaktadır.

❖ **Yeniden Satın Alma Anlaşması (Repo):** Repo, son yıllarda en hızlı gelişen para piyasası araçlarından biri olarak öne çıkmıştır. Repo; geri satın alma anlaşmasının (repurchase agreement) kısaltılmış hali olup; para piyasalarındaki önemi giderek artmaktadır. Bir tarafın önceden belirlenmiş bir tarihte ve belirli bir fiyat üzerinden menkul kıymetleri geri alma taahhüdüne dayalı olarak satmayı kabul ettiği bir finansal sözleşmedir. Genellikle günlük veya haftalık periyotlar şeklinde gerçekleştirilen repo işlemlerinde, repo yapan taraf, tasarruf sahibine geri alma taahhüdüyle hazine bonusu veya devlet tahvili gibi bir finansal aracı satmaktadır (Karan,2022: 28; Ross vd., 2022: 663). Örnek olarak; bugün kısa vadeli nakit gereksinimi olan bir banka, gelecekteki bir tarihte daha yüksek bir fiyattan geri alma taahhüdüyle bir firmaya hazine bonusu satabilir (Baye ve Jansen, 1995: 44).

Temel olarak repo işlemi, menkul kıymetlerle teminat altına alınan bir tür kredi sözleşmesidir. Eğer borç alan taraf vade sonunda taahhüdü yerine getirmezse repo işlemine konu olan miktar teminat olarak kullanılan menkul kıymetler ile karışılacaktır. Repo işlemlerinde genellikle en güvenilir ve riski düşük olan hazine kağıtları kullanılırken, aynı zamanda finansman bonoları veya özel sektör tahvilleri gibi diğer araçlar da tercih edilmektedir. Repo işleminin tam tersini gerçekleştirmekte mümkündür. Belli bir tarihte ve belirli bir fiyattan menkul kıymetleri geri satma taahhüdüyle alım işlemi olan bu tür işleme "*ters repo*" veya "*reverse repo*" adı verilmektedir. Özün itibarıyla, farklı bir perspektiften bakıldığında aynı işlem hem yeniden satın alma (repo) hem de ters repo olarak ifade edebilmek mümkündür. Repo işlemlerinde vade seçenekleri, genel olarak 1 (bir) gece (overnight) gibi kısa bir süreden başlayarak (Ross,

2022: 663), 1 ile 15 gün olabildiği gibi 1 aylık, 3 aylık ya da 6 aylık gibi uzun süreler de olabilmektedir (Günel, 2019: 29).

Repo işlemleri, yaygın olarak bankalar, tasarruf kuruluşları, diğer finansal kurumlar ve finansal olmayan kuruluşlar arasında mevcut iletişim ağı üzerinden gerçekleştirilirken, gelişmiş piyasalarda da bu tür işlemlerin yapıldığı görülmektedir. Örnek olarak; BİST bünyesindeki Tahvil ve Bono piyasasında bu ve benzeri işlemler yapılmaktadır ve ikincil piyasada ise hazine kâğıt işlemleri gerçekleştirilmektedir (Günel, 2019: 29). Ayrıca menkul kıymet, hazine bonosu, devlet tahvili ve Varlığa Dayalı Menkul Kıymet (VDMK) gibi yatırım araçları, finansal kuruluşlar tarafından karşılık olarak repo işlemlerinde kullanılmaktadır (Karan, 2022: 28).

❖ **Banka Kabulleri:** Senet veya poliçe; şirketler tarafından ticari amaçlarla kullanılan kısa vadeli değişim enstrümanlarıdır. Kredi ile satılan mal veya hizmet karşılığında alacağın güvence altına alınması için ödeme yükümlülüğünü belgeleyen ve resmi bir taahhüt niteliğinde olan bir senet alınmaktadır. Eğer senet, keşidecinin (senedi düzenleyen) bankası tarafından güvence altına alındıysa yani söz konusu senet için ödeme yapılmadığı veya vade öncesi iskonto edildiği durumda banka senedin tutarını karşılayacağına dair taahhütte bulduysa bu senet "*banka kabulü*" (Banker's Acceptances) olarak adlandırılmaktadır (Turhan ve Ceylan, 2007: 29).

Banka kabulleri; "*kabul bankası (accepting house)*" şeklinde faaliyet gösteren bir banka ya da benzer bir firmanın güvencesini taşıyan ve belirli bir süre içinde ödenmesi gereken poliçeyi veya kambiyo senetlerini temsil eden finansal bir araçtır. Banka kabulleri, ticaret finansmanında etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır ve genellikle 30-180 gün arasında olan kısa vadeli düzenlemelerin yanı sıra 270 güne kadar olan vadelerde de tercih edilmektedir. Bu da işletmelerin ticari faaliyetlerini desteklemek ve finanse etmek amacıyla bu enstrümanı ne kadar sık tercih ettiğini ve hangi vadelerde daha fazla talep edildiğini anlamamıza yardımcı olmaktadır. Firmanın ihtiyacı olan finansmanı sağlamak için düzenlenen kambiyo senedi bir "banka" tarafından kabul edildikten sonra, bu senet yine bir başka banka tarafından bir müşteriye satılmaktadır. Dolayısıyla, ihtiyaç olan kaynak, banka tarafından finanse edilmiş olmaktadır. Kaynağın faiz oranı ise banka ile müşteri arasındaki ilişkiye bağlı olarak belirlenmektedir. Bankanın "*kabul ettiği*" senedi satın alan müşteri, bankanın güvencesini temel alarak işlem yapmaktadır. Dolayısıyla, bu nitelik, bu tür senetlerin ikincil piyasada daha kolay nakde çevrilebilir olmasına katkı sağlamaktadır (Uzunoglu, 2020: 96).

Yukarıda anlatılan para piyasası araçları dışında; kıymetli maden bonoları, bankalar arası para piyasası fonları, eurodolar mevduatı, pazarlığa dayalı mevduat sertifikaları gibi para piyasası araçları bulunmaktadır. Para piyasası araçları ve ihraç eden kurum ve kuruluşlar aşağıdaki Tablo 5’de özetlenmiştir.

Tablo 5. Para Piyasası Araçları ve İhraç Eden Kurum/Kuruluşlar

Para Piyasası Araçları	İhraç Eden Kurum/Kuruluşlar
Vadeli Mevduat	Bankalar
Mevduat Sertifikaları	Tasarruf kurumları ve Bankalar
Hazine Bonoları	Hükümetler
Finansman Bonoları	Finansal Firmaları Bankalar ve Diğer Firmalar
Kabul Kredileri	Bankalar
Yeniden Satın Alma Anlaşması (Repo)	Şirketler ve Finansal Kurumlar
Eurodolar Mevduat	Uluslararası Bankalar
Bankalar Arası Para Piyasası Fonları	Mevduat Kurumları

Kaynak: Günal (2019: 27)

Para piyasası araçları, finansal kurum/kuruluşlar tarafından nakit gereksinimi karşılamak ve kazanç elde etmek amacıyla genellikle tercih edilen finansal araçlardır. Para piyasalarında genel olarak kurumlar işlem yaptıklarından dolayı ortalama işlem maliyeti yüksek olmaktadır. Ayrıca, para piyasasında işlemler modern iletişim ağları üzerinden gerçekleştirilmektedir. Para piyasası araçları, finansal piyasaların etkin işleyişini desteklemekte ve kurum veya kuruluşların nakit yönetimini optimize etmelerine yardımcı olmaktadır.

Son olarak para piyasası, yatırımcılar açısından nakit, düşük risk ve kısa vadeli yatırım fırsatları sunan önemli bir finansal piyasadır. Yatırımcılar, burada işlem yaparak kısa vadeli nakit gereksinimlerini giderebilir, düşük riskli yatırım araçlarıyla portföylerini çeşitlendirebilir ve sermayelerini verimli bir şekilde değerlendirebilirler. Ayrıca, para piyasası araçları sayesinde yatırımcılar, nakit gereksinimleri doğrultusunda hızlı ve etkili bir şekilde işlem yapabilmektedir. Bu yüzden para piyasası yatırımcılar açısından güvenilir bir nakit kaynağı ve düşük riskli yatırım seçenekleri sunan önemli bir finansal araçtır. Dolayısıyla, bütün bunlar yatırımcılar için para piyasasının önemli olduğunu göstermektedir.

2.2.3.2. Sermaye Piyasası Araçları

Sermaye piyasası; 12 aydan daha uzun vadeli borç senetlerinin ve hisse setlerinin alınıp satıldığı piyasa olarak ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle, orta ve uzun vadeli fon akışlarının işlendiği piyasalardır. Sermaye piyasası enstrümanlarının değerleri, para piyasası enstrümanlarına kıyasla daha büyük dalgalanmalara sahiptir ve daha yüksek düzeyde risk taşımaktadır. Sermaye piyasasında vadenin uzun olması sebebiyle riskin

yüksek olması ve buna bağlı olarak hem getiri hem de faiz oranlarını da para piyasası araçlarına kıyasla daha yükseltmektedir. Ayrıca, bu enstrümanların vadeye bağlı olarak likiditeleri de düşüktür. En yaygın olarak kullanılan sermaye piyasası enstrümanları ise hisse senetleri ve tahviller gibi uzun ya da sonsuz vadeli olarak işlem gören menkul kıymetlerdir (Günel, 2019: 30).

Uygulamada, para ve sermaye piyasalarını kesin sınırlarla ayırmanın kolay olmadığını ifade etmek gerekir. Çünkü birçok finansal kurum hem para hem de sermaye piyasasında faaliyet göstermektedir. Örneğin para piyasasının en temel aktörü olan ticari bankalar sermaye piyasasında da belirgin bir rol oynamaktadır (Aydın, 2016: 61).

Sermaye piyasası denetleyen, düzenleyen aracı kurum ve kuruluşlar ve piyasa aktörleri bulunmaktadır. Bunlar; Sermaye Piyasası Kurulu (SPK), Borsa İstanbul (BİST), Borsa Üyeleri (Aracı kuruluşlar), Takas ve Saklama Kuruluşu olan Takasbank A.Ş., yatırımcılar ve şirketler biçiminde belirtilebilir.

Genellikle sermaye piyasaları gelişmiş ve organize piyasalardır ve işlemler belli kuralara göre gerçekleştirilmektedir (Günel, 2019: 30). Sermaye piyasalarının gelişmişlik düzeyi, menkul kıymet çeşitliliği ve işlem hacmi gibi faktörlere bağlı olarak değerlendirilmektedir (Babuşçu, 2018: 70).

❖ **Hisse Senetleri:** Hisse senetleri veya pay senetleri; anonim şirketlerin, sermayesi paylara bölünmüş komandit şirketlerin ve yasal olarak kurulmuş iktisadi kuruluşların ihraç ettiği, ortaklık içindeki sermaye payını temsil eden, yasal gerekliliklere uygun şekilde düzenlenen ve sahibine ortaklık hakları tanıyan yasal olarak kıymetli evrak özelliğine sahip evraklardır (Özarslan, 2018: 184). Başka bir tanıma göre hisse senetleri; işletmelerdeki hissedarlık durumunu kanuni şekil şartlarına uygun olarak belgeleyen ve şirket sermayesinin eşit paylarından bir bölümünü temsil eden kıymetli evraklardır (Kaya, 2013: 14).

İşletmeler, uzun vadeli finansman gereksinimlerini karşılamak amacıyla hisse senetleri ihraç etmektedir. Bir işletmenin hisse senedine sahip olmak, mülkiyet veya ortaklık hakkını sağlamaktadır. Söz konusu bu ortaklık, hisse senedi yatırımcısına rüçhan hakkı, yönetime katılma hakkı, oy kullanma hakkı, bilgi alma hakkı vb. imkanlar sağlamaktadır. Hisse senetlerine yapılan yatırımın amacı ya da beklentisi, şirket gelirinden pay almak ve/veya sermaye kazancı elde etmektedir. Ancak hisse senedi tahvillerden daha risklidir. Çünkü işletme herhangi bir sorun yaşadığında yatırımcılar

veya hissedarlar ile tahvil sahipleri arasında öncelik hakkı tahvil sahiplerininindir. Ayrıca, temettü almak daha az garantili iken, sermaye kazancının da bir garantisi yoktur. Bu risklere rağmen hisse senedine yatırım yaparak büyük miktarlarda kazanç elde edilebilir. Oysaki tahvile yatırım yapıldığında yüksek kazanç sağlama ihtimali düşüktür (Mishkin ve Eakins, 2018: 334).

Günümüzde hisse senedi piyasası, geniş halk kitlelerinin küçük tasarruflarını bir araya getirerek büyük şirketlere sağladığı birikimleriyle hızlı ve büyük bir ekonomik gelişimin temelini oluşturmaktadır. Aynı zamanda, hisse senedi piyasası üretim araçlarının ve ekonomik işletmelerin sahipliğini geniş halk kitlelerine dağıtarak ekonomik refahın geniş bir kesime yayılması, bir diğer ifade ile daha adil ve dengeli bir gelir dağılımı imkânı sunmaktadır. Bireyler ve tasarruf sahipleri, hisse senetleri yoluyla yaptıkları yatırımlarda, faize kıyasla enflasyona karşı daha dirençli getiriler elde edebilirler. Hisse senetlerinin değeri, genellikle enflasyon oranları ile birlikte artış gösterme eğilimini göstermektedir, bu da yatırımcılara tasarruflarını enflasyonun olumsuz etkilerine karşı koruma fırsatı sunabilir. Dolayısıyla, hisse senetleri, yatırımcılara enflasyon riskine karşı koruma sağlayan ve uzun vadeli yatırım fırsatları sunan önemli bir finansal enstrüman olarak kabul edilmektedir.

❖ **Tahviller:** Tahvil uzun vadeli bir menkul kıymet türü olup; yatırımcısına sabit bir kazanç sağlamaktadır. Devletlerin, özel şirketlerin, yerel yönetimlerin ve kamu kurum/kuruluşların orta ve uzun vadeli finansman elde etmek amacıyla ihraç ettikleri borç senetlerine tahvil denilmektedir ve ihraç edilen bu tahviller sermaye piyasasının önemli finansal araçlarından biridir. Tahviller sermaye piyasalarının en önemli finansal araçlarından biri olarak dünya genelinde sıkça kullanılmaktadır. Ülkemizde ise özellikle 1970’li yıllardan itibaren özel sektör kuruluşları tarafından tahvil ihraç edilmeye başlanmış ve zamanla önemli bir piyasa haline gelmiştir. 1990-2005 dönemi boyunca devlet tahvillerinin yüksek faiz ödemeleri nedeniyle özel sektör tahvillerinin önüne geçtiği görülmüştür. Ancak 2005 yılından itibaren özel sektör tahvilleri yeniden bu piyasada yer bulmaya veya işlem görmeye başlamıştır. Günümüzde Türk sermaye piyasasında, özellikle birincil piyasada, hazine bonosu ve tahvillerin hisse senedi piyasasına kıyasla daha aktif olduğu gözlemlenmektedir (Karan, 2022: 401).

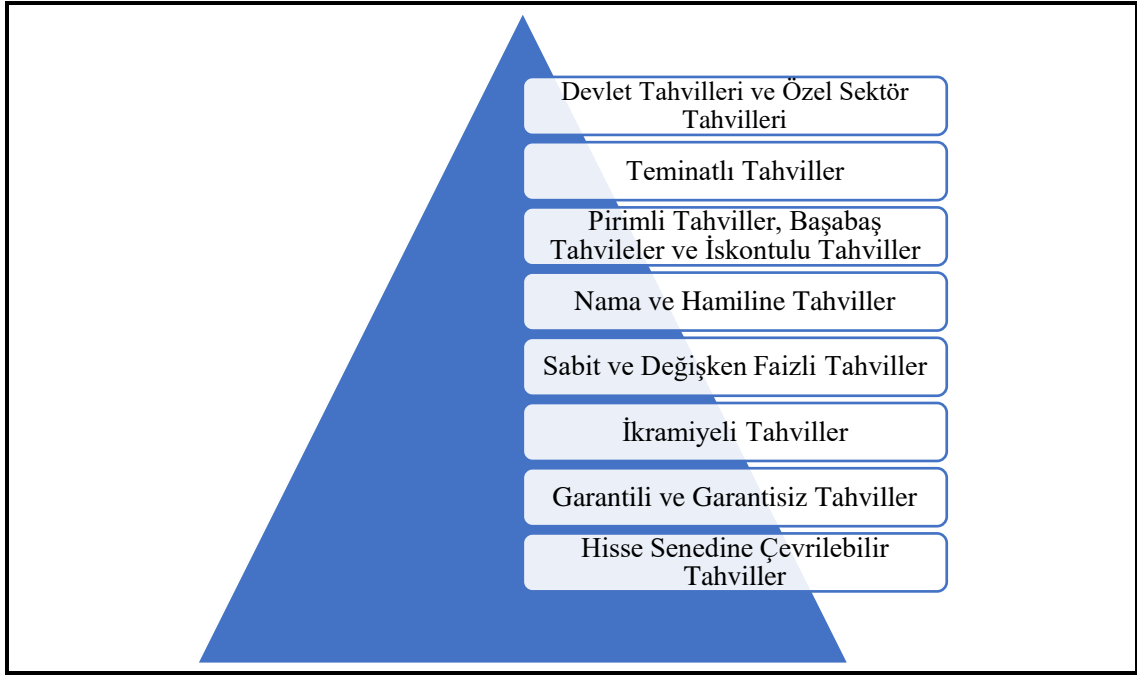
İşletmeler, özsermaye paylarını satmak yerine borç olarak finansman elde etmek amacıyla tahvil ihraç edebilmektedir. Bu bağlamda işletmeler tahvil ihraç ederek borçlanmaktadır ve bu tahvilleri alanlara düzenli olarak faiz ödemeleri yapma ve vade

sonunda anaparayı geri ödeme taahhüdü vermektedirler. Böylece tahvil yatırımcıları, çıkarılan tahvil için ödünç para verir ve vadesi geldiğinde anapara ile birlikte faiz oranı oranında getiri elde etmektedir (Sevil, 2018: 112).

Tahviller, diğer finansal enstrümanlarla karşılaştırıldığında yatırımcılar için belirli avantajlara sahiptir. Tahviller yatırımcılar açısından değerlendirildiğinde pay senetlerine göre her zaman sabit getiri garanti ettiğinden dolayı daha az risk taşımaktadır ve riskten kaçınan yatırımlar için cezbedici bir seçenektir. Firmalar açısından ise genellikle tahvil çıkarma maliyetinin pay senedini çıkarma maliyetine kıyasla daha az olması ve faiz ödemelerinin vergi matrahından indirilebilmesi ortalama finansman maliyetini düşürmektedir. Özellikle, enflasyonist dönemlerde, tahvil ihracı ile fon ihtiyaçlarını karşılayan firmalar, paranın satın alma gücündeki azalışından dolayı karlı olabilirler. Öte yandan, firma vade sonunda tahvil faizini ve anapasını ödeyemediğinde iflas riskiyle karşı karşıya kalır. Firmanın tasfiye edilmesi durumunda ise tahvil sahiplerinin alacaklarını tahsil etme konusunda öncelik hakları bulunmaktadır. (Sevil, 2018: 112-113).

Yatırımcı, tahvil ihraç eden kuruluşa bir borç sözleşmesiyle bağlı olup, iki taraf arasındaki bu ilişki anapara ödendikten sonra sona ermektedir. Bununla birlikte, tahvil yatırımcısı alacaklılık haklarından dolayı tahvil çıkaran firmanın kâr veya zararına iştirak etmez. Bu yüzden tahvil, yatırımcılar için daha güvenilir bir finansal araçtır. Bunun yanı sıra ikincil piyasaların gelişmiş olması, diğer işlemlerde kullanılabilir olması, disponibl değer olarak bankalar tarafından kullanılabilir olması ve reeskont faizlerinde vergi indirilebilmesi sebebiyle yatırımcıya farklı fırsatlar sağlamaktadır (Aksoy ve Tanrıöven, 2007).

Tahviller farklı şekillerde ihraç edilmektedir. En yaygın olarak rastlanan tahvil çeşidi, yatırımcısına üç aylık, altı aylık veya yıllık periyotlarla faiz ödemesi yapan ve vade sonunda üzerinde belirtilen değeri ödenmekte olan tahvillerdir. Bu tür tahvillere, kopun ödemeli tahviller denilmektedir (Aydın, 2016: 63). Bununla birlikte tahviller 12 aydan daha uzun vadeli olan bir tür menkul kıymet olup; vade yapılarına göre iki kategoriye ayrılmaktadır. Eğer vadeleri 12 aydan daha kısa ise ve devlet tarafından çıkarılıyorsa hazine bonusu, özel sektör aracılığıyla çıkarılıyorsa finansman bonusu olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca tahviller, ihraç edilme şekillerine, ihraç edildikleri kuruma, sunduğu hak ve niteliklerine göre çeşitli şekillerde isimlendirilmektedir. Söz konusu bu tahvil çeşitleri aşağıdaki Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 18. Tahvil Türleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 18’de görüldüğü üzere birbirinden farklı tahvil türleri bulunmaktadır. Hisse senetleri ile karşılaştırıldığında yatırımcı için daha düşük risk taşıyan bu finansal araç, sabit veya değişken faiz oranlarıyla ihraç edilebilmektedir. Özellikle gelişmiş sermaye piyasalarına sahip ülkelerde, tahviller farklı şekillerde uygulanmıştır. Anonim işletmeler, halkın ilgisini çekebilmek ve başarılı tahvil ihracı yapabilmek için tahvil yatırımcılarına faiz gelirlerine ek olarak alacak hakları ve güvencelerinin yanı sıra ek hak ve avantajlar sunmaktadır (Karan, 2021: 403). Sonuç olarak; tahviller sermaye piyasalarında çeşitlilik ve esneklik sağlayarak yatırımcıların portföylerini dengeli hale getirmelerine olanak sağlayan önemli araçlardır. Sabit veya değişken faiz oranlarıyla ve farklı şartlarda çıkarılabilen tahviller, yatırımcılara çeşitli risk ve getiri tercihlerine uygun seçenek fırsatlarını sunmaktadır. Bu yüzden, sermaye piyasalarının temel araçlarından biri olarak tahviller hem kurumsal hem de bireysel yatırımcılar açısından farklı imkanlar sağlayan önemli finansal araçlardır.

❖ **Gayrimenkul Sertifikaları:** SPK tarafından düzenlenen kurallara göre "*belirli bir gayrimenkul projesini gerçekleştirmeyi üstlenenler tarafından, inşa edilecek veya edilmekte olan gayrimenkul projelerinin finansmanında kullanılmak üzere ihraç edilen menkul kıymetlerdir.*" Gayrimenkul sertifikaları, gayrimenkul projelerinin başlaması veya devam etmesi durumunda firmaların bağımsız bölümleri küçük birimlere ayırarak sertifikalar halinde satışını yapma, yeterli sayıda sertifika alan kişilere tapu devri yoluyla

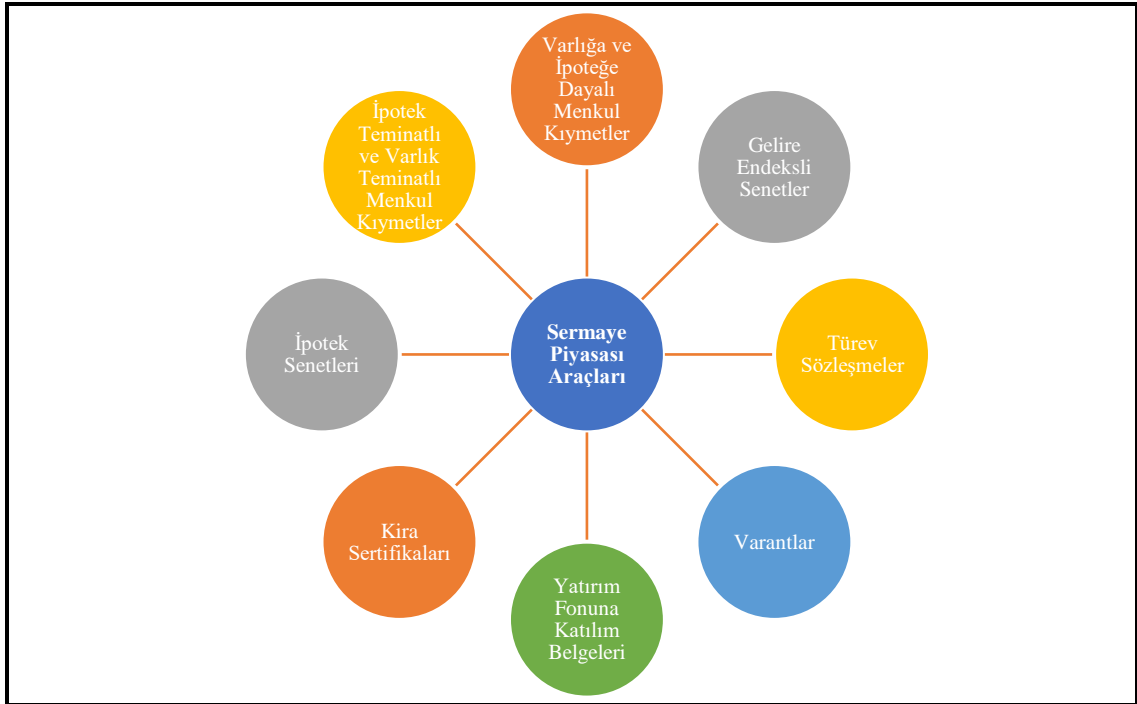
bağımsız bölüm sahipliği hakkı tanıma ve yeterli sayıda sertifikaya sahip olmayan sertifika sahiplerine potansiyel değer artışından yararlanma fırsatı sunan bir sermaye piyasası aracıdır. . Gayri menkul sertifikaları; aynı nominal değere sahip ve hamiline yazılı olarak çıkarılmaktadır ve BİST’de işlem görmektedir.

Yatırımcının finansal enstrüman sebebiyle zarar görmesini engellemek amacıyla, ihraççının yükümlülüklerini yerine getirmeme riskini ortadan kaldırmak için belirlenen cezai şart miktarının ihraççı tarafından bir bankaya yatırılması zorunludur. Bu miktar, banka tarafından ihraççı namına değerlendirilir. Yatırımcı, gayrimenkul sertifikası satın alarak belirli bir gayrimenkul projesine katılmaktadır. Vade sonunda bitmiş projeye ilgili olarak ihraççıdan asli edimin (esas yükümlülük) veya nakdi edimin (nakdi karşılık) yerine getirilmesi isteyebilme hakkına sahiptir. Ayrıca, gayrimenkul sertifikası yatırımcılara, sertifika bedelini ödemek suretiyle ilgili gayrimenkulün tamamına veya belirli bir bölümüne sahip olma fırsatı sağlamaktadır.

Yeterli miktarda gayrimenkul sertifikası olmayan yatırımcılar, ilgili gayrimenkul üzerinde pay sahibi olup ve bu pay ortak tapu üzerinde görünür hale gelmektedir. Bu bağlamda esas yükümlülüğün yerine getirilmesiyle birlikte tamamlanmış olmaktadır. yatırımcının bir diğer seçeneği ise elinde bulunan sertifikayla sahip olduğu gayrimenkulün piyasa satış değeriyle sertifika bedeli arasındaki farkı isteyebilir olmasıdır. Dolayısıyla, bu nakdi edinim yerine getirilmiş anlamına gelir. Bu sertifikanın ikincil piyasası olan bir finansal araç olarak kabul edilmektedir (Babuşcu, 2018: 79). Özetle, gayrimenkul sertifikaları yatırımcılarına esneklik ve çeşitli seçenekler sunarak, gayrimenkul projelerine yatırım yapma ve bu projelerin inşası tamamlandıktan sonra gelir elde etmelerini sağlayan, dinamik ve önemli bir finansal yatırım araçtır.

❖ **Kar Zarar Ortaklık Belgeleri:** Yurtiçi ve yurt dışında satılmak üzere çıkarılan kâr zarar ortaklık belgeleri, hissedarların fon gereksinimlerini karşılamak için tasarlanmış menkul kıymet türlerinden biridir. Söz konusu bu belgelerin ihraç edilmesinin temel amacı; sermaye piyasasında çeşitliliği artırmak ve değişime olanak sağlamaktır. Kâr zarar ortaklık belgeleri; hisse senedi özelliğini taşımasa da kâr ve zarara katılma hakkı ile ortaklık hakkı sunmaktadır. Bununla birlikte bu belgeler, sahiplerine yönetimde oy hakkı tanımamaktadır. Kâr zarar ortaklık belgeleri, tahvillerde olduğu gibi vadeli olarak ihraç edilmekte olup, vade sonunda anaparayla birlikte kâr payı iadesi yapmaktadır. Bu tür belgeler, aynı zamanda katılma intifa senetleri ve oydan yoksun hisse senetleri gibi hisse senedi benzeri finansal enstrümanlar olarak kabul edilmektedir (Kaya, 2013: 19).

Bu sermaye piyasası araçlarının yanı sıra finansal piyasalarda yatırımcılara geniş bir yelpazede çeşitli seçenekler sunulmaktadır. Bu seçenekler arasında Şekil 19’da verilen sermaye piyasası araçları bulunmaktadır:



Şekil 19. Farklı Sermaye Piyasası Araçları

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Sermaye piyasası araçları, finansal piyasalarda yatırımcılara geniş bir yelpazede fırsatlar sunarak portföylerin çeşitlendirilmesini ve yatırım stratejilerinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu sermaye piyasası araçları çeşitli risk ve getiri beklentilerine uygun alternatifler sunmaktadır. Örneğin; gelire endeksli senetler, düzenli gelir elde etmek isteyen yatırımcılar için uygun bir seçenek olabilirken; varantlar, yüksek risk iştahına sahip yatırımcılar için spekülasyon olanakları sağlayabilir. Gayrimenkul sertifikaları, gayrimenkul projelerine yatırım yapma fırsatı sunarken; ipotek teminatlı ve varlık teminatlı menkul kıymetler ise yatırımcılara teminatlı bir portföy yapma imkânını sağlamaktadır. Kira sertifikaları, yatırımcılara gayrimenkul gelirlerine ortak olma fırsatı sunarken; türev veya vadeli sözleşmeler ve yabancı sermaye piyasası enstrümanları karmaşık yatırım stratejilerinin bir ürünü olarak değerlendirilebilir. Sermaye piyasasındaki bu çeşitlilik; yatırımcılara, yatırım risklerini dağıtmak veya en düşük seviyeye indirmek, fırsatları değerlendirmek ve tasarruflarını hem etkin hem de verimli şekilde yönetmek ve yatırıma dönüştürmek için alternatifler sunmaktadır.

2.3. Çağdaş Yatırım Araçları

Dijital çağın etkisiyle yaşamın her alanında meydana gelen değişimler ve dönüşümler, geleneksel finans sistemine büyük etkiler getiren blockchain teknolojisinin ve bu teknoloji üzerinde inşa edilen dijital varlıkların ortaya çıkmasına neden olmuştur. İnternet bağlantısı aracılığıyla çalışan bu teknoloji, finans dünyasında önemli bir değişim ve dönüşüm başlatmıştır. Âdem-i merkeziyetçilik diğer bir ifadeyle merkezi olmayan ve şifrelenmiş (kriptolojik) dijital paralar olarak tanımlanan kripto para (cryptocurrencies), finans sektöründe önemli yenilikler getirmiştir (Akdoğan ve Aslan, 2022: 9). Dolayısıyla, hızla dijitalleşen ve teknolojik değişim ve dönüşümlerin hız kazandığı günümüz dünyasında klasik yatırım araçlarına alternatif olarak blockchain ve kripto paralar giderek daha fazla ilgi çekmektedir. Ayrıca, blockchain teknolojisi ve kripto para, modern finans piyasaları ve yatırımcıların yaklaşımlarını değiştiren iki kilit kavramdır. Blockchain, dağıtık ve şeffaf yapısından dolayı verilerin güvenli bir biçimde saklanması ve işlemlerin güvenilir bir biçimde yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu teknoloji, finansal piyasalarda merkezi otoriteler yerine, dağıtık bir yapıyla güveni artırırken; aynı zamanda işlemlerin hızını ve verimliliğini de artırmaktadır. Kripto paralar ise bu teknoloji üzerinde şekillenen dijital veya sanal varlıklardır. 2008 yılında Bitcoin öncülüğünde başlayan kripto paralar, geleneksel finans sistemlerine alternatif bir çağdaş varlık olarak yatırımcıların dikkatini çekmekte ve finansal piyasalara da daha geniş katılım olanağı sunmaktadır. Bu ekosistemde, yatırımcılar daha önce görülmemiş nakit seviyelerine erişebilirken klasik finansal varlık sınıflarının ötesinde potansiyel getirileri de değerlendirme fırsatlarına sahip olup; bununla birlikte yatırımcılar daha geniş bir portföy çeşitliliği elde etmektedir. Ancak kripto paralar yatırımcısına önemli fırsatlar sunmakla birlikte, kripto paraların volatilitésinin çok yüksek olması ve düzenlemelerin henüz tam anlamıyla tamamlanmamış olması nedeniyle, ciddi risklerin olduğu bir ortama adım atmaya teşvik etmektedir. Bu kapsamda finansal piyasaların gelecekteki durumu, şekli ve yatırımcıların yaklaşımları blockchain ve kripto paraların değişim ve dönüşümüyle yakından ilişkilidir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse, blockchain teknolojisi ve kripto paraların gelecekte nasıl bir konumda olacakları net olmasa da finans dünyasını derinden etkileyen bu trendin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

2.3.1. Blockchain Teknolojisi ve Kripto Paralar

Blockchain teknolojisi, dijitalleşen dünyanın finansal değişim ve dönüşümünde önemli bir rol oynamaktadır. Bu dağıtık defter ağ teknolojisi, herhangi bir merkezi

otoriteye gerek duymadan işlem kayıtlarını güvenilir bir şekilde sağlama ve doğrulama imkânı sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle bu teknoloji, merkezi otoriteler yerine matematiksel algoritmalar ve kriptografiyi kullanarak işlemlerin güvenliğini artırmaktadır. Böylece bütün işlemler şeffaf bir biçimde kaydedilmekte ve ulaşılabilir hale gelmektedir. Bu durumda finansal piyasaların daha şeffaf ve adil olmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca blockchain, kripto para varlıklarının temelini oluşturmaktadır. Örneğin Bitcoin vb. birçok kripto para blockchain ağ teknolojisini kullanarak dünya çapında hızlı ve güvenli bir biçimde değer transferi sağlamaktadır. Blockchain teknolojisi, finans sektörü dışında birçok farklı sektör, özellikle tedarik zinciri yönetimi ve kayıt tutma vb. farklı uygulamalarda da kullanılmaktadır. Dolayısıyla, bu teknolojiler hem farklı alanlarda kullanılmaya hem de finansal piyasaları ve yatırım dünyasını dönüştürmeye devam etmektedir. Finansal kurum ve kuruluşlar, blockchain teknolojisini özümsemek ve kripto paralarla nasıl çalışacaklarını anlamak için çalışmaya devam etmektedir. Benzer şekilde regülatörler, bu yeni dijital varlıkları nasıl düzenleyip ve denetleyeceklerini belirlemek amacıyla çalışmalarını sürdürmektedir. Bu yüzden blockchain ve kripto paralar, gelecekte finans alanında daha fazla ve daha önemli bir yer tutacaktır.

2.3.1.1. Blockchain Teknolojilerine İlişkin Temel Kavramlar ve Tanımları

Blockchain teknolojisi; internet üzerinden elde edilen bilgilerin kamuya açık bir kayıt defteri olarak tanımlanabilir. Blockchain teknolojisinin günümüzde artan önemi ve ilgi çekici hale gelmesinin temel sebebi; bu teknolojinin bilgileri kaydedilme sürecinin benzersizliğidir. Bu sistemde bilgiler başlangıçta şifrelenir ve şifrelenmiş bilgiler, zincirin halkaları gibi birbirine bağlanır ve böylece değiştirilemez bloklar halinde güvenli bir biçimde bir araya getirilir. Yani, bu yöntem bilgilerin iç erişimde birleştirilmesini sağlamakta ve güvenliğini artırmaktadır (Kaya, 2022: 36). Bu süreç ile ilgili ön plana çıkan bazı kavramlar bulunmaktadır. Bunlar; kriptoloji (cryptology), kriptografi (cryptography) ve kriptanaliz (cryptanalysis)'dir. Bu kavramlar hem birbirleriyle hem de blockchain teknolojisi ile ilişkilidir. Bu kavramlara değinmeden önce kripto kelimesinin farklı sözlüklerde hangi anlama geldiği ifade etmek gerekmektedir.

İngilizce olarak ifade edilen "*crypto*" kelimesi Türkçe'ye "*kripto*" şeklinde geçmiştir. Bu kelime hem sıfat hem de isim olarak kullanılmaktadır. Türk Dil Kurumu (TDK) Sözlüğüne göre bu kavramın kelime anlamı "*siyasi inancını gizleyen kimse*" ve/veya "*saklı yazı*" olarak ifade edilmiştir (TDK, 2023). Cambridge Sözlüğü'ne göre

kripto kavramının kelime anlamı ise “*gizli olan*” ya da “*sır*” şeklinde açıklanmıştır (Cambridge Dictionary, 2023). Aynı şekilde Oxford Sözlüğü’ne göre bu kavramın kelime anlamı “*sır*” olarak belirtilmiştir (Oxford Dictionary, 2023). Bu anlamlarıyla birlikte kripto kavramı “*örtülü olan*” ya da “*açık bir şekilde ifade edilmemiş olan*” olarak da ifade edilebilir.

Kriptoloji; Kriptoloji, kökenini eski Yunanca'dan alan ve "*kryptos*" kelimesinden türetilen bir kavramdır (Öncü ve Ertik, 2021: 370). Kriptoloji; bilgilerin veya verilerin belirli bir sisteme göre şifrelendiği ve güvenilir bir ortamda alıcıya aktarıldıktan sonra çözümlendiği bir şifreleme bilimidir (Ateş, 2016: 352; Turan, 2018: 2). Kriptoloji kavramı temel olarak iki daldan meydana gelmektedir. Bunlar; kriptografi ve kripto analizdir (Barakat, 2018: 1). Bu kavramlar şu şekilde ifade edilebilir:

Kriptografi; Kriptografi; Yunanca "*granhien*" kökenli bir kavram olup; bilgilerin şifrelenmesini ifade etmektedir (Öncü ve Ertik, 2021: 370). Kriptografi, günümüzde internet üzerinden artan haberleşmeler, işlemler ve ilerleyen teknolojilerin neden olduğu güvenlik problemlerinin üstesinden gelmek için önemli bir role sahiptir. Herhangi bir bilginin, istenmeyen kişiler tarafından kullanılmasını engellemek için anlaşılabilir hale getirilmesini sağlayan tekniklerin toplamı şeklinde ifade edilebilir. Kriptografi gizlilik, bütünlük, kimlik doğrulama ve inkâr edememe kavramlarıyla yakından ilişkili olup; bilgi güvenliği sağlayan matematiksel yöntemler içermektedir. Bu kavramlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Akleyek vd., 2011: 713).

- ❖ **Gizlilik Kavramı:** Bilgi istenmeyen kişilerce anlaşılabilmesi gereken bir şekilde korunması gerekir.
- ❖ **Veri Bütünlüğü Kavramı:** Bilginin iletilmesi esnasında hiçbir değişikliğe uğramadığının doğrulanması gerekir.
- ❖ **Kimlik Doğrulama Kavramı:** Karşılıklı olarak gönderici ve alıcıların kimliklerini doğrulamaları gerekir.
- ❖ **İnkâr Edilmeme Kavramı:** Göndericinin bilgiyi ilettiğini ve alıcının da bilgi aldığını inkâr etmemeleri gerekir.

Kısaca kriptografi; kriptografik sistemlerin inşa edildiği alanı ifade etmektedir. Ayrıca, kriptografi, bir üçüncü taraf mevcutken; iki taraf arasında güvenli iletişim kurma tekniklerine odaklanan bir bilgisayar bilimi ve matematik alanıdır (Barakat, 2018: 1).

Kriptoanaliz; Kriptografik sistemlerinin kırılma veya çözümlenme alanı olarak ifade edilmektedir (Barakat, 2018: 1).

Özetlemek gerekirse kriptoloji, kriptografi, kriptanaliz ve blockchain teknolojisi, bilgi güvenliği ve şifreleme ile ilgili kavramları içeren ve birbirleriyle yakından ilişkili olan kavramlardır. Kriptografi ve kriptanaliz, kriptolojinin alt dallarından oluşmaktadır ve bilgilerin ve verilerin güvenliği ve gizliliğini sağlamak amacını taşırken; blockchain teknolojisi bu kavramlardan yararlanarak güvenli ve dağıtık bir veri tabanını oluşturmaktadır.

Blockchain Teknolojilerinin Tanımı: Blockchain teknolojisi tanımlamadan önce finansal sistemdeki bu teknolojiye neden gerek duyulduğuna ilişkin açıklama yapmak önem arz etmektedir. Blockchain teknolojisinin ilk kullanıcılarının yaptıkları işlemler, güvenlik sorunları ve kurumların işleyişleri hakkındaki görüşler daha çok eleştirel bakış açısına sahiptir. Finansal piyasalarda özellikle 2008 yılında meydana gelen finansal krizden sonra bankacılık sistemine olan güven büyük ölçüde sarsılmış ve hükümetlerin bu krize müdahale biçimleri eleştirilere maruz kalmıştır. Blockchain teknolojisi kullanıcıları tarafından bu sorunlara karşı bir yanıt olarak geliştirilmiştir. Blockchain teknolojisinin geleneksel kurumların mevcut yapılarına yönelik eleştirdiği bazı önemli hususlar vardır. Bunlar (Kaya, 2022: 36-37).

- ❖ Geleneksel işleyişin doğasından kaynaklı olarak işlemlerin yavaş olmasıdır. Yapılan işlemlerin devamlı olarak başkaları tarafından onaylanması gerekliliği süreçlerin yavaşlamasına neden olmaktadır.
- ❖ İşlemlerin maliyetli olmasıdır. Bankaların para transfer işlemlerinden ücret talep etmesi veya sigorta şirketlerinin primlere yönetim giderlerini eklemesi gibi örnekler, işlem maliyetlerini artıran uygulamalara örnek olarak verilebilir.
- ❖ Eleştirilen bir diğer husus ise güvenlik ile alakalıdır. Geleneksel yapıdaki merkezi sistemlerde verilerin merkezi bir konumda toplandığı yerlere yapılacak saldırılar sistemin işleyişi için çok ciddi tehditler oluşturmaktadır. Dolayısıyla, blockchain teknolojisi bu tür problemlere karşı geliştirilmiş bir yaklaşım olup, bir çözüm sunmaktadır.

Blockchain Kavramının Genel Tanımı: Her türlü değeri taşıyan verinin depolandığı yapılar, blok (block) şeklinde ifade edilmektedir. Bu kavram blockchain kavramının temelini oluşturmaktadır (Durbilmez Erözel, 2018: 32). Blockchain kavramının Türkçe karşılığı Blokzincir'dir². Blockchain, bilgilerin veya verilerin sıralı

² Bu çalışmada Blockchain kavramı kullanılmıştır.

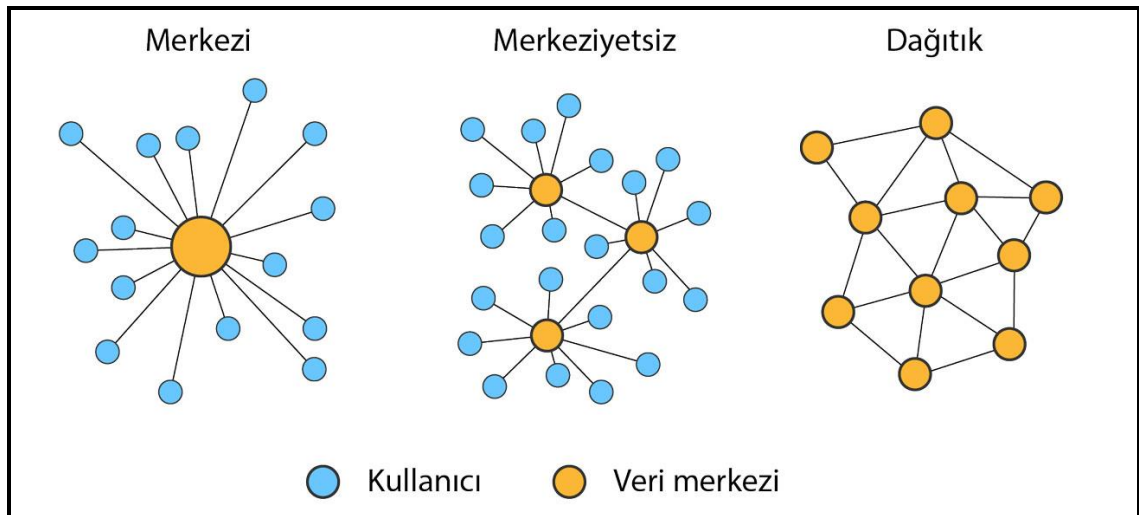
bir şekilde kaydedildiği, ağ üzerinde paylaşılan, değiştirilemez işlem kayıtlarının oluşturulmasını ve izlenmesini sağlayan, taraflar arasında güven oluşturan ve merkezi olmayan bir dağıtık veri tabanıdır (Zehir, 2023: 7). Diğer bir ifadeyle, blockchain teknoloji dağıtılmış bir veri tabanı sistemine dayalı olarak çalışmakta ve taraflarca gerçekleştirilen ve paylaşılan bütün işlemlerin veya dijital olayların kamuya açık bir kayıt defteri olarak kabul edilmektedir. Yani, blockchaine bilgi içeren blokların bir araya getirilerek oluşturulduğu bir zincir olarak değerlendirmek mümkündür. Bu teknolojiyi öne çıkaran en önemli sebeplerinden biri, işlemlerin veya verilerin kaydedilme şeklinin getirdiği teknolojik potansiyele dayanmaktadır. Kamuya açık kayıtlarda yer alan her işlem, sisteme dahil olan katılımcılarının çoğunluğunun onayı ile doğrulanmaktadır. Burada önemli olan husus, sisteme kaydedilen bilgiler bir kez girildikten sonra geri alınmamakta, yani silinmemekte ve şifrelenmiş veriler zincir halkaları gibi birbirine bağlanarak değiştirilemez bloklar şeklinde bir araya getirilmektedir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse blockchain sistemine göre veriler var olan bir bloğun arkasına eklenmekte ve bloklar şeklinde kayıt altına alınmaktadır ve var olan blok dolu hale geldiğinde yeni bir blok oluşturulmaktadır. Bilgilerin silinmemesi ve değiştirilmemesinin temel sebebi bundan dolayıdır. Yani, tek bir bloğu silmek veya değiştirmek için diğer bütün blokların da değiştirilmesi gerekmektedir (Crosby vd., 2016: 8; Deloitte, 2017: 3).

Geleneksel yöntemler aracılığıyla işlenen süreçlerden ayrılan bir sistem olan blockchain teknolojisi, Dağıtık Defter-i Kebir (DDK) olarak adlandırılan sistemle çalışmaktadır. Dağıtık Defter-i Kebir ise finansal işlemleri kaydetmek ve doğrulamak için merkeziyetçi bir otoriteye veya uzman kurum ve kuruluşlara ihtiyaç duymadan dağıtık bir ağ üzerinde çalışmaktadır. Bu da finansal işlemlerin daha şeffaf, güvenli ve bağımsız bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Geleneksel sistemlerde finansal aktörlerin varlıkları bu alanda uzmanlaşmış kurum ve kuruluşlar tarafından kayıt altına alınmaktadır ve bu uzman kurum ve kuruluşların varlıkları genellikle Merkez Bankaları (MB) gibi merkeziyetçi bir otorite tarafından denetlenmekte ve saklanmaktadır. Dolayısıyla, bu sistemde işlem yapan tarafların merkeziyetçi bir kuruluşun kayıtlarına güven duymaları gerektiği bir temel üzerine kuruludur. Blockchain teknolojisi kullanılan Dağıtık Defter-i Kebirde durum farklı olup; işlemler merkeziyetçi bir kuruluş tarafından değil, blockchain sisteminde yer alan her bir katılımcının ortak onay vermesiyle yapılmaktadır. Böylece, blockchain'de bir merkezi kayıt sisteminin olmaması açısından

farklı bir yaklaşım benimsenmiştir. Dağıtık Defter-i Kebir uygulamasında dört temel unsur öne çıkmaktadır (Üzer, 2017: 21-22). Bunlar;

- ❖ Defter-i Kebir içinde yer alan bilgilerin dijital olarak kaydedilmesi,
- ❖ İşlemlerin birden fazla katılımcıların arasında paylaşılması,
- ❖ Katılımcıların defter-i kebirin en güncel versiyonu konusunda uzlaşmalarına yol açan oy birliği mekanizması olması ve
- ❖ Haberleşme ve işlemlerin gizliliğini sağlamak amacıyla kullanılan şifreleme araçlarıdır.

Genel olarak ağ yapıları; işlemleri güvenli bloklar halinde saklayan ve bu blokları birbirine kriptografik bağlantılarla zincirleyen dağıtık defterlerdir. Bu ağlar, merkezi olmayan bir yapıya sahip olup; her düğüm ağdaki tüm işlem geçmişinin bir kopyasını tutar. Ağ üzerindeki işlem onayları ve güvenlik, konsensüs mekanizmaları aracılığıyla tüm katılımcılar tarafından gerçekleştirilir. Aşağıdaki Şekil 20'de ağ yapıları verilmiştir.



Şekil 20. Ağ Yapıları

Kaynak: Yapıcı vd., (2021: 459)

Şekil 20'de ağ yapılarına ilişkin görseli incelediğimizde, birinci şekil merkezi (centralized) ağ tipi tek merkezli ağ yapıları, ikincisi merkeziyetsiz (decentralized) ağları yani çok merkezli ağ yapıları ve üçüncüsü ise dağıtık (distributed) ağ yapısını ifade etmektedir. Büyük noktalar ile gösterilen alanlar, ilgili merkeze bağlı her düğümü temsil ederken çizgiler ise düğümler arasındaki veya merkeze olan bağlantı yollarını ifade etmektedir. Tek merkezli ve çok merkezli ağlar, temelde dağıtık ağların bir alt kümesini oluşturmaktadır (Durbilmez Erözel, 2018: 31). Merkezi bir yapıda bütün katılımcıların merkez ile etkileşimde bulunduğu görülmekteyken; merkeziyetsiz bir yapıda, tarafların gruplar halinde etkileşimde bulunduğu görülmektedir. Dağıtık ağ yapısında ise bütün

katılımcıların birbirleriyle etkileşimde olduğu gözlemlenmektedir. Merkeziyetsiz yapılar sorumluluğu dağıtırken; dağıtık yapıların ise sorumluluğu daha eşit bir şekilde dağıttığını söylemek mümkündür. Temelde dağıtık yapıyı merkeziyetsiz bir yapı olarak düşünmek mümkündür (Öncü ve Ektik, 2021: 370). Merkezi ve merkeziyetsiz sistemlerin özelliklerini göz önüne aldığımızda, blockchain bu tür yapıların karşılaşılabileceği olumsuzlukları ortadan kaldırmak için dağıtık bir sistem yapısını benimseyerek önemli bir avantaj sağlamaktadır ve bu, blockchain teknolojisini geleneksel veri tabanlarından ayıran en belirgin özelliktir (Turgut ve Uçan, 2021: 85).

2.3.1.2. Akıllı Sözleşmeler ve Blockchain Kullanım Alanları

Akıllı sözleşmeler (Smart contracts), ilk defa 1993 yılında Nick Szabo tarafından *"bir sözleşmenin koşullarını otomatik olarak yerine getiren bilgisayar tabanlı bir işlem protokolü"* olarak tanımlanmıştır. Blockchain teknolojisi henüz ortaya çıkmadığı dönemlerde teknik olarak gerçekleştirilmesi imkânsız olan akıllı sözleşmeler blockchain teknolojisi ile birlikte gündeme gelmiştir. Akıllı sözleşmeler aynı zamanda blockchain teknolojisinin gelişime ve yaygınlaşmasına da katkı sağlamıştır (Tanrıverdi vd., 2019: 210).

Akıllı sözleşmeler; önceden belirlenen şartlar ve koşulların yerine getirilmesi durumunda otomatik olarak çalışan ve bir blockchain'deki ilkeleri kapsayan dijital kontratlardır. Bu akıllı kontratlar, önceden tanımlanmış işlevleri aracılığıyla verileri saklamakta, girdileri işlemekte ve sonuçları da kaydetmektedir. Söz konusu bu sözleşmeleri geleneksel sözleşmelerden ayıran temel özellik, merkezi bir otoritenin denetimine ihtiyaç duymadan katılımcılar arasında güven oluşturarak özerk (otonom) bir biçimde işlemlerin gerçekleşmesini sağlamalarıdır. İşlemlerin özerk bir biçimde gerçekleştirilmesi hem insan hatalarını minimize etmekte veya ortadan kaldırmakta, hem de işlemlerin daha hızlı bir şekilde tamamlanmasına imkân tanımaktadır. Ayrıca, bu tür sözleşmeler geleneksel sözleşmelerden farklı olarak, blockchain yazılımına kod olarak entegre edilmektedir. Akıllı sözleşmeler, herhangi bir aracıya ihtiyaç duymadan ağ tarafları arasında işlem yapma imkânı sunan mutabakat protokolleri ve yazım tabanlı doğrulama metodolojilerini kullanmaktadır. Bu sözleşmelerdeki programlanmış şartlar ağ tarafları tarafından değiştirilememekte ve blockchain ağındaki cihazlar yani düğümler tarafından doğrulanmaktadır. İşlem, anlaşma şartlarına uygun ise otomatik olarak gerçekleşmektedir. Bu sözleşmelerin bir diğer dikkate değer özelliği de uygulanabilir

olmalarıdır. Farklı kullanım alanlarına entegre edilebilmeleri için teknik iyileştirmeler ve değişiklikler gerçekleştirilebilmektedir (Zehir, 2023: 8).

Blockchain teknolojisinin hem finansal hem de finansal olmayan birçok alanda uygulaması bulunmaktadır (Crosby vd., 2016: 8). Blockchain teknolojisine dayalı akıllı sözleşmelerin kullanılması durumunda yararlı olabileceği temel kullanım alanlarından bazıları şu şekildedir:

Finansal Uygulamaları: Blockchain teknolojisinin finansal uygulama alanları düşünüldüğünde genellikle akla ilk olarak dijital paralar gelmektedir. Ancak firmalar hisse senetlerini güvenli bir şekilde halka arz etmek ve yatırımcılar bulmak amacıyla geleneksel menkul kıymet borsaları aracılığıyla birincil veya ikincil piyasalarda gerçekleştirmektedir. Bu işlemleri gerçekleştirmek için ikincil piyasanın kullanımı, alıcı ve satıcı arasında üçüncü tarafların varlığı sebebiyle sürecin hem verimsiz hem de daha yavaş işlemesine neden olmaktadır. Teorik olarak, blockchain teknolojisi firmalara doğrudan hisse senedini ihraç etme ve bu hisse senetlerinin blockchain tabanlı ikincil piyasalarda aracısız olarak alım ve satım yapma olanağı sunmaktadır. Ancak pratikte blockchain sisteminde zincire yeni bloklar ekleme hızının yavaş olması, bu uygulamaları etkili hale getirmeyi zorlaştırmaktadır (Sümer, 2021: 196).

Mediciventures tarafından kurulan Bitcoin Borsası, NASDAQ Private Market tarafından altyapısına akıllı sözleşmeleri dahil eden, merkeziyetsiz ve tahmini bir şekilde hisse senedi alım satımına imkân sağlayan bir sistem olan Augur blockchain uygulama alanına örnek olarak gösterilebilir. Blockchain teknolojisinin finans sektöründeki kullanımında Bitcoin, Ethereum ve Ripple vb. kriptolar örnek uygulamalar olarak gösterilebilmektedir (Tanrıverdi vd., 2021: 213). Aynı zamanda akıllı sözleşmelerin temel özellikleri ve yapısı gereği kredi, çek ve kiralama vb. birçok finans alanlarında da kullanılabilir. Blockchain teknolojisi kullanılarak finansal değere sahip varlık veya varlık gruplarının mülkiyetlerinin hem güvenli hem de kalıcı olarak kayıt altına alınmasına olanak sağlayan yazılımlar ve programlar geliştirilmektedir (Sümer, 2021: 196).

Finansal Olmayan Uygulamalar: Finansal olmayan uygulama alanları maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

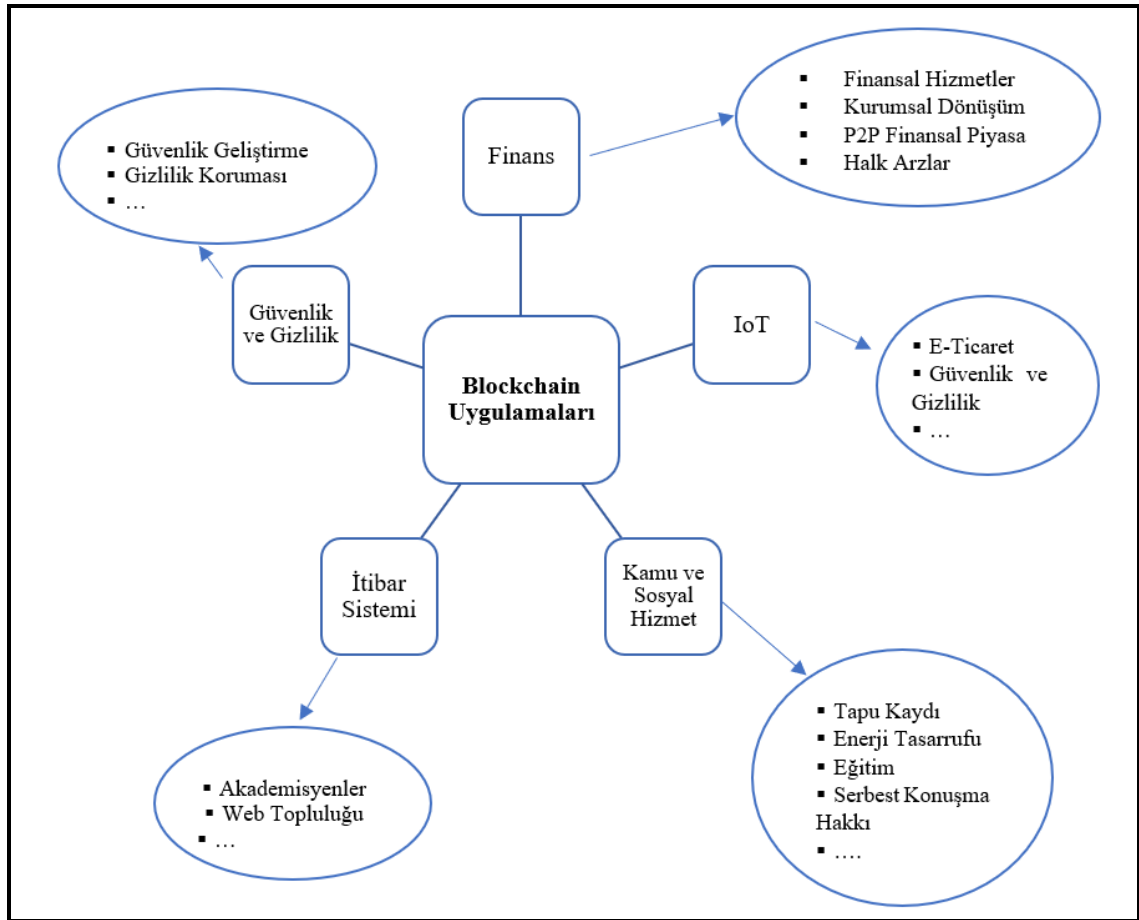
❖ **Tedarik Zinciri Yönetimi:** Nakliye ve gıda sektörü gibi farklı sektörlerde, tedarik zinciri yöntemi uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Blockchain teknolojileri, bu tür uygulamaları daha şeffaf, güvenilir ve merkezi otoriteden bağımsız

hale getirerek önemli bir rol oynamaktadır. Söz konusu bu uygulamalarda akıllı sözleşmelerin kullanılmasıyla birlikte şeffaflık ve güvenilirlik sağlanırken ayrıca işlerin otomatikleştirilmesi de mümkün hale gelir (Tanrıverdi vd., 2019: 211). Blockchain teknolojisi, tarafların sisteme dahil olmasıyla birlikte tedarik zinciri oluşturulmasında son derece etkili çözümler sunabilir. Bu sayede tedarik zincirlerini blockchain teknolojisi aracılığıyla izleyerek insandan kaynaklı hatalar önlenmektedir. Aynı zamanda, fiziki dosyalardan kaynaklanan yüksek maliyetleri azaltırken, gümrük işlemlerini kolaylaştırmakta ve ürün geçmişini görüntüleme ve stok yönetimi gibi birçok alanda da yarar sağlamaktadır (Aksoy, 2018).

❖ **Nesnelerin İnterneti (İnternet of Things, IoT):** Nesnelerin İnterneti (IoT), geleceğin heyecan verici araştırma alanlarından biri olarak ön plana çıkmaktadır. Nesnelerin interneti, cihazları daha düşük bellek ve işlem gücüne sahip olan, ancak sayıları gitgide artan cihazlardır. Blockchain temelli projeler kapsamında akıllı evler, akıllı şehirler ve akıllı taşımacılık gibi araştırma alanları büyük ilgi görmektedir. Dolayısıyla, akıllı kontratların kullanılması nesnelerin interneti teknolojilerinin daha etkin ve verimli, daha otonom ve otomatik bir şekilde çalışmasını sağlayabilir (Tanrıverdi, 2019: 211). İnternete bağlı bir aracın, yakıt alımı için gereken ödemeyi kendi başına gerçekleştirmesi gibi bir uygulama örnek olarak verilebilir (Kaya, 2022: 48).

❖ **Sağlık Sektörü:** Son zamanlarda gelişmiş cihazlar ve destekleyici teknolojiler sayesinde insanlar sağlık durumlarını evlerinden izleme olanağı elde etmiştir. Blockchain teknolojisi hastaların mahremiyetini koruma ve bilgilerin dağıtık bir yapıda saklanmasına katkı sağlamaktadır. Bu uygulamaları daha güvenilir ve otomatik hale getirmek amacıyla akıllı kontratlardan yararlanabilir. Elde edilen sağlık verileri sonuçlarına veya oluşan durumlara göre gerçekleştirilmesi gereken işlemleri otomatik bir şekilde başlatabilir. Ayrıca blockchain teknolojisi, sağlık sektöründe daha kesin verilere erişim sağlayarak ve araştırma ve geliştirme çalışmalarını hızlandırarak daha verimli bir çalışma alanı yaratma potansiyeli oluşturabilir (Tanrıverdi vd., 2019: 211).

❖ **Kamu Faaliyetleri:** Resmi kimlik, pasaport, evlilik cüzdanı ve doğum belgesi gibi önemli belgelerin blockchain üzerinde şifrelenip yönetilmesi şeklinde yapılabilir. Bu süreçte bilgilerin ve belgelerin şifrelenmesi ve kimlik doğrulama yetkilendirilmesinin yapılması güveni arttırabilir (Kaya, 2022: 48). Bu ve benzeri uygulama alanlarının yanı sıra; sigorta ve gayrimenkul, seçimler, yönetim gibi uygulama alanlarında da blockchain teknolojisi kullanılmaktadır. Blockchain teknolojisinin genel uygulama alanlarına yönelik bilgiler Şekil 21’de özetlenmiştir.



Şekil 21. Blockchain Genel Uygulamaları

Kaynak: Zheng vd., (2018: 363)

2.3.1.3. Blockchain Teknolojisinin Özellikleri, Avantaj ve Dezavantajları

Blockchain teknolojisi, son yıllarda büyük ilgi gören ve birçok sektörde devrim yaratan bir yenilik olarak öne çıkmaktadır. Blockchain teknolojisinin en önemli özelliği Âdem-i Merkeziyetçi yapıya sahip olmasıdır. Bu yapı veri doğrulama, saklama ve iletim süreçlerinin güvenli bir şekilde gerçekleşmesine imkân sağlamaktadır. Blockchain'in bir diğer önemli özelliği, verilerin değiştirilemezliği ve şeffaflığıdır. Ancak bu teknolojinin faydalarının yanı sıra; enerji tüketimi ve hız gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Bu nedenle, blockchain teknolojisinin hem potansiyelini hem de zorluklarını anlamak, bu yenilikçi alanın etkilerini daha iyi değerlendirmemize yardımcı olacaktır. Bu bölümde blockchain teknolojisinin temel özellikleri, avantajları ve dezavantajları ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Blockchain Teknolojisinin Temel Özellikleri: Teknik olarak incelendiğinde blockchain teknolojisinin dört temel özelliği bulunmaktadır (Şekil 22):

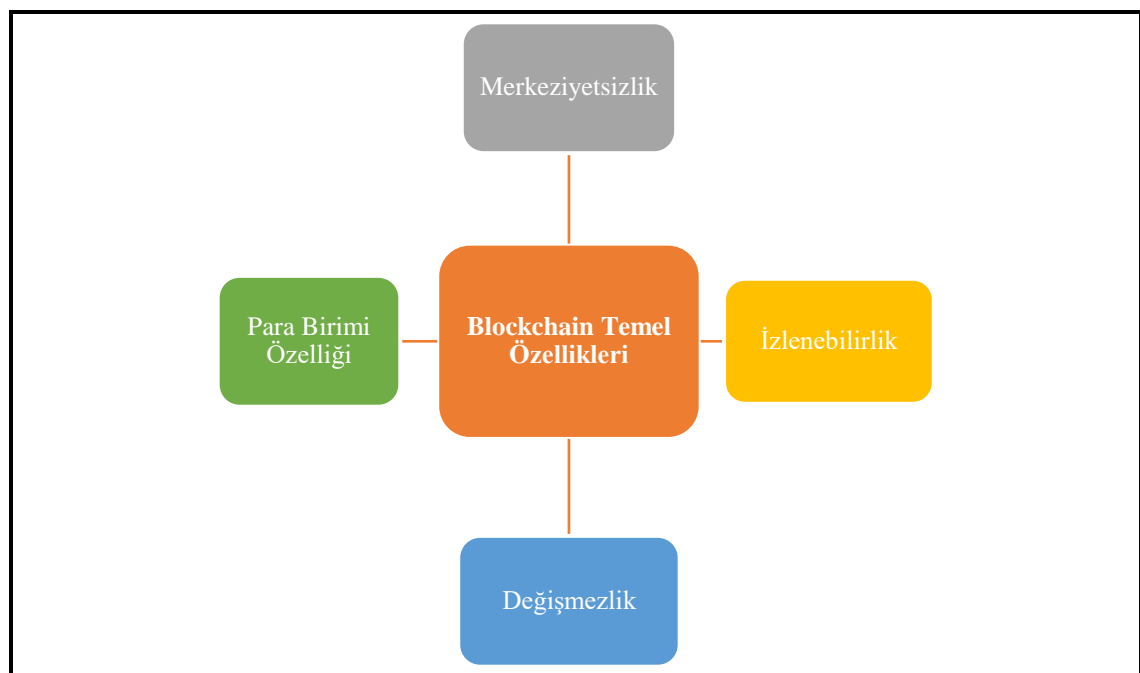
Merkeziyetsizlik: Merkeziyetsizlik, blockchain üzerindeki veri doğrulama,

saklama, bakım ve ileti süreçlerini ifade eden dağıtık bir sistem yapısını tanımlamaktadır. Bu yapı dağıtılmış düğümler arasındaki güveni matematiksel olarak temellendirmektedir. Geleneksel veri tabanlarının merkeziyetine karşı, bütün işlem doğrulamalarının merkezi bir tanım gerektirmediği bir şekilde çalışmaktadır (Chen vd., 2018: 4).

İzlenebilirlik: Blockchain sisteminde yer alan bütün işlemler kronolojik bir düzene göre sıralanmaktadır. Bu, bir bloğun kriptografik özet fonksiyonunu kullanarak, iki bitişik bir şekilde önceki bloğa bağlanması anlamına gelmektedir. Hash anahtarlarıyla bağlanan blok bilgileri incelenerek her işlem takip edilebilir hale gelmektedir (Chen vd., 2018: 4).

Değişmezlik: Blockchain, verileri bir zaman damgasıyla ve bir zincir yapısı aracılığıyla muhafaza etmektedir. Tüm veriler zaman sıralamasına göre düzenlenmekte ve bir kez kaydedildikten sonra değiştirilmesi mümkün olmamakta; böylece sürekli kayıt altında tutulmaktadır (Chen vd., 2018: 4). Ayrıca, her yayımlanan blok diğer zincirler tarafından doğrulanmakta ve işlemler kontrol edilmektedir (Zheng vd., 2018: 357).

Para Birimi Özelliği: Blockchain teknolojisi ve kripto para birimiyle ayrılmaz bir şekilde ilişkilidir. Diğer bir ifadeyle, herhangi bir blok zinciri ağı bir tür kripto para özelliğine sahiptir. Blockchain teknolojisinin özü, noktadan noktaya işlemlerdir ve üçüncü bir tarafın katılımına gerek duyulmamaktadır. Blockchain teknolojisi temelinde dijital paranın dolaşımı sabittir (Chen vd., 2018: 4).



Şekil 22. Blockchain Teknolojisinin Temel Özellikleri

Kaynak: Zheng vd., (2018: 357); Chen vd., (2018: 4); Lu vd., (2019: 41429)

Blockchain Teknolojisinin Faydaları: Blockchain teknolojisinin en büyük avantajlarından biri dağıtık bir yapıya sahip olmasıdır. Günümüzde sermaye piyasalarında, iki taraf arasındaki değer transferi genellikle bankalar veya kredi kartı ağları gibi merkezi işlem işlemcilerini gerektirmektedir. Bir aracı olarak hizmet veren bu işlemciler, her bir taraf için karşı taraf riskini azaltmaktadır. Ancak kredi risklerini kendilerinde merkezileştirmektedir. Bu merkezi işlemcilerin her biri kendi ayrı defterini tutmakta; işlem yapan taraflar işlemlerin doğru ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi konusunda bu işlemcilere güvenmektedir. Bu hizmeti sağlamak için işlemciler bir ücret almaktadır. Buna karşılık blockchain teknolojisi, tarafların tek bir dağıtılmış defter aracılığıyla birbirleriyle doğrudan işlem yapmalarına olanak tanımakta ve dolayısıyla merkezi işlem işlemcilerine olan ihtiyaçlardan birini ortadan kaldırmaktadır. Blockchain, verimli olmasının yanı sıra; ona çığır açan bir yenilik haline getiren başka benzersiz özelliklere de sahiptir. Blockchain güvenilir olarak kabul edilmektedir. Çünkü blockchain defterinin tam kopyaları tüm aktif düğümler tarafından tutulmaktadır. Bu yüzden, bir düğüm çevrimdışı olsa bile, defter ağdaki diğer tüm katılımcılar için hala hazır durumdadır, bu nedenle bir blockchain’de herhangi bir hata noktası bulunmamaktadır. Buna ek olarak; zincirdeki her blok önceki bloklara atıfta bulunmakta; bu da blok zincirine eklendikten sonra işlemlerin silinmesini veya tersine çevrilmesini önlemektedir. Bir blok zinciri ağındaki düğümler gelip gidebilir, ancak ağ bütünlüğü ve güvenilirliği kullanıldığı sürece bozulmadan kalmaya devam edecektir. Bu şekilde, hiçbir taraf bir blok zincirini kontrol edemez ve hiçbir taraf onu değiştiremez ya da kapatamaz (Deloitte, 2017: 4). Blockchain teknolojisinin avantajları şu şekilde açıklanmaktadır (Drescher, 2017: 242-244) (Şekil 23):

Aracısızlaştırma: Blockchain, araçların rolünü yok etmek yerine, kendisini dijital ve sıkı kurallara uyan bir aracı olarak kurmaktadır. Bir aracıyı başka bir aracı ile değiştirmek belki de büyük bir sorun teşkil etmeyebilir; ancak müşterilerinin güvenine dayanan insan organizasyonunu, güveni kodlayan bir yazılım sistemiyle değiştirmek büyük bir başarıdır. Dahası, bir dizi aracının yerine, tarafların güvenli bir şekilde doğrudan etkileşimlerini düzenleyen bir sistemle değiştirilmesi gerçekten büyük bir başarıdır. Bu nedenle, blockchain’in başarısı olan aracısızlaştırma etkisi sürdürülebilir. Özetle; geleneksel merkezi otorite ile gerçekleşen süreçler, güveni temin etmek için insanlar veya ek teknolojiye gereksinim duymaktadır. Ancak blockchain teknolojisiyle beraber araçlara ya da taraflara olan gereksinim azalabilir.

Otomasyon: Blockchain, dijital bir aracı olarak rolünü yerine getirebilmek amacıyla otomasyona ihtiyaç duymaktadır. Bu teknoloji ne kadar çok kullanılırsa, kurumsal araçların manuel görevlerini taraflar arasındaki otomatik etkileşimlerle o kadar fazla yerine getirecektir. Yani eğer belirli bir kullanımın olması durumunda taraflar arasında otomatik etkileşimler yapılıyorsa blockchain'in işleyiş yapısı manuel olarak yapılan işçiliklerin yerine alabilir.

Süreçlerin Kolaylaştırılması: Otomasyonun bir sonucu olarak iş süreçleri daha şeffaf ve düzenli bir hal alacaktır. Birçok kurum ve kuruluş blockchain teknolojisi sistemine geçiş sürecinde iş süreçlerini gözden geçirmekte ve analiz etmektedir. Blockchain teknolojisinin sağladığı avantajlar nedeniyle, mevcut iş süreçlerinin gözden geçirilip yeniden tasarlanarak düzenlenmesi blockchain teknolojisinin uzun vade de katkı sağlayacağını göstermektedir. Dolayısıyla, blockchain teknolojisinin farklı alanlarda önemli bir dönüşüm sağladığı ve bu dönüşümün iş süreçlerinin kolaylaştırılmasına yönelik büyük bir potansiyel taşıdığını göstermektedir.

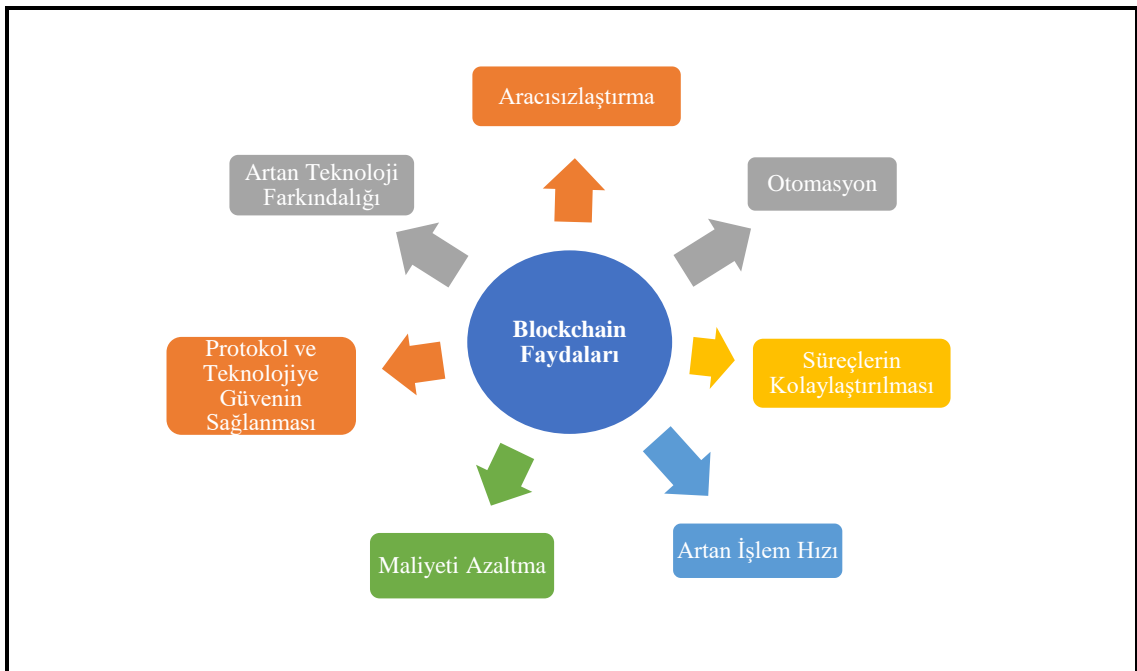
Artan İşlem Hızı: Aracısızlaştırma, süreçlerin kolaylaştırılması ve otomasyon, süreçlerin önemli ölçüde hızlanmasına neden olmaktadır. Bu yüzden blockchain ne kadar sık bir şekilde kullanılırsa, sözleşmede yer alan taraflar arasındaki iş ve işlemlerin yanı sıra etkileşimlerinin de daha hızlı gerçekleştirileceği beklenmektedir. Böylece, blockchain teknolojisinin uzun vadeli katkısı sayesinde, önceden vakit alan ve manuel olarak yapılan işlemleri içeren süreçler hızlanacaktır. Yani, geleneksel merkezi otoritelere göre blockchain sistemi süreçlerinde artan otomasyonun kullanımı, bazı kullanım durumları açısından önemli bir işlem hızı sağlayacaktır.

Maliyeti Azaltma: Otomasyon ve aracısızlaştırma, genellikle maliyetlerin azalmasına yol açmaktadır. Günümüzde otomasyon, birçok sektörü şekillendiren ve birçok ürünün daha geniş bir insan kitlesi için daha uygun hale gelmesini sağlayan maliyet azaltıcı bir etki sağlamaktadır. Ancak otomasyonun maliyet azaltma etkisi sadece fiziki varlıklar ile sınırlı olmayıp, aracısızlaştırmanın maliyet azaltma etkisi ekonomik açıdan bakıldığında blockchain'in uzun vadeli en önemli katkılarından biri olabilir. Kısaca; aracısızlaştırma ve otomasyonun etkisi ile blockchain teknolojilerinden faydalanabilen uygulamalar için maliyetlerinde bir düşüş meydana gelme ihtimali yüksektir.

Protokol ve Teknolojiye Güvenin Sağlanması: Blockchain, insanlara veya insan organizasyonlarına olan güveni, bilgisayar tabanlı doğrulama mantığının ve mutabakatın gücüne olan güvenle değiştirmektedir. Bu, güven ve güvenilirlik algımızı hem bireysel

düzeyde hem de toplum düzeyinde değiştirebilir. Bu nedenle, güvenlik protokollerine ve hesaplama ile elde edilen mutabakata olan güvene yönelik bu değişim, toplumsal bir bakış açısından bakıldığında blockchain en önemli uzun vadeli etkilerinden biri olarak kabul edilebilir. Yani blockchain, insanların güvenini, teknolojiye ve ilgili protokollere göre şekillenecektir. Bununla birlikte güvenlik ve ödeme işlemlerine olan güven artacaktır.

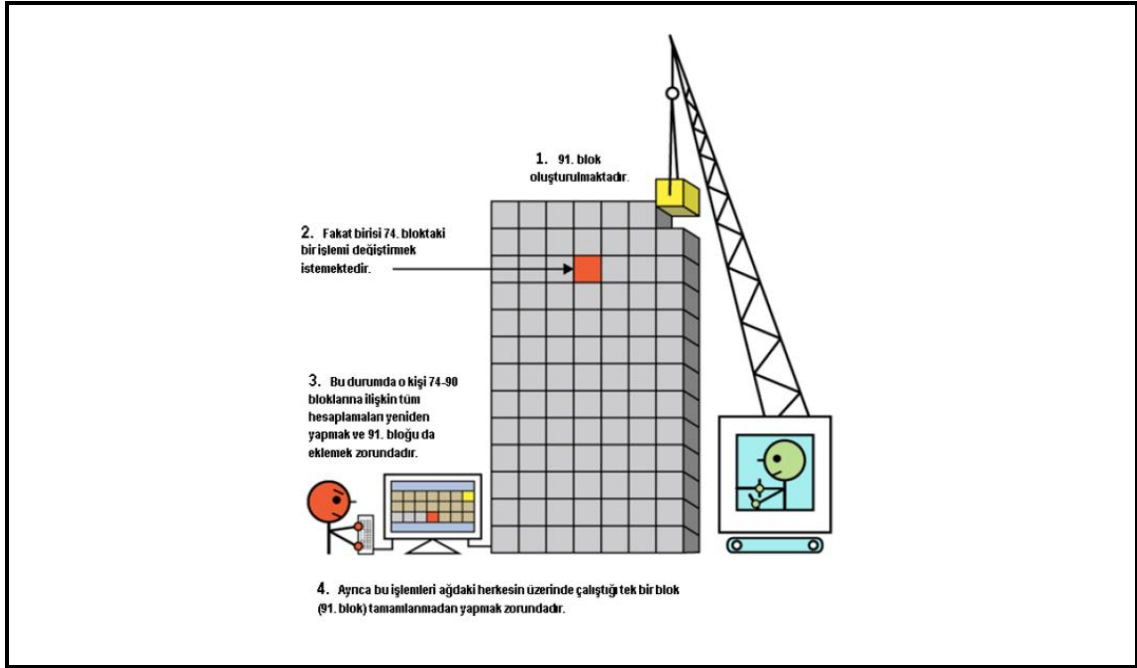
Artan Teknoloji Farkındalığı: Blockchain, dağıtık eşler arası sistemlerde bütünlüğü sağlamak için değişmez veri yapıları ve uzlaşma algoritması kullanan karmaşık bir teknolojik çözüm sunmaktadır. Dolayısıyla, farklı alanlarda ilgi görmeye devam etmektedir. Teknolojiye artan bu ilgi ve teknolojinin hayatımızdaki rolünün farkındalığı, blockchain etkilerinden biri olarak kabul edilebilmektedir. Birçok alanın başarısı ve toplumun refahı açısından bakıldığında, bu gelişmeler hayati bir öneme sahiptir. Yani artan farkındalık ile bu teknolojinin yaygınlaşması yeni anlayış ve uygulamaları beraberinde getirecektir.



Şekil 23. Blockchain Teknolojinin Başlıca Faydaları

Kaynak: Drescher (2017: 242)

Blockchain teknolojisinin faydalarına değindikten sonra, bu teknolojinin güvenli olup olmadığına değinmekte de yarar vardır. Blockchain birbirine eklenen veri bloklarını tanımlamak için kullanılan bir kavram olup; veriler bu bloklara kronolojik olarak eklenmektedir. Bu işlemler bir kez blockchain sistemine kaydedildikten sonra silinmesi veya değiştirilmesi mümkün değildir. Şekil 24'te blockchain teknolojisinde neden hilekarlık yapmanın mümkün olmadığı gösterilmektedir.



Şekil 24. Blockchain Teknolojisinin Güvenliği (Blockchain neden güvenli?)

Kaynak: Michael (2015; Erişim Tarihi: 06.09.2023)

Şekil 24'te, 91. blokta bir işlem gerçekleştirilirken, birinin 74. bloktaki bir işlemi değiştirmeye çalıştığı bir örnek verilmektedir. Blokzincir sistemini kullanan kullanıcılar, 91. bloğun hesaplamalarını yaparken 74. bloktaki bir işlemi değiştirmek isteyen kişi, önce tüm zinciri geriye doğru bozmak zorundadır. Çünkü blockchain ağındaki her blok, kendisinden önceki bloklara kriptografik bir şekilde bağlıdır. Bütün blokların hesaplamaları yapılmalı ve 91. blok, diğer tüm işlem gücünün önüne geçilerek zincire yeniden eklenmelidir ki bu neredeyse imkansızdır. Ayrıca, bu işlemi yapmak isteyen kişinin sadece 10 dakikası vardır. Çünkü; her 10 dakikada bir yeni bir blok, blockchain ağına eklenmektedir. Blockchain teknolojisi, bu çalışma prensibi sayesinde son derece güvenilirdir (Michael, 2015).

Blockchain Teknolojisinin Dezavantajları: Blockchain teknolojisinin faydalarının yanı sıra bu teknolojinin olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Bu olumsuz yönleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Sarmah, 2018: 27; Tanrıverdi, 2019: 205):

- ❖ Blockchain'indeki her bir düğüm, fikir birliğine varmak için aynı görevi tekrarlamaktadır. Bu nedenle, blockchain hem maliyetli hem de ciddi bir kaynak gerektirmektedir.
- ❖ Akıllı sözleşmeler, oluşturulduktan sonra değiştirilememekte ancak blockchain'de herkes tarafından görülebilir bir şekilde saklanmaktadır. Bu durum, akıllı sözleşmeleri kötü amaçlı saldırılara karşı savunmasız hale getirebilir.

- ❖ Blockchain sisteminde, katılımcıların kimlik doğrulama, tapu belgeleri, kripto para varlıkları vb. ile ilgili her bir işlemi metotlara dayalı olarak doğrulanmaktadır. Ancak işleme dahil olan her iki taraf da bunu yapmaya hazır olsa veya işlem herhangi bir nedenden dolayı bozulsa bile bir işlemi geri almanın herhangi bir yolu yoktur.
- ❖ Proof of work (PoW) kullanılan blockchain'lerde uzlaşma protokolü olarak yüksek miktarda enerji tüketimi ve pahalı bilgisayar sistemlerinin işletilmesi gerekmektedir.
- ❖ Blockchain ağındaki her bir zincirin bütün verilerin bir kopyasının tutulması ve içeriğine erişilebilir olması, katılımcıların mahremiyetine zarar verebilir.
- ❖ Blockchain'in bir diğer olumsuz yönü, karmaşıklığı ve çoğu insan için şu an anlaşılması güç olan kavramlarla ve süreçlerle dolu olmasıdır.

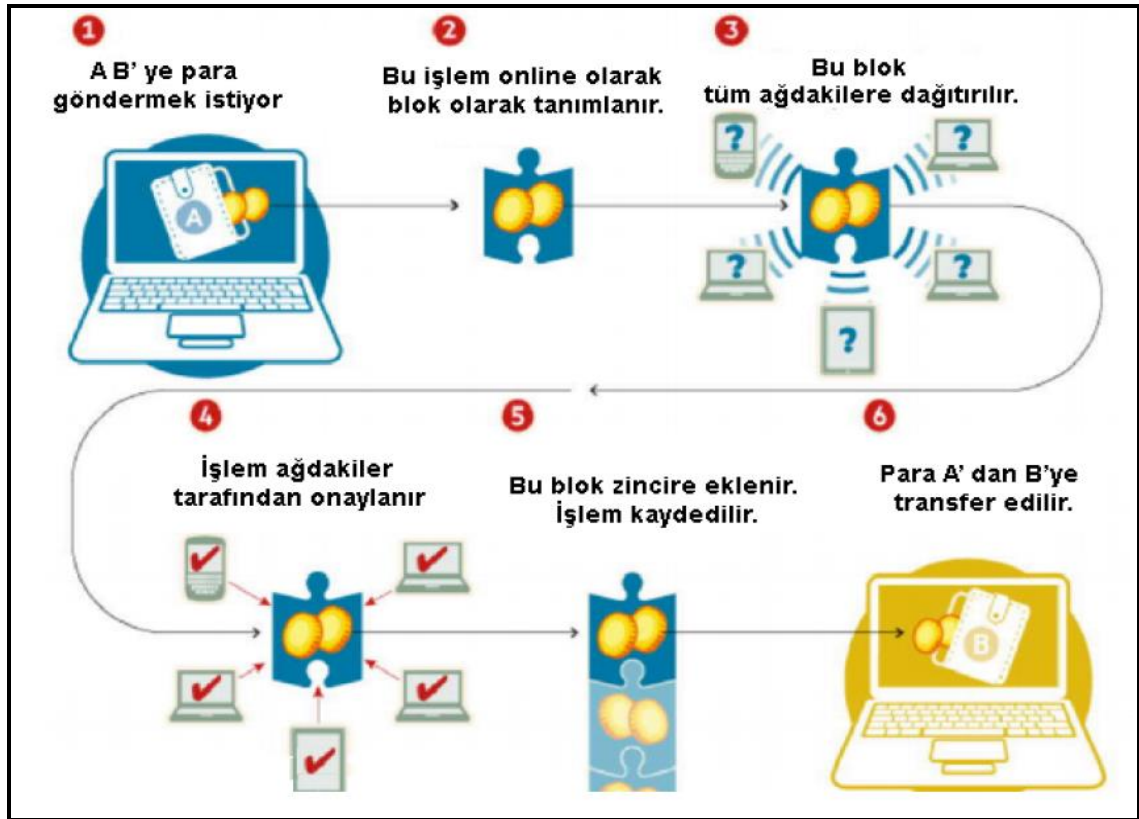
Son olarak; uzlaşma sürecinin yavaş işlemesi ve uygulamada yeni bir blok oluşturmak için uzun zaman gerektirmesi nedeniyle hızlı işlemlerin yoğun olduğu bazı finansal sektörlerde blockchain teknolojisi etkisiz kalacaktır. Blockchain sisteminde bulunan veriler, ağı oluşturan tüm düğümlere dağıtılmakta ve her düğümde bir kopyası yer almaktadır. Bu, sistem güvenliğini artırmakla birlikte, bir siber saldırı veya tehdit unsurunun gerçekleşmesi ve sistemdeki sunucuların yüzde 51'ini ele geçirmesi durumunda, bilgilerin tehlikeye girebileceği anlamına gelmektedir. Bu durum, sınırlı sayıda sunucuya sahip olan blockchain sistemlerini güvenlik açısından savunmasız hale getirebilir (Sümer, 2021: 195).

2.3.1.4. Blockchain Teknolojisinin Çalışma Yapısı

Blockchain, birden fazla katılımcılı işlemlerin güvenli bir şekilde doğrulandığı, kaydedildiği ve saklandığı bir teknoloji olarak ifade edilmektedir. Bu amaç doğrultusunda birbirinden özerk bilgisayarlar internet aracılığıyla bir ağ oluşturarak birbirine bağlanmaktadır. Blockchain altyapısından yararlanarak gerçekleştirmek istenen işlemler, ağdaki bilgisayarlar tarafından ilgili yazılımlar aracılığıyla izlenmektedir. Bilgisayarlar karmaşık algoritmalarından yararlanarak ilk olarak işlemin geçerliliğini doğrulamaktadır. Bu doğrulama süreci, bilgisayarların çoğunluğunun işlemi onaylaması (konsensüs, uzlaşma ya da oybirliği) ile gerçekleştirilmektedir. Onaylanan işlemler benzersiz bir şifreleme yöntemi olan hashing kullanarak bir blok oluşturacak biçimde kodlanmaktadır. Yeni bir blok daha önce üretilmiş bloklara kronolojik olarak eklenmektedir. Bu da

Blockchain'in yapısını güncellemektedir. Sonrasında üretilen yeni zincir, ağda yer alan bütün bilgisayarlar tarafından kaydedilmektedir. Blockchain ağında bir işlem yapıldığında zaman damgasıyla bir konsensüs mekanizması tarafından doğrulanmaktadır ve veri blokları şeklinde bir defter sayfası gibi kayıt altına alınmaktadır (Gül, 2019: 187).

Paranın ortaya çıkmasıyla birlikte ticaret sistemi yüzyıllar boyunca gelişmiş ve bu süreç ile birlikte sistemin karmaşıklığı kendini göstermiştir. Ticaret sisteminde bu karmaşıklıkları ortadan kaldırmak, işlemleri doğrulamak ve onaylamak için ilk önce hesap defterleri tutulmuş ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilgisayarlar ve yazılım paketleri kullanılmaya başlamıştır. Ancak bu işlemleri yapabilmek için genellikle devletler, bankalar veya muhasebe mesleğini icra edenler gibi aracı kurumlar ve kuruluşlara ihtiyaç duymaktadır. Bu aracı kurumlar güvenilir olduklarından dolayı “3. *Güvenilir Parti*” olarak tanımlanmıştır. Blockchain teknolojisinin var olan sistemden farkı ise burada kendini göstermektedir. Çünkü; blockchain, bu 3. tarafları ortadan kaldırarak sistemi çalıştırmaktadır. Bu blockchain çalışma yapısına örnek olarak gösterilebilir (Turgut ve Uçan, 2021: 31). Temel olarak blockchain teknolojisinin çalışmasında kriptoloji, bilgisayarlar arası bir ağ ve blockchain protokolü olmak üzere üç farklı sistem bir araya getirilmektedir. Ancak işlemin gerçekleştirilmesi için en önemli unsurlardan biri, ağdaki bilgisayarlar aracılığıyla onay alınması gerekliliğidir. Şekil 25'te blockchain teknolojisinin temel çalışma yapısı gösterilmektedir.



Şekil 25. Blockchain Temel Çalışma Mantığı

Kaynak: Crosby (2016: 10); Avunduk ve Aşan (2018: 373)

Şekil 25'te gösterildiği gibi sistem üzerinden A B'ye para göndermek istediğinde bu istek güçlü bilgisayar sistemlerine sahip diğer katılımcıların veri tabanlarına ulaşarak gerçekleşmektedir. Söz konusu veri tabanlarına ulaşan bu istek için oluşturulan şifrenin çözülmesi ve blok oluşturulması gerekmektedir. Sistemde yer alan katılımcılardan biri tarafından şifre çözüldüğünde, sistemde bulunan diğer katılımcıların bu işlemi onaylamasıyla birlikte yeni bir blok oluşturulmakta ve oluşan bu blockchain'e eklenmektedir. Oluşan bu yeni blockchain yapısının bir kopyası sistemdeki bütün bilgisayarlarda tutulmaktadır. Bu döngü durmaksızın devam etmektedir. Böylece, gerçek ve tüzel kişilere ait bütün bilgiler ve belgeler blockchain teknolojisinden yararlanarak dijital kimliklerde tutulur ve istenilen kişi veya kurumlar ile paylaşılabilir. Dolayısıyla, bu durum birçok farklı kurumda tutulan bilgilere daha düşük maliyet ile erişilmesine imkân sağlamaktadır. Böylece, blockchain teknolojisi hem yerel hem de küresel ödeme sistemlerinin daha etkili bir şekilde kullanılmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca blockchain ve akıllı kontratlar sayesinde girişimciler, gereksinim duydukları sermayeyi, dünyanın herhangi bir yerinden aracısız olarak elde edebileceklerdir (Yıldırım, 2019: 268).

2.3.1.5. Blockchain Teknolojilerinin Finans Sektörü Üzerindeki Etkileri

Günümüzde, işletmeler için finans fonksiyonunun vazgeçilmez bir önemi olduğu inkâr edilemez bir gerçektir. Finans fonksiyonu zaman içinde evrilen ve devamlı olarak kendini yenileyen dinamik bir yapıya sahiptir. Bu yüzden, güncel yaklaşımlar ve toplumsal dinamiklerden etkilenme durumu söz konusudur. Blockchain teknolojisi ilk kez finans sektöründe kullanılmaya başlamıştır. Dolayısıyla, blockchain uygulamalarının yaklaşık olarak üçte birlik kısmı oranında finans ve bankacılık sektöründe bulunmaktadır. Diğer sektörlerdeki blockchain uygulamaları, finans ve bankacılık sektöründeki uygulamaların 2 ila 10 katı daha fazla yaygınlığa sahiptir. Bitcoin ve diğer kripto paralar, dijital ya da kripto para birimleri olarak ortaya çıkmışlardır ve tüm bu uygulamalarının alt yapısı blockchain teknolojisine dayanmaktadır. Bankalar ve finansal kurumlar blockchain teknolojisinin dijital para sistemleri dışında olası uygulama alanlarını belirlemek ve bu yolla yenilikçi çözümler geliştirmek amacıyla araştırma ve geliştirme çalışmalarını sürdürmektedirler. Ayrıca yatırım planları hazırlamaktadırlar. Bu çalışmalar kapsamında finans sektöründe; ödeme işlemleri takas yöntemi, doğrulama ve yetkilendirme, dijital kimlik yönetimi, kripto para birimleri, iş modeli ve süreç inovasyonu, finansal dijitalleşme, alış ve satış platformları ve araçlara olan gereksinimin ortadan kaldırılması ve finansal düzenlemelerin ve finansal hizmetlere erişilebilirliğin kolay hale getirilmesi gibi blockchain uygulama alanları bulunmaktadır (Demir ve Gül, 2021: 120).

Blockchain teknolojisi, finans sektöründe ödemelerin daha şeffaf, verimli, izlenebilir olmasını ve sistemin daha güvenli bir şekilde işlenmesini sağlayabilir. Blockchain teknolojisi, geleneksel yöntemlere nazaran daha düşük işlem maliyetleri sunmakta ve bankalar arası ödemeleri anlık hızlara taşıyabilmektedir. Böylece, bütün paydaşlar zaman ve maliyet tasarrufu sağlayabilir. Aynı zamanda, sermaye piyasalarında da işlemler, blockchain teknolojisi sayesinde daha hızlı, daha düşük maliyetli, otonom, daha şeffaf ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Karmaşık ve vakit alan dijital sistemlerin yerine, dağıtık blockchain teknolojisi kullanılarak yapılan ülkeler ve kurumlar arası doğrudan ticaret daha düşük maliyetlerle, artan veri tutarlılığıyla ve işlem gecikmeleri azaltılarak gerçekleştirilebilir. Böylece, hatalı işlemlerin, dolandırıcılık girişimlerinin ve verileri yanlış yorumlamaların önüne geçilebilir. Ödeme işlemlerinde ortak veya arka ofis yardımına gerek duyulmaz ve bağımsız kurumlar arasında yüksek veri uyumluluğu ile veri paylaşımı yapılabilir. Müşterinin kimliği (Know Your Customer-

KYC), otonom bir şekilde hızlı ve kolayca doğrulanabilir. Kullanıcı kimlik bilgileri ve diğer veriler bankalar arası doküman ve kaynaklarla paylaşılabilir. Aynı zamanda, otonom hesap açma ve veri gizliliği koruma imkânı sunabilir (Zehir, 2021: 19).

Blockchain teknolojisi, merkeziyetsiz finans diğer bir ifadeyle merkezi olmayan finans (Decentralized Finance-DeFi) uygulamalarının gelişimine ve büyük bir ivme kazanmasına katkı sağlamıştır. Geleneksel finans dünyasında, para her şeyin odağında bulunurken; merkeziyetsiz finasta kripto paralar daha fazla kabul görmektedir. Bu bağlamda kripto paralar, dünya genelinde hesaplar arası transferleri ve ödemeleri kolaylaştıran dijital varlıklardır. Bir yatırım aracı olmaktan çok, bir işleyiş biçimi veya bir konsept olarak görülen DeFi, geleneksel finansın temel işlemlerini merkezi olmayan bir şekilde, akıllı kontratlar adı verilen programlar aracılığıyla gerçekleştirme hizmetlerinin genel adıdır. Örneğin; Ethereum blockchain üzerinde kullanılan akıllı kontratlar sayesinde, finansal hizmetler ve işlemler dünya genelinde herkesin erişebileceği bir düzen içinde gerçekleştirebilmektedir.

Bu, herhangi bir yerden herkesin katılabileceği ve denetleyebileceği bir şekilde finansal işlemlerin yapılmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, geleneksel finans sektöründe ödemeler genel olarak nakit, banka transferleri (EFT) ve kredi kartları aracılığı ile yapılırken; merkeziyetsiz finans alanında ise istikrarlı kripto paralar³(stabil coinler) aracılığıyla ödemeler kolaylıkla yapılabilmektedir. Kredi süreçleri geleneksel finans sektöründe bankalar tarafından gerçekleştirilirken; merkeziyetsiz finans alanında merkezi olmayan kredilendirme uygulamaları daha fazla tercih edilmektedir. Aynı zamanda, takas ve ticaret işlemleri geleneksel finasta genellikle merkezi brokerlar aracılığıyla gerçekleştirilirken; gelecekte merkezi olmayan takas işlemleri daha da artmaya devam etmektedir. Geleneksel finans dünyasında yatırım ürünleri genellikle hisse senedi, bono gibi ürünlerle sınırlıdır ve bu ürünlere bankalar ve takas piyasaları üzerinden erişim sağlanmaktadır, Merkezi olmayan finasta ise tokenleştirilmiş finansal ürünlerin geliştiğine tanık oluyoruz (Zehir, 2021: 20; Savran, 2023: 30).

Türkiye'de blockchain teknolojisi ve kripto paraların kullanımıyla ilgili çalışmalar 11. Kalkınma Planı (2019-2023) kapsamında somut bir şekilde ele alınmıştır. Aynı

³ Stabil kripto para birimleri; değerlerinin kripto para birimi, itibari para birimi veya borsada işlem gören emtialar gibi varlıklara sabitlenmesi amacıyla geliştirilen kripto para birimleri türüdür. Bu tür kripto paralar, dalgalanmalardan etkilenmemek ve daha sabit bir değere sahip olmak üzere tasarlanmıştır. Böylece bir kripto para birimi, itibari para veya emtiaya bağlı olarak değerlerini korumaktadırlar.

zamanda, Hazine ve Maliye Bakanlığı ile Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan “Orta Vadeli Program (2024-2026)”da blockchain teknolojisinin destekleneceği belirtilmiş ve bu programda “*Blokzincir tabanlı akıllı sözleşmeler üzerinden menkul kıymet ihraçları yapılacak, ihraç süreçleri dijitalleştirilecektir.*” ifadesine yer verilmiştir. (Orta Vadeli Program (2024-2026, 2023). Plan, finansal alandaki araçların çeşitlendirilmesi için atılacak adımları ve Merkez Bankası tarafından desteklenen blockchain tabanlı dijital para projelerinin hayata geçirilmesini öngörmektedir. Aynı zamanda, blockchain teknolojisinin avantajları ve kullanımının artırılması için Türkiye Bilişim Vakfı tarafından Blockchain Türkiye Platformu'nun kurulduğu belirtilmektedir. Türkiye'deki bir diğer önemli gelişme, Bankalararası Kart Merkezi'nin, Ankara merkezli T2 Software firmasıyla iş birliği yaparak “*keklik*” adında deneysel bir dijital para geliştirmesidir. Ancak bu dijital para sınırlı sayıda kişi tarafından kullanılabilir ve para transferi ile alışveriş gibi işlemlerde kullanılabilir. Akbank gibi Türkiye'nin önde gelen bankaları, 2018’de blockchain teknolojisinin para transfer işlemlerinde kullanılacağını açıklamıştır. Bu da daha güvenilir ve kayıpların azaldığı bir para transfer sisteminin oluşturulacağına işaret etmektedir (Topaloğlu, 2021: 252).

Sonuç olarak; blockchain teknolojisinin finans sektörü üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Bu teknoloji, finansal işlemlerin daha verimli ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Aynı zamanda, kripto paraların temelini oluşturan blockchain, merkez bankalarının ödeme ve takas işlemlerini geliştirmelerine yardımcı olabilir ve bağımsız dijital para birimlerini oluşturma fırsatı sunabilir. Bu da bankacılık sistemleri üzerinde büyük etkilere yol açabilir. Ancak kripto paraların yüksek fiyat dalgalanmalarına ve finansal piyasalarda ek risklere neden olma potansiyeli de vardır. Dolayısıyla, bu teknolojinin benimsenmesi ve düzenlenmesi konularında dikkatli bir yaklaşım gerekmektedir. Finans sektörü, bu yeni teknolojiyi kabul ederken, riskleri yönetme ve dengeleme çabalarına da odaklanmalıdır. Blockchain teknolojisi, finansal işlemleri dönüştürme potansiyeline sahip olmakla birlikte, uygun bir şekilde kullanılmalı ve düzenlenmelidir.

2.3.1.6. Blockchain Teknolojilerinin Önemi ve Kripto Paralar

Blockchain teknolojisi, ortaya çıkmasıyla birlikte çok ilgi görmüş ve akademik çalışmalara büyük bir ivme kazandırmıştır. Bu süre zarfında blockchain teknolojisi ile ilgili literatür genişlemeye ve zenginleşmeye başlamıştır. Özellikle son yıllarda, dijital

kripto paralara artan ilgiyle birlikte, Bitcoin gibi kripto paraların temel teknolojisi olan blockchain giderek daha fazla fark edilmiş ve önemi artmıştır. Blockchain teknolojisi, dağıtık bir veri tabanı olarak işlev görmekte olup ve bu teknoloji kriptografi kullanımıyla verilerin değiştirilemez olduğunu garanti etmektedir. Aynı zamanda, akıllı kontratlar adını verdiğimiz komut dosyası kodları sayesinde, iş ve işlemlerin otonom olarak gerçekleşmesini sağlamaktadır. Blockchain, iş ve işlemleri dijital olarak tanımlamakta ve izlemektedir. Ayrıca, güvenli bir veri yapısı kullanarak bilgileri bilgisayar ağları arasında güvenli bir şekilde paylaşılmasını mümkün hale getirmektedir (Kumar vd., 2020; Nawari & Ravindran, 2019; Juma vd., 2019; Kshetri, 2018).

Günümüzde, blockchain teknolojisinin yaygın kullanımı öncelikle finansal sektörde yoğunlaşsa da finansal olmayan birçok alanda da olumlu yapısal değişikliklere yol açmaktadır. Blockchain teknolojisi, ticaret hizmetlerinden e-ticaret, e-devlet, kredi değerlendirmesi ve tedarik zinciri gibi finansal olmayan sektörler kadar geniş bir yelpazede uygulanmaktadır. Bu, ticari işlemlerden finansal varlıkların yerleşimine, tahmin piyasalarından ekonomik işlemlere kadar çok çeşitli alanlarda olumlu etkilere yol açmaktadır (Haferkorn & Quintana Diaz, 2015; Allen vd., 2019; Hald & Kinra, 2019; Juma & vd., 2019). Blockchain teknolojisi, verilerin iletim sürecinde doğruluğunu ve izlenebilirliğini koruma yeteneği sayesinde, üretim sektörünün tedarik zinciri yönetiminde büyük bir avantaj sağlamaktadır. Blockchain teknolojisinin güvenilmeyen bir ortamda işlemlerin güvenliğini sağlama konusundaki yeteneği sayesinde, işletmeler tedarik zinciri yönetimi alanındaki çeşitli zorlukların üstesinden gelebilir.

Blockchain teknolojilerinin, küresel ekonominin sürdürülebilir gelişimine önemli katkılar sunması ve tüketicilere, hali hazırdaki bankacılık sistemine ve bütün topluma fayda sağlaması beklenmektedir. Günümüzde, küresel finansal sistem, finansal varlıkların, menkul kıymetlerin, fiat paraların ve türev sözleşmelerin blockchain teknolojileriyle etkin bir şekilde nasıl uygulanabileceğini ve bu teknolojilerin getirdiği fırsatları araştırmaktadır. Bununla birlikte bu teknoloji, sermaye piyasalarında köklü ve dönüştürücü bir etki yaratmıştır: Örneğin; “menkul kıymetler ve türev işlemlerinde” (Van de Velde vd., 2016; Wu & Liang, 2017), “dijital ödemelerde” (Papadopoulos vd., 2015; Beck vd., 2016; Min vd., 2016; Yamada vd., 2017; English & Nezhadian, 2017; Lundqvist vd., 2017; Gao vd., 2018), “kredi yönetim planlarında” (Gazali vd., 2017), “genel bankacılık hizmetlerinde” (Cocco vd., 2017), “finansal denetim” (Dai & Vasarhelyi, 2017) ve/veya “kripto para birimi ödeme ve takasına (e - cüzdanlar)” ilişkin

iş ve işlemlerde (Cawrey, 2014; Rizzo, 2014) bir çok değişikliği tetiklemiştir. Bu bağlamda özellikle, Barclays ve Goldman Sachs dahil olmak üzere dünyanın en büyük bankalarından oluşan bir grup, finans piyasası için işleyen bir blockchain tabanlı çerçeve oluşturmak için güçlerini birleştirmiştir (Crosby vd., 2016).

Blockchain teknolojilerinin yükselişi ve gelişmesiyle birlikte kripto paraların kullanımı hızla yaygınlaşmış ve bu dijital varlıklar biriktirme, mübadele ve yatırım amaçları için önemli bir araç haline gelmiştir. Bu süreçte, kripto para piyasaları da ortaya çıkmış ve kripto paralar, bu platformlarda bir tür emtia gibi alınıp satılan önemli çağdaş finansal varlıklar olarak konumlanmıştır. Kripto paraların yaygınlaşması, geleneksel finansal sistemlerin ötesine geçerek, finansal yenilik ve değişimin öncüsü olmuştur. Bu yeni dijital ekosistem, yatırımcılara ve tüketicilere geniş çeşitlilikte seçenekler sunarken; aynı zamanda finansal piyasalarda da yeni bir dönemin başlangıcını işaret etmiştir.

2.3.2. Çağdaş Yatırım Aracı Olarak Kripto Paralar

Günümüz finans dünyasında önemli bir çıkış yakalayan ve büyük ilgi gören konulardan biri, kripto paraların çağdaş bir yatırım aracı olarak değerlendirilmesidir. Geleneksel yatırım seçeneklerinden ayrılan ve yenilikçi bir varlık sınıfını temsil eden kripto para birimleri, Bitcoin'in ortaya çıkışıyla başlayan ve hızla birçok farklı kripto para birimini içeren geniş bir ekosisteme evrilmiştir. Bu büyüme, sadece piyasa hacmi açısından değil; aynı zamanda kripto paraların ekonomi ve finans dünyasındaki konumları açısından da radikal değişikliklere yol açmıştır. Bu bağlamda bu başlığın altında kripto para birimleri ile ilgili gelişim ve süreçleri detaylı olarak açıklanmaktadır.

2.3.2.1. Para, Para Birimi Kavramı ve Kripto Paranın Tarihsel Gelişimi

Kripto paraların çeşitli yönlerini incelemeye başlamadan önce, ilk olarak para ve para birimi kavramlarını ele almak gerekir. Para; insanlık tarihinin ilk dönemlerinden günümüze kadar ekonomik ve toplumsal hayatın merkezinde bulunan bir varlıktır. Günlük hayatın içerisinde insanlar arasındaki alışverişlerden büyük ölçekli ekonomik yatırımlara kadar geniş bir yelpazede kullanılmıştır. Fiziksel özellikleri zamanla değişmiş olsa da para güç mücadelelerinin önemli bir nedeni haline gelmiştir. Paraya, sahipliğine ve kullanım alanlarına bağlı olarak ekonomik ve siyasi felsefeler geliştirilmiş ve bu şekilde ülkelerin ve toplumların ekonomik ve kültürel kimlikleri oluşturulmuştur. Örnek olarak; liberalizm, sosyalizm ve komünizm gibi ideolojiler, aslında temelde para ve mülkiyetle ilgili yaklaşımları içermektedir. Ancak para özellikle ekonomik ve finansal bir

araç olarak değerlendirilmelidir. Tarihsel olarak, para ticaretin ve ekonomik faaliyetlerin kolaylaştırılması amacıyla kullanılmıştır ve bu rolünü halen sürdürmektedir (Kaya, 2021: 5-6). Bu bağlamda ekonomi, çeşitli alanlarda kullanılan birçok terim ve kavramı içeren bir disiplin olup; bu kavramlardan biri de paradır.

Paranın tanımlanması konusunda literatürde çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır ve bu teorik tanımlamaların birkaçı şu şekildedir (Kaya, 2021: 6):

Değişim Aracı Olarak Para: Bu yaklaşım, parayı fiziksel bir değişim aracı olarak tanımlamaktadır ve somut bir varlık olarak değerlendirmektedir. Bu bakış açısına göre muhasebe sistemine kaydedilen unsurlar para olarak nitelendirilmemektedir. Örneğin; bankacılık sisteminin üretmiş olduğu kaydı para, bu bakış açısına göre para olarak kabul edilmemektedir.

Likit Unsur Olarak Para: Bu yaklaşım tarzı, ekonomik yaşamda likidite özelliği taşıyan her türlü varlığı para olarak nitelendirmektedir. Bu teorik yaklaşıma göre tahvil, çek, bono, senet ve çek vb. varlıklar da para kavramı olarak kabul edilmektedir.

Ödeme Aracı Olarak Para: Bu yaklaşıma göre ise para, kesin ya da anlık ödeme aracı olarak kabul görmektedir.

Dolaşımda Rutin Bir Değişim Aracı Olarak Para: Bu perspektife göre para, genel dolaşımda bulunan ve değişim aracı olarak işlev gören nesnelere ifade etmektedir. Bu perspektifte bankacılık dışındaki finansal sektör tarafından üretilen seyahat çekleri gibi unsurlar devamlı olarak kullanılmakta ve genel kabul gördüğü takdirde para olarak kabul edilmektedir.

Satın Alma Gücünün Geçici Temsilcisi Olarak Para: Bu perspektife göre para, tasarruf ve değer taşımanın geçici bir taşıyıcısı olup; satın alma gücünü anlık olarak temsil etmektedir. Kısaca para; “her nevi mal ve hizmeti satın almak için kullanılabilen bir değişim aracı veya hesap birimi olarak işlev gören bir varlık ve/veya meta” şeklinde tanımlanmaktadır. Dolayısıyla, genel olarak para insanların takas veya ödeme işlemleri için kullandıkları bir araç şeklinde kabul edilmelidir.

Para; var olan ekonomik sistemin temel taşı olup ve en önemli araçlarından biridir. Gerçekten de günümüz dünyasında para kavramı olmasaydı, tüm ekonomik sistemler takas ekonomilerine dönüşmüş olurdu (IMF, 2012: 52). Paranın icat edilmeden önceki dönemlerde ticaretin temelinde takas yöntemi kullanılmaktaydı. Daha sonraki dönemlerde, para icat edilmiş ve ticari mübadelelerde merkezi bir role sahip olmuştur.

Para kavramı icadından sonra, yalnızca ödeme aracı veya mübadele aracı olarak değil; aynı zamanda bir değer ölçüsü ve değer saklama aracı olarak da tarih içinde kendine yer bulmuştur. İlk ortaya çıktığı günden bu yana, bu kavram, insan yaşamında son derece önemli bir pozisyonu işgal etmiş ve sürekli bir evrim süreci içinde olmuştur. Bu evrim süreci, temelde ilerleyen teknoloji, küreselleşen ticaret ve finansal piyasaların ortaya çıkardığı yeni gereksinimler gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Özellikle küreselleşme ve yüksek teknoloji, modern dünyayı etkileyen en önemli unsurlardan biri olup; para kavramının son hali olan kripto paraların ortaya çıkmasında da bu iki temel faktör önemli bir rol oynamıştır.

Para birimi kavramı; bir ekonomi içerisinde fiilen dolaşan, değeri depolamak, ölçmek ve ticari faaliyetleri kolaylaştırmak amacıyla genel olarak kabul görmüş bir para türü olarak tanımlanabilir. Ekonomilerin temel yapı taşlarından biri haline gelen paranın bir ülkenin ekonomik kalkınması ve istikrarı üzerinde büyük bir etkisi bulunmaktadır. Aslında para hem ödeme aracı hem de para birimi olarak sosyal yapıların temel unsurlarındandır (Bollen, 2013: 1). Para, insanların ekonomik ilişkilerini düzenleyen ve ticareti kolaylaştıran temel bir araç olup; günümüzde, aracın en yaygın temsilcileri banknotlar ve madeni paralardır. Ancak para kavramı bunlarla sınırlı değildir. Tarih boyunca insanlar ticaret ve mübadele için birçok farklı nesneyi para olarak kullanmışlardır. Örneğin; deniz kabukları, Hint ve Pasifik Okyanusu'nun uzak bölgelerindeki topluluklar arasında yaygın bir para birimi olarak kullanılmıştır. Bu kabuklar ticaretin temel aracı haline gelmiş ve farklı topluluklar arasında bir değer haline gelmiştir. Deniz kabuklarının para olarak kullanılması, değişimin temelini oluşturan arz ve talebin karşılanması gerektiği takas sisteminden farklı bir yaklaşımı temsil etmiştir. Ancak takas sistemi, karmaşık modern ekonomilerin ihtiyaçlarını karşılayamaz hale gelmiştir. Binlerce farklı mal ve hizmetin alınıp satıldığı bu ekonomilerde, değeri saklamak, transfer etmek ve hesaplamak için daha sofistike bir araca ihtiyaç duyulmuştur. Böylece, daha sonraki dönemlerde değerli metallere yapılan sikkeler yani madeni paralar kullanılmaya başlanmıştır. Değerli metallere üç önemli özelliği bulunmaktadır. Bunlar: (I) sabit bir ölçü birimi olması, (II) dayanıklı bir değer saklama aracı olması ve (III) uygun bir değişim aracı olmasıdır. Dünya genelinde değerli metallere arzının sınırlı olması ve dolayısıyla, elde edilmeleri göreceli olarak zordur. Fiziksel olarak dayanıklı olmaları, sınırlı elde edilmeleri ve göreceli yüksek mübadele maliyetleri, söz konusu bu metallere o dönemlerde diğer nesnelere göre daha uygun bir para birimi olmasını

sağlamıştır (IMF, 2012: 52). Zaman içinde değerli metallerin yüksek maliyetli olması nedeniyle ekonomik sistemde kâğıt paralar değerli metallerin yerini almıştır.

Günümüzde, para birimleri dünya genelinde birçok farklı biçimde bulunmaktadır. Her ülkenin kendi ulusal para birimine sahip olması, o ülkenin ekonomik bağımsızlığını ifade etmektedir. Ancak bu farklı para birimleri, uluslararası ticaretin ve finansın bir parçası haline gelirken; döviz kurları ve değişim oranları ise karmaşık bir hal almıştır (Savran, 2023: 7).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte para veya para birimleri evrim geçirmeye devam etmektedir ve bu bağlamda son olarak sanal para kavramı ortaya çıkmıştır. Sanal para kavramı, zaman içinde büyük ve önemli bir evrimsel süreç geçirmiştir; bu evrim, teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Değişen ekonomik ve finansal ihtiyaçlar, para kavramının sanallaşmasına yol açmıştır. Sanal para, geleneksel fiziksel paraların yerini almak için geliştirilen dijital bir ödeme aracıdır. Sanal paraların tarihçesi, 2008 yılında ilk kripto para birimi olan Bitcoin'in ortaya çıkmasıyla birlikte başlamıştır. Bitcoin, blockchain teknolojisi üzerine inşa edilmiş ve merkezi olmayan bir yapıya sahiptir. Bu da kullanıcıların güvenli ve şeffaf bir şekilde işlem yapmalarına imkân tanımaktadır. Bitcoin'in elde etmiş olduğu başarıyla birlikte birçok benzer kripto para ortaya çıkmaya başlamıştır ve günümüzde binlerce farklı kripto para birimi bulunmaktadır. Kripto paraların finans piyasasındaki etkisi büyümeye devam etmektedir. Geleneksel finansal sistemin sınırlamaları ve karmaşıklığı, kripto paraların popülerliğini daha da artırmıştır. Kripto paralar, özellikle küresel işlemlerde ve yatırım aracı olarak kullanılmaktadır. Sonuç olarak; sanal para kavramı, ekonomik ve teknolojik değişimlere uyum sağlayarak ortaya çıkmış ve finansal dünyada büyük bir etki yaratmıştır. Ancak Kripto paralar, gelecekte finansal sistemin nasıl şekilleneceğine dair önemli soruları da gündeme getirmektedir.

2.3.2.2.Kripto Para Kavramı ve Önemi

Kripto para, adından da anlaşılacağı gibi şifrelenmiş bir şekilde üretildiği için bu adı taşımaktadır. Bu nedenle, bu para biriminin işlemleri yalnızca şifreleme sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Bu yüzden, sıklıkla dijital para veya sanal para olarak adlandırılmaktadır. Çünkü sadece dijital platformlarda oluşturulmakta ve işlem görmektedir (Alpago, 2018: 414). Kripto para kavramının tanımını yapmak kolay bir iş olmamakla birlikte, bu kavram İngilizce "*Crypto*" kelimesinden türetilmiştir ve şifre anlamına gelmektedir. Ardından para birimi anlamına gelen "*Currency*" kelimesinin

birleşmesiyle oluşmuştur. "*Currency*" terimi ise Latince "*Currens*" kelimesinden türetilmiştir ve her iki terim de "*kullanımdaki değer*" anlamına gelmektedir. Bu çerçevede, kripto para veya paralar işlemleri güvence altına almak ve bu işlemleri doğrulamak için kriptografik şifreleme algoritmalarını kullanan ve merkeziyetsiz (decentralized) bir sistem üzerine inşa edilen bir para birimidir. Kripto paralar, kişilere ve kurumlara bağımlılığı ortadan kaldırarak işlemlerin kontrolünü sağlamaktadır. Böylece, kripto paranın ne olduğunun daha kolay anlaşılabilmesi için öncelikle şifreleme kavramına değinmek gerekmektedir. Basit bir tabirle şifreleme kavramı; kriptografi (şifreleme), bilgiyi yalnızca gizli bir anahtara sahip biri tarafından çözülebilecek (veya şifresi çözülebilecek) okunamayan bir formata dönüştürerek (yani şifreleyerek) koruma tekniğidir. Şifreleme, bilginin istenmeyen gözlerden korunması gerektiği durumlarda kullanılmaktadır ve bilgiyi anlaşılmaz hale getirmektedir (Houber ve Snyers, 2018: 20; Turan, 2018: 2).

Dijital paraların gelişmiş bir versiyonu olan kripto paralar, internet ve elektronik ticaretin yaygınlaşması ile ortaya çıkmış, merkezi bir otoritenin kontrol gücü altında bulunmayan ve güvenliği güçlü kriptografik sistemler tarafından sağlanan, dünya çapında genel olarak kabul görmüş para birimleridir. Kripto para sistemi, teorik olarak paranın tüm özelliklerine sahiptir. Değiş tokuş ve değer saklama aracı işlevleriyle hizmet vermektedir. Bu sebeple, merkez bankasına bağlı para birimleri ile aynı finansal araçlara sahiptir. Ancak kripto para birimleri volatil yapısı nedeniyle bir ödeme aracı yerine, çağdaş bir yardım aracı olarak kullanılmaktadır.

Son dönemlerde oldukça ilgi gören kripto para birimleri, özellikle Blockchain adı verilen dijital bir defter tutma sistemine dayanmaktadır. Kripto para ile ilgili ilk makaleler 1983 yılında yazılmaya başlanmıştır (Kaya, 2021: 15). Sonraki yıllarda henüz gerçek kimliği bilinmeyen Satoshi Nakamoto takma adını kullanan bir kişinin 2008 yılında "*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*" başlıklı makaleyi yayınlamasıyla dikkatleri üzerine çekmiştir. Makalenin yayımlanmasıyla birlikte kripto para birimlerine olan ilgi sürekli olarak artış göstermiştir. Bu bağlamda Bitcoin, merkezi olmayan bir yapıya odaklanan ilk kripto para birimi olarak öne çıkmıştır ve kripto paraların öncüsü olarak kabul edilmektedir. Günümüzde ise Binance Coin, Bitcoin Cash, Litecoin, Ripple, Ethereum gibi sayısı Mart 2023 tarihi itibarıyla 22.000'ni aşkın kripto para birimi (Wikipedia, 2023) mevcut olmakla birlikte, Bitcoin hâlâ en büyük piyasa

kapitalizasyonuna sahip sanal para birimi olarak varlığını sürdürmektedir (Andrianto ve Diputra, 2017: 229).

Elektronik ödeme yöntemlerinin gelişmiş bir türü olan kripto paralar, internetin ve dijital ticaretin hızla yayılmasıyla hayatımıza girmiştir. Bu dijital paralar, merkezi bir otorite denetimi olmaksızın işlem görmekte ve daha güvenli ve şeffaf kriptografik sistemlerle desteklenmektedir; küresel ölçekte kabul görmüş para birimleridir. Kripto paralar, teorik olarak geleneksel para birimleriyle benzer özelliklere sahip olup; değişim aracı olarak kullanılabilirler ve değer saklama niteliği taşımaktadırlar. Bu sebeple, merkez bankaları tarafından düzenlenen geleneksel para birimleriyle benzer finansal işlemlere sahiptirler (Yıldırım, 2019: 269). Ayrıca dijital para birimleri, merkezi bir otoriteye bağlı olmayan ve bir merkez bankası veya devlet tarafından desteklenmeyen bir yapı sunmaktadır. Bu nedenle, dağıtık bir sistem aracılığıyla çalışmaktadır ve mevcut ve gelecekteki arzları önceden belirlenmiştir. Bu, devletlerin gelir elde etmek için kendi para birimlerini basma yeteneklerini sınırlayabilir. Ayrıca kripto paralar, faiz oranlarının ve enflasyonun yüksek olma riskini halktan uzaklaştırarak bu yüklerin halk üzerindeki etkisini azaltmaya yardımcı olabilir. Dolayısıyla, kripto paraların merkezi otoriteleri devre dışı bırakmayı amaçlayarak tasarlandığı söylenebilir (Güven ve Şahinöz, 2022: 30-31).

2.3.2.3 Kripto Paraların Özellikleri, Avantaj ve Dezavantajları

Kripto para birimleri dünya genelinde hem ödeme aracı hem de değer sağlama aracı gibi işlemler için kullanılan bir tür elektronik/sanal para birimidir. Geleneksel para birimleri ile elektronik para birimleri arasında belirgin farklar bulunmaktadır. Elektronik para, dijital bir ortamda saklanan, ödeme aracı olarak kabul edilen ve Dolar ve Euro gibi geleneksel para birimlerine benzer şekilde yasal bir dayanağı olan para birimleridir. Diğer yandan, kripto para birimleri açık kaynak ilkelerine dayalı olup; herhangi bir merkezi otorite tarafından yönetilmemektedir. Bu para birimleri dağıtık bir sisteme dayanmaktadır ve finansal kurumları ortadan kaldırmayı, toplumsal dayanışmayı arttırmayı ve geleneksel finans sektörünü değiştirme amacını taşımaktadır. Bilindiği gibi finansal bir sistem, fon arz ve talep eden taraflar, çeşitli finansal varlıklar, aracı kurum ve kuruluşlar ile yasal düzenlemelerden oluşmaktadır. Bu unsurların her biri sistemin güvenli ve sağlıklı bir şekilde işleyişini desteklemektedir. Bu unsurlardan herhangi birindeki bir sorun, aksaklık veya eksiklik olması finansal sistemin sorunsuz çalışmasını etkileyebilir. Özellikle merkezi bir otoritenin olmaması, denetime tabi olmaması ve aracı kurumları ortadan

kaldırması gibi özellikleri nedeniyle, kripto para birimleri geleneksel finansal sistem ile çatışmaktadır ve bu özellikler sistemin etkin çalışmasını engelleyebilir. Ayrıca, kripto para birimleri merkezi bir otoriteye ya da bankaya gerek duymadan sahiplerine düşük işlem ücretleri ile hızlı ve esnek ödeme seçenekleri sunan birer sanal veya merkezi olmayan dijital/sanal para birimleridir. Sınırlı arz ile işlem yapabilme kapasitesine sahip olan bu dijital varlıklar sınırlı kaynaklarına karşın bir değer saklama ve değişim aracı olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda, işlem hacimlerinin ve likiditesinin yüksek olması sebebiyle de tasarruf sahipleri için cazip bir varlık sınıfı olarak tercih edilmektedir. Bu yüzden kripto paralar gitgide tasarruf sahipleri tarafından bir fırsat olarak değerlendirilmektedir ve aynı zamanda bağımsız bir varlık sınıfı olarak tanınmaya devam etmektedir (Adana Karaağaç ve Altınırnak, 2018: 126-127).

Kripto para birimlerinin en yaygın özellikleri içinde en çok dikkat çeken hususlardan biri, bu sanal para birimlerinin üretim yöntemleridir ve merkez bankası veya herhangi bir merkezi otoriteye bağlı olmamalarıdır. Bu para birimleri herhangi bir devlete tabi olmadıkları gibi; üretimleri de varlıklarının aksine kullanıcı temelli bir modele dayanmaktadır. İlk andan itibaren, belirlenen toplam miktarlarına göre üretim işlemi madencilik (mining) olarak yapılmaktadır. Kripto para birimlerindeki madencilik süreci; çeşitli yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilen karmaşık matematiksel şifreleme algoritmalarının çözülmesi esasına dayanmaktadır. Bu süreç, ağ üzerinde gerçekleşen işlemlerin doğrulanmasını ve yeni kripto para birimlerinin dolaşıma girmesini sağlayan temel bir mekanizmadır. Dolayısıyla, temel işlem gücüne ve gerekli internet bağlantısına sahip tüm katılımcılar algoritmayı çözebilmektedir ve madencilik (mining) yaparak kripto para üretebilmektedir (Azman, 2018: 62).

Sanal para birimleri olarak finansal piyasasının bir parçası haline gelen kripto para birimleri, merkezi otoriteler ile bağlantılı olmadıkları için ülkelerin ekonomik durumlarına karşı hassasiyeti daha azdır. Birey ya da kurumlar merkezi otoriteler gibi banka vb. kurumlara başvuru yapmadan işlem yapabildikleri için kripto para ve arz (sağlayıcıları) ve talep edenler arasında yapılan işlemler sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmektedir; bu da işlem maliyetlerini minimum seviyeye kadar indirmektedir. Bunun yanı sıra, kriptografi para birimleri ile oluşturulan hesapların kapatılması ya da el konulması gibi var olan tehdit unsurlarını ortadan kaldırmaktadır. Aslında kripto para birimlerinin işleyişi, değerlerinin ekonomik temel ilkeler olan arz ve talep doğrultusunda nasıl belirlendiğine ve değiştiğine dair kullanıcılara rehberlik etmektedir. Bu bağlamda

kripto para birimlerinde arzın sınırlı olduğu bir sistem bulunmaktadır. Örnek olarak; Blockchain sisteminde üretebilecek maksimum Bitcoin sayısı 21.000.000 birim ile sınırlandırılmıştır. Bu da sistemin nasıl işlediği hakkında bilgi edinme veya sahiplerine getiri elde etmek için stratejik teoriler geliştirme imkânı sunmaktadır (Çetiner, 2018: 2).

Özetle, paranın tarihsel evrimi süresince işlev ve rollerinde büyük bir değişiklik olmamıştır; ancak bu dönüşüm onun niteliklerinde önemli değişikliklere yol açmıştır. Emtia para sistemlerinden metal ya da kâğıt para sistemlerine geçiş sürecinde paranın nitelikleri değişmiş ve bu değişimin en belirgin örneği kripto paralarda görülmüştür. Dolayısıyla, kripto para birimlerinin ortaya çıkışındaki özgürlükçü ve yenilikçi felsefesiyle, bu para birimlerinin niteliklerine de yansımıştır (Kaya, 2021: 19). Bu bağlamda hem kripto para birimleri hem de bu para birimlerinin oluşturulmasında kullanılan teknolojiler arasında birkaç ortak özellik bulunmaktadır. Bu ortak özellikler aşağıda sıralanmıştır (Güven ve Şahin, 2022: 31):

- ❖ Merkezi bir otoriteye tabi değiller,
- ❖ Arkalarında ne bir devlet ne de bir Merkez Bankası vardır,
- ❖ Dağıtık bir yapıları vardır ve
- ❖ Arz edilen ya da edilecek miktar bellidir.

Yukarıda belirtilen kripto paraların bazı özellikleri, özellikle altınla olan benzerlikleri açısından dikkat çekmektedir. Kripto varlıkların para olup olmadığını tartışan bazı görüşler, bu benzerliği öne sürmektedirler. İlk olarak, birçok kripto para birimi, altın gibi sınırlı bir dolaşım arzına sahiptir. Tıpkı altın gibi kripto para birimlerinin değeri de kullanıcıların yatırım tercihleri ve arz-talep dengesine bağlı olarak önemli ölçüde dalgalanmaktadır. Benzer şekilde, kripto para birimleri, altın gibi kolaylıkla ölçülebilir ve bölünebilir niteliktedir. Ancak kripto para birimlerinin altından farkı, fiziksel varlıklarının veya kendine has bir değerinin olmamasıdır. Bu varlıklar, altının aksine uluslararası transferlerde banknot gibi bürokrasiye tabi olmadan kolaylıkla taşınabilmektedir. Ayrıca, bu varlıklar yasal düzenlemelerin uygulanması ve istihbarat operasyonlarına karşı belirli bir dayanıklılık göstermektedir (Üzer, 2017: 12).

Kripto para birimleri, merkezi olmayan ve merkezi bir blockchain sistemiyle ilişkilendirilen iki ana kategoriye ayrılabilir. Merkezi olmayan sistemlerle ilgili olarak her bilgisayarın kendi işlemlerini yürüttüğü ve bir otoritenin olmadığı bir yapıyı ifade etmektedir. Bu sistemin temel özelliklerinden biri, işlemlerin anonim olması ve herkesin bu işlemleri denetleyebilmesi, ancak kimse tarafından denetlenmemesidir.

Merkezi sistemlerde ise genellikle para birimini yöneten ve para biriminin başarısını garanti eden bir grup insan bulunmaktadır. Müşteri, kimlik doğrulama kurallarına göre hareket etmekte ve para biriminin kötüye kullanılmasını önlemeye çalışmaktadır. Çünkü para birimi kontrol edilebilir ve bu amaç doğrultusunda vergilendirilebilir (Milutinović, 2018: 112). Her tür yenilikte olduğu gibi kripto para birimlerine karşı direnç gösteren ya da destekleyen farklı yaklaşımlar veya görüşler bulunmaktadır. Bu para birimlerin uzun süreli kabul görmüş ve kendi itibarını oluşturmuş olan geleneksel finansal sisteme karşı sahip olduğu bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır ve bunların açıklanması önem arz etmektedir (Kaya, 2021: 31).

Drozd ve arkadaşları tarafından kripto para birimlerinin avantajlarını aşağıdaki gibi sıralamışlardır (Drozd vd, 2017: 222):

- ❖ Özellikle mikro transferler ve mikro sigorta için geçerli olan düşük bir transfer maliyetinin olması,
- ❖ Farklı kullanıcılar ve ülkeler arasındaki görece para akışı oranı,
- ❖ Eş zamanlı güvenlik sistemi ile kullanıcı için basit ve esnek bir yapıya sahip olması,
- ❖ İşlemlerin kamuya açık olarak kaydedilmesi ve hesapların takma isimle gösterilmesi sayesinde hem sistemin şeffaflığını hem de gizliliğini sağlaması,
- ❖ Fonlara el koymanın imkânsız olması,
- ❖ Sermaye hareketlerinin bankacılık sisteminin işleyişinden bağımsız olması ve
- ❖ Daha az bürokratik bir engelin olması şeklindedir.

Bu avantajlarının yanı sıra Bunjaku ve arkadaşları, kripto para birimlerinin avantaj ve dezavantajlarını detaylı bir şekilde incelemişler ve bulgularını, avantajlarını aşağıda belirtilen maddelerle de detaylandırarak sunmuşlardır (Bunjaku vd., 2017: 37-38);

- ❖ Madencilik, kripto para birimlerine (BTC) açık kaynak kod sunmaktadır. Benzer algoritmalar, çevrimiçi bankacılıkla kullanılıyor olmasına rağmen aralarında belirgin bir fark bulunmaktadır. İnternet bankacılığında kullanıcı bilgileri açıklanırken, BTC ağı işlemlere dair tüm verileri paylaşılsa bile, alıcılar veya madeni paraların göndericileri hakkında herhangi bir bilgi içermemektedir.
- ❖ Enflasyon riski veya enflasyonun ortaya çıkma olasılığı bulunmamaktadır. Zira daha önceden belirlenen toplam arz miktarı sebebiyle siyasi otoriteler veya sistem değişikliği yapabilecek şirketler bulunmamaktadır.

- ❖ Kripto para birimleri, bir eşler arası şifreleme para birimi ağına dayanmaktadır. Bu tür ağlarda merkezi bir ana sunucusu bulunmamaktadır. Bilgi alışverişi iki-üç veya daha fazla yazılım müşterisi arasında yapılmaktadır.
- ❖ Kripto para sistemleri, herhangi bir cüzdan sahibine, her yerden ve her miktar için ödeme yapabilme seçeneğini sunmakta ve sınırsız işlem yapma imkânı sağlamaktadır. Bu, cüzdan sahibi olan kullanıcıların, buldukları her yerden transfer yapabilme olanağını içermektedir. Ayrıca, bu sistemde herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. Ancak yapılan ödemelerin geri alınamaması gibi bir durum söz konusu olup ve bu sistemde sahtecilik, kopyalama veya çift harcama gibi riskler mevcut değildir.
- ❖ İşlem maliyetleri oldukça düşük bir seviyededir. Çünkü bankalara veya diğer kurum/kuruluşlara komisyon veya ücret ödeme gerekliliği bulunmamaktadır.
- ❖ Ağın bir bölümü çevrimdışı olsa bile, ödeme sistemi kesintisiz olarak işlemeye devam etmektedir. Kullanımı oldukça basittir ve işlem hızı oldukça yüksektir. Örneğin; bir BTC cüzdanı oluşturmak yaklaşık 5 dakikalık kısa bir süre almaktadır.
- ❖ Anonim bir nitelik taşımaktadırlar. Başvuru olmaksızın veya referansa gerek duymadan sonsuz sayıda kripto para adresi oluşturulabilir.
- ❖ Şeffaflık, en temel özelliklerden birini oluşturur. Blockchain teknolojisi sayesinde yapılan işlemlerin geçmişi kaydedilebilmektedir ve her türden bilgi depolanabilmektedir. Bu, hesabın sadece sahibine ait olduğu benzersiz bir elektronik ödeme sistemine sahip olmaları anlamına gelmektedir. Kişisel verileri kullanma olanağı olmadığı için dolandırılma riski neredeyse imkansızdır. Ayrıca, şeffaf ve karlı bir kaynağa yatırım yapma fırsatı sunmaktadır.

Tüm bu avantajların literatürde ele alınmasına rağmen kripto para talep edenler dezavantajlarının da fazla olabileceği konusunda endişe taşımaktadır. Bondarenko ve diğerleri (2009: 12)'de kripto paranın dezavantajlarını birkaç madde ile açıklamışlardır. Buradan çıkan sonuç doğrultusunda kripto paranın dezavantajları aşağıda verilmiştir:

- ❖ İnternet ağına yönelik para birimi hareketlerinin izlenmesi ve denetlenmesinin mümkün olmayacak kadar zor olması,
- ❖ Yapılan bir ödeme işleminin geri alınamayacak veya iptal edilemeyecek şekilde olması,

- ❖ Depolama ve para transfer işlemleriyle ilgili hala bazı belirsizliklerin mevcut olması,
- ❖ Kripto para borsalarında hesapların çalınması ve güvenlik sorunları gibi konuların sürekli gündemde olmasının kripto para kullanıcılarını endişelendirmesi ve bu durumun sanal paraların daha fazla yaygınlaşmasını engellemesi,
- ❖ Bu sanal para birimlerinin, geleneksel para birimleriyle değişiminin de bazı zorluklara yol açması ve
- ❖ Yüksek dalgalanma seviyeleri, kripto paraların hükümet beyanlarına duyarlı bir şekilde kısa süre içinde sürekli olarak yukarı ve aşağı hareket etmelerine neden olmaktadır. Kripto paraların en önemli sakıncası ve onları geleneksel para birimleri olarak kullanmanın önündeki en büyük engel, bu özelliğin etkilerinden kaynaklanmaktadır.

Aynı zamanda kripto paraların bir dezavantajının geleneksel finans sistemine dair olduğunu ifade etmek mümkündür. Geleneksel yapının getirdiği olumsuz etkiler iki farklı perspektifle ele alınabilir. İlk olarak, geleneksel sistemde somut para kavramının soyut hale gelmesi ve insanların buna henüz tam anlamıyla alışmamış olmalarıdır. Bu alışkanlık, toplumsal kültürle sıkı bir ilişki içindedir. Örneğin; "*yastık altı*" tasarruf alışkanlıklarına sahip olan bireylerin kripto paraları kabul etmeleri muhtemelen zor olacaktır. Geleneksel sistemin kripto paralara ikinci olumsuz etkisi, bu sistemin getirdiği imkanlardan yararlanarak sermaye ve güce sahip bireylerin, kurumların veya ülkelerin bu gücü paylaşmak veya bırakmak istememeleridir.

Özellikle güçlü para birimlerine sahip ülkelerin Merkez Bankaları, en azından şimdilik, kripto paralara temkinli bir yaklaşım sergilemekte ve bu düşüncüyü desteklemektedir (Kaya, 2021: 33). Bütün bu olumsuzluklara rağmen bilim dünyasında kripto para birimlerinin geleceğinin oldukça parlak olduğu ve sunduğu avantajların dezavantajları aşacağı yaygın bir görüş olarak öne çıkmaktadır. Komisyoncuların veya aracılardan ortadan kalkması ve işlem maliyetlerinin azalması, özellikle uzak mesafeler arasındaki ticaret engellerinin kaldırılmasıyla ülke ekonomilerinde olumlu gelişmelerin yaşanması beklentisi de bu bağlamda önemli bir rol oynamaktadır (Bunjaku vd., 2017: 38).

2.3.2.4. Kripto Para Madenciliği, İşleyiş Mekanizması ve Cüzdan Türleri

Blockchain sistemine dayalı olarak kripto para üretme işlemine "*madencilik*" veya "*mining*" adı verilmektedir. Madencilik sürecinde işlemler bilgisayarlar aracılığıyla,

bilgisayarların hesaplama gücüne dayalı matematiksel algoritmaları çözerek gerçekleştirilmektedir. Bu işlemleri yürüten kişilere veya bilgisayarlara "*madenciler*" denilmektedir. Kripto para madencileri olarak adlandırılan bu kişiler veya bilgisayarlar, alışverişler sırasında bilgileri doğrulamakta ve güncel bilgilerin defterini tutarak güvenilir işlemlere yardımcı olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, kripto paraların hesap defterlerinde herhangi bir hata olmadığından emin olmakla ilgilenmektedirler. Bu, işlem yapıldıktan sonra insanların bu işlemlere itiraz etme hakkına sahip olmadığı anlamını taşımaktadır. Çünkü; bu defterlerin tüm bilgisayarlarda aynı anda ve aynı şekilde bulunması gerekmektedir (Adabay, 2018: 39). Bu bağlamda madencilik, kripto para birimi işlemleri için doğrulama prosedürü olarak da ifade edilebilir. Bu prosedürü ayrıntılı olarak açıklamak gerekirse ağdaki katılımcılar yaklaşık her 10 dakikada bir "*blok*" olarak adlandırılan ve giderek karmaşıklaşan matematiksel problemleri çözmeye çalışmaktadır. Her bloğun işlemi bir öncekiyle karmaşık bir şekilde bağlantılıdır. Sonuç olarak; tek bir veri parçasındaki herhangi bir değişiklik ile çok sayıda başka veri noktasının değiştirilmesi gerekmektedir. Bu sürecin doğasında var olan karmaşıklık, herhangi bir değiştirme girişimini neredeyse olanaksız hale getirmektedir. Dolayısıyla, böylesine zorlu bir sistemde madenciler, bir yandan yeni bir blokla uğraşırken; bir yandan da verileri doğrulama, yükseltme ve güçlendirme sorumluluğunu üstlenmektedirler. Bu görevleri yerine getiren madenciler ödül almaktadırlar. Bu da bir madencinin bir bloğu doğru bir şekilde deşifre ettiğinde işlem ücretleri ve küçük bir miktar ile ödüllendirilmektedirler. Örnek vermek gerekirse 21 milyon eşliğine ulaşana kadar, ürettikleri her yeni Bitcoin için küçük bir miktar Bitcoin ile ödüllendirilmektedirler. Bu teşvikler yeni kripto paraların piyasaya girmesini kolay hale getirmektedir (Demartino, 2018: 222).

Blockchain teknolojisi, kripto para birimlerinin dünyasında temel bir kavram olarak ön plana çıkmaktadır. Daha önce ifade edildiği gibi "*blok zinciri*" veya "*kayıt zinciri*" olarak da bilenen bu kavram, kripto para mekanizma işleyişinin temelini oluşturmaktadır. Blockchain teknolojisi, herhangi aracı bir kuruluşa gerek duymadan değer transferini kolaylaştıran bir yenilik olarak tanımlanmaktadır. Blockchain teknolojisi aracılığıyla para birimleri, kimlik bilgileri, özgeçmişler veya kişisel veriler gibi çeşitli veri türleri güvenli bir şekilde kayıt altına alınmaktadır. Bu noktada en önemli şey bu işlemlerin merkezi olmayan bir dijital defter içinde gerçekleşmesidir. Kripto para piyasalarında şifreli anahtarlar kullanılarak alım ve satım işlemleri gerçekleştirilmektedir

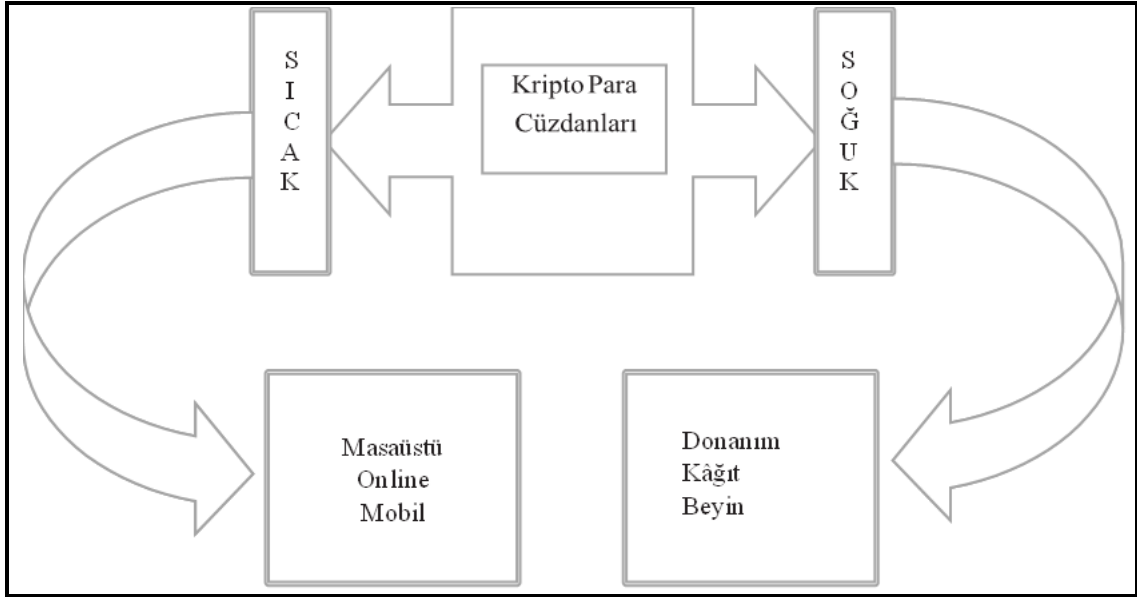
(Konuskan vd., 2019: 312). Kripto para birimleri fiziksel olarak bir varlık özelliği olmayan ve herhangi bir Merkez Bankası tarafından çıkarılmayan ve denetlenmeyen bir para birimidir. Dolayısıyla, kripto para birimlerinin işleyiş biçimi, bankacılık sisteminden farklı bir yapıya sahiptir. Aracı mekanizmanın olmaması, kripto para birimlerinin işleyiş sistemi bakımından önemli bir farklılık olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu durum kripto para piyasasına olan güveni engelleyen bir faktör olarak da görülmektedir (Kesebir ve Günceler, 2019: 607). Bitcoin gibi kripto para birimleri şifreleme yöntemiyle korunan ve aktarılabilir dijital varlıklar olup; özel kişiler veya kurum ve kuruluşlar tarafından çıkarılıp piyasaya sürülmüştür (White, 2015: 383). Dolayısıyla, bu nitelikler aynı zamanda kripto para birimlerinin işleyiş mekanizmasını özgün hale getirmektedir. Bu bağlamda kripto para işleyiş mekanizmasında resmi bir para birimine gerek olmaksızın, tamamen dijital ortamda şifrelenmiş biçimde ortaya çıkarılan ve ihraç edilmesine olanak tanıyan bir elektronik para sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem daha önce de ifade edildiği gibi bir şifreleme birimi olan kriptografik yöntemlere ve işlemlerin doğrulanmasından sorumlu olan madenci (miner) olarak adlandırılan anonim katılımcılardan oluşan geniş bir ağa dayanmaktadır.

Kripto paraların işleyişi kullanıcıların bir sanal cüzdan (wallet) oluşturarak katılabildiği ve kripto paralarını saklayabildiği ve transfer edebilebildiği bir sistem aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu cüzdanlar her biri açık anahtar (public key) ve gizli anahtar olmak üzere iki anahtar ile işlenmektedir. Açık anahtar başkalarının kripto para göndermek için kullandığı ve herkesin görebildiği, rakam ve harflerden oluşan toplam 34 karaktere sahip bir numaradır. (Örn: 132SsrXy3FhZZWFHgU4JLBCV2hdA9VbeH5). Gizli anahtar ise kripto para transfer işlemlerini şifrelemek için kullanılmaktadır ve kesinlikle gizli tutulması gereken bir şifredir. Bir işlem sırasında gönderici açık anahtarı, alıcı açık anahtarı ve miktar bilgisi gönderici gizli anahtarı ile şifrelenmekte ve bu bilgi sisteme iletilmektedir. Bu bilgi, yalnızca gönderici gizli anahtarı ile üretilebilir ve güçlü şifreleme algoritmalarıyla korunduğundan gizli tutulmaktadır. Tüm işlem bilgileri, dağıtılmış bir defter olan blockchain adı verilen yapıda saklanmaktadır. Her bir blok, bir önceki bloğun özet bilgisi (hash) ve ilgili verileri içermektedir. Bu blokların bir kopyası ağdaki her katılımcıda bulunmakla beraber; veri bütünlüğünü sağlamak için her işlem kontrol edilmekte ve ayrıca işlem doğrulanmaktadır. Bu aşamalar madenciler tarafından yapılmaktadır. Madenciler, karmaşık matematik problemlerini çözerek yeni kripto para üretmektedir ve ağın çalışmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca blockchain ağına katılanlar,

kripto para madencileri olarak bilinen bu güçlü bilgisayarlar sayesinde karmaşık matematiksel denklemleri çözerek yeni kripto paraların üretimini mümkün hale getirmektedir. Bu sistem, eşten eşe (peer to peer) dağıtık bir ağ yapısına sahiptir. Böylece, herhangi bir katılımcı ihtiyaç duyulan yazılımı indirip, uygun donanımı temin ederek; kripto para sisteminin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmak amacıyla madencilik yapabilir. Kripto para elde etmenin tek yolu madencilik değildir. Kripto para satın almak veya satmak isteyen tüm katılımcılar, bu işlemleri gerçekleştiren bir kripto para borsasında veya platformunda hesap açabilir. Bu platformları işleten şirketler ise her işlem için bir komisyon talep etmektedir. Son olarak kripto para sistemleri kendi teknik terimler dizisine sahiptir.

Kripto paraları blockchain üzerinde transfer etmek isteyen kullanıcılar kendi dijital imzalarını kullanarak transferi gerçekleştirebilmektedir. Bu yüzden kullanıcıların kendilerine ait dijital imzalarının olması gerekmektedir. Dolayısıyla, kripto para sahiplerinin kripto paralarına erişmek ve kullanmak için dijital imzalarını oluştururken kullandıkları anahtarları yönetmeleri gerekmektedir. Anahtar yönetimi, bilişim güvenliği alanında ayrı bir öneme sahiptir. Çünkü anahtarların başkaları tarafından ele geçirilmesi ciddi riskler taşımaktadır. Kripto para dünyasında, anahtarların kötü niyetli kişiler tarafından ele geçirilmesi finansal kayıplara yol açabilir. Özellikle, kripto para özelinde bir kişi istediği kadar farklı anahtar yaratarak ve istediği kadar dijital kimlikle kripto para alışverişi yapabilir. Birden fazla dijital kimliğin, diğer bir ifadeyle anahtarların, etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayan kripto para cüzdanları olarak adlandırılan yazılımlar bulunmaktadır. Bu kripto para cüzdanları, kullanıcıların dijital anahtarlarını ve Dolayısıyla, kripto paralarını yönetmelerine olanak tanırken, basit arayüzler sunmaktadır. İnternet üzerinde birçok kripto para cüzdan yazılımına erişmek mümkündür. Kripto para cüzdanları, kripto paraları kolaylıkla yönetmeye olanak tanısalar bile; bu cüzdanların bulunduğu mobil cihazlar veya bilgisayarlar üzerinde potansiyel güvenlik riskleri taşıyabilir. Aynı zamanda, devamlı çevrimiçi olan bir kripto cüzdan yazılımının güvenliği, özellikle büyük meblağlarda kripto para içeren dijital kimliklerin çalınmasına sebep olabilecek bir zafiyete neden olabilir. Bu yüzden, sıcak ve soğuk cüzdan kavramları geliştirilmiştir (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018: 57). İnternet ağına bağlı olarak çalışan cüzdanlar "*sıcak cüzdanlar*" olarak ifade edilirken; internet ağına bağlı olmayanlar "*soğuk cüzdanlar*" olarak adlandırılmaktadır (Güven ve Şahinöz, 2022: 89). Söz konusu

bu cüzdan çeşitleri Şekil 26’da verilmiştir. Kripto para cüzdan çeşitleri şu şekilde açıklanmıştır (Güven ve Şahinöz (2022: 90):



Şekil 26. Kripto Para Cüzdanları

Kaynak : Turgut ve Uçan (2021: 113); Güven ve Şahinöz (2022: 90)

Sıcak Cüzdanlar

Masaüstü: Kurulumu bilgisayara yapılan bir cüzdan çeşididir. Eğer bilgisayara zararlı herhangi bir yazılım bulaşmaz veya kötü niyetli saldırılara maruz kalmazsa oldukça güvenilir bir cüzdan çeşididir. Çevrimiçi (online); genellikle bulut tabanlıdır. Bu tür cüzdanlar herhangi bir yerden erişimi kolaylaştırırken; kullanıcı özel anahtarını kendisi saklamak yerine, “güvenli” olduğunu iddia eden bir başka hizmet sağlayıcısında saklamaktadır.

Mobil: Mobil cihazda bulunan bir uygulamadır. Mobil alışverişlerde rahatlıkla kullanılabilir. Saklama alanının daha az yer kaplaması için blockchainin tamamı değil, sadece ufak bir kısmı indirilip saklanmaktadır.

Soğuk Cüzdanlar

Donanım: USB benzeri bir cihazdır ve bilgisayarın USB bağlantı noktasına takılmaktadır. Özel anahtar, bu cihazın entegre mikroçip içerisinde güvenli bir şekilde saklandığından dolayı son derece güvenlidir. Bağlandığı bilgisayarda virüs gibi zararlı yazılımlar olsa bile, cüzdan güvende kalmaktadır. Söz konusu bu cüzdanın kaybedilmesi veya hasar görmesi durumunda, başka bir donanım aracılığıyla cüzdanını kullanıcı kendi hesabına aktarma imkânı vardır. Bu işlem için cüzdanı ilk kurarken oluşturulan ve rastgele seçilen 24 kelimeyi kaydetmek ve güvenli bir şekilde saklamak gerekmektedir.

Kâğıt: Özel anahtarlarını tamamen kendi kontrolünde tutmak isteyen kullanıcıların tercih edebilecekleri yöntemler bulunmaktadır. Çevrimiçi platformlar üzerinden kendi özel anahtarlarını oluşturabilir ve bunları bir kâğıda yazabilirler. Bu platformlar, özel bilgileri hiçbir sunucuya aktarmaz veya saklamaz. Kullanıcılar, çevrimiçi işlemlere güvenmiyorsa, ilgili programın kodlarını indirip bilgisayarlarında çevrimdışı olarak çalıştırabilirler. Bu durumda, üretilen özel anahtarın yazıldığı kâğıdın güvenli bir şekilde saklanması önemlidir.

Beyin: Bu yöntem, bilinen en eski şifreleme yöntemlerinden biridir. Temelde, kullanıcılar bir şifre (kelime veya kelime dizisi) ezberleyerek cüzdanlarına erişmektedir. Ancak bu yöntem, güvenlik açısından en zayıf olarak kabul edilmektedir, zira insanların ezberlediği kelimeler veya kelime dizileri, sofistike programlar tarafından tahmin edilerek hacklenebilmektedir.

2.3.2.5. Finansal Piyasalar ve Kripto Paralar

Finansal piyasalar daha önce açıklandığından dolayı bu başlığın altında özet olarak açıklanmış ve kripto para birimleri ile arasındaki ilişki açıklanmıştır. Finansal piyasalar, modern ekonomilerin temel taşlarından biridir ve ekonomik büyüme, ticaret, yatırım ve tasarrufların yönetilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Finansal piyasalar genellikle iki ana bileşen olan finansal sistemler ve finansal kuruluşlar aracılığıyla çalışmaktadır. Finansal sistem; finansal sermayenin tasarruftan yatırıma yönlendirilmesini hızlandırmak amacıyla etkileşimde bulunan finansal araçlar, piyasalar, politika yapıcılar ve düzenlemeler gibi karmaşık bir yapıyı ifade etmektedir. Bu bağlamda daha önce bahsedildiği gibi politika yapıcıların görevi yasaları oluşturmak ve hem mali hem de para politikasını belirlemektir. Bu noktada, finansal sistemin önemli bileşenlerine, diğer bir ifadeyle para sistemi, finansal kurumlar ve finansal piyasalarına odaklanılmaktadır. Verimli ve etkin bir finansal sistemde, bireysel yatırımcılar ve finansal kurumlar tasarruflarını etkili bir şekilde biriktirmekte ve bu birikimi daha sonra ödünç vererek veya yatırım yaparak değerlendirmektedir. Finansal kurum ve kuruluşlar hem finansal aracılık faaliyetleri aracılığıyla hem de bireylerin doğrudan yatırımlarını kolaylaştırarak, tasarruf ve yatırım süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Finansal piyasalar ise finansal varlıkların veya alacakların pazarlanmasını ve transferini sağlarlar, bu da belirli menkul kıymet şirketleriyle birlikte gerçekleşmektedir. Kripto paralar, ortaya çıkışları ve hızla artan kabul görmeleri nedeniyle finans piyasalarında önemli bir varlık haline gelmiş ve bu yapılarla etkileşimde bulunmaya başlamıştır. Özellikle, son on yılda,

kripto para kavramı ekonomik ve sosyal yaşamda giderek artan bir öneme sahip olmuş ve bu varlıklar, yatırım, ödeme ve/veya değer biriktirme amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır (Savran, 2023: 50).

Finansal sistemler ile kripto para arasındaki ilişki, geleneksel finans dünyası ile dijital finans dünyası arasında bir geçiş ve dönüşüm noktasını göstermektedir. Geleneksel finans sistemleri, merkezi bankalar ve finans kurumları gibi araçlar aracılığıyla çalışırken; kripto paralar merkezi bir otorite olmadan işlem görmektedir. Bu durum, finansal hizmetlerde araçların ortadan kalkabileceği ve daha geniş bir kesimin finansal hizmetlere erişimini kolaylaştırabileceği anlamına gelmektedir. Kripto paraların temelini oluşturan blockchain teknolojisi, işlemleri kaydetmek, güvence sağlamak ve şeffaflık oluşturmak için kullanılmaktadır. Geleneksel finans sistemlerinde bu kadar güçlü bir teknolojik alt yapı bulunmamaktadır. Kripto paralar, genellikle daha hızlı ve daha ucuz işlemlere olanak tanımaktadır. Bu da özellikle uluslararası para transferlerinde büyük bir avantaj sunmaktadır. Geleneksel finansal sistemlerde bu tür işlemler daha pahalı ve zaman alıcı olabilir. Ayrıca, kripto paralar yatırımcılara alternatif varlık sınıfları sunmaktadır. Bu da portföy çeşitlendirmesi açısından farklılık yaratmaktadır. Ancak yüksek oynaklık nedeniyle bu varlıklar riskli olabilir. Kripto paraların yasal durumu ve düzenlemesi ülkeden ülkeye büyük farklılık göstermektedir. Bu durum hükümetlerin ve düzenleyici kurumların bu yeni varlıkları nasıl ele alacaklarına dair bir belirsizlik kaynağını oluşturmaktadır. Devletlerin kabulü, kripto paraların geleceği açısından önem arz etmektedir ve halen birçok kişi ve kurum bu konuda farklı düşünce yapılarına sahiptir. Sonuç olarak; kripto paralar ve geleneksel finansal sistemler arasındaki ilişki, finansal hizmetlerin geleceğini etkileyen önemli bir faktördür. Bu alan hem fırsatlar hem de riskler sunmakta ve önümüzdeki yıllarda daha fazla düzenleme, denetleme ve resmileşme beklenmektedir.

Kripto para birimleri, özellikle yatırım portföyleri oluşturma alanında finansal piyasalar üzerinde kayda değer bir etkiye sahiptir. Kripto paralar popülerlik kazandıkça, alternatif arayan yatırımcılar için yaygın olarak benimsenen bir seçenek haline gelmiştir. Ulusal ekonomilerdeki dalgalanmalara duyarlı olan geleneksel finansal araçların etkisi, kripto para birimlerine doğru bir eğilimi teşvik etmiştir. Sonuç olarak; kripto para birimlerini yatırım portföylerine entegre etmek, çeşitlendirme açısından giderek daha önemli hale gelmiştir. Bununla birlikte, kripto para piyasasının hızlı değer değişimlerine eğilimi göz önüne alındığında; yatırımcıların önemli fiyat dalgalanmaları ve ilgili riskler

konusunda dikkatli olması gerekmektedir. Ayrıca, yatırım stratejilerini yönlendirmek için farklı kripto para birimleri arasındaki fiyat dinamiklerini incelemekle birlikte hareket edenleri veya ters davranış sergileyenleri belirlemek gerekmekte ve buna göre yatırım stratejisi ve portföy optimizasyonunun belirlenmesi gerekmektedir.

2.3.2.6. Kripto Para Borsaları

Kripto para edinmek istendiği zaman bunun iki farklı yöntemi bulunmaktadır. Birincisi, madencilik faaliyetleri aracılığıyla kripto para elde etmek, ikincisi ise kripto para borsalarında işlem yapmaktır. Türkiye ve dünya genelinde birçok yasal kripto para borsası bulunmaktadır. Söz konusu bu borsalar, yatırımcılara BTC, ETH vb. kripto paraları satın alma ve satma, en güncel kripto para haberlerini takip etme ve fiyat geçmişlerini gösteren grafikleri inceleme fırsatı sunmaktadır (Sak, 2022: 18). Bu bağlamda günümüzde merkezi kripto para borsaları ve merkezi olmayan kripto para borsaları olmak üzere iki türlü kripto para borsası bulunmaktadır. Merkezi kripto para borsaları, katılımcıların gönderdiği kripto paraları kendi cüzdanlarında veya sistemlerinde sakladıkları için merkezi olarak tanımlanmaktadır. Bu tür borsalarda gönderilen paralar kullanıcıların mülkiyetlerinde yani cüzdanlarında olmayıp; merkezi borsalar, gönderilen kripto paraları kendi hesaplarında güvenli olarak bünyelerinde tutmaktadır ve çeşitli güvenlik önlemleri almaktadır. Bu nedenle, katılımcı hesaplarındaki varlıkların güvenliği tamamen borsanın sorumluluğundadır. Bununla birlikte, merkezi borsaların güvenlik endişeleri ve kullanıcılar tarafından tercih edilmeme riski de bulunmaktadır. Ayrıca, devletlerin talebi üzerine kullanıcı hesaplarını askıya alma yetkileri de bulunmaktadır. Merkezi olmayan kripto para borsaları ise katılımcıların kripto para varlıklarını saklamadan işlem yapma olanağı sağlamaktadır. Katılımcılar paralarının tam kontrolüne sahip olup ve güvenliklerini özenle sağlamaktadır. Bu tür borsalar merkezi bir otoriteye sahip olmadıklarından dolayı katılımcı hesaplarının askıya alınma riski taşımamaktadır. Bu sebeple katılımcılar genellikle bu tür borsaları tercih etmektedir (Çiydem ve Selçuk, 2019: 17).

Türkiye’de kripto para birimlerinin alım satımı yasal olduğu için bu tür işlemleri gerçekleştiren platformlar mevcuttur. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) merkezli olarak faaliyet gösteren BTCTurk, Türkiye’de Bitcoin alım satımı yapabilen ve Bitcoin borsası işlevini gören ilk platformdur. Bu platformun KKTC’de kurulmasının başlıca nedenlerinden biri, Türkiye’de Bitcoin’e yönelik net bir düzenlemenin bulunmamasıdır. BTCTurk borsasının platformunun aracılığıyla Türk Lirası (TL) karşılığında Bitcoin veya

diğer kripto para birimlerine ilişkin alım-satım işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu işlemleri yapabilmek için kullanıcıların platforma kayıt olmaları gerekmektedir. Bitcoin veya diğer kripto para birimlerini satın almak isteyen kullanıcılar, hesaplarına banka havalesi veya Elektronik Fon Transferi (EFT) ile Türk Lirası yatırmaları gerekmektedir. Yatırılan para hesaplarına geçtikten sonra, kullanıcıların istedikleri fiyattan veya piyasa fiyatından kripto para (BTC, ETH, XRP vb.) satın alma emri vermeleri mümkündür. Bu adımdan sonra kullanıcıların hesapları satın almış olduğu bir BTC'nin veya farklı kripto para birimi cinsinden alacaklandırılmaktadır. Bitcoin ve kripto para biriminin satışını yapmak isteyen kullanıcılar ise özel olarak sağlanan bir adrese Bitcoin veya satın almış olduğu bir kripto para biriminin transferini gerçekleştirirler. Satış emri verildikten sonra kullanıcıların hesapları TL cinsinden alacaklandırılmaktadır (Üzer, 2017: 115).

Günümüz dünyasında kripto para alım ve satım platformları sayısı hızlı bir şekilde artmaya devam etmektedir. Günümüzde Türkiye'de 40 (kırk)'tan fazla kripto para alım ve satım platformu bulunmaktadır. Ancak bu tür platformlar resmi ya da idari kurumlar tarafından henüz herhangi bir izin veya lisans almış değildir (Öztürk, 2021: 3). Yukarıda ifade edilen BTCTurk gibi Türkiye'nin ilk kripto para borsasının yanı sıra Paribu, Bitexen, Kraken, Koinim.com, Koinnaks, Coinbase, Cex. İo Bitci, Icrypex gibi önde gelen kripto para borsaları da Türkiye'de faaliyetlerini sürdürmektedir. Bu platformlarda da kripto para alım ve satım işlemleri benzer süreçlerden oluşmaktadır. Aynı zamanda dünya genelinde birçok ülkede kripto para borsaları faaliyetlerini gerçekleştirmektedir. Bunlar arasında öne çıkanlar Bitstamp, Binance, KuCoin, Coinbase, Bitfinex, Bittrex, Kraken, Cex.io, ShapeShift, Poloniex gibi kripto para borsalarıdır (Özden, 2019: 30; Sak, 2022: 19). Son olarak; kripto para borsaları, buldukları ülkenin yasal düzenlemelerine tabi olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Ancak şu an için tüm dünya genelinde hizmet sunabilen tek bir borsa bulunmamaktadır. Farklı ülkelerde farklı borsalar hizmet vermektedir ve bu hizmet karşılığında farklı ücretler talep edilmektedir. Ayrıca birçok borsa, lehdarları ve keşidecileri bir araya getirmektedir.

2.3.2.7. Kripto Paralar ve Finans Alanındaki Gelişme ve Düzenlemeler

Finansal sistemlerin denetimi, gözetimi, kontrolü ve düzenlenmesi, uluslararası standartlara ve kurallara dayalı çeşitli metodolojilere dayanmaktadır. Ancak mikro finans kuruluşları ve diğer özel sektörler için henüz evrensel olarak kabul görmüş standartlar geliştirilmemiştir. Bu yüzden; bu sektörler için özelleştirilmiş düzenlemeler önem

kazanmaktadır. Bazı nedenlerden dolayı finansal sektörler için belirli düzenlemelere gereksinim duyulabilir. Finans sektörüne yönelik düzenlemelerin dört temel nedeni bulunmaktadır. Bunlar; (I) piyasa başarısızlığı, (II) serbest bankacılık sistemleri, (III) asimetrik bilgi, (IV) sistematik risk ve bulaşmadır (Dünya Bankası & IMF, 2005: 5; Rose, 1995: 8). Piyasa başarısızlığı genel olarak; özellikle kaynak tahsisi teorisine dayanan ve teorik olarak idealize edilmiş bir fiyat-piyasa kurumları sisteminin tercih edilen faaliyetleri gerçekleştirme veya istenmeyenleri engelleme konusundaki yetersizliğini ifade etmektedir. Bir faaliyetin olumlu veya olumsuz olduğunun belirlenmesi, açık veya gizli refah sorunlarının ele alınmasındaki etkinliklerine dayanmaktadır (Bator, 1958: 351). Piyasa aksaklıklarını ve başarısızlıklarını gidermek amacıyla para ve sermaye piyasalarını düzenlemeye yönelik ilk gerekçe, parasal kontrol için algılanan gereklilik ile ilgilidir. Buna karşılık olarak bazı devletler, ekonomik kalkınma modelini bozma riskine rağmen banka kredilerinin yönünü ve hacmini doğrudan denetlemeye çalışmışlardır. Geleneksel olmadığı düşünülen bu önlemlerin, küresel bankacılık sektörünün gelişimi bağlamında etkisiz olduğu kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, aralarında Fransa, Almanya, Japonya ve ABD'nin de bulunduğu bazı merkez bankaları, ticari bankalara faizsiz asgari rezerv zorunluluğu getirerek para politikalarını güçlendirmeye çalışmışlardır. Bu zorunluluklar, ticari bankaların belirli bir sermaye getiri oranını korumak için kazanmak zorunda oldukları kredi faiz marjını yükseltmektedir. Genel olarak; ayrımcı bir vergiye benzer şekilde bu durum yerel bankalar üzerinde bir yük oluşturmaktadır. Sonuç olarak; kredilendirme faaliyetleri alternatif piyasalara, özellikle de Euro para piyasalarına kaymıştır. Döviz kontrollerinin gevşetilmesinin ardından uluslararası piyasalardaki yoğun rekabet, anlaşılır bir şekilde bu ülkelerdeki merkez bankalarını bankalar için zorunlu karşılıkları azaltmaya sevk etmiştir.

Blockchain teknolojisi ortaya çıkmadan önce, finansal hizmet sağlayıcıları ile son kullanıcılar arasındaki eşit olmayan güç dinamiği, para biriminin kendi kendini düzenlemesini neredeyse imkânsız hale getirmiştir. Bireysel düzeydeki transferlerin doğrulanması için erişilebilir bir çerçevenin bulunmaması, merkezi düzenlemeyi en pragmatik yaklaşım haline getirdiğinden aracı kurumlar bir zorunluluk olmuştur. Ancak bu geleneksel sistem, dijital servet transferlerinin doğasında var olan verimsizlikler nedeniyle bir tür piyasa başarısızlığına açıktır. Bu verimsizlikler, transfer edilen varlıkların maddi olmayan doğasından kaynaklanan anlaşmazlıkları çözmek için tek başvuru yolu olan iç anlaşmazlık çözüm mekanizmaları ve yargı sistemi ile daha da

artmaktadır. Geleneksel araçlara dayalı sistem dezavantajlar taşımaktadır; araçlar yalnızca sorumluluk üstlenmek zorunda kalmamakta, aynı zamanda anlaşmazlıkları tahkim edebilmekte ve bu da doğal işlem verimsizliklerini beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak; aracıya bağımlı bu sistem tacirler için üç farklı dezavantajı beraberinde getirmektedir. Bunlar; verimsizlik, değişmezlik eksikliği, aracı müdahalesine yatkınlıktır. Bu faktörler, kripto para birimlerinin ele almayı amaçladığı piyasa başarısızlığının kritik boyutlarını temsil etmektedir (Elliott, 2018: 59-60).

Öte yandan, serbest bankacılık sistemi finans sektörünün düzenlenmesi için başka bir gerekçe sunmaktadır. Bu gerekçe bankaların birincil rezervlerini 19. yüzyılı anımsatan altın veya özel olarak belirlenmiş, nispeten katı bir devlet tahvili arzı gibi tercih ettikleri bir ortamda tutacakları bir tür serbest bankacılık sisteminin potansiyel davranışı etrafında dönmektedir. Bu kapsamda serbest bankalar aynı zamanda kendi banknotlarını çıkaracak ve genel ceza hukukundan ve bankacılık sözleşmelerini düzenleyen yönetmeliklerden farklı olarak düzenleyici gözetim altında faaliyet göstereceklerdir. Serbest bankacılığı savunanlara göre böyle bir sistemde bankalar para piyasasının likiditesini korumak için iş birliği yaparak aşırı para yaratımını gereksiz hale getirecek, bu da bugünkü haliyle bir merkez bankasının neredeyse gereksiz hale gelmesine neden olacaktır. Finansal düzenlemelerin arkasındaki bir diğer yaygın gerekçe de şirketler, yatırımcılar, finansal kurumlar ve müşterileri arasındaki bilgi dengesizliklerinin varlığı ile ilgilidir. Asimetrik bilgi, özellikle kapsamlı ve kesin verilerden yoksun bireysel perakende müşteriler için önemli zorluklar yaratabilir. Bununla birlikte, bu sorunun ele alınması, genel olarak finansal ürünlerle bağlantılı risklerin şeffaf bir şekilde açıklanmasını teşvik ederek kolaylaştırılabilir. Bu şekilde, sıkı düzenleyici tedbirler alınması zorunluluğu azaltılabilir.

Bu kapsamda örnek olarak; dijital işlemler, anlaşmazlıklar açısından varlık gönderimi devredenlere bir dizi zorluk sunmaktadır. Asimetrik bilgi, devralan kişi işlem doğrulaması için tamamen aracıya güvendiğinde sorunlu hale gelmektedir. Aracının işlemi kontrol ettiği bu sistemlerde, güvenilir bir üçüncü tarafa bağımlı olmadan mülkiyet ve devir güvenliğinin sağlanması mümkün değildir. Devlet, bu araçların adil bir şekilde hareket etmesini sağlama rolünü üstlenmekte ve böylece finans piyasasını etkileyebilecek bir güven çöküşünü engellemektedir. Blockchain tabanlı ödemeler alanında (kripto para işlemleri gibi), dağıtık defterler üzerinde tam kontrol sahibi olan araçlar, anlaşmazlık durumunda mülkiyeti belirlemekle de görevlidir. Bu bağlamda anlaşmazlıklar karşılıklı anlaşma yoluyla çözülemediğinde mülkiyeti belirlemek için özel yasal belgeler ve yasal

çerçeve, bir yedek olarak hizmet etmektedir. Bununla birlikte gösterildiği gibi bu mekanizmalar uyumsuzluk çözümündeki verimsizlikleri ortadan kaldırmada tamamen etkili değildir (Elliott, 2018: 60-61).

Bununla beraber, blockchain teknolojileri ve bu teknolojinin gelişmesiyle birlikte ortaya çıkan kripto para birimleri, piyasa yetersizliklerini, aksaklıklarını ve başarısızlıklarını hafifletme potansiyeline sahip çeşitli gelişmeleri teşvik etmiştir. Bu durumuna ilişkin kayda değer bir örnek; merkezi olmayan finansın (DeFi) ortaya çıkışıdır. Bu bağlamda kripto para birimleri, küresel para transferlerini ve ödemeleri mümkün kılan varlıklar olarak hizmet vermektedir. DeFi teknolojisi bu işlemleri daha da ileri götürmeye çalışmaktadır. DeFi, belirli bir yatırım aracından ziyade bir konsept olarak faaliyet göstermektedir. Aslında DeFi, akıllı sözleşmeler aracılığıyla geleneksel finansal faaliyetlerin merkezi olmayan bir şekilde yürütülmesini kolaylaştıran hizmetleri kapsamaktadır. Örneğin; ETH, blockchain akıllı sözleşmeler kullanılarak, konumlarından bağımsız olarak herhangi bir kişi, akıllı sözleşmelerin uygulanmasıyla mümkün hale getirilen bir dizi finansal hizmet ve işleme erişebilir. Sistemik risk ve bulaşıcılık da finansal düzenlemelerin uygulanması için bir başka gerekçe sunmaktadır. Finansal düzenlemeler, genellikle sistemik risk olarak adlandırılan, tek bir kurumun başarısızlığının veya iflasının tüm sistem üzerindeki olası yansımalarını ele almak üzere tasarlanmıştır. Bir bankanın çöküşünün diğer bankalarda ihtiyati tedbirleri tetikleyebileceği ve banka likiditesi, asgari sermaye oranları ve zorunlu mevduat sigortası ile ilgili düzenlemelerin oluşturulmasına yol açan bankacılık sistemi örnek olarak verilebilir. Bulaşma olasılığı bir dereceye kadar diğer bankaların ödeme gücü ve likiditesine ilişkin mevcut bilgilere bağlıdır. Düzenlemeyi savunanlar, mevduat sahiplerinin geri ödeme kuyruğuna düşmekten korkmaları halinde, mali açıdan sağlam bankaların bile mevduatlarını ani bir şekilde geri çekebileceğini ileri sürmektedir. Blockchain tabanlı transferler alanında, işlemler temelde üçüncü taraf bir aracıya ihtiyaç duymadan yalnızca iki tarafı içerir. Aracı kurumlar sistemik riskin temelini oluşturmadığı için bu mekanizma sistemik riski ve bulaşıcılığı azaltma potansiyeline sahiptir.

2.3.2.8 . Kripto Para Türleri

Kripto paralar ilk kez 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adını kullanan bir kişi veya kurumun yazdığı “*Bitcoin: A Peer to Peer Electronic Cash System*” başlıklı bir makale ile duyurulması ile ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla, ilk kripto para birimi olarak Bitcoin ortaya çıkmıştır. Bitcoin, sanal para birimleri konusunda öncü olmuş ve zamanla

birçok değişiklik ve düzenleme ile birçok Bitcoin alternatifi kripto para birimleri geliştirilip piyasaya sürülmüştür. Bitcoin dışındaki tüm bu kripto paralara "*Altcoin*⁴" denilmektedir. Çünkü hepsi Bitcoin'den esinlenerek ve ona bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde piyasada yüzlerce Altcoin bulunmaktadır. Her geçen gün yeni Altcoin'ler piyasaya sürülmektedir. Ancak Ethereum, Litecoin, Ripple, Binance Coin, Neo gibi bazı Altcoin türleri diğerlerine göre daha fazla ilgi görmüştür. Bununla birlikte, çoğu Altcoin, mevcut kripto para sistemleriyle aynı olduğu için kripto para topluluğu tarafından kabul görmemekte ve zamanla unutulmaktadır. Piyasada ayakta kalmayı başaran Altcoin'lerin değeri, Bitcoin'in piyasa değerindeki değişikliklere doğrudan bağlı olduğundan Bitcoin'deki herhangi bir değişiklikten etkilenmektedir (Aslantaş Ateş, 2016: 360). Bu bölümde kripto para birimlerinin çeşitlenmesinin sonucu olarak öne çıkan ana kripto para birimlerine değinilmiştir. Bununla birlikte, burada değinilen kripto para türlerinin yanı sıra kripto para piyasasında Mart 2023 itibariyle yaklaşık olarak 22 binden fazla farklı kripto para birimi olduğun da belirtilmesi gerekmektedir ve bu kripto paraların toplam piyasa değeri 1 trilyon dolardan fazladır (CoinMarketCap, 2023).

Bitcoin (BTC)

Bitcoin'in temel fikri ilk olarak 1985'te kriptoloji uzmanı David Çuham'ın anonim dijital para kavramını ortaya atmasıyla gelişmeye başlamıştır. Ardından 1992 yılında "*cypherpunk*⁵" adlı bir e-posta grubundan Wei Dai, merkezi bir otoritenin olmadığı şifreli para teorisini ilk kez dile getirmiştir. Cypherpunk grubu yaklaşık 700 üyeden oluşmakta ve içinde Adam Back, Nick Szabo Phil Zimmerman, Hal Finney gibi kripto paralar açısından önemli isimler de yer almaktadır. Bu grup anonim ve şifrelenmiş dijital para konularını tartışmaya başlamıştır. Hatta bazı üyeler kendi sistemlerini geliştirmeye çalışmalarıdır. Ancak bunlar uzun vadeli bir etki yaratamamıştır. Bu alandaki en büyük adım ise 2008 yılında atılmıştır (Abaday, 2018). 2008 yılında, küresel finansal kriz dünya genelinde birçok ülkenin istikrarını ciddi şekilde etkilemeye başlamıştır. Bu kriz, ABD'de ortaya çıkan ve "*Konut Kredisi Krizi (Mortgage)*" olarak bilinen olayla başlamıştır. Bu kriz, Amerika'nın dünya ekonomisindeki etkili pozisyonu nedeniyle, tüm dünya ekonomisini olumsuz bir biçimde etkilemiştir. Gelişmiş ekonomilerin büyüme hızları,

⁴ Altcoin; Bitcoin Alternatifi anlamına gelen bir terimdir ve Bitcoin dışındaki tüm kripto para birimlerini tanımlamak için kullanılmaktadır.

⁵ Cypherpunk kavramı; bireysel gizlilik ve güvenliğin muhafazası için kriptografik yöntemlerin benimsenmesini savunan bir topluluk tarafından kullanılmaktadır. Bu hareket, 1980'li yılların sonları ve 1990'lı yılların başlarında ivme kazanmış olup; bireylerin gizlilik haklarını ve ifade özgürlüğünü koruma temeline dayanmaktadır.

dünya ortalamalarının altında kalmıştır. Ancak Çin, Hindistan ve sonrasında Rusya gibi gelişmekte olan Asya ekonomileri, 2005 yılından itibaren dünya ekonomisinin büyüme liderleri haline gelmişlerdir. Dolayısıyla, bu durum, dünya ticaret hacminde önemli ölçüde daralmalara yol açmıştır. Bu ekonomik krizle birlikte talep daralması daha da artmıştır ve bu, 1929 Büyük Burhan'ın ardından dünyanın karşılaştığı en büyük ekonomik krizlerden biri olarak kabul edilmiştir. Bu dönemde para birimlerinin büyük değer kayıpları yaşaması ve bu kayıpların halka vergi artışları şeklinde yansıtılması, halkın merkez bankalarına ve hükümetlere olan güvenini büyük ölçüde etkilemiştir. Bu tür bir belirsizlik hüküm sürdüğünde BTC gibi merkezi olmayan dijital bir para biriminin ortaya çıkışı anlamlı bir gelişme olarak kabul edilmektedir (Uzgören, 2015).

İlk olarak 18 Ağustos 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adıyla Bitcoin.org alan adını kaydedilmiştir. 31 Ekim 2008'de ise "*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System (Bitcoin: Uçtan Uca Elektronik Ödeme Sistemi)*" başlıklı makale ile Bitcoin tüm dünyaya duyuruldu. 3 Ocak 2009 yılında Satoshi Nakamoto 50 Bitcoin ödüllü olarak Blockchain'in ilk bloğu olan genesis bloğunu oluşturmuştur. Bu blok, daha sonraki blokların blockchain ile bağlantısını kurmak amacıyla kullanılan "*Blok 0*" olarak da tanımlanmaktadır. Bitcoin'in ilk destekçilerinden ve katkıda bulunanlardan biri olan Hal Finney, yazılımın çıkışından hemen sonra Bitcoin yazılımını indirerek ve 12 Ocak 2009 tarihinde 10 Bitcoin ile gerçekleştirilen ilk alım işlemi gerçekleştirmiştir. 22 Mayıs 2010 tarihinde Laszlo Hanyecz, iki pizza satın almak için 10.000 Bitcoin ile ödeme yaparak Bitcoin ile dünyadaki ilk alışverişi gerçekleştirmiştir. Aynı ayın ilerleyen günlerinde Vancouver'daki bir kahve dükkanında kullanılmak üzere kurulan ilk Bitcoin ATM'si devreye girmiştir (Kahraman, 2023: 46). Bitcoin; güçlü şifreleme teknolojisi ve blockchain adı verilen bir veri teknolojisi kullanarak dağıtılmış ağlar üzerinde çevrimiçi olarak var olan ilk ve en popüler kripto para birimidir. Bu dijital para, açık kaynaklı (kodlu) ve yazılım tabanlı bir çevrimiçi ödeme sistemidir. 2009 yılında Genesis Bloğu'nun⁶ oluşturulmasıyla birlikte madencilik ve transfer işlemleri başlamıştır. Bitcoin'deki bu transfer ve ödeme işlemleri BTC veya XBT sembolleriyle işaretlenmekte ve her işlem blockchain sistemine kaydedilmektedir. Bu işlemler, merkezi bir depo veya tek bir yönetici olmadan, eşler arası bir ağ (P2P) üzerinde gerçekleştirilmektedir. Diğer

⁶ Başlangıç Bloku (Genesis Block); 3 Ocak 2009 tarihinde Satoshi Nakamoto tarafından geliştirilen BTC ağının ilk bloğunu ifade etmektedir. Bu kavram, BTC'nin başlangıcını simgelemekle birlikte sadece Bitcoin ağının ilk adımı olmanın ötesinde, diğer tüm kripto para birimlerinin başlangıç noktası olarak da kabul edilen bir kavram haline gelmiştir.

bir deyişle BTC’de doğrudan kişiden kişiye transferler yapılabilen ve aracı kurumlara ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu merkezi olmayan para birimi sisteminde, transfer işlemlerinde gönderen ve alıcının kimliklerini belirlemek güçtür. Dolayısıyla, gerekli güvenlik önlemleri alındığında hesap tamamen kullanıcının kontrolü altında bulunmaktadır (Hayes, 2017: 1309).

Bitcoin protokolü, yeni Bitcoin üretimi için öngörülebilir bir şekilde ve azalan oranda tasarlanmıştır. Ağ üzerindeki Bitcoin transferleri anında gerçekleştirilmektedir. Ancak işlemlerin genellikle onaylanması için yaklaşık 10 dakikalık bir gecikme yaşanmaktadır. Bu, katılımcıların işlemlerinin onaylandığını düşünmeden önce altı onay beklemelerine neden olmaktadır. Ancak her katılımcı bu bekleme süresini kendi tercihlerine göre ayarlayabilir. Bu, Bitcoin ağının güvenli ve ölçeklenebilir bir şekilde çalışmasını sağlamak ve katılımcıların işlemlerini daha iyi kontrol etmelerine olanak tanımaktadır (Lee, 2015). Bitcoin hakkında diğer önemli bir bilgi, bir Bitcoin'in en fazla yüz milyon alt birime bölünebilmesidir. Bu nedenle, kripto para piyasasındaki en küçük, temel ve bölünemez para birimi BTC’yi piyasaya süren Satoshi Nakamoto'ya ithafen "*Satoshi*" olarak adlandırılmıştır. Bu alt birimin değeri 0,00000001'dir (Gültekin, 2017). Bitcoin alt birimlere bölünebilen bir yapı sunarak daha küçük birimlere ayrılabilir. Aşağıdaki Tablo 6’da bu alt birimler gösterilmiştir.

Tablo 6. Bitcoin Birimleri

İsim	Kısaltma	Ondalık (BTC)
Megabitcoin	mBTC	1,000,000
Kilobitcoin	kBTC	1,000
Hectobitcoin	hBTC	100
Decabitcoin	daBTC	10
Bitcoin	BTC	1
Decibitcoin	dBTC	0.1
Centibitcoin	cBTC	0.01
Millibitcoin	mBTC	0.001
Microbitcoin	µBTC	0.000001
Finney	-	0.0000001
Satoshi	Sat	0.00000001
Millisatoshi	Msat	0.0000000001

Kaynak: Bashir (2017:198);Kahraman (2023: 47)

BTC’nin, yaygın bir hesap birimi olarak kabul görmesini zorlaştıran önemli bir faktör, birçok mal için Bitcoin fiyatlarının genellikle dört veya daha fazla ondalık basamakla ifade edilmesidir. Tüketiciler için bu karmaşık sayıların anlaşılması zor olabilir. Bir örnek vermek gerekirse bir kavanoz turşu 0.01694 BTC, bir kek 0.00529 BTC ve bir paket un 0.05255 BTC gibi fiyatlarla karşılaşmak tüketiciler için alışılmadık olabilir. BTC, bu sorunu çözmek ve daha kullanıcı dostu hale getirmek için 10^8 alt birim hassasiyetini temsil edecek şekilde tasarlanmıştır. Böylece, Bitcoin birimleri, 1/10

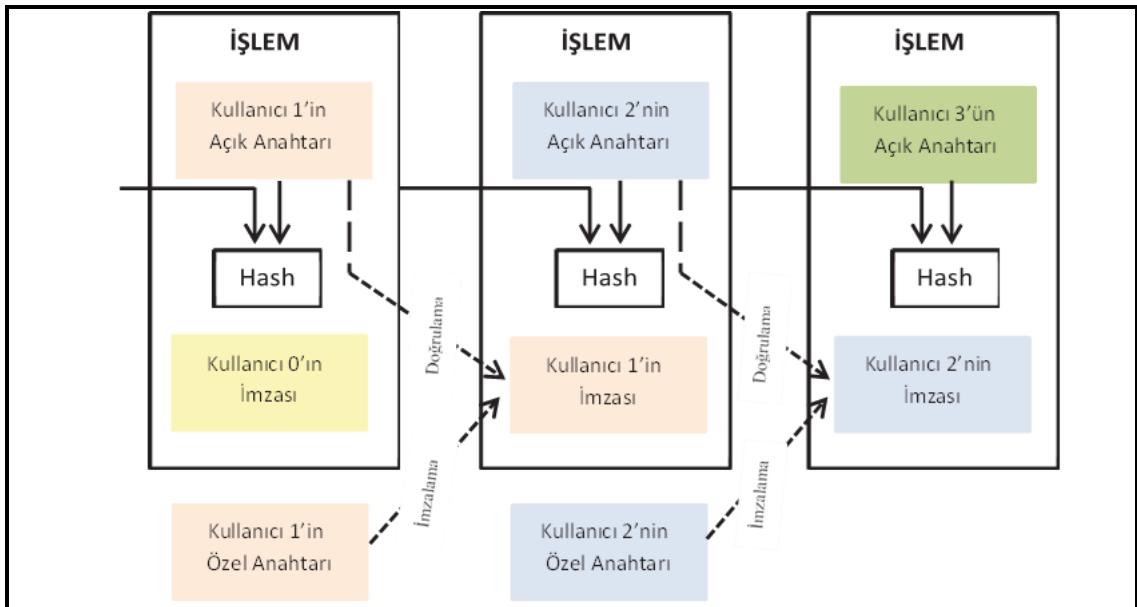
(desibitcoin, dBTC), 1/100 (centibitcoin, cBTC), 1/1000 (milibitcoin, mBTC) ve 1/1000000 (mikrobitcoin, μ BTC) olarak tanımlanmıştır (Kahraman, 2023: 48).

Bitcoin'in sahip olduğu bu özellikleriyle parayı sadece bir amaç olmaktan çıkarıp; bir araç haline getirmiştir. Bu çerçevede, BTC aşağıdaki maddeler şeklinde özetlenmiştir (İda, 2017: 9):

- ❖ Fiziksel bir karşılığa sahip olmayan sanal bir para birimidir.
- ❖ Merkezi bir otoriteye dayanmayan bir ağ etkileşimi üzerinden dijital para transferi yapmaktadır.
- ❖ İnternet bağlantısı olan her yerden transfer işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.
- ❖ Herhangi bir aracı veya komisyoncuya gerek duyulmamaktadır.
- ❖ Açık kaynak kodlu ve herkesin erişimine açıktır, ancak kişisel hesaplara müdahale edilmesi mümkün değildir.
- ❖ Dünya genelinde kullanılabilir ve yaygınlaşmaya devam etmektedir.
- ❖ Kullanım koşulları veya ön sözleşmeleri bulunmamaktadır.
- ❖ Tüm kripto paralarda olduğu gibi madenciler tarafından üretilir ve üretim miktarı 21 milyonla sınırlandırılmıştır.
- ❖ Üretim hızını dengelemek için zorluk seviyeleri düzenli olarak ayarlanmaktadır.
- ❖ Her kullanıcının dijital bir cüzdanı ve hesabı vardır.
- ❖ Transferler benzersiz imzalarla korunmaktadır ve madenciler tarafından doğrulanmaktadır. Böylece mükerrer ödemeler engellenmektedir.
- ❖ Ürün satın almak için ek bir ücret ödenmez, ayrıca Bitcoin farklı para birimlerine dönüştürülebilmektedir.

Bir diğer önemli husus Bitcoin'in işleyiş mekanizmasıdır (Şekil 27). Bitcoin transfer işlemleri, aracısız bir sistem olan eşler arası (P2P) ağ üzerinde gerçekleştirilmektedir. Transfer süreci, gönderen ve alıcı arasında dijital imza ile onaylanan ve ağdaki diğer tüm Bitcoin kullanıcıları tarafından saklanan transfer bilgisini içermektedir. Bitcoin ekosisteminde, kullanıcılar uzun ve karmaşık karakterlerden oluşan ifadelerle tanımlanmakta ve bu ifadeler Bitcoin cüzdanlarını ve hesap numaralarını temsil etmektedir. Bu sistem, merkezi bir otoriteye veya aracı kuruluşa gereksinim duymadan güvenli ve şeffaf transferlerin yapılmasını sağlamaktadır. Bitcoin hesabı oluşturulurken kullanıcılar Bitcoin cüzdan yazılımını kullanarak kimlik bilgilerini üretmektedir. Bu yazılım açık kaynaklıdır ve kullanıcıdan bir şifre seçmesini isteyerek yeni bir Bitcoin hesabı oluşturmaktadır. Böylece, kullanıcı yeni hesabını etkinleştirmekte ve kullanıma

hazır hale getirmektedir. Daha sonraki aşamada ise ilk olarak bir katılımcı/kullanıcı Bitcoin satın almak istediğinde alım işlemini gerçekleştirmeyi düşündüğü kişiye kendi cüzdan adresini göndermektedir. Alıcı bu cüzdan adresini transfer esnasında belirttiği alıcı bilgilerine eklemektedir. Transfer işlemi esnasında alıcı kişi, telefonuna veya mail adresine gelen kişisel şifresini girdikten sonra işlemi onaylamaktadır. Satıcı kişi bu şekilde bütün Bitcoin kullanıcılarının görmesi açısından yayınlamaktadır ve bu şekilde alıcıya Bitcoin gönderme işlemi tamamlanmaktadır. Bu yayınlamadan önce, işlem otomatik olarak bütün Bitcoin kullanıcılarının sistemlerinde güncellenmektedir ve işlemlerde herhangi bir müdahale yapılmasının önüne geçilmektedir (Atik vd, 2015: 250; Aslantaş Ateş, 2016: 356).



Şekil 27. Bitcoin İşleyiş Mekanizma Süreci

Kaynak: Nakamoto (2008: 2)

Bitcoin, işleyiş mekanizması açısından dolar veya euro gibi geleneksel para birimlerine benzer bir şekilde düşünülebilir. Bitcoin, diğer para birimleri karşılığında (BTC/USD, BTC/TRY vb.) alınıp satılabilir ve işletmelerde ürünler veya hizmetler için kabul edilebilmektedir. Bitcoin'in teorik karmaşıklığına rağmen kullanımı oldukça basittir. Bitcoin alımı-satımı ve transferleri, bir cüzdan programı kullanarak kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Bu işlemler 7/24 mevcuttur ve genellikle birkaç dakika içinde ücretsiz olarak tamamlanır. Bitcoin cüzdan adresleri herkes tarafından görülebilmektedir ve bu da sistemin şeffaf ve hızlı olduğu anlamına gelmektedir. Kullanıcılar, Bitcoin ağı aracılığıyla birbirlerine Bitcoin gönderebilmektedir ve istedikleri zaman Bitcoin'lerini diğer para birimleriyle takas edebilmektedirler (Cengiz, 2018: 92).

Ethereum (ETH)

Bitcoin hariç bütün sanal paralar altcoin olarak nitelendirilse de Ethereum birçok özelliğiyle bu kavramın ötesine geçebilecek niteliklere sahiptir. Ethereum, ilk olarak 2015 yılında Kuzey Amerika'da düzenlenen Bitcoin Konferansı'nda “*Ethereum White Paper*” adlı çalışmanın Vitalik Buterin tarafından yayınlamasıyla tanıtılmıştır ve büyük bir ilgiyle karşılanmıştır. Şu an itibariyle Ethereum, kripto para piyasasında Bitcoin'in hemen ardından ikinci en yüksek piyasa değerine sahip bir sanal para birimidir. Ethereum da Bitcoin gibi blockchain teknolojisi kullanmaktadır ve merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan çalışmaktadır (Yavuz, 2019: 20). Her Ethereum hesabı 20 baytlık benzersiz bir adres ile tanımlanmaktadır ve bir Ethereum hesabı dört ana bileşenden meydana gelmektedir. Bu bileşenler arasında her bir tek seferlik uygulama için bir işlem sayacı, hesaptaki var olan Ether bakiyesi, hesabın sözleşme kodu ve hesabın depolanması yer almaktadır. Ethereum, akıllı sözleşmeler için tasarlanmış blok tabanlı bir yazılım platformu olarak hizmet vermektedir ve sanal para birimi Ether için temel çerçeveyi ifade etmektedir. Ether, Ethereum blockchain içinde yer alan kripto para biri olarak işlev görmekte olup; işlem ücret ödemelerini yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla, Ether, Ethereum ağındaki dağıtılmış uygulamaların yürütülmesine güç veren dahili kripto para birimi yakıtı görevini görmektedir. Temel olarak iki hesap kategorisi vardır, bunlar; özel anahtarlar tarafından kontrol edilen harici olarak sahip olunan hesaplar ve sözleşme kodları tarafından yönetilen sözleşme hesaplarıdır. Harici olarak sahip olunan hesaplar yürütülebilir koddan yoksun olup; bireylerin işlem oluşturup imzalayarak bu hesaplardan mesaj göndermelerini sağlamaktadır. Sözleşme hesapları söz konusu olduğunda etkin kodu tetikleyen bir mesaj aldıklarında okuma, yazma, dahili depolamaya mesaj iletimi veya sırasıyla sözleşme oluşturma izni vermektedir (Buterin, 2013: 13).

2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından önerilen orijinal konsept, Bitcoin işlemlerinin doğrulanmasını ve madencilere ödül verilmesini temel almaktadır. Ethereum ise madencilik olmadan toplam arzın önemli bir kısmını oluşturan Ether isimli yerel kripto para birimini kullanmaktadır. Blockchain başlangıcında, toplam 12 milyon ETH önceden oluşturulmuştur ve bu birimler, bilgisayar bilimi ve kripto para dünyasında önde gelen önemli isimlerini (Ana Ethereum birimi, "wei" adını taşıyan bir alt birim olan Ether'dir.) taşıyan farklı alt birimlere ayrılmıştır (Chowdhury, 2018). Aşağıdaki Tablo 7'de Ether birimleri ilişkin detaylar verilmiştir

Tablo 7. Ether Birimleri

İsim	Wei Değeri	Wei
Wei	1 wei	1
Kwei (babbage)	1e3 wei	1,000
Mwei(lovelace)	1e6 wei	1,000,000
Gwei (Shannon)	1e9 wei	1,000,000,000
Microether(szabo)	1e12 wei	1,000,000,000,000
Milliether (finney)	1e12 wei	1,000,000,000,000,000
Ether	1e18 wei	1,000,000,000,000,000,000

Kaynak: Chowdhury (2018: 99)

Ethereum ikinci nesil bir dağıtık defter olup; açık kaynaklıdır ve merkezi olmayan uygulamaları oluşturmak ve dağıtmak için kullanılabilen Turing tamamlama (Turing complete) platformunu sunmaktadır. Ethereum, kendine has Blockchain'ini geliştirmiştir. Ethereum'un Turing tamamlama yapısına sahip olması, kullanıcıların uygulamaları kodlamalarına olanak tanımaktadır ve bu kodlamalar akıllı sözleşmeler aracılığıyla yürütülmektedir. Ethereum'daki akıllı sözleşmeler, her işlem gönderildiğinde blockchain düğümleri tarafından işlenen kodlar içeren sözleşmeyi barındıran hesaplarla ilişkilendirilir. Bu sözleşmeyi barındıran hesap, sözleşme tarafından kullanılan dahili bir belleğe sahiptir ve aynı zamanda sözleşmenin gerektirdiği şartlara erişim sağlamaktadır ve bir sözleşmenin ayrıca kendisini etkinleştiren işlemden miktar, gönderen adres ve diğer yardımcı alanlar gibi çeşitli argümanlara erişimi vardır. Ethereum'da akıllı sözleşmeler, işlem sürecini otomatize etmek ve diğer sözleşmelerle etkileşimde bulunmak için kullanılan kod parçalarından oluşmaktadır (Franco, 2014: 99). Ayrıca Ethereum'da bir birimi transfer etmek için GAS⁷ adı verilen bir kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Kısaca GAS; transferin hızını, süresini ve maliyetini belirleyen bir hesaplama birimidir. Vitalik Buterin'in çalışmalarına göre GAS, bir transferin hedefine ulaşabilmesi için gereken yakıt olarak düşünülmektedir (Atabaş, 2018: 175).

Ethereum, farklı yönlerden Bitcoin ile benzer yapılara ve özelliklere sahiptir. Bu özelliklerden birisi blockchain tabanlı olup merkezi bir yapıya gerek duymamasıdır. Aynı zamanda Ethereum, Bitcoin'in yapısını yakından takip etmektedir. Fakat Bitcoin ile kıyaslandığı zaman önemli ölçüde farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar şu şekilde sırlanabilir (Yavuz, 2019: 20-21; Chowdhury, 2020: 107):

⁷ Gas, ETH blockchain üzerindeki işlemlerin gerçekleşmesi için gerekli maliyetleri ölçen bir birim olarak tanımlanmaktadır. ETH ağında işlem yapmak isteyen kullanıcılar, bu işlemleri ağa iletebilmek için Gas Fee olarak adlandırılan bir işlem ücretini ödemeleri gerekmektedir. Bu ücret, işlemin ağda gerçekleştirilmesi için harcanan kaynakların maliyetini yansıtmakta ve aynı zamanda işlemin karmaşıklığına göre değişiklik gösterebilmektedir.

- ❖ Bitcoin’de her bir bloğun oluşturulması sadece 10 dakika sürmekteyken; bu durum Ethereum’da 14 veya 15 saniye sürmektedir.
- ❖ Ethereum madenciliğinde ekran kartlarının işlem gücünden faydalanılırken; Bitcoin madenciliğinde ise böyle bir tür kullanım mümkün değildir. Yani Ethereum, ASIC'lerin avantajını azaltan Ethash⁸ algoritmasını madencilikte kullanırken; Bitcoin ise Hashcash benzeri bir emek kanıtı kullanarak ASIC'lerin kullanımını desteklemektedir.
- ❖ Ethereum'da işlem ücretleri, hesaplama karmaşıklığı, bant genişliği kullanımı ve depolama ihtiyaçlarına bağlı olarak değişkenlik gösterirken; Bitcoin işlem ücretleri işlem boyutuna göre bayt cinsinden belirlenmektedir.
- ❖ Ethereum, Bitcoin'den farklı bir doğrulama algoritması olan Ethash'ı kullanmaktadır. Ethereum madenciliği yoluyla yıllık en fazla 18 milyon üretilirirken toplam arzda herhangi bir üst sınır belirlenmemiştir. Diğer yandan, Bitcoin madenciliği her dört yılda bir durdurulur ve maksimum arz miktarı belirli bir sınıra tabidir.
- ❖ Ethereum’un Bitcoin'den ayıran en belirgin özelliği ise akıllı sözleşme protokolünü benimsemesi ve kullanılmasıdır. Akıllı sözleşmeler herhangi bir aracıya gerek duymadan gayrimenkul, para veya diğer değiştirilebilir varlıkların takasını gerçekleştiren bilgisayar protokolleridir. Bu sözleşmeler, tüm işlemleri bilgisayar kodu olarak kaydedip saklanmaktadır ve blockchain ağındaki kullanıcılar aracılığıyla denetlenmektedir.
- ❖ Ethereum, genel olarak istikrarlı bir oranda yeni kripto paralar oluştururken; Bitcoin'in bu hızı dört yılda bir yarıya inmektedir.
- ❖ Ethereum’da işlem ücretleri genel olarak Bitcoin'deki işlem ücretlerinden daha düşük seviyededir. 8 Aralık 2022’de Ether için ortalama işlem ücreti 0.38\$ iken; Bitcoin için 1.14\$ olarak gerçekleşmiştir. Ethereum, nakit harcamaya ve karşılığında değişim almaya daha benzer olan Bitcoin’in UTXO sisteminin aksine, hesaplardan borçlandırılan ve başka bir hesaba yatırılan bir muhasebe sistemini kullanmaktadır.

⁸ Ethash: ETH başta olmak üzere MOAC, Expanse, Pirl ve diğer bazı popüler kripto paralar tarafından tercih edilen, yoğun bir iş yükü gerektiren bir Proof of Work (PoW) algoritmasıdır. Bu algoritma, ETH'nin yanı sıra çeşitli diğer kripto para birimlerinin de güvenlik ve işlem doğrulama süreçlerinde kullanılmaktadır. Ethash, özellikle bu kripto para birimleri için tasarlanmış, yoğun hesaplama gerektiren bir PoW algoritması olarak kabul edilmektedir.

Tüm bu farklılıklara karşın ETH'yi BTC'den ayıran en önemli özelliği akıllı sözleşmeler protokolünü kullanmasıdır (Yavuz, 2019: 20).

Ripple (XRP)

Ripple (XRP), kripto para piyasasındaki en büyük üçüncü kripto para birimi olup ve 2012 yılında Jed McCaleb ve Chris Larsen tarafından geliştirilen bir kripto para birimidir. Fiyatı diğer kripto para birimlerine göre daha düşük olmasına rağmen 2017 yılında hızlı bir yükseliş sergilemiştir. Bu yükseliş kurucusu Chris Larsen'in dünyanın en zengin 14. kişisi olmasına yol açmıştır. Larsen'in bu yükselişten elde ettiği 14 milyar dolarlık kazanç, şirketin hızlı yükselişiyle doğrudan ilişkilidir. Ripple'ın temel amacı; bankalar ve müşterileri arasındaki ödemeleri kolaylaştırmaktır. Bu sayede bankalar, oldukça düşük maliyetler ile para transferi yapabilmektedir. Bitcoin'den daha düşük maliyetli bir işleme sahip olan Ripple'da, her işlem için işlem ücreti 0,0011\$'dır. Aktarılan fonlar, 5 ila 10 saniye içinde karşı tarafa ulaşabilir ve yapılan transferler, bankalar ve gönderen kişiler tarafından anlık olarak takip edilebilir. Bu özelliklerinden dolayı özellikle büyük firmalar ve finans hizmeti veren firmalar tarafından tercih edilmektedir (Kesebir ve Günceler, 2019: 613).

Yukarıda da belirtildiği gibi Ripple, 2012 yılında piyasaya sürülen bir kripto para birimidir. Ripple, Bitcoin kripto para biriminden farklı olarak, blockchain teknolojisinden yararlanmamaktadır. Bu niteliğinden dolayı XRP, Bitcoin'den bağımsız bir yapıya sahiptir. Merkezi olmayan bir yapıya sahip olup; mutabakat protokolüne dayanmaktadır. Ripple'ın hem üretimi hem de dağıtımını Ripple Labs tarafından gerçekleştirilmektedir. Ripple'ın toplam arzı 100 milyar adettir. Bu miktarın %20'si Ripple şirketinin kurucularının elindedir. %25'si Ripple Laboratuvarları tarafından tutulmaktadır. Geriye kalan ise %55'lik kısım ise ağın büyütülmesi için dağıtılmak üzere ayrılmıştır. Ripple'da tüm defterler ilk andan bu yana sorunsuz bir şekilde kapatılmıştır. Ripple saniyede 1500 işlem gerçekleştirme kapasitesine sahip olduğundan dolayı, bu para birimi ile dünyanın her yerine yapılan ödemeler çok daha hızlı ve güvenli olarak gerçekleştirilmektedir. Ripple, büyük bankalar ve diğer finans hizmet sağlayıcıları tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Ripple, çok nadir de olsa diğer ticari para birimleri arasında bir köprü rolü görmek için ve gerçekleşmesi muhtemel sanal saldırıları önlemek amacıyla da kullanılmaktadır (Yumuşaker, 2019: 1016-1017).

Son olarak Ripple'ın diğer kripto paralardan ayrılan en önemli özelliği; kullanıcıların kendi sanal para birimlerini oluşturmasına olanak tanıyan RippleNet

platformudur. XRP, bankalarla yakın iş birliği içinde geliştirilmiş bir sistemdir. Bu nedenle, diğer kripto paralara uygulanacak olası yasal düzenlemelerden muaf tutulması beklenmektedir (Yaslıdağ, 2021: 94-177). Ripple'ın temel fonksiyonlarından biri de özellikle işlem hacmi düşük olan iki para birimi arasında işlem gerçekleşirken, bu para birimlerini doğrudan dönüştürmek yerine köprü olarak kullanılmasıdır. Ripple'ın diğer para birimlerine karşı serbest bir şekilde alım ve satımı yapılabilen ve böylece piyasa fiyatı oluşmaktadır. XRP protokolü, gerçek zamanlı işlemler sağlamak için tasarlanmıştır. Bu amaçla, RippleNet'in üç ana bileşeni olan xCurrent, XRapid ve xVia kullanılmaktadır (Chowdhury, 2018).

Binance Coin (BNB)

2019 yılının ağustos ayında Binance, Venus projesini açıklamış ve uluslararası düzeyde Binance'in kendi kripto parası olan Binance Coin'i (BNB) geliştirmiştir. Proje kapsamında Binance Chain altyapısını kullanarak yeni nesil kripto paraların geliştirilmesine olanak sağlanmıştır. Venus projesi yerli ve milli kripto paraların geliştirilmesi konusunda Türkiye Cumhuriyeti Devleti'ne (T. C) fayda sağlayabilecek bir proje olarak görülmektedir. Kripto para piyasanın her geçen gün büyüdüğü göz önüne alındığında, bir ülkenin kendi kripto parasını geliştirebilmesi yatırımcıların bu kripto paraya duyduğu güvenin artmasına katkıda bulunması beklenmektedir. Çünkü birçok kripto paranın aksine yatırımcılar herhangi bir dolandırıcılığa uğradıklarında devlet gibi bir otoritenin yanlarında duracaklarının bilincinde olacaktır. Binance, gerçekleştirdiği çeşitli faaliyetler ile yatırımcıları BNB alımına teşvik etmekte, bu sayede kripto parada değer artışı sağlamaya çalışmaktadır. Kripto para piyasasının en önemli unsurlarından olan Binance Coin 9 Kasım 2023 tarihi itibarıyla 37.7 milyar USD ile piyasa değeri en yüksek dördüncü kripto para birimi haline gelmiştir (CoinMarketCap, 2023).

Etkin Piyasa Hipotezi (EPH), Fraktal Piyasa Hipotezi (FPH) ve volatilité yapısı açısından kripto para piyasası değerlendirdiğimizde; EPH, finans dünyasında uzun zamandır süregelen ve kripto para piyasası üzerine yoğun akademik ilgi uyandıran bir tartışma konusu haline gelmiştir. Kripto para piyasasının etkinliği üzerine yapılan ampirik çalışmalar, piyasa etkinliğinin belli bir seviyede var olduğunu gösterirken, çeşitlilik arz eden sonuçlar da ortaya koymaktadır. Kripto para piyasasının etkinliği hakkında bazı araştırmalar olumlu sonuçlar sunarken, bazıları ise etkin olmadığı yönünde bulgulara ulaşmıştır. Bu analizler, kripto paraların, geleneksel finansal varlıklara kıyasla daha yüksek inovasyon ve teknolojik karmaşıklığa sahip olduğunu vurgulamaktadır. Diğer

yandan, bazı çalışmalar kripto para piyasasının kamuoyuna açık bilgilerle hızla etkileşim içinde olduğunu, ancak özel bilgiler veya piyasa anomalilerinden faydalanmanın mümkün olmadığını belirtmektedir. Kripto para piyasasının etkin olmamasına yönelik sebepler arasında, piyasanın hızla gelişen yeni bir alan olması, kripto paraların geleceğine dair belirsizlikler ve yatırımcıların bu karmaşık, teknolojik ürünlerin risklerini ve avantajlarını tam olarak kavrayamaması gösterilmektedir. Genel bir değerlendirme yapılırsa, Etkin Piyasa Hipotezinin kripto para piyasasında gösterdiği sonuçlar farklılık göstermektedir.

FPH, finansal piyasalarda gözlemlenen fraktal özelliklerin varlığı üzerine kurulmuştur ve bu, kripto para piyasalarında da dikkate değer bir konsepttir. Kripto para piyasaları, yüksek volatilité, sınırlı tarihsel veri ve sürekli gelişen piyasa dinamikleri ile karakterizedir. Bu piyasaların analizinde FPH'nin uygulanması, fiyat hareketlerinin kendine benzer özellikler gösterdiğini ve farklı zaman ölçeklerinde analiz edildiğinde benzer fraktal yapılar sergileyebileceğini ifade edilebilir. FPH, kripto para piyasalarında, kısa, orta ve uzun vadeli zaman aralıklarında gözlemlenen fiyat hareketlerinin yapısal benzerliklerini ifade etmektedir. Bu benzerlikler, piyasa katılımcılarının davranışsal ve psikolojik faktörlerinin yanı sıra dış etkenler ve piyasa haberleri gibi unsurların etkisi altında şekillenmektedir. Kripto para piyasalarının genç ve gelişmekte olan doğası, bu fraktal yapıları daha belirgin kılar ve piyasa analistleri ile yatırımcılar için zorluklar ve fırsatlar yaratabilir. Ayrıca FPH'nin kripto para piyasalarında uygulanması, likidite, piyasa derinliği ve düzenleyici çerçeveler gibi faktörlerin de dikkate alınmasını gerektirebilir. Bu faktörler, kripto para piyasalarının fraktal yapısını etkileyebilir ve bu piyasalarda risk yönetimi ve yatırım stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynayabilir. Sonuç olarak; FPH, kripto para piyasalarında finansal zaman serilerinin analizi ve anlaşılmasında değerli bir hipotez olabilir. Bu hipotezin, piyasa davranışlarının daha iyi anlaşılmasına ve etkili yatırım stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunabileceği düşünülebilir. Bununla birlikte, kripto para piyasalarının sürekli değişen doğası ve yüksek volatilitésinin göz önünde bulundurulması da önem arz etmektedir.

Yatırım riskinin daha doğru bir şekilde ölçülmesi ve etkin bir biçimde yönetilebilmesi için gelecekteki volatilité seviyelerinin tahmin edilmesi veya modellenmesi kritik bir önem taşımaktadır. Özellikle kripto para piyasalarında bu durum daha da önem arz etmektedir. Kripto para piyasalarının yüksek volatilitenin eşlik ettiği, hızlı değişen ve öngörülemez yapısı, volatilité modellerini finansal piyasaların

geleneksel unsurlarından daha karmaşık hale getirmektedir. Doğru volatilité modellemeleri, kripto para yatırımcılarının ve finansal analistlerin stratejilerini şekillendirmede ve risk yönetimi uygulamalarını geliştirmede kritik bir rol oynayabilir. Kripto para piyasalarındaki volatilité modelleri, yatırımcıların piyasa dalgalanmalarına karşı korunma stratejileri geliştirmesine ve portföylerini çeşitlendirerek riski azaltmasına yardımcı olabilir. Bu piyasalarda, geleneksel finansal varlıklardan farklı olarak, teknolojik yenilikler, düzenleyici değişiklikler ve piyasa duygusallığı, belirsizlikler gibi unsurların fiyat dalgalanmalarını büyük ölçüde etkilediği ifade edilebilir. Bu sebeple, kripto para piyasalarında volatilité modellemeleri hem geniş kapsamlı piyasa analizleri hem de derin teknik analizler gerektirmektedir. Sonuç olarak; kripto para piyasalarında volatilité modellemeleri, yatırımcıların ve finansal analistlerin karar alma süreçlerinde merkezi bir öneme sahiptir. Bu modellemeler, piyasa hareketlerini daha iyi anlamayı ve etkili risk yönetimi stratejileri geliştirmeyi mümkün hale getirebilir. Kripto para piyasalarının volatil doğasını ve teknolojik dinamiklerini dikkate alan ileri düzey analiz yöntemleri, bu alanda giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA DİZAYNI

Hızlı gelişen ve büyüme yaşayan kripto para piyasası hem yenilikçi özellikleri hem de geleneksel finans sistemlere meydan okuyan kapasitesi sebebiyle son yıllarda büyük ilgi odağı haline gelmiştir. Bitcoin, Ethereum ve Binance Coin gibi merkezi olmayan para birimleri tarafından desteklenen bu piyasa, blockchain teknolojisi temelinde çalışarak güvenli ve şeffaf işlemleri kolaylaştırmaktadır. Kripto paraların cazibesi, özellikle de bireylerden önemli getiri potansiyelinden yararlanmak isteyen büyük kurumlara kadar uzanan geniş bir yatırımcı yelpazesini cezbetmesi dikkate değerdir. Bu kapsamda kripto para piyasasının doğasında var olan dalgalanma ve belirsizlikler, ek araştırma ve derinlemesine analiz gerekliliğinin altını çizmektedir.

Kripto para piyasasının dikkat çekici büyüme yörüngesi, finansal ortam üzerindeki dönüştürücü etkisinin göstergesidir. Kripto paraların merkezi olmayan yapısı yalnızca güvenlik ve şeffaflığı artırmakla kalmayıp aynı zamanda finansal işlemlerin yürütülme biçiminde bir paradigma değişikliğini de teşvik etmektedir. Akıllı kontratlar ve merkezi olmayan finans (De-Fi) gibi yenilikçi teknolojilerin ortaya çıkışı, bu piyasanın dinamik yapısının altını daha da çizmektedir. Dolayısıyla kripto para piyasası, finans ve yatırım alanında yeni sınırlar keşfetmek isteyenler için bir odak noktası haline gelmiştir.

Bireysel yatırımcıların yanı sıra kurumsal yatırımcılar da kripto para birimlerinin potansiyelini giderek daha geçerli çağdaş bir varlık grubu olarak kabul etmektedir. Çeşitlendirme avantajları ile birlikte yüksek getiri vaadiyle hem bireysel hem de kurumsal yatırımcıları kripto para piyasasına önemli ölçüde fon ayırmaya teşvik etmektedir. Büyük firmaların ve finansal kuruluşların kripto para birimleri ile ilgili projelerine ve yatırımlara artan katılımı, bu varlıkların artan ana akım kabulünün bir göstergesidir. Dolayısıyla, kripto piyasa gelişmeyi ve olgunlaşmayı sürdürdükçe kapsamlı araştırma ve analiz ihtiyacı daha da belirgin hale gelmektedir. Bununla birlikte, kripto para piyasasının hem potansiyel avantajlarını hem de düzenleyici etkileri de kapsayan çok yönlü dinamiklerini anlamak için gereklidir. Kripto para piyasasının hızlı gelişimi ve dönüştürücü potansiyeli, onu modern finansın odak noktasına yerleştirmiştir. Bu piyasanın merkezi olmayan ve yenilikçi yapısı hem bireysel hem de kurumsal yatırımcıları kendine çekmektedir. Bundan dolayı kripto

para piyasasının gelişen dinamikleri arasında yol almak ve hem bireysel hem de kurumsal katılımcılar için stratejik kararları almak adına, piyasadaki volatilité ve belirsizlikler daha fazla araştırmak ve analizi gerektirmektedir.

Hem bireysel hem de kurumsal yatırımcılar portföylerinin riskini dengede tutmak ve geliştirmek için çeşitli finansal varlık sınıflarına yatırım yapma eğilimini göstermektedir. Yatırımcıların, finansal riskleri yönetmek için uyguladıkları portföy çeşitlendirme stratejileri, yatırım sürelerine (kısa, orta ve uzun vadeli) göre farklılık gösterebilmektedir. Bu bağlamda, finansal piyasalarda yatırımcı ufukları, genellikle piyasa dinamikleri ve risk algılarına göre şekillenmektedir. Bu dinamikler, geleneksel finansal piyasalarda olduğu gibi, kripto para piyasalarında da benzer şekilde işlemektedir. Yatırımcılar, her iki piyasada da kısa, orta ve uzun vadeli yatırım stratejileri geliştirirken piyasanın volatilitesi, likiditesi, düzenleyici çerçeveler ve teknolojik gelişmeler gibi faktörleri dikkate almaktadır. Kripto para piyasaları; özellikle yüksek volatilité ve düzenleyici belirsizlikler nedeniyle, yatırımcıların risk yönetimi ve portföy çeşitlendirme stratejilerini daha dikkatli bir şekilde planlamalarını gerektirmektedir. Ayrıca bu piyasaların yeni olması, yatırımcıların sürekli olarak yeni bilgileri takip etmelerini ve piyasa trendlerine hızlı bir şekilde adapte olmalarını zorunlu hale getirmektedir. Dolayısıyla, finansal piyasalarda edinilen tecrübeler ve stratejiler, kripto para piyasalarında da uygulanabilir olmakla birlikte bu yeni ve dinamik piyasanın özgün niteliklerine uygun olarak gerçekleştirilmesi ve piyasanın dinamiklerinin incelenmesi önem arz etmektedir.

Bu bölümde araştırmanın amacı, araştırmanın veri seti ve araştırmanın metodoloji, zaman serilerinin özellikleri, zaman serilerinde durağanlık, zaman serilerinde otokorelasyon, zaman serilerinde değişen varyans, zaman serilerinde stokastik süreçler ve wavelet analizi ve son olarak literatür araştırması ve uygulama ve araştırma sonuçları detaylı bilgiler verilecektir.

3.1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; farklı yatırım ufuklarına göre kripto para birimlerinin volatilitésini modellemektir. Bu amaç doğrultusunda Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşüme (MODWT) dayalı olarak wavelet katsayıları her bir kripto paranın (BTC, ETH, BNB ve XRP) getirisi için hesapladıktan sonra getiri serileri 7 farklı zaman ölçeklerine (farklı yatırım ufukları) göre ($D_1 = 2-4$ günlük, $D_2 = 4-8$ günlük, $D_3 = 8-16$ günlük, $D_4 = 16-32$ günlük, $D_5 = 32-64$ günlük, $D_6 = 64-128$ günlük, $D_7 = 128-256$ günlük,

S₇) filtreleme işlemi yapılmıştır. Bununla birlikte kripto para varlıklarının farklı yatırım ufuklarına göre filtreleme işleminde elde edilen getirilerden yararlanarak, farklı yatırım ufukları için fraktal yapının ölçütü olan Hurst üsteli katsayısı hesaplanmıştır. Son olarak zaman içinde değişen oynaklığın ve şokların oynaklığa karşı kalıcılığını modellemek amacıyla kısa ve uzun hafıza modelleri kullanılmıştır.

Literatür de yer alan araştırmalar genellikle bir veya birkaç kripto para birimine odaklanırken bu araştırma piyasa değeri en yüksek olan dört kripto para birimi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu kripto para birimlerinin toplam piyasa değerinin bütün kripto para piyasasının toplam piyasa değeri oranının %68,03 olması, araştırmada elde edilen bulguların kripto para piyasasının bütününe kapsamına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Literatürde, kripto para birimlerinin fiyat hareketleri üzerine odaklanılmış olup; bu fiyatların fraktal dinamiklerini, uzun hafızanın varlığını, wavelet analizini ve volatilité modellerini kapsamlı bir şekilde inceleyerek etkin piyasa hipotezinin ve fraktal piyasa hipotezinin bu alanda geçerli olup olmadığını test eden çalışmaların kapsamlı olarak ele almaması bu çalışmanın özgünlüğünü oluşturmaktadır. Bununla birlikte literatürde kripto para piyasasını inceleyen çalışmalar, genellikle tek bir zaman ölçeğine odaklanmakta ve farklı yatırım ufuklarına göre yatırımcı davranışlarını, piyasa dinamiklerini göz ardı etmektedir. Bu çalışmada, çoklu ölçeklendirme analizi (multiscaling analysis) kullanılarak farklı yatırım ufuklarına göre bir filtreleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla çalışmada farklı yatırım ufuklarına odaklanılmaktadır. Araştırma sonuçlarının, kripto para piyasasına yatırım yapmak isteyen bireysel yatırımcıların, kurumsal yatırımcıların, portföy yöneticilerin, araştırmacıların ve analistlerin, kripto para birimleri ile ilgili davranışları konusunda çıkarımlar sağlamasında ve daha detaylı bir şekilde hem risk yönetimi hem de portföy çeşitlendirilmenin avantajlarından da yararlanmak amacıyla uygun yatırım ufuklarının belirlenmesi konusunda çıkarımlar yapılması konusunda katkı sağlayacağı ve yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Etkin Piyasa Hipotezi (EPH), geçmiş ve gelecek piyasa fiyatları arasında bir bağlantı olmadığını ve piyasa getirisinin üzerinde kazanç elde etmenin mümkün olmadığını savunur. Ancak piyasalarda uzun hafızanın varlığı, geçmiş fiyat verileriyle gelecek fiyatları tahmin etme imkânı sunarak etkin piyasa hipotezini sorgulamaktadır. Bu durum, yatırımcıların piyasa ortalamasının üzerinde getiri elde etmesine olanak tanırken aynı zamanda etkin piyasa hipotezi ile fraktal piyasa hipotezi arasında bir zıtlık da

yaratmaktadır. Bu nedenle, finansal piyasaların yapısal özelliklerinin anlaşılması, piyasa katılımcıları için kritik önem taşımaktadır. Bu konu üzerine yapılan çalışmalar, genellikle sermaye piyasalarında kaos teorisi ve fraktal yapılarının varlığına yönelik araştırmalar üzerine yoğunlaşmaktadır. Kripto para varlıkları piyasası üzerinde yapılan çalışmalarının özellikle farklı yatırım ufuklarına göre az olması, bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturacağı böylece kripto para piyasası Etkin Piyasa Hipotezi ve Fraktal Piyasa Hipotezi kapsamında değerlendirilerek literatüre farklı katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

3.2. Araştırmanın Veri Seti

Araştırma kapsamında incelemek için seçilen dört kripto para biriminin toplam piyasa değeri 25 Aralık 2023 tarihi itibarıyla 1.192.808.832,02 trilyon dolar (\$) iken (CoinMarketCap, 2023), toplam kripto para piyasasının değeri ise 1.751.726.722,036 trilyon dolar (\$) dır (Coingecko, 2023). Diğer bir ifadeyle, araştırma kapsamında seçilen kripto para birimlerinin toplam piyasa değerinin tüm kripto para piyasasının toplam değerine oranı %68,03'dir. Toplam kripto para piyasasının içerisinde piyasa değeri açısından büyük bir kısmının araştırma kapsamına alınıp analiz edilmesi, araştırma sonuçlarının hem daha tutarlı hem de daha anlamlı olmasına katkı sağlayarak kripto para piyasası için genellenmesine katkısı olacaktır. Seçilen bu dört kripto para birimi sırasıyla, Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Binance Coin (BNB) ve Ripple (XRP)'dir. Tether (USDT) ve USD Coin (USDC) piyasa değeri yüksek olmasına rağmen sahip oldukları yapısal nitelikleri ve değerinin 1(bir) Dolar (USD)'a eşit olması nedeniyle araştırma kapsamına dahil edilmemiştir. Bu iki kripto para birimi yerine piyasa değeri açısından en yüksek olan altıncı sıradaki kripto para birimi olan Ripple (XRP) araştırma kapsamına dahil edilmiştir (CoinMarketCap, 2023).

Araştırmada kullanılan kripto para birimlerine ilişkin günlük kapanış fiyatları Python programlama aracılığıyla her bir kripto para biriminin fiyatını, dünya çapında işlem gören seçilmiş kripto borsaları ile küresel hacim ağırlıklı ortalamaya dayalı olarak takip eden Bitstamp ve Binance web sitesinden alınmıştır. Bitcoin için 01 Ocak 2017 ile 22 Kasım 2023 tarihleri arasındaki günlük fiyat verileri (toplam 2517 gün), Ethereum için 01 Ocak 2017 ile 22 Kasım 2023 tarihleri arasındaki günlük fiyat verileri (toplam 2517 gün), Binance Coin için 06 Kasım 2017 ile 21 Kasım 2023 tarihleri arasındaki günlük fiyat verileri (toplam 2205 gün), Ripple için ise 01 Ocak 2017 ile 22 Kasım 2023 tarihleri arasındaki günlük fiyat verileri (toplam 2501 gün) kullanılmıştır. Kripto para birimlerine

ait günlük kapanış fiyatlarının 2017 yılından itibaren alınmasının temel nedeni hem bireysel hem de kurumsal yatırımcıların bu dönemden itibaren yoğun ilgisini çekmeye başlaması ve yüksek likiditenin yanı sıra volatilitenin de bu dönemde oldukça yüksek olmasıdır. Aşağıdaki Tablo 8’de veri seti özetlenmiştir.

Tablo 8. Araştırma Kullanılan Veri Setine Ait Bilgiler

Değişkenler	Veri Türü	Tarih Aralığı	Kaynak
Bitcoin	Günlük	01/01/2017-22/11/2023	Bitstamp
Ethereum	Günlük	01/01/2017-22/11/2023	Bitstamp
Binance Coin	Günlük	06/11/2017-21/11/2023	Binance
Ripple	Günlük	01/01/2017-22/11/2023	Bitstamp

Araştırma kapsamında kullanılan Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin günlük getiriler (8) nolu eşitlikte yer alan formül yardımıyla hesaplanmıştır.

3.3. Araştırmanın Metodolojisi

Çalışmada ilk olarak analize tabi tutulan kripto para birimlerinin getiri serilerine ilişkin tanımlayıcı istatistiklere yer verilmektedir. Ardından analizde kullanılan getiri serilerinin doğru sonuç verebilmesini sağlayabilmek için birim kök testlerine ve ARCH-LM ve Otokorelasyon sonuçlarına yer verilmektedir. Kripto para birimlerinin getiri serilerini farklı yatırım ufuklarına göre filtrelemek ve getiri ölçeklerini elde edebilmek için Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü (MODWT) analiz yöntemi kullanılmıştır. Kripto para birimlerine ilişkin getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen getirilerin uzun hafıza veya kısa hafıza özelliğini test etmek için ise Yeniden Ölçeklendirilmiş Aralık (R/S) analiz yöntemi kullanılmıştır. Ardından, her bir kripto para birimi getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen getirilerin Hurst katsayısına göre en uygun volatilitite modelini belirleyebilmek için farklı modeller kullanılmıştır. Uzun hafıza özelliğini test etmek için simetrik ve asimetric uzun hafıza modelleri olan FIGARCH, FIEGARCH, FIAPARCH, HYGARCH modelleri kullanılmıştır. Kısa hafızanın varlığını test etmek amacıyla da değişen koşullu varyans modellerinden simetrik ve asimetric kısa hafıza modelleri olan ARCH, GARCH, EGARCH, T-GARCH, GJR-GARCH, APARCH, GARCH-M ve C-GARCH modelleri kullanılmıştır. En uygun modelleri belirleyebilmek için hem Log-Likelihood değeri en yüksek olan hem de bilgi kriterleri olan Akaiki (AIC), Schwarz (SIC) ve Hannan Quin (HQ) değerleri en küçük olan volatilitite modeli seçilmiştir. Araştırmada kullanılan kripto para birimleri leptokörtik (sivri) ve kalın kuyruklu oldukları için volatilitite modelleri Student-t, GED dağılımlarında vermiş olduğu sonuçlara göre bulgular analiz edilmektedir. Çalışmanın ana amacını

oluşturan etkin piyasa hipotezi ve fraktal piyasa hipotezinin geçerliliğini belirlemeye yönelik kripto para birimleri için farklı yatırım ufuklarına göre ölçek getirileri elde edilmekte ve elden edilen getirilerin Hurst katsayısı hesaplanmakta ve en uygun volatilité modelleri kurulmakta ve sonuçları yorumlanmaktadır. Çalışmada kullanılan analiz ve en uygun volatilité modellerini belirlemeye yönelik olarak OxMetrics7, R programlama ve Eviews 13 programları kullanılmıştır.

3.4. Finansal Zaman Serileri

Finansal zaman serileri; finansal piyasalarda gözlemlenen ve/veya birbirini takip eden verilerin, zaman içerisindeki sırasına göre düzenlenmesiyle oluşturulan veri dizileridir. Bu seriler genellikle belirli zaman aralıklarında ölçülen ekonomik ya da finansal değişkinlerin zamanla nasıl değiştiğini göstermektedir. Menkul kıymet fiyatları, borsa endeksleri, döviz kurları, kripto para birimleri ve faiz oranları gibi finansal göstergeler finansal zaman serilerine birer örnek olarak verilebilmektedir. Ekonometrik analiz, finansal zaman serilerinin ve finansal değişkenlerin modellenmesi ve öngörülmesini içermektedir. Bu süreçte, geçmiş verilere dayanarak matematiksel modeller oluşturulmakta ve bu modeller gelecekteki değerlerin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Rachey, 2007: 10).

Finansal zaman serilerinin çıktıları genellikle birbirine benzer sonuçlar göstermektedir. Bu durum birim kökün varlığına, başka bir deyişle durağan olmayan bir sürece işaret etmektedir. Finansal bir zaman serisinin birim köklü olmaması, zaman içindeki ortalama ve varyansının sabit olduğu ve kovaryansın zamanından ziyade gecikme uzunluğu ile ilişkili olduğu anlamına gelmektedir. Daha teorik olarak açıklamak gerekirse ortalaması ile varyansı sabit olan ve iki dönem arasındaki kovaryansın yalnızca iki dönem arasındaki gecikme uzaklığına bağlı olduğu stokastik bir süreç için durağanlık geçerlidir (Gujarati, 2009: 79). Diğer bir ifadeyle, zaman serilerinde de bir popülasyonu gösteren veri kümesinden elde edilen değerlerin, gelecekteki değerleri tahmin etmek ve test etmek amacıyla durağanlık analizi kullanılmaktadır. Bir finansal zaman serisi, zaman serisi gibi durağanlık özelliğine sahipse gelecekte de aynı şekilde hareket edecek ve benzer niteliklere sahip olmak için bir eğilim gösterecektir. Ancak durağanlık özelliği olmayan finansal zaman serileri ise serinin özelliklerinin sadece incelenen dönemi içerdiğini ve gelecekte doğru tahminler yapılamayacağını gösterir.

Finansal zaman serileri üzerinde yapılan bilimsel çalışmalar, finansta matematik kuramının kullanılmaya başlamasıyla hızlı bir ilerleme kaydetmiştir ve ilerlemeye devam

etmektedir. Bu bilimsel çalışmalarda, finansal piyasalardaki gözlemlenen verilerin analizi, modellemesi ve gelecekteki fiyat hareketlerinin öngörülmesi için matematik kuramı önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. “*Brownian Hareket*” veya “*Gaussian Süreçler*”, finansal zaman serilerinde uzun yıllar boyunca çalışmalara ve modellere öncülük etmiştir. Bu süreçlerin en bilinen örneği, Brownian hareket olarak da adlandırılan Wiener sürecidir. Brownian hareket, rastgele dalgalanan bir süreç olup ve finansal piyasalardaki varlık fiyatları, hisse senedi getirileri veya döviz kurları gibi değişkenlerde kullanılabilir. Fakat gerçek zamanlı ani ve hızlı değişim gösteren önemli piyasa davranışları, finansal zaman serilerinin kullanıldığı çarpıklık sonuçlarına sebep olmaktadır. Bunu bir örnek ile açıklamak gerekirse BİST 100 endeksindeki pay senetlerinin, rassal yürüyüş modeline uygun davranış sergilemesi halinde, geçmiş pay senedi fiyatlarının bilinmesi geleceğin tahmini için net bir bilgi sunmayacaktır. Buna ilaveten rassal yürüyüş modeli, pay senedi fiyatlarını benzer dağılımlı ve bağımsız değişken şeklinde ele aldığı için pay senedi fiyatlarının kısmi zamanlı ve kesikli değişken yapısına sahip süreçler olmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle, fiyatların istatistiksel özellikleri, pay senedi fiyat davranışlarını modellemek amacıyla sürekli zaman ve sürekli değişken yapısına sahip modellerin kullanılmasını gerektirmektedir (Hull, 2000).

Ekonomik ve finansal zaman serileri sıklıkla döngüsel ve periyodik davranışlar sergilemektedir. Bu periyotlar bazen örneklem dönemi boyunca sürebilmektedir. Bu tür zaman serilerinin frekans boyutunda, düşük frekanslarda güçlü oldukları ifade edilmektedir. En yaygın kullanımıyla zaman serisinin bu niteliği, Granger’in (1966) ifadesiyle "ekonomik bir değişkenin tipik spektral durumu" olarak adlandırılmaktadır. Benzer şekilde, Mandelbrot ve Wallis (1968) tarafından yedi yıl bereketten sonra yedi yıl kıtlık gelmesi (*Joseph Etkisi*) olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla, ekonomik ve finansal zaman serileri "*Joseph Etkisi*" hikayesinde olduğu gibi belirli periyotlarda ard arda oluşan döngüsel davranışlar ve değişimler gösterebilir (Lo, 1991: 1279).

Finansal ekonometri ile iktisadi ekonometri arasında temel olarak iki farklılık bulunmaktadır. İktisadi ekonometride ölçüm hataları ve düşük frekanslı gözlemler gibi ciddi analiz sorunlarıyla karşılaşabilmektedir. Finansal ekonometride ise gözlem sayısı açısından günlük, saatlik ve hatta dakikalık olarak verilerin kaydedilmesi nedeniyle ölçüm hataları genellikle ciddi sorunlar oluşturmaz. Ayrıca finansal zaman serileri hemen hemen hiçbir zaman normal dağılım sergilememektedir.

Bu bölümde, finansal zaman serilerinin tanımı yapılarak özellikleri üzerinde durulmuş; durağanlık, değişen varyans, doğrusal ve doğrusal olmayan zaman serileri, koşullu değişen varyans modelleri, kısa ve uzun hafıza süreçleri, wavelet analizi (wavelet analysis) ve son olarak araştırma sonuçları ve bulgularına yer verilmiştir.

Zaman serileri; bir değişkenin farklı zaman noktalarında gözlenen değerlerinin bir koleksiyonudur. Bu veriler, günlük (pay senedi fiyatları gibi), haftalık (para arzı rakamları gibi), aylık (TÜFE gibi), üç aylık (GSYH gibi) veya farklı veriler için beş yıllık ya da daha uzun süreli olarak düzenli aralıklarla toplanabilmektedir. Günümüzde bilgisayar teknolojilerinin hızlı gelişimi sayesinde özellikle sermaye piyasalarında işlem gören menkul kıymetler vb. araçlar için sürekli olarak güncellenen veriler çok kısa zaman dilimleri halinde elde edilebilmektedir (Gujarati ve Porter, 2012: 22). Ekonomi, ticaret, mühendislik gibi birçok bilim dalında ardışık olarak ölçülen çeşitli değişkenler vardır. Bu değişkenlerin zaman içinde ardışık olarak veya örnekleme aralığı olarak bilinen sabit aralıkta ölçülmesi sonucunda ortaya çıkan veriler, bir zaman serisini oluşturmaktadır (Cowpertwait ve Metcalfe, 2009: 2). Makroekonomik değişkenlerin çeşitli zaman aralıklarında gözlemlenen ölçümler sonrasında elde edilen verileri, aynı zamanda ekonomik zaman serileri olarak da değerlendirmek mümkün olabilir.

Finansal piyasalarda, finansal varlık sahipleri ile ihtiyacı olan finansal kesimler arz ve talep etkileşimi yoluyla bir varlığa değer biçmektedirler. Bu değer o varlığın fiyatını oluşturmaktadır. Diğer bir deyişle, finansal piyasalarda fiyatlar, arz ve talep durumuna göre belirlenmektedir. Zaman ilerledikçe varlıkların fiyatlarında değişiklikler ve oynaklıklar meydana gelmektedir. Bu fiyat davranışlarını ve/veya aktif durumunu tanımlamak için "*finansal zaman serileri*" kavramı kullanılmaktadır (Tsay, 2010: 1). Finansal piyasalar, piyasada işlem gören varlık türlerine göre sınıflandırılmaktadır. Başlıca finansal piyasa türleri; hisse senedi piyasası, emtia piyasası, türev piyasası, mortgage piyasası, döviz piyasası ve bono piyasası şeklindedir. Finansal piyasalardaki fiyat oynaklıklarının beklenmedik şekilde yüksek ve güçlü bir şekilde dalgalanması, piyasalar için istikrarsızlık, yatırımcı belirsizliği, likidite sıkışması, spekülasyon davranışları gibi olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Bu oynaklıklar, sadece finansal yapının doğal işleyişinde bozulmalara neden olmaz; aynı zamanda ülkenin ekonomik sisteminde para politikasının etkisizleşmesi, finansal krizler, ekonomik büyüme ve istihdam riski ve yatırımcı güvenin azalması gibi olumsuz değişikliklere de yol açabilmektedir (Beckett ve Sellon, 1989: 17-18).

3.5. Finansal Zaman Serilerinin Özellikleri

Finansal zaman serisi analizlerinde kullanılan tanımlayıcı istatistikler arasında çarpıklık değeri, aşırı basıklık değeri, en yüksek ve en düşük değerler, standart sapma ve varyans bulunmaktadır. Bu değerler aşağıdaki gibidir (Brooks, 2008: 161-162):

Çarpıklık Değeri (Skewness): Serinin asimetri durumunu belirlemeye yardımcı olmaktadır. Pozitif çarpıklık, dağılımın sağa çarpık olduğunu gösterirken negatif çarpıklık sol tarafa çarpık olduğunu göstermektedir. Yani veri dağılımının hangi yöne doğru çarpık olduğunu göstermektedir.

Aşırı Basıklık Değeri (Kurtosis): Serinin kuyruk kalınlığını ya da ince kuyruk olma durumunu ifade etmektedir. Normal dağılıma göre kurtosis değeri 3'tür. Eğer kurtosis değeri 3'ten büyükse dağılım sivri (kalın kuyruklu) olarak kabul edilmektedir. Eğer kurtosis değeri 3'ten küçükse dağılım yassı (ince kuyruklu) olarak kabul edilir.

En Yüksek ve En Düşük Değerler: Serideki en büyük ve en küçük değerleri göstermektedir. Bu değerler, serinin genel aralığını belirlemeye yardımcı olur.

Standart Sapma: Verilerin ortalamadan ne kadar uzaklaştığına dair bir ölçüdür. Standart sapma ne kadar yüksekse veriler o kadar dağınık ve oynak demektir.

Varyans: Verilerin dağılımının genişliğini ölçen bir istatistik değeridir. Standart sapmanın karesi olarak hesaplanmakta ve serinin oynaklık seviyesini belirlemede kullanılmaktadır. Finansal zaman serilerinde bu istatistiksel değerler, verilerin karakteristiklerini anlamak ve gelecekteki eğilimleri veya riskleri belirlemek için önem arz etmektedir. Serinin sağa çarpık, sola çarpık, kalın veya ince kuyruklu olması gibi özellikler, finansal analizlerde dikkate alınan kritik unsurlardır.

Finansal Zaman Serilerinde Getiri ve Volatilite

Finansal zaman serilerinin değerlendirilmesinde genellikle finansal varlıkların fiyatları yerine getiri serileri tercih edilmektedir. Bu tercihin iki temel nedeni vardır. Bu nedenlerden birincisi, finansal piyasaların tam rekabete yakın olduğunun kabul görülmesidir ve bu bir yatırımcı için önemli bir noktadır. Çünkü yatırımın büyüklüğü, fiyat değişikliklerini etkilemez ve yatırımın getirisi, yatırımın kendisi ile doğrudan bağlantılıdır. Dolayısıyla yatırımın getirisi, bir finansal varlığın performansını ve yatırımın sonucunu daha iyi yansıtmaktadır. Bu yüzden bir finansal varlığın getirisi yatırım fırsatının bir özeti veya başarısı olarak değerlendirilmektedir. İkinci neden ise getiri serilerinin istatistiksel özelliklerinin fiyat serilerine nazaran daha detaylı bilgi içermesidir.

Genel olarak fiyat serileri durağan bir yapı sergilemezken, getiri serilerinin durağan bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Campbell vd., 1997: 9).

Zaman serilerinde getiri serisi hesaplamak için iki yöntem kullanılmaktadır. Birincisi basit getiridir. İkincisi ise sürekli birleşik getiri ve/veya logaritmik getiridir. t zamanında bir finansal varlığın basit getirisi (R_t) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (7)$$

t zamanındaki bir finansal varlığın doğal logaritması alınarak hesaplanan sürekli birleşik getiri (r_t) ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (8)$$

P_t : Zaman serisinin t dönemindeki değerini,

P_{t-1} : Zaman serisinin $t-1$ dönemindeki değerini göstermektedir.

Finansal zaman serilerinde volatilité/oynaklık, getirilerin değişkenliğini ölçmek için kullanılan bir kavramdır (Engle, 1993: 73). Volatilité, bir varlığın fiyatlarının zaman içinde ne kadar değişken olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle, bir varlık ne kadar hızlı ve büyük fiyat değişiklikleri gösteriyorsa o kadar yüksek bir volatilitéye sahip demektir. Bu yüzden, piyasalarda öngörülemezlik veya risk bakımından değerlendirilen volatilité, beklenen değerden, fiyattan ya da modelden sapma olarak ifade edilmektedir. Ayrıca, daha istikrarlı ve düzenli bir fiyat hareketi gösteren bir varlık düşük volatilitéye sahip olacaktır. Bir örneklemin standart sapması (σ) aşağıdaki denklem aracılığıyla hesaplanmaktadır (Daly, 2008):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^T (R_t - \bar{R})^2}{T - 1}} \quad (9)$$

Burada:

σ : Örneklemin standart sapmasını,

T : Gözlem sayısını (veri sayısı),

R_t : t zamanındaki getiriyi,

\bar{R} : $\sum \frac{R_t}{T}$ örneklemin ortalama getirisi ifade etmektedir.

R_t : t zamanındaki getiriyi,

\bar{R} : $\sum \frac{Rt}{T}$ örneklemin ortalama getirisi ifade etmektedir.

Standart sapma; finansal zaman serilerindeki volatilitiyi ölçmek için önemli bir ölçüdür. Getirilerin aşırı değerlerini görebilme olasılığını özetlediği için yatırımcılar, araştırmacılar, portföy yöneticileri ve analistler için önem arz etmektedir. Örneklemin standart sapması yüksek olduğu zaman; bu, örnekleme ait verilerin dağılımı geniş ve getirilerin değişkenliği yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle, fiyatlar zaman içinde büyük ölçüde dalgalanmakta ve büyük pozitif veya negatif getirilerin oluşma olasılığını artırmaktadır.

Finansal zaman serilerinin analiz aşamasında doğru analiz yöntemlerinin kullanılması ve bulguların doğru bir şekilde yorumlanabilmesi için olasılık dağılımları ve tanımlayıcı istatistikler son derece önemlidir. Bu kısımda finansal zaman serilerinde sıkça karşılaşılan olasılık dağılımları ve zaman serilerinin tanımlayıcı istatistikleri ele alınacaktır.

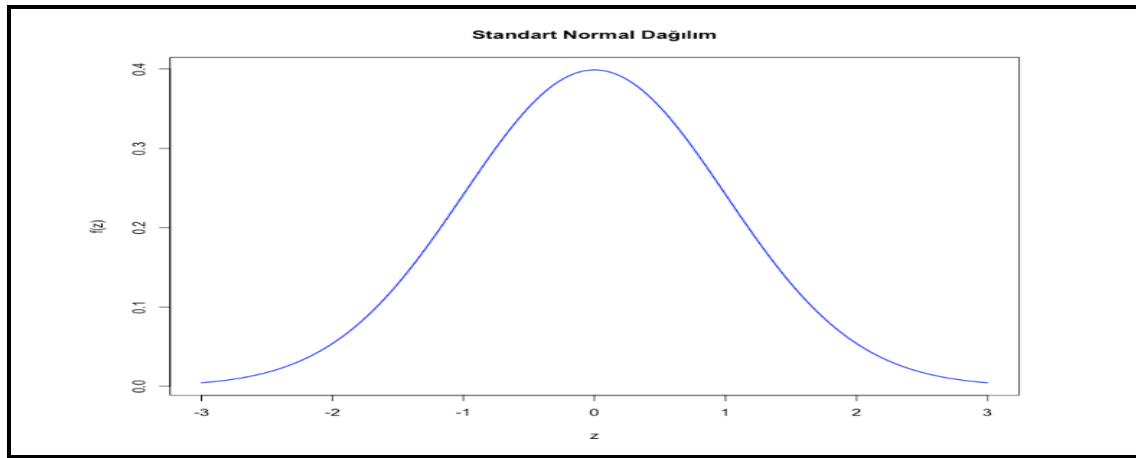
Normal (Gaussian) Dağılım

Evrende gözlemlenebilen değişkenlerin büyük çoğunluğunun çan eğrisine benzer bir dağılım gösterdiği kabul edilmektedir. Bu değişkenlere ilişkin verilerin oluşturduğu bu eğriye "*normal dağılım eğrisi*" denilmektedir ve bu eğrinin yatay eksene göre gösterdiği dağılım da "*normal dağılım*" olarak tanımlanmaktadır. Normal dağılım, istatistikte önemli bir yer tutan bir olasılık dağılımıdır. Bu dağılımda değerler, evren ortalaması etrafında simetrik bir dağılım sergilemektedir. Normal dağılım, her biri bir ortalama ve standart sapma değeri ile tanımlanabilen dağılımların bir kümesi şeklinde ifade edilir. Bu dağılımların bazıları daha geniş ve basık, bazıları ise daha dar ve sivridir. Normal dağılımlar aşağıda verilen dört temel özelliği taşımaktadır (Büyüköztürk vd., 2020: 57) (Şekil 28):

- ❖ Normal dağılım, dikey eksene göre simetrik bir eğriye sahiptir. Bu simetri, dağılımın ortalaması etrafında değerlerin eşit miktarda sağ ve sol tarafında bulunduğu anlamına gelmektedir.
- ❖ Normal dağılım, değerlerin merkez (ortalama veya dikey eksen) etrafında kümeleme eğilimi göstermektedir. Bu kümeleme eğilimi, dağılımın ortalaması

etrafında değerlerin yoğunlaştığı ve zirve noktasının ortalama değeri temsil ettiği anlamını taşımaktadır.

- ❖ Mod, ortanca ve ortalama, normal dağılımın özelliklerinden biri olarak birbirine eşittir. Bu üç değer birbirine eşit olduğundan eğri simetrik bir yapı sergilemekte ve ortalama değeri eğrinin zirvesine denk gelmektedir.
- ❖ Normal dağılım, her iki ucu giderek yatay eksene yaklaşırken ancak hiçbir zaman bu eksene değmeyen bir eğriye sahiptir.
- ❖ Normal dağılım eğrisi altındaki alan, sınırsızdır.



Şekil 28. Normal Dağılım Grafiği

Doğrusal denklem modelinin varsayımlardan biri varyansın normal dağılıma sahip olduğudur. Normal dağılımda olabirlik (log-likelihood) değeri, T gözlem sayısı olmak üzere aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır. Normal dağılımda basıklık/kurtosis değeri “3 (üç)” ve çarpıklık/ skewness değeri ise 0 (sıfır) değerini almaktadır.

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z-\mu}{\sigma}\right)^2\right), \quad -\infty < Z < +\infty, -\infty < \mu < +\infty, \sigma^2 > 0 \quad (10)$$

Yukarıdaki denklem (10) yoğunluk fonksiyonunu göstermektedir. Denklemde yer alan μ aritmetik ortalamayı ifade ederken, σ ise standart sapmayı temsil etmektedir (Ural ve Adakale, 2009: 27).

Yapılan finansal çalışmalarda geleneksel olan bir varsayım, basit getirilerin $\{R_{it}|t = 1, \dots, T\}$ sabit ortalama ve varyans ile bağımsız ve benzer olarak normal dağıldığıdır. Bu varsayım, finansal varlık getirilerinin istatistiksel özelliklerini izlenebilir hale getirmektedir (Tsay, 2010: 16). Anakütle parametrelerine (μ, σ^2) bağlı olan normal dağılım ile bu parametreler bilindiği takdirde normal dağılımın olasılık yoğunluk

fonksiyonu kullanılarak x 'in belirli bir aralıkta bulunma olasılığı elde edilebilir (Gujarati ve Porter, 2009: 817).

Lognormal Dağılım

Normal (Gaussian) dağılım, olasılık ve istatistik alanında en önemli dağılımlardan biridir. Bu dağılımın kullanılmasının temel nedenlerinden biri, merkezi limit teoremi⁹ olmasıdır. Ayrıca istatistik literatüründe/teorisinde, analizlerin ve testlerin çoğu normallik varsayımı üzerine kuruludur. Bu, birçok analizin ve istatistiksel testlerin, gözlemlenen verilerin normal dağılımı takip ettiği veya buna benzer dağılımlara uyduğu varsayımına dayandığı anlamına gelmektedir. Ancak finans araştırmalarında ve özellikle finansal varlık fiyatlarının analizi için lognormal dağılım çok daha önemli bir role sahiptir. Bu sebeple, finansal varlık analizlerinde doğal logaritmayı kullanmak doğru bir seçenek olacaktır. Ayrıca hisse senetleri davranışları gibi ampirik veriler, genel olarak lognormal dağılım varsayımını sıklıkla desteklemektedir (Lee vd., 2019: 394).

Lognormal dağılım, bir rassal değişkenin doğal logaritmasının normal dağılım gösterdiği bir olasılık dağılımıdır. Gerçek hayattaki birçok biyolojik, meteorolojik ve ekonomik değişkenlerin verileri doğası gereği pozitif değerler almaktadır. Bu tür verilerin analiz edilmesi ve uygun modellerle çalışılabilmesi için lognormal dağılımlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Crow ve Shimizu, 1988: 1).

Finansal zaman serilerinde genel olarak kullanılan başka bir varsayım, bir finansal varlığın logaritmik getirisinin (r_t) bağımsız ve aynı dağılıma (*IID*) μ ortalama ve σ^2 varyans ile normal dağıldığı varsayımıdır (Tsay, 2010: 16). Bu varsayımın [$r \sim N(\mu, \sigma^2)$] geçerli olması durumunda, basit toplam getiriler $[(1 + R) = \exp\{r\}]$ aşağıdaki yoğunluk fonksiyonu ile $[(1 + R) \text{ Log}N(\mu, \sigma)]$ lognormal dağılacaktır. Lognormal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu (Çil, 2018: 31):

$$f_{(1+R)(z)} = \frac{1}{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\ln z - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad z \geq 0 \quad (11)$$

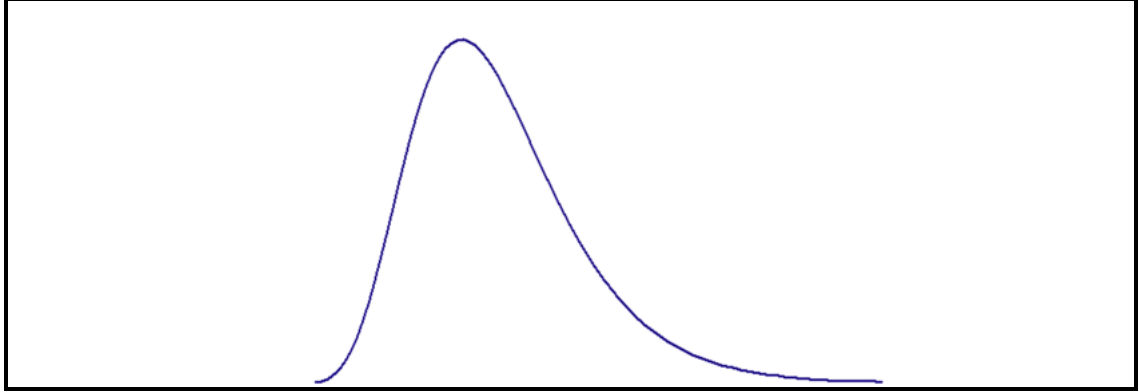
şeklinde ifade edilmektedir. (5) nolu denklemde yer alan μ log-getirinin ortalamasını, σ^2 ise varyansı ifade etmektedir. Dolayısıyla, R aşağıdaki (12) nolu denklem ile gösterilen ortalamaya ve varyansa sahip bağımsız ve aynı dağılıma benzer lognormal dağılan rassal değişkenlerdir (Çil, 2018: 31).

⁹ Merkezi limit teoremi: bağımsız ve aynı dağılıma sahip büyük sayıda rastgele değişkenin toplamının, örneklemin büyüklüğü arttıkça normal dağılıma yakınsayacağını belirtmektedir.

$$E(R_t) = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) - 1 \quad (12)$$

$$\text{Var}(R_t) = \exp(2\mu + \sigma^2)[\exp(\sigma^2) - 1] \quad (13)$$

Lognormal dağılım grafiği ise Şekil 29'de verilmiştir.



Şekil 29. Lognormal Dağılım Grafiği

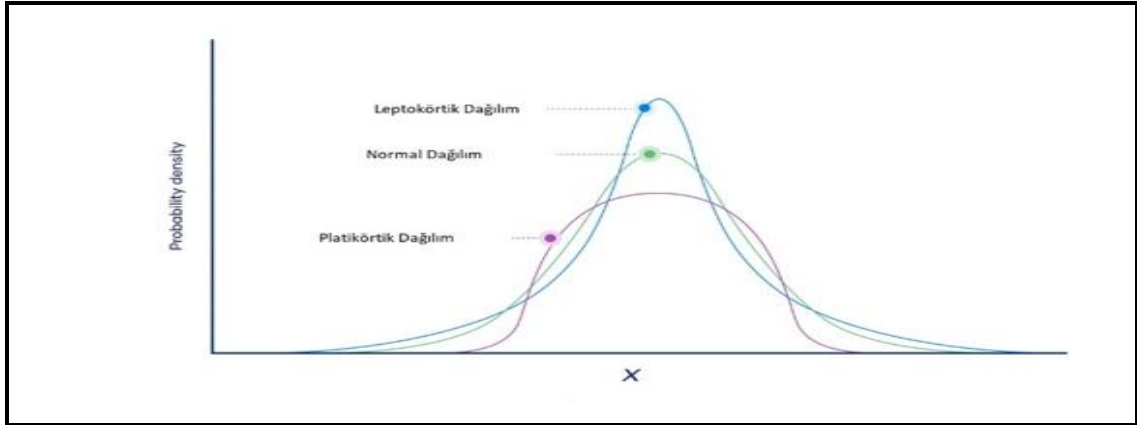
Lognormal dağılım, tarihsel hisse senedi getirileri ile tam uyumlu değildir. Tarihsel getiriler, çarpıklıkla ilgili zayıf kanıtlar sunarken, aşırı basıklıkla ilgili güçlü kanıtlar ortaya koymaktadır (Campbell vd., 1997: 16).

Leptokörtik Dağılım

Sivri (Leptokurtic-Leptokurtasis) dağılım, ortalama değer etrafında birçok gözlem bulunduğu anlamına gelmektedir. Ancak ortalamadan uzak düzeyde nispeten daha fazla gözlem bulunmaktadır ve histogramın merkezi yüksek bir zirvede yer almaktadır. Bu dağılım, normal dağılımla karşılaştırıldığında daha kalın kuyruklara sahiptir. Diğer bir ifadeyle, ortalamadan daha uzak değerlerde yoğunlaşma olmakla birlikte dağılımın kuyrukları daha az yayılmaktadır (Adkins ve Hill, 2011: 428).

Finansal zaman serileri, genel olarak geleneksel ekonometri yöntemlerinin varsayımına uymayan bir yapıya sahip olduğu için normal dağılımdan farklıdır. Bu zaman serileri, normal dağılımın varsaydığı gibi belirli bir ortalama ve simetrik bir şekilde dağılmamaktadır. Ayrıca bu serilerinin dağılımı kuyruklardaki kalınlık ve aşırı basıklık özelliklere sahip olduğundan dolayı normal dağılımından ayrılmaktadır (Brooks, 2014: 67). Aşırı sivrilik (basıklık), finansal zaman serilerinde uç durumların daha yüksek olasılıkla beklendiğini göstermektedir. Bu durum, dağılımın zirvesinin normal dağılıma göre daha dik ve sivri olduğu anlamına gelmektedir. Finansal varlıklarda ise uç değerler, yüksek oynaklık hareketlerin olduğu dönemlere karşılık gelmekte olup bu uç değerler, piyasalardaki belirli dönemlerde varlık fiyatlarında ani ve büyük değişimleri temsil etmektedir. Bu değişimler fiyatların normal dönemlere göre daha hızlı ve geniş

aralıklarda dalgalanmasına neden olmaktadır. Bu iki özelliği taşıyan dağılımlar “leptokörtik dağılım” olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle; varlık getirilerinin dağılımları, normal dağılım ile kıyaslandığında ortalamada hem daha sivri hem de daha kalın kuyruklu dağılım özelliklere sahip olmaktadır (Alexander, 2009: 13; Çil, 2018: 37-38). Aşağıdaki Şekil 30’da Leptokörtik ve platikörtik dağılım grafiklerine yer verilmiştir.



Şekil 30. Leptokörtik ve Platikörtik Dağılım Grafikleri

Kaynak: Turney, 2023: Erişim Tarihi: 25.07.2023)

Ortalama ve Standart Sapma

Bir olasılık dağılımı genel olarak dağılımın momentleri olarak bilinen birkaç özelliğine göre özetlenmektedir. En yaygın kullanılan momentlerden birincisi, ortalama veya beklenen değerdir. İkincisi ise varyanstır (Gujarati ve Porter, 2009: 808). μ bir popülasyonun ortalaması iken, \bar{x} ise örneklemin ortalamasını temsil etmekte olup; ortalama da dağılımın merkezini ifade etmektedir.

Ortalama, istatistiksel analizlerde merkeze yığılma ölçütlerinden birisi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bir veri grubunun ortalaması, verilerin toplamının veri sayısına bölünmesi ile elde edilmektedir. Aşağıda ortalamanın temel özelliklerine kısaca değinilmiştir (Baykul, 1997: 79-81):

- ❖ Verilerin ağırlık merkezi, aritmetik ortalama aracılığıyla gösterilmektedir.
- ❖ Bir grupta yer alan verilerin, bu gruba ait ortalamalardan farklarının toplamı 0 (sıfır)'dır.
- ❖ Veri sayısı yetersiz olduğunda, aritmetik ortalama uç puanlardan etkilenebilir.

Finansal getirilere ilişkin tanımlayıcı istatistiklerden birisi ortalamadır. Finansal analizlerde aynı fiyat serisi kullanılarak elde edilen basit getirilere ait ortalama ile logaritmik getirilere ait ortalamalar birbirinden farklıdır. Aynı fiyat serileri kullanılarak

oluşturulan veri setinden hesaplanan getirilerin ortalaması (\hat{R}) ile logaritmik getirilerin ortalaması (\bar{r}) eşit değildir. Logaritmik getirilerden meydana gelen bir örneklemin logaritmik getirilerinin $\{rt\}$ ortalaması aşağıdaki (14) numaralı denklem yardımıyla hesaplanmaktadır (Çil, 2018: 33):

$$\bar{r} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T r_t \quad t = 1, \dots, T \quad (14)$$

Standart sapma ve varyans; bir olasılık dağılımının yayılımını ölçen istatistikî değişkenler olarak ifade edilmektedir (Stock ve Watson, 2020: 61). Standart sapma, veri değerlerinin yayılımını özetlemek için kullanılan bir ölçü birimidir ve genellikle verilerin ortalamaya göre yayılmasını göstermektedir. Eğer birçok veri değeri ortalamaya yakınsa standart sapma değeri küçük, birçok veri değeri ortalamadan uzaklarında yayılmışsa standart sapma değeri büyük olup; bütün veri değerleri aynı ise yani hepsi aynı değere sahipse bu durumda, standart sapma değeri 0 (sıfır) olmaktadır. Standart sapma bir değişkenlik ölçüsü olarak kullanılmakta ve varyansın farklı olarak, veri birimleri ile ifade edilmektedir. Varyans, verilerin ortalamadan farklarının karelerinin ortalaması iken standart sapma ise varyansın kareköküdür (Gürbüz ve Şahin, 2016: 214). Varyans, rassal değişkenin karesini içerdiği için varyans rassal değişkenin karesi alınmış bir birimdir. Bu durum varyansın değerlendirilmesini ve yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu yüzden standart sapma, varyansın karekökü şeklinde ifade edilmiştir (Stock ve Watson, 2020: 61). Ayrıca standart sapma finansal varlık analizlerinde oynaklığı diğer bir ifadeyle volatilitiyi ifade etmektedir. Standart sapma ve varyans risk ölçüm birimi olarak finans alanında genellikle kullanılmaktadır (Çil, 2018: 33).

Beklenen değer veya ortalaması $E(X) = \mu$ olan bir rassal değişken X 'nin varyansı (15) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Wooldridge, 2013: 734-735):

$$\text{Var}(X) \equiv E[(X - \mu)^2] \quad (15)$$

$\text{Var}(X)$; X 'in ortalamadan sapmasının karesinin beklenen değeri ifade etmektedir. Standart sapma arttıkça verilerin ortalama etrafında daha fazla dağıldığını ve daha geniş bir alana yayıldığını ifade etmektedir. Bu durum verilerin daha değişken bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Standart sapma azaldıkça verilerin ortalama etrafında daha sıkı bir şekilde toplandığını ve bu durumda verilerin daha az değişkenlik gösterdiğini ve daha homojen bir yapıya sahip olduğunu söylemek mümkün olmaktadır.

Kovaryans ve Korelasyon

Kovaryans ve korelasyon, istatistiksel analizlerde temel araçlardan biridir ve bu iki araç, özellikle finansal varlık getirilerinin zaman serisi analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kovaryans veya ortak varyans X ve Y rassal değişkenlerinin karşılıklı olarak ortalamaları etrafındaki dağılımını ölçmektedir. X ve Y 'nin arasındaki kovaryans aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Stock ve Watson, 2020: 70; Çil, 2018: 38):

$$cov(X, Y) = \sigma_{xy} = E[(X - \mu_x)(Y - \mu_y)] \quad (16)$$

Denklem (16)'da yer alan μ_x ve μ_y , sırasıyla, X ve Y değişkenlerinin ortalaması, yani beklenen değerleridir ($E(X) = \mu_x, E(Y) = \mu_y$). Kovaryans, değişkenler arasındaki ilişkinin yönü hakkında bilgi sağlamakla birlikte ilişkinin derecesini belirlemede yetersiz kalmaktadır. Hesaplanan kovaryansın değeri, birim sayısı ve ölçü birimi ile ilişkili olduğundan dolayı kovaryansın büyük olması herhangi bir anlam taşımamaktadır. Yalnızca aldığı işaret ile yorumlanmaktadır. Kovaryansın pozitif bir değer alması, değişkenler arasında pozitif bir ilişkiyi, negatif bir değer alması ise negatif bir ilişkiyi göstermektedir. Ayrıca, iki veya daha fazla finansal varlıktan oluşan bir portföyün riskini değerlendirmek için kovaryans kullanılabilir. Fakat değişkenlerin birlikteliği ve aralarındaki ilişkiyi daha iyi ölçmek için korelasyon katsayısı tercih edilmektedir. Denklem (17)'de yer alan hesaplama yöntemiyle elde edilmektedir (Çil, 2018: 40):

$$\rho_{x,y} = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var(x)Var(Y)}} = \frac{E[(X - \mu_x)(Y - \mu_y)]}{\sqrt{E[(X - \mu_x)^2(Y - \mu_y)^2]}} \quad (17)$$

Korelasyon; bir çift değişken (x, y) arasındaki doğrusal ilişkinin ölçüsünü göstermektedir. Değişkenler arasındaki kovaryansın her bir değişkenin standart sapmalarının çarpımına bölünmesiyle standardize edilerek hesaplanmaktadır. Korelasyon katsayısı ise -1 ile +1 arasında bir değer almaktadır. Korelasyon katsayısı pozitif ve/veya negatif olduğu zaman iki değişken arasındaki ilişkinin pozitif ve/veya negatif olduğu ve -1 veya +1'e yaklaştıkça iki değişken arasındaki ilişkinin yönünün kuvvetlendiğini söylemek mümkündür. Katsayının 0 (sıfır) olması değişkenler arasında bir ilişkinin olmadığını göstermektedir (Cowpertwait ve Metcalfe, 2009: 30).

Korelasyon çalışmaları aşağıdaki nedenlerden dolayı pratikte hem finansal piyasalarda hem de bilimsel araştırmalarda yaygın olarak tercih edilmektedir (Sharma, 2005: 3):

- ❖ Eğer iki değişken arasında güçlü bir ilişki bulunuyorsa bir değişkenin değeri diğerini dikkate alarak tahmin edilebilir.
- ❖ Korelasyon analizi, ekonomik davranışı anlamaya ve bir değişkenin bağlı olduğu son derece önemli değişkenleri bulmaya olanak sağlamaktadır.
- ❖ Fiyat ve talep, gelir ve maliyetler gibi birçok değişken arasında bir ilişki vardır. Bu ilişkinin boyutu korelasyon analizi yardımıyla ölçülebilir.

3.6. Finansal Zaman Serilerinde Durağanlık

Genel olarak bütün zaman serisi süreçlerinde en önemli konulardan biri, zaman serinin durağan bir yapıya sahip olup olmadığının incelenmesidir. Genel olarak ifade etmek gerekirse durağan bir yapıya sahip olmayan bir serinin zaman içinde ortalama ve varyansını değiştirecek biçimde hareket ettiği ifade edilebilir. Durağanlık zaman serisi analizleri açısından büyük bir öneme sahiptir. Çünkü; bir zaman serisi durağan bir yapıda değilse sadece ilgili zaman aralığı içindeki hareketi incelenebilir. Bu yüzden, her bir zaman serisi veri seti, belirli bir kesit için olacaktır. Sonuç olarak; diğer zaman periyodlarına genelleme yapmak mümkün değildir. Bu sebeple, durağan olmayan zaman serilerinin tahmin amacıyla kullanılmasını pratik olarak zorlaştırabilir ve güvenilirliğini azaltabilir (Gujarati ve Porter, 2009: 741).

Granger ve Newbold (1974) tarafından yapılan çalışmada durağan olmayan zaman serileriyle çalışılması durumunda sahte regresyon sorunu ile karşılaşılacağı ifade edilmektedir. Bu bağlamda geleneksel regresyon analizi ve zaman serisi analizi sonuçları doğru ilişkiyi yansıtmayabilir, şaibeli ve yanıltıcı olabilir. Durağan olmayan zaman serileri analizinde, zaman içindeki yapısal değişimleri ve trendleri dikkate alınmadan yapılabileceği için bu durum gerçek ilişkilerin atlanmasına sebep olabilir. Bu ve benzer durumlarda, zaman serisi verilerinden yararlanarak elde edilen sahte regresyon analiz sonuçlarında R^2 ve t değerlerinin oldukça yüksek çıkması muhtemeldir. Fakat elde edilen bu bulgular gerçeği yansıtmayabilir ve şaibeli olma olasılığı son derece yüksektir (Gujarati ve Porter, 2010: 380-381). Bu yüzden zaman serisi analizlerinde durağanlığa dikkat edilmesi ve uygun yöntemlerin kullanılması daha doğru sonuçların elde edilebilmesi için önemlidir.

Zaman serilerinin durağan olup olmadığını belirlemek için birim kök testleri genellikle tercih edilen analiz yöntemleridir. Bu testler, zaman serisi analizinde önemli

bir yere sahiptir. Çünkü bütünleşme düzeyini incelemek amacıyla kullanılmaktadır. Durağanlık için;

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (18)$$

Denklem (18)'de yer alan model incelendiğinde buradaki $\varepsilon_t \sim \text{IID}(0, \sigma^2)$ 'dir. Rho(ρ) katsayısı 1 (bir)'e eşit olduğunda zaman serisi birim kök içermektedir. Test edilen hipotez testleri;

$$H_0 : \rho = 1 \text{ (Seri birim köke sahiptir, durağan değildir.)}$$

$$H_1 : |\rho| < 1 \text{ (Seri birim köke sahip değildir, durağandır.)}$$

Zaman serilerinin durağanlığını test etmek amacıyla ρ katsayısının 1 (bir)'e eşitliği hipotez testleri ile t testi kullanılmaktadır. Fakat, bu t testi yalnızca zaman serisinin durağan olduğu durumda geçerlidir. Ancak zaman serisinin birim köklü olduğu durumda H_0 hipotezine göre hesaplanan t testi değeri t dağılımı göstermez ve hatalı bulgular elde edilebilir. Ayrıca modelde Y_{t-1} teriminin yer alması etkinlik kaybına sebep olacağı için standart hatalar büyüyerek durağanlık konusundaki kararların sapmalı olmasına sebep olabilmektedir (Balıbey, 2014: 24-25). Dolayısıyla, zaman serilerinin durağanlığını test etmek amacıyla çeşitli birim kök testleri geliştirilmiştir. En yaygın olarak kullanılan birim kök testleri hakkında kısa bilgi verilmektedir.

Dickey – Fuller (DF) Testi

Dickey ve Fuller (1979) yaptıkları çalışmada, zaman serilerinin birim kök varlığını test etmek amacıyla geliştirmiş oldukları yöntemi, "*Dickey-Fuller Birim Kök Testi(DF)*" olarak tanımlamışlardır. Denklem (19)'da yer alan denklemin her iki tarafından geçmiş dönem değerini (Y_{t-1}) çıkartarak yeni bir test geliştirmişlerdir. Dickey- Fuller Birim Kök Testi aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (19)$$

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (20)$$

$$\nabla Y_t = (\rho - 1)Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (21)$$

$$\nabla Y_t = \rho^* Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (22)$$

şeklindedir. Test edilen Dickey- Fuller Birim Kök Hipotezleri aşağıdaki gibidir;

$$H_0 : \rho^* = 0 \text{ (Seri birim köke sahiptir, durağan değildir.)}$$

$H_1: \rho^* < 0$ (Seri birim köke sahip değildir, seri durağandır.)

şeklinde olup; Test istatistik değeri ise aşağıdaki denklem (23)'te verilmiştir:

$$\tau = \frac{\hat{\rho}^*}{S_{\hat{\rho}^*}} \sim DF_j \quad (23)$$

formülüyle ifade edilmektedir (Dickey ve Fuller, 1979: 427). Dickey ve Fuller (1979) tarafından yapılan çalışmada kritik tablo değerlerine yer vermişlerdir. 1991 yılında MacKinnon ise bu kritik tablo değerlerini genişletmiştir. MacKinnon kritik değerleri genel olarak test için kullanılmaktadır.

Geliştirilmiş Dickey – Fuller (ADF) Testi

Dickey-Fuller birim kök testinde kullanılan denklem Y_t 'nin bir otoregresif (AR) sürecini sergilediğinden dolayı ε_t hata terimlerinde otokorelasyona sebep olmaktadır. Bu nedenle hata terimleri beyaz gürültü (white noise) özelliklerini sergilemezler. Dickey ve Fuller (1981) tarafından önerilen yeni testte, hata terimlerinin arasındaki otokorelasyonu ortadan kaldırmak için Dickey-Fuller testinde kullanılan denklemlerin sağ tarafına bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin eklenmesini önermişlerdir. Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi olarak bilinen test, aşağıda yer alan denklem (24), (25) ve (26)'daki tahminlere dayanmaktadır (Lütkepohl ve Kratzig, 2004: 54-55).

$$\nabla Y_t = \rho Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \beta_i \nabla Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (24)$$

$$\nabla Y_t = \alpha_0 + \rho Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \beta_i \nabla Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (25)$$

$$\nabla Y_t = \alpha_0 + \beta_0 + \rho Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \beta_i \nabla Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (26)$$

denklemleri ADF olarak ifade edilmektedir (Dickey ve Fuller, 1981). Yukarıdaki denklem (24), (25) ve (26)'da verilen modellerde $\rho = 0$ hipotezlerinin testi için DF testi ile aynı olmakla birlikte sırasıyla τ , $\tau\mu$, $\tau\tau$ istatistikleri kullanılmaktadır.

Phillips Perron (PP) Birim Kök Testi

Dağılım teorisi, Dickey Fuller testlerini desteklemektedir. Bu teori hataların istatistiki olarak birbirinden bağımsız ve sabit varyansa sahip olduğunu varsaymaktadır. Bu yöntemi kullanırken ε_t hata terimlerinin bu özelliklere gerçekten sahip olduğundan

emin olmak gerekmektedir. 1988 yılında Phillips ve Peron tarafından yapılan çalışmada; Dickey-Fuller birim kök testlerinde zaman serisinin hata terimlerinde ortaya çıkan otokorelasyon ve değişen varyans sorununu dikkate alarak, hata terimlerinin konusunda daha yumuşak varyanslara dayanan yeni bir test önermişlerdir. Phillips ve Peron, Hareketli Ortalama (MA) terimlerini dikkate almak amacıyla, seriyi üreten AR terimlerine MA terimlerini eklemek yerine test istatistiğinin değiştirilmesini önermişlerdir (Çil, 2018: 299). Philips ve Peron birim kök testinin hipotezler ile DF testi ile aynıdır. Ayrıca bu testin avantajı, hata teriminin değişen varyansı için güçlü olmasının yanı sıra testin regresyonu için gecikme sayısının belirtilmesine ihtiyaç duyulmamasıdır (Güneş, 2020: 42).

Finansal zaman serilerinin analizlerinde son derece popüler olan Phillips ve Peron birim kök testinde kullanılan regresyon modeli kısaca aşağıda açıklanmıştır:

$$\nabla Y_t = \beta' D_t + \pi Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim I(0), \quad (27)$$

$$Z_t = \left(\frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\lambda}^2} \right)^{1/2} \cdot t_\pi = -\frac{1}{2} \left(\frac{\hat{\lambda}^2 - \hat{\sigma}^2}{\hat{\lambda}^2} \right) \left(\frac{T \cdot \sigma(\widehat{\pi})}{\hat{\sigma}^2} \right), \quad (28)$$

$$Z_\pi = T_{\widehat{\pi}} - \frac{1}{2} \frac{T^2 \sigma(\widehat{\pi})}{\hat{\sigma}^2} (\hat{\lambda}^2 - \hat{\sigma}^2). \quad (29)$$

denklemleri Phillips ve Peron birim kök testi olarak ifade edilmektedir. Denklemde yer alan $\hat{\lambda}^2$ ve $\hat{\sigma}^2$ varyans parametreleri tutarlı parametreler olarak ifade edilmektedir.

$$\sigma^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \sum_{t=1}^T E[\varepsilon_t^2], \quad (30)$$

$$\lambda^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \sum_{t=1}^T E[T^{-1} S_T^2]. \quad (31)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan $ST = \sum_{t=1}^T e_t$ 'dir. $H_0 = \mu$ olduğu zaman, Z_t ve Z_μ Phillips ve Peron istatistikleri ADF t istatistiklerindeki değerler gibi aynı asimptotik dağılımlardan meydana gelmektedir. Phillips ve Peron birim kök testi, ADF testleri ile karşılaştırıldığında sahip olduğu avantajlarından biri, hata teriminin e_t değişen varyansa karşı güçlü olmasıdır. Diğer bir avantaj ise test regresyonu için bir gecikme sayısının belirlenmesinin zorunlu olmamasıdır (Phillips ve Peron, 1988). Bu durum testi daha esnek olmasını ve uygulamanın daha kolay olmasına olanak sağlamaktadır.

Kwiatkowski – Phillips – Schmidt – Shin (KPSS) Birim Kök Testi

Genişletilmiş Dickey- Fuller (ADF) ve Phillips- Peron (PP) birim kök testleri, Y_t zaman serisinin birim köke sahip olduğu alternatif hipotezinin testine dayanmaktadır. Durağanlık testleri ise Y_t zaman serisinin durağan olduğu sıfır hipotezi test etmektedir. 1992 yılında Kwiatkowski ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada ise zaman serisinin durağan olmadığı hipotezine karşı durağan olduğu sıfır (H_0) hipotezinin testi için Lagrange Çarpanı (LM) istatistiğini kullanmayı önermişlerdir. KPSS testi diğer birim kök testlerinden farklı olarak sıfır hipotezin birim köke sahip olmadığı, yani serinin durağan olduğunu ifade etmektedir (Çil, 2018: 301). KPSS birim kök testinin başlangıç yeri aşağıdaki denklemlerdir:

$$Y_t = \alpha + \mu_t + \varepsilon_t \quad (32)$$

$$Y_t = \alpha + \beta_t + \mu_t + \varepsilon_t \quad (33)$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim (0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (34)$$

denklem (32)'de, deterministik bileşenlerden α sabit terimi, denklem (33)'te ise hem α sabit terimi hem deterministik trendi içermektedir. Denklem (32) ve (33)'teki ε_t durağan sürece sahip olmakla birlikte değişen varyansa sahip olabilir. Denklem (34)'teki μ_t ise pür rassal yürüyüş (random walk) modelini ifade etmektedir (Terence ve Raphael, 2008: 92-93). KPSS test istatistiği aşağıdaki denklem (35)'te olduğu gibi hesaplanmaktadır.

$$KPSS = T^{-2} \sum_{t=1}^T \frac{s_t^2}{s^2(m)} \quad (35)$$

KPSS birim kök testinin test istatistiği standart dağılıma uygun olmadığından dolayı kritik değerler Kwiatkowski vd., (1992) tarafından Monte Carlo simülasyon yöntemleri yardımıyla hesaplanarak tablo haline getirilmiştir. KPSS test istatistiği değeri, belirlenen kritik değerden küçük olması durumunda sıfır hipotezi reddedilmez ve zaman serisinin durağan bir yapıya sahip olduğu kabul edilir (Schwert, 1989; Kwiatkowski vd., 1992; Çil, 2018: 302).

Durağanlık testi için bu klasik birim kök testlerinin yanı sıra finansal zaman serilerinde uzun hafıza modellerini belirlemek için farklı birim kök test yöntemleri bulunmaktadır. Finansal zaman serilerinde uzun hafıza modellerini belirlemek bu analiz yöntemleri: “parametrik yöntem”, “yarı parametrik yöntem” ve “parametrik olmayan yöntem” olmak üzere üç ayrı gruba ayrılmaktadır. Bu yaklaşımlardan her biri farklı

özelliklere sahip olup ve olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Parametrik yöntemler, AR, MA ve fark alma gibi tüm parametreleri aynı anda tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır. Örneğin ARFIMA(p, d, q) modeli için p, d, q parametrelerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Parametrik yöntemlerin hesaplanması diğer yöntemlere göre zor yani, tahmin edilmesi gereken çok sayıda parametre olmakla birlikte yanlış tahminler sonucunda hatalı sonuçlar çıkabilmektedir. Yarı parametrik yöntemlerde ise iki aşamalı bir yaklaşım kullanılmaktadır. İlk aşamada, genellikle d parametresi tahmin edilmekte ve ikinci aşamada ise diğer parametreler tahmin edilmektedir. Bu yaklaşımda d parametresine ayrı bir önem verilmektedir. Çünkü daha düşük hata olasılığına sahiptir. Bununla birlikte yarı parametrik yöntemler, iyi ve doğru belirlenmiş parametrik yöntemlere veya muadillerine kıyasla daha az etkin olabilmektedir (Reisen vd., 2001: 788; Banerjee ve Urga, 2005: 18). Sonuç olarak, finansal zaman serilerinde uzun hafıza modellerini belirlemek için parametrik, yarı parametrik ve parametrik olmayan yöntemler arasında bir denge sağlanması önemlidir. Her yöntemin avantajları ve dezavantajları bulunduğundan, doğru yöntemi seçerken zaman serisinin özelliklerini ve veri miktarını dikkate almak gerekmektedir.

Parametrik Yöntemler

Tam Maksimum Olabilirlik Yöntemi

Tam Maksimum Olabilirlik Yöntemi, durağan özellik gösteren bir ARFIMA modelinin parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, Hosking'in 1981 yılındaki çalışmasında ileri sürülmüş ve ARFIMA (1, d , 1) sürecinin otokovaryanslarının (ACF) en etkin şekilde hesaplanmasını sağladığı belirtilmiştir. Daha sonra, Sowell (1992) ve Doornik ve Ooms (2003) tarafından yapılan çalışmalar ile bu yöntem daha da geliştirilmiştir. Ayrıca bu yöntem, finansal zaman serisinin istatistiksel özelliklerini dikkate alarak ARFIMA modelinin parametrelerini tahmin edebilmektedir. ARFIMA (p, d, q) modeli için normal log-likelihood fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$\ell_p(d, \phi, \theta) = -\frac{T}{2}(1 + \log 2\pi) - \frac{1}{2} \log |R| - \frac{T}{2} \log [T^{-1} \hat{Z} R^{-1} \hat{Z}] \quad (36)$$

$$\hat{z} = y - X\beta, \quad \beta = (X'R^{-1}X)^{-1} X'R^{-1}y \quad (37)$$

(37) nolu eşitlikteki γ gözlemlere ait vektörü tanımlar. Maksimizasyon sürecinde kullanılan fonksiyon ise şu şekildedir:

$$-\frac{1}{2}\{T^{-1}\log|R| + \log\sigma^2\varepsilon\} \quad (38)$$

(38) nolu eşitlikteki fonksiyonu normal log-likelihood ile bir araya getirildiğinde;

$$\Sigma_{\varepsilon}^2 = T^{-1}Z'R^{-1}Z = T^{-1}e'e \quad (39)$$

olup tahmin sonucunda $d \leq -5$ veya $d > 0,49999$ ve $|p_i| \geq 0.9999$ sonucu elde edildiğinde modelin durağanlığı reddedilmektedir (Doomik ve Ooms, 2003: 340-342).

Yaklaşık Whittle Yöntemi

Fox ve Taqqu (1986), 1951 yılında Whittle tarafından önerilen yaklaşımı kullanarak bu yöntemi geliştirmişlerdir. Zira tam maksimum olabilirlik yöntemi, frekans alanı maksimum değere dayandığı ve tahmin edilmesi gereken çok sayıda parametreye sahip olduğundan dolayı yöntemin uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bu sebeple, bu zorluğun üstesinden gelmek amacıyla “Yaklaşık Whittle Yöntemi” gibi alternatif bir yaklaşım ortaya konulmuştur (Reisen vd., 2000: 188; Brockwell ve Davis, 2016: 208). Bu yöntem kesirli bütünleşik sürecin frekans alanında en çok olabilirlik yöntemini temel alarak d parametresini tahmin etmektedir. D_{wt} tahmincisi aşağıdaki ayrık form yardımıyla hesaplanarak tahmin edilmektedir:

$$\text{Ln}(\xi) = \frac{1}{2n} \sum_{j=1}^{n-1} \left\{ \log f(w_j, \xi) + \frac{I(w_j)}{f(w_j, \xi)} \right\} \quad (40)$$

(40) nolu eşitlikteki $f(w_j, \xi)$, w frekansındaki spektral yoğunluğudur. ξ ise bilinmeyen parametrelerin vektörünü temsil etmektedir. ARFIMA (p, d, q) modelinde yer alan ξ , d katsayısını ve ARIMA modelindeki bilinmeyen parametrelerini kapsamaktadır. Yaklaşık Whittle yönteminin tahmincisi denklemdeki fonksiyonu minimize eden ξ değerini belirtmektedir (Reisen vd., 2000: 188; Zivot ve Wang, 2006: 284).

Yarı Parametrik Yöntemler

Bir zaman serisinin uzun dönemli hafıza derecesini ölçmek için alternatif olarak kullanılan diğer bir yöntem yarı parametrikdir. Bu yaklaşım uzun dönemli hafıza katsayısının hatalı bir şekilde tahmin edilmesi durumunda tutarsız sonuçlara götüren parametrik yapıdan kaçınma fırsatını sağlamaktadır. Yarı parametrik yöntemler, parametrik yapıdan uzun dönemli hafıza katsayısının tahmininde kullanılmaktadır. Bu yarı parametrik yöntemler kısaca şu şekilde açıklanmıştır:

Geweke ve Porter-Hudak (GPH) Yöntemi

Uzun dönemli hafıza katsayısının tahmincisi olarak literatürde genellikle kullanılan yöntemlerden birisi olup; 1983 yılında Geweke ve Porter-Hudak tarafından geliştirilmiştir. GPH yöntemi ile kesirli fark alma katsayısını yani d parametresini tahmin etmek amaçlanmaktadır. Modelde $I(\xi)$, ξ aralığındaki γ 'nin periyodogramı olup; aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Kumar, 2014):

$$I(\xi) = \frac{1}{2\pi T} \left| \sum_{t=1}^T e^{it\xi} (y_t - \bar{y}) \right| \quad (41)$$

Spektral regresyon ise şu şekilde gösterilmektedir:

$$\ln \left\{ I(\xi_{y,\lambda}) = \beta_0 + \beta_1 \ln \left\{ 4 \sin^2 \left(\frac{\xi_\lambda}{2} \right) \right\} + \eta_\lambda \right\}, \quad \lambda = 1, \dots, v \quad (42)$$

Burada;

$$\xi_\lambda = \frac{2\pi\lambda}{T} (\lambda = 0, \dots, T-1) \quad (43)$$

(43) nolu eşitlikte örneklemin koordinatlarını belirtirken;

$$\eta_\lambda = \ln \left\{ \frac{I(\xi_\lambda)}{f(\xi_\lambda)} \right\} \quad (44)$$

(44) nolu eşitlikte verilen denklem normalleştirilmiş periodogramı, T gözlem sayısını ve $v = g(T) \ll T$ ise spektral regresyonuna dahil edilen harmonik koordinat sayısını göstermektedir. Geweke ve Porter-Hudak (1983), d parametresinin tahmin edilmesi durumunda sadece 0 (sıfır)'dan küçük olduğunda tutarlı ve asimptotik olarak normal sonuçlar elde edildiğini bulmuşlardır (Geweke ve Porter-Hudak 1983; Barkoulas ve Baum, 1997: 6).

Modifiye Edilmiş Log Periodogram Yöntemi

Kim ve Phillips (1999) tarafından yapılan çalışmalarda normal GPH modeli verilen durum için güvenilir sonuçlar vermediğini vurgulamışlardır. Öte yandan, Agiakloglou vd., (1992) özellikle normal GPH modelinin kısa dönemli hafıza sürecinin özelliklerini göz ardı ettiğini ve küçük örneklem büyüklüğü durumlarında da güvenilir sonuçlar sunamadığını belirtmişlerdir. Bu eksiklikler sebebiyle, Kim ve Phillips tarafından önerilen modifiye edilmiş GPH modeli, literatürde daha fazla kabul görmüş ve tercih edilmiştir. Philips (2007) tarafından yapılan çalışmada, GPH tahmin modelinin

negatif bir d değeri aldığı durumda güvenilir sonuç verdiğini fakat d değerinin 1 (bir)'e yakın bir değer aldığı durumunda tahminlerin güvensiz olduğunu ifade ederek ve hatta d katsayısının/parametresinin birim kök halinde bile güvenilir sonuçlar verdiğini belirterek “*Modifiye Edilmiş Log-Periodogram Yöntemi*” geliştirmiştir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse $d > 1$ değerinden büyük olduğunda, d tahminin güvensiz olması nedeniyle modifiye edilmiş log-periodogram yöntemi geliştirilmiştir. $0,5 < d < 1$ aralığında ise d parametresinin tahmini güvenilir olmasıyla beraber $d = 1$ eşitliğinin, tahminin güvenilir olup olmaması konusunda sınır durumunu temsil ettiği söylenebilir. Dolayısıyla ileri sürülen bu yöntemde birim kök içeren $d = 1$ sürecine odaklanılmıştır. En Küçük Kareler (EKK) yöntemiyle log-periodogram tahmincisi d parametresi elde edilmektedir:

$$\log(I_x(\lambda_s)) = \hat{c} - \hat{d} \log|1 - e^{i\lambda_s}|^2 + \varepsilon \quad (45)$$

buradaki temel aralıklar; $\left\{ \lambda_s = \frac{2\pi s}{n} : s = 1, \dots, m \right\}$ ve bazı $m < n$ için: $\alpha_s = \log|1 - e^{i\lambda_s}|$ ve $x_s = \alpha_s - \bar{\alpha}$ ve $\bar{\alpha} = m^{-1} \sum_{s=1}^m \alpha_s$ olarak tanımlarsa \hat{d} (46) nolu eşitlik yardımıyla da hesaplanabilmektedir.

$$\hat{d} = - \frac{1 \sum_{s=1}^m x_s \log I_x(\lambda_s)}{2 \sum_{s=1}^m x_s^2} \quad (46)$$

(46) nolu eşitlik $I_x = w_x(\lambda_s) w_x(\lambda_s)^*$ periodogramı ve $w_x(\lambda_s)$ X_t serisinin ayrık Fourier dönüşümünü¹⁰ ifade etmekte ve

$$w_x(\lambda_s) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi n}} \right) \sum_{t=1}^n X_t^{it\lambda_s} \quad (47)$$

ile formüle edilmektedir (Philips, 2007: 105).

Gaussian Yarı Parametrik Tahmin Yöntemi

Gaussian yarı parametrik tahmin yöntemi yukarıda açıklanan Yaklaşık Whittle yönteminin geliştirilmiş halidir. Bu yöntem, parametrik veri modeli için bir model tanımına gerek olmayıp, sadece bir zaman serisinin spektral yoğunluğunun¹¹ tanımına dayanmaktadır. Robinson (1995) tarafından ayrık bütünleşme parametresini tahmin

¹⁰ Fourier dönüşümü: bir fonksiyonun içerdiği frekansları belirleyerek onu farklı bir biçime çeviren, fizik, mühendislik ve matematik alanlarında kullanılan bir integral dönüşümüdür.

¹¹ Güç spektrumu yoğunluğu: bir zaman serisinde bulunan sinyallerin sebebi olan frekans bileşenlerinin dağılımı şeklinde tanımlanır.

etmek amacıyla Gaussian yarı parametrik yöntemini geliştirerek, $H \in (0,1)$ frekansında belirli şartlar altında önceki tahmin yöntemlerine göre daha güvenilir ve etkili sonuçlar elde ettiğini ve ayrıca yöntemin asimptotik olarak normal dağılıma uygun olduğunu savunmuştur. Gaussian varsayımına dayanmayan bir x_t serisinin periodogramı ve ayrık Fourier dönüşümü şu şekildedir (Robinson, 1995: 1632-1633):

$$w(\lambda) = (2\pi n)^{-1/2} \sum_{t=0}^n x_t e^{it\lambda}, \quad I(\lambda) = |w(\lambda)|^2 \quad (48)$$

Burada x_t 'nin bilinmeyen bir ortalaması için düzeltme yapılmamaktadır. Çünkü, istatistiksel olarak sadece (48) nolu denklem için frekanslarda hesaplanmaktadır. İstatistikler (48) sadece $j = 1, \dots, m$ (Burada (m bir tam sayı olup $n/2$ 'den daha küçüktür) için $\lambda_j = 2\pi j/n$ frekanslarda hesaplanmaktadır.

$\lambda \rightarrow 0+$, ile $G \in (0, \infty)$ ve $H \in (0,1)$ verileri için spektral yoğunluğu;

$$f(\lambda) \sim G\lambda^{1-2H} \quad (49)$$

biçiminde ifade edilmektedir. Amaç fonksiyonu ise (50) nolu denklem yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$Q(G, H) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \left\{ \log G \lambda_j^{1-2H} + \frac{\lambda_j^{2H-1}}{G} I_j \right\} \quad (50)$$

Denklemden $I_j = I(\lambda_j)$ eşitliği mevcuttur. Denklem minimize edildiğinde (G, H) elde edilmektedir. H_0 kendine benzerlik parametresinin (H) gerçek değeriye n sonsuza giderken ($n \rightarrow \infty$) H tahmincisinin tutarlı olduğunu söylemek mümkündür

(50) nolu eşitlikte $I_j = I(\lambda_j)$ ilişkisi bulunmaktadır. Denklem minimize edildiği zaman $(\widehat{G}, \widehat{H})$ değerleri elde edilmektedir. Eğer H_0 kendine benzerlik katsayısının (H) gerçek değeri ise n sonsuza giderken ($n \rightarrow \infty$), \widehat{H} tahmincisinin güvenilir olduğunu ifade etmek mümkündür (Palma, 2007: 81).

Wavelet Tabanlı Tahmin Yöntemi

2000 yılında Jensen, ARFIMA (p, d, q) uzun hafıza sürecine waveletleri dahil ederek kesirli fark alma parametresi d 'nin maksimum olabilirlik tahmincisini üreten wavelet tabanlı bir tahmin yöntemi oluşturmuştur. Bu wavelet tabanlı maksimum olabilirlik tahmincisi, maksimum olabilirlik tahmincisinin ve yarı parametrik tahmincisinin pozitif yönlerine sahiptir. Ancak bunlar ile ilgili dezavantajlar olmaksızın sunulmakta ve

aynı zamanda wavelet tabanlı maksimum olabilirlik tahmincisi beyaz gürültü sürecine karşı güçlü bir performans sergilemektedir. Wavelet tabanlı yöntemde $\psi(t)$, $\int \psi(t)dt = 0$ koşulunu sağlayan ve $t \rightarrow \pm\infty$ olduğu durumda hızla bir şekilde 0 (sıfır)'a doğru düşen salınımlı bir fonksiyonu göstermektedir.

Burada $r = 0, 1, \dots, M$ için $\int t^r \psi(t)dt = 0$ ve/veya $\psi(t) \in Ck$ şartlar sağlandığı zaman $\psi(t)$ 'nin frekans ve zaman alanında iyi lokalize olduğu ifade edilebilmektedir. Genişletilmiş ve dönüştürülmüş wavelet aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\psi(t)_{m,n} = 2^{m/2} \psi(2^m t - n) \quad (51)$$

(51) nolu denklemdeki m ve n , $Z = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ tam sayı ögelerini belirtmektedir. Öte yandan, m ve n 'nin çeşitli değerleri için $\psi_{m,n}$ zamanın farklı frekanslarını ve zaman dilimlerini kapsamaktadır. Yüksek frekanslarda (büyük m) zamanın dönüşümünün, ($2^{-m}n$) küçük olduğunu ifade ederken; wavelet sıçramalara, zirve ve tekil noktalarına yaklaşmasına olanak tanımaktadır. Düşük frekanslarda ise (küçük m) dönüşümler büyük olmakta ve $\psi_{m,n}$ 'nin serinin düzgünlüğünü ve periyodikliğini görmek amacıyla uzaklaşmasına izin vermektedir. $x(t)$ 'nin wavelet dönüşüm fonksiyonu;

$$X, \psi(t)_{m,n} = \int x(t) \psi_{m,n}(t) dt \quad (52)$$

şekilde ifade edilmektedir (Jensen, 2000: 363-364).

Parametrik Olmayan Yöntemler

Modifiye Edilmiş R/S İstatistiği

Klasik R/S istatistiğinin, zaman serilerinde kısa hafızaya duyarlı olduğu tespit edildikten sonra, uzun dönem ve kısa dönem bağımlılık arasındaki farkı ayırt edebilmek için Lo (1991) Geliştirilmiş R/S istatistiğini önermiştir. Dolayısıyla burada R/S istatistiğinin, istatistiksel olarak kısa hafıza süreçleri davranışının değişmez olduğundan dolayı ancak uzun hafıza süreçleri için sapma gösterdiğini ve emin olmak için Lo çalışmasından değiştirilmesi gerektiğini belirtmiştir (Lo, 1991: 1281). Aşağıdaki şekilde istatistiğin denklemi verilmiştir:

$$Q_n \equiv \frac{1}{\hat{\sigma}_n(q)} \left[\max_{1 \leq k \leq n} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) - \min_{1 \leq k \leq n} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) \right] \quad (53)$$

(53) nolu eşitlikte aşağıdaki denklemler bulunmaktadır:

$$\hat{\sigma}_n^2(q) \equiv \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_n)^2 + \frac{2}{n} \sum_{j=1}^q \omega_j(q) \left\{ \sum_{i=j+1}^n (X_i - \bar{X}_n)(X_{i-j} - \bar{X}_n) \right\} \quad (54)$$

Geliştirilmiş R/S istatistiği, klasik R/S istatistiğinin uzun hafıza özelliklerine daha duyarlı bir şekilde değiştirilmiş şeklidir. İki test arasındaki temel fark; Geliştirilmiş R/S testinin formüldeki kısmi toplamları standart sapmalarına dönüştürmesidir. $\hat{\sigma}_x^2$ ve \hat{y}_j X' in sırasıyla örneklem varyansı ve otokovaryans tahmincilerini ifade etmektedir. $\{X_t\}$ kısa dönemli hafızaya sahip ise $\hat{\sigma}_n(q)$ tahmincisi, sadece X_j sapmalarının karelerinin toplamından etkilenmekle kalmaz; aynı zamanda q gecikmesine kadar ağırlıklandırılmış otokovaryanslar tarafından da etkilenir (Lo, 1991: 1290).

Yeniden Ölçeklendirilmiş Aralık (Rescaled Range-R/S) İstatistiği

Hurst (1951) tarafından Nil nehri debisi üzerine yapılan çalışmada geliştirilen bu yöntem ve standart sapma üzerindeki aralık veya R/S istatistiği olarak kullanılması için Mandelbrot (1972, 1975) tarafından da “Yeniden Ölçeklendirilmiş Aralık(R/S)” testi önermiştir. Bu yöntem, parametrik olmayan yöntem olarak uzun dönemli hafızayı incelemek için en iyi bilinen bir yöntemdir. R/S istatistiği, standart sapmasını ve ortalamasından sapmaların kısmi toplamlarını kullanarak bir zaman serisinin yeniden ölçeklendirilmesi yoluyla elde edilen bir aralıktır. X_1, X_2, \dots, X_n örnekleminin getiri serisi ve $\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_j X_j$ ortalaması olarak dikkate alındığı zaman klasik R/S istatistiği aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$\tilde{Q}_n \equiv \frac{1}{S_n} \left[\max_{1 \leq k \leq n} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) - \min_{1 \leq k \leq n} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) \right] \quad (55)$$

burada S_n olağan (maksimum likelihood) ifade etmektedir. Standart sapma tahmincisi:

$$S_n \equiv \left[\frac{1}{n} \sum_j (X_j - \bar{X}_n)^2 \right]^{1/2} \quad (56)$$

şeklinde formüle edilmektedir. (56) nolu eşitlikteki parantez içindeki ilk terim, denklemin X_j değerlerinin örneklem ortalamasından olan sapmalarının mutlak değerlerinin ilk k sapmasının maksimum değerini temsil etmektedir (k üzerinden). X_1 'lerin ortalamasından sapmaları 0 (sıfır) olduğu için bu maksimum değer her zaman negatif değer almamaktadır. Öte yandan, parantez içindeki ikinci terim, X_j 'lerin aynı

kısmi toplamlar dizisinin minimum (k üzerinden) değeri ifade etmektedir. Ancak bu minimum değer her zaman pozitif göstermektedir. Bu nedenle; aralık olarak isimlendirilen bu iki terim arasındaki fark sifıra eşit veya sıfırdan büyük bir değer almaktadır. Yani kısaca iki terim arasındaki fark hiçbir zaman negatif bir değer almamaktadır ($Q_n \geq 0$) (Lo, 1991: 1286-1287; Lillo ve Farmer, 2004: 6). Bu yöntemin kullanılabilirliği, veri kümesindeki en yüksek ve en düşük değerlere bağlı olmakla birlikte uç değerlerin etkisi göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu etki sebebiyle, yöntem yalnızca istikrarlı ve trend içermeyen zaman serilerine uygulanabilir (Cao vd., 2018: 2).

Eğer bir zaman serisi durağanlık özelliği sağlıyorsa ve uzun bellek özelliğini taşıyorsa R/S istatistiği $T^{1/2}$ oranında rassal bir değişkene yaklaşma eğilimini göstermektedir. Eğer durağan bir zaman serisi olan y_t süreci uzun bellek özelliğine sahipse Mandelbrot (1975), R/S istatistiğinin H^T (burada H Hurst parametresini ifade etmektedir.) oranında rassal bir değişkene yakınsadığını göstermiştir. Bu sonuca dayanarak bir zaman serisi kısa hafıza özelliği gösteriyorsa örneklem boyutuna bağlı olarak R/S istatistiğinin log-log grafiği, eğimi $1/2$ olan düz bir çizgi etrafında dağılım göstermelidir. Ancak uzun hafıza özelliği gösteren bir zaman serisi durumunda, örneklem boyutu yeterince büyükse log-log grafiği eğimi $H > 1/2$ olan düz bir çizgi etrafında dağılmalıdır (Zivot ve Wang, 2006: 280).

Mandelbrot, Taqu ve Wallis, uzun dönem bağımlılığını tespit etmek için geleneksel yöntemlere kıyasla R/S analizinin üstünlüğünü ortaya koymak amacıyla otokorelasyonlar, varyans oranları ve spektral ayrışmalar gibi konuları ele almışlardır. Örneğin, Mandelbrot ve Wallis (1969) yaptıkları Monte Carlo simülasyonlarıyla, R/S istatistiğinin Gauss olmayan, çarpıklık ve basıklık özellikleri gösteren zaman serilerinde uzun dönemli bağımlılığı tespit edebildiğini göstermiştir. Mandelbrot (1972, 1975), ayrıca sonsuz varyanslı stokastik süreçler için R/S istatistiğinin neredeyse kesin bir şekilde yakınsadığını ve bu tür süreçlerde otokorelasyonlar ile varyans oranlarına kıyasla belirgin bir avantaj sağladığını vurgulamıştır (Lo, 1991: 12867). Mandelbrot ve Wallis, 1969 yılındaki çalışmalarında, uzun hafıza özelliğini belirlemek için "*Hurst Exponent (Hurst Üsteli)*" olarak adlandırılan metrikleri tanımlamışlardır. Ayrıca bu ölçütleri tespit etmek amacıyla, R/S analizinden faydalanarak bir grafik tekniği geliştirmişlerdir.

3.7. Finansal Zaman Serilerinde Otokorelasyon

Herhangi bir devrenin hata terimi ile diğer devrelerin hata terimi arasındaki ilişkiye veya bir serinin gözlemlenen değerleri ile bir veya daha fazla önceki veya sonraki gözlem arasındaki korelasyon “otokorelasyon” olarak adlandırılmaktadır (Çağlayan ve Güriş, 2005: 396). Klasik regresyon modelinde hata terimlerinde otokorelasyon sorunu bulunmamaktadır. Ancak zaman serisi modellerinde serilerin geçmiş değerleri arasında bir ilişki olduğu ve değerlerin birbirinden etkilenebileceği durumlar varsayılmaktadır. Zaman serisi olan Y_t 'de, serinin geçmiş değerleri (Y_{t-1}) arasında doğrusal bir bağımlılık olduğu duruma ise otokorelasyon olarak tanımlanmaktadır (Tsay, 2010: 31).

Otokorelasyon, aşağıda yer alan (57) numaralı denklemde verilen otokorelasyon katsayısı yardımıyla hesaplanmaktadır (Çağlayan ve Güriş, 2005: 396). Denklemde yer alan “j” gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Otokorelasyon katsayısı (ρ_0), korelasyon katsayısı gibi -1 ile +1 aralığında değer almaktadır (Çağlayan ve Güriş, 2005: 397).

$$\hat{\rho}_0 = \frac{\sum_{j=t+1}^n (X_t - \bar{X}_t) - (X_{t-j} - \bar{X}_{t-j})}{\sqrt{\sum_{j=t+1}^n (X_t - \bar{X}_t)^2 \cdot \sum_{j=t+1}^n (X_{t-j} - \bar{X}_{t-j})^2}} \quad (57)$$

Genel eğilimi temsil eden trendler, zaman serilerinin uzun vadeli davranışını gösterirken otokorelasyon katsayıları kısa vadeli ilişkileri açıklamaktadır (Enders, 2008: 46). Otokorelasyon katsayılarının istatistiksel olarak anlamlılığı gruplar halinde olduğu kadar; bireysel olarak, yani teker teker olarak da test edilebilir. Bunun için 1970 yılında Box ve Pierce tarafından geliştirilen Q testleri olarak ifade edilen Portmanteau Test (Q) istatistiği kullanılmaktadır (Box ve Pierce, 1970).

$$Q = T \cdot \sum_{j=1}^m \hat{\rho}_j^2 \sim X_m^2 \quad (58)$$

Denklem (58) yer alan “m” maksimum gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Box-Pierce Portmanteau Q-istatistiği, m sayıda otokorelasyon katsayılarının birlikte sifıra eşit olduğu temel varsayımı altında m serbestlik derecesiyle asimptotik olarak ki-kare dağılımına uygunluk göstermektedir. Fakat Box-Pierce testinin küçük örneklerde gücünün zayıf olması sebebiyle, bu test istatistiğinin kullanılması küçük örneklerde genellikle hatalı karar verilmesine neden olmaktadır (Box ve Pierce, 1970).

Otokorelasyon katsayılarının birlikte anlamlılığını test etmek için Box-Pierce testinin geliştirilmiş biçimi olan Ljung-Box (1978) istatistiği de kullanılmaktadır. Ljung-

Box testi, küçük örnekler için daha güvenilir bir test olarak bilinir ve otokorelasyon olmadığı temel hipotezi altında m serbestlik derecesiyle asimptotik olarak ki-kare dağılımına uygunluk gösterir. Ljung-Box test istatistiği aşağıdaki denklem (59) yardımıyla hesaplanmaktadır (Ljung ve Box, 1978; Çil, 2018: 55):

$$Q^* = T \cdot (T + 2) \cdot \sum_{j=1}^m \frac{\hat{\rho}_j^2}{T - j} \sim X_m^2 \quad (59)$$

Birçok uygulamalı çalışmada, finansal veriler arasında otokorelasyonun varlığı nadiren görüldüğü sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, ortalamada bağımlılığın zayıf bir işareti olarak kabul edilmekte ve serilerin bağımsız olarak dağıldığı belirtilmektedir. Ancak bu iddia açık uçlu olup; genelleştirilmesi doğru değildir (Çil, 2018: 56).

Ekonomik olaylar, zaman değişkenlerinin yanı sıra farklı unsurlardan etkilendiği için bu ve benzer olaylar ile ilgili zaman serilerinin sadece zamanın tam bir fonksiyonu olmayıp, bu olayların tek başına zaman değişkeni ile tam olarak açıklanması mümkün değildir. Belirli bir zaman diliminde gelecekteki fiyat davranışını tam olarak açıklayabilmek için olay ile ilgili tüm açıklayıcı değişkenlerin modellerine eklemeleri gerekmektedir. Ancak bu her zaman mümkün olmayabilir. Bütün değişkenlerin modele eklenmesi modeli karmaşık hale getirebilir ve uygulanabilirliği zorlaştırabilir.

Zamana bağlı olaylar, doğası gereği rassal karaktere sahip olduğundan; söz konusu bu tür olaylar ile ilgili serilerinin gelecekteki seyrini, bugünkü ve geçmiş dönem değerlerine dayanarak analiz etmek için farklı bir yaklaşım gerekmektedir. Buna deterministik olmayan, stokastik ya da istatistik yaklaşım denilmektedir. Bu yüzden zaman serileri analiz edilirken zaman serilerini stokastik bir süreç olarak ele alınması, tespit edilmesi ve analiz için stokastik (ihtimali) modellerin kullanılması gerekmektedir. Ayrıca bu zaman serilerinin analizinde dikkate alınması gereken son derece önemli bir özelliktir (Özmen, 1986: 3).

İncelenen zaman serilerinin durağan olup olmamasına göre doğrusal stokastik modeller iki grupta sınıflandırılabilir. Bunlardan birincisi doğrusal durağan stokastik modellerdir. İkincisi ise doğrusal durağan olmayan stokastik modellerdir. Bir r_t zaman serisi, eğer aşağıdaki denklem (60)'deki modeli sağlayabiliyorsa doğrusal olarak tanımlanmaktadır.

$$r_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \psi^i \varepsilon_{t-i} \quad (60)$$

Denklemden (60) yer alan μ , r_t 'nin ortalamasını ifade ederken $\psi_0 = 1$ 'dir ve $\{\varepsilon_t\}$ iid rassal değişkenlerinin bir dizisi olup ve ortalaması 0 (sıfır)'dır. Ayrıca $\{\varepsilon_t\}$ beyaz gürültü sürecine sahip bir seridir. ε_t zaman serisinin t zamanındaki yeni bilgiyi ifade etmekte ve genellikle t zamanındaki yenilik veya şok olarak anılmaktadır (Tsay, 2010: 36).

Finansal zaman serileri, doğrusal (linear) ve doğrusal olmayan (nonlinear) yapılar sergileyebilir. Bu bölüm, doğrusal zaman serileri ve onların genel özelliklerine odaklanmaktadır. Burada, otoregresif model (AR), hareketli ortalamalar modeli (MA), otoregresif hareketli ortalama modeli (ARMA) ve son olarak bütünleşik hareketli ortalama modeli (ARIMA) gibi doğrusal zaman serisi yöntemlerinin istatistiksel özellikleri detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

Otoregresif Modelleri (AR)

Otoregresif (Autoregressive) zaman serileri, serinin tarihsel değerleriyle beyaz gürültü (white noise) sürecinin etkisinde kalan serileridir. Pratikte, birçok finansal zaman serisi otoregresif olarak modellenmektedir. Özetlemek gerekirse bir zaman serisinin herhangi bir döneme ait gözlem değeri, aynı zaman serisinin belirli sayıda geçmiş dönemin gözlem değerine ve hata terimine göre açıklanan modelleridir. Otoregresif (AR) modelleri, içerdikleri geçmiş gözlem değeri sayısına bağlı olarak adlandırılmaktadır (Balıbey, 2018: 47). Kısaca bir AR modeli, bir değişkenin cari değerinin, sadece değişkenin önceki dönemlerde aldığı değerlere ve bir hata terimine bağlı olmasıdır (Brooks, 2014: 259). Finansal zaman serisi modellemede sıklıkla kullanılan durağan ve ergodik bir zaman serisi AR(1) süreci aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$y_t = \mu + \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad t = 1, \dots, T \quad (61)$$

burada, $\varepsilon_t \sim WN(0, \sigma^2)$ ve $|\phi_1| < 1$ olması beyaz gürültü sürecini izlediğini ifade etmektedir. O ortalamaya sahip ve σ^2 varyansı olan bir hata terimidir. (61) nolu eşitlik birinci dereceden otoregresif süreç olarak tanımlanmaktadır. İktisadi ve finansal zaman serilerinin çoğu AR(1) sürecini takip etmektedir. Otoregresif süreci genişleterek p dereceden gösterilmek istediği zaman, AR(p) süreci (62) nolu eşitlik yardımıyla elde edilmektedir (Tsay, 2010: 38; Brooks, 2014: 259-260):

$$y_t = \mu + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (62)$$

şeklinde ifade edilmektedir. (62) nolu eşitlikte görüldüğü üzere p . derece, p gecikmeli değerlerin otoregresif sürece eklemesiyle oluşmaktadır. Geleceğin tahmin edilebilmesi için imkân sağlayan otoregresif süreçte, y_t zaman serisiyle onun gecikmeli değerleri ve bir hata terimi bulunmaktadır. Bu yüzden, AR(1) sürecini takip eden bir finansal zaman dizisine yönelik olarak tahminde bulunurken ihtiyaç olan bilgi, son gözlemlenen değer olacaktır (Temel, 2023: 50).

Otoregresif modeller finans, ekonomi ve diğer zamanla değişen süreçleri analiz etmek için çok popüler olmakla birlikte; bu tür modeller, finansal zaman serilerinde teknik analiz yöntemleri kullanılarak menkul kıymet fiyat hareketlerini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak otoregresif modellerin ve teknik analiz yöntemlerinin bir dezavantajı, geçmiş fiyat davranışları her zaman gelecekteki fiyat davranışların en iyi göstergesi olmayacağıdır. Yatırımcılar doğru yatırım kararları vermek için bu analiz yöntemlerinin yanı sıra temel analiz vb. yöntemler ile birlikte ele almaları gerekmektedir (Laopodis, 2021: 80).

Hareketli Ortalama Modelleri (MA)

Otoregresif modellere ilaveten hareketli ortalama (moving average) modellerden yararlanarak finansal zaman serilerini modellemek mümkündür. Hareketli ortalama modelleri, bir zaman serisinin herhangi bir zaman dilimindeki gözlem değerinin aynı zaman dilimindeki hata terimi ve belirli sayıdaki geçmiş dönem hata teriminin doğrusal bir kombinasyonu olarak tanımlandığı modellerdir. Hareketli ortalama modelleri içerdikleri geçmiş dönem hata teriminin sayısına bağlı olarak adlandırılmaktadır. Otoregresif süreci y_t modelinin tek başına üretebileceği bir seçenek olmayıp, y_t modeline ait bir MA(1) süreci aşağıdaki denklem (63)'te gösterilmektedir:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t + \delta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \delta_q \varepsilon_{t-q} \quad (63)$$

burada;

μ = Zaman serisinin ortalamasını,

δ_1 = Modelin Parametresini,

$\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}$ = Beyaz gürültü hata terimlerini ifade etmektedir.

Denklem (63)'te verilen modele göre t zamanında y_t serisi, bir sabit değer üzerine ek olarak bugünkü ve geçmiş dönem hata terimlerinin hareketli ortalamasıyla eşittir. Bu durumda y_t birinci dereceden hareketli ortalama süreci olarak tanımlanan

MA(1) sürecini takip etmektedir. Hareketli ortalama (MA) modelleri, beyaz gürültü serisinin basit bir uzantısı olarak ele alınmaktadır. Diğer bir ifadeyle model genelleştirilerek q. derece hareketli ortalama elde edilmek istendiğinde ise MA(q) için aşağıda verilen denklem (64)'deki gibi gösterilmektedir (Tsay, 2010: 58; Gujarati ve Porter, 2012: 776; Fabozzi vd., 2014: 176):

$$y_t = \mu + \varepsilon_t + \delta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \delta_q \varepsilon_{t-q} \quad (64)$$

Denklem (64)'de verilen model bir MA(q) sürecini temsil etmektedir. Hareketli ortalama sürecindeki hata ε_t terimi, bir finansal varlığın fiyatını etkileyebilecek herhangi beklenmedik bir olay veya bilgiyi içeren bir yenilik veya şok olarak kabul edilmektedir. Genel olarak ifade etmek gerekirse bir hareketli ortalama modeli, beyaz gürültü (white noise) hata teriminin doğrusal bir kombinasyonudur (Gujarati ve Porter, 2012: 776; Fabozzi vd., 2014: 176).

Otoregresif Hareketli Ortalama Modelleri (ARMA)

Önceki başlıklarda açıklanan otoregresif (AR) veya hareketli ortalama (MA) modelleri, verilerin dinamik yapısını açıklamak için yüksek mertebeli ve çok sayıda parametreye ihtiyaç duyabileceğinden dolayı yetersiz olabilir. Bu problemi aşmak için otoregresif hareketli ortalama (autoregressive moving average) olarak adlandırılan ARMA modelleri finansal zaman serilerin modellenmesinde tercih edilmektedir. p dereceden bir otoregresif modeli ve q dereceden bir hareketli ortalama modeli birlikte ele alındığında p ve q dereceden otoregresif hareketli ortalama modeli ARMA (p, q) üretilmektedir. Böyle bir model, bir zaman serisinin y_t 'nin bugünkü değerinin, kendi geçmiş değerlerine doğrusal olarak bağlı olduğu ve beyaz gürültü hata terimlerinin bugünkü ve geçmiş değerlerinin bir kombinasyonuna bağlı olduğu anlamına gelmektedir (Fabozzi vd., 2014: 178; Laopodis, 2021: 87). Genel olarak ARMA (p, q) modeli şu şekilde gösterilmektedir (Verbeek, 2004: 261):

$$y_t = \mu + \emptyset_1 y_{t-1} + \dots + \emptyset_p y_{t-p} + \delta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \delta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad (65)$$

Denklemde q = 0 değeri aldığı anda süreç AR(p) ile gösterilen saf otoregresif süreç olarak ifade edilmektedir ve p = 0 değeri aldığı anda ise süreç MA(q) ile gösterilen saf hareketli ortalama süreci temsil etmektedir (Enders, 2015: 51). Öte yandan, ARMA (1,1) süreci için denklem şu şekilde yazılabilir:

$$y_t = \mu + \emptyset_1 y_{t-1} + \delta_1 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t \quad (66)$$

denklemden yer alan ε_t terimi beyaz gürültü hata terimi olarak ifade edilmektedir.

Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama Modelleri (ARIMA)

ARMA modelleri; sadece durağan olan y_t zaman serileri ile yapılmaktadır. Bu durum serinin ortalamasının, varyansının ve kovaryansının zaman içinde durağan olduğu anlamına gelmektedir. Bununla birlikte iktisadi ve finansal zaman serilerinin çoğu zaman içindeki trendlere sahip olduğundan dolayı y_t 'nin herhangi bir yılın ortalama değeri diğer bir yılın ortalama değerinden farklı olmaktadır. Bu yüzden ortalama değeri zaman içinde değişiklik gösterdiğinden çoğu ekonomik ve finansal zaman serilerinin durağan olmadığını göstermektedir. Bu sorunu önleyebilmek için birim kök içeren bir zaman serisinin trendden arındırılarak durağan hale getirilmesi gerekmektedir. Bunu yapabilmek için zaman serinin farkını (birinci veya ikinci vb.) olarak trendden çıkarmamız gerekir. y_t zaman serisinin birinci farkı aşağıdaki denklem yardımıyla yapılmaktadır:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} \quad (67)$$

Genel olarak birçok iktisadi ve finansal zaman serileri linear trendde sahip olduğundan dolayı neredeyse her zaman serilerinin birinci farkı alınarak durağan hale getirilmektedir. Zaman serisinin birinci farkı alındıktan sonra durağan hale gelirse seri birinci mertebeden bütünleşik (integrated) olarak adlandırılmakta ve I(0) olarak gösterilmektedir. Bu da ARIMA sürecini ifade etmektedir. Seri, birinci fark alındıktan sonra bile durağan değilse aşağıdaki denklem kullanılarak ikinci farklar alınmalıdır:

$$\Delta \Delta y_t = \Delta^2 y_t = \Delta y_t = \Delta y_t - \Delta y_{t-1} \quad (68)$$

(68) nolu denklem yardımıyla ikinci fark alındığında seri durağan hale geliyorsa serinin ikinci dereceden bütünleşik olduğu kabul edilmektedir ve I(0) ile gösterilmektedir. Genellikle durağanlığı sağlamak için bir zaman serisinin “d” kez farkı alınmaktadır. Fark alındıktan sonra seri durağan hale geliyorsa serinin d. dereceden bütünleşik olduğu ifade edilebilir ve I(d) şeklinde gösterilmektedir. Dolayısıyla genel ARIMA modeli bir ARIMA(p, d, q) olarak adlandırılmaktadır. Modeldeki p bağımlı değişkenin gecikme sayısını yani AR terimlerini temsil ederken, d zaman serisini durağan hale getirmek için gereken fark sayısını ve q ise hata teriminin gecikmelerinin sayısını, yani MA terimleri ifade etmektedir (Asteriou ve Hall, 2021: 297-298). Eğer finansal veya ekonomik bir zaman serisi herhangi bir fark işlemi gerçekleştirilmeden durağan hale geliyorsa bu serilerin düzeyde durağan olduğu ifade edilmekte ve I(0) şeklinde gösterilmektedir. Böylece model bir ARMA(p, q) modeli haline gelmektedir.

3.8. Finansal Zaman Serilerinde Değişen Varyans

Klasik lineer regresyon modellerinin temel varsayımlarından biri, tahmin edilen model hata teriminin varyansının zaman içinde sabit olduğu, yani özelliğın eşit varyanslı (homoskedastik- homoscedasticity) olduğudur. Ancak yatay kesit verileri ve hisse senedi fiyatları, döviz kurları, enflasyon oranları, faiz oranları gibi finansal zaman serisi verileri kullanılarak yapılan ekonometrik modellerin tahmin edilmesinin hata teriminin varyansının değiştirebildiği görülmüştür. Hata teriminin varyansının değiştiği duruma “*değişen varyans*” denilmektedir.

Değişen varyansın varlığı durumunda, En Küçük Kareler Tahmin Edicisi (EKK) sapmasızlık ve tutarlılık özelliklerini kaybetmemektedir. Fakat değişen varyans sorunu içeren bir modelde, tahmin edilen parametrelerin varyansları sapmalı hale gelmektedir. Dolayısıyla tahmin edilen parametrelerin etkinlik özelliğini kaybetmesine ve sonuç olarak parametre tahminlerinin istatistiksel olarak anlamsız hale gelmesine neden olabilmektedir.

Geleneksel finansal zaman serisi modelleri, hata teriminin varyansının sabit kaldığını varsaymaktadır. Ancak bu finansal zaman serilerinin özelliklerinden biri de koşullu varyansın zamana göre değişmesidir (Çil, 2018: 433-434). 1982 yılında Engle tarafından değişen varyans, otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) olarak tanımlanmıştır ve Lagrange çarpanı (LM) yardımıyla serilerde değişen varyans tespit edilebilmektedir. ARCH LM testi, $H_0 = \alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$ hipotezi altında $Y_t = f(X_0, X_1, X_2, \dots, X_t)$ modelinin EKK yöntemi ile tahmin edilerek hata terimlerinin otoregresif süreç ile test edilmesine dayanmaktadır (Engle, 1982: 999).

Geleneksel modelde, hata terimlerinin varyansının sabit olduğu belirtilmektedir. Ancak özellikle finansal zaman serileri yüksek oynaklığa sahiptirler. Bu tür özelliklere sahip zaman serileri için sabit varyans (homoscedasticity) varsayımı geçerli değildir. Eğer hata terimleri zamana bağlı olarak değişen varyanslara niteliklerini taşıyorsa bu duruma değişen varyans denilmektedir. Eğer hata terimleri koşullu değişen varyansa sahip ise, EKK etkinlik özelliğini yitirmekle birlikte tutarlı ve sapmasızdır (Balıbey, 2018: 58).

Finansal zaman serileri, oynaklık kümelenmeleri olarak adlandırılan fiyattaki küçük değişikliklerin ardından küçük değişiklikler ve büyük değişikliklerin ardından büyük değişikliklerin gelmesiyle karakterize edilmektedir. Söz konusu bu kümelenmeler,

fiyat değişikliklerinin bağımsız olmadığını ve bir önceki ve bir sonraki dönem fiyatlarının birbirini etkilediğini göstermektedir. Özellikle çoğu finansal zaman serisinin kalın kuyruk ve aşırı basık dağılım özelliği göstermeleri sabit varyans varsayımını geçersiz hale getirmektedir. Bu nedenle; normal (gaussian) dağılım varsayımının eksikliğinin yanı sıra zaman serisine ait ortalama ve varyansın bağımlılığı ile birlikte, geleneksel tahmin ve öngörü yöntemleri geçersiz hale getirmektedir (Mandelbrot, 1963; Kang, 2008: 64). Bu özellikleri göz önünde bulundurarak, finansal zaman serilerinin ilk koşullu değişen varyans modelini ileri süren Engle (1982), zamana bağlı olarak değişen hata varyanslarının otoregresif bir yapıyla modellenebileceğini ifade etmiştir. Bu bağlamda, bu bölümde kısa hafıza modeli olarak tanımlanan bazı simetrik ve asimetrik volatilité modelleri ele alınmaktadır.

Kısa Hafıza Modelleri

Simetrik Koşullu Değişen Varyans Modelleri

Bu bölümde; koşullu değişen varyans modelleri arasında yer alan simetrik volatilité modelleri ve standart hatalardaki ARCH etki testine ilişkin kısa bir teorik bilgi sunulmaktadır.

Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) Modeli

1982 yılında Engle, İngiltere'nin enflasyonuyla ilgili yaptığı çalışmasında, otoregresif koşullu değişen varyans (autoregressive conditional heteroscedasticity) tahmini konusunda zamana bağlı olarak koşullu değişen varyans modellerinin tahmini için ilk modeli öne sürmüştür. Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) modeli, Engle (1982) tarafından önerilmiş olup; varyansın gecikmiş öngörü hatalarının karelerine bağlı olarak ifade edilebildiği bir fonksiyon olarak nitelendirilmektedir.

Engle (1982) tarafından önerilen ARCH modeli ile bir serinin ortalamasını ve varyansını aynı anda modellemenin mümkün olduğunu göstermektedir. Engle bu yöntemi açıklarken; koşullu tahminlerin koşulsuz tahminlerine göre önemli ölçüde daha üstün olduğunu ifade etmektedir. Modeli detaylandırmak için durağan ARMA modelinin $y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$ şeklinde tahmin edildiğini ve y_{t+1} tahmin edilmek istendiğini varsayalım. y_{t+1} 'in koşullu ortalaması (Enders, 2015: 124-125).

$$E_t y_{t+1} = \alpha_0 + \alpha_1 y_t \quad (69)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Y_{t+1} tahmin etmek için bu koşullu ortalamayı kullanırsak tahminin hata varyansı aşağıdaki gibi olacaktır:

$$E_t[(y_{t+1} - \alpha_0 - \alpha_1 y_t)^2] = E_t \varepsilon_{t+1}^2 = \sigma^2 \quad (70)$$

Bununla birlikte koşulsuz tahminler kullanılırsa koşulsuz tahmin her zaman $\{y_t\}$ dizisinin uzun dönemli ortalaması olup $[\alpha_0/(1 - \alpha_1)]$ 'a eşittir. Dolayısıyla koşulsuz tahmin hata varyansı;

$$E \left\{ \left[y_{t+1} - \frac{\alpha_0}{(1-\alpha_1)} \right]^2 \right\} = E[(\varepsilon_{t+1} + \alpha_1 \varepsilon_t + \alpha_1^2 \varepsilon_{t-1} + \alpha_1^3 \varepsilon_{t-2} + \dots)^2] = \frac{\sigma^2}{(1-\alpha_1^2)} \quad (71)$$

biçimindedir. $\frac{1}{(1-\alpha_1^2)} > 1$ olduğunda koşulsuz tahminin varyansı koşullu tahminden daha fazladır. Bundan dolayı koşullu tahminler (serilerin bilinen mevcut ve geçmiş gerçekleştirmelerini hesaba kattıkları için) açıkça tercih edilmektedir. Benzer şekilde, $\{\varepsilon_t\}$ 'nin varyansı sabit değil ise bir ARMA modeli kullanarak varyansta sürekli hareketler için herhangi bir trendde tahmin edilebilmektedir. Örneğin; $\{y_t\}$, $y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$ modelinden tahmin edilen artıkların gösterilmesine izin verilirse bu durumda y_{t+1} koşullu varyansı:

$$\text{var}(y_{t+1} |) = E_t[(y_{t+1} - \alpha_0 - \alpha_1 y_t)^2] = E_t(\varepsilon_{t+1})^2 \quad (72)$$

şeklinde olacaktır. Bu noktaya kadar $E_t(\varepsilon_{t+1})^2$, σ^2 sabitine eşitlenmektedir. Koşullu varyansın sabit olmadığını varsayalım. Basit bir strateji ile koşullu varyansı tahmini artıkların karelerini kullanarak bir AR(q) süreci olarak modellenmektedir:

$$\hat{\varepsilon}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\varepsilon}_{t-1}^2 + \alpha_2 \hat{\varepsilon}_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \hat{\varepsilon}_{t-q}^2 + v_t \quad (73)$$

Burada v_t bir beyaz gürültü sürecini temsil etmektedir. Elde edilen bu model otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modeli olarak tanımlanmaktadır (Tsay, 2010: 116). $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ değerlerinin tümü sıfır eşit olduğunda tahmin edilen varyans kısaca α_0 sabiti olur. Aksi takdirde, y_t 'nin koşullu varyansı (73) ile verilen otoregresif sürece göre gelişir. Bu yüzden, $t + 1$ 'deki koşullu varyansı tahmin etmek için (73) nolu eşitlik şu şekilde kullanılabilir:

$$E_t \hat{\varepsilon}_{t+1}^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\varepsilon}_t^2 + \alpha_2 \hat{\varepsilon}_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q \hat{\varepsilon}_{t+1-q}^2 \quad (74)$$

Finansal zaman serisi analizlerinde ve özellikle ekonomik bir varlığı elde tutma riskinin analizinde, bir opsiyonun fiyatının değerlendirilmesinde zamana bağlı olarak

değişen güven aralıklarının tahmin edilmesinde ve değişken varyansın varlığında daha etkili ve verimli tahminçiler elde etmek amacıyla otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modelleri sıklıkla kullanılmaktadır (Degiannakis ve Xekalaki, 2004: 276). Ancak ARCH modellerini kullanılırken göz önünde bulundurulması gereken bazı önemli hususlar bulunmaktadır. En önemli hususlardan birisi, kalın kuyruk sorununun olmasıdır. Bu ekonomik varlık getirilerinin basıklığı 3 (üç) değerinden büyük olduğunda meydana gelmekte ve bu da leptokörtik olması durumunu göstermektedir. Bir diğer önemli husus, küçük değişiklikleri küçük değişikliklerin izlediği ve büyük değişiklikleri büyük değişikliklerin izlediği oynaklık kümelenmesi olgusudur. Kaldıraç etkisi, hisse senedi fiyatlarındaki değişikliklerin oynaklığı ile negatif bir ilişki sergilediği durumlarla ilgilidir. Bir model seçerken tüm bu faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir (Bollerslev vd., 1994: 2987).

Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) Modeli

Oynaklık modellerinin temelini oluşturan ARCH modellerdir. Bu modellerde, gecikme sayısının belirlenmesi için kesin bir yöntem bulunmamaktadır. Bu yüzden koşullu varyansın modellenmesinde büyük gecikme değerlerinden bahsedilebilmektedir. Bu durum geniş kapsamlı bir koşullu varyans modeline ve böylece daha fazla parametre tahminine yol açabilmektedir. Dolayısıyla gecikmeli ARCH modellerinde parametrelerin pozitiflik koşulunun bozulabileceği bir durum söz konusu olabilmektedir. Özellikle finansal zaman serilerinin koşullu varyansının model tahmininde ARCH modelinin yetersiz kalabileceği düşünülerek, bu modelin genişletilmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır. 1986 yılında Bollerslev, Engle'ın 1982 yılında önerdiği ARCH modelini, koşullu hata varyansının yalnızca otoregresif bir süreç ile birlikte gösterilmesinin veya volatilité modellenmesinin yetersiz olduğu düşüncesiyle ve ARMA modelinden faydalanarak Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH (p, q)) modelini ortaya koymuştur. Genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans modeli, önceki hata kareleri ile geçmiş koşullu varyansların etkileşiminden oluşan bir denklemden oluşur. Buna ek olarak, koşullu varyansın kendi önceki değerlerini ve geçmiş şokları da içermesi, GARCH modelini ARCH modelinden ayıran bir özelliktir (Rachev vd., 2007: 284). Bollerslev (1986)'e ait en yalın GARCH(1, 1) modeli şu şekildedir:

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}, \quad (75)$$

Bu denklemde;

h_t : t zamanındaki koşullu varyansı,

α_0 : uzun dönem ortalamasını,

$\alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$: bir önceki dönem için volatilité hakkındaki bilgiyi ve

$\beta_1 h_{t-1}$: bir önceki dönemdeki modelden elde edilen koşullu varyansı ifade etmektedir. Pozitif varyans için ise $\alpha_0 > 0, \alpha_1 \geq 0$ ve $\beta_1 \geq 0$ koşullarını sağlamaları gerekmektedir. Ayrıca varyans modelin durağan olabilmesi için $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ olma kısıtı bulunmaktadır. Tahmin edilen modelin α_1 değeri genellikle küçük ve pozitif bir değer alırken, β_1 ise çok daha büyük bir değer almakta ve katsayılarının toplamı $\alpha_1 + \beta_1$ değerinin 0.90 ile 1 arasında olması, zamana bağlı olarak oynaklığın oldukça kalıcı olduğu anlamını taşımaktadır. $E_{t-1}(\varepsilon_t^2) = \sigma_t^2$ özelliğinden ötürü, GARCH(1, 1) modeli:

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + e_t - \beta_1 e_{t-1}, \quad (76)$$

olarak tekrardan yazmak mümkündür. Hata kareleri ARMA(1, 1) modelini temsil etmektedir (Verbeek, 2004: 299; Brooks, 2014: 428-429; Enders, 2015).

$$e_t = \varepsilon_t^2 - E_{t-1}(\varepsilon_t^2), \quad (77)$$

y_t zaman serisi için koşulsuz varyans (σ^2) olduğunda GARCH(1, 1) modelinin koşulsuz beklentisi:

$$\sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \sigma^2 + \beta_1 \sigma^2, \quad (78a)$$

şekilde olmaktadır. Bu denklem (78a) üzerinden işlem yaparak aşağıdaki denklem (78b) elde edilmektedir (Verbeek, 2004: 299; Brooks, 2014: 430).

$$\sigma^2 = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1 - \beta_1}, \quad (78b)$$

Koşulsuz varyansın pozitif olabilmesi için $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ koşulunu sağlaması gerekmektedir (Davidson ve Mackinnon, 2004: 579; Tsay, 2010: 133).

Yukarıdaki denklemlerde verilen GARCH(1, 1) modeli, (q) kadar hata karelerinin gecikmesi ve (p) kadar koşullu varyans gecikme değerine göre GARCH(p, q) modeli aşağıdaki gibi genelleştirilebilmektedir (Rachev vd., 2007: 284; Brooks, 2014: 430):

$$\varepsilon_t = \sqrt{h_t} v_t, \quad v_t \sim \text{i. i. d. } (0, \sigma^2), \quad (79)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \quad (80)$$

biçiminde gösterilmektedir. GARCH (1, 1) modelinde olduğu gibi pozitif varyans $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$ ve $\beta_i \geq 0$ koşullarını sağlaması gerekmekte ve modelin durağanlığının ise $\sum(\alpha_i + \beta_i) < 1$ olması gerekmektedir. Maksimum Olabilirlik Tahmin yöntemi, GARCH(1, 1) modelinin parametre tahmininde kullanılır. GARCH (1, 1) modelinin parametre tahmininde olduğu gibi geçmiş koşullu varyans ve kareli getirilerden yararlanılmaktadır (Bollerslev, 1986).

ARCH-M Modeli (ARCH-M)

Engle, Lilien ve Robins (1987), finansal piyasalarda koşullu değişen varyansın etkilerini daha kapsamlı olarak analiz etmek için ARCH modelinin genişletilmiş bir versiyonu olan ARCH-M modelini geliştirmişlerdir. Söz konusu bu model, seçilen bir pay senedinin beklenen getirisi üzerinde koşullu değişen varyansın etkisinin nasıl belirlendiğini açıklamayı hedeflemektedir. ARCH ve GARCH modelleri, ortalamanın koşullu varyans üzerindeki etkisini hesaba katmamaktadır. Ancak finansal literatürde, beklenen getiri ile risk arasındaki ilişkinin önemi vurgulanmıştır. Bu modeller, getiri ve risk arasındaki bu ilişkiyi detaylı bir şekilde incelemeyi amaçlayan bir yaklaşıma sahip değillerdir. ARCH-M modelinde, bir pay senedinin beklenen getirisi, koşullu değişen varyansın bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir (Engle, 1987; Enders, 2015: 143). ARCH-M modeli;

$$Y_t = \mu_t + \varepsilon_t, \quad (81)$$

şeklinde ifade edilmektedir. (81) nolu denklemde y_t bir uzun dönemli varlığı bir döneme ait hazine bonusuna göre elde tutmanın anormal getirisini temsil ederken, μ_t bir döneme ait tahvilin yerine bir uzun dönemli varlığı elde tutmanın getirdiği risk primini göstermektedir ve ε_t uzun dönemli varlığı elde bulundurmanın olağanüstü getirisinde ortaya çıkacak öngörülmeleyen şokları ifade etmektedir. Dolar başına yatırılan riskli varlığın hisseleri için elde edilen fazla getiri şu şekilde verilmektedir;

$$y = (q/p) - r \quad (82)$$

dolayısıyla fazla getirilerin ortalaması ve varyansı şu şekilde ifade edilmektedir;

$$E_y = \mu = (\theta/p) - r, \quad V_y = \sigma^2 = \phi/p^2 \quad (83)$$

(83) nolu denklemde yer alan ifadeler şöyle tanımlanmaktadır; r : kesin toplam getiri oranını, q : rassal toplam getiriyi, p : fiyatı, ϕ : varyansı, θ : ortalamayı temsil etmektedir

(Engle vd., 1987: 393). Koşullu varyansın artan bir fonksiyonu olan risk priminin, ε_t 'nin koşullu varyansına bağlı olduğu bir varsayım vardır. Diğer bir ifadeyle, getirilerin koşullu varyansı (n) kadar yüksek ise aracıyı uzun dönemli varlığı elinde bulundurmaya teşvik etmek amacıyla gerekli olan tazminatın da arttığı gözlemlenmektedir. Eğer, h_t, ε_t 'nin koşullu varyansını ifade ediyorsa risk primi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\mu_t = \beta + \delta h_t \quad \delta > 0 \quad (84)$$

Burada koşullu varyans h_t bir ARCH(q) model işlemi olarak ifade edilmektedir (Engle vd., 1987: 393-395):

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 \quad (85)$$

GARCH-M Modeli (GARCH-MEAN)

Finans alanında, bir finansal varlığın getirisi oynaklığına bağlı olabilir. Böyle bir olguyu modellemek amacıyla M (Mean)'nin ortalamada GARCH olarak ifade edilen GARCH-M modeli kullanılabilir (Tsay, 2010: 142). GARCH modellerinin ARCH modellerinden daha popüler olduğu söylenebilir. Bir GARCH-M modeli (Brook, 2019: 525-526):

$$y_t = \mu + \delta \sigma_{t-1} + \mu_t, \quad \mu_t \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (86)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (87)$$

biçimindedir. (86) nolu denklemdeki y_t getiri serisinin seri korelasyona sahip olduğunu belirtmektedir. δ pozitif bir değere sahip ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunda, koşullu varyansta meydana gelen artışın bir sonucu olarak ortalama getiride yükseliş gerçekleşmektedir. Bu yüzden δ değerini bir risk primi olarak yorumlamak mümkün olabilir (Brooks, 2019: 525-526).

Bütünleşik (I-GARCH) Modeli

Engle ve Bollerslev (1986) tarafından yapılan çalışmada geliştirilen Bütünleşik GARCH (Integrated GARCH veya IGARCH) modeli, simetrik bir yapıya sahiptir ve koşullu varyansa etki eden şokların sürekli olduğu $\alpha_1 + \beta_1 = 1$ özel bir GARCH modeli olarak ifade edilmektedir. IGARCH(1, 1) modelinin koşullu varyans modeli aşağıda gibi gösterilmektedir:

$$\sigma_t^2 = \sigma_0 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + (1 - \beta_1) \alpha_{t-1}^2 \quad 1 > \beta_1 > 0 \quad (88)$$

(88) nolu eşitlikte belirtildiği gibi IGARCH(1, 1) modelinde ARCH parametresine yer verilmemiştir. Söz konusu parametre yerine $(1 - \beta_1)$, yani “1-şokun kalıcılığı” yer almaktadır. IGARCH modeli, simetrik bir model olduğundan, volatilité üzerinde pozitif ve negatif şok ayrımı yapmamaktadır. Genellikle GARCH(p, q) modelindeki p ve q değerlerin toplamı 1(bir)’e yakın diğér değer almaktadır. $\alpha_1 + \beta_1 = 0$ ise bu durumda GARCH(1, 1) modelinin IGARCH modeli haline dönüşmekte ve şu şekilde gösterilmektedir:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + (1 - \beta_1)\varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1\sigma_{t-1}^2 \quad (89)$$

Verilerin başlangıç durumuna bağlı olarak IGARCH modelinde, geğmiş dönemlerdeki kareli şokların etkisi bağımlılık göstermektedir (Tsay, 2010: 141). Son olarak IGARCH modeli herhangi bir GARCH modelinde olduğu gibi tahmini yapılabilmektedir (Enders, 2015: 155).

Asimetrik Koşullu Değişen Varyans Modelleri

Bütün simetrik modellerde; volatilité üzerinde pozitif ve negatif şok etkilerinin aynı olduğu kabul edilmektedir. Ancak finansal zaman serilerine verilen negatif bir şokun, oynaklığın aynı büyüklükteki pozitif bir şoktan daha fazla artmasına neden olabileceği gibi; pozitif bir şokun, oynaklığın aynı büyüklükteki negatif bir şoktan daha fazla artmasına sebep olabileceği ileri sürülmüştür. Dolayısıyla bu bölümde asimetrik özellikler gösteren koşullu değişen varyans modelleri ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır.

Üstel GARCH (EGARCH) Modeli

Standart GARCH modellerinin en temel sorunu, tahmin edilen tüm katsayıların pozitif olması zorunluluğudur. Bu temel sorunu ortadan kaldıran Üstel GARCH (Exponential GARCH) modeli 1991 yılında Nelson tarafından önerilen asimetrik bir modeldir. Üstel GARCH modeli, asimetrik bir volatilité modeli olması nedeniyle, pozitif ve negatif şokların oynaklık üzerinde farklı etkilere sahip olmasının yanı sıra; parametrelerin pozitif olmasını gerektirmeyen ve volatilité yapısındaki asimetriyi de dahil eden bir model olarak kabul edilmektedir. Koşullu varyans denkleminin ifade etmenin farklı yaklaşımları bulunsa da muhtemel bir spesifikasyon gösterimi aşağıdaki denklem (90)’de verilmiştir:

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) + \gamma \frac{\mu_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \alpha \left[\frac{|\mu_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right] \quad (90)$$

(90) nolu eşitlikte verilen ω , sabit değeri, β ve α sabit katsayıları, γ ise kaldıraç katsayısını, yani asimetri parametresini ifade etmektedir. EGARCH Modelinde $\gamma = 0$ değeri aldığıında iyi ve kötü şokların oynaklık üzerindeki etkisi simetrik olarak kabul edilmektedir (Asteriou ve Hall, 2021: 329). Ancak $\gamma \neq 0$ değeri aldığıında model asimetrik bir yapı sergilemektedir. Diğer bir ifadeyle, asimetri parametresi sıfırdan farklı bir değer aldığıında, koşullu varyans üzerindeki kaldıraç etkisinden söz edilebilmektedir. Dolayısıyla, bu bağlamda iki ayrı durum ortaya çıkmaktadır. Birinci durumda; asimetri parametresi sıfırdan küçük bir değer almış ($\gamma < 0$) ve istatistiksel olarak anlamlı ise negatif bir şokun oynaklık üzerindeki etkisinin pozitif bir şoktan daha fazla; ikinci durumda ise asimetri parametresinin sıfırdan büyük bir değer alması ($\gamma > 0$) ve istatistiksel olarak anlamlı olması durumunda ise pozitif bir şokun oynaklık üzerindeki etkisinin negatif bir şokun etkisinden daha fazla olacağı söylenebilmektedir (Verbeek, 2004: 300; Ural, 2010: 93).

EGARCH modeli, GARCH modeline göre birkaç avantaja sahiptir. Öncelikle $\log(\sigma_t^2)$ modellendiği için parametreler negatif olsa bile σ_t^2 pozitif olacaktır. Dolayısıyla model parametrelerine yapay olarak negatif olmayan kısıtlamalar getirmeye gerek olmamaktadır. İkinci olarak; EGARCH formülü altında asimetrilere izin verilmektedir. Çünkü oynaklık ile getiri arasındaki ilişki negatifse γ parametresi negatif olacaktır. Orijinal formülasyonda Nelson (1991) hatalar için Genelleştirilmiş Hata Dağılımı (GED) yapısını kullanmaktadır. GED birçok seri için kullanılabilen çok geniş bir dağılım ailesidir. Ancak; hesaplama kolaylığı ve sezgisel yorumu nedeniyle EGARCH uygulamalarının hemen hemen tümü GED’i kullanmaktan ziyade, yukarıda belirtilen koşullu normal hataları kullanmaktadır (Brooks, 2019: 522-523).

Eşik Değerli GARCH (T-GARCH) Modeli

Doğrusal olmayan volatilité hareketlerini modellemekte yetersiz kalan simetrik GARCH modellerinin yerine hataların koşullu varyanslarındaki asimetriyi dikkate alan model, ilk defa 1994 yılında Zakoian tarafından “*Threshold Heteroscedasticity Model – TGARCH*” adıyla önerilmiştir. T-GARCH (Threshold GARCH) modeli asimetrik bir model olduğundan dolayı pozitif ve negatif şokların oynaklık üzerinde çeşitli etkilere sahip olduğu kabul edilmektedir. TGARCH(p, q) modelindeki koşullu varyans denklemi aşağıdaki gibidir (Tsay, 2010: 149):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=0}^q (\alpha_i + \gamma_i N_{t-i}) \sigma_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (91)$$

Denklemden yer alan N_{t-i} aşağıdaki şartlara bağlı olarak 0 (sıfır) veya 1 (bir) değerlerini almaktadır:

$$N_{t-i} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } \alpha_{t-1} < 0 \text{ ise} \\ 0 & \text{eğer } \alpha_{t-1} \geq 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (92)$$

(92) nolu eşitlikteki α_i , γ_i ve β_i GARCH modellerine benzeyen şartları sağlayan pozitif katsayılardır. Modele göre $\alpha_{t-i} < 0$ olduğunda negatif şokları, $\alpha_{t-i} \geq 0$ pozitif şokları göstermektedir. Negatif şokların koşullu varyans üzerindeki etkisi α_i değeri ile ifade edilirken; pozitif şokların koşullu varyans üzerindeki etkisi $\alpha_i + \gamma_i$ ile ifade edilmektedir. T-GARCH modelinde pozitif ve negatif şokların koşullu varyans üzerinde çeşitli etkilerinin olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca, kaldıraç etkisi γ_i katsayısı ile ilgili olup, $\gamma_i \neq 0$ olması durumu asimetriyi göstermektedir. Bu durumda $\gamma_i > 0$ ve istatistiksel olarak anlamlı olması ise kaldıraç etkisinden söz edilebilmektedir (Çil, 2018: 455). Bu da piyasadaki negatif şokların volatilitiyi, yani oynaklığı daha fazla artırdığını gösterilmektedir (Ural, 2010: 94).

GJR-GARCH Modeli

Glosten-Jaganathan-Runkle GARCH (GJR-GARCH) modeli 1993 yılında Glosten, Jaganathan ve Runkle tarafından geliştirilen bir asimetrik model olup, muhtemel asimetrisini hesaba katmak amacıyla ek bir terim ile GARCH modelinin basit bir uzantısı olarak genişletmişlerdir. Koşullu varyans aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \gamma \mu_{t-1}^2 I_{t-1} \quad (93)$$

burada $I_{t-1} = 1$ eğer $\mu_{t-1} < 0$

= 0 aksi halde,

kaldıraç etkisi için $\gamma > 0$ olması gerekmektedir. Pozitif olmayan durumu engelleme koşulu $\alpha_0 > 0, \alpha_1 > 0, \beta \geq 0$ ve $\alpha_1 + \gamma \geq 0$ olacaktır. Yani $\gamma < 0$ olsa bile $\alpha_1 + \gamma \geq 0$ koşulu sağlandığı sürece model hala geçerliliğini koruyacaktır (Brooks, 2019: 522).

Asimetrik Üslü ARCH (APARCH) Modeli

Asimetrik Üslü ARCH (*Asymmetric Power ARCH*) modeli, Ding vd., (1993) tarafından geliştirilen bir modeldir. Finansal zaman serilerinde volatilité modellemesinde

varyans yerine standart sapmanın kullanılması varsayımına dayanmaktadır. Standart sapmanın varyans yerine modellenmesi düşüncesi ilk olarak Taylor (1986) ve Schwert (1989) tarafından ileri sürülmüştür. Bu modelde standart sapmanın üs (kuvvet) katsayısı olan δ modele eklenmek yerine model içerisinde tahmin edilmektedir. Ayrıca modele τ seviyesine kadar olan asimetrinin modellemek amacıyla γ asimetri katsayısı modele dahil edilebilmektedir. Bu tür modeller genellikle "*standart sapma GARCH modelleri*" olarak adlandırılmaktadır (Mazıbaş, 2005: 8). Taylor (1986) ve Schwert (1989) tarafından geliştirilen model, Ding ve diğerleri tarafından "*Taylor-Schwert GARCH(p, q) modeli*" olarak ifade edilmiştir. APARCH(p, q) sürecinde koşullu varyans denkleminin gösterimi aşağıdaki gibidir (Ding vd., 1993: 98).

$$S_t^\delta = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^q \beta_j S_t^\delta \quad (94)$$

(94) nolu eşitlikte yer alan $\alpha_0 > 0, \delta \geq 0, \alpha_i \geq 0; i = 1, \dots, p; -1 < \gamma_i < 1, i = 1, \dots, p; \beta_j \geq 0, j = 1, \dots, q'$ dur. Modelin bilinmeyen katsayıları α_0 ve β_j Standart GARCH katsayılarını, γ_i asimetri katsayısını, δ kuvvet katsayısını ifade etmektedir. APARCH modelinde, koşullu standart sapma işlemine ve asimetrik mutlak kalıntılara bir Box-Cox kuvvet (güç) dönüşümü uygulanmaktadır (Ding vd., 1993: 98). Box ve Cox tarafından geliştirilen bu dönüşüm, normal olarak dağılmayan nicel verilere λ değeri belirleyerek uygulandığında verilerin normal dağılıma yaklaşacağı düşünülmektedir. δ kuvvet parametresi $\delta > 1$ olması durumu, serinin uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu belirtmektedir (Kahraman vd., 2019: 35-36).

Uzun Hafıza Modelleri

Finansal zaman serilerindeki volatilitiyi değerlendirmek ve modellemek için sıklıkla koşullu değişen varyans modelleri tercih edilmektedir. Bu modeller, zaman içinde değişkenlik gösteren volatilitiyi tahmin etme ve analiz etme yeteneğine sahiptir. Söz konusu bu modellerden en önemli ve en önde gelen GARCH türü modellerdir. Genel olarak iktisadi ve finansal zaman serileri değişen varyans özelliği göstermektedir. Finansal alandaki birçok ampirik çalışma özellikle, kareli getirilerde gözlenen önemli otokorelasyonları ve bu otokorelasyonların yüksek gecikmelerde dahi istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösteren kanıtları ortaya koymaktadır. Bu tür finansal zaman serilerinde otokorelasyon fonksiyonları, zamana bağlı olarak hiperbolik bir oranda çok yavaş bir şekilde azalmaktadır. Dolayısıyla bu tür bir hareket, zaman serilerinin uzun

hafıza olarak nitelendirilen önemli bir özelliğini yansıtmaktadır. İktisadi ve finansal zaman serilerinde uzun hafızanın etkisi olduğunda standart GARCH modelleri yetersiz kalabilmekte ve yeni model önerilerine gereksinim duyulmaktadır. Finansal zaman serilerinde gözlemlenen volatilitenin kalıcılığı ve finansal piyasalarda gözlenen volatilité şoklarını ne kadar hızla ortalamasına geri döndüğünü belirlemek amacıyla uzun hafıza modelleri tercih edilmektedir (Balıbey, 2014: 69). Dolayısıyla bu bölümde, iktisadi ve finansal zaman serilerinde yaygın olarak gözlemlenen uzun hafıza davranışını ve bu davranışın tahmini için kullanılan yöntemler detaylı bir şekilde ele alınmaktadır.

Uzun Hafıza Kavramı¹²

Eğer finansal zaman serileri geçmiş dönemdeki fiyatlarına bakılarak, gelecek dönemlerde alabileceği fiyatları tahmin etme imkânı veriyorsa bu durum, zaman serisinin uzun hafıza özelliği taşıdığını göstermektedir. Bu özellik serinin geçmiş değerlerinin uzun bir süre boyunca gelecekteki değerleri etkilediğini göstermektedir. Bu bağlamda, finansal varlığın değerini önceden tahmin etmek mümkün olduğu için EPH ve FPH ile ilişkili bir kavram haline gelmektedir (Güneş, 2020: 56).

Kesirli Gaussian Gürültüsü

Fraksiyonel Gaussian diğer bir adıyla “Kesirli Gaussian Gürültüsü (Fractional Gaussian Noise)”, basit ayrık white Gaussian gürültüsünün genelleştirilmiş bir versiyonu olup; belirli bir frekans aralığına sahip olmadığından dolayı geniş bant gürültüsünü kapsayarak, farklı kullanım alanlarında etkili bir model sunmaktadır. Fraksiyonel Brownian hareketinin (B_H^t) birinci farkı (I(1)) ile elde edilen stokastik süreç, Hurst üsteline sahip fraksiyonel Gaussian gürültüsü olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

$$\gamma_t = B_H^{t+1} - B_H^t \quad (95)$$

(95) nolu eşitlikte verilen (B_H^t)’nin artışıyla tanımlanan fraksiyonel (kesikli) zaman süreci $\{\gamma_t: t \in Z\}$ kesirli Gaussian gürültüsü şeklinde bilinmektedir. k gecikmeli fraksiyonel Gaussian gürültü sürecinin kovaryansı ise;

$$y(k) = cov\{B_H^t - B_H^{t-1}, B_H^{t+k} - B_H^{t+k-1}\} = \frac{\sigma^2}{2} (|k+1|^{2H} - 2|k|^{2H} + |k-1|^{2H}) \quad (96)$$

¹² Uzun hafıza kavramı birinci bölümde detaylı olarak açıklandığı için burada kısaca değinilmiştir.

şeklinde gösterilmektedir. Ancak bu durum beyaz gürültüyü azaltmaktadır. $H \in (-1/2, 1/2)$ olduğunda süreç durağan hale gelmektedir. $H \in (1/2, 1)$ olduğunda sürecin uzun dönem bağımlılığa sahip olduğu, $H \in (0, 1/2)$ olduğunda ise sürecin kısa dönemli bağımlılığa sahip olduğu ifade edilebilmektedir. $H = 1/2$ değeri için sürecin beyaz gürültüye sahip olduğunu ifade etmek mümkündür (Haerdle vd., 2002: 314; Flandrin vd., 2004 : 112-113; Palma, 2007: 56).

Kesirli Bütünleşik Otoregresif Hareketli (ARFIMA) Modeli

Finansal zaman serilerinin ortalamadaki uzun hafıza özelliğini modellemek amacıyla uzun hafıza modelleri ilk kez ekonometri literatürüne Granger (1980), Granger ve Joyeux (1980) ile Hosking (1981) tarafından dahil edilmiştir. Kısa hafıza zaman serisi modelleri, finansal serilerdeki hızla düşen otokorelasyon yapılarını yansıtırken; uzun hafıza modelleri, finansal piyasaların volatilitesinde görülen, otokorelasyonların yavaş ve hiperbolik bir biçimde azalmasıyla karakterize edilmektedir. Bu azalmanın toplanabilir olmaması, uzun hafıza modellerinin finansal zaman serilerindeki karmaşık dinamikleri modellemedeki önemini ortaya koymaktadır. ARFIMA (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average) modeli, durağan ve durağan olmayan ARMA modellerinin uyarlamalarını içeren ve $I(0)$ ile $I(1)$ bütünleşme dereceleri arasındaki farkı değerlendirmek için kullanılmaktadır (Baillie vd., 1996: 4-8). Zaman serisinin saf durağan ARIMA sürecine sahip olması, serinin kısa hafıza yapısına sahip olduğuna işaret etmektedir. Sonsuz hafızaya sahip bir AR modelinde hata terimlerinin tüm değerleri geometrik bir düşüş sergilemektedir. Kısa hafızaya sahip bir MA modelinde ise q kadar gecikme sonrasında bugünkü değerinin etkisi kaybolmaktadır. ARIMA modelinde, durağan bir seri elde etmek için fark alındığında “ d ” parametresi tam sayı olarak kabul edilmektedir. Ancak d parametresi gerçek (reel) sayıları kapsadığı zaman ARIMA kesirli bir yapıya dönüşmekte ve bu durum ARFIMA modelini oluşturmaktadır (Baum, 2013: 21). ARFIMA modeli kesirli bütünleşik $I(d)$ işlemini koşullu ortalamaya eklemektedir ve hiperbolik olarak azalan otokorelasyon fonksiyonuyla belirlenmektedir. Dolayısıyla, meydana gelen şokların oynaklık üzerindeki kalıcı sonuçları göz önünde bulundurulmaktadır (Lardic ve Mignon, 2004: 3; Kang vd., 2009: 3545). Literatürde ARFIMA modeli şu şekildedir:

$$\phi(L)(1-L)^d y_t = \theta(L)\varepsilon_t \quad (97)$$

Burada d kesirli fark alma parametresini, $\varepsilon_t \sim IID(0, \sigma^2)$ olan beyaz gürültüyü belirtirken $(1 - L)^d$ ise fark alma operatörünü ifade etmektedir ve $d > -1$ için aşağıdaki denkleme sahiptir. Ayrıca bu model, Granger (1980), Granger ve Joyeux (1980) ve Hosking (1981)'de açıklanan fraksiyonel (kesirli) beyaz gürültü sürecinin genelleştirilmiş halidir (Bhardwaj ve Swanson, 2006: 543):

$$(1 - L)^d = \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j \binom{d}{j} (L)^j = 1 - dL + \frac{d(d-1)}{2!} L^2 - \frac{d(d-1)(d-2)}{3!} L^3 + \dots$$

$$= \sum_{j=0}^{\infty} b_j(d) \quad (98)$$

Durağan olmayan ARMA süreci ($d = 0$) ile kıyasladığında ARFIMA süreçleri $d \in (-0.5, 0.5)$ aralığında otokorelasyon fonksiyonu açısından farklı özelliklerine sahip durağan süreçleri ifade etmektedir. Genel olarak $d \in (0, 0.5)$ aralığındaki ARFIMA süreçlerinin otokorelasyonlarının $I(0)$ süreçlerinden gelen otokorelasyonun azaldığı veya 0 (sıfır)'a yaklaştığı noktadan sonraki yüksek gecikmelerde belirgin bir şekilde pozitif kalmaktadır. Bu sebeple $d \in (0, 0.5)$ aralığındaki ARFIMA süreçlerinin “uzun hafıza” özelliğini sergilediği ifade edilebilir. Bunun aksine durağan ARMA süreçlerinin otokorelasyon fonksiyonu hızla sıfıra yakınsamaktadır. Bu nedenle ARMA süreçlerin “kısa hafızaya” sahip olduğu ifade edilmektedir (Hosking, 1981: 169-170; Rachev., 2007: 221). Farklı d parametresinin değerleri ve nitelikleri aşağıdaki Tablo 9’da yer verilmiştir.

Tablo 9. Kesirli (fraksiyonel) Bütünleşik Parametrelerin Özellikleri

d aralıkları	Ortalama	Varyans	Şokun Kalıcılığı	Durağanlık
$d \leq 0$	Ortalamaya geri dönmekte	Sonlu varyans	Kısa dönemli	Durağan
$0 < d < 0.5$	Ortalamaya geri dönmekte	Sonlu varyans	Uzun dönemli	Durağan
$0.5 \leq d < 1$	Ortalamaya geri dönmekte	Sonsuz varyans	Uzun dönemli	Birim köklüdür.
$d = 1$	Ortalamaya geri dönmemekte	Sonsuz varyans	Sonsuz	Birim köklüdür.
$d > 1$	Ortalamaya geri dönmemekte	Sonsuz varyans	Sonsuz (Etki gitgide artmakta)	Birim köklüdür.

Kaynak: Hosking (1981); Tkacz (2001: 23)

Genel olarak ifade etmek gerekirse (98) nolu eşitlikte eğer d parametresinin bir tamsayı olmayan değerler alınmasına izin verilirse y_t 'nin kesirli bütünleşik olduğu

belirtilmektedir. Aynı eşitlikte $d = 0$ (sıfır)'a eşit olduğunda y_t süreci ε_t sürecine eşit olup; süreç beyaz gürültü sergilemektedir. $d = 1$ olduğunda ise süreç durağan olmayan bir yapı sergilemektedir. $d \in (0.5,1)$ için y_t süreci sonsuz varyanslı olup; fakat çok uzun sürede de ortalamasına (veya trendine) geri döneceği ifade edilmektedir. $d > 1$ olduğunda ise süreç durağan olmayıp ortalamasına geri dönmemektedir (Tkacz, 2001: 23).

FIGARCH modeli

Finansal piyasa oynaklığı bağlamında GARCH modeli ile karşılaştırıldığında uzun dönemde gözlenen bağımlılıkları daha hassas ve daha esnek bir şekilde yansıtabilen koşullu varyans süreçleri için daha doğru ve uygun sonuçlar elde etme potansiyeli taşıyan Kesirli Bütünleşik Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (Fractionally Integrated Generalized Autoregressive ve Conditional Heteroscedastic-FIGARCH) modeli, Baillie vd., (1996) tarafından geliştirilmiştir. İki model arasındaki temel fark; zaman serisinde ortaya çıkan eski şokların hızla azalma eğiliminde olduğu, ancak son dönemdeki şokların etkisinin uzun bir süre boyunca hiperbolik bir şekilde devam ettiği biçiminde kendini göstermektedir. Diğer bir deyişle FIGARCH modeli, koşullu varyansın gecikmeli olarak karesi veya mutlak değerleri kullanılarak ifade edilmesine olanak tanıyarak, bu gözlemlerin hiperbolik bir şekilde yavaş azalmasından kaynaklanmaktadır (Kasman ve Torun, 2007: 17). FIGARCH (p, d, q) modeli aşağıdaki denklem yardımıyla formüle edilebilir:

$$[1 - \alpha(L) - \beta(L)](1 - L)^d \varepsilon_t^2 = \omega + [1 - \beta(L)]v_t \quad (99)$$

Burada ω sabit değeri, α ARCH modelinin katsayısını, β GARCH modelinin katsayısını, d katsayısı uzun belleğin derecesini gösteren kesirli fark alma katsayısını belirtmektedir ve burada $0 < d < 1$ aralığındaki bir değerdir. Böyle bir model finansal piyasa oynaklığında gözlenen geçici bağımlılıkları açıklamak için kullanılan GARCH türü modellere kıyasla, çok daha esnek bir yapı sergilemektedir (Davidson, 2004: 20). FIGARCH modeli kısaca şu şekilde de açıklanabilmektedir:

$$\phi(L) (1 - L)^d \varepsilon_t^2 = \omega + [1 - \beta(L)]v_t \quad (100)$$

ε_t^2 , GARCH sürecinin kareli hatalarını belirtmektedir. Sürecin durağanlığı sağlayabilmesi için $\phi(L)$ ve $[1 - \beta(L)]$ 'nin tüm köklerinin birim çember dışında yer aldığı varsayılmaktadır.

$d = 0$ olduğunda FIGARCH (p, d, q) süreci bir GARCH (p, q) sürecine dönüşmektedir.

$d = 1$ olduğunda FIGARCH (p, d, q) süreci bir IGARCH (p, q) sürecine dönüşmektedir. Bu durum şokların gelecekteki oynaklık üzerinde sonsuz bir etkiye sahip olduğu anlamını taşımaktadır.

$0 < d < 1$ ise FIGARCH (p, d, q) süreci, varyans olan şokun etkisinin hiperbolik bir şekilde azalmakta olduğunu ifade etmektedir.

FIEGARCH Modeli

Bollerslev ve Mikkelsen 1996 yılında yaptıkları çalışma ile koşullu varyansın hem uzun hafıza özelliğini hem de asimetri durumunu aynı anda ölçebilmek için EGARCH modeli ile FIGARCH modelini bir araya getirerek genişletmişlerdir. FIEGARCH (p, d, q) modeli şu şekilde yazılabilir (Kumar, 2014: 24):

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \phi(L)^{-1}(1-L)^d[1 + \alpha(L)]g(z_{t-1}) \quad (101)$$

$$g(z_t) = \theta_1 z_t + \theta_2 [|z_t| - E|z_t|] \quad (102)$$

Burada $\phi(L)$ ve $\alpha(L)$ 'nin tüm köklerinin birim çemberinin dışında olduğu ifade edilmektedir. ω katsayısı sabit değeri, ϕ katsayısı GARCH etkisini, α katsayısı ARCH etkisini ve θ katsayısı da kaldıraç etkisini belirtmektedir. Koşullu ortalamanın ARFIMA grubu modellerine benzetilerek $\ln(\sigma_t^2)$ -0.5 ile 0.5 arasında d için süreç tersine çevrilebilir ve kovaryans durağandır. Bununla birlikte gelecekteki $\ln(\sigma_t^2)$ değerleri için optimal tahminlere yönelik şoklar $d < 1$ 'in tümü için dağıtılabılır. FIGARCH (p, d, q) modelinin aksine, FIEGARCH (p, d, q) modelinin parametrelerinin iyi tanımlanmış model olduğu için herhangi bir negatif olmama kısıtlarına gerek duymamaktadır.

Eğer FIEGARCH(p, d, q) süreci $d = 1$ olduğunda bütünleşik EGARCH, FIEGARCH sürecine indirgenmektedir.

Eğer FIEGARCH(p, d, q) süreci $d = 0$ olduğunda ise süreç 1991 yılında Nelson tarafından önerilen EGARCH sürecine evrilmektedir.

Yukarıda belirtilen kaldıraç etkisi, haberlerin piyasalar üzerindeki etkilerinin farklılığını ölçen bir göstergedir. Finansal piyasalardaki olumlu ve olumsuz haberler, volatilitiyi hem pozitif hem de negatif yönde etkilemektedir. θ_1 katsayısının negatif değeri, negatif şokların volatilitiyi üzerindeki etkisinin aynı büyüklükteki pozitif şoklardan

daha güçlü olduğunu ifade etmektedir. FIEGARCH modelinin katsayıları yorumlamaları EGARCH modelinde olduğu gibi yorumlanmaktadır (Bollerslev ve Mikkelsen, 1996: 160).

HYGARCH Modeli

Hiperbolik GARCH (HYGARCH) modeli, kesirli bütünleşik GARCH (FIGARCH) modelinin durağan bir yapı sergileyip sergilemediğini test etmek amacıyla, 2004 yılında Davidson tarafından geliştirilmiştir. Bu model koşullu varyansta uzun vadeli belleği tespit etmek için kullanılmaktadır. FIGARCH modelinin koşullu varyansını genişletmek amacıyla fark operatöründe ağırlıkları dahil etmeyi öneren Davidson, HYGARCH modelinin şu şekilde olması gerektiğini ifade etmektedir:

$$h_t^2 = \omega[1 - \beta(L)]^{-1} + [1 - (1 - \beta(L))^{-1}\rho(L)\{1 + \alpha(1 - L)^d\}]\varepsilon_t^2 \quad (103)$$

(103) nolu denklemde FIGARCH modelinde $(1 - L)^d$ yerine $\{1 + \alpha[(1 - L)^d]\}$ yazıldığında Hiperbolik GARCH modeli elde edilmektedir. α katsayısı ağırlık faktörünün katsayısını ifade etmektedir. Genel olarak model tahmininde α katsayısı $\ln(\alpha)$ veya $\log(\alpha)$ şeklinde kullanılmaktadır. Model $\alpha=1$ ya da $\ln(\alpha)=0$ olduğunda FIGARCH modeline dönüşmektedir ve bu süreç $\ln(\alpha) < 0$ olması durumunda durağan olmaktadır (Davidson, 2004). FIGARCH ve HYGARCH modelleri, finansal zaman serilerindeki volatilitate kümelenmesini ve uzun belliği ele alırken, getiri volatilitesindeki asimetriyi tespit edememektedir (Eyüpoğlu ve Eyüpoğlu, 2022: 25).

FIAPARCH Modeli

Tse (1998), APARCH modelinin kısa vadeli asimetrik volatilitate davranışlarını değerlendirme kabiliyetini genişleterek, bu modele uzun hafıza özelliğini eklemiştir. Böylece, kesirli bütünleşik APARCH modeli, yani FIAPARCH (p, d, q) modeli ortaya çıkmıştır. Bu model, hem kısa vadeli asimetrik volatilitate hareketlerini hem de uzun hafıza dinamiklerini kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Diğer bir ifadeyle uzun hafıza ve kaldıraç etkisinin volatilitedeki varlığını aynı anda modelleyebilen FIAPARCH (p, d, q) modelini önermiştir. Model şu şekildedir:

$$\sigma_t^\delta = \omega + \{1 - [\beta(L)]^{-1}\phi(L)^{-1}(1 - L)^d\}(|\varepsilon_t| - \gamma\varepsilon_t)^\delta + \beta(L)\sigma_t^\delta \quad (104)$$

(104) nolu denklemde ω parametresi sabit değeri, δ güç parametresini, $\phi(L)$ bir polinomu, d uzun hafıza parametresini veya kesirli fark parametresini belirtmektedir. $0 < d < 1$ koşullu varyansın uzun hafıza özelliğini göstermektedir. Koşullu varyans

üzerine bir şokun etkisi hiperbolik oranda yavaş bir şekilde elemine olmaktadır. γ asimetri (kaldıraç) parametresini göstermektedir ve $-1 < \gamma < 1$ aralığında yer almaktadır (Tse, 1998). $\gamma > 0$ ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunda negatif şokların oynaklığı pozitif şoklardan daha fazla artırdığını, $0 < \gamma$ ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunda asimetrinin terse çevrildiği, γ parametresinin istatistiksel olarak anlamsız olduğunda ise varlık getirisinin volatilitesinde asimetri veya kaldıraç etkisinin olmadığı biçimde değerlendirilmektedir. δ güç parametresinin 1 (bir)'den istatistiksel olarak anlamlı ve farklı değilse volatilitite modelinin standart hata ile 2 (iki)'den istatistiksel olarak anlamlı ve farklı değilse varyans ile modellenmesi daha uygun olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (Sayyan, 2006: 215).

3.9.Finansal Zaman Serilerinde Stokastik Süreçler

Stokastik (Rassal) Süreç

Stokastik kelimesi, Yunanca kökenli bir terim olup; şansla ilişkilidir. Stokastik süreç, rassal süreç ile birbirinin yerine kullanılmaktadır. Teorik açıdan, bir zaman serisi olan $\{X_t\}$, rassal değişkenlerin bir toplamını ifade etmektedir. Bu tür rassal değişkenlerin zaman içinde sıralanmış koleksiyonu ise stokastik süreç olarak tanımlanmaktadır (Mandala ve Kim, 1998: 8; Chatfield, 1996: 27). Stokastik süreçleri kesikli zamanlı ve sürekli zamanlı olmak üzere iki ana sınıfa ayırmak mümkündür. Eğer değişken yalnızca belirli zaman noktalarında değişiyorsa buna kesikli zamanlı stokastik süreç denir. Ancak değişken herhangi bir zamanda değişebiliyorsa bu durumda sürekli zamanlı stokastik süreç söz konusu olmaktadır (Önalın, 2004: 97).

$\{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$ gözlenen bir zaman serisi ise X_t , t zamanında kayıt altına alınan tek bir sayı olup, gözlemler n sıralı sayıda bulunmaktadır. X_t değerini belirli bir zamandan önce bilmek imkansızdır. Bundan ötürü X_t , t bir rassal değişken X_t 'nin gerçekleşen değeri anlamına gelmektedir. $\{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$ rassal değişkenler serisi bir stokastik süreci ifade etmektedir (Taylor, 2008: 16). n sıralı gözlemlerli bir zaman dizisi $\{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$ stokastik süreç tarafından üretebilecek bu tür zaman serilerinin sonsuz bir popülasyonundan örnek gerçekleştirme olarak kabul edilmektedir. Stokastik süreç aynı zamanda süreç olarak da isimlendirilmektedir (Box vd., 2016: 6).

Finansal bir varlığın fiyatı, zaman içindeki gelişimini tanımlamak için kullanılan istatistiksel bir terim olan stokastik bir süreç oluşturmaktadır. Gözlemlenen fiyatlar, bu altta yatan stokastik sürecin gerçekleşmesini yansıtmaktadır. Stokastik süreç teorisi,

gözlemlenen fiyatların analiz edildiği ve istatistiksel çıkarımların yapıldığı temel bir yapıyı oluşturmaktadır (Tsay, 2010: 287). Başka bir deyişle, stokastik süreçlerin gerçekleşmesi ile bu süreçler arasındaki ayırım, kesitsel verilerde popülasyon ile örneklem arasındaki ayırımı andırmaktadır. Tıpkı popülasyona ait çıkarımları yapabilmek için örneklem verilerini kullandığımız gibi, zaman serilerinde de gerçekleşen olayları, temeldeki stokastik süreçler hakkında çıkarımlar yapmak için kullanırız. Bu sayede, stokastik süreçlerin anlaşılması ve hareketlerinin tahmini mümkün hale gelmektedir (Gujarati ve Porter, 2009: 740). Nispeten basit bir şekilde tanımlanmaya çalışılan, bu stokastik sürecin özellikleridir. Gelecek dönemler için tahminler oluşturmak amacıyla zaman serisinin dinamik özelliklerinden faydalanabilmesi bakımından farklı zaman dilimlerine karşılık gelen gözlemlerin nasıl bir bağlantı içinde olduğu son derece önem arz etmektedir (Verbeck, 2004: 256).

Beyaz Gürültü

Beyaz gürültü (temiz dizi, white noise) süreci, durağan sürecinin en bilineni ve en basit sürecidir (Enders, 2015: 49-51). X_t sonlu ortalama ve varyansa sahip bağımsız ve aynı şekilde dağılmış rassal değişkenlerin bir serisiyse, X_t zaman serisi "*beyaz gürültü (white noise)*" olarak tanımlanır. Daha detaylı olarak açıklamak gerekirse eğer bir zaman serisinde gözlemler arasında korelasyon yoksa ve zaman serisi sabit bir ortalama ve varyansa sahipse bu seri "*beyaz gürültü*" olarak nitelendirilebilir. Eğer X_t normal dağılıma uygun dağılmış, sıfır ortalamaya sahip ve sabit varyanslı (σ^2) bir zaman serisiyse bu seriye "*Gaussian beyaz gürültü (Gaussian white noise)*" denilmektedir (Tsay, 2010: 36; Montgomery vd., 2015: 71). Ayrıca, beyaz gürültü zaman serisi sürecinde hafıza yoktur. Bundan dolayı zaman serisinin otokorelasyon fonksiyonu sıfıra eşit olmaktadır. Bir zaman serisinin beyaz gürültü sürecini takip etmesi için aşağıdaki denklemleri sağlaması gerekir (Sjö, 2011: 46):

$$E(\varepsilon_t) = \mu = 0 \quad (105)$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_t) = \sigma^2 \quad (106)$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_s) = 0 \quad t \neq s \quad (107)$$

$\{\varepsilon_t\}$, bağımsız ve benzer dağılımlı (*IID*) gürültü ya da temiz dizi süreci ve $\varepsilon_t \sim IID(0, \sigma^2)$ olarak adlandırılmaktadır. Bütün t ve s değerleri için temiz dizi zaman serilerinde trend, mevsimsel bileşenler içermediği ve gözlemler arasında bağımlılık olmadığı anlamını taşımaktadır (Rachev vd., 2007: 207-208).

Bir Gauss süreci ve/veya Gauss beyaz gürültü süreci aşağıdaki denklem (108) de olduğu gibi gösterilebilir;

X_n , ($n = 1,2,3 \dots$) her biri normal dağılıma sahip bağımsız rassal değişkenlerin bir serisidir.

$$X_n \sim N(0, \sigma^2) \quad (108)$$

olasılık yoğunluk fonksiyonu ise aşağıdaki denklem (109) da yer verilmiştir;

$$f_n(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x^2/2\sigma^2)} \quad (109)$$

Gauss beyaz gürültüsü, her biri sıfır ortalama ve aynı varyansa sahip bağımsız rasgele değişkenler dizisidir. Bu dizi, çok değişkenli bir normal dağılıma ve dizideki herhangi iki değişken arasındaki kovaryansa sahiptir. Tüm $j \neq k$ için $Cov(X_j, X_k) = 0$ 'dır. Gauss süreci, güneş ışığının eşit renk bileşenlerine sahip olması gibi beyaz gürültüye benzemektedir. Bu süreç frekans alanında her frekans için eşit büyüklüğe ve her bileşen için eşit güce sahiptir. Başka bir ifadeyle tüm frekanslarda homojen dağılıma ve her renkte dengeli bir bileşime sahiptir (Wang, 2009: 6).

Rassal Yürüyüş

Rassal Yürüyüş (Random Walk) süreci (Wang, 2009: 6-7) finansal zaman serilerinin ampirik analizlerinde son derece önemlidir (Terence ve Raphael, 2008: 153). Finansal zaman serilerinin birçoğu, pay senedi fiyatları, finansal varlık getirileri, döviz kurları vb. gibi rassal yürüyüş süreçlerine örnek olarak teşkil etmektedir. Bu değişkenler belirli bir yönü olmayan rassal davranışlar göstermektedirler.

Rassal yürüyüş süreci, durağan olmayan sürecin, başka bir ifadeyle birim kök sürecinin önemli bir örneğini teşkil etmektedir (Gujarati ve Porter, 2010: 744). EPH, pay senedi fiyat davranışlarının rassal olduğu hipotezine dayanmaktadır. Aksi takdirde pay senedi fiyatlarının geçmiş dönemdeki davranışlarından geleceği öngörmek mümkün hale gelecek ve aşırı kârlar söz konusu olabilecektir (Granger ve Morgenstern, 1970).

$E[X_t] < \infty$ olmak üzere, bağımsız ve benzer dağılan (IID) Y_t ($t = 1,2,3 \dots \dots, T$) değişkenler serisinin toplamı rassal yürüyüş sergilemektedir. Böylece rassal yürüyüş, kısaca aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$S_n = \sum_{i=1}^n X_t \quad (110)$$

S_n , rassal yürüyüş olarak tanımlanır. X_t , sadece -1 ve +1 değerlerini alırsa ve $P\{X_t = 1\} = p, P\{X_t = -1\} = 1 - p$ ise süreç “Bernoulli Rassal Yürüyüş” süreci olmaktadır. Eğer $p = 1 - p = 1/2$ ise süreç “Basit Rassal Yürüyüş” sürecine dönüşmektedir (Wang, 2009: 6-7).

Martingale Süreci

Martingale; hilesiz bir oyunun matematiksel modelini temsil eden bir stokastik süreci ifade etmektedir. Finansal varlık fiyatlarının ilk modellemeleri, martingale modeline dayanarak yapılmıştır (Gourieroux ve Jasiak, 2001: 40). Samuelson (1965: 41-49) hisse senedi fiyatlarının martingale sürecine uygunluk gösterdiğini belirtmiştir. Olasılık ve istatistikte güçlü bir araç olan martingale, modern varlık fiyatlama teorisinde önemli uygulamalara sahiptir. Son yıllarda martingale özellikle finans alanında türev piyasalar için stokastik finans modellerinin geliştirilmesinde vazgeçilmez bir araç olmuştur (Önalın, 2010: 141).

Finansal piyasalarda, fiyatlar ile ilgili martingale koşulu, gelecekteki fiyatların en iyi öngörüsünün cari dönem fiyatları olduğuna işaret etmektedir. Campbell, Lo ve MacKinlay (1997) martingale stokastik sürecinin, finans alanındaki uygulaması açısından önemini aşağıdaki gibi özetlemiştir. P_t finansal bir varlığın t zamanındaki fiyatı ise fiyat için martingale süreci

$$E[P_{t+1} | P_t, P_{t+1}, \dots] = P_t \quad (111)$$

şeklinde ya da aşağıdaki şekilde yazmak mümkündür;

$$E[P_{t+1} - P_t | P_t, P_{t-1}, \dots] = 0 \quad (112)$$

Dolayısıyla martingale süreci, bir finansal varlığın bir sonraki dönemdeki fiyatının, güncel dönem fiyatına eşit olacağı beklentisini ifade etmektedir (Çil, 2018: 89). Daha ayrıntılı olarak açıklamak gerekirse finansal varlıkların martingale sürecini izlediği düşünüldüğünde, bir varlığın geçmiş fiyatları bilindiği zaman gelecekteki fiyatının bugünkü fiyatına eşit olacağı göstermektedir. Ayrıca, finansal bir varlığın beklenen fiyat değişikliğinin 0 (sıfır) olduğunu göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bu sebeple EPH’ye göre, finansal varlıkların martingale sürecini takip etmesi beklenir.

Markov Süreci

Markov süreçleri; bir değişkenin mevcut dönem değerinin önceki dönem değerlerinden tamamen bağımsız olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu bağlamda,

değişkenin gelecekteki değerlerini tahmin etmek için veriler yalnızca cari döneme ait değerler ile sınırlandırılmıştır. Markov yöntemleri finans dahil birçok alanda kullanıma uygun olmakla beraber; finansal fiyat serilerinin stokastik süreçleri, Markov süreçlerine karşılık gelmektedir. Zayıf form etkin piyasa hipotezi bağlamında, genellikle pay senedi piyasasının bir Markov süreci izlediği varsayılmaktadır (Hamilton, 1994: 678-684). Bir Markov süreci X_n dizisi $\{n = 0,1,2, \dots\}$ ve ortak olasılık dağılım fonksiyonunu $F\{X_1, X_2, \dots, X_t\}$ olan ayırık bir zaman süreci $\{X_1, X_2, \dots, X_t\}$ aşağıdaki denklem (113) özelliğine sahip ise bir Markov süreci olarak kabul edilmektedir (Wang, 2009: 6-7; Hırsa ve Neftci, 2014: 79):

$$\begin{aligned} &P\{X_{n+1} = x_{n+1} \mid X_n = x_n, X_{n-1} = x_{n-1}, X_1 = x_1, X_0 = x_0\} \\ &= P\{X_{n+1} = x_{n+1} \mid X_n = x_n\} \end{aligned} \quad (113)$$

özelliğine sahip ise X_n dizisi bir Markov süreci olarak tanımlanır (Neftçi, 2000: 108-112). Aslında rassal yürüyüş ve Poisson süreçleri de bir Markov süreci özelliğini taşımaktadır. Markov stokastik sürecine uygun olan X değişkeni, μ ortalama veya beklenen değer, σ^2 varyans ile normal dağılmaktadır ve $N(0, \sigma^2)$ ile gösterilmektedir (Çil, 2018: 94).

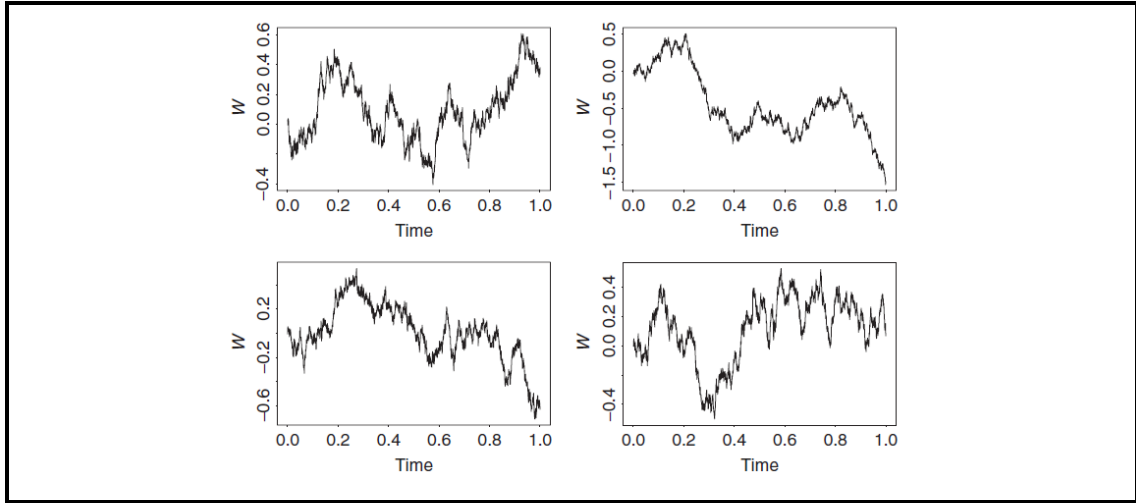
Wiener Süreci

Ekonometrik modellerde ayırık zamanlı verilerin kullanıldığı durumlarda, şokların white noise niteliğine sahip olduğu varsayılmaktadır. Sürekli zamanlı veriler kullanıldığında ise bu şoklar Wiener süreci olarak tanımlanmaktadır. Wiener süreci aynı zamanda standart Brown hareketi olarak da kabul edilmektedir (Wang, 2009: 7-8). Wiener süreci $\{W_t\}$, çeşitli şekillerde tanımlanmaktadır. Basit bir yaklaşım olarak; zamanındaki küçük bir değişimin Δ_t ile gösterildiği $\Delta_{wt} = w_t + \Delta_t - w_t$ sürecini dikkate aldığımızda, sürekli zaman stokastik süreci $\{W_t\}$ aşağıdaki denklemi sağlarsa bir Wiener süreci olur (Tsay, 2010: 89).

$$\Delta z = \varepsilon\sqrt{\Delta t}, \quad \varepsilon \sim N(0,1) \quad (114)$$

Denklem (114) yer alan ε , standart normal rassal değişkeni ifade etmektedir. $\{W_t\}$, bütün $j \leq t$ için $\{W_t\}$ bağımsız olmaktadır. Rassal yürüyüş modelinde t ve $t - 1$ dönemleri arasındaki mesafe azaldıkça fonksiyon eninde sonunda sürekli zamanlı bir fonksiyonel form yapısına sahip olacaktır. Bu sürekli zamanlı rassal yürüyüş süreci Brown hareketi veya Wiener süreci olarak kabul edilmektedir. Birim kök içeren bir değişkenin tahminlerinin dağılımı bu prosedürü kullanarak analiz edilebilir (Sjö, 2011:

54). Rassal olarak oluşturulan değişkenler için simülasyon yoluyla elde edilen Wiener süreçleri aşağıdaki Şekil 31’de gösterilmiştir.



Şekil 31. Simülasyon ile Elde Edilmiş Wiener Süreçleri

Kaynak: Tsay (2010: 290)

Genelleştirilmiş Wiener Süreci

Wiener süreci; özel bir stokastik süreçtir ve zamanla sabit bir ortalama değeriyle, zaman aralığı uzunluğuna bağlı olarak değişen bir varyansa sahiptir. Bu durum, beklentideki değişimin oranının 0 (sıfır) olduğu ve varyansın değişim oranının 1 (bir) olduğu anlamına gelmektedir (Tsay, 2010: 291). Daha ayrıntılı olarak açıklamak gerekirse; Wiener sürecinin ortalama değeri 0 (sıfır) olup varyansı ise 1 (bir)'e eşittir.

Pratikte ise stokastik sürecin ortalama ve varyansı zaman içinde daha karmaşık bir yapı sergileyebilir. Bu nedenle; stokastik sürecin daha genel bir durumuna ihtiyaç vardır. Wiener sürecinde, 0 (sıfır)'dan farklı olabilen sabit bir ortalama değerine ve 1(bir)'den farklı olabilen sabit bir varyansa sahip zaman serileri için genelleştirilebilmek mümkün hale gelebilir (Mandala ve Kim, 1998: 51). Bu nedenle, genelleştirilmiş bir Wiener sürecini ortalamanın μ zaman sabiti ve varyansın σ^2 olduğu bir süreç olarak tanımlayabiliriz. Bir stokastik süreç ya da X_t değişkeninin genelleştirilmiş Wiener süreci şu şekilde gösterilmektedir (Wang, 2009: 9; Tsay, 2010: 291):

$$dx_t = \mu dt + \sigma dW_t \quad (115)$$

Denklem (115)'te dx_t , d_t ile x 'teki küçük bir değişimi ifade ederken; W_t ise Wiener sürecini belirtmektedir. Zayıf formda etkin finansal piyasalardaki çoğu finansal varlığın modellenmesi, denklem (115) olarak ifade edilen genelleştirilmiş Wiener sürecine uygun

bir yapı sergilemesine rağmen; bu ve benzer piyasalardaki etkinlik, martingale özellikleri gösteren piyasalardan daha zayıftır (Wang, 2009: 9).

Ito Süreci

Genelleştirilmiş Wiener sürecinde, sabit ve oynaklık (volatilite) parametreleri zamana göre bir değişiklik göstermez. Fakat μ ve σ ifadeleri x_t stokastik sürecinin fonksiyonlarına bağlı olarak genişletilirse buna bağlı olarak bir Ito süreci elde etmek mümkündür. W_t süreci, aşağıdaki eşitliği sağladığı takdirde x_t süreci, Ito süreci olarak söyleyebilmek mümkündür:

$$dx_t = \mu(x_t, t)dt + \sigma(x_t, t)dW_t \quad (116)$$

(116) nolu eşitlikte, $\mu(xt, t)$ ortalamayı ifade ederken, $\sigma(xt, t)$ ise varyansı olan stokastik bir denkleme belirtmektedir. Eşitlikte $\mu(xt, t) = 0, \sigma(xt, t) = 1$ eşitlikleri sağladığı zaman Ito sürecinin önemli bir durumu olan Wiener sürecine ulaşılmaktadır (Tsay, 2010: 292).

Geometrik Brownian Hareketi (GBH)

Standart Brownian süreci (veya standart Wiener süreci) zaman içinde varlık fiyatlarının negatif değerler alabilmesi nedeniyle eleştirilmiştir. Bu eksikliği gidermek amacıyla değerleri yalnızca pozitif olan ve dağılımı logaritmik normal olan geometrik Brownian hareketi geliştirilmiştir. Geometrik Brownian Hareketi finansal teoride piyasalardaki çeşitli varlıkların değerlendirilmesi için temel bir model olarak benimsenmiştir. Geometrik terimi, bu modelin varlık değerlerinin zamanla katlanarak artışı ifade etmek için kullanılır. GBH, opsiyonlar, hisse senetleri, tahviller ve diğer finansal enstrümanların fiyatlandırılmasında sıklıkla tercih edilen yöntemlerden biridir ve finansal varlıkların değerlendirilmesinde etkili bir araç olarak kabul edilmektedir (Günay, 2013: 110-111).

Aritmetik Brownian hareketi, finansal varlıkların fiyatlarının nadiren normal dağılım göstermesi nedeniyle genellikle uygun bir model değildir. Varlık fiyatlarının ve getirilerin logaritması, normal dağılım ile daha etkili bir şekilde analiz edilebilir. Bu logaritmik fiyatlar ve getiriler, geometrik Brownian hareketi ile yakından ilişkili olup; bu yaklaşım, finansal modellerde sıklıkla tercih edilmektedir (Sjö, 2011: 56):

$$\frac{dx_t}{x_t} = \mu dt + \sigma dW_t \quad (117)$$

(117) nolu eşitlikteki denklem için $lnxt$ 'nin normal dağılıma sahip olduğu kabul edilmektedir. Bir finansal varlığın fiyatının üstel olarak arttığı, bir finansal varlığın logaritmik fiyatının ise doğrusal olarak arttığı söylenebilmektedir. Mevcut getiri oranı değiştiğinde veya getiriyi veya gelecekteki değişimi etkilemediğinde değişken kısa vadeli değişken olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda, benzer tüm ekonomik ve finansal değişkenlerin birinci farkı kullanılmaktadır. Öte yandan, cari getiri oranının gelecekteki fiyat seviyesi veya logaritması üzerinde bir etkisi varsa bu uzun dönemli değişken olarak tanımlanmaktadır. Uzun vadeli değişkenler genellikle ilkel veya logaritmik forma sahiptir ve her ikisi de ekonometrik analizde akut değişkenler olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle, logaritmik değişkenlerin uygulamalı analizi kolaylaştıran doğrusal ilişkiler göstermesine ek olarak, birçok seviye değişkeni genellikle doğası gereği logaritmiktir (Wang, 2009: 12).

Kesirli (Fractional) Brownian Hareketi

Stokastik modeller, sürekli ve kesikli zamanlı rasgele yürüyüşlere dayalı olarak, 1960'lı yıllardan bu yana ekonomi literatüründe ve finans mühendisliğinde temel bir rol oynamıştır. Black-Scholes ve Merton tarafından, sırasıyla opsiyon fiyatlaması teorisindeki başarıları ve optimal yatırım problemlerini çözmedeki basitlikleri sayesinde bu modellerin popülerliği artmıştır. Finans literatüründe yaygın olarak kullanılan bu modeller, Standart Brownian Hareketi (SBH) kavramı üzerine kurulu olup; optimum yatırım veya değerlendirme stratejilerinin belirlenmesi için kısmi diferansiyel denklemlerle çalışmayı gerektirmektedir. Ancak Mandelbrot, Greene ve Fielitz'in çalışmaları göstermiştir ki finansal verilerde bağımsız artış varsayımına dayanan bu modellerin bazı sınırlamaları bulunmaktadır (Bayraktar ve diğerleri, 2004).

Mandelbrot, finansal piyasaların işleyişini açıklamak için mevcut en iyi modelin, Kesirli Brown Hareketinin (KBH) olduğunu belirtmiştir. Mandelbrot bu modeli "*Varlık Getirilerinin Çoklu Fraktal Modeli*" olarak isimlendirmiştir. Mandelbrot'un bu modelindeki temel fikri net olmasına rağmen, model matematiksel olarak karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu modelde, geleneksel Brown hareketi kavramı, bir bilgisayar tarafından gerçekleştirilebilen bir formülle değiştirilmekte ve işlem süresi süreci, geniş bir piyasa hareketi aralığına uygun olacak şekilde ayarlanabilen $f(\alpha)$ adlı başka bir işlevle ifade edilmektedir.

KBH modeli, zamanı bazı yerlerde veya durumlarda sıkıştırarak ve diğerlerinde genişleterek yeniden dağıtmaktadır. Sonuç olarak; ortaya çıkan fiyat hareketi oldukça oynak ve rassal görünmektedir. Bu çerçevede, zamanın ve Brown hareketinin iki işlevi birleşik bir şekilde etkileşime girmektedir. Fiyat, işlem süresinin bir fonksiyonuyken; işlem süresi saat süresinin bir fonksiyonudur. Ortaya çıkan şekil, gerçek fiyat grafiklerine benzer şekilde, yüksek volatilité kümelenmeleri, kalın kuyruklar ve önemli sıçramalarla karakterize edilen güçlü dalgalanmaları göstermektedir. Önemli fiyat değişimleri, uzun hafızayı ve dirençliğini gösteren, belirsiz geçiş bölümleriyle ayrılmış kümeler halinde bir araya gelmektedir (Mandelbrot ve Hudson, 2006: 239-240).

Kesirli Brown hareketi, Brown hareketinin bir Hurst parametresi (H) veya kendine benzerlik (self-similarity) indeksi ile genelleştirilmiş bir versiyonu olup ve rassal yürüyüşü temsil etmektedir (Pese, 2008: 163). Kesirli Brown hareketi, $0 < H < 0,5$ arasında değişen bir gerçek sayı olan Hurst parametresi ile tanımlanan bir stokastik süreçler grubudur. $H = 0,5$ değeri aldığı zaman rassal yürüyüş süreci olup aynı zamanda Brownian hareketi olarak da bilinmektedir. Bu kahverengi gürültü sınıflandırmasında, KBH'nin yapısında, serilerdeki hareketlerin geçmiş değerlerden tamamen bağımsız ve tüm değişikliklerin istatistiksel olarak bağımsız olduğu ifade edilebilir. Bu durum, herhangi bir zamanda hareketin önceki değerlere bakılmaksızın gerçekleştiği ve gelecekteki değişikliklerin geçmiş hareketlerden etkilenmediği anlamına gelmektedir. Kesirli Brownian hareketinin bu özelliği, esnek ve gerçekçi bir zaman serisi modeli olarak kullanılmasına olanak sağlamakta ve özellikle finansal verilerin ve diğer zaman serilerinin analizinde önemli bir rol oynamaktadır (Moralı ve Uyar, 2018: 2211).

$0 < H < 0,5$ ve $0,5 < H < 1$ arasında değerler aldığı zaman ise kesirli Brownian hareketine sahip olduğu ifade edilebilmektedir. Burada üstelin alabileceği değerler için belirtilen $0 < H < 0,5$ durumu, zaman serisi içindeki davranışın genel olarak ortalamaya dönme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Yani, zaman serisindeki hareket devamlılığı olmayan ve trendi zorlamayan bir durum sergilemektedir (Moralı ve Uyar, 2018: 221). Ayrıca kesirli (fraksiyonel) Brownian hareketi sabit artışlı Gaussian süreç olarak tanımlanmaktadır (Pese, 2008: 163). Mulligan (2004: 158), yaptığı çalışmada çeşitli Hurst parametresi değerlerini özetleyen bir tablo hazırlamıştır.

Tablo 10 çeşitli Hurst parametresi değerlerine karşılık gelen sonuçları içermekte ve bu değerlere bağlı olarak serideki gürültü ölçüğünü ve serinin hangi olasılık dağılımına uygun davrandığını göstermektedir.

Tablo 10. Serilerin Fraktal Gruplandırılması

Davranış Biçimi	Renk Ölçeği	Hurst Üsteli Aralığı
Devamlılığı olmayan, ortalamadan sapan, negatif otokorelasyona sahip	Pembe Gürültü	$0 < H < 0,50$
Normal Dağılım (Gaussian Süreci)	Beyaz Gürültü	$H \equiv 0,50$
Brownian Hareketi (Wiener Süreci)	Kahverengi Gürültü	$H \equiv 0,50$
Devamlı, Trend Pekiştiren, (Hurst Süreci)	Siyah Gürültü	$0,50 < H < 1$
Cauchy Dağılımı (Cauchy Süreci)	Cauchy Gürültü	$H \equiv 1$

Kaynak: Mulligan (2004: 158)

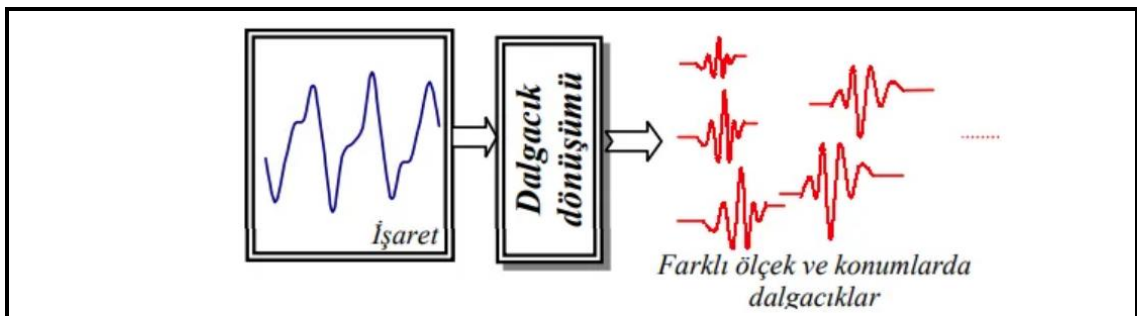
Tablo 10’da belirtilen gruplandırmaya göre, Hurst parametresinin alacağı değerler serinin rassal yürüyüşe sahip olup olmadığını ölçmektedir. Mandelbrot’un (1963a, 1963b) araştırmasında, finansal zaman serilerindeki spekülatif fiyat hareketlerinin Hurst parametresi değerine göre gruplandırılabilirliği belirtilmektedir (Mandelbrot, Fisher ve Calvet, 1997: 5). Bu gruplandırma sistemine göre; siyah gürültü ölçeğindeki bir zaman serisi, diğer ölçeklerdeki serilerden daha az rassal hareket içeren ve net bir eğilim gösteren bir seri olarak tanımlanmaktadır. Üstelin 1 (bir)’e yaklaşan bir finansal varlıkta, yatırımcının pozitif getiri elde etme olasılığı geçmiş fiyat hareketleriyle birlikte artmaktadır. Öte yandan, eğer üstel 1 (bir)’e yaklaşırsa bu Cauchy gürültü ölçeği olarak belirtilmektedir. Dolayısıyla, Cauchy dağılım süreci nedeniyle finansal varlıklarda ani ve büyük değişim riski artmaktadır. Pembe gürültü ölçeğine sahip bir finansal varlık ise rassal yürüyüş sürecine göre daha değişken ve belirgin/sapmalı bir görünüm kazanır. Genel olarak rekabet ortamının yüksek olduğu ve belirsizliğin hâkim olduğu sektörlerde faaliyetlerine devam eden firmalara ait finansal varlıklar bu duruma ilişkin örnek olarak gösterilmektedir (Moralı ve Uyar, 2018: 2212).

Hurst parametresinin 0,50 değerinin altında tahmin edilmesi durumunda EPH’nin varlığının tamamen reddedileceği gösterilmiştir. Dolayısıyla yatırımcılar, piyasaya yeni gelen bilgiye, etkin bir piyasada olması gerekenden daha fazla tepki vererek keskin ve yüksek dalgalanmalara sebep olmaktadır (Mulligan, 2004). Eğer Hurst parametresinin değeri 0,5 değerine çok yakın bir şekilde tahmin edilirse ($H \equiv 0,5$), bu durumda zaman serisi rassal yürüyüş süreci olarak ifade edilmekte ve normal ve/veya Brownian dağılıma dahil edilmektedir. Bu ölçek beyaz veya kahverengi gürültü olarak tanımlanmakta olup, EPH’nin varlığının seride reddedilememesine sebep olmaktadır. Bu ölçeğe göre zaman serisi geçmiş gözlemlerden bağımsız bir şekilde rassal bir davranış göstermektedir. Özetle, bu piyasada geçmiş fiyat davranışlarından elde edilen bilgilerin gelecekteki fiyat

davranışlarını tahmin etmek için yetersiz olduğu ve EPH'nin geçerli olabileceği ifade edilebilir.

3.10. Wavelet¹³ Analizi

Wavelet teorisi, zaman serilerini zaman boyutundan frekans boyutuna dönüştüren ve farklı frekans ölçeklerine ayıran bir matematiksel yöntemdir. Bu yöntem, sadece zaman bilgisini değil, aynı zamanda frekans bilgisini de kapsamaktadır. Özellikle, durağan olmayan zaman serileri için uygulanabilir olması nedeniyle, Fourier ve Spektral dönüşümlerinin¹⁴ geleneksel frekans boyutu yaklaşımlarına göre daha etkili bir alternatif sunmaktadır. Waveletlerin temelinde yatan düşünce, veri analizini ölçek boyutunda gerçekleştirmektir. Wavelet alanında çalışan bazı araştırmacılar, verilerin işlenmesinde yepyeni bir zihniyet veya bakış açısı sunan wavelet kullanımının önemini vurgulamaktadır. Waveletler, belirli matematiksel gereksinimleri karşılayan ve verileri veya diğer fonksiyonları temsil etmek için kullanılan matematiksel fonksiyonlardır. Bu temelde frekans odaklı yaklaşım, 1800'lerde Joseph Fourier tarafından fonksiyonları temsil etme amacıyla sinüs ve kosinüs fonksiyonları kullanılarak geliştirilmiştir. Ancak wavelet analizinde verilerin incelenmesi ve analizi için “ölçek” kavramı önemli bir rol oynamaktadır. Wavelet algoritmaları, verileri farklı ölçeklerde veya çözünürlüklerde işleyerek, büyük bir pencere kullanıldığında sinyalin “büyük özelliklerini”, küçük bir pencere kullanıldığında ise “küçük özelliklerini” fark edebilir. Daha açık bir ifadeyle, wavelet analizinin amacı hem ormanı hem de ağaçları görebilmektir (Graps, 1995: 1).



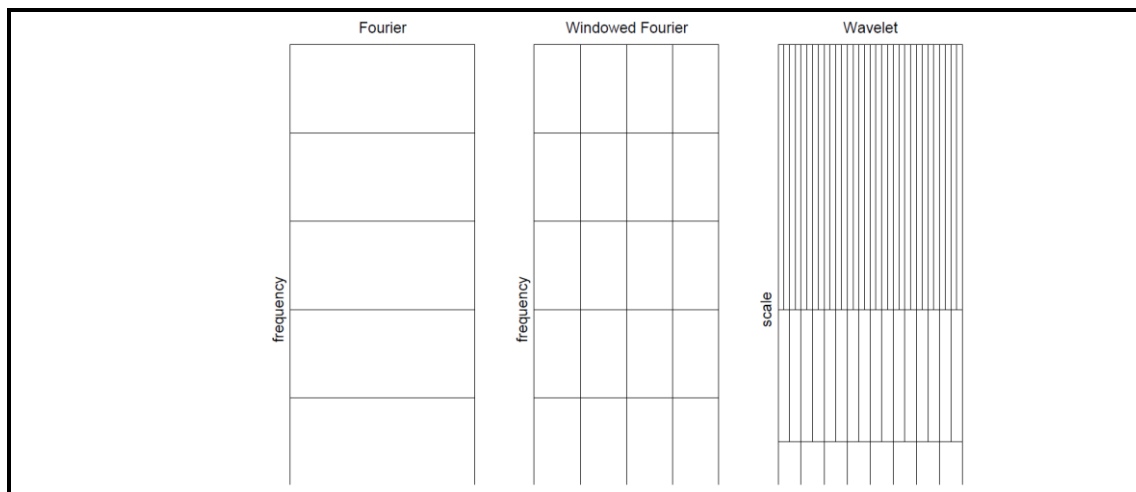
Şekil 32. Wavelet Dönüşümü

Kaynak: Bağdat (2021; Erişim Tarihi: 15.08.2023)

¹³ Wavelet kelime anlamı dalgacık olup; bu çalışmada dalgacık kavramı yerine wavelet kavramı tercih edilmiştir.

¹⁴ Bu çalışma kapsamında wavelet transform (dalgacık dönüşüm) yöntemi kullanıldığı için Fourier analiz ve Spektral analiz yöntemlerine değinilmemiştir. Bu bölümde wavelet analizi ile ilgili kavramlardan ve wavelet dönüşüm yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Wavelet analizi, orijinal bir sinyali veya seriyi incelemek için dalga şeklindeki bir fonksiyon kullanmaktadır. Fourier yöntemiyle kıyaslandığında wavelet analizi dalga formunu daha kısa bir periyoda sığdırarak sıkıştırır ve ardından bu dalga formunu, incelenen sinyalin veya serinin başından itibaren zamana bağlı olarak kaydırarak analiz yapmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde, serinin kısa periyotlardaki özellikleri belirlenir. Daha sonra dalga formu, biraz daha uzun bir periyoda genişletilerek, yine aynı seriyle zamana bağlı olarak karşılaştırılır ve serinin daha uzun periyotlardaki özellikleri saptanır. Dalga formu giderek uzatılarak ve kapsanan periyotlar genişletilerek, serinin en uzun periyottaki özellikleri belirlenmektedir. Farklı ölçeklerde yapılan bu analiz, serinin zaman içindeki periyodik niteliklerindeki değişimleri ortaya koyar. Daha basit bir ifadeyle, wavelet analizi, incelenen seriyi farklı ölçeklerde analiz ederek, serinin çeşitli görüntülerini veya çözünürlüklerini elde etmektedir. Bu süreç, bir çeşit matematiksel mikroskop işlevi görmektedir. Wavelet analizi, başlangıçta sinyali en ince ayrıntılarıyla (yüksek çözünürlükte, kısa periyotlarda, düşük ölçekte) ele alır ve daha sonra daha genel bir yapıda (düşük çözünürlükte, uzun periyotlarda, yüksek ölçekte) inceler, son olarak da kuşbakışı bir perspektif sunar (Schleicher, 2002: 2; Selçuk, 2005: 14).



Şekil 33. Fourier ve Wavelet Dönüşümü için Zaman-Frekans Düzlemi

Kaynak: Schleicher (2002: 2)

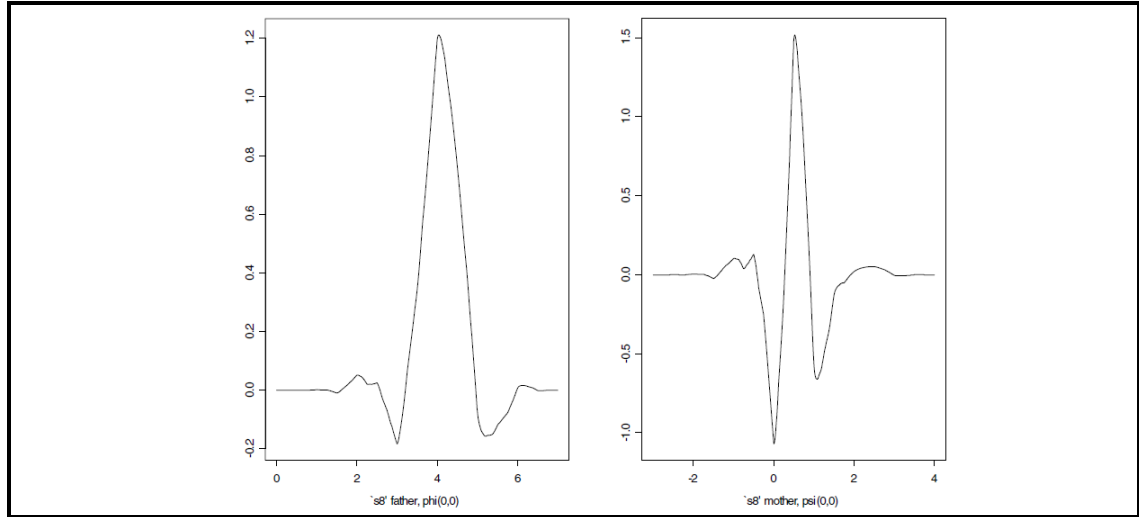
Ekonomi ve finans alanlarında, zaman serisi verilerinin klasik analizinde genellikle sabit bir ölçek kullanılır. İncelenen değişkenler, kaydedildiği zaman aralıklarına (günlük, aylık, yıllık vb.) göre kullanılır. Arada sırada, günlük veya aylık veriler bir araya getirilerek yıllık verilere dönüştürülse de bu işlem veri sayısının azalmasına yol açmaktadır. Buna karşın, wavelet analizi yöntemi, verileri en küçük zaman periyotlarında ölçülmüş haliyle, veri bütünlüğünü koruyarak farklı ölçeklerde inceleme olanağı sunmaktadır. Bu, ekonomi ve finans alanlarına yeni bir bakış açısı

getirmektedir. Bu yöntemin birçok uygulama alanı olmasına rağmen; ekonomi ve finans teorilerinin tüm ölçeklerdeki öngörülerinin geçerliliği, birçok araştırmacının ilgisini çekecek kadar değerlidir (Batar, 2005: 18). Wavelet analizi, analiz yöntemleri arasında tercih edilmesinin önemli nedenlerini sunmaktadır. Fourier serileri, sinüs ve kosinüs bileşenlerinin doğrusal bir kombinasyonundan oluşmaktadır ve her bir bileşen kendi başına bir frekans fonksiyonu olarak işlevini görmektedir. Bu yüzden Fourier dönüşümü, bir sinyalin frekans bazında ayrıştırılması olarak değerlendirilir ve durağan zaman serileriyle çalışıldığında etkili bir araçtır. Ancak ekonomi ve finansal zaman serileri genellikle zamana bağlı olarak düzensiz hareketler sergilediğinden, Fourier ve Spektral analiz yöntemleri bu tür düzensizlikleri yakalama konusunda sınırlı başarıya sahiptir. Bu, durağanlık kısıtlamasının bu yöntemlerin uygunluğunu sınırladığının bir göstergesidir. Wavelet analizinin Fourier ve Spektral analiz yöntemlerine alternatif olarak tercih edilmesinin başlıca nedenlerinden biri, durağan olmayan zaman serileri veya sinyallerde de uygulanabilir olmasıdır.

Waveletler, ölçek faktörü kullanılarak esnek bir şekilde sıkıştırılabilir veya genişletilebilir. Bu özellik sayesinde, daha düşük ölçeklerde yüksek frekans hareketleri daha etkin bir şekilde çözümlenirken; yüksek ölçeklerde düşük frekans hareketleri daha iyi analiz edilebilmektedir. Farklı frekans özelliklerini içeren bir sinyal veya seri söz konusu olduğunda wavelet analizi önemli avantajlar sağlamaktadır (Dowla ve Anant, 1997). Wavelet dönüşümünün bir diğer avantajı, çözümleyici dalgacığın uygulamalara göre esnek bir şekilde seçilebilmesidir (Walker, 1999). Yani eğimli, boşluklu, kırılma noktaları olan, kesikli noktaları içeren serilerin analizinde wavelet analizi tercih edilen bir yöntem haline gelmektedir. Geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında wavelet analizi, bir serinin özgün yapısını koruyarak arındırma (de-noising) veya sıkıştırma işlemlerini kolaylıkla gerçekleştirebilme imkânı sunmaktadır (Misiti vd., 2009).

Finansal zaman serilerinin kesikli yapısı göz önüne alındığında bu tür seriler için Kesikli Wavelet Dönüşümü (DWT) yerine, Maksimum Kesikli Wavelet Dönüşümü (MODWT)'nin kullanılması tercih edilmektedir. Özellikle yüksek frekanslı zaman serileri, örneğin günlük veya gün içi veriler analiz edilirken MODWT, herhangi bir N büyüklüğündeki zaman serilerine uygulanabilir ve wavelet varyansını asimptotik olarak daha etkin bir şekilde analiz edebilir. Bu özellikleri nedeniyle MODWT, finansal zaman serilerinin analizinde daha uygun bir seçenek olarak kabul edilir. Wavelet analizinde, bir zaman serisi wavelet dönüşümü uygulanarak farklı zaman ölçeklerine ayrıştırılır. Ana

wavelet/anne wavelet ve ölçekleme wavelet/baba wavelet, wavelet analizinin iki temel fonksiyonudur. Baba wavelet, orijinal zaman serisinin düşük frekanslı bileşenlerini içererek serinin genel trendini belirtirken; anne wavelet serinin yüksek frekanslı bileşenlerini içermekte ve trendden olan sapmaları göstermektedir (Uyar ve Kangallı Uyar, 2021: 316).



Şekil 34. Anne ve Baba Wavelet Grafikleri

Kaynak: Crowly (2007: 210)

Şekil 34'ü incelediğimizde; anne wavelet (mother wavelet) fonksiyonu yüksek frekanslı dalgalanmaları belirtirken; baba wavelet (father wavelet) fonksiyonu ise düşük frekanslı dalgalanmaları göstermektedir. Bu durumda anne wavelet fonksiyonu yüksek frekanstaki detay parametrelerini taşıyan wavelet filtresini (d_k) gösterirken; baba wavelet fonksiyonu ise düşük frekanstaki yakınlaştırma parametrelerini taşıyan wavelet filtresi (a_k) olarak tanımlanır (Miner, 1998: 14). Bir wavelet fonksiyonu anne waveletten, ölçek ve lokasyon (konum) parametrelerinin değiştirilmesiyle şu şekilde gösterilmektedir.

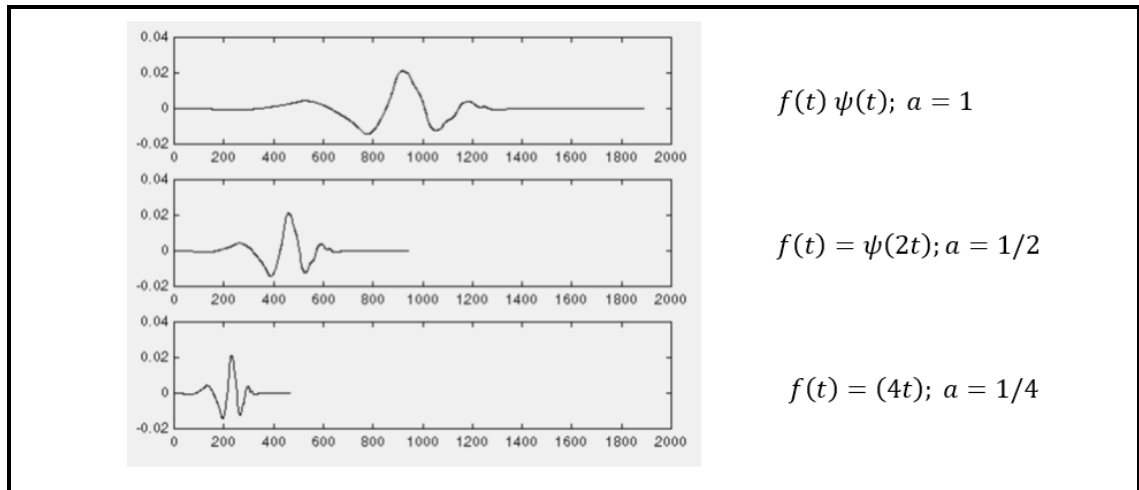
$$\psi_{\alpha,u}(t) = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \psi \left(\frac{t-u}{\alpha} \right) \quad \alpha, u \in \mathcal{R}^{11} \quad (118)$$

(118) nolu denklemde a ölçek parametresini, u ise lokasyon parametresini ifade etmektedir (Crowly, 2007: 210; Addison, 2017: 93).

Ölçek (Scala) Parametresi

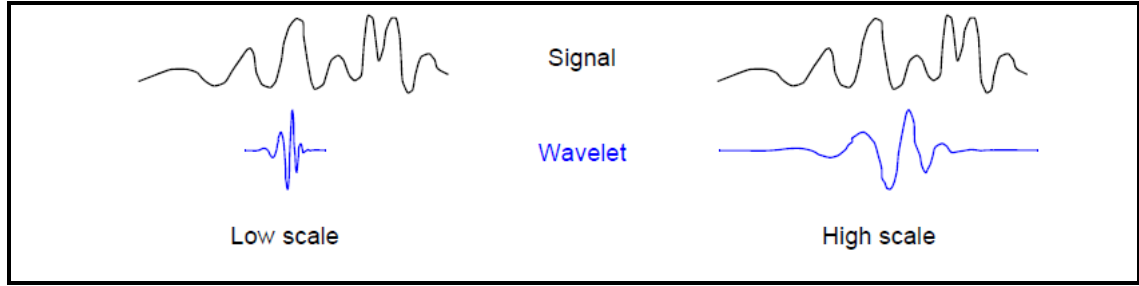
Ölçek parametresi a , harita ölçeğine benzer bir işlemdir. Haritalarda olduğu gibi, yüksek ölçek ile ayrıntılı olmayan genel görünüm elde edilirken; düşük ölçek ile ayrıntılı görünüm elde edilmektedir. Ölçeklendirme, sinyalin veya serinin zaman-genlik gösterimini matematiksel olarak daraltan veya genişleten bir dönüşüm şeklidir.

Diğer bir ifadeyle , ölçek parametresi wavelet uzunluğunu kontrol etmektedir (Uyar ve Kangallı Uyar, 2021: 317). Matematiksel olarak söylemek gerekirse; eğer $f(t)$ verilen bir sinyal (fonksiyon) veya seri ise $f(at)$ fonksiyonun ölçeklendirilmiş matematiksel ifadesini temsil etmektedir. Küçük ölçek değeri sinyali zaman ölçeğinde sıkıştırarak detayları azaltırken; büyük ölçek değeri ise sinyali genişleterek detayları arttırmaktadır. Diğer bir ifadeyle küçük ölçek değeri sinyali sıkıştırmak, büyük ölçek değeri sinyali genişletmek için uygun olmaktadır. a ölçeklendirme parametresine, $0 < a < 1$ arasında bir değer verildiğinde sinyali genişletmektedir. Aynı şekilde a değeri 1 (bir)'den büyük bir değer aldığıda sinyal sıkılaştırılmış olmaktadır (Toprak, 2007: 14). Aşağıdaki Şekil 35'te 1, 1/2 ve 1/4 olarak ölçeklenen yani $0 < a < 1$ aralığında ölçeklenen waveletler gösterilmektedir.



Şekil 35. Ölçek a parametresi $0 < a < 1$ gösterimi
Kaynak: Misiti vd., (1997: 1-16)

Şekil 35'i incelediğimizde; ölçek değeri küçüldükçe wavelet fonksiyonları da aynı oranda daralmaktadır. Buna ek olarak ölçek faktörü ile frekans arasındaki bağlantıyı açıklamakta yarar vardır. Sinüzoidal bir fonksiyonda ölçek ile açısal frekans ω arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Benzer şekilde, wavelet analizinde ölçek ile frekans arasında $a=1/f$ biçiminde bir ters orantı vardır. Wavelet ne kadar sıkışık olursa sinyalin bir kısmı o kadar genişletilmekte ve bu wavelet katsayıları ile ölçülmektedir. Bu durum aşağıdaki Şekil 36 ve Tablo 11'de gösterilmiştir:



Şekil 36. Ölçek ile Frekans Arasındaki İlişki

Kaynak: Misiti vd., (1997: 1-19)

Aşağıdaki Tablo 11’de arasındaki ilişki gösterilmektedir.

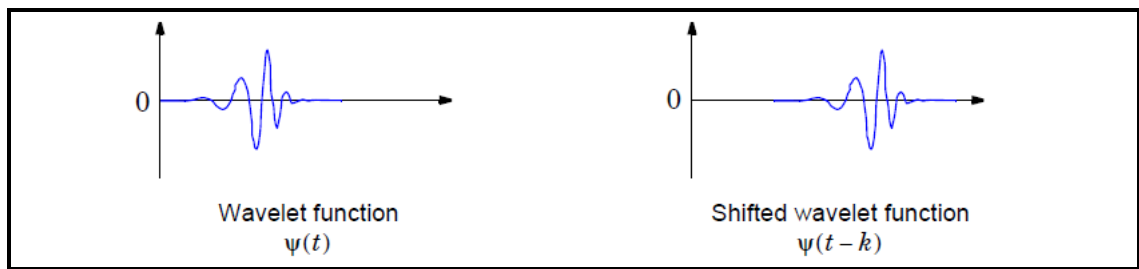
Tablo 11. Ölçek ile Frekans Arasındaki İlişkinin Gösterimi

Ölçek	Frekans	Wavelet	Sinyal
Düşük Ölçek	Yüksek Frekans	Sıkıştırılmış Wavelet	Genel (Global)
Yüksek Frekans	Düşük Ölçek	Genişletilmiş Wavelet	Detaylandırılmış (Lokal)

Kaynak: Gürsakal (2009: 54)

Konum (Lokasyon) Parametresi

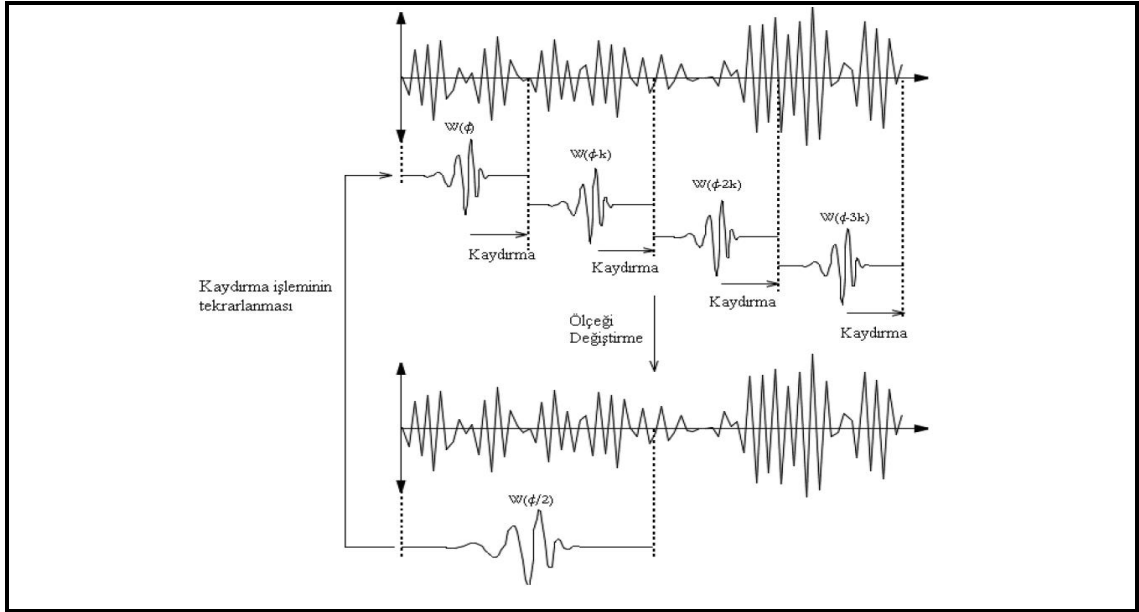
μ konum parametresi wavelet konumunu göstermektedir (Uyar ve Kangallı Uyar, 2021: 317). Bir dalgacığın kaydırılması basit bir söylem ile başlangıç noktasının yatay ekseninde hareket ettirilmesi, bu da konumunun değiştirilmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca bu kavram, dönüşüm domaininde (zaman-frekans gösterimi) zaman bilgisini sağlamaktadır (Toprak, 2007: 15). Matematiksel olarak ifade etmek gerekirse $f(t)$ fonksiyonunu k kadar kaydırmak ($f(t-k)$ olarak belirtilmektedir. Aşağıdaki Şekil 37’de bu kaydırma parametresinin wavelet fonksiyonunu nasıl etkilediği gösterilmektedir (Misiti, 1997: 1-16).



Şekil 37. Konum Parametresinin Wavelet Fonksiyonuna Etkisi

Kaynak: Misiti vd., (1997: 1-19)

Ana dalga fonksiyonuna uygulanan ölçek ve konum operatörleri, wavelet yardımıyla, sinyalin veya serinin konumlandırma kısmı arasındaki bağlantıyı gösteren parametrelerini hesaplanmasında kullanılmaktadır. Wavelet parametreleri, her bir wavelet parçası için hesaplanmakta ve bu hesaplamalar wavelet korelasyonlarını sinyal ile bağdaştırarak zaman-ölçek ile ilişkili bir fonksiyon sağlamaktadır. Ana wavelet fonksiyonuna ilişkin süreç aşağıdaki gibi gösterilmiştir;



Şekil 38. Wavelet Dönüşümünün Aşamaları (Kaydırma-Ölçekleme İşlemi)

Kaynak: Gürsakal (2009: 55)

Sinyalin veya serinin hem ölçek hem de zaman açısından analiz edebilme özelliğine ilişkin olarak waveletler; “*Sürekli Wavelet Dönüşümü (Continuous Wavelet Transform-CWT)*”, “*Kesikli Wavelet Dönüşümü (Discrete Wavelet Transform-DWT)*” ve “*Maksimum Örtüşen Kesikli Wavelet Dönüşümü (Maksimal Overlap Discrete Wavelet Transform-MODWT)*” olmak üzere 3 (üç)’e ayrılmaktadır (Gençay vd., 2002). Bu yüzden bu bölümde ilk olarak CWT, DWT ve son olarak MODWT wavelet türlerinden bahsedilecektir.

Sürekli Wavelet Dönüşümü (CWT)

Kısa dönem Fourier dönüşümü ’ne bir alternatif olarak öne sürülen sürekli wavelet dönüşümü (Continuous Wavelet Functions-CWT), analizde karşılaşılan bazı zorlukları aşmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Fourier dönüşümü, sinyalleri temel olarak sinüs ve kosinüs dalgalarına ayırarak frekans bilgilerini elde etmemizi sağlamaktadır. Ancak bu yaklaşımın bir dezavantajı, zaman bilgisini kaybetmesidir. Özellikle küçük süreçlerin incelenmesi gerektiğinde zaman içindeki değişimleri yakalamak zor olabilir. Sürekli wavelet dönüşümü ise bu zorluğun üstesinden gelmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Sürekli wavelet dönüşümü pencerelenmiş Fourier dönüşümüne benzemektedir (Toprak, 2007: 15). Waveletler, tıpkı Fourier dönüşümündeki gibi dalgaları temsil etmektedir. Ancak bu dalgaların genellikle belirli bir merkez frekansta ve sınırlı zaman aralığında genişliği vardır. Bu özellik, sürekli wavelet dönüşümünü zaman ve frekans bilgilerini daha iyi bir şekilde bir araya getirebilen bir araç haline getirmektedir. Bu sayede küçük

ölçekli salınımlar veya keskin zamansal değişimler gibi ayrıntılı yapıları dahi analiz etmek mümkündür. Genel olarak sürekli wavelet dönüşümü, Fourier dönüşümünün zaman ve frekans arasındaki dengeyi kaybettiği durumlarda daha iyi sonuçlar elde etmek için kullanılan bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır.

Sürekli wavelet dönüşümü iki değişkenli bir fonksiyon olarak tanımlanmaktadır ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Gençay vd., 2002: 103):

$$W(u, a) = \int_{-\infty}^{\infty} x_t \psi_{u,a}(t) dt \quad (119)$$

Burada a ölçek parametresini, u konum parametresini, $x(t)$ dönüşümü yapılacak olan fonksiyonu ifade etmektedir. $\psi_{a,u}(t)$ ise ana wavelet fonksiyonunu göstermektedir. Yukarıdaki Denklem (119)'de $\psi_{a,u}(t)$ Denklem (118)'de yerine konulduğunda şu denklem elde edilmektedir:

$$W(a, u) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-u}{a}\right) dt \quad (120)$$

Sürekli wavelet dönüşümünde ana wavelet fonksiyonu “*kabul edilebilirlik koşulu*” olarak bilinen temel bir kurala uymaktadır. Söz konusu kabul edilebilirlik koşulu şu şekilde belirtilmektedir:

$$C_\psi = \int_0^{\infty} \frac{|\Psi(f)|^2}{f} dt < \infty \quad (121)$$

(121) nolu denklemde yer alan $\Psi(f)$ frekansın bir fonksiyonu olan $\psi(t)$ 'nin Fourier dönüşümünü temsil etmektedir ve bu dönüşüm şu şekildedir:

$$\Psi(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(u) e^{-2\pi f u} du \quad (122)$$

(122) nolu denklemde koşul $f \rightarrow 0$ 'a doğru giderken aynı şekilde $\Psi(f)$ dönüşümünün de hızlı bir şekilde 0 (sıfır)'a yaklaşmasını sağlamaktadır (Gençay vd., 2002: 102). İncelenen fonksiyona kaydırılmış ve ölçeklenmiş ana wavelet fonksiyonu uygulandığında söz konusu fonksiyonun karmaşık yapısı daha basit bileşenlere ayrılmış hale gelmektedir. Bu işlem, fonksiyonun “*çözümlemesi (analyzing)*” veya “*parçalara ayrıştırılması (decomposing)*” olarak tanımlanmaktadır. Wavelet fonksiyonu yukarıda ifade edilen “*kabul edilebilirlik*” şartını sağlıyorsa ters alma dönüşümü yapılarak wavelet

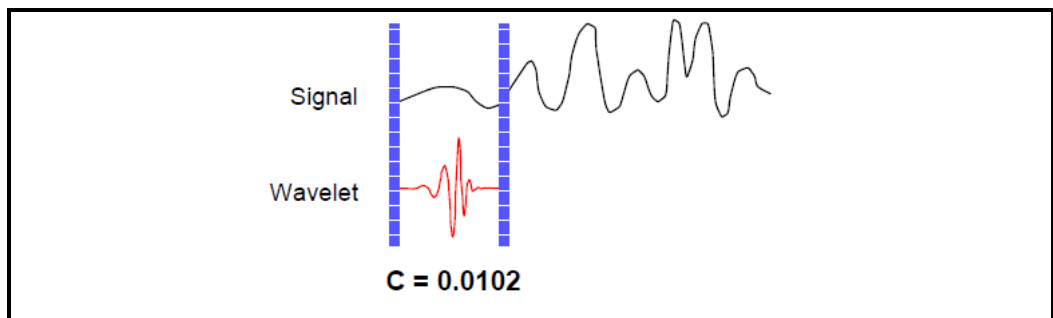
parametrelerinden hareketle fonksiyonun kendisi de elde edilmektedir. Bu süreç aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi gerçekleşmektedir:

$$x(t) = \frac{1}{C_\psi} \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty W(a, u) \psi_{a,u}(t) du \frac{d_a}{a^2} \quad (123)$$

Bu ters dönüşümde fonksiyon, sentezlenme (reconstruction) veya yeniden yapılandırılma olarak ifade edilmektedir. Wavelet dönüşümün önemli bir özelliği, integrali alınabilen bir fonksiyonun (yani $x(t)$ fonksiyonu, $\int_{-\infty}^\infty x^2(t) dt < \infty$)¹⁵ ayrıştırma ve mükemmel bir biçimde yeniden yapılandırılmasının yapılabilmesidir (Gençay vd., 2002: 103).

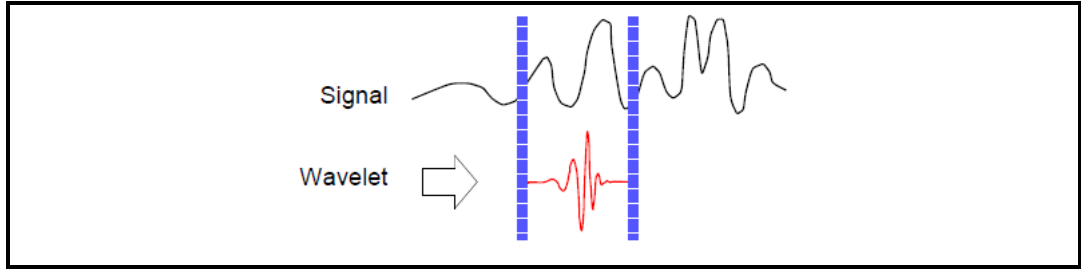
Sürekli wavelet dönüşümü, dalgacığın ölçeklenmiş, kaydırılmış versiyonları ile çarpılan sinyalin tüm zamanlarının toplamıdır. Bu süreç, ölçek ve konumun bir fonksiyonu olan wavelet parametreleri ile elde edilmektedir. Bu işlem kolay olmakla birlikte CWT oluşturmak için aşağıdaki beş adımda gerçekleştirilmektedir (Misiti vd., 1997: 1-16):

- ❖ Bir wavelet seçilip, orijinal sinyalin başlangıcındaki bir bölümle karşılaştırılır. Bu duruma bağlı olarak sonuçlar seçilecek dalgacığın şekline bağlı olacaktır.
- ❖ Dalgacığın sinyalin bu bölüm ile ne kadar yakından ilişkili olduğunu temsil eden bir C sayısı hesaplanır. C ne kadar yüksek olursa benzerlik o kadar fazla olmaktadır. Daha açık bir şekilde söylemek gerekirse sinyal enerjisi ve wavelet enerjisi 1 (bir)'e eşitse, C bir korelasyon katsayısı olarak yorumlanabilir.

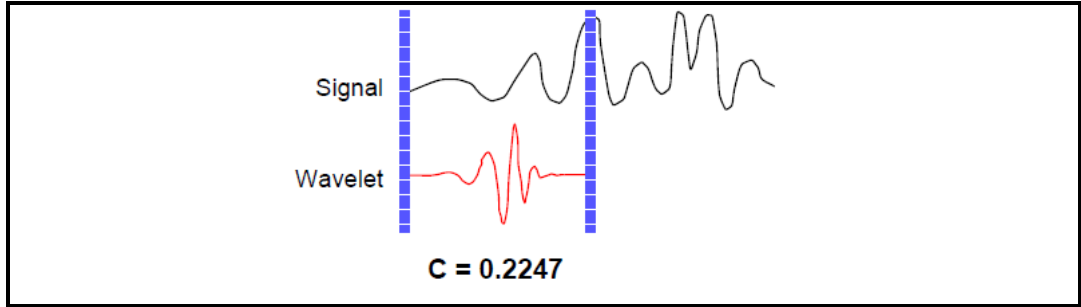


- ❖ Dalgacığı sağa kaydırarak ve tüm sinyalleri kaplayana kadar 1. ve 2. adımlar tekrar edilmektedir.

¹⁵ şartını sağlıyorsa integrali alınabilen bir fonksiyon olarak nitelendirilmektedir.



❖ Dalgacığı ölçeklendirip genişletilerek önceki adımlar tekrar edilmektedir.



❖ Tüm ölçekler için önceki adımlar tekrar edilmektedir.

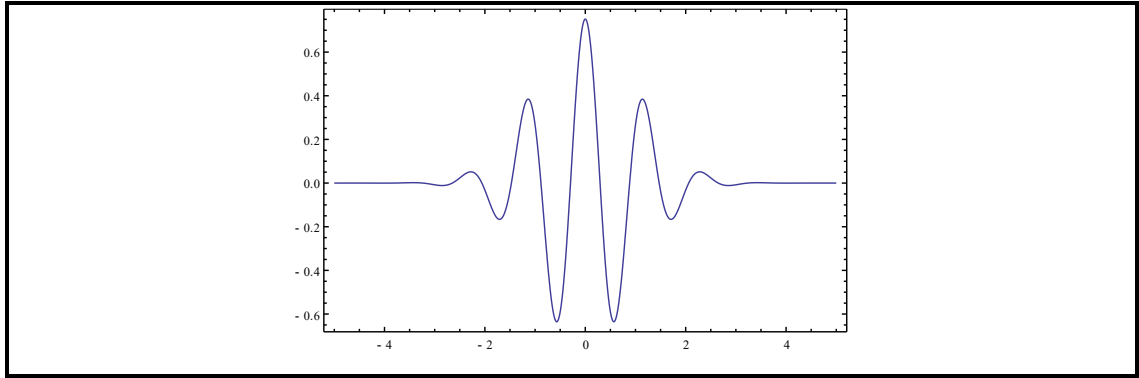
Bu adımlar gerçekleştirildiğinde sinyalin farklı bölümleri ile farklı ölçeklerde üretilen parametreler elde edilmiş olur. Sürekli wavelet dönüşümünün iki tür wavelet türü bulunmaktadır. Bunlar; Morlet waveleti ve Mexican hat waveleti'dir

Morlet Waveleti

Morlet waveleti; sürekli wavelet dönüşümünün en klasik örneğidir (Gençay vd., 2002: 102). Bu wavelet türü, yerel olarak periyodik dalga bileşenlerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulan bir pencereleme olup Fourier dönüşüm yöntemine benzer bir yapıya sahiptir. Morlet waveletin ölçek fonksiyonu bulunmamaktadır. Bu wavelet, karmaşık sayıları içerdiğinden hem genlik hem de faz bileşenlerini eş zamanlı olarak algılayabilir (Lau ve Weng, 1995). Ayrıca bu wavelet, yumuşak geçişlere sahip olup; ani değişimler yapmayan zaman serilerinde daha iyi sonuçlar verme eğilimindedir. Morlet waveletinin, ana wavelet fonksiyonu şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\psi^M(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-i\omega_0 t e^{-\frac{t^2}{2}}} \quad (124)$$

(124) nolu denklemde $i = \sqrt{-1}$ gibi hayali bir sayıyı, ω_0 ise waveletinin merkezi frekansını belirtmektedir. Aşağıdaki Şekil 39 iki farklı merkezi frekansa göre çizilmiş Morlet waveletlerini göstermektedir.



Şekil 39. Morlet Waveleti

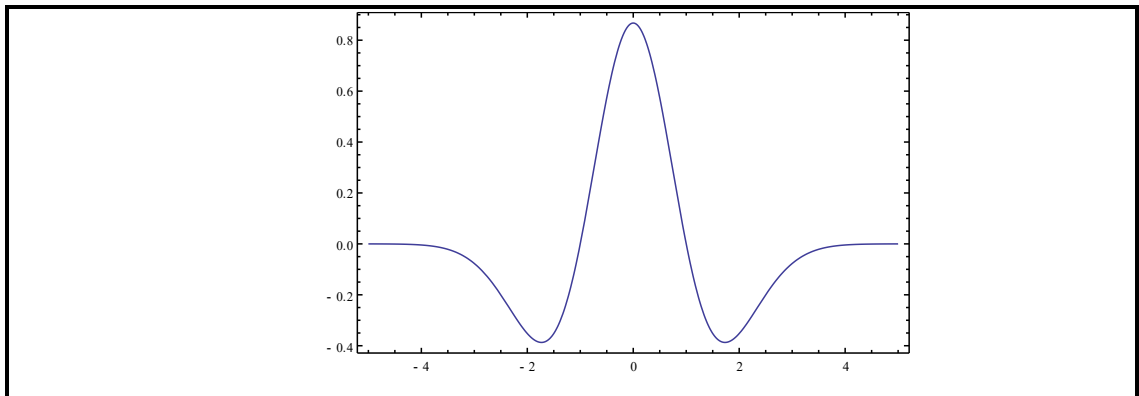
Kaynak: Gençay vd., (2002: 104)

Mexican Hat Waveleti

Bu wavelet türünün ölçekleme fonksiyonu bulunmamakla birlikte normal dağılım fonksiyonunun ikinci türevi alınarak elde edilmektedir (Misiti vd., 1997: 1-41). Bu wavelet fonksiyonu şu şekildedir:

$$\psi^{Mh}(t) = \frac{2}{\pi^{1/4}\sqrt{3}\sigma} \left(1 - \frac{t^2}{\sigma^2}\right) e^{-t^2/2\sigma^2} \quad (125)$$

Mexican Hat waveletinin grafiği ise şu şekildedir (Şekil 40).



Şekil 40. Mexican Hat Wavelet Grafiği

Kaynak: Gençay vd., (2002: 104)

Kesikli Wavelet Dönüşümü (DWT)

Kesikli Wavelet Dönüşümü (Discrete Wavelet Transform-DWT), waveletlerin ayrı ayrı örneklenecek hem sayısal hem de fonksiyonel analizlerde kullanıldığı özelleşmiş bir wavelet dönüşüm tekniğidir. Zaman serisi verilerinde hem zaman hem de frekans boyutlarını etkin bir şekilde ölçme kabiliyetiyle, son derece önemli bir role sahiptir. İktisadi ve finansal verilerin kesikli yapısı göz önüne alındığında sürekli wavelet dönüşümüyle karşılaşılan sürekli hesaplama katsayılarındaki sorunlar, DWT'nin bu tür

veriler için daha avantajlı bir çözüm sunmasına katkı sağlamaktadır (Addison, 2017). Kesikli wavelet katsayıları şu şekilde gösterilmektedir (Gençay vd., 2002: 119):

$$\mathbf{w} = W\mathbf{x} \quad (126)$$

(126) nolu eşitlikte \mathbf{x} , $N \times 1$ gözlem vektörünü belirtirken, W ise DWT'yi belirten $N \times N$ boyutlu ortogonal matrisi ifade etmektedir. $N = 2^J$ için kesikli wavelet katsayıları

$$\mathbf{w} = [w_1, w_2, \dots, w_J, v_J]^T \quad (127)$$

olarak gösterilmektedir. Burada $w_i, N/2^i$ boyutlu wavelet katsayılarının bir vektörü olup ve $\lambda_i = 2^{i-1}$ boyutlu ölçekteki değişiklikler ile bağlantılıdır. Buna ek olarak $v_J, N/2^J$ boyutlu ölçekleme katsayıları vektörünü ifade etmektedir. $2^J = 2\lambda_J$ boyutlu ölçekteki değişiklikler ile ilintilidir (Gençay vd., 2002: 120).

Kesikli wavelet dönüşümü (DWT), piramit algoritması yardımıyla yapılmaktadır. \mathbf{x} , gözlemler vektörüdür. $h_l, l = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ wavelet filtresi yani yüksek geçişli filtre, $g_l, l = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ ölçeklendirme filtresi yani düşük geçişli filtre olarak belirtilmektedir. Sürekli wavelet dönüşümlerinde olduğu gibi kesikli wavelet fonksiyonlarının da 0 ortalamalı ve birim enerjiye sahip olması gerekmektedir. Yani kısaca $h_l, l = 0, 1, 2, \dots, L - 1$, Denklem (128) ve (129)'daki şartları sağlanması gerekmektedir (Gençay vd., 2002: 106):

$$\sum_{l=0}^{L-1} h_l = 0 \quad (128)$$

ve birim enerjiye sahiptir.

$$\sum_{l=0}^{L-1} h_l^2 = 1 \quad (129)$$

(128) ve (129) nolu Denklemlere ek olarak, wavelet (veya yüksek geçişli) filtre katsayıları, h_l kendi çift kaydırmalarına dik olup şu şekildedir (Gençay vd., 2002: 107):

$$\sum_{l=0}^{L-1} h_l h_{l+2n} = 0, \quad \text{tüm sıfır olmayan tamsayılar } n \text{ için} \quad (130)$$

Bu, DWT ve CWT arasındaki ilişkiden, kritik örnekleme yoluyla ortaya çıkmaktadır. DWT'yi tanımlayan ortogonal matrisi oluşturmak için wavelet katsayıları birbiriyle etkileşemez. Denklem (129) ve (130), kısa ve öz olarak, karesel kazanç fonksiyonu

aracılığıyla frekans alanında ifade edilebilir. Ölçekleme filtre katsayıları ile wavelet (dalgacık) filtre katsayıları arasındaki bağlantı ise aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Gençay vd., 2002: 107):

$$g_l = (-1)^{l+1} h_{L-1-l}, \quad l = 0, \dots, L-1 \text{ için} \quad (131)$$

Kesikli wavelet dönüşüm algoritması ve uygulaması aşağıdaki gibi kısaca ifade edilmiştir.

Uygulamada DWT'ye ait piramit algoritma uygulaması 1989 yılında Mallat tarafından geliştirilmiştir. Piramit algoritmasında; veri vektörü x_t , wavelet filtresi h_l , ve ölçekleme filtresi g_l olmak üzere üç adet temel bileşen içermektedir. Algoritmanın ilk aşamasında ölçekleme ve wavelet parametrelerini elde etmek için veri vektörü, ölçekleme ve wavelet filtreleriyle filtrelenmektedir. Bu işlemin sonucunda aşağıdaki katsayılara ulaşılmaktadır (Gençay vd., 2002: 122):

$$w_{1,t} = \sum_{l=0}^{L-1} h_l x_{2t+1-l \bmod N} \quad (132)$$

ve

$$v_{1,t} = \sum_{l=0}^{L-1} g_l x_{2t+1-l \bmod N} \quad (133)$$

Burada $t = 0, 1, \dots, N/2-1$ ¹⁶ değerleri almaktadır. Boyut küçültme işlemi (downsampling-↓2) ise x_t 'nin alt indeksi aracılığıyla filtreleme adımına dahil edilmektedir. N uzunluğundaki gözlem vektörü, $N/2$ tane parametre katsayısı vektörü elde edebilmek için düşük frekansları geçiren (low pass) ve yüksek frekansları geçiren (high pass) filtreler ile işlenmektedir. Piramit algoritmasının ikinci aşamasında ise veri artık ilk aşamadaki ölçekleme katsayıları v_1 olarak kabul edilmektedir ve filtreleme sonucunda ikinci seviye wavelet ve ölçekleme katsayıları elde edilmektedir (Gençay vd., 2002: 122):

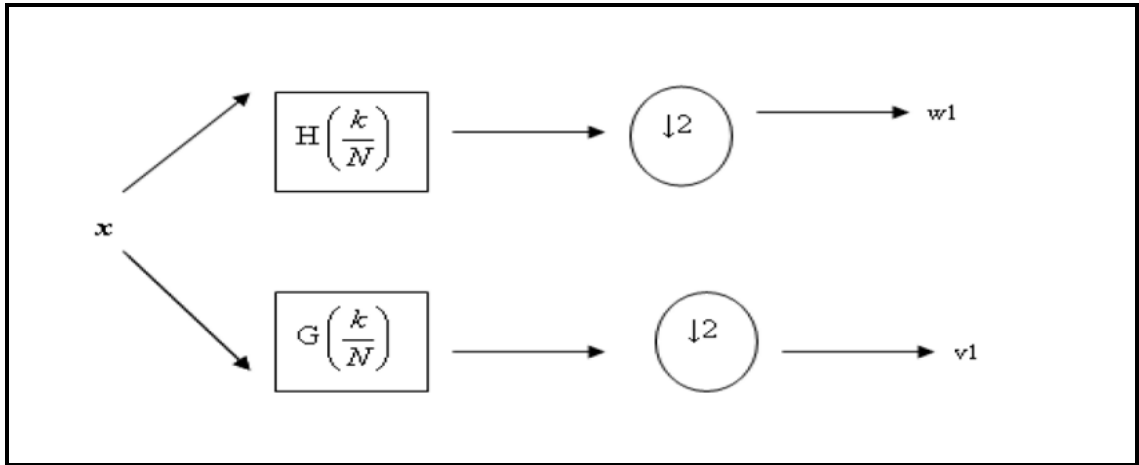
$$w_{2,t} = \sum_{l=0}^{L-1} h_l v_{1,2t+1-l \bmod N} \quad (133)$$

ve

¹⁶ Bu hesaplama verimliliği açısından aynı döngüde birleştirilebilir

$$v_{2,t} = \sum_{l=0}^{L-1} g_l v_{1,2t+J-l \bmod N} \quad (134)$$

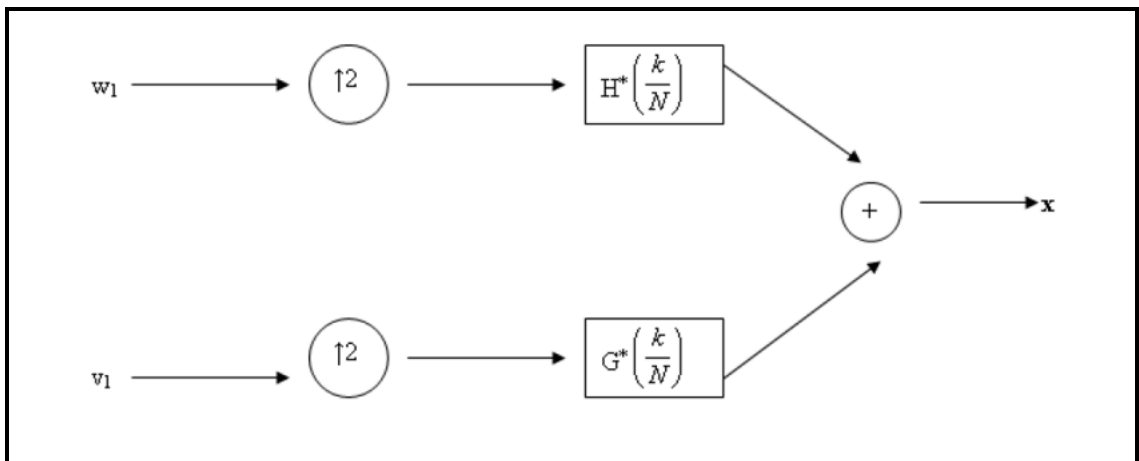
$t = 0, 1, \dots, \dots, N/4 - 1$ şeklinde alınmaktadır ve tüm wavelet katsayılarının vektörleri ve son ölçekleme katsayısı seviyesi korunmaktadır. Bu süreç J , ($J = \log_2(N)$) kadar tekrarlandığında ve sona erdiği zaman; $w = [w_1, w_2, \dots, \dots, w_J, v_J]^T$ vektörüne ulaşılmaktadır. Ayrıca aşağıdaki şekillerde piramit algoritması gösterilmektedir (Gençay vd., 2002: 123).



Şekil 41. Piramit Algoritması Yoluyla X'in Birim Ölçeğin Ayrışmasını Gösteren Akış Diyagramı

Kaynak: Gençay vd., (2002: 122)

X'in birim ölçeğine ayrışmasını gösteren akış diyagramı, DWT'nin tersini alarak, boyut yükseltme (upsampling) işlemi yapıldığında aşağıdaki Şekil 42'ye ulaşılmaktadır.



Şekil 42. Piramit Algoritması Yoluyla X'in Rekonstrüksiyonu (Yeniden oluşturulması) Gösteren Akış Diyagramı

Kaynak: Gençay vd., (2002: 123)

Haar Waveleti

Alfred Haar ilk defa 1910 yılında Doktora tezinde waveletleri kullanan kişidir. Diğer bir ifadeyle literatürde ilk kez bu çalışmada wavelet türlerine yer verilmiştir. Haar waveletleri kesikli olmasının yanı sıra hem orthogonal hem de simetrikler (Daubechies, 1992). Bu, wavelet türü grubuna ait en kısa uzunluktaki wavelet türüdür. Haar waveletinin ölçekleme fonksiyonu $\emptyset = 1$ olup ölçekleme fonksiyonu şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\psi\left(\frac{t}{2}\right) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (-1)^{1-n} h[1-n] \emptyset(t-n) = \frac{1}{\sqrt{2}}(\emptyset(t-1) - \emptyset(t)) \quad (135)$$

Bu denklemden (135) hareketle Haar wavelet fonksiyonu aşağıdaki şekilde elde edilmektedir (Mallat, 1998: 248):

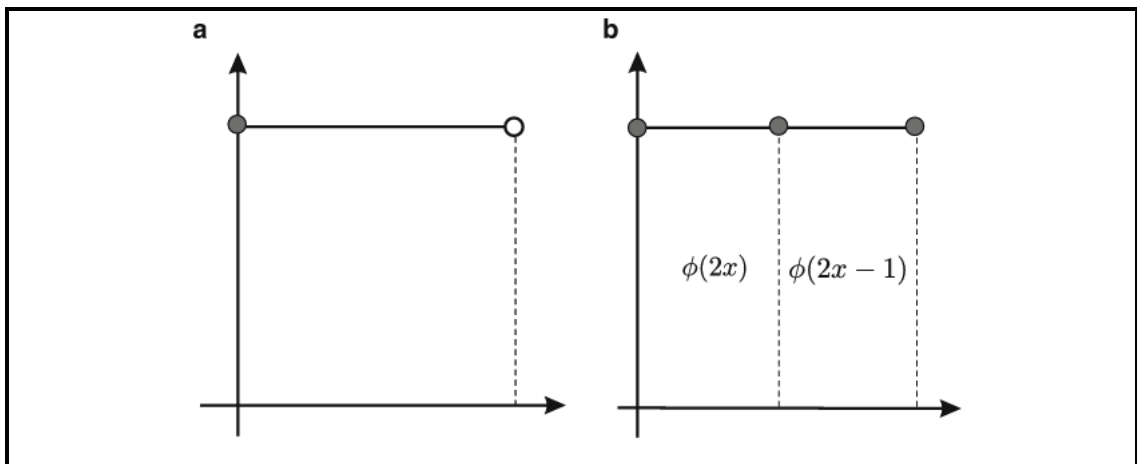
$$\psi(t) = \begin{cases} -1 & \text{eğer } 0 \leq t < \frac{1}{2} \\ 1 & \text{eğer } \frac{1}{2} \leq t < 1 \\ 0 & \text{eğer } t < 0 \text{ veya } t > 1 \end{cases} \quad (136)$$

Burada t gözlem değerlerini ifade etmektedir. Haar Waveleti filtre uzunluğu $L = 2$ 'dir ve bir wavelet filtresidir. Diğer bir ifadeyle kendisinin ölçekleme filtresi parametreleri olarak kabul edilmektedir. Böylece düşük veya yüksek geçişli filtre parametreleri şu şekildedir:

$$g_0 = g_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (137)$$

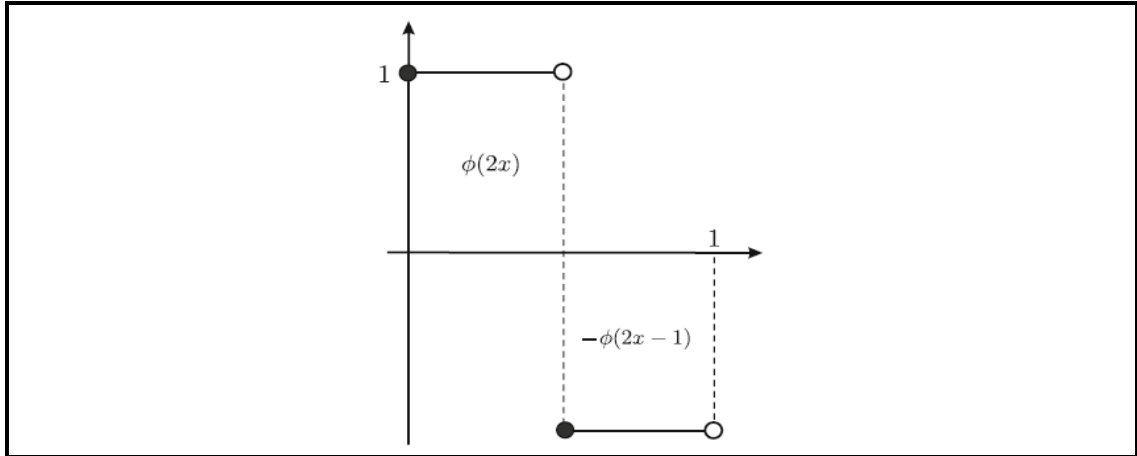
Wavelet filtre parametreleri ise $h_0 = 1/\sqrt{2}$ ve $h_1 = -1/\sqrt{2}$ 'dir (Gençay vd., 2002: 110).

Haar wavelet ve Haar ölçekleme fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilmektedir.



Şekil 43. Haar Ölçekleme Fonksiyonunun Çift Ölçek İlişkisi

Kaynak: Gomes ve Velho (2015: 118).



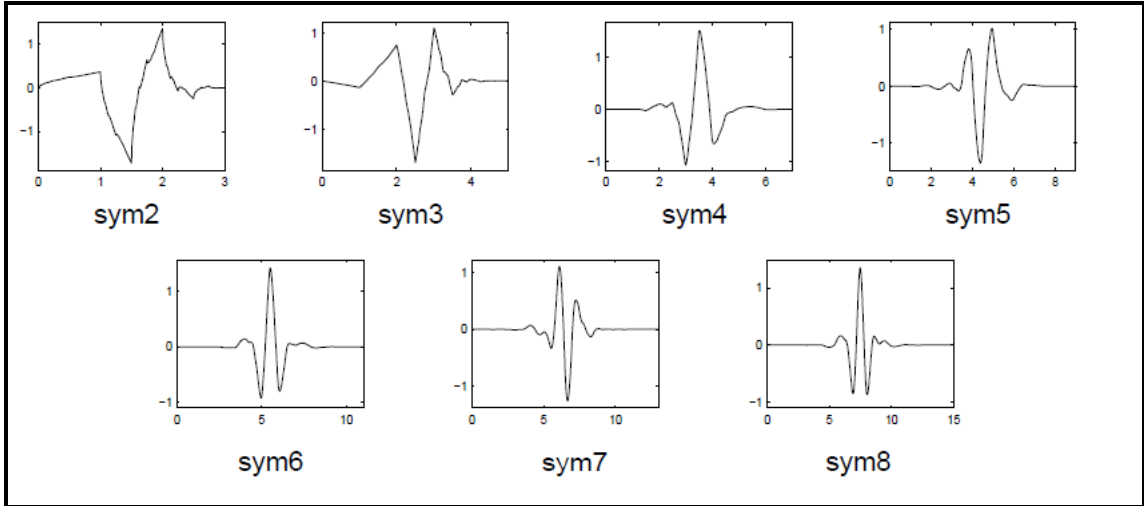
Şekil 44. Haar Waveleti

Kaynak: Gomes ve Velho (2015: 118).

Şekil 44'de görüldüğü üzere Haar waveleti birim ölçeklidir. Haar waveletinin temel avantajları basit ve hızlı olmasının yanı sıra; etkili bir hafızaya sahip olması ve tersine çevrilebilir olmasıdır. Ayrıca, Haar Waveleti kompakt bir desteğe sahip olmasıyla da belirginleşmekte ve bu da Haar waveletinin önemli bir özelliğidir. Diğer bir ifadeyle, Haar Waveleti sınırlı bir aralık dışında 0 (sıfır) değerindedir. Bununla birlikte, Haar waveletinin türevi süreklilik göstermez ve bu özellik, finansal alan gibi bazı alanlarda Haar waveletinin filtresinin kullanımını kısıtlamaktadır (Özün ve Çifter, 2006: 7).

Symlet Waveleti

Symlet waveletleri; Daubechies waveletlerinin bir türü olup; özellikle simetrik yapılarıyla tanınan bir wavelet ailesidir. Bu waveletler, Daubechies ailesinin özel bir varyasyonu olarak geliştirilmiş ve bu ailenin genel özelliklerini paylaşmaktadır. Symlet waveletlerinin, Daubechies waveletleriyle benzer özelliklere sahip olmalarının yanı sıra, simetriye olan bu özel vurgusu onları belirli uygulamalarda daha uygun kılmaktadır. Symlet waveletleri, genellikle sinyal işleme ve zaman serisi analizinde kullanılmaktadır ve bu alanlarda, simetrik yapılarının getirdiği avantajları nedeniyle tercih edilmektedir. Ölçekleme ve ana wavelet fonksiyonları, zaman ve frekans özelliklerini farklı bir perspektiften inceleyebilmek için özel olarak tasarlanmıştır. Bu fonksiyonların grafiksel temsilleri, Symlet waveletlerinin özelliklerini ve işlevlerini daha iyi anlamak için önemli bir araçtır. Ölçekleme fonksiyonu, serinin genel trendini yakalamaktadır ve ana wavelet fonksiyonu ise daha ince detayları ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Bu grafikler, Symlet waveletlerinin analizdeki kullanımını ve etkinliğini görsel olarak sergilemektedir (Misiti vd., 1997: 1-40).



Şekil 45. Symlet Wavelet

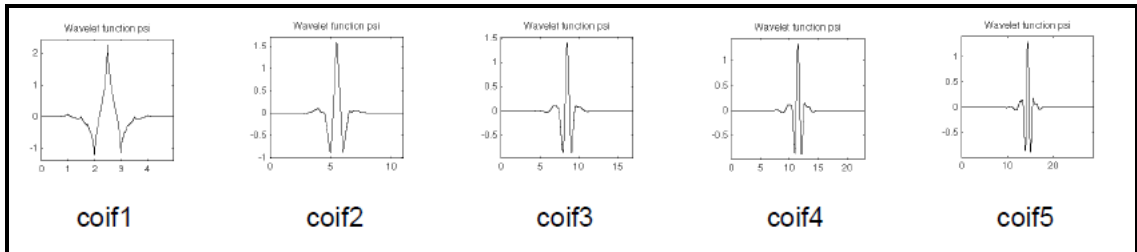
Kaynak: (Misiti vd., 1997: 1-40).

Coiflet Waveleti

Coiflet waveleti; R.Coifman'nın önerisiyle Daubechies tarafından geliştirilen bir wavelet türüdür ve bu yüzden de Coiflet olarak adlandırılmaktadır. Coiflet waveletin de sifıra yaklaşan momentler (vanishing moments) önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bu wavelet türünde ölçekleme fonksiyonunun aşağıdaki belirli özellikleri taşımasına vurgu yapılmıştır.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \varnothing(t) dt = 1 \text{ ve } \int_{-\infty}^{\infty} t^k \varnothing(t) dt = 0 \quad 1 \leq k < p \quad (138)$$

Coiflet waveleti, Daubechies waveletlerine göre daha simetrik bir yapıya sahiptir. Bunun sebebi; Coiflet waveletinin ölçek uzunluğunun belirlenmesinde sifıra yakınsayan momentlerinin sayısına bağlı olarak $2N - 1$ yerine $3N - 1$ olarak kullanılmasıdır. Farklı filtre uzunlukları olan Coiflet wavelet grafikleri Şekil 46'da verilmiştir.



Şekil 46. Farklı Filtre Uzunluklarına Sahip Coiflet Wavelet Grafikleri

Kaynak: (Misiti vd., 1997: 1-40).

Daubechies Waveleti

Daubechies wavelet dönüşümleri, Haar wavelet dönüşümüne benzemektedir. Yani ölçekleme sinyalleri ve waveletleri ile ölçek çarpımlarıyla ortalamaları ve farkları

hesaplayarak tanımlanır. Ancak aralarındaki tek fark bu ölçekleme ve sinyallerinin wavelet ve ölçek fonksiyonlarından kaynaklanmaktadır. Daubechies Waveleti, Haar waveletine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Ayrıca, Daubechies waveletleri sürekli ve bu nedenle hesaplama açısından daha uzun ve karmaşık işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu wavelet türü hem dengeli frekans tepkilerine hem de doğrusal olmayan faz tepkilerine sahip olma özelliği taşımaktadır. Ayrıca, Daubechies waveletleri örtüşen (overlapping) pencereler kullanmaktadır. Bu yüzden yüksek frekans spektrumu tüm yüksek frekans değişikliklerini yansıtmaktadır (Cascio, 2007: 11; Elfouly vd., 2008: 98). Daubechies wavelet ölçekleme fonksiyonu şu şekildedir:

$$\emptyset(t) = \sqrt{2} \sum_k h_k \emptyset(2t - k) \quad (139)$$

Wavelet fonksiyonu ise:

$$\psi(t) = \sqrt{2} \sum_k g_k \emptyset(2t - k) \quad (140)$$

şeklinde gösterilmektedir (Cascio,2007: 11). Genellikle bu wavelet türü için herhangi bir zaman fazı bulunmamakta; sadece mümkün olduğunda filtre katsayıları üzerinden yapılmaktadır. Daubechies Waveleti tanımlamanın en basit yolu ölçekleme (yavaş geçişli) filtrelerinin kareli kazanç fonksiyonundan yararlanmaktadır. Söz konusu fonksiyon şu şekilde ifade edilmektedir:

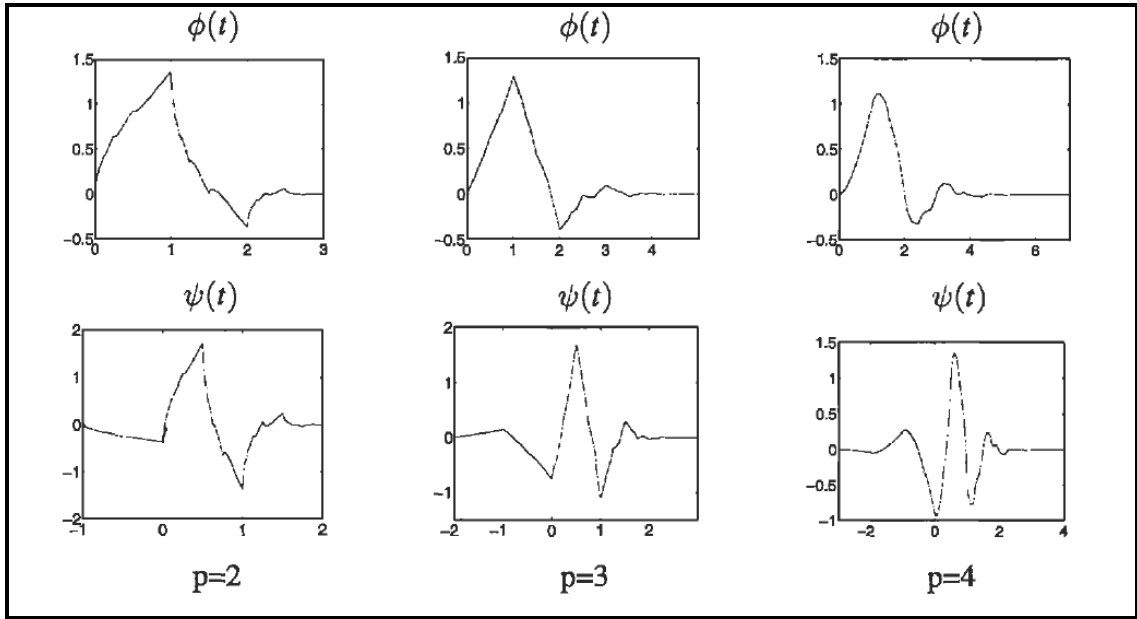
$$\mathbb{E}(f) = 2 \cos^L(\pi f) \sum_{l=0}^{L/2-1} \binom{L/2-1+l}{l} \sin^{2l}(\pi f) \quad (141)$$

burada, L filtre uzunluğunu ifade etmektedir. Pozitif çift bir tamsayıdır ve

$$\binom{a}{b} = \frac{a!}{b!(a-b)!} = \frac{\Gamma(a+1)}{\Gamma(b+1)\Gamma(a-b+1)} \quad (142)$$

(142) nolu Denklemden $L=2$ olması durumunda ve $\mathbb{E}(f)$ 'ye kesikli Fourier dönüşümü uygulandığında oluşan ölçekleme filtre katsayıları Haar waveleti ile aynı olmaktadır. Daubechies waveleti farklı filtreler elde etmek için iki faktörizasyon yöntemi kullanmaktadır. Haar waveletine göre asimettiktir. Asimetrik waveletler grubuna ait bu wavelet türü $D(L)$ ve $LA(L)$ şeklinde gösterilmektedir. Daubechies Waveleti, kompakt desteğe sahip wavelet fonksiyonun yaklaşan momentlerinin sayısına bağlı olmaktadır. Daha açık bir şekilde söylemek gerekirse 0 (sıfır)'a yaklaşan momentlerin sayısı filtre

uzunluğu (L)'nin yarısı kadar olmaktadır. Örneğin Haar waveletinin 0 (sıfır)'a yaklaşan moment sayısı 1(bir) olarak kabul edilmektedir. Daubechies(4) waveletinde ise 0 (sıfır)'a yaklaşan momentlerin sayısı 8 (sekiz)'dir. Bu özellik kapsamında, daha uzun wavelet filtreleri yüksek dereceli durağan olmayan stokastik süreçlerden durağan wavelet katsayıları vektörü oluşturmaktadır (Gençay, Selçuk ve Whitcher, 2002: 114). Daubechies ölçekleme ve wavelet fonksiyonlarına ait grafikler verilmiştir (Şekil 47).



Şekil 47. Daubechies Ölçekleme ve Wavelet Fonksiyonları

Kaynak: Mallat (1998: 253)

Şekil 47 farklı filtre uzunluklarına göre çeşitli Daubechies wavelet türlerini göstermektedir. Şekildeki p değerleri 0 (sıfır)'a yaklaşan momentlerin sayısını belirtmektedir. Böylece en baştaki Şekil (a), $p = 2$ değeri için Daubechies (4), en sondaki Şekil (c) ise $p=4$ değeri için ise Daubechies (8) dalgacığının ölçekleme wavelet fonksiyonlarını göstermektedir.

Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü (MODWT)

Önceki bölümlerde, Sürekli Wavelet Dönüşüm (CWT) ve Kesikli Wavelet Dönüşüm (DWT) açıklanmıştır. Burada ise çalışmada kullanılan Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşüm (Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform-MODWT) detaylı olarak anlatılmaktadır. Kesikli wavelet dönüşüme alternatif olarak Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü (MODWT) ekonomi ve finans alanında gerçekleştirilmekte olan tahminlerde daha sık tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem, wavelet katsayıları elde etmek amacıyla wavelet filtrelerini kullanırken, veri setini farklı ölçeklerde ayırıştırırken ve wavelet katsayılarını hesaplarken DWT'ye benzemektedir.

Ancak MODWT, DWT'nin bazı kısıtlamalarını aşmakta ve daha fazla esneklik sağlamaktadır. MODWT, özellikle zaman serilerinin frekans-zaman alanlarında yerel (local) olarak ayrıştırılmasına ve analiz edilmesine olanak tanımaktadır. MODWT'nin temel avantajlarından biri, örnekleme boyutuna bağlı olmaksızın herhangi bir örnekleme boyutunu işleyebilmesidir. DWT'ye göre daha iyi zamanlama imkânı sağlamaktadır. Zaman serisinin özgün özelliklerini daha iyi yakalamakta ve örnekleme boyutunu korumak ve ölçeklere özgü wavelet katsayıları üretmek için dairesel kaydırma özelliğine sahiptir. MODWT her ölçekte orijinal zaman serisinin uzunluğuna eşit sayıda katsayı sağlamaktadır. Ayrıca MODWT, DWT'ye kıyasla daha asimptotik olarak etkili bir wavelet varyans tahminci üretmektedir. Daha da önemlisi MODWT'nin sıfır faz özelliğine sahip olması, wavelet ayrıntılarıyla ilgili olarak “zamanlamanın” anlamı bir şekilde yorumlanmasına olanak sağlamaktadır. Bu özellik sayesinde ayrıştırmadan elde edilen detayları orijinal zaman serisiyle uygun bir şekilde elde edilmektedir (In ve Kim, 2012: 24).

Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşüm (MODWT) ortogonal olmadığı için filtrelenen çıktıları örneklemesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak çoklu ölçek (multiresolution) özelliğine sahiptir. MODWT'ye dayalı detay ve düzey katsayıları, piramit algoritması (Mallat, 1989) kullanılarak elde edilmektedir. MODWT katsayıları, denklem (127)'de verildiği şekilde ifade edilmektedir (Gençay vd., 2002: 135):

$$\tilde{\mathbf{w}} = \tilde{\mathbf{W}}_x \quad (143)$$

Bu denklemde (143), \mathbf{x} , $N \times 1$ gözlemler vektörünü göstermektedir. $\tilde{\mathbf{W}}$, MODWT'i tanımlayan $(J + 1) N \times N$ boyutlu matrisi ifade etmektedir. $N > 2^J$ için kesikli wavelet katsayıları

$$\tilde{\mathbf{w}} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots \dots \dots \tilde{w}_J, \tilde{v}_J]^T \quad (144)$$

olarak gösterilmektedir. Burada, tıpkı DWT'te olduğu gibi, $\tilde{\mathbf{w}}_i = N/2^i$ boyutlu wavelet katsayılarının bir vektörü olarak ifade edilmektedir ve $\lambda_i = 2^{i-1}$ boyutlu ölçekteki değişiklikler ile bağlantılıdır. Buna ek olarak $\tilde{\mathbf{v}}_J, N/2^J$ boyutlu ölçekleme katsayıları vektörünü göstermektedir ve $2^J = 2\lambda_J$ boyutlu ölçekteki değişiklikler ile ilintilidir (Gençay vd., 2002: 136).

Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşüm (MODWT)'in kullandığı piramit algoritması DWT ile benzerlik göstermektedir. Ancak MODWT, wavelet ve

ölçekleme filtrelerin ölçeklendirilmesi yapılarak kullanılmaktadır. x , N boyutlu gözlemler vektörünü temsil ederken $\tilde{h}_l = \tilde{h}_l/2^l, l = 0,1,2, \dots, L-1$, tekrar ölçeklendirilmiş wavelet filtresi (yüksek geçişli filtre) $\tilde{g}_l = \tilde{g}_l/2^l, l = 0,1,2, \dots, L-1$ tekrar ölçeklendirilmiş ölçekleme filtresi (düşük geçişli filtre) şeklinde belirtilmektedir (Gençay vd., 2002: 136). MODWT'e ait piramit logaritması aşağıdaki gibidir:

MODWT piramit algoritmasında her bir iterasyon için üç temel nesneye gerek duyulmaktadır. Bunlar ; x veri vektörü, h_l wavelet filtresi ve g_l ölçekleme filtresidir. Wavelet ve ölçekleme filtrelerinden yararlanarak gözlemler vektörü $x_t \forall_t = 0,1,2, \dots, N-1$ için filtre uygulanmaktadır. İlk iterasyon aşağıdaki wavelet ve ölçekleme katsayılarını elde etmek amacıyla her bir filtreyi filtreleyerek başlamaktadır (Gençay vd., 2002: 36):

$$\tilde{w}_{1,t} = \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{h}_l \tilde{x}_{t-l \bmod N} \quad (145)$$

ve

$$\tilde{v}_{1,t} = \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{g}_l \tilde{x}_{t-l \bmod N} \quad (146)$$

burada elde edilen $\tilde{v}_{1,t}$ 'ler yeni bir gözlem vektörü olarak atanmaktadır. Daha sonra, $\tilde{v}_{1,t}$ wavelet ve ölçekleme filtrelerini kullanarak ikinci seviyesini elde etmek amacıyla $x_t \forall_t = 0,1,2, \dots, N-1$ için filtrelenmektedir.

$$\tilde{w}_{2,t} = \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{h}_l \tilde{x}_{1,t-l \bmod N} \quad (147)$$

ve

$$\tilde{v}_{2,t} = \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{g}_l \tilde{v}_{1,t-l \bmod N} \quad (148)$$

ikinci seviye elde edildikten sonra wavelet katsayıları vektörü olan $\tilde{w} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{v}_2]^T$ olarak atanmaktadır (Gençay vd., 2002: 137). İkinci seviyede elde edilen $v_{2,t}$ 'ler yeni gözlem vektörü olarak belirlenmektedir. Ardından $v_{2,t}$ wavelet ve ölçekleme filtrelerinden yararlanarak $\forall_t = 0,1,2, \dots, N-1$ için filtreleme işlemi yapılmaktadır. Burada wavelet katsayılarının vektörü $\tilde{w} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3, \tilde{v}_3]^T$ olarak atanmaktadır. Bu

prosedür $J = \log_2(N)$ olduğu J katına kadar tekrar edilebilir ve $\tilde{\mathbf{w}} = [\tilde{\mathbf{w}}_1, \tilde{\mathbf{w}}_2, \dots, \tilde{\mathbf{w}}_J, \tilde{\mathbf{v}}_J]^T$ elde edilmektedir (Gençay vd., 2002: 137).

Yukarıda elde edilen $\tilde{\mathbf{w}}_J, \tilde{\mathbf{v}}_J$ serilerine wavelet ve ölçekleme filtre katsayıları $\forall_t = 0, 1, \dots, N - 1$ için filtre işlemi uygulayarak $J - 1$ boyutlu $\tilde{\mathbf{v}}_{J-1}$ vektörü aşağıda gösterildiği gibi elde edilmektedir:

$$\tilde{\mathbf{v}}_{J-1,t} = \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{h}_l \tilde{\mathbf{w}}_{J,t+l \bmod N} + \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{g}_l \tilde{\mathbf{v}}_{J,t+l \bmod N} \quad (149)$$

$J-2$ boyutlu $\tilde{\mathbf{v}}_{J-2}$ vektörü ise aşağıdaki gibi elde edilmektedir (Gençay vd., 2002: 137):

$$\tilde{\mathbf{v}}_{J-2,t} = \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{h}_l \tilde{\mathbf{w}}_{J-1,t+l \bmod N} + \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{g}_l \tilde{\mathbf{v}}_{J-1,t+l \bmod N} \quad (150)$$

Bu prosedür, orijinal gözlem vektörünü üretmek için ilk wavelet seviyesi ve ölçekleme katsayıları birleştirilinceye kadar tekrar edilebilir. Bu prosedür ilk wavelet seviyesine kadar devam ettirilmekte ve ilk gözlemler vektörü, $\forall_t = 0, 1, 2, 3, \dots, N - 1$ için aşağıdaki Denklem (151)'de verildiği şekilde elde edilmektedir (Gençay vd., 2002: 137):

$$x_t = \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{h}_l \tilde{\mathbf{w}}_{1,t+l \bmod N} + \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{g}_l \tilde{\mathbf{v}}_{1,t+l \bmod N} \quad (151)$$

Bu yöntem, zaman serilerinin analizi ve zamanlamasının değerlendirilmesi gibi durumlarda, özellikle serinin çeşitli ölçeklerde incelenmesi gerektiğinde son derece kullanışlı olmaktadır. Wavelet analizi, bir zaman serisinin hem zaman hem de frekans özelliklerini inceleme kapasitesine sahip bir dönüşüm yöntemi olarak öne çıkmaktadır (Uyar, 2019: 141). Bu yöntem, Fourier dönüşümünden farklı olarak, bir zaman serisinin hareketini zamana bağlı olarak değişen frekanslara göre ayrıştırılmasını ve bu ayrıştırmanın kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Wavelet analizi, zaman serisi verilerindeki kısa süreli ve uzun süreli eğilimleri, ani değişiklikleri ve düzensiz hareketleri tespit etmede son derece etkilidir. Bu analiz, finans, ekonomi, sinyal işleme ve diğer birçok alanda, zaman serilerinin karmaşık davranışlarını daha ayrıntılı bir şekilde anlamak ve yorumlamak için kullanılan önemli bir araçtır. Özellikle, durağan olmayan ve karmaşık yapıya sahip zaman serileri üzerinde etkili bir şekilde çalışabilen wavelet analizi, verilerin farklı ölçeklerdeki dinamiklerini ortaya çıkararak, daha derinlemesine bir analiz imkânı sunmaktadır. Bu durumun ana sebebi,

değişkenler arasındaki ilişkilerin zamana bağlı olarak farklı frekanslara göre nasıl değiştiğinin değerlendirilebilir olmasıdır. Dolayısıyla finans alanındaki uygulamalarda farklı dönemler için varlık getirilerini incelemekten ziyade; toplam varlık getirisini oluşturan farklı getiri katmanları gözlemlenebilir. Aynı şekilde farklı dönemler için volatiliteye bakmak yerine, wavelet dönüşümü veya ayrıştırmasıyla volatilitayı oluşturan farklı volatilitate katmanları elde edilerek zamana bağlı olarak risk hareketinin nasıl dönüştüğü inceleyebilir (Uyar ve Kangallı Uyar, 2021: 316).

Wavelet analiz yönteminin ekonomi ve finans alanlarında nispeten yeni olmasına rağmen wavelet ile ilgili literatür hızlı bir gelişim göstermektedir. Söz konusu alanlarda analiz yapabilmek için dört alt yöntem kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bunlar; Genel Wavelet Dönüşümü (General Wavelet Transform), Durağanlık Süreçleri-Uzun bellek (Stationary Process-Long memory), Gürültü Giderme (Denoising) ve Çoklu Ölçekleme (Multi-Scaling) yöntemleridir (In, Kim, 2012: 5).

Çoklu ölçekleme ekonomi ve finans açısından önem arz etmektedir. Çünkü her yatırımcı farklı bir yatırım ufkuna sahiptir. Sermaye piyasaları ve benzer piyasalarda işlem yapan ve farklı zaman ölçeklerinde yatırım kararları alan çok sayıda yatırımcı, analist ve portföy yöneticileri bulunmaktadır. Bu ve benzeri piyasalarda yer alan katılımcıların farklı yatırım ufuklarında faaliyet göstermeleri dikkat çekmektedir. Aslında yatırımcılar arasında farklı karar verme zaman ölçekleri nedeniyle, değişkenler arasındaki ilişkinin gerçek dinamik yapısı, bu farklı yatırım ufuklarıyla ilişkili farklı zaman ölçeklerinde değişiklik gösterecektir (In, Kim, 2012: 5). Yatırım ufuklarına ait farklı zaman ölçekleri için yıllık, aylık ve günlük şekilde çoklu ölçeklerde döngü sürelerinin gösterimi Tablo 12’de yer almaktadır.

Tablo 12. Çoklu Ölçek Yöntemine Göre Wavelet Analizi Zaman Ufukları

Ölçekler (2^j)	Yıllık Frekans	Aylık Frekans	Günlük Frekans
1 2^1	2-4	2-4	2-4
2 2^2	4-8	4-8	4-8
3 2^3	8-16	8-16 (8 ay-1 yıl 4 ay)	8-16
4 2^4	16-32	16-32 (1 yıl 4 ay-2 yıl 8 ay)	16-32 (3 hafta 1 gün-6 hafta 2 gün)
5 2^5	32-64	32-64 (2 yıl 8 ay-5 yıl 4 ay)	32-64 (6 hafta 2 gün-12 hafta 4 gün)
6 2^6	64-128	64-128 (5 yıl 4 ay-10 yıl 8 ay)	64-128 (12 hafta 4 gün-25 hafta 3 gün)
7 2^7	128-256	128-256 (10 yıl 8 ay-21 yıl 4 ay)	128-256 (25 hafta 3 gün- 51 hafta 1 gün)
8 2^8	256-512

Kaynak: Crowley (2007:214). Teorik olarak maksimum ölçek sayısı 9 olarak ifade edilmektedir. Ölçek sayısı j ile gösterildiği durumda ($j=9$), frekanslar 2^j notasyonu kullanılarak hesaplanmaktadır.

Tablo 12’de verilen ölçek frekansları ele alındığında; bir wavelet analizi gerçekleştirildikten sonra, belirlenen ölçek sayısı kadar tahmin yapılacak ve çeşitli yatırım ufukları için katsayılar tahmin edilecektir. Tablo 12’de yer alan zaman ölçekleri şu şekilde gruplandırılmıştır: $(D_1 - D_2 - D_3)$: kısa vadeli; $(D_4 - D_5 - D_6)$: orta vadeli; $(D_7 - D_8 - S_8)$: uzun vadeli şeklindedir. Bu tür bir gruplandırma kısa, orta ve uzun vade yatırım ufuklarına sahip yatırımcıların hareketlerinin farklı zaman ölçeklerine göre nasıl geliştiğini incelemek için yapılmıştır. Kısa vadeli yatırım ufukları $(D_1 - D_2 - D_3)$; 2-16 günlük zaman ölçeklerinde meydana gelen şoklardan dolayı kısa vadeli değişimleri ifade etmektedir ve günlük haftalık yayılımları kapsamaktadır. Orta vadeli yatırım ufukları $(D_4 - D_5 - D_6)$; 32-128 günlük zaman ölçeklerindeki orta süreli değişikliklerini göstermektedir ve aylık ile üç aylık yayılımları kapsamaktadır. Uzun vadeli yatırım ufukları ise $(D_7 - D_8 - S_8)$; 256 günlük ve daha uzun zaman ölçeklerinde uzun vadeli değişiklikleri belirtmektedir ve yıllık yayılımları kapsayan bir dönemdir (Uyar ve Kangalı Uyar, 2021: 319).

3.11. Literatür Araştırması

2009 yılından itibaren Bitcoin, finans sektöründe büyük ilgi gören bir varlık olarak ortaya çıkmış ve kripto para birimlerinin gelişimine öncülük etmiştir. Bu yeni varlık türüne ilişkin, çeşitli akademik alanlarda bir dizi teorik ve ampirik araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, kripto para birimlerinin yeni bir para birimi formu olarak sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağı, devletlerin yasal düzenlemelerdeki rolleri ve finansal sistemlerdeki etkileri gibi konuları tartışmaktadır (Corbet vd., 2019). 2019 yılında Merediz-Solà ve Bariviera tarafından yapılan bibliyometrik bir araştırma, kripto para birimlerinin finansal özellikleri üzerine odaklanan birçok çalışmanın regülasyonlar (yasal düzenleme), siber suçlar, volatilité (oynaklık), etkinlik, portföy optimizasyonu, çeşitlendirme ve balon dinamikleri gibi konuları kapsadığını ortaya koymuştur. Literatür araştırması sonuçlarına göre bu konular altında sınıflandırılmış makaleler, balon dinamikleri, etkinlik, çeşitlendirme ve oynaklık gibi alt başlıklar altında özetlenmiştir. Literatürde etkin piyasa hipotezi, fraktal piyasa hipotezi ve volatilité yapısının incelendiği çalışmalar da bu bağlamda ele alınacaktır.

Etkin Piyasa Hipotezine İlişkin Yapılan Çalışmalar

Çalışmanın bu bölümünde, kripto para birimleri için Etkin Piyasa Hipotezi'nin geçerli olup olmadığını hem farklı zaman aralıklarında hem de farklı analiz yöntemlerinden yararlanarak inceleyen çalışmalardan bahsedilerek detaylı bir literatür taraması sunulmuştur.

Bitcoin'nin EPH'ye dair temel araştırmalardan birisi, Jakub (2015) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucuna göre Bitcoin fiyatının bütün piyasa verilerinden bağımsız olduğu ve içeriden öğrenenlerin (insider trading) ticaretinin olmadığına dair kanıtlara ulaşılmıştır.

Urquhart (2016) tarafından yapılan çalışmada, Bitcoin'e ait 01.08.2010-31.07.2016 dönemine ait verilerden yararlanılarak ve farklı testler (Ljung-Box, Runs test, Bartels test, AVR test, BDS test ve R/S Hurst üsteli) kullanılarak Bitcoin'in piyasa etkinliği incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda Bitcoin'in genel örnekleminde piyasanın etkin olmadığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte örneklem iki alt döneme ayrıldığında bazı testler Bitcoin'in daha etkin hale geldiğini göstermiştir. Bu durum, Bitcoin'in etkin bir piyasaya sahip olmamasına rağmen etkin bir piyasa olabileceğini göstermektedir. Urquhart 'ın çalışmasındaki Bitcoin piyasasının etkin olmadığına dair kanıtlara karşın, sonraki süreçte Nadarajah ve Chu (2017) tarafından yapılan çalışmada ise basit bir güç dönüşüm tekniğini kullanılarak Bitcoin piyasasının EPH'ye uygun olduğu savunulmuş ve bu dönüşümün herhangi bir bilgi kaybına neden olmadığı açıkça belirtilmiştir. Aynı şekilde Kurihara ve Fukushima'nın (2017) araştırmasına göre, Bitcoin getirilerinin gelecekte rassal olacağı ve örnek döneminin ikinci yarısında ortaya çıkan anomalilerin ortadan kalktığı sonucuna varılmıştır. Çalışmada bu durumun Bitcoin'in zamanla daha etkin bir yapıya evrilme olasılığına işaret ettiği belirtilmektedir. Benzer bir başka çalışma Nan ve Kaizoji (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bitcoin'inin rassal yürüyüş sergilediğini ve FX serisiyle bir bütün olduğunu belirtilmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre hem zayıf formda piyasa hem de yarı güçlü formda piyasa etkinliğinin bir göstergesi olarak değerlendirmişlerdir.

Caporale ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan bir başka çalışmada, kripto para piyasasındaki kalıcılık incelenmiştir. Bitcoin, Litecoin, Ripple ve DASH olmak üzere dört ana kripto para birimine odaklanılan çalışmada bunların 2013-2017 dönemindeki dinamikleri uzun bellek yöntemleri (R/S analizi ve kesirli Bütünleşik) kullanılarak analiz edilmektedir. Elde edilen bulgular, kripto para piyasasının kripto para birimlerinin

rastgele bir yürüyüş izlemediğini, kalıcılık sergilediğini ve kalıcılık derecesinin zaman içinde değiştiğini göstermektedir. Yatırımcıların trend ticareti stratejilerini olağanüstü kârlar elde etmek için kullanılabileceğinden, bu durum bir piyasanın etkin olmadığını gösterdiğini belirtilmiştir. Jiang ve diğerleri (2018) tarafından gerçekleştirilen bir başka araştırmada, piyasanın etkin olmadığı ve getiri serilerinin tüm örneklem dönemi boyunca güçlü bir kalıcılık sergilediği sonucuna varılmıştır. Bu bulguları, Bitcoin'in gelişmekte olan bir piyasa olması, yatırımcıların mantıksız davranışları ve makul bir fiyatlandırma mekanizmasının eksikliğiyle ilişkilendirmişlerdir.

Tiwari ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmada, 18.07.2010-16.06.2017 dönemi için uzun bellek tahmincilerinden yaralanarak Bitcoin fiyatlarının etkinliği incelenmektedir. Analiz sonuçları doğrultusunda Nisan- Ağustos 2013 ile Ağustos- Kasım 2016 tarihleri hariç, önceki araştırmalar ile (Urquhart (2016), Nadarajah ve Chu (2017) ve Bariviera'nın (2017)) çalışmalar ile tutarlı olarak Bitcoin fiyatlarının genel olarak etkin olduğunu ortaya koymaktadır. Genel olarak, bu araştırma Bitcoin fiyatlarının etkinliğine ilişkin mevcut literatüre katkıda bulunmaktadır.

Kristoufek 2018 yılında yaptığı çalışmada, Bitcoin piyasasının etkinliğini, özellikle ABD doları ve Çin Yuanı (CNY) ile aralarındaki ilişkiyi incelemektedir. Elde edilen bulgulardan hareketle her iki piyasanın da 2010 yılından 2017 yılına kadar genel olarak etkin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak bu sonuca göre fiyat dalgalanmalarından sonraki soğuma dönemlerinde ara sıra piyasanın etkin olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, çalışma Bitcoin piyasasının etkin olmadığına ve volatilesine vurgu yapmaktadır. Bunu da piyasanın sığ olduğuna ve kurumsal oyuncuların eksikliğine bağlamaktadır. Aynı zamanda yasal, siber güvenlik sorunları, vergilendirme ve değişen piyasa koşulları gibi diğer faktörlerin de piyasa üzerinde etkili olduğunu belirlemektedir.

Bundi ve Wildi (2019) tarafından yapılan çalışmada, fiyat dinamikleri incelenerek ve farklı alım satım stratejileri test edilerek Bitcoin piyasalarının etkinliği analiz edilmektedir. Çalışma, Bitcoin piyasalarının zaman içinde daha etkin hale geldiğini öne süren önceki araştırmalardan farklılaşmaktadır ve bunun yerine hareketli ortalama filtrelerinin ve zaman serisi modellerinin sürekli olarak pozitif getiri sağladığını ortaya koymaktadır. Ancak çalışmada piyasaların gözlemlenen dönemin sonuna doğru daha verimsiz hale geldiği öne sürülmektedir. Sonuç olarak, çalışma, Bitcoin piyasası için EPH'yi reddetmekte ve doğrusallıktan sapmaların 2018'in başlarındaki düşüşle sınırlı olduğunu öne sürmektedir.

Kristoufek ve Vosvrda (2019) tarafından yapılan araştırmada kripto para piyasasında etkin piyasa hipotezinin geçerli olup olmadığını incelenmiştir. Çalışmada uzun vadeli bağımlılık, fraktal boyut ve entropi gibi bileşenleri içeren ‘‘Etkinlik Endeksi’’ kullanılmış ve 01.01.2015-30.06.2018 dönemine ait verilerden yararlanarak kripto paraların etkinliği araştırılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda, ilk ortaya çıkan yani tarihsel olarak en eski olan kripto para varlıklarının analiz edilen dönem açısından etkin olmadığı gözlemlenmiş ve çoğu kripto para birimlerinin ve coinlerin Temmuz 2017 ile Haziran 2018 arasında etkin olduğu tespit edilmiştir. Ethereum ve Litecoin para biriminin en az etkin olduğu saptanırken, DASH’ın ise en etkin kripto para birimi olduğu belirlenmiştir. Alvarez-Ramirez ve diğerleri (2018) tarafından yrtlen bir çalışmada ise Bitcoin’in fiyatlarının düşmesi durumunda getirilerin rassal olduğu, ancak aksine fiyatların yükseldiği durumlarda getirilerin belirgin dalgalanmalar sergilediği belirlenmiştir. Bu araştırma bağlamında, özellikle Bitcoin’in fiyatları düştüğünde daha etkin bir piyasa özelliği sergilediği rapor edilmiştir. Bu çalışmaların yanı sıra Le Tran ve Leirvik (2020) tarafından yapılan araştırma sonucunda özellikle 2017 yılından önce kripto para birimlerinin büyük bir çoğunluğunun etkin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak 2017 ve 2019 tarih aralığında zaman içinde daha etkin hale geldiği; Litecoin en etkin kripto para iken Ripple ise en az etkin kripto para olduğu gözlemlenmiştir.

Mensi ve arkadaşları (2019) yaptıkları çalışmada, Bitcoin (BTC) ve Ethereum (ETH) olmak üzere iki büyük kripto para birimi için 01.06.2013-23.06.2018 tarih aralığındaki 5, 10 ve 15 dakikalık verileri kullanmışlardır. Çalışmada yüksek frekanslı (trendden arındırılmış) asimetrik MF DFA analiz tekniğini kullanarak uzun hafıza, zayıf formda etkinlik ve asimetrik çoklu fraktallığı incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre yükseliş ve düşüş trendleri arasındaki çoklu fraktallık farkı, zaman leği küçük olduğunda küçüktür. Zaman leği arttıkça artmaktadır. Bitcoin piyasasının Ethereum piyasasına nazaran daha etkin olmadığı sonucuna varılmıştır. Piyasa aşağı (yukarı) doğru hareket ettiğinde etkinsizlik daha fazla (daha az) vurgulanmaktadır. Etkinliğin her bir alt döneme göre değiştiğini tespit etmişlerdir.

Al- Yahyae ve arkadaşları (2020) tarafından altı büyük kripto para biriminin (Bitcoin, Ethereum, Monero, Dash, Litecoin ve Ripple) etkinliği ve davranışı incelenmektedir. Kripto para piyasasındaki piyasa etkinliğini, uzun bellek süreci ve çoklu fraktallığı analizi etmek amacıyla MF DFA yöntemini kullanarak 07.08.2015-03.07.2018 dönemi için çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda piyasanın etkinliğine ve

yatırımcıların olağanüstü karlar elde etme olasılığına dair kanıtlar sunmuşlardır. Ayrıca daha yüksek likiditenin piyasa etkinliğini artırdığını, daha yüksek volatilitenin ise zayıflattığını ortaya koymuşlardır. Genel olarak sonuçlar kripto para piyasasının heterojenlik ve etkinlik gösterdiğini ancak zaman içinde daha etkin hale gelme eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Khutia ve Pattanayak (2018) tarafından gerçekleştirilen araştırmada ise önem arz eden etkin ya da etkin olmayan dönemler ile çakıştığı tespit edilmiştir. Bu yüzden *“Bitcoin fiyat davranışı, etkin piyasa hipotezi kapsamında ya etkin ya da etkin değildir”* ifadesinin pratikte tam olarak doğru olmadığını, davranışsal ön yargıların mevcut olduğunu, aynı zamanda olayların meydana gelme durumunun etkinliğini değiştirebileceğini vurgulamışlardır.

Akkuş ve Çelik (2020) tarafından yapılan araştırmada ise 07.08.2015-10.11.2019 dönemine ait verilerden yararlanarak Bitcoin volatilitesi çeşitli simetrik ve asimetrik modellerle incelenmiştir. Ayrıca Kupiec LR testi kullanılarak riske maruz değer (VaR) hesaplanmış ve modellerin hata tahmin performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular neticesinde Bitcoin getirilerindeki volatilitenin uzun hafızalı olduğu tespit edilmiştir. Bu da kripto para piyasasının etkin olmadığı anlamına gelmektedir. FIAPARCH asimetrik modeline göre Bitcoin piyasasına ulaşan pozitif bilgi şoklarının negatif bilgi şoklarına göre volatilitiyi daha fazla artırdığı sonucuna varılmıştır. Modellerin hata tahmin performansları VaR hesaplanarak karşılaştırıldığında HYGARCH model tahmin sonuçlarının çalışmaya dahil edilen diğer modellerden daha üstün olduğu gözlemlenmiştir. Böylece Bitcoin'e yatırım yapmayı düşünenler için kısa ve uzun pozisyonlarda Bitcoin'in volatilitesini yani riskini tahmin etmede en uygun modelin asimetrik model HYGARCH olduğu saptanmıştır.

Aslan ve Sensoy (2020) araştırmalarında en yüksek piyasa değerine sahip kripto para birimleri için zayıf formda etkinliği ile gün içi gün içi verileri (1 dk, 5 dk, 10 dk , 15 dk, 30 dk ve 60 dk) örneklem sıklığı arasındaki bağı incelemişlerdir. Birbirinden farklı uzun hafıza testleri (R/S, GPH, GHE) uygulayarak 01.04.2013-23.06.2018 dönemine ait verileri araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular neticesinde, alternatif yüksek frekans aralıkları için kripto para getirilerinin tahmin edilebilirliği konusunda büyük farklılıklar olduğuna dair kanıtlar elde edilmiştir. Buna göre etkinlik alternatif örnekleme frekanslarına göre U şeklinde bir model sergilemektedir. Böylece piyasa etkinliğini maksimuma çıkaran optimal bir gün içi örnekleme frekansı mevcuttur. Özellikle 1 dakikalık veya 1 saatlik bazında işlem gerçekleştirerek belirlenen kripto para

birimlerinden olağanüstü getiriler elde edilebildiği tespit edilmiştir. Fakat 5 dakikalık ya da 10 dakikalık aralıklarda emir giren yatırımcıların piyasanın çok üstünde bir getiri elde etme ihtimali düşüktür. Bu sonuçlar kripto para piyasalarında portföy analizi, risk yönetimi ve düzenlemeler için önemli çıkarımlara sahiptir. Sensoy'un (2019) araştırmasında ise BTC/USD ve BTC/EUR piyasalarının 2016 yılından itibaren gün içi seviyelerinde daha fazla bilgi açısından etkinleştiğini ve incelenen dönemde BTC/USD piyasasının, BT/EUR piyasasına nazaran daha etkin olduğunu ortaya koymuştur. Bu durumda, BTC/EUR piyasalarının gün içi seviyelerinde daha kazançlı bir yatırım fırsatı sunduğu ifade edilebilir. Aynı zamanda likidite ile BTC fiyatlarının etkinliği arasında pozitif bir ilişki tespit edilirken; oynaklık ile negatif bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Duan ve Arkadaşları (2021) tarafından yapılan çalışmada, uzun hafıza yaklaşımını kullanarak beş büyük Bitcoin piyasasının etkinliği ve bunun piyasalar arası arbitraj üzerindeki etkisi incelenmiştir. 01.01.2013-07.01.2020 tarih aralığı için araştırdıkları çalışmalarında bütün piyasaların tüm örneklem dönemi boyunca tam bilgi etkinliğine yakın olduğunu; piyasa etkinliğinin derecesinin piyasalar arasında ve zamana bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, piyasalar arasındaki etkinlik farkı giderek ortadan kalkmakta ve bu da bölümlere ayrılmış piyasaların daha eşit derecede etkin hale geldiğini göstermektedir. Çalışmada ayrıca belirli piyasalarda etkinlikteki iyileşmelerin piyasalar arası arbitraj potansiyelinin daralmasıyla ilişkili olduğu, diğer piyasalardaki iyileşmelerin ise arbitraj potansiyelinin genişlemesiyle sonuçlandığı tespit edilmiştir. Burggraf ve Rudolf'un (2021) araştırması ise kripto para birimlerinin öngörülenin ötesinde bir etkinlik düzeyine sahip olduğunu ve artan riskin daha büyük getiriyi beraberinde getirdiğini ortaya koymaktadır.

Açıklan ve Sakınç (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada ise işlem hacmi en yüksek yedi kripto para biriminin Rassal Yürüyüş Hipotezine göre zayıf formda etkinliği araştırılmıştır. 02.01.2018- 18.08.2021 dönemlerine ait günlük getiri serileri ile birbirinden farklı analiz yöntemlerinden yararlanarak kripto para piyasasının zayıf formda etkin olup olmadığını test etmişlerdir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda, getiri serilerinin normal dağılıma göre dağılmadıkları, durağan bir yapı sergiledikleri, serilerin zamansal bağımsızlık göstermediği ve serilerin rassal olarak bir davranışa sahip olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu bulgular kripto para piyasasının zayıf formda etkin bir yapıya sahip olmadığı sonucunu vermektedir. Bu bulgu daha önce yapılan diğer bir araştırma sonuçları ile örtüşmektedir. Bu araştırma şu şekilde açıklanmıştır: Aggarwal (2019)

tarafından yapılan başka bir araştırmada, günlük Bitcoin getirilerinin rassal yürüyüş modelini takip etmediği ve ayrıca olumlu haberlerin, olumsuz haberlere göre daha büyük bir etki yarattığı bulunmuştur.

Etkin piyasa hipotezi, uzun bir süredir finans dünyasında önemli bir tartışma konusu olmuş ve kripto para piyasasına dair önemli akademik ilgi çekmiştir. Kripto para piyasasının etkinliğini inceleyen ampirik çalışmalar, piyasa etkinliğinin belirli bir düzeyde mevcut olduğuna dair kanıtlar sunarken, aynı zamanda farklı sonuçlar elde etmektedir. Bazı araştırmalar, kripto para piyasasının etkin olduğunu savunurken; diğerleri etkin olmadığı sonucuna varmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı, kripto paraların doğası gereği geleneksel finansal varlıklara kıyasla daha yüksek bir inovasyon ve karmaşıklık düzeyine sahip teknolojik ürünler olduğunu vurgulamaktadır. Bazı araştırmalarda ise kripto para piyasasının, kamuya açık bilgilerin varlık fiyatlarına hızlı bir Şekilde etki ettiğini, ancak özel bilgilerden veya piyasa anomali fırsatlarından yararlanmanın da mümkün olduğunu savunmaktadır. Kripto para piyasasının etkin olmamasının nedenleri arasında, henüz yeni ve hızla evrilen bir piyasa olması nedeniyle, kripto para birimlerinin geleceği konusundaki belirsizlik, yatırımcıların ilgili riskleri ve avantajları tam olarak anlamalarını zorlaştıran karmaşık ve teknolojik bir ürün olması gibi faktörler bulunmaktadır. Genel olarak bakıldığında etkin piyasa hipotezinin kripto para piyasasındaki sonuçları farklılık göstermektedir.

Fraktal Piyasa Hipotezine İlişkin Yapılan alışmalar

Ulusal ve Uluslararası literatüre bakıldığında FPH'nin borsa endeksleri bazında çok sayıda incelemeye konu olduğunu görülmektedir. Ancak kripto para birimlerinde ise FPH'nin incelenmesinin halen gelişim aşamasında olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla çalışmanın bu kısmında, kripto para birimleri için Fraktal Piyasa Hipotezi'nin geçerli olup olmadığını çeşitli dönemlerde ve farklı analiz yöntemlerinden yararlanarak inceleyen çalışmalara odaklanarak detaylı bir literatür taraması sunulmuştur.

FPH'nin incelenmesinde ilk olarak Peter (1989) tarafından yapılan çalışma ön plana çıkmaktadır. Peters (1989) alışmasında aylık verilerden yararlanarak S&P 500 Endeksi ile 30 yıllık devlet tahvili üzerinde araştırma yapmıştır. Araştırmada endeks ile tahvil arasındaki olası getirinin fraktal yapı sergileyip sergilemediği ele alınmıştır. R/S testinin uygulandığı araştırmada, bütün serilerin rassal yürüyüşe (random Walk) sahip olmadığı ve tam aksine sapmalı rassal yürüyüş (biased random walk) gösterdiği gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, ele alınan değişkenlerin fraktal bir yapıya sahip

olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Corazza ve diğerleri (1997), ABD'de işlem gören tarım vadeli kontratlarının fraktal yapısını incelemek amacıyla 02.01.1981-24.10.1991 dönemine ait günlük verileri kullanmışlardır. R/S ve geliştirilmiş R/S testlerinin uygulandığı çalışma sonucunda, vadeli kontratların fraktal bir yapı sergilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Mulligan (2000) tarafından yapılan çalışmada ise 22 ülkeye ait aylık ortalama dolar kurlarının fraktal yapısını incelenmiştir. Analizi yapmak için Ocak 1973 ile Aralık 1997 dönemleri ele alınarak ve geleneksel R/S testlerinin yanı sıra geliştirilmiş R/S testleri de kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda araştırılan bütün ülkelerde uzun bellek ve fraktal yapının varlığına dair kanıtlar elde edilmiştir. Araştırmada EPH'yi destekler nitelikte kesin bir bulgu elde edilememiştir. Aksine teknik analiz ile sistematik pozitif getirinin elde edilebileceği sonucu ortaya çıkmıştır.

Van Quang (2005) çalışmasında Çekya borsasındaki PX50 endeksi için FPH'nin geçerli olup olmadığını test etmek amacıyla 07/09/1993-20/10/2004 tarihleri arasındaki dönem ele alınmıştır. R/S testinin kullanıldığı çalışmada, PX50 endeksinin fraktal bir yapıya sahip olduğu ancak rassal yürüyüş sergilemediği ve etkin olmadığı tespit edilmiştir. FPH'nin geçerliliğini test eden bir diğer çalışma Aygören (2008) tarafından yapılmıştır. Aygören (2008) çalışmasında İMKB 100 Endeksine ait 03/07/1987-28/09/2007 tarihlerine ait günlük verileri kullanarak endeksin fraktal yapısını incelemiştir. Yapılan analiz sonuçları, endeksinin fraktal bir yapıya sahip olduğu, fiyatların normal dağılmadığı ve etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığı görülmektedir. Ural ve Demireli (2009) ise yaptıkları çalışmada 04/01/2000-14/11/2008 tarihleri arasındaki döneme ait günlük verileri kullanarak İMKB Ulusal Tüm, İMKB Ulusal 100, İMKB Ulusal 30 ve sektör endekslerinin getirilerini araştırmışlardır. Yapılan R/S testi uygulamaları sonucunda, gıda sektörü dışındaki endekslerde FPH'nin geçerli olduğuna dair kanıtlara ulaşılmıştır.

Kristoufek (2013) yaptığı çalışmada, 2000-2013 yıllarına ait NASDAQ, FTSE 100, DAX, CAC 40, Hang Seng ve NIKKEI 225 endekslerinde sürekli wavelet dönüşümü analizi kullanmıştır. Ölçekler arasındaki varyans dağılımı kullanılarak elde edilen wavelet güç spektrumları incelenmiş ve zaman içindeki gelişimi değerlendirilmiştir. Araştırmaya göre FPH'nin 2008 Küresel Krizi açıklamada EPH'ye göre daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Opean ve diğerleri (2014) tarafından yürütülen çalışmada ise Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Romanya, Macaristan, Çekya ve Estonya olmak üzere sekiz farklı ülkede

faaliyet gösteren endeksler fraktal piyasa hipotezi açısından değerlendirilmiştir. Ekim 2002-Mayıs 2014 dönemine ait günlük verilerin kullanıldığı çalışmada R/S testi uygulanmıştır. Çalışmada, Hurst üsteli değerleri tüm endeksler için 0,5 ile 1 arasında bulunmuş böylece tüm trendlerin istikrarlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca korelasyon katsayılarının da 0 (sıfır)'ın üzerinde olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda tüm endekslerin fraktal bir yapıya sahip olduğu ve fraktal piyasa hipotezini desteklediği belirlenmiştir. Günay (2015) tarafından BIST 100 Endeksi üzerine yapılan çalışmada ise 04/01/2000-19/03/2014 tarih aralığındaki getiri ve işlem hacmi incelenmiştir. Çalışmada geliştirilmiş R/S, DFA, geliştirilmiş GPH ve fraktal boyut analizi için kutu sayımı ve yarı-periodogram yöntemleri uygulanmıştır. Yapılan analiz sonucunda hem getiri hem de işlem hacminde uzun hafıza ve fraktallık olmadığı, bunun yerine kısa hafızanın var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ikeda (2017) tarafından yapılan araştırmada Hurst Üsteli ve R/S analiz yöntemlerinden yararlanarak farklı ülkelerden toplam 137 borsa endeksine ait haftalık veriler kullanılmış ve FPH bağlamında fraktal yapı incelenerek EPH ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, borsa endekslerinin büyük çoğunluğunun fraktal yapı sergilediğini ve bu durumun rassal yürüyüşlerden daha kalıcı olduğunu ortaya koymaktadır.

Kayacan ve Anavatan (2018) ve Erdoğan (2018) yaptıkları çalışmalarında, Bitcoin piyasalarındaki multifraktal yapı ve ikili uzun hafıza özelliklerini çeşitli parametrik ve yarı parametrik modeller ile ele almışlardır. Farklı hata dağılımı biçimleri varsayımı altında Hurst R/S, MF-DFA (Multifractal De-trended Fluctuation Analysis), BDS (Brock, Dechert ve Scheinkman), FIGARCH, FIAPARCH ve HYGARCH gibi farklı model varyasyonları ile uzun hafıza ve fraktallığı belirleme çalışmışlardır. Bitcoin piyasasının uzun hafıza özelliğine sahip ve multifraktal bir piyasa olduğu sonucu varmışlardır.

Al- Yahyaee ve diğerleri (2018), Bitcoin piyasasının uzun hafıza özelliğini, zamanla değişen etkinliğini ve multifraktal bir yapı gösterip göstermediğini inceledikleri araştırmalarında aynı zamanda Bitcoin piyasasını hisse senedi, altın ve döviz piyasaları ile kıyaslamışlardır. Araştırma kapsamında 18.07.2010- 31.10.2017 dönemleri arasındaki Bitcoin, Altın (Ons/dolar), ABD Dolar endeksi ve Morgan Stanley Sermaye Endeksi (MSCI) günlük kapanış fiyatı verilerini kullanmışlardır. Verileri analiz etmek için MF-DFA (Multifractal De-trended Fluctuation Analysis) analiz yöntemini kullanmışlardır. MF-DFA yönteminin uygulandığı araştırma sonucuna göre, dört piyasa için de

multifraktallığa ve uzun hafıza özelliğine dair kanıtlar elde edilmiştir. Getiri dinamiklerinin sürekliliğinin küçük dalgalanmalarda büyük dalgalanmalara kıyasla daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Özetlemek gerekirse elde edilen sonuçlar 2010 ortasından 2017 sonuna kadar gözlemlenen dönemde Bitcoin'in multifraktallığı ve uzun hafıza özelliğinin diğer dört veri örnekleminde daha güçlü olduğu sonucuna varılmış ve Bitcoin piyasasının daha az etkin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçların farklı ekonomik oluşumlar için çıkarımları bulunmaktadır. Yatırımcılar gelecekteki fiyatları tahmin edebilir ve olağanüstü getiriler elde edebilirler.

Sülkü ve Ürkmez (2018) yaptıkları çalışmada 02/01/1997-30/12/2016 tarih aralığındaki döneme ait BİST Teknoloji, BIST Hizmet, BIST Mali ve BIST Sınai Endekslerinin günlük getirilerini R/S, korelasyon boyutu ve BDS analiz teknikleri ile araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar, endeks getirilerinin fraktal bir yapıya sahip olmasının yanı sıra; kaotik bir yapıya da sahip olduğunu göstermektedir. Bu yüzden etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna varılmıştır. Morali ve Uyar (2018) yaptıkları araştırmada ise kıymetli metallerin (altın, gümüş, platin ve paladyum) günlük, haftalık, aylık ve çeyreklik getirilerini hesaplamışlardır. Çalışmada, fraktal piyasa hipotezinin geçerliliğini incelemek amacıyla R/S testi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, kıymetli metallerde fraktal piyasa hipotezinin tüm frekans aralıklarında geçerli olduğunu göstermektedir. Moradi ve diğerleri (2019) Tahran Borsası ve Londra Borsası'nda işlem gören toplam 700 şirketin 2007-2013 yılları arasındaki günlük, aylık ve yıllık verilerini kullanarak fraktal yapısını inceledikleri çalışmada, Box-Jenkins yöntemi ve Lags Coevolving with Radial Basis Function Networks (L-Co-R) algoritmasını uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlar, L-Co-R algoritmasının Box-Jenkins yöntemine göre daha etkili performans sergilediğini ve fraktal piyasa hipotezinin Tahran Borsası için geçerli olduğunu, ancak Londra Borsası için geçerli olmadığını göstermektedir.

Çelik (2020) tarafından yürütülen çalışmada ise 2009 yılında popüler bir yatırım aracı haline gelen Bitcoin getirilerinin volatilitesi yapısında fraktal piyasa hipotezinin geçerliliğinin analizi amaçlanmıştır. Bu hipotez test edilerek Bitcoin getirilerindeki ani fiyat dalgalanmaları belirlenmeye çalışılmıştır. Bitcoin'e ait 04/2013-01/2019 tarih arasındaki günlük kapanış değerleri kullanılmıştır. Bitcoin piyasasının fraktal yapısını R/S, DFA, Periodogram ve GPH, ARFIMA- FIGARCH ve ARFIMA-HYGARCH modelleri ile test edilmiştir. Hurst katsayıları, fraktal piyasa hipotezinin Bitcoin

piyasasında geçerli olduğunu göstermiştir. Finansal balonların ve rejim değişikliklerinin Bitcoin piyasasındaki fraktal yapıyı (uzun hafıza) artırdığı gözlemlenmiştir.

2009 yılından 2017 yılının sonuna kadar kripto para değerlemelerindeki önemli oynaklık ve büyüme, bu varlıkların dinamiklerinde hem uzun hafıza hem de fiyat oynaklığı ve getiri yayılmalarının mevcut olması gerektiğini kuvvetle düşündürmektedir. Bu bağlamda Celeste ve arkadaşları (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Bitcoin için 2011-2017 yılları, Ethereum (ETH) ve Ripple (XRP) için ise 2015-2017 yılları arasında fraktal piyasa hipotezinin geçerli olup olmadığını incelemiştir. Çalışma sonuçları, Bitcoin fiyatlarının uzun hafıza sergilediğini, ancak trendinin zaman içinde azaldığını göstermektedir.

Fidrmuc ve diğerleri (2020) de yaptıkları çalışmada, Ekim 2013-Eylül 2019 tarihleri arasında Bitcoin, Ethereum ve Litecoin için USD günlük getirilerini wavelet metodolojisi kullanarak altı ayrı borsayı incelemiştir. bu yaklaşımın farklı yatırım ufuklarında döngüsel sürekliliklerin varlığını test eden bu yaklaşımın standart zaman alanı analizine (standard time domain analysis) kıyasla daha üstün olduğu ifade edilmektedir. Sonuç olarak, kripto para birimlerinin likidite kısıtlamaları göz önüne alındığında, piyasanın etkin olmaması ile genel olarak tutarlı olan yüksek frekanslarda piyasalar arasında önemli ancak geçici döngüsel hareketler ve tutarlılık tespit edilmiştir. Ayrıca, seçilen borsalar arasında zamansal arbitraj fırsatları olduğu sonucuna varmışlardır.

Mnif ve Jarboui (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Bitcoin dinamikleri ve yatırımcı tepkileri tek bir veri tabanı kullanarak analiz edilmiştir. Bu nedenle, bu çalışmanın temel amacı; en iyi tahminleri ve stratejileri oluşturmaya yönelik davranışları tespit etmek için MF DFA analiz yöntemi yoluyla etkinlik derecesinin incelenmesidir. Analiz kapsamında 19.04.2013-05.05.2020 dönemlerine ait veri değerleri kullanılmıştır. Araştırmanın bulgularına göre; Bitcoin piyasasının etkinliği ve sürü davranışının, COVID-19 salgınından ve ilgili olaylardan etkilendiği sonucuna varılmaktadır. Dolayısıyla Bitcoin'in multifraktallığının COVID-19 salgınından önce daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak sonuçlar Bitcoin'in salgından daha sonra az fraktal ve daha etkin hale geldiğini göstermektedir. Ayrıca, çalışma pandemi esnasında alım ve satım işlemleri ve sosyal tepkiler hakkında içgörü sağlamıştır. Son olarak pandemi sırasında Bitcoin'e olan ilginin arttığı, çevrimiçi aramalarda ve Google Trends'te dikkat çeken bir artış olduğu gözlemlenmiştir.

Çevik ve Karaca (2021) çalışmalarında, 2010-2020 yıllarındaki Kredi Temerrüt Takası Primleri üzerinde uzun hafıza özellikleri, zayıf formda piyasa etkinliği ve fraktal piyasa özelliklerini araştırmışlardır. ARFIMA-FIGARCH, ARFIMA-FIEGARCH ve ARFIMA-FIAPARCH modellerinden elde edilen bulgulara göre değişim serisinde kısa hafıza özellikleri ve volatilité serisinde ise uzun hafıza özellikleri gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, Türkiye'nin kredi temerrüt takası piyasasında fraktal özelliklere rastlandığı sonucu ortaya konmuştur. Karakaya ve Atukalp (2022) yaptıkları çalışmada ise Borsa İstanbul'da işlem gören bankaların hisse senedi getiri volatilitelerini 05/01/2010-31/12/2020 tarihleri arasında tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada APGARCH yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, getiri volatilitesinde uzun hafıza özelliklerine işaret ederek, fraktal piyasa hipotezini destekleyen sonuçlara ulaşılmıştır.

Özdemir Yazgan (2022) tarafından yapılan araştırmada kripto para piyasasının en yüksek işlem hacmine sahip para birimi olan Bitcoin üzerine bir analiz gerçekleştirilmiştir. Araştırmada 23.04.2021-23.04.2022 tarih aralığına ait ABD doları cinsinden Bitcoin verilerinin günlük kapanış değerlerinden yararlanılmıştır. Araştırmada ilk olarak verilerin fraktal piyasa hipotezine uygunluğu analiz edilmiş ve ardından en başarılı modelin öngörüsünü oluşturmak amaçlanmıştır. ARFIMA, LSTM ve ARFIMA-LSTM modeli kullanılarak dönem içi öngörüler yapılmış ve en etkili model belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, Bitcoin serisinin kendine benzerlik özelliği sebebiyle uzun hafıza özelliği gösterdiği ve öngöründe bulunurken hibrit modellerin daha başarılı olduğu belirlenmiştir.

Sağlam Bezgin (2023) tarafından yapılan çalışmada, finansal zaman serilerinin normal bir dağılıma uymadığını ve kendine benzerlik özelliğine sahip olduğunu vurgulayan Fraktal Piyasa Hipotezi (FPH) ile piyasa istikrarı ve yatırımcı perspektifi açıklanmaktadır. Bu hipotezin geçerliliğinin, Hurst Exponent-Rescaled Range (R/S) Analizi yöntemi kullanılarak iki gelişmekte olan, iki gelişmiş piyasa ve iki kripto varlıkta incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada hem borsa hem de piyasa değeri en yüksek olan kripto para birimleri için inceleme dönemleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ele alınan bütün endekslerde FPH'nin varlığı kabul edilmekte, uzun belleğin rolü ise değişiklik göstermektedir. Bütün değişkenlerde Hurst katsayısı 0.5'ten yüksektir. Hurst katsayısı bulgularına göre bütün değişkenlerde serisinin kalıcı bir davranış sergilediği hipotezi benimsenmiştir. Kalıcılığın en düşük olduğu değişken ise FTSE Endeksi'dir. Gelişmekte olan borsalarda uzun hafıza ve kalıcılığın, gelişmiş borsalara göre daha

yüksek olduğu gözlemlenirken; bütün değişkenler arasında uzun hafızanın en güçlü ve kalıcılığın en yüksek olduğu değişkenin ise Bitcoin olduğu belirlenmiştir.

Volatilité Modellenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar

Ulusal ve uluslararası literatürü incelediğimizde; çeşitli varlıkların volatilité yapılarını ve uzun hafıza özelliklerini incelemeye odaklanan birçok araştırmanın varlığına şahit oluyoruz. Bu çalışmanın bu bölümünde, genel finans alanındaki incelemelerden yola çıkarak, kripto para piyasasındaki çalışmalar daha ayrıntılı ve geniş bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Bu inceleme, varlık fiyat hareketlerinin karmaşıklığını ve piyasa dinamiklerinin çeşitliliğini anlamak için kritik bir öneme sahiptir ve finansal piyasaların anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır.

Lo (1991) tarafından asimptotik örneklem teorisi, fonksiyonel merkezi limit teorisi aracılığıyla modifiye edilmiş R/S testinin bulgularının sunulduğu çalışmada, Temmuz 1962-Aralık 1987 dönemi için günlük ve Ocak 1926-Aralık 1987 dönemi için aylık veriler kullanılmıştır. Bu veriler yardımıyla ABD borsasındaki endeks getirilerinin uzun hafıza özelliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre serilerin uzun hafıza özelliğine sahip olmadığı tespit edilmiştir. Hisse senedi piyasa getirilerinin uzun hafıza özelliğinin araştırıldığı bir başka araştırma ise Ding ve diğerleri (1993) tarafından yapılmıştır. S&P 500 Endeksi'nin incelendiği çalışmada APARCH modelini geliştirmişlerdir. 03/01/1928-30/08/1991 tarih aralığındaki günlük verileri kullandıkları çalışma kapsamında uzun hafızaya dair kanıtlar elde edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bir diğer bulgu ise 1929 buhranı gibi önemli olayların ve yüksek volatilitenin yaşandığı dönemlerde uzun hafıza özelliğinin daha belirgin olduğu sonucuna varılmıştır. Bollerslev ve Mikkelsen (1996) ise S&P 500 Endeksi'nin uzun hafıza özelliğini inceledikleri çalışmalarında, 02/01/1953 ile 31/12/1990 tarihleri arasındaki günlük verileri kullanmışlardır. Bu çalışmada, EGARCH modelini koşullu varyans için uzun bellek özelliğini ve asimetri durumunu değerlendiren FIEGARCH modeli ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar; S&P 500 Endeksi'nin uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle ABD hisse senedi piyasası oynaklığındaki belirgin uzun dönem bağımlılığının en iyi şekilde ortalamaya geri döndüğü kesirli entegre bir süreçle tanımlandığını ve böylece gelecekteki koşullu varyansın optimal tahminine yönelik bir şokun yavaş hiperbolik bir oranda ortalamaya döndüğünü göstermektedir. Bu çalışma, ayrıca hem uzun hafıza hem de asimetri durumunu içeren bir modelleme yaklaşımının önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Yatırım riskinin daha doğru bir şekilde ölçülmesi ve etkin bir biçimde yönetilebilmesi için gelecekteki volatilité seviyelerinin tahmin edilmesi kritik bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda Degiannakis (2004) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, günlük getiriler için asimetrik ARCH modelleri kullanılarak riske maruz değer ve bir sonraki günün volatilitesi tahmin edilmeye çalışılmıştır. FTSE100, DAC40 ve DAX30 borsalarında 10/07/1987-30/06/2003 tarih aralığındaki işlem gören hisse senetlerin günlük getirileri üzerine odaklanan araştırmada, bir sonraki günün volatilitesini tahmin etme konusunda en etkili modelin FIAPARCH modeli olduğu belirlenmiştir. Lux ve Kaizoji (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise Tokyo borsasında işlem gören 100 hisse senedinin fiyat ve işlem hacimlerinin incelendiği çalışmada 01/01/1975-31/12/2011 tarih aralığındaki günlük veriler kullanılmıştır. GARCH, FIGARCH, ARFIMA ve MSM modelleri yardımıyla uzun hafıza ve kısa hafıza modelleri karşılaştırılmıştır. Ancak en iyi performansı ise Markov-Switching Multifraktal Modelin (MSM) verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Lux ve Kaizoji (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Tokyo borsasında yer alan 100 hisse senedi fiyatları ve işlem hacmi incelenmiştir. Bu analizde, 01.01.1975 ile 31.12.2001 tarihleri arasındaki günlük veriler kullanılarak GARCH, FIGARCH, ARFIMA ve (MSM) modelleri aracılığıyla uzun hafıza ve kısa hafıza modelleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar göre uzun hafıza modellerinin kısa hafıza modellerine göre çok daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Elder ve Serletis (2008) tarafından yürütülen çalışmada ise ABD borsasında işlem gören ham petrol, doğal gaz, propan, benzin ve ısıtma yağı 5 emtia vadeli işlem sözleşmesi olmak üzere günlük veriler kullanılarak uzun hafıza test edilmiştir. 03/01/1994-30/06/2005 tarihleri arasında gerçekleştirilen araştırmada, emtiaların uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu gösteren kanıtlar sunulmuş, ayrıca wavelet EKK (Wavelet OLS) tahmincisinin GPH tahmincisine göre daha etkili sonuçlar ortaya koyduğu savunulmuştur.

Türkyılmaz ve Balıbey (2014) tarafından yapılan çalışmada BIST 100 Endeksi'nin 2010-2013 yılları arasındaki günlük veriler üzerinden elde edilen getirilerin uzun hafıza niteliği taşıp taşımadığı FIGARCH ve FIEGARCH modelleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca analize GARCH, IGARCH, EGARCH gibi modeller de dâhil edilmiştir. Elde edilen sonuçlar göre en uygun modellerin uzun hafızayı ölçen modeller ile kurulabildiği ve Türkiye'nin hisse senedi piyasa oynaklığında şokların asimetrik etkisinin varlığı ve uzun dönemdeki kalıcılığı belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir.

Horobet ve diğeri (2016), 1999-2013 yılları arasındaki günlük döviz kuru verilerinden yararlanarak 7 ülkenin (Rusya, Macaristan, Romanya, Çek Cumhuriyeti, Sırbistan, Türkiye ve Hırvatistan) döviz kurlarını Euro ve Dolar cinsinden değerlendirdikleri çalışmada, döviz kurlarının volatilité yapısını incelemiştir. Hodrick-Prescott filtresi ve ARIMA modelleri kullanıldığı çalışmada tüm döviz kurlarında aylık bazda ani volatilité artışları olduğu saptanmış ve döviz kuru volatilitésinin 7 ile 9 ay gibi kısa sürelerde dahi hafızasını koruduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İbrahim ve diğeri (2018), araştırmalarında Malezya döviz kuru üzerinde uzun hafıza veya uzun dönemli bağımlılığın varlığını değerlendirmektedir. Günlük, haftalık ve aylık veriler ABD doları (USD) karşısında Ocak 2005-Mart 2018'e kadar olan dönemi kapsayacak şekilde değerlendirilmiştir. Geweke ve Porter-Hudak (GPH) ve Maksimum Olabilirlik tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Sonuçlar; Malezya döviz kuru üzerindeki şokun beklenenden daha uzun süre devam ettiğini göstermektedir. Tahmin yeteneği ayrıca ARIMA modelinden ARFIMA modeline uzun hafıza varlığının eklenmesinin model tahminini iyileştirebileceği sonucuna varılmıştır. Özdemir ve diğeri (2018) tarafından yapılan çalışmada ise 02/01/2006-30/05/2018 tarih aralığındaki EUR/TRY ve USD/TRY döviz kurları için GPH, geliştirilmiş GPH, GSP, geliştirilmiş R/S, ARFIMA-FIGARCH yöntemlerini kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, ilgili analiz dönemi boyunca Türk Döviz piyasasının zayıf formda etkin bir piyasa olmadığı belirlenmiştir. Aslında her iki döviz kurunun getiri serilerinin uzun hafızaya sahip olmadığı tespit edilmiştir. Ancak volatilité serilerinin uzun hafızaya sahip olduğu, döviz kurlarının durağan bir yapı sergilediği ve istikrarlı bir davranış sergilediği sonucuna varılmıştır.

Kripto para piyasasının (özellikle Bitcoin'in) oynaklığına odaklanan önemli araştırmalardan biri, Dyhrberg (2016) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, Bitcoin'in risk yönetimine katkı sağlayabileceğini ve riskten kaçınan yatırımcılar için uygun bir tercih olabileceğini ortaya koymuştur. Bariviera (2017), yaptığı çalışmada ise 2011-2017 yılları arasındaki dönem için Bitcoin'in getiri ve volatilitésinin uzun hafızanın zamanla değişen davranışını Hurst Üsteli (H) yöntemiyle incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre Bitcoin getirilerinin uzun hafızaya sahip olmadığı ancak volatilitéde uzun hafızaya sahip olduğu belirlenmiştir.

Bouoiyour ve Selmi (2016) tarafından yapılan çalışmada, Bitcoin fiyat dinamikleri ve volatilitésini, iki farklı alt dönem için çeşitli GARCH yöntemleriyle incelenmiştir. Araştırmada kapsamında 9 farklı model (ARCH, GARCH, GARCH-M, T-

GARCH, EGARCH, I-GARCH, CMT GARCH, PGARCH ve AP GARCH) kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. İlk dönemi kapsayan 01/12/2010-31/12/2014 tarih aralığı için CMT GARCH modeli, ikinci dönemi kapsayan 01/01/2015 - 20/07/2016 tarih aralığı için ise APGARCH modelleri en uygun modeller olarak belirlenmiştir. Ancak modellerin karşılaştırılmasında öngörü performans kriterleri değil, AIC ve SIC gibi bilgi kriterlerine dayalı bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bouoiyour ve Selmi'nin (2016) araştırmasıyla benzer şekilde, model karşılaştırmasında öngörü performans kriterleri yerine, bilgi kriterlerine dayalı bir değerlendirme gerçekleştiren Katsiampa (2017) çalışmasında ise Bitcoin'in volatilitesi GARCH, EGARCH, TGARCH, AP GARCH, C-GARCH ve AC GARCH modelleri kullanılarak analiz etmiştir. Çalışmada 18/07/2010-01/10/2016 tarih aralığındaki günlük Bitcoin fiyat verileri kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre farklı bilgi kriterlerine göre Bitcoin volatilitesi tahmini açısından en iyi model ARCGARCH olarak tespit edilmiş; koşullu varyansın hem kısa hem de uzun dönemli bir bileşenin dahil edilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Charfeddine ve Maouchi'nin (2019) araştırmasında, Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Litecoin'in uzun vadeli bağımlılığı incelenmiştir. Çalışmada, Bitcoin ve Litecoin için 2013-2018, Ethereum için 2015-2018 ve Ripple için 2013-2018 yılları arasındaki günlük veriler kullanılmıştır. Uzun vadeli bağımlılık, ilk olarak GPH ve GSP gibi yarı parametrik testler ile R/S gibi parametrik olmayan testler kullanılarak araştırılmıştır. Ardından, Bai Perron testi ile yapısal kırılmalar belirlenmiş ve son olarak Shimotsu, Perron ve Qu gibi testlerle uzun hafızanın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Bitcoin, Litecoin ve Ripple'in hem getiri hem de volatilitede uzun hafıza özelliği sergilediği, Ethereum'un ise sadece volatilitede uzun hafıza sergilediği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Ethereum dışındaki üç kripto paranın Etkin Piyasalar Hipotezini reddettiğini göstermektedir.

Mensi ve diğerleri (2019) tarafından yapılan çalışmada yapısal kırılmaların Bitcoin ve Ethereum fiyat getirilerinin uzun hafıza seviyeleri üzerindeki etkisi incelenmektedir. Bitcoin için 01/07/2011-03/03/2018, Ethereum için 09/08/2015-03/03/2018 tarih aralığındaki günlük veriler kullanılmıştır. Verileri analiz etmek için GARCH, FIGARCH, FIAPARCH ve HYGARCH modellerinin uygulandığı çalışmada, Bitcoin ve Ethereum için hem getiri hem de volatilitede uzun hafızanın ve yapısal kırılmaların varlığına dair kanıtlar elde edilmiştir. Çalışma ayrıca yapısal kırılmaların dikkate alındığı durumda FIGARCH modelinin en iyi performans gösterdiğini ortaya

koymaktadır. Bu da kripto para piyasasının etkin olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, hem kripto para birimi satın alınması hem de portföy yönetimi için önemli çıkarımlara sahiptir.

Bitcoin'in spekülâtif bir finansal yatırım olarak ortaya çıkmasından ilham alan Bouri ve diğêrleri (2019) çalışmalarında, yapısal kırılmaların etkisini hesaba katarak Bitcoin piyasasındaki uzun hafızanın sürekliliği ve volatilitelerini incelemişlerdir. Araştırmada 19/08/2011-29/04/2016 tarih aralığı ve 18/07/2010-15/12/2015 tarih aralığı olmak üzere iki farklı dönem incelenmiştir. Parametrik (Whittle fonksiyonu ve Lagrange çarpan testi gibi) ile yarı parametrik (yerel Whittle fonksiyonu gibi) tekniklerin kullanıldığı çalışmada, şokların kalıcılığına dair güçlü kanıtlar elde edilmiş ve serilerin ortalamaya geri dönme eğilimi göstermediği ortaya konulmuştur. Ayrıca hem mutlak hem de kareli getiride uzun hafıza özelliklerine dair kanıtlar elde edilmiştir; ancak kareli getiri durumunda bazı durumlarda kısa hafıza özellikleri gözlemlenmiştir.

Khuntia ve Pattanayak (2020) tarafından yürütölen araştırmada, 11/01/2015-30/06/2018 tarih aralığındaki saatlik Bitcoin fiyatlarını kullanarak Bitcoin getirilerinin volatilitesinde ve işlem hacminin etkisinde uyarlanabilir (adaptif) uzun hafızanın varlığı ve multifraktallık incelenmiştir. MF-DFA analiz yönteminin kullanıldığı çalışmada, gün içi Bitcoin getirilerinin volatilitesindeki uzun hafızanın ya hep ya hiç olgusu olmadığı; zaman içindeki değişime ve olayların oluşumuna uyarlanabilir olduğu ve bu nedenle adaptif piyasa hipotezinin önermesine bağlı kaldığına dair kanıtlar elde edilmiştir. Ayrıca düşüş ve yükseliş hareketleri sırasında işlem hacminin uzun hafıza üzerindeki açıklayıcı gücü ortaya konulmuştur.

Kripto para birimlerine yönelik artan ilgi göz önüne alındığında volatiliteleri etkin bir şekilde tahmin etmek için uygun modellerin sečilmesi kritik önem taşımaktadır. Bu doğrultuda Fakhfekh ve Jeribi'nin (2020) yaptıkları çalışmada, en popüler 16 kripto paranın getirilerinin volatilitelerinin dinamiklerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında 07/08/2017-12/12/2018 tarih aralığındaki günlük veriler kullanılmış olup, asimmetrik ve uzun hafıza GARCH modellerinden (EGARCH, T-GARCH, PGARCH, FIGARCH ve FIEGARCH) faydalanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre kripto paraların büyük bir çoğunluğunda çift üssel dağılımlı T-GARCH modelinin getiri volatilitelerini başarılı bir şekilde modellendiği belirlenmiştir. Ayrıca, çalışmada kripto paraların çoğunda asimmetri etkisinin mevcut olduğu ve pozitif bilgilerin piyasaya girişinin volatilitelerinde negatif bilgilere göre daha fazla etkisi olduğu vurgulanmıştır. Bu bulgular, kripto para

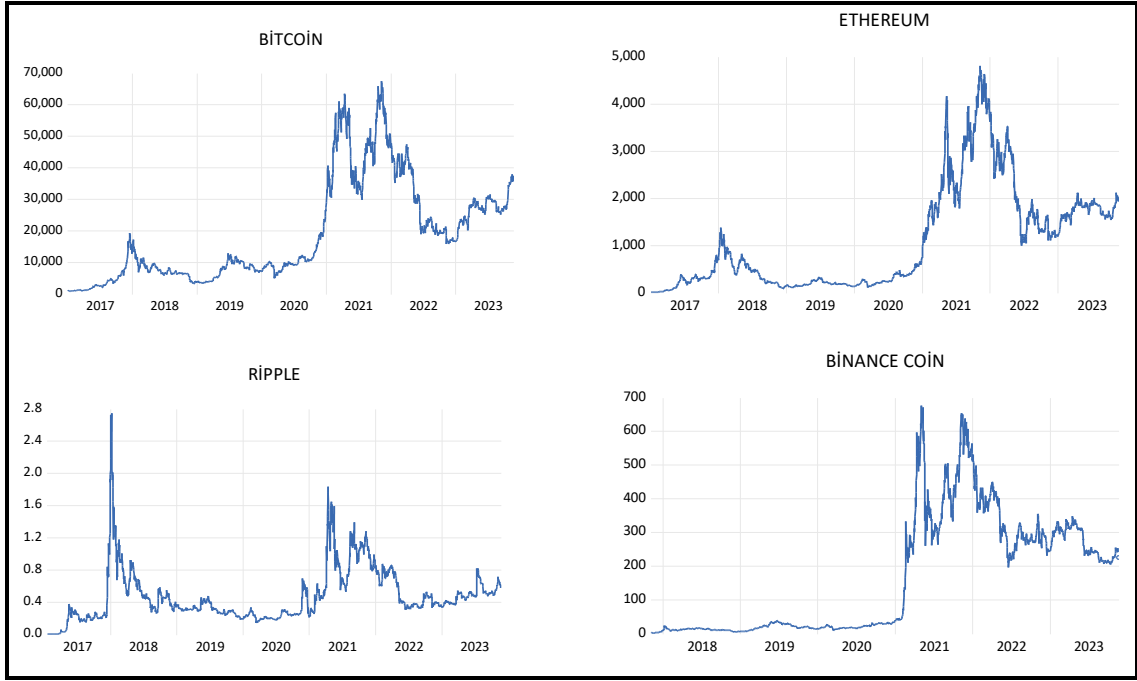
piyasaının dinamiklerini anlamada önemli bir katkı sağlamaktadır. Aslında elde edilen bulgular, etkin riskten korunma stratejileri uygulayarak potansiyel oynaklığı etkin bir şekilde hesaba katmak isteyen yatırımcılar için faydalı olabilir.

Assaf ve diğerleri (2022) yaptıkları çalışmada, COVID-19 salgını dönemine odaklanarak popüler kripto paralar arasında yer alan; Bitcoin, Litecoin, Ethereum, Ripple, Monero ve DASH'ın fiyat serilerinin uzun hafızaya sahip olup olmadığını incelemişlerdir. 0/09/2015-01/07/2020 tarih aralığındaki günlük veriler kullanılmıştır. Wavelet Tabanlı Hurst Üsteli yönteminin kullanıldığı çalışmada, Kripto para birimlerinin çoğunluğu için uzun hafıza kalıcılıkta belirgin bir değişiklik gözlemlenmiştir. 2017 balonu sonrasında kalıcılıkta belirgin bir azalma eğilimi gösterirken, takip eden dönemde COVID-19 salgınıyla birlikte dramatik bir düşüş yaşanmıştır. COVID-19 sonrasındaki bağımlılık düşüşü, Wavelet uzun bellek modelinden elde edilen Fraktal bağlantı matrisi ile daha da açık bir şekilde ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, kripto para piyasasındaki piyasa etkinliğinin evrimini ve kripto fiyatlarının zaman içindeki fraktal yapısını ve dinamiklerini anlamak adına önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Eteman ve Işığışok (2022) tarafından yapılan çalışmada ise FIGARCH modelini kullanarak seçilmiş kripto para birimlerinin (Bitcoin, Ethereum, Cardano ve Binance Coin) yüksek frekanslı gün içi getirilerinin volatilité ve uzun hafıza özellikleri araştırılmıştır. Dört ayrı kripto varlığı için günlük, 12 saatlik, 8 saatlik, 6 saatlik, 4 saatlik, 2 saatlik, 1 saatlik, 30 dakikalık ve 15 dakikalık zaman aralıklarında meydana gelen 36 getiri serisi olmak üzere toplam 1.309.550 kapanış fiyatları içeren 9'ar veri kümesi elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar 15 dakikalık aralıkta Ethereum hariç, diğer tüm serilerin genellikle belirli parametre değerleri etrafında yoğunlaştığını göstermektedir. Uzun hafızayı temsil eden d parametresi çoğu durumda istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ve bu da kripto para getirilerinde uzun hafızanın varlığına işaret etmektedir. Çalışma, ayrıca geçmiş veri analizinin olağanüstü getirilere yol açabileceğini öne sürmekte ve zayıf etkin piyasa hipotezini reddetmektedir.

3.12. Uygulama ve Araştırma Sonuçları

Bu bölümde, uygulamanın sonuçları derinlemesine incelenmektedir. Aynı zamanda, gerçekleştirilen araştırmanın elde ettiği bulgular da detaylandırılacaktır. Bu çerçevede, uygulama ve araştırma sonuçları, kapsamlı ve ayrıntılı bir analiz ile ele alınacaktır.



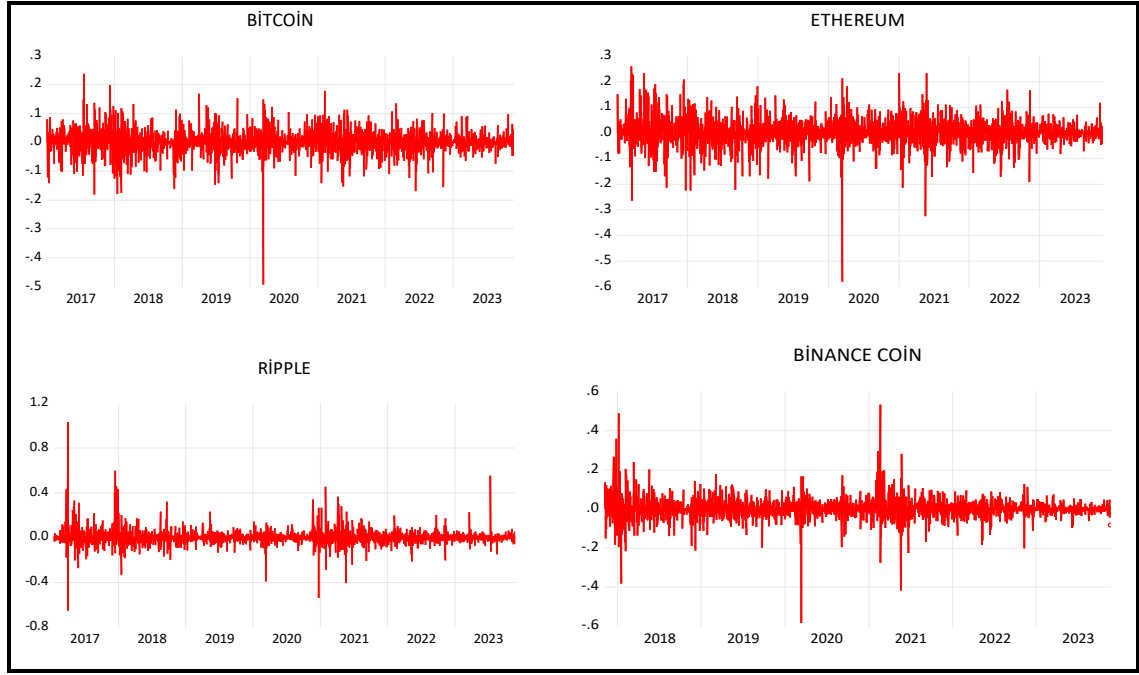
Şekil 48. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin Fiyat Serisi Grafikleri

Şekil 48 işlem hacmi en yüksek olan seçilmiş kripto para birimlerine ait USD bazında fiyat serilerini göstermektedir. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin grafikleri incelendiğinde 2017 yılının ilk çeyreğine kadar fiyatlar istikrarlı bir şekilde artarken, 2017 yılının sonu ve 2018 yılının ilk çeyreğine kadar kripto para birimlerinin fiyatlarında hızlı ve önemli bir büyüme gerçekleştiği görülmektedir. Bitcoin yaklaşık 20.000 dolar, Ethereum yaklaşık 1,500 dolar ve Ripple ise yaklaşık 2,65 dolar gibi bir seviyelerine ulaşmıştır. Bu yükseliş kripto para piyasasına olan ilgiyi artırmış ve bu dönem de çok sayıda Initial Coin Offering (ICO) projesinin başlatılmasına yol açmıştır. ICO'ların çoğunda, projeler için yeni kaynak temin etme mekanizması olarak özellikle Ethereum kullanılmış ve bu durum Ethereum değerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Binance Coin grafiği incelendiğinde ise 2017 yılında ilk halka arz olduktan sonra 2018 yılında bir miktar artış olduğu ancak fiyatında aşırı dalgalanma olmadığı gözlemlenmiştir. 2017 yılındaki kripto para birimlerindeki bu artışların ardından piyasa 2018 yılının ilk çeyreğinden sonra önemli bir düzeltme yaşamış ve kripto para birimi fiyatları önemli ölçüde düşmüştür. Bu düşüşün nedenleri arasında piyasa manipülasyonu ve dolandırıcılıkla ilgili endişeler yer almaktadır. Çok sayıda kripto para birimi bu dönemde önemli değer kayıpları yaşamıştır.

2019 yılında piyasa, Ethereum ağı üzerine inşa edilen merkezi olmayan finans (De-Fi) uygulamalarına artan ilgiyle toparlanmaya başlamıştır. Bu gelişme özellikle Ethereum'a olan talebin artmasına katkıda bulunmuştur. Ancak COVID-19 salgınına

kadar geçen süre içinde fiyatların aşırı oynak olmadığı gözlemlenebilmektedir. 2020 yılına gelindiğinde COVID-19 salgını, küresel ekonomik belirsizlik ve enflasyona karşı bir koruma olarak kripto paralara olan ilginin artmasına neden olmuştur. Dolayısıyla 2020 yılının Mart ayında meydana gelen düşüşün ardından Ekim 2020 yılında tekrar yükseliş trendine girdiği, Ocak 2021 yılından itibaren ise oynaklığın arttığı, bu dönemde çok fazla yükseliş ve düşüşlerin olduğu gözlemlenebilmektedir. Burada ABD Merkez Bankası FED'in 2020 yılının başında faizleri düşürmesi ve parasal genişlemeyi artırmasının etkisi vardır. Çünkü salgın ile birlikte tedarik sorunlarının artarak arz sıkıntısının yaşanması ve parasal genişleme enflasyonun yükselmesine sebep olmuş, bu enflasyonist ortamın yatırımcılar için mevduat faizlerinin yetersiz gelmesine sebep olması, yatırımcıları alternatif finansal varlıklara yönlendirmiştir. Bu finansal varlıklar borsa endeksleri ve kripto paralar olmuştur.

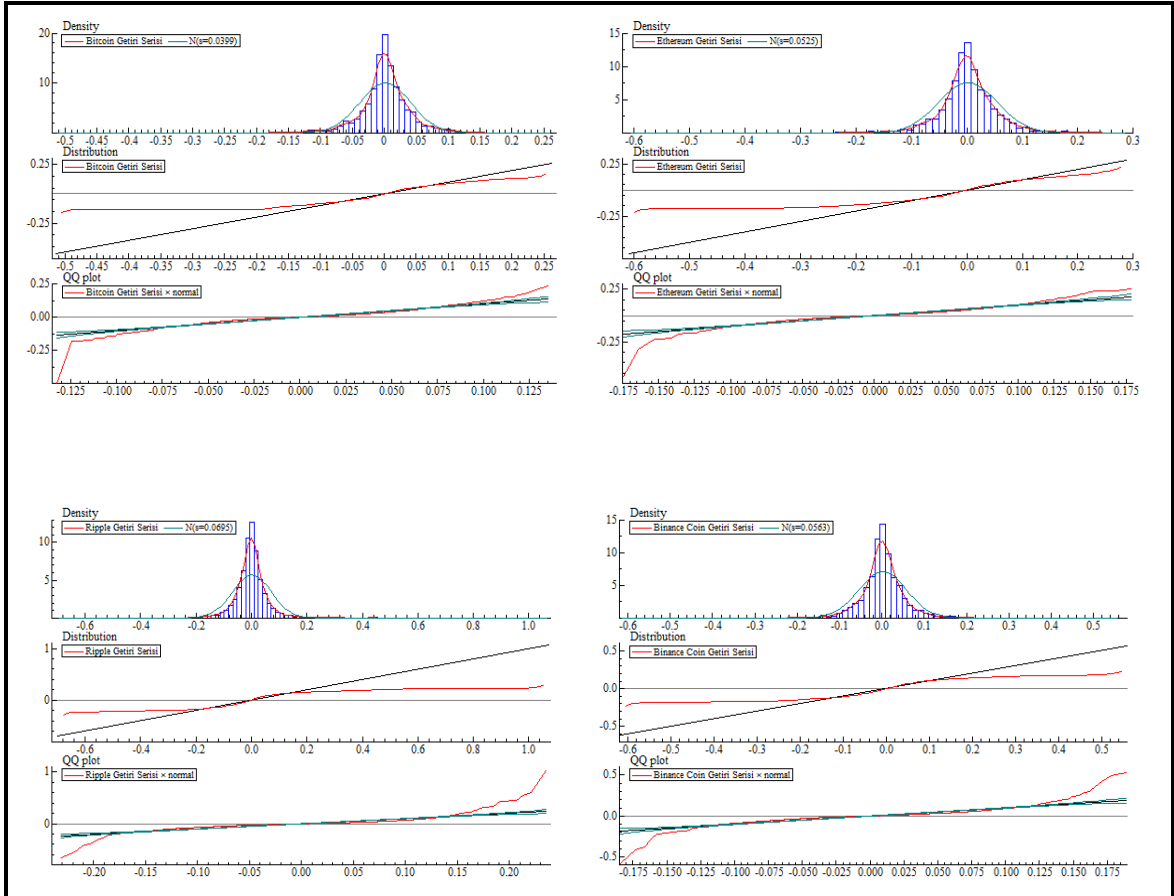
Bunun yanında, dünyaca ünlü kurumsal firmalar Bitcoin'e yatırım yaparak piyasanın güçlenmesine katkı sağlamıştır. 2021 ve 2022 yıllarında Non-Fungible Token (NFT) projeleri, birçoğu Ethereum üzerine inşa edilen ve Ethereum'a olan talebi artıran yeni projelerin başlamasıyla popülerlik kazanmıştır. Böylece Bitcoin için tüm zamanların en yüksek değeri (all time high) 10 Kasım 2021'de 69.044,77 dolar ile gerçekleşirken, Ethereum için tüm zamanların en yüksek değeri 16 Kasım 2021'de 4.891,70 dolar ile gerçekleşmiştir. Benzer şekilde Ripple için tüm zamanların en yüksek değeri 07 Ocak 2018'de 3,40 dolar ile gerçekleşirken, Binance Coin için tüm zamanların en yüksek değeri 10 Mayıs 2021'de 690,00 dolar ile gerçekleşmiştir. Bu dönemde Binance Coin ve Ripple gibi diğer kripto paralar, genel piyasa duyarlılığından ve kendi projelerine özgü gelişmelerden etkilenen fiyat hareketleri yaşamıştır. Özetle, şekilde de görüldüğü üzere, kripto para piyasası oldukça değişken bir yapıya sahiptir ve fiyatların çok çeşitli faktörlerden etkilendiği söylenebilir. Ancak Rusya'nın 24 Şubat 2022 yılında Ukrayna'ya askeri müdahalesi kripto piyasalarında ilk aşamada bir şok etkisi yaratmamıştır. Bunun temel sebebi Ukrayna'ya yönelik yardımların önemli bir bölümünün kripto varlık transferiyle gerçekleşmesi olarak gösterilebilir. 2023 yılının ilk çeyreğinde değer kaybeden kripto para piyasası, yılın ikinci çeyreğinde tekrar toparlanmaya başlamıştır. Sonuç olarak tüm grafikler için değişkenlerin durağan bir yapıya sahip olmadığı ve trende sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 49. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin Getiri Serisi Grafikleri

Şekil 49’de Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin kripto para birimlerine ait günlük getiri serilerinin dağılım grafikleri verilmiştir. Günlük getiri serilerine ait grafikler incelendiğinde, getiri serilerinde farklı tarihlerde volatilité kümelenmelerinin¹⁷ olduğu gözlemlenebilmektedir. 2018 yılında ve 2020 yılında ortaya çıkan COVID-19 salgının olduğu dönemde ve özellikle fiyatlarda meydana gelen yön değişiklikleri sebebiyle 2021 yılında getiri volatilitesinde genişleme olduğu ve volatilité kümelenmesi olduğu kolaylıkla gözlemlenebilmektedir. Bu gösterge seride kendine benzerlik özelliğinin varlığı için ipucu olabilmektedir. Bu şekilde bütün getiri serilerinde heteroskedastisitenin bulunduğu belirlenmiştir. Bu yüzden bütün getiri serilerinde değişen varyans olduğu söylenebilir. Volatilité kümelenmesinin en düşük olduğu kripto para birimi ise Ripple’dır. Bununla beraber 2020 yılının ilk aylarında, örnekleme bulunan tüm kripto para birimleri büyük ölçüde negatif getiriler göstermiştir.

¹⁷ Volatilité kümelenmesi, düşük volatilité dönemlerini düşük volatilité, yüksek volatilité dönemlerini ise yüksek volatilitenin takip ettiğini göstermektedir (Çelik vd., 2022: 163).

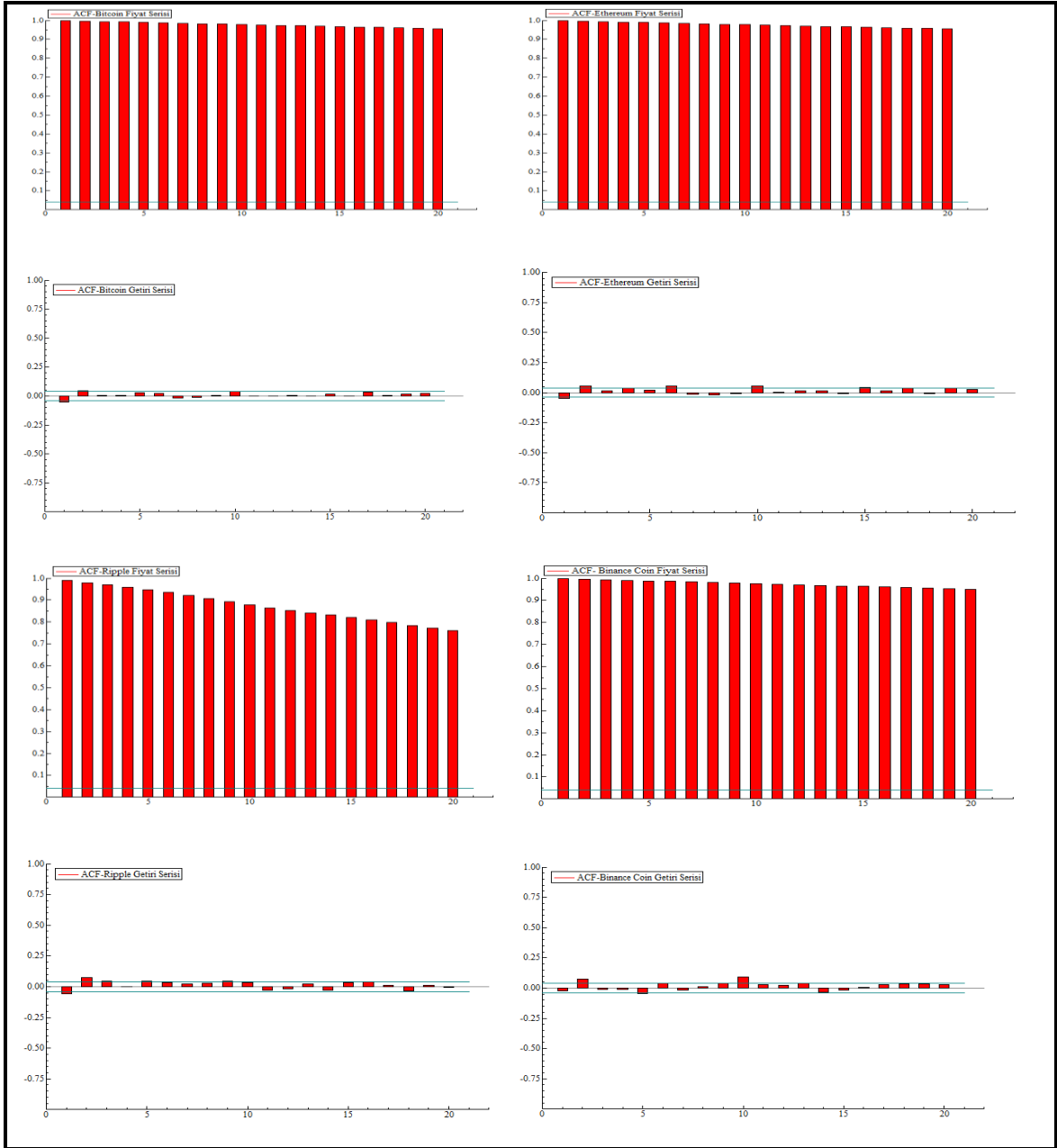


Şekil 50. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin Normal Dağılım, Yoğunluk ve QQ Plot Grafikleri

Şekil 50’de Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin kripto para birimlerine ilişkin normal dağılım, yoğunluk fonksiyonları ve Quantile-Quantile(QQ) plot grafiklerine yer verilmiştir. Normal dağılım grafiklerin üzerine bindirilen yeşil çizgi, kripto para birimlerinin değerlerinden alınan ortalama ve standart sapma ile gösterilen normal dağılımı ifade etmektedir. Kırmızı çizgi ise 0.5 katlı bir bant genişliği kullanılarak oluşturulmuş Gauss tipi çekirdek yoğunluk tahminini göstermektedir. Dolayısıyla örnekleme bulunan bütün kripto paralara ilişkin grafikler incelendiğinde, normal dağılıma göre hem daha sivri bir yapı gösterdikleri hem de kalın kuyruklu bir dağılıma sahip oldukları görülebilmektedir. QQ plot grafiği¹⁸, gözlemlenen verilerin teorik bir dağılıma ne kadar benzediğini görselleştirmek amacıyla tercih edilmektedir (Chantarangsi vd., 2016). Bu bağlamda kripto para birimlerinin QQ-Plot grafikleri incelendiğinde; serilere ait çizgiler doğru çizgi boyunca simetrik bir şekilde

¹⁸ (QQ) plot grafiği, bir zaman serisinin teorik bir dağılıma ne kadar uygun olduğunu değerlendirmek için kullanılmaktadır.

dağılmamaktadır. Bu da serilerin normal dağılmadığını daha sivri olduğu ve kuyrukların ise kalın kuyruklu olduğunu göstermektedir.



Şekil 51. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin Kripto Para Birimlerine Ait Fiyat ve Getiri Serilerine İlişkin Otokorelasyon Fonksiyon Grafikleri

Şekil 51’de örnekleme de yer alan kripto para birimlerine ait fiyat ve getiri serilerine ilişkin otokorelasyon fonksiyon grafiklerine yer verilmiştir. Otokorelasyon fonksiyon grafiklerine bakıldığında Bitcoin, Ethereum ve Binance Coin’e ait seriler uzun dönemde ortalamaya dönüşün hiperbolik (yavaş) bir oranda azalma eğilimini göstermektedir. Bu özelliğin belirginliği olması nedeniyle, getiri serilerinde uzun hafıza özelliklerinin incelenmesinin gerekliliği açısından görsel bir değerlendirme olabileceği söylenebilir. Ripple’a ait seriye bakıldığında ise ortalamaya dönüşün hiperbolik (yavaş) bir oranda

değil, hızlı bir oranda azalma eğilimi gösterdiği görülmektedir. Bu durumun Ripple'ın getiri serisinin uzun hafıza özelliği sergilemediğine dair incelenmesinin gerekliliği açısından görsel bir değerlendirme olabileceği söylenebilir. Ayrıca ayrı serinin otokorelasyon fonksiyon grafiklerinden, serisinin geçmiş fiyatlarla yüksek korelasyona sahip olduğu anlaşılmaktadır. Analize dahil edilen kripto para birimlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin'e İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

	Bitcoin	Ethereum	Ripple	Binance Coin
Ortalama	0.001440	0.002174	0.001797	0.002252
Maksimum	0.238396	0.258599	1.027995	0.532404
Minimum	-0.493969	-0.580147	-0.652989	-0.582287
Standart Sapma	0.039865	0.052543	0.069518	0.056342
Çarpıklık	-0.778849	-0.544300	2.051430	0.291873
Basıklık	15.19488	12.19566	36.25269	20.55975
Jarque-Bera	15850.97	8992.534	116981.6	28360.48
P. Değeri	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]
Gözlem Sayısı	2517	2517	2501	2205

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 13'de Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin serilerine ilişkin tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiştir. Bütün değişkenlerin ortalamasının sıfıra yakın olduğu ve pozitif değerlere sahip olduğu görülmektedir. Volatilité bakımından incelendiğinde, en düşük standart sapmaya sahip kripto para biriminin Bitcoin olurken, en yüksek standart sapmaya sahip kripto para biriminin ise Ripple olduğu görülmektedir. Kripto para birimlerinde tespit edilen yüksek standart sapma değerleri, söz konusu değerlerin yüksek fiyat dalgalanmaları ile ilişkilendirildiğinde olağan bir durumu yansıtmaktadır. Benzer şekilde en düşük (minimum) ve en yüksek (maksimum) değerler incelendiğinde, analize dahil edilen kripto para birimleri arasında en düşük ve en yüksek logaritmik getiriye sahip olan kripto para biriminin Ripple olduğu gözlemlenebilmektedir. Çarpıklık (Skewness) değerinin normal dağılımda 0 (sıfır) olması beklenmektedir. Ancak analize dahil edilen Bitcoin ve Ethereum logaritmik getiri serilerinin dağılımının çarpıklık değerleri negatif olduğundan dolayı, seriler sola çarpıktır, bu da asimetric bir özelliğe sahip olduğunu göstermektedir. Ripple ve Binance Coin'in logaritmik getiri serilerine ait dağılımın çarpıklık değerleri pozitif olduğundan dolayı seriler sağa çarpıktır ve asimetric bir özellik sergilemektedir. Basıklık (Kurtosis) değeri normal dağılımda 3 (üç) olması beklenir. Ancak analize dahil edilen bütün kripto para birimlerinin basıklık değerinin pozitif ve 3 değerinden daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Bu durum normal dağılıma göre daha sivri (leptokörtik) bir yapıya sahip

olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, değişkenlere ait getiri serileri normal dağılıma kıyasla leptokörtik (kalın kuyruk) bir özelliğe sahiptir. Yani getiri serisinin normal dağılıma göre daha sivri bir yapıya sahip olduğu ve kalın kuyruk özelliği gösterdiği için de normal dağılımdan uzaklaştığı görülmektedir. Sivri yapı ve kalın kuyruk özelliği fraktal piyasa hipotezinin varlığına dair kanıtlar gösterebilmektedir. Son olarak, Jarque-Bera istatistiğinin “ H_0 seriler normal dağılıma uygundur” hipotezi reddedilmektedir. Bütün değişkenlerin değerlerinin çok yüksek olması nedeniyle serilerin normal dağılım sergilemediği görülmektedir. Analiz kapsamında incelenen kripto para birimlerine ilişkin ARCH-LM ve Ljung-Box test istatistiklerine ait istatistik sonuçları Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin’e İlişkin ARCH- LM ve Ljung-Box Test İstatistikleri

	Bitcoin	Ethereum	Binance Coin	Ripple
ARCH (2)	13.817 [0.0000] ***	32.611 [0.0000] ***	83.125 [0.0000] ***	120.72 [0.0000] ***
ARCH (5)	8.2996 [0.0000] ***	19.803 [0.0000] ***	38.251 [0.0000] ***	49.021 [0.0000] ***
ARCH (10)	5.1169 [0.0000] ***	10.749 [0.0000] ***	31.034 [0.0000] ***	27.295 [0.0000] ***
Q (5)	14.2243 [0.01424556] **	18.3994 [0.0024853] ***	18.1972 [0.0027091] ***	33.5002 [0.0000030] ***
Q (10)	19.9296 [0.0299254] **	34.6025 [0.0001459] ***	45.1835 [0.0000020] ***	47.9340 [0.0000006] ***
Q (20)	26.5619 [0.1480441]	50.1178 [0.0002130] ***	64.9268 [0.0000012] ***	64.6954 [0.0000013] ***
Q (50)	76.7242 [0.0089063] ***	74.7980 [0.0131099] **	91.6201 [0.0003015] ***	98.9898 [0.0000052] ***
Q² (5)	48.4199 [0.0000000] ***	130.672 [0.0000000] ***	227.084 [0.0000000] ***	300.572 [0.0000000] ***
Q² (10)	63.9965 [0.0000000] ***	160.220 [0.0000000] ***	380.404 [0.0000000] ***	340.862 [0.0000000] ***
Q² (20)	79.7931 [0.0000000] ***	180.320 [0.0000000] ***	546.444 [0.0000000] ***	354.108 [0.0000000] ***
Q² (50)	100.528 [0.0000000] ***	207.690 [0.0000000] ***	644.311 [0.0000000] ***	437.537 [0.0000000] ***

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı, [] p olasılık değerlerini, Q ve Q² getiri hata ve kareli getiri hata serilerinin Ljung-Box bağımsızlık testini, ARCH (2,5,10) ARCH-LM testini göstermektedir.

Tablo 14’de yer alan ARCH-LM ve Ljung- Box (Q ve Q²) istatistikleri incelendiğinde, analize dahil edilen kripto para birimlerine ait getiri serilerinin artıklarında 2, 5 ve 10. gecikme değerlerine kadar değişen varyans sorununun varlığı görülmektedir. Farklı gecikme sayılarına dair Ljung-Box (Q ve Q²) test istatistikleri kullanılarak değişkenlere ait getiri hata ve kareli getiri hata serilerinin bağımsızlık tahmini yapılmıştır. Sonuçlara dair istatistiki değerler incelendiğinde Bitcoin dışındaki diğer kripto para birimlerinin 50. gecikmeye kadar olan getiri ve kareli getiri hatlarının

istatistiksel olarak anlamlı olması, serilerde otokorelasyon sorunun bulunmadığı anlamına gelmektedir. Özetle bütün kripto para birimlerinde logaritmik getiri serilerinde otokorelasyon sorunu olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle analizlere dahil edilen kripto para birimlerine ait serilerin tümünün geçmiş değerler ile ilişkili olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 15. Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin'e İlişkin Birim Kök Test Sonuçları

	Model	Fiyat			Getiri		
		ADF	PP	KPSS	ADF	PP	KPSS
Bitcoin	Sabitli	-1.402439	-1.412486	3.458479	-52.80975***	-52.74151***	0.216834
	Sabit ve Trendli	-1.932648	-1.935035	0.447704	-52.83178***	-52.76136***	0.082239
Ethereum	Sabitli	-1.715540	-1.591302	3.346838	-52.70058***	-52.77681***	0.412183
	Sabit ve Trendli	-2.195534	-2.031605	0.447400	-52.77417***	-52.79965***	0.187642
Ripple	Sabitli	-4.387563	-4.098140	0.671522	-26.47337***	-53.6337***	0.268203
	Sabit ve Trendli	-4.475531	-4.182123	0.220386	-33.92319***	-53.61472***	0.103067
Binance Coin	Sabitli	-1.661635	-1.642135	3.956053	-31.18573***	-47.86673***	0.276374
	Sabit ve Trendli	-2.068973	-2.049389	0.507687	-31.22339***	-47.91145***	0.096425

Not: ADF testinde maksimum gecikme sayısı 26 olarak alınmış ve optimum gecikme sayısı Schwarz Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. PP ve KPSS testlerinde uzun dönem varyans, Barlett çekirdek tahmincisi ile elde edilmiş ve bant genişliği (bandwidth) Newey-West metodu ile belirlenmiştir. ADF ve PP testlerinde kritik değerler sabitli model için -3.433122 (%1), -2,862651 (%5) ve -2,567407 (%10); sabit ve trendli model için -3.962212 (%1), -3.411849 (%5) ve -3.127817 (%10)'dur. KPSS testinde sabitli model için kritik değerler 0.739000 (%1), 0.463000 (%5) ve 0.347000 (%10); sabit ve trendli model için de 0.216000 (%1), 0.146000 (%5) ve 0.119000 (%10)'dur. ***, **, ve * sembolleri 1%, 5% ve 10% anlamlılık düzeylerindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Bir zaman serisinin uzun vadeli nitelikleri, önceki dönemdeki değişken değer, mevcut dönemi ne şekilde etkilediğinin belirlenmesi yoluyla ortaya çıkmaktadır. Zaman serisinin evrimini anlamak amacıyla, her bir dönemdeki değerlerin önceki dönemlere göre regresyon analizi yapılması gerekmektedir. Serilerin durağanlığını belirleme amacıyla kullanılan birim kök analizi yöntemi, bu sürecin değerlendirilmesi için etkili bir araçtır (Tarı, 2014: 387). Dolayısıyla Tablo 15'te araştırma kapsamında incelenen kripto para birimlerinin durağan olup olmadıklarını belirlemek amacıyla Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin(KPSS) birim kök test sonuçlarına yer verilmiştir. ADF ve PP birim kök testleri için H_0 (boş hipotez) zaman serisinin durağan olmamam durumunu veya $I(1)$ sürecini göstermektedir. KPSS birim kök testinin boş hipotezi için ise zaman serilerinde durağan durumunu ifade eden $I(0)$ sürecini göstermektedir. Elde edilen istatistiki değerlere göre bütün birim kök

testlerinde değişkenlerin fiyat serilerinde durağan olmadığı gözlemlenmektedir. Ancak değişkenlerin getiri serilerinde ise ADF ve PP birim kök test sonuçlarının belirgin negatif değerleri, serinin birim kök sıfır hipotezini reddettiğini gösterirken; KPSS test istatistiği, anlamlılık düzeylerinden daha küçük olduğu için I (0) sürecini temsil eden H_0 (sıfır) hipotezini reddedememektedir. Diğer bir ifadeyle, analize dahil edilen değişkenler durağan bir yapı sergilemektedir.

3.12.1. Bitcoin Analiz Sonuçları

Wavelet yaklaşımı, zamanın belirli bir başlangıç noktasında ortaya çıkan ve zamanın sınırlı bir noktasında sona eren küçük dalgalanmaları tanımlamak adına bir perspektif sunmaktadır. Bu, Fourier analizinin bir tür uzantısı olarak görülebilir. Ancak Wavelet yaklaşımı, zaman serisi davranışının farklı frekanslara göre verilerini birleştirme ve filtreleme konusunda incelenmesine olanak tanıyan daha kapsamlı bir yaklaşıma sahiptir. Ki bu durum, Fourier yaklaşımından ayrılan yönüdür. Bu filtreleme sayesinde finans sektöründeki uygulamalarda farklı zaman dilimlerine ait finansal varlık getirilerini incelemek yerine, toplam getiriye meydana getiren çeşitli getiri tabakalarının ayrıntılı olarak analiz edilmesini sağlamaktadır. Wavelet yaklaşımının sağladığı bu esneklik sayesinde, zamanla değişen değişkenler arasındaki ilişkilerin farklı frekanslara göre nasıl bir değişiklik gösterdiği detaylı bir şekilde incelenebilir olmasından kaynaklanmaktadır (Lehkonen ve Heimonen, 2014: 92).

Aynı şekilde, farklı zaman dilimlerine ait volatilitiyi incelemek yerine wavelet filtreleme yaklaşımı kullanılarak elde edilen farklı volatilitite katmanları aracılığıyla riskin zaman içindeki davranışının nasıl değiştirdiği gözlemlenebilir. Wavelet yaklaşımı, durağan olmayan zaman serilerini herhangi bir dönüşüme tabi tutmadığından dolayı, herhangi bir gözlem kaybı olmadan analiz etme olanağı sağlamaktadır. Ayrıca, wavelet yaklaşımının parametrik olmayan doğası gereği, herhangi bir detay kaybetmeden değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin göz önünde bulundurulması mümkündür. (Schleicher, 2002: 27). Benzer şekilde wavelet yaklaşımın ayrıca zaman serisi analizlerinde kullanışlı olmalarını sağlayan iki özelliği bulunmaktadır. Birincisi, Fourier dönüşümü zaman serilerini sonlu uzunluktaki sinüs ve kosinüs olarak ayrıştırarak tüm zaman ve frekans bilgilerini artırmaktadır. İkinci olarak wavelet yaklaşımı zaman serisini çok çözünürlüklü bileşenlere ayrıştırmaktadır. Wavelet ayrıştırma/filtreleme yaklaşımı serinin büyük zaman ölçekli yakınlaştırma ve daha küçük zaman ölçeklerinde serinin daha ince detaylarını yakalayan ince çözünürlüklü katmalar olarak ikiye ayırmaktadır.

Wavelet yaklaşımının zaman ve frekansa dayalı avantajları, özellikle zamana bağlı yaklaşımlara kıyasla daha etkili bir teknik olmasının temel sebeplerindedir.

Wavelet yaklaşımı, para arzı (M1 ve M2) ile ilişkilerini analiz etmek amacıyla Ramsey ve Lampart (1998a,b) tarafından ilk kez ekonomi alanında uygulanmıştır. Son yıllarda ise Rua ve Nunes (2009), Jammazi ve Aloui (2010), Masih et al., (2010), Ismail vd., (2016), Omane-Adjepong ve Alagidede (2019), Uyar ve Kangallı Uyar (2021), Hairudin ve Mohamad (2023) vb. gibi araştırmacılar tarafından bu yaklaşım kullanarak ekonomi ve finans alanındaki literatüre kazandırılmıştır. Araştırmanın bu bölümü wavelet yaklaşımına ilişkin kısa bir giriş niteliğinde olup, daha ayrıntılı bilgiler edinmek için Daubechies (1992), Percival ve Walden (2000) ve Gençay vd., (2002), Schleicher (2002) ve Crowley (2007) tarafından yapılan araştırmalar incelenebilir.

Wavelet yaklaşımı, bir zaman serisini farklı zaman ölçeklerine ayırmak için wavelet dönüşümünü kullanarak gerçekleştirilebilir. Bu yaklaşımda, baba wavelet (father wavelet) ve anne wavelet (mother wavelet) olarak adlandırılan iki temel fonksiyon tanımlanmaktadır. Baba wavelet, işlenmemiş serinin düşük frekanslı bileşenlerini içermektedir ve serinin genel trendini göstermektedir. Anne wavelet ise yüksek frekanslı bileşenleri içermektedir ve serinin trendden sapmalarını göstermektedir. Yani verideki ayrıntıları yansıtmaktadır. Başka bir ifadeyle bu temel fonksiyonlar, wavelet analizinin zaman serisinin farklı özelliklerini ayırıştırarak veya filtreleyerek detaylı bir inceleme yapma imkânı sağlamaktadır (Crowly, 2007).

Düzgün ve ayrıntılı wavelet katsayılarını elde etmek için Kesikli Wavelet Dönüşümü (DWT) uygulanabilmektedir. Kesikli wavelet dönüşümü uygulanırken, zaman serisinin kaç farklı zaman ölçeğine ayrıştırılacağını belirlemek, araştırmacının gözlem sayısına bağlıdır. Bu yaklaşımın bir diğer kısıtı, gözlem sayısının diyadik (ikinin katları olan) bir özelliğe sahip olması gerekliliğidir. Diğer bir ifadeyle, gözlem sayısının ikinin katı olan bir tam sayı olması gerekmektedir. Bu durum, farklı zaman ölçeklerinin belirlenmesinde kısıtlayıcı bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, genellikle uygulamalarda, diyadik özelliklere gerek duymayan ve daha esnek bir yapıya sahip olan Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü (MODWT) tercih edilmektedir. Genlik ve yönü ölçmenin yanı sıra, bu wavelet yaklaşımı, farklı piyasa rejimleri sırasında getirilerdeki dalgalanmaları gözlemleyebilir, böylece karmaşık fraktalların varlığını kesin olarak ölçebilir. Ayrıca MODWT, ayrık wavelet dönüşümü verilerin sonlu aralıklara ve dağılıma sahip olduğunu varsaydığı için uç noktadaki (örneğin periyodik) evrişimleri

çözmek için hesaplanacak bir çözüm gerekmektedir. Bu yaklaşım belirli bir zaman ve frekans noktasında kesin büyüklükleri (örneğin en düşük veya en yüksek, pozitif veya negatif getiriler) belirlememize olanak tanımaktadır.

Öte yandan, herhangi bir örneklem büyüklüğü için MODWT'i kullanabilme esnekliği söz konusu olup; diyardik bir özelliğe gerek duyulmamaktadır. MODWT ile wavelet katsayıları elde edilirken, farklı niteliklere sahip olan wavelet filtreleri (D(4), D(8), LA(8) ve Haar Waveleti) tercih edilebilmektedir (Gençay vd., 2002: 113-116). Gençay ve diğerleri (2002-2010) ve Cornish ve arkadaşları (2006) tarafından tavsiye edilen ve literatürde sıkça tercih edilen wavelet filtresi olan LA(8) uzunluğu sekiz olan en az asimetrik wavelet filtresi (least asymmetric wavelet filter of length eight)'dir. Bunun temel sebebi bu filtrenin diğer filtre türleri ile kıyasladığında daha pürüzsüz ve ilişkisiz wavelet katsayılarını vermesidir. Dolayısıyla bu araştırmada, kripto para piyasasının heterojen davranışını göz önünde bulundurarak kısıtlayıcı varsayımları sebebiyle DWT'yi kullanmak yerine, wavelet katsayılarını elde edebilmek için MODWT ve wavelet filtre türlerinden biri olan LA(8) tercih edilmiştir. Araştırmada MODWT'e dayalı wavelet katsayıları, analize dahil edilen her bir kripto para biriminin (Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin) getirisi için hesapladıktan sonra, getiri serileri yedi farklı zaman ölçeğine göre (D1 = 2-4 günlük, D2 = 4-8 günlük, D3 = 8-16 günlük, D4 = 16-32 günlük, D5 = 32-64 günlük, D6 = 64-128 günlük, D7, 128-256 günlük, Sg = koşulsuz volatilitite/uzun vadeli davranışları temsil etmektedir) sınıflandırılmıştır. Aşağıdaki Tablo 16'da farkı yatırım ufukları için döngü sürelerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

Tablo 16. Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Zaman Ölçekleri

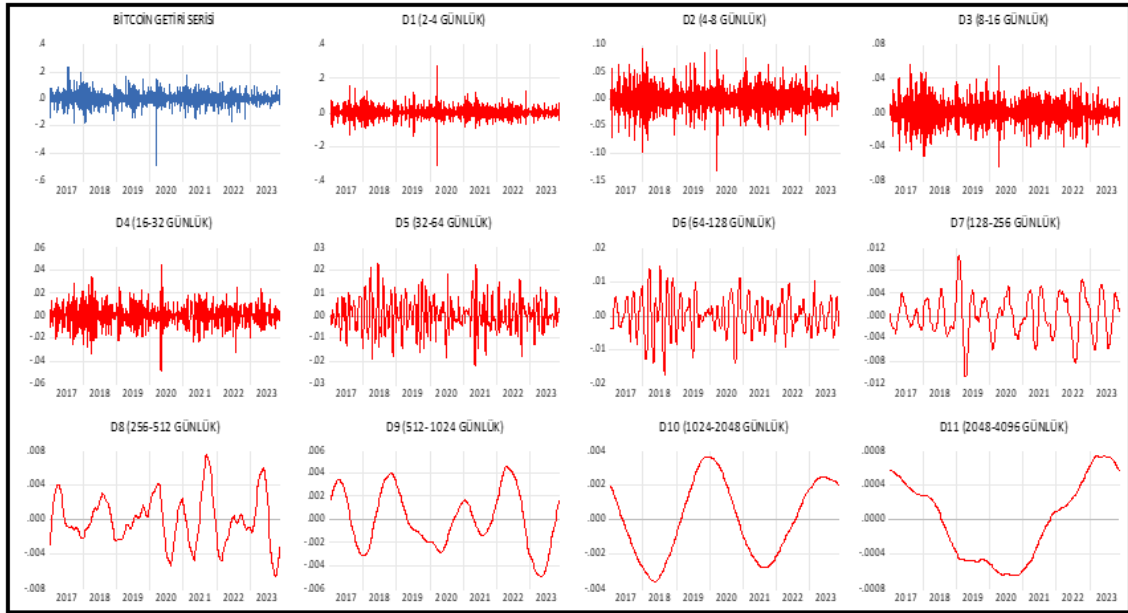
	Ölçekler	Günlük Frekanslar	Döngü Süreleri*
D1	2 ¹	2-4	Yarım haftaya kadar
D2	2 ²	4-8	Bir haftaya kadar
D3	2 ³	8-16	İki haftaya kadar
D4	2 ⁴	16-32	Bir aya kadar
D5	2 ⁵	32-64	İki aya kadar
D6	2 ⁶	64-128	Dört aya kadar
D7	2 ⁷	128-256	Bir yıla kadar

Kaynak: * Tablo farklı yatırım ufuklarına göre döngü sürelerini göstermektedir. Her ölçek bir frekans aralığına karşılık gelmektedir ve bu nedenle her bir zaman ölçeği bir zaman ufku aralığı ile ilişkilendirilmiştir. Kripto para birimleri 7/24 işlem yapıldığından dolayı yatırım döngü süreleri yazar tarafından uyarlanmıştır.

Tablo 16'da yer alan zaman ölçekleri şu şekilde gruplandırılmıştır: D1, D2 ve D3; kısa vadeli, D4 ve D5 orta vadeli; D6, D7 ve Sg ise uzun vadeli yatırım ufuklarıdır. Bu

tür bir gruplandırma kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufkuna sahip yatırımcıların davranışlarının farklı yatırım ufuklarına (zaman ölçeklerine) göre nasıl değiştiğini gözlemlemek için yapılmıştır. Kısa vadeli (D1, D2 ve D3), (2-16) günlük zaman ölçeğinde meydana gelen şoklardan kaynaklanan kısa vadeli değişiklikleri temsil etmektedir. Günlük ve haftalık yayımları kapsamaktadır. Orta vadeli (D4 ve D5), (32-64) günlük zaman ölçeğindeki orta vadeli değişimleri temsil etmekte ve aylık ile iki aylık yayımları kapsamaktadır. Son olarak, uzun vadeli (D6, D7 ve S7) (64-128) günlük ve daha uzun zaman ölçeğindeki uzun dönemli değişimleri temsil etmektedir ve yıllık yayımları kapsamaktadır (Uyar ve Kangallı Uyar, 2021: 319).

Şekil 52’de Bitcoin getiri serisinin Maksimum Örtüşmeli Ayrık Wavelet Dönüşümü (MODWT) kullanılarak filtreleme (ayırıştırma) işlemi gösterilmektedir. Bu Bitcoin kripto para birimine ait getiri serileri $J = 7$ ’nci ölçeğe kadar ölçeklendirilmiştir. Her ne kadar ölçek uzunluğunu maksimum 11’nci ölçeğe kadar çıkarmak mümkün olsa da ($\log_2(2517) \approx 11.2974$ olduğu için) verinin ayrıntı düzeyinden ödün vermeden en dengeli ve uygun bilgiyi elde etmek için 7’nci ölçeğe kadar filtreleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bitcoin getiri ve ölçek getirilerine ilişkin detaylar şu şekilde açıklanmıştır:



Şekil 52. Bitcoin (BTC) için Getiri ve Farklı Zaman Ölçek Getiri Serilerine İlişkin Grafikler; bu şekil, maksimum örtüşmeli ayrık wavelet dönüşümü (MODWT) kullanarak BTC'nin günlük serisinin 01/01/2017-22/11/2023 tarih aralığındaki verileri kullanarak çoklu ayrıştırma (multiresolution) analizini sunmaktadır. Y eksenleri getirilerin çok ölçekli davranışını (multiscale movement) göstermektedir. Seriler, $J = 1$ ile 7 ölçek düzeyinde (veya 2-128 günlük periyodunda) 7 uzunluğunda Daubechies wavelet filtresi kullanılarak ayrıştırılmıştır. Periyodik sınır koşulu uç noktadaki wavelet katsayıları için bir çözüm olarak uygulanmıştır.

Şekil 52’de yer alan Bitcoin için getiri ve farklı yatırım ufuklarının getirilerine ilişkin grafikler incelenmiştir. Grafiklere ilk olarak bakıldığında büyük bir volatilitenin olduğu gözlemlenmektedir. Grafik, Nisan 2017 yılından Haziran 2018 tarihine kadar bu aşırı varyasyonla birlikte kısa, orta ve uzun vadeli ufukları kapsamaktadır. Bitcoin Kasım 2017 yılında ilk kez beş haneli rakamlara ulaşarak 10.000 doların üzerine çıkmıştır. 1 Aralık 2017 yılında ise CBOE ve Chicago Ticaret Borsası (CME) Bitcoin vadeli işlemlerini başlattıklarını duyurmuştur. Bu gelişme, yeni vadeli işlem sözleşmesinin kendilerini piyasadaki volatilitelerden korunmanın bir aracı olarak hareket edebileceğini düşünen çok sayıda spekülatif yatırımcı Bitcoin piyasasının yükselmesine neden olmuştur. Corbet vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada, Bitcoin vadeli işlemlerinin Bitcoin’in değerini istikrara kavuşturma konusunda olumlu bir etkisi olmadığını, zira finansal türev piyasaya sürülmesinden sonra spot volatilitenin arttığını öne sürmüşlerdir. Bu doğrultuda bu gelişme Bitcoin talebinin beklentileri aştığını ve Bitcoin vadeli işlemlerinin gerçek amaçları açısından gereksiz hale geldiğini ima etmektedir. 2013 yılında meydana gelen ilk büyük rallinin ardından, bu güçlü kripto para birimi için 2017 yılında ikinci ralli gerçekleşmiştir. Dolayısıyla Bitcoin’in getirileri incelendiğinde en yüksek değeri 2017 yılının aralık ayının sonlarına doğru denk gelen 352. Gözlemin (veri setinin) civarında olduğu görülmektedir. Yine Bitcoin getirilerine ilişkin Ocak 2018 yılının ortasında başlayan ve Kasım 2018 tarihine kadar devam eden ciddi bir düşüş gerçekleşmiştir ve ardından kalıcı bir volatilitite dalgası devam etmiştir.

Aralık 2019 yılının ortalarında Çin’in Wuhan şehrinde meydana gelen COVID-19 salgının Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 31 Aralık 2019 yılında olağanüstü yaşanan salgın olarak bildirilmiştir. 2020 yılının ocak ve şubat aylarında belirgin bir bilgi akışı sağlanmasıyla birlikte mart ayında Bitcoin belirgin bir ayı piyasasına hızlı bir giriş yaparken, uluslararası piyasalarda da önemli bir güç dengesizliği ortaya çıkmıştır. 11 Mart 2020 tarihinde DSÖ koronavirüsün resmi olarak bir salgına dönüştüğünü duyurmuş; dünyada COVID-19 salgınının uluslararası yayılımına dair günlük haber akışları başlamıştır. Bununla birlikte 13 Mart tarihinde ABD yönetiminin ulusal acil durum ve seyahat yasağı gibi önlemleri içeren duyurusuyla birlikte birçok ülkede karantina uygulanmak üzere yasal düzenlemelere gidilmiştir. Dünya çapındaki bu gelişmeler nedeniyle Bitcoin yatırımcıları Bitcoin’lerini açığa satmaya başlamış ve bunun sonucunda ay içinde değerinin yaklaşık olarak 5.000 dolara kadar düşmesine neden olmuştur.

Piyasa yapıcıları, uluslararası ortam hakkında karamsarlığa kapılmalarına, yüksek oranda gerçekleşen ölüm sayısı ve işten çıkarmalar ile ilgili süregelen haber akışları sebebiyle kripto para piyasasında bir gerileme olacağını öngörmüşlerdir. Dolayısıyla mart ayı boyunca Bitcoin'deki dalgalanma devam etmiş ancak nisan ayı itibariyle kademeli olarak stabil kalmaya devam etmiştir. Mayıs 2020'de ise dengelenmeye başlayan Bitcoin piyasasında, üçüncü büyük boğa piyasasına gireceği Ekim 2020 tarihine kadar önemli bir dalgalanma yaşanmamıştır. Bu dönemde finans piyasalarında büyük kuruluşların kripto para yatırımlarına yönelik nakit akışı gözlemlenmiştir.

2020 Ekim ayı ortalarında, PayPal bir basın duyurusunda, şirketin FinTech firması Paxos ile stratejik bir ortaklık kurduğunu duyurmuştur (Browne, 2020). Ortaklık, öncelikle sunucusunda Bitcoin, Bitcoin Cash, Ethereum ve Litecoin sunarak PayPal'ın geniş tüketici tabanına bir kripto para birimi hizmeti sağlayacaktır. Dahası PayPal, ağdaki kullanıcıların gerçek satın alımlar yapmak için kripto para birimlerini benimseyebileceğini iddia etmiştir. Aynı ay içinde, Block Inc. (daha önce Square Inc. olarak bilinen bir ödeme platformu), *"Bitcoin'in gelecekte daha yaygın bir para birimi olma potansiyeline sahip olduğunu"* iddia ederek Bitcoin'e 50 milyon dolarlık yatırım yaptıklarını duyurmuştur (Effron, 2020). Yatırımcılar, bu iki şirketin ödemelerin geleceği için büyük Bitcoin alımları yaptığını fark etmişlerdir. Bu da Bitcoin'e olan talebin artmasına neden olacağı anlamına gelmekteydi. Dolayısıyla yatırımcılar anormal kazançları kaçırmaktan korktukları için yükseliş dönemi başlamıştır. Bu da bir sürü davranışının bir işareti olarak değerlendirilebilir. Sonuç olarak, Bitcoin 2020 yılı Aralık ayının ortasında 20.000 doları aşarak büyük bir boğa piyasasına girmiş ve bu süreç bir sonraki yıla kadar devam etmiştir. 8 Şubat 2021 tarihinde Tesla şirketi, Bitcoin'e 1,5 milyar dolarlık yatırım yaptıklarını ve tüketicilerden ödeme olarak kabul etmek için protokoller hazırladıklarını duyurmuştur (Kovach, 2021). Ancak Tesla şirketinin enerji tüketimi endişeleri nedeniyle kripto ödemelerini aniden durdurması ve Çin'in sınırları içinde yasadışı kripto para madenciliği/ticareti ile mücadele etme girişimini ilan etmesi, kripto para piyasasını olumsuz etkilemiştir (Wilson, 2021).

Bu olaylardan tedirgin olan yatırımcıların Bitcoin piyasasından erken çıkmaya başlaması bu piyasada düşüşü yeniden başlatmıştır. Bu gelişmeler aşırı bir volatiliteye neden olmuş ve tüm yatırım ufuklarında türbülansı ortaya çıkarmıştır. Özellikle 2021 yılı, Bitcoin'in Nisan ayında 60.000 doları aştığı ve ardından temmuz ayında değerinin yarıya kadar düştüğü ve Kasım ayında 67.000 doları aşarak rekorunu tekrar kırdığı bir yıl

olmuştur. Ancak 26 Kasım 2021 yılında COVID-19 salgınının yeni bir varyantı olan Omicron'un ortaya çıkmasıyla birlikte (Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri, 2022) buna paralel olarak Bitcoin fiyatları tekrar düşmeye başlamış ve süreç 2022 yılının Ocak ayı ortasına kadar devam etmiştir. Virüsün yeniden ortaya çıkması, yatırımcıları genel olarak yükselen faiz oranları, enflasyon ve işsizlik konusunda daha az iyimser olmaya itmiş ve piyasaların düşüş eğilimine girmesine neden olmuş olabilir. Rusya-Ukrayna savaşının daha da ilerlemesi ve Rusya'nın Şubat 2022 sonunda büyük bir işgale girişmesiyle küresel piyasalar daha da olumsuz etkilenmeye başlamıştır. Bu olaylar küresel olarak sadece Bitcoin'i değil, tüm finans piyasalarını etkilemiş olsa da kriptoya özgü olaylar da tespit edilebilir. Örneğin, Haziran 2022'de iflas başvurusunda bulunan en büyük kripto para hedge fonu olan Three Arrows Capital (3AC), finansal çöküşünü yaşamıştır. 3AC'nin ana yatırım odaklarından biri olan TerraUSD ve Luna'nın mayıs ayındaki değer kaybını takiben, fonun tasfiyesi gerçekleşmiştir. Bu dijital varlık coinlerin değersizleşmesi, 3AC'nin kredilerini geri ödemekte veya teminat çağrılarını karşılamakta başarısız olmasına neden olmuştur. Bu milyarlarca dolarlık şirketin dijital varlık portföyleri alanındaki uzmanlığındaki çöküşü, kripto piyasalarında genel bir şok dalgasına neden olmuş ve muhtemelen Bitcoin'in 2022'nin ilk yarısındaki değer kaybının ana tetikleyicisi olmuştur. Bununla birlikte, Bitcoin düşüşten sonra 20.000 ila 30.000 dolar arasında sabit bir bantta kalmadan önce 30.000 ila 40.000 dolar arasında ılımlı bir şekilde dalgalanmıştır. Genel olarak Bitcoin önemli bir dalgalanma sergilemektedir. Çoklu fraktallık sergilemekle birlikte, bu dalgalananların Bitcoin'in kendine benzer fraktallardan ziyade; kendine benzeyen fraktallar sergilediğini göstermektedir. Fiyat keşfi, Bitcoin yatırımcılarının kurumsal yatırımcılar, piyasa yapıcılar, hükümetler ve pandemi geçişiyle ilgili haberlerden büyük ölçüde etkilendiğini ortaya koymaktadır. Görüldüğü üzere Bitcoin'in doğasında önemli ölçüde koşulsuz oynaklık bulunmaktadır.

Dolayısıyla, Bitcoin getirilerinin çeşitli yatırım perspektiflerinde fraktal dinamikler sergilediği ifade edilebilir. Kasım 2018 yılından itibaren yaklaşık 250 günde bir tekrarlanan ve zaman içinde döngüsel bir yapı gösteren önemli dalgalanma modelleri ortaya çıkmaktadır. Bu tekrarlanan modeller dikey bir şekilde genişlerken, zamanla daha uzun vadeli bir perspektife yayılmaktadır; bu durum, volatilité fraktallarının benzerlik göstermek yerine; kendi benzerliğini geliştirdiğini göstermektedir. Temelde, Bitcoin'in piyasa rejimleri arasındaki geçişler geçici olabilir, ancak kalıcılık her rejimde birbirini takip eden şekilde güçlenmektedir. Bu olguya muhtemelen işlemlerini takvim olaylarına

göre mevsimsel olarak zamanlayan yatırımcılar ve istikrarsız dönemlerde aktif ve pasif yatırımcılar arasındaki dengesiz yatırım ufuk değişikliğe neden olabilir (Al Guindy, 2021; Białkowski, 2020).

Bu açıklamalardan sonra Bitcoin'in hem getiri serilerine hem de D1 (2-4 günlük) ölçeğindeki getirilerine bakıldığında, en yüksek nokta ve en düşük noktanın 2020 yılının Mart ayı ortasına denk gelen 1404. gözlemin (veri setinin) civarında bir yerde meydana geldiği ve ardından kalıcı bir volatilité dalgasının geldiği görülmektedir. Bu şokun temel sebebi olarak Bitcoin'in getirilerinin dünya genelinde meydana gelen COVID-19 salgının başladığı dönemdeki, karantina, ölüm sayısı, piyasalardaki belirsizlik, merkez bankalarının açıklamaları ve benzeri haberlerden etkilendiğini söylemek mümkündür. Bitcoin'in getirileri Haziran 2018'den 2019'un başına kadar sabit kalmıştır. Kısa vadeli ölçek getiriler aynı zamanda Bitcoin'in 1400. gözlemden Ekim 2020 yılında başlayan üçüncü boğa piyasasına girdiğini göstermektedir.

Her iki boğa piyasasının da orta vadeli ölçeklerde (D4 16-32 günlük ve D5 32-64 günlük) bir miktar kalıcılık gösterdiği görülmektedir. Her ne kadar uzun vadeli ölçekler (D6 64-128 günlük ve D7 128-256 günlük) bu olayları gösterse de genlikler önemli ölçüde azalmıştır; bu da Bitcoin getirileri üzerindeki etkilerin üç aylık ve altı aylık merceklerden minimum düzeyde olduğunu göstermektedir. Bitcoin'in getirilerinin yıllık döngüler gösterdiği aşikârdır. Bu döngüler, düşük frekans eğilimleri nedeniyle uzun hafızanın varlığına işaret etmektedir. Üstelik MODWT, Bitcoin'in getirilerinin farklı piyasa koşullarındaki kalıcı dalgalanmaları gerçekten ortaya çıkardığını göstermektedir; özünde, küçük salınımların birlikte hareket ettiği dönemleri ve aynı şekilde büyük salınım dönemleri gözlemlenmektedir. Dolayısıyla Bitcoin'in tanımlayıcı verilerden tanımlanan sivri ve kalın kuyruklu dağılımı, MODWT filtreleme yaklaşımından kendine benzeyen ve kendine yakın fraktallar ile karıştırılarak, Bitcoin'in multifraktal volatilitéye sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Finansal piyasa getirilerinin bağımsız olmadığı ve homojen bir dağılıma sahip olduğu varsayımıyla, piyasa yapılarını ve dinamiklerini analiz etmek için parametrik olmayan bir araç kullanılması gerekmektedir. Bu bağlamda, Hurst (1956) tarafından geliştirilen Yeniden Ölçeklendirilmiş Aralık (Rescaled Range-R/S), önemli bir parametrik olmayan analiz yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Rastgele ve rastgele olmayan seriler arasındaki ayrımı gerçekleştirme kabiliyeti, bir eğilimin devamlılığını belirleme ve döngülerin varlığını ve süresini ayırt etme konusunda önemli bir araç sunmaktadır

(Peters, 2015). Bariviera ve diğerleri (2017), Bitcoin piyasasının bilgi etkinliğini analiz ederek, R/S yönteminin uzun hafıza özelliklerini belirleme eğiliminde olduğunu, ancak DFA yönteminin zaman içindeki bilgi etkinliğindeki değişiklikleri daha hassas bir şekilde ayırt edebildiğini ve günlük getirilerin kalıcı bir davranış sergilediğini ortaya koymuştur. R/S analizi yöntemi Hurst üstelinin (H) katsayısını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Önemli bir nokta olarak belirtilmelidir ki R/S analizinin temel değerlerin normal şekilde dağılmasını gerektirmediğini, yalnızca bağımsız olmasını gerektirdiğini belirtmek önemlidir. Bu yüzden, R/S analiz yönteminde uzun hafızanın varlığı ya da yokluğunu tespit edebilmek için kullanılan referans aralıklar şu şekildedir: $0 < H < 0,50$ arasındaki H, ortalamaya dönüşlü süreci ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle Hurst parametresinin 0,50 değerinin altında tahmin edilmesi durumunda etkin piyasa hipotezinin varlığının tamamen reddedileceği gösterilmiştir (Mulligan, 2004). Hurst üstelinin katsayısı $0,50 < H < 1$ H uzun hafızanın varlığını göstermektedir, bu da fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. $H = 0,50$ durumunda ise rassal yürüyüş söz konusudur. Ayrıca aşağıdaki Tablo 17’de serilerin fraktal gruplandırılması özetlenmiştir.

Tablo 17. Serilerin Fraktal Gruplandırılması¹⁹

Davranış Biçimi	Renk Ölçeği	Hurst Üsteli Aralığı
Devamlılığı olmayan, ortalamadan sapan, negatif otokorelasyona sahip	Pembe Gürültü	$0 < H < 0,50$
Normal Dağılım (Gaussian Süreci)	Beyaz Gürültü	$H \equiv 0,50$
Brownian Hareketi (Wiener Süreci)	Kahverengi Gürültü	$H \equiv 0,50$
Devamlı, Trend Pekiştiren, (Hurst Süreci)	Siyah Gürültü	$0,50 < H < 1$
Cauchy Dağılımı (Cauchy Süreci)	Cauchy Gürültü	$H \equiv 1$

Kaynak: Mulligan (2004:158).

Bu çalışmada, kripto para piyasasındaki önemli varlıklar olan Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin araştırma kapsamına alınmıştır. Söz konusu kripto paraların getirileri ve kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına ilişkin veriler, kripto para piyasaların işleyişi ve davranışları hakkında derinlemesine bir anlayış sağlamak amacıyla EPH ve FPH’yi test etmek için kullanılmıştır. Bu analizlerde, Hurst (1951) tarafından geliştirilen ve zaman serisi verilerinde uzun dönemli hafıza özelliklerini tespit etmeye yardımcı olan Hurst Üsteli katsayısı ve R/S analizi yöntemi uygulanmıştır. Bu kapsamlı

¹⁹ Bu Tablonun burada verilmesinin nedeni; Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Binance Coin kripto para birimlerine ilişkin getiri ve yatırım ufuklarındaki getirilere ait Hurst üsteli katsayılarının yorumlanması ve değerlendirilmesi Tablo da yer alan aralıklara göre yapılmasıdır.

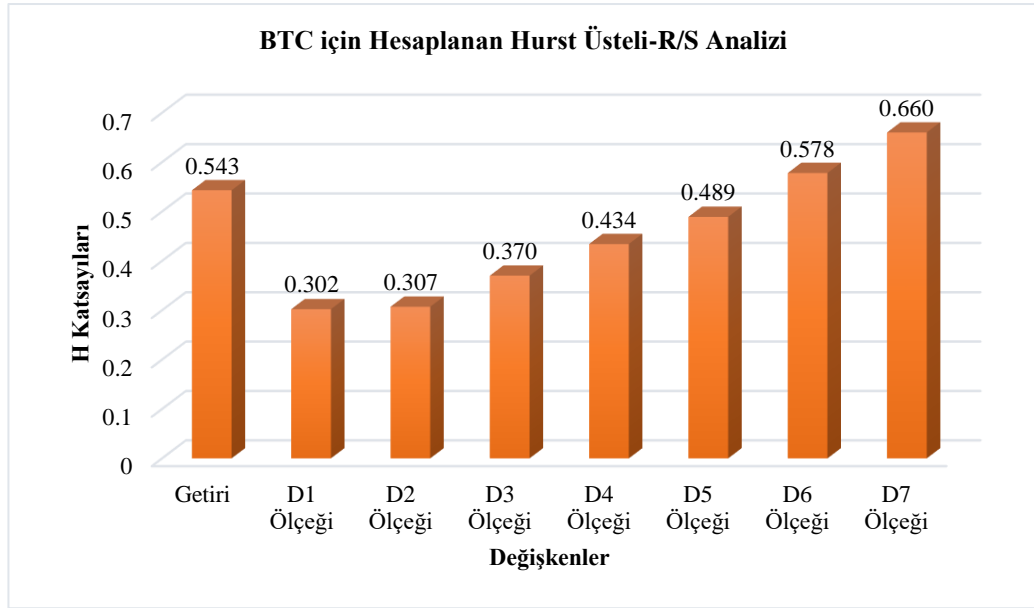
çalışmada, her bir kripto para birimi için yapılan detaylı analizler, farklı yatırım ufuklarına göre getiri serilerinin Hurst üsteli (H) katsayıları ile hesaplanmıştır. Bu analiz yöntemi, kripto para piyasasının karmaşıklığını ve piyasa dinamiklerini daha iyi anlamak için kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar hem niceliksel hem de niteliksel bir bakış açısı sunmakta olup; Bitcoin kripto para birimine ilişkin hesaplanan Hurst üsteli; Tablo 18'de ayrıntılı olarak sunulmuş ve grafik olarak da Şekil 53'te daha anlaşılır bir biçimde detaylandırılmıştır.

Tablo 18. Bitcoin için Hesaplanan Hurst Üsteli- R/S Analizi Sonuçları

	Hesaplanan Hurst Üsteli (H)	
	R/S Analizi	Güven Aralıkları
Bitcoin Getiri	0.543	0.3979-0.5966 ^b
D1 Ölçeği	0.302 ^{***}	0.3684-0.6262 ^a
D2 Ölçeği	0.307 ^{***}	0.3684-0.6262 ^a
D3 Ölçeği	0.370	0.3979-0.5966 ^b
D4 Ölçeği	0.434	0.3979-0.5966 ^b
D5 Ölçeği	0.489	0.3979-0.5966 ^b
D6 Ölçeği	0.578	0.3979-0.5966 ^b
D7 Ölçeği	0.660 ^{***}	0.3979-0.5966 ^a

Not: tablo da yer alan farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölçek getirileri; (D1 = 2-4 günlük, D2 = 4-8 günlük, D3 = 8-16 günlük, D4 = 16-32günlük, D5 = 32-64 günlük, D6 = 64-128 günlük, D7, 128-256 günlük) olarak sınıflandırılmıştır. ***, **, ve * sembolleri 1% (0.3684-0.6262)^a, 5% (0.3979-0.5966)^b ve 10% (0.4137-0.5811)^c anlamlılık düzeylerindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. Hurst Üstelinin 1%, 5% ve 10% güven aralık değerleri Weron (2002)'den temin edilmiştir.

Bitcoin kripto para birimine ait getiri, (D1, D2, D3) kısa vadeli yatırım ufukları, (D4, D5) orta vadeli yatırım ufukları ve (D6 ve D7) uzun vadeli yatırım ufukları için hesaplanan Hurst üstelinin en düşük katsayısının 0.302 ile D1 kısa vadeli yatırım ufukundaki 2-4 günlük veride olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla D2 kısa vadeli yatırım ufku için 0.307 değeri, D3 kısa vadeli yatırım ufku için 0.370 değeri, D4 orta vadeli yatırım ufku için 0.434 değeri, D5 orta vadeli yatırım ufku için 0.489 değeri, Bitcoin getiri için 0.543 değeri, D6 uzun vadeli yatırım ufku için 0.578 değeri ve D7 uzun vadeli yatırım ufku için ise 0.660 değeri elde edilmiştir.



Şekil 53. BTC için Hesaplanan Hurst Üsteli Grafiği

Tablo 18’de ve Şekil 53’te yer alan sonuçlar incelendiğinde, Bitcoin kripto para birimine ait getiri, kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına göre hesaplanan Hurst üsteli katsayısı en düşük D1 kısa vadeli yatırım ufukundaki 2-4 günlük veride olduğu tespit edilmiştir. En yüksek Hurst üsteli değeri ise D7 uzun vadeli yatırım ufukundaki 128-256 günlük veride olduğu gözlemlenmiştir.

Teorik olarak Hurst üstelinin 1(bir) değerine yaklaşması durumunda serideki gürültü seviyesi azalmakta ve beklenen değerler Rassal Yürüyüş Hipotezi’nden uzaklaşmaktadır (Mulligan 2004). Bu bilgi doğrultusunda Bitcoin kripto para birimi için elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, Bitcoin getirisine ait hesaplanan Hurst üstelinin 0.543 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu bulgu etkin piyasa hipotezinin varsaydığı $H = 0.50$ değerinden farklıdır. Fraktal piyasa hipotezine göre Hurst üsteli katsayısının < 0.50 olması; seride devamlılığı olmayan, ortalamadan sapan, negatif otokorelasyona sahip yani seride kalıcı olmayan davranış sergilediğini ve ortalamaya dönüş süreci olduğunu, artışları/azalışları büyük olasılıkla artışların/azalışların izleyeceğini belirtmektedir. Diğer bir ifadeyle, Hurst katsayısının 0,50 değerinin altında tahmin edilmesi durumunda etkin piyasa hipotezinin varlığının tamamen reddedileceği ifade edilmiştir (Mulligan, 2004). Hurst üsteli > 0.50 ise serinin devamlı, trend pekiştiren kalıcı bir davranış sergilediğini, yani uzun hafızanın varlığından ve fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğunu söylemek mümkündür.

Buradan hareketle Bitcoin getiri değeri 0.543 ile 0.50 değerinden büyük olduğundan dolayı Bitcoin getirisinin etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi

etkin olmadığı, serinin rassal yürüyüş sergilemediği; ancak fraktal piyasa hipotezinde belirtildiği gibi kesikli Brownian süreci sergilediği ifade edilebilir. Ayrıca bulguya göre Bitcoin getirisinin devamlı, trend pekiştiren kalıcı bir davranış sergilediği; diğer bir ifadeyle uzun hafızanın varlığından bahsetmek mümkündür. Benzer şekilde D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları incelendiğinde, D6 Hurst değeri 0.578 ve D7 Hurst değeri 0.660 ile 0.50 değerinden büyük olduğu görülmektedir. D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları için piyasaya ulaşan bilgi şoklarının hiperbolik hızda elemine olduğu için geçmiş getiriler üzerinden gelecekteki getirilerin tahmin edilebileceği çıkarımında bulunulabilir. Bu sonuç, Bitcoin getirileri için uzun vadeli yatırım ufuklarında etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığı ve birbirlerini tekrarlayan trendler oluşturduğu için fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu şeklinde yorumlanabilir. Uzun vadeli yatırım ufuklarında Hurst katsayısı yani üstelinin bütün örneklemde yakın değerler alması kendine benzerlik (self-similarity) yani fraktallığa dair kanıtlar sunmaktadır.

Öte yandan, D1, D2 ve D3 kısa vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, D1 değeri 0.302, D2 değeri 0.307 ve D3 değeri 0.370 ile 0.50 değerinden küçük olduğu için Bitcoin getirilerinde etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin piyasa hipotezinin tamamen reddedildiği ve serilerin rassal yürüyüş sergilemediği görülmektedir. Benzer şekilde D4 ve D5 orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular incelendiğinde ise D4 değeri 0.434 ve D5 değeri 0.489 ile 0.50 değerinden küçük olduğundan dolayı Bitcoin getirilerinde etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin piyasa hipotezinin tamamen reddedildiği ve serilerin rassal seyir sergilemediği tespit edilmiştir. Hem kısa vadeli hem de orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bu bulguların etkin piyasa hipotezinin varsaydığı $H=0.50$ değerinden farklı olması Bitcoin getirilerinin kaotik bir yapı sergilediğini göstermektedir. Buradan yola çıkarak, yatırımcıların, piyasaya yeni gelen bilgiye, etkin bir piyasada olması gerekenden daha fazla tepki vererek, keskin ve yüksek dalgalanmalara sebebiyet verebileceğini ifade etmek mümkün olabilir.

Özet olarak, Bitcoin'in getiri dinamiklerinin kaotik doğası ve yatırımcıların aşırı reaksiyonları, etkin piyasa hipotezinin kısıtlamalarını açığa çıkarmaktadır. Bu, piyasa fiyatlarında beklenmeyen ve şiddetli dalgalanmalara sebep olabilir ve yatırım risklerini yükseltebilir. Risk yönetimi için portföy çeşitliliği büyük ölçüde önem taşımaktadır. Çeşitlendirme, yatırımları farklı varlık sınıfları, coğrafi bölgeler ve sektörler arasında dağıtarak riski minimize etmeyi hedeflemektedir. Bitcoin'in kısa ve orta vadeli yatırım

perspektiflerinden yapılan analizi, piyasa zamanlamasının zorluklarını ve yüksek volatilitenin beraberinde getirdiği riskleri göstermektedir. Bu bağlamda, yatırımcıların portföylerini özenle çeşitlendirmeleri ve Bitcoin'in piyasa koşullarına uygun stratejilere göre tercih edilebilir. Bu yöntemler, daha sağlıklı yatırım kararları alınmasını ve böylece, piyasa anormalliklerine karşı koruma sağlayabilir.

Kripto para piyasasında, zaman içinde değişen oynaklığın ve şokların oynaklığa karşı kalıcılığına yönelik modellerin uygulanmasında, kısa ve uzun hafıza modelleri kritik bir rol oynamaktadır. Bu modeller, finansal zaman serilerinin karmaşık doğasını ve özellikle kripto para piyasalarının aşırı dalgalanma eğilimini daha iyi anlamak için kullanılmaktadır. Kısa hafıza modellerinin genellikle oynaklık dinamiklerinin kısa süreli etkilerini yakalamada başarılı olduğu ifade edilebilir. Örneğin, GARCH modeli, geçmiş dönemlerin oynaklığına dayalı olarak mevcut dönemin oynaklık modellenmesi gerçekleştirmektedir. Bu model, kripto para piyasalarında kısa vadeli fiyat hareketlerinin oynaklık üzerindeki etkisini analiz etmek için sıkça tercih edilmektedir.

Uzun hafıza modelleri ise finansal zaman serilerinde uzun vadeli bağımlılıkları ve trendleri yakalamak için tasarlanmıştır. Özellikle kripto para piyasalarında, uzun hafıza modelleri, uzun dönemli eğilimleri ve piyasa döngülerini anlamada önemlidir. Örneğin, FIGARCH modeli, kripto para fiyat hareketlerinin uzun hafıza özelliklerini modellemek için kullanılmaktadır. Bu bağlamda, kripto para piyasalarının analizinde hem kısa hem de uzun hafıza modelleri, piyasanın oynaklık yapısını daha kapsamlı bir şekilde anlamak için birlikte kullanılabilir. Bu modellerin entegre edilmesi, kripto para piyasalarındaki volatil yapıyı, şokların etkilerini ve piyasa davranışlarını zaman içerisinde nasıl değiştirdiğini daha derinlemesine incelemeye olanak tanımaktadır.

Kripto para piyasalarındaki oynaklık, geleneksel finansal piyasalardan farklı dinamiklere sahip olabilir. Bu nedenle, bu piyasalara özgü risk yönetimi ve yatırım stratejilerinin geliştirilmesi için kısa ve uzun hafıza modellerinin uygulamaları ve modellemeleri önem taşıyabilir. Bu modellerin kullanımı, yatırımcıların ve piyasa analistlerinin, kripto para piyasalarının kendine has özelliklerini ve risk profillerini daha iyi anlamalarına yardımcı olabilir. Bitcoin için farklı yatırım ufuklarına göre volatilité modelleme sonuçları ise Tablo 19'de verilmiştir.

Tablo 19. Bitcoin için Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Volatilite Modelleme Sonuçları

	BTC-Getiri	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
En Uygun Volatilite Modeli	HYGARCH (1,d,1)	AR(1) MA(1) C-GARCH (1,1)	C-GARCH (1,1)	AR(1) GARCH-M (1,1)	AR(1) MA(1) GARCH (1,1)	AR(1) MA(1) GARCH (1,1)	AR(1) FIGARCH (1,d,1)	ARMA (1,1) FIGARCH (1,d,1)
Ortalama Denklem								
Sabit (c)	0.001162 (0.00045224)**	9.06e-09 (2.07e-07)	1.52e-05 (0.000220)	-0.020387 (0.002012)***	7.96e-05 (0.000651)	-0.000888 (0.001043)	0.118386 (0.74723)	0.113983 (0.007925)***
AR	-	-0.493505 (0.0119438)***	-	0.826489 (0.010019)***	0.927651 (0.007298)***	0.986310 (0.001890)***	0.999069 (0.0060204)***	0.9996008 (0.9478e-00)***
MA	-	-0.998978 (0.000476)***	-	-	0.999275 (0.000443)***	0.998898 (0.000299)***	-	0.967708 (0.003214)***
Varyans Denklem								
Sabit (ω)	-0.060869 (0.18434)	0.011282 (0.023788)	0.036116 (0.026355)***	5.94e-06 (5.01e-07)***	7.10e-08 (1.28e-08)***	2.81e-08 (2.37e-09)***	0.085982 (0.049328)*	0.347665 (0.139680)**
d-Figarch	0.614177 (0.13830)***	-	-	-	-	-	0.733670 (0.050443)***	0.832334 (0.025514)***
ARCH (α)	0.344742 (0.085068)***	0.113867 (0.023601)***	0.112865 (0.042401)***	0.648055 (0.037057)***	0.248612 (0.020794)***	0.593614 (0.036564)***	0.533356 (0.12439)***	0.102953 (0.017328)***
GARCH(β)	0.826760 (0.066608)***	0.552241 (0.071324)***	0.646333 (0.046807)***	0.379450 (0.018769)***	0.739983 (0.017795)***	0.309394 (0.025707)***	0.277347 (0.16687)*	0.040838 (0.021817)*
C-GARCH(ρ)	-	0.999847 (0.000329)***	0.999950 (5.10e-15)***	-	-	-	-	-
C-GARCH(θ)	-	0.225272 (0.034579)***	0.267109 (0.041138)***	-	-	-	-	-
GARCH-M	-	-	-	-1.172661 (0.025294)***	-	-	-	-
Log (α)	0.126340 (0.070794)*	-	-	-	-	-	-	-
AIC	-3.978168	-5.967514	-5.466327	-7.255935	-10.25342	-12.65830	-13.602058	-17.289134
SIC	-3.961952	-5.946658	-5.450111	-7.239714	-10.23720	-12.64208	-13.585842	-17.268284
HQ	-3.972283	-5.959945	-5.460442	-7.250048	-10.24753	-12.65241	-13.596172	-17.281567
Log-Likelihood	5013.525	7516.133	7886.373	9134.966	12905.80	15931.140	17125.189	21767.375

Not: Tablo da yer alan farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölççek getirileri; (D1 = 2-4 günlük, D2 = 4-8 günlük, D3 = 8-16 günlük, D4 = 16-32günlük, D5 = 32-64 günlük, D6 = 64-128 günlük, D7, 128-256 günlük) olarak sınıflandırılmıştır. ***, **, ve * sembolleri 1%, 5% ve 10% anlamlılık düzeylerindeki istatistiksel anlamlılığı ve () ise standart hataları göstermektedir.

Tablo 19’ de Bitcoin için getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre getirilerinin volatilité modellerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Bitcoin için en uygun model ile hem kısa hafıza hem de uzun hafıza varlığının yanı sıra EPH ve FPH’nin geçerliliğini test etmek için p, q aralıklarında ARCH, GARCH, EGARCH, T-GARCH, GJR-GARCH, C-GARCH, APARCH, GARCH-M, HYGACH, FIGARCH, FIAPARCH ve FIEGARCH modelleri ($p, q = 0, 1, 2$) tahmin edilmiş ve Log-Likelihood ve AIC, SIC ve HQ bilgi kriterlerine göre en uygun volatilité modelleri elde edilmiştir. Tablo 19’da yer alan α ve β sırasıyla ARCH ve GARCH terimlerinin katsayılarıdır. Burada α kripto para piyasasındaki herhangi bir şoka veya habere verilen tepkiyi tahmin eden ARCH etkisini temsil etmektedir. β ise volatilitenin kalıcılığını tanımlayan GARCH etkisini ifade etmektedir. Yüksek ARCH katsayısı (α) volatilitenin gelen haberlere duyarlılığının daha yüksek olduğunu, yüksek GARCH (β) katsayısı ise volatilitenin kalıcılığının yüksek olduğunu ve volatilitenin etkisinin daha yavaş yok olduğunu ifade etmektedir. GARCH modelinde yalnızca α ve β ’nin toplamının 1 (bir)’den küçük olması beklenmektedir. Component GARCH (1, 1) modeli, finansal zaman serilerinin volatilitésinin modellenmesinde kullanılan bir yöntemdir ve volatilitéyi kalıcı (uzun vadeli) ve geçici (kısa vadeli) bileşenlere ayırmaktadır. Teta (θ) ve rho (ρ) C-GARCH (Component GARCH) parametresini ifade ederken, “ d ” ise uzun hafıza parametresini göstermektedir. “ d ” uzun hafıza parametresi (Tablo 9)’da yer alan değer aralıklarına göre yorumlanmıştır. Bu parametre, “3.7. Finansal Zaman Serilerinde Otokorelasyon” ve “3.8. Finansal Zaman Serilerinde Değişen Varyans” başlıkları altında açıklandığı için burada yer verilmemiştir.

Analiz sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, Bitcoin getirisi için en uygun volatilité modelinin HYGACH (1, d , 1) olduğu tespit edilmiştir. Bu bulguya göre, Bitcoin kripto para birimine ait uzun hafızanın varlığını gösteren “ d ” parametresinin 0.614177 değerini alarak %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkması, Bitcoin getirisinin güçlü bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Uzun hafıza özelliğinin olması, Bitcoin piyasasındaki cari fiyatların geçmiş gözlemler ile pozitif bağımlılık sergilediğini yani fiyat hareketlerinin geçmişteki trendlerden etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca, volatilitenin geçmiş bilgi şoklarının uzun vadeli etkilerinin sonucu olduğunu ve bu etkilerin zamanla hiperbolik hızda azaldığını ifade etmektedir. Dolayısıyla Bitcoin piyasasına giren bilgi şoklarının yavaş yavaş elimine olması, Bitcoin getirilerine ait geçmiş getiriler yardımıyla geleceğe ilişkin

getirilerinin tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir. Tabloda yer alan α ve β katsayıların pozitif ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. α katsayısının 0.344742 değeri aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Bitcoin getirisine gelen bilgi şoklarının %34'nün geçmiş dönemden kaynaklandığı söylemek mümkündür. Öte yandan, β katsayısının 0.826760 değeri aldığı gözlemlenmektedir. Bu değere göre bir önceki dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemi etkilediği ifade edilebilir. Mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasaya ulaşan bilgi şoklarından kaynaklandığı söylenebilir. Bu sonuçlara göre Bitcoin kripto para biriminin volatil bir yapıya sahip olduğu ve yüksek volatilitate dönemlerinin yüksek volatilitate dönemlerini, düşük volatilitate dönemlerinin düşük volatilitate dönemlerini takip ettiğini göstermektedir. Ayrıca HYGARCH (1, d , 1) modelinde yer alan $\text{Log}(\alpha)$ değerinin $0.126340 < 1$ olması, modelin kısa dönemli volatilitateye ilişkin tepkinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, piyasa şoklarının kısa vadede volatilitate üzerinde önemli etkiler yaratmasına rağmen; bu etkilerin zamanla azalacağını ve uzun hafızanın daha baskın bir rol oynayacağına işaret etmektedir. Dolayısıyla Bitcoin getirileri için etkin piyasa hipotezinin ihlal edilebileceği ve fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu söylenebilir.

Kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufukları için en uygun volatilitate modeli ise şu şekildedir: D1 kısa vadeli yatırım ufku için en uygun volatilitate modeli; AR(1), MA(1) ve C- GARCH(1,1) modelleridir. D2 kısa vadeli yatırım ufku için en uygun volatilitate modelinin C-GARCH olduğu tespit edilmiştir. Kurulan C- GARCH (1, 1) modellerinde, θ katsayısı 0 ile 1 arasında olduğu için kısa ve uzun dönemli volatilitate bileşenleri arasındaki etkileşimi göstermekte ve varyansın birbirine yakınsadığını göstermektedir. α , β ve θ katsayıları %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. θ katsayısı sırasıyla 0.225272 ve 0.267109 olması, 2-4 günlük ve 4-8 günlük getirilerinde volatilitenin kalıcı bileşeninin var olduğu ancak bu bileşenin toplam volatilitate içinde orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Bu, Bitcoin piyasa şoklarının uzun vadeli volatilitate üzerinde bir etkisinin olduğu, ancak bu etkinin toplam volatilitate içinde egemen olmadığını göstermektedir. Ayrıca, bu getirilerde θ 'nın pozitif bir değer alması, kısa vadeli volatilitate artışının uzun vadeli volatilitate bileşenini arttırıcı bir etki yarattığını göstermektedir. Bu, Bitcoin piyasa şoklarının ve kısa vadeli oynaklığın, uzun vadeli volatilitateyi yükselttiği anlamına gelmektedir. Kısa vadeli volatilitenin yükselmesi durumunda, bu artışın uzun vadeli volatilitateyi de arttırarak kümülatif risk etkisi oluşturduğunu gösterebilir. Bu durum yatırımcıların ve piyasa katılımcılarının kısa vadeli

volatilite artışlarına uzun vadede daha duyarlı tepki verdiğini gösterebilir. Bu, piyasa katılımcılarının kısa vadeli şoklara karşı hassas olduğunu ve bu şokların uzun vadeli risk algısını artırdığı şeklinde ifade edilebilir. Dolayısıyla, orta düzeyde bir kalıcı volatilite bileşeni, uzun vadeli risk tahminlerinde dikkate alınabilir. Aynı zamanda kısa vadeli piyasa hareketlerinin ve haberlerin volatilite üzerindeki etkileri de göz önünde bulundurulabilir.

D3 kısa vadeli yatırım ufku için ise kurulan GARCH-M modelinin katsayısının değeri -1.172661 ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı olması, 8-16 günlük yatırım ufku ile gelecek getiriler arasında bir ilişki olduğu göstermektedir. Bu durum, yüksek volatilitenin 8-16 günlük kısa vadeli yatırım ufkunun ortalama getirileri üzerinde negatif bir etki yarattığını göstermektedir. Bu sonuca göre yatırımcıların yüksek risk (yüksek volatilite) için daha düşük getiri bekledikleri anlamına gelebilir yani risk artışı nedeniyle yatırımcıların beklenen getirilerinin azalacağı söylenebilir ki bu da genellikle beklenen bir durum değildir. Finansal piyasalarda genellikle yüksek riskin yüksek getiri beklentisi ile ilişkilendirilmesi beklenmektedir.

D4 ve D5 orta vadeli yatırım ufukları için en uygun volatilite modeli; AR (1) MA(1) GARCH (1, 1) olduğu görülmektedir. Bu yatırım ufukları için elde edilen GARCH (1, 1) modelinin uygun gecikme oranlarına ve sabit varyans özelliklerine sahip olduğu görülmektedir. Bu modellerde α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı ve α katsayılarının sırasıyla 0.248612 ve 0.593614 değerleri aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Bitcoin getirisine gelen bilgi şoklarının %24 ve %59'unun geçmiş dönemin volatilitelerinden kaynaklandığını söylemek mümkündür. Öte yandan, β katsayılarının sırasıyla 0.739983 ve 0.309394 değerleri aldığı tespit edilmiştir. Bu değerlere göre bir önceki dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemi etkilediği ifade edilebilir ve mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklarından kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca α ve β katsayılarının toplamına bakıldığında ise kümülatif toplamının 0.988595 olarak hesaplandığı gözlemlenmektedir. Yani elde edilen bu bulgu 1(bir)'den küçüktür. Volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu, koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermektedir. Ancak 1(bir)'e oldukça yakın olması volatilitenin direnci hakkında da ipucu vermektedir.

Kısa ve orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, α ve β katsayılarının toplamı 1 (bir)'e yakın olması şokun dirençli

olduğu ve bu sonuçlara göre kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarına göre Bitcoin getirilerinin kaotik bir yapı sergilediği söylenebilir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında bilgi asimetrisinin oldukça yüksek olması ve bu yatırım ufuklarında önceki ortalamaya dönmemesi ve farklı bir ortalama oluşturması nedeniyle etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığı ve benzer şekilde kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında kendine benzerlik (self-similarity) göstermediği anlamına gelmektedir. Bu durum yatırımcıların piyasaya yeni giren bilgilere verdiği tepkilerin, etkin bir piyasa hipotezinde öngörülenden daha fazla olabileceği ve bu durumun belirgin ve büyük dalgalanmalara yol açabileceği öne sürülebilir. Bu durum, piyasa katılımcılarının, etkin piyasa hipotezinde varsayılan teorik denge davranışlarından saparak, volatilitiyi artırıcı tepkiler sergileme eğilimlerinde olabileceğini ifade etmektedir. Bu durumda risk seven yatırımcıların kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarını tercih edebileceği söylenebilir.

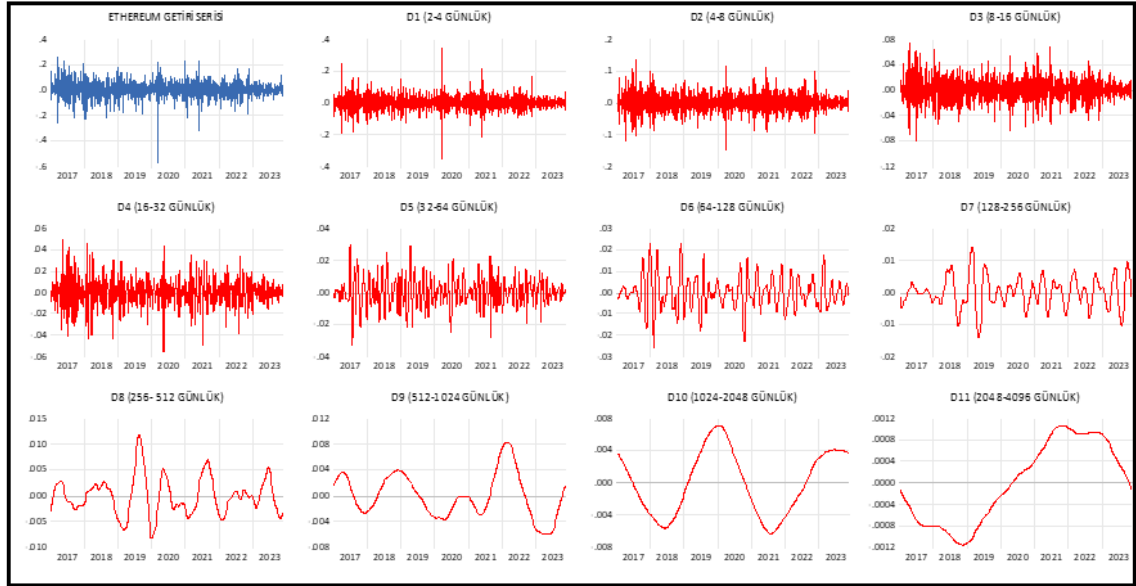
D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları incelendiğinde; en uygun modellerin AR(1) FIGARCH(1, d , 1) ve AR(1) MA(1) FIGARCH (1, d , 1) olduğu tespit edilmiştir. Bu bulguya göre Bitcoin için 64-128 günlük ve 128-256 günlük yatırım ufuklarına ait getirilerinin uzun hafıza varlığını gösteren “ d ” katsayılarının 0.733670 ve 0.832334 olduğu görülmekte ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. 64-128 günlük ve 128-256 günlük uzun vadeli yatırım ufuklarında Bitcoin getirilerinin güçlü bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Bu getirilerde uzun hafıza özelliği sonucuna varılması, cari dönemdeki fiyatların geçmiş gözlemler ile pozitif bağımlılık sergilediği söylenebilir. Diğer bir ifadeyle, fiyat hareketlerinin geçmişteki trendlerden etkilendiğini göstermektedir. Aynı zamanda volatilitenin geçmiş bilgi şoklarının uzun vadeli etkilerinin olduğunu ve bu etkilerinin yavaş yavaş elimine olması, bu yatırım ufuklarında Bitcoin getirilerine ait geçmiş getirilerden yararlanarak geleceğe ilişkin getirilerinin tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir. Ayrıca kurulan modellerde α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı olduğu; α katsayılarının sırasıyla 0.533356 ve 0.102953 değerleri aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Bitcoin getirisine gelen bilgi şoklarının 64-128 günlük yatırım ufku için %53 ve 128-256 günlük yatırım ufku için %59’unun geçmiş dönemden kaynaklandığını söylemek mümkündür. Öte yandan, β katsayılarının sırasıyla 0.277347 ve 0.040838 değerleri aldığı görülmektedir. Bu değerlere göre bir önceki dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemi etkilediği ifade edilebilir ve mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Bitcoin kripto

para biriminin volatil bir yapıya sahip olduğu ve etkin piyasa hipotezinin ihlal edilebileceği ve fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu söylenebilir. Bu da portföy yöneticilerin, araştırmacıların ve yatırımcıların 64-128 günlük ve 128-256 günlük yatırım ufuklarına göre geçmiş trendleri takip ederek yani geçmiş getirilerden yararlanarak gelecekteki getirileri tahmin edebileceklerini ifade etmektedir. Dolayısıyla risk sevmeyen veya nötr yatırımcıların uzun vadeli yatırım ufuklarına göre yatırım stratejilerini belirleyebilecekleri ve tercih edebilecekleri söylenebilir.

Bu sonuçlar; riskli seven portföy yöneticileri, araştırmacılar ve yatırımcıların etkili bir portföy çeşitlendirmesi için 2-4 günlük, 4-8 günlük ve 8-16 günlük kısa vadeli yatırım ufuklarına ve 16-32 günlük ve 32-64 günlük orta vadeli yatırım ufuklarına odaklanması gerektiğini göstermektedir. Diğer taraftan, riskli sevmeyen veya nötr portföy yöneticilerin, araştırmacıların ve yatırımcıların etkili bir portföy çeşitlenmesi için 64-128 günlük ve 128-256 günlük uzun vadeli yatırım ufuklarına odaklanması gerektiğini göstermektedir. Yatırımcılar kripto para piyasalarının volatilitesine karşı korunmak için uzun vadeli yatırım ufuklarına göre yatırım stratejileri benimseyebilir. Ayrıca, yatırımcıların Bitcoin'i portföyelerine eklemeleri risk yönetimi açısından faydalı olabileceği ve çeşitlendirmenin yararını arttıracığı düşünülmektedir. Bunun da kripto para piyasasındaki dalgalanmalara karşı daha uygun bir yaklaşım sağlayacağı söylenebilir.

3.12.2. Ethereum Analiz Sonuçları

Şekil 54'te Ethereum getiri serisinin Maksimum Örtüşmeli Ayrık Wavelet Dönüşümü (MODWT) kullanılarak filtreleme işlemi göstermektedir. Bu Ethereum kripto para birimine ait getiri serileri $J = 7$ 'nci ölçeğe kadar ölçeklendirilmiştir. Her ne kadar ölçek uzunluğunu maksimum 11'nci ölçeğe kadar çıkarmak mümkün olsa da ($\log_2(2517) \approx 11.2974$ olduğu için); verinin ayrıntı düzeyinden ödün vermeden en dengeli ve uygun bilgiyi elde etmek için 7'nci ölçeğe kadar filtreleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ethereum getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölçek getirilerine ilişkin detayları şu şekilde açıklanmıştır:



Şekil 54. Ethereum (ETH) için Getiri ve Farklı Zaman Ölçek Getiri Serilerine İlişkin Grafikler; bu şekil, maksimum örtüşmeli ayrık wavelet dönüşümü (MODWT) kullanarak ETH'nin günlük serisinin 01/01/2017- 22/11/2023 tarih aralığındaki verileri kullanarak çoklu ayrıştırma (multiresolution) analizini sunmaktadır. Y eksenleri getirilerin çok ölçekli davranışını (Multiscale movement) göstermektedir. Seriler, $J = 1$ ila 7 ölçek düzeyinde (veya 2-128 günlük periyodunda) 7 uzunluğunda Daubechies wavelet filtresi kullanılarak ayrıştırılmıştır. Periyodik sınır koşulu uç noktalarındaki wavelet katsayıları için bir çözüm olarak uygulanmıştır.

Grafikler incelendiğinde; ilk bakışta Ethereum getirilerinin Bitcoin getirilerine bir dereceye kadar benzediği gözlemlenmektedir. Bitcoin ile ilgili meydana gelen birçok gelişme, kripto para piyasasında özellikle de yatırım coinleri olanlarda volatilité yayılımlarına neden olabileceği olası senaryolara dönüşmüştür. Ethereum fiyat geçmişine bakıldığında ilk halka arzdan bu yana ve piyasa değeri açısından şüphesiz en büyük ikinci kripto para birimidir. Eğer kripto para yatırımcıları bir piyasa liderinin yani Bitcoin'in performansı konusunda iyimserlerse, daha fazla Ether²⁰ satın alarak büyük rakibine de aynı düzeyde güven duymalarının mantıklı olduğu söylenebilir. Ayrıca Ethereum, bir kripto para birimi olmasının ötesinde, işlemlerde akıllı sözleşme kabiliyeti sağlama konusunda benzersizliği ile de tanınmaktadır.

2017 yılının Mart ayında farklı blockchain girişimleri ve Accenture, JPMorgan Chase Bank ve Microsoft gibi büyük şirketlerden oluşan Enterprise Ethereum Alliance (EEA) adlı kâr amacı gütmeyen bir kuruluş kurulmuştur. EEA'nın amacı, üyeleri için günlük iş operasyonlarının bir parçası olarak Ethereum teknolojisinin benimsenmesi ve kullanılmasını teşvik etmektedir (Enterprise Ethereum Alliance, 2022). Bu kripto para birimine olan güven artmış ve Ethereum'un ilk boğa rallisiyle sonuçlanmıştır. Bu kripto para birimi, Ocak 2018 yılında her bir coin için yaklaşık olarak 1448 dolar ile zirve

²⁰ Ağ üzerinde alım satımı yapılan Ethereum coinlerine atıfta bulunmak için kullanılan bir kavramdır.

yaparak dört haneli rakamı aşmıştır. Bu dönemdeki talep, 2017 yılındaki Bitcoin vadeli işlemlerinin piyasaya sürülmesinin getirdiği ilgi ile birlikte benzer alım modellerini sergilemektedir. Ancak Enterprise Ethereum Alliance'ın (EEA) kurulması, Ethereum'un talebini Bitcoin'den ziyade sistemli bir şekilde etkilemiştir. Ethereum, Bitcoin'in ani bir düşüşe geçtiği ve yatırımcıların Ether'lerini açığa satış yapmak zorunda kaldığı 2018 yılının kripto para birimi çöküşünden etkilenmiştir. Bitcoin ve Ethereum fiyatları büyük ölçüde farklılık gösterse de aslında COVID-19 öncesi fiyat hareketlerinin çoğunlukla benzer olduğu ifade edilebilir. Bu olay, yatırımcıların Bitcoin'in güçlü performans gösterdiği dönemlerde diğer kripto piyasalarına katılmaya yönlendiren, ancak Bitcoin çalkantılı olduğunda temel unsurları dikkate almadan piyasadan çıkmaya ikna eden sürü davranışından kaynaklanabilir.

2019 yılında, Ethereum için genel bir istikrar dönemi olarak değerlendirilmekte ve bu dönemde Bitcoin boğa piyasasına giriş yaparken, Ethereum da ona uyumlu bir şekilde hareket etmekte ve fiyatı 100 ila 300 dolar arasında dalgalanmaktadır. Ayrıca Ethereum kısa vadeli sınırlı değişkenlikle karakterize edilmektedir. Ancak Mart 2020 tarihinde, DSÖ'nün pandemiye ilan etmesiyle birlikte Ether fiyatları hızla düşmüştür ve bu durum, Bitcoin'in aynı dönemde yaşadığı ani düşüşle benzerlik göstermiştir. Pandemi ve ilgili makroekonomik gelişmelerin, sadece Bitcoin'deki değil, aynı zamanda diğer kripto piyasalarındaki yatırımcıları da etkilediği açıkça görülmektedir. Ancak ETH'nin fiyatı, hızlı fiyat düşüşünden birkaç hafta sonra toparlanarak 2020 yılının ikinci çeyreğinde yeniden yükselmeye başlamış ve süreç hız kazanmıştır. Bu durum, 11 Mart 2020 tarihli 1167 gözlemde (veri setinin) farklı yatırım ufuklarına (kısa, orta ve uzun vadeli) göre değişkenliklerin belirgin olduğunu göstermektedir. Bitcoin vadeli işlem dönemini takip eden süreçte ise Ethereum'un getirilerinin dalgalı bir seyir izlediği açıkça görülmektedir. Bununla birlikte, örnekleme dönemi boyunca, volatilitenin kısa dönemden uzun döneme doğru artan ölçek boyutlarıyla sabit fraktallar sergilediği gözlenmektedir. Diğer bir deyişle, Ethereum getirileri, öncü kripto para biriminin getirilerine kıyasla daha fazla kendine benzerlik sergilemektedir. Bu olağanüstü durumun nedeni muhtemelen alım satımlarını takvim olaylarına göre mevsimsel olarak zamanlayan yatırımcılar veya Bitcoin'in kendine benzer davranışının aksine aktif ve pasif yatırımcılar arasında dengeli bir yatırım ufku değişimi ile ilgili olabilir.

1 Aralık 2020 tarihinde ise Beacon Chain (işaret zinciri)'nin resmi olarak devreye alındığı duyurulmuştur ve Ethereum'un resmi internet sayfasında ilan edilmiştir. Beacon

Chain, esasen Proof-of-work ile birlikte tasarlanmış bir prototip Proof-of-Stake blockchain'idir. Bu sistem, verimli enerji kullanımı ve çevre dostu olması nedeniyle zararlı iş kanıtının aksine kurulmuştur. Bu tarih, Ethereum'un ikinci büyük boğa piyasasının başlamasına neden olmuştur. Beacon Chain'in, orijinal zincirden gelen işlemleri kabul etmesi, bunları birkaç blok halinde paketlemesi ve konsensüs mekanizması kullanarak bir araya getirmesi için talimat verilmiştir. Önceki madencilerden oluşan bu konsensüsü oluşturanlar, sonunda yeni sistemde doğrulayıcılar haline gelmişlerdir. Doğrulayıcılar, yeni bloğu yazma şansını elde etmek ve dolayısıyla ödül olarak Ether almak umuduyla kendi Ether token'larını staking²¹ yapacaklardır.

2021 yılında *Değiştirilemez Tokenler (Non-Fungible Token-NFT)* ortaya çıkmış ve yükselmeye başlamışlardır. Bu tokenler tıpkı kripto para birimleri gibi değiştirilebilir, bölünebilir ve homojenlerdir. Bu da bu tokenleri normal itibari para ile eş anlamlı hale getirmektedir. Öte yandan, NFT'ler sanal bir varlığa bağlı olan ve blockchain'de söz konusu varlığın sahipliğini belirten benzersiz tokenlardır. Kripto para birimlerinden farklı olarak bu özel tokenler heterojen olduklarından dolayı karşılıklı olarak takas edilemezler. NFT alanında içerik yaratımı genellikle sanal sanat eserlerini, müziği ve hatta bir metaverse ağındaki sanal araziye (örneğin Next Earth) içermektedir. ERC-721, Ethereum ağında belirli bir standart arayüzdür ve kullanıcılara NFT'lerin alım ve satım yoluyla mülkiyetini devretmelerine ve gelişmiş akıllı sözleşme aracılığı ile bu mülkleri izlemelerine ve takip etmelerine olanak tanınmaktadır. Bu nedenle, NFT'ler Ethereum platformunda yaygın olarak alınıp satılmakta olup; bir NFT satın almak için öncelikle Ether cinsinden bir e-cüzdana sahip olmak gerekmektedir. 11 Mart 2021 tarihinde Christie's müzayede evi, Mike Winkelmann'ın "Everydays: the First 5000 Days" adlı ünlü sanal sanat eserini yaklaşık 69,3 milyon dolara satmış ve ödeme yalnızca Ether para biriminde kabul edilmiştir (Christie's, 2021).

NFT'lerin önemli satışları, Ether'e olan talebi artırmıştır ve bu yüzden sadece kripto para yatırımcıları değil, aynı zamanda NFT yatırımcıları da Ether'in fiyatını etkilemiştir. Ether, Ocak 2021'de hızla yükselmeye başlamış ve Mayıs ayında ilk kez 4.000 doların üzerine çıkmıştır. Bu yüzden Aralık 2020 – Mayıs 2021 tarihleri arasında devam eden bu yükselişin temel sebebi; Bitcoin'nin hızlı yükselişi, etkin Proof of Stake mekanizmasının başlatılması ve NFT'lere olan talepten kaynaklanmış olabilir.

²¹ Staking: kripto para birimlerinizi belirli bir süre boyunca harcamadan veya başka bir hesaba aktarmadan cüzdanızda kilitleyerek bir kripto para birimi ağının işleyişine katkıda bulunma sürecidir.

Dolayısıyla bu dönemdeki üç faktör sebebiyle önemli düzeyde kısa orta ve uzun vadeli dalgalanmalara sahip olduğu söylenebilir. 2022 yılında Ethereum, temmuz ayına kadar bir düşüş gerçekleştirmiş ve ardından ilk yükseliş dönemindeki fiyatlarına geri gelmiştir. Bitcoin'in ayı piyasasına girmesine neden olan TerraUSD, Luna ve 3AC'nin düşüşü, ETH'nin getirilerine de olumsuz olarak yansımıştır. Bu fiyat düşüşü, FinTech girişimlerine dair haberlerin ve özellikle de Bitcoin'inin rakibi olarak görülen bir kripto para birimini etkilediğini göstermektedir. 15 Eylül 2022 tarihinde Beaceon zincirinin kullanımdan kaldırılması ve Ethereum Minenet'te Proof of Stake'in Proof of Work yerini tamamen almasıyla enerji tüketimini %99,95 oranında azalttığı belirtilmiştir (Ethereum, 2022). Ancak bu gelişme çevre açısından olumlu bir adım olmasına karşın, getirileri etkilememiş gibi görünmektedir. Bu da ETH yatırımcılarının ağının çevre dostu yükselmesiyle desteklemediğinin bir göstergesi olabilir.

Genel olarak; Ethereum kripto para biriminde önemli dalgalanmaların olduğu ifade edilebilir. Bununla birlikte özellikle EEA ve Bitcoin vadeli işlemlerinin başlatıldığı COVID-19 dönemi öncesinde bu dalgalanmanın daha belirgin olduğu söylenebilir. Bu dalgalanma seviyesi 2018 yılında meydana gelen kripto para birimlerinin ciddi düşüşünden sonra mevcut değildir. Bu kripto para birimi bazı volatilité şoklarında Bitcoin ile aynı eğilimi gösterse de fraktal yapılar, ETH getirilerinin sadece ana kripto para biriminin hareketinden kaynaklanmadığını, politikayla ilgili gelişmelerin iki kripto para birimi arasında farklılık gösterdiğini ve dolayısıyla her bir coini farklı şekillerde etkileyebileceğini ifade etmek mümkündür. Her iki kripto para biriminin de çoklu fraktallık göstermesine rağmen; Ethereum'daki dalgalanma daha fazla self-similarity (kendi kendine benzerliği) kanıt sergilerken, Bitcoin ise daha fazla self-affinity yani kendine yakınlık varlığını göstermektedir. ETH yatırımcılarının ağdaki güncelleme haberlerinden, kurumsal yatırımcılardan, COVID-19 salgınından ve diğer önemli kripto paralarının düşüşünden etkilendiği söylenebilir. Bu faktörler, ETH'nin sadece orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarının (32-128 günlük) perspektifinde etkilendiği göstermektedir.

D1 (2-4 günlük) kısa vadeli yatırım ufkunda Nisan 2017, Mart 2020 ve Mayıs 2021 tarihleri civarında meydana gelen üç önemli olay gözlemlenmektedir. EEA'nın Şubat 2017 tarihinde kurulması ve devamlı olarak üye alması ETH'de ani bir şok etkisi yaratmıştır. MODWT'un bu gelişmeleri yıl sonunda Bitcoin vadeli işlem duyurmasıyla birlikte teyit ettiği görülmektedir. 2018 yılında meydana gelen kripto para piyasasındaki

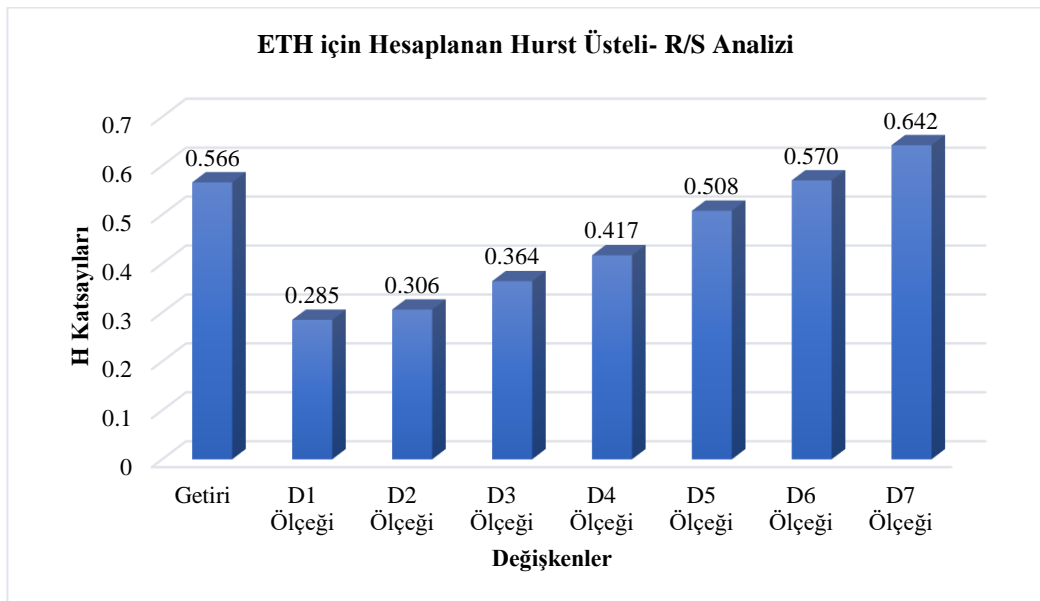
düşüşlerle birlikte Ethereum'da da düşüş gerçekleşmiş ve 2019 yılının sonlarına kadar volatil bir yapı sergilemeye devam etmiştir. 2020 yılının mart ayında COVID-19 salgının duyurulmasıyla birlikte Ethereum'da da ciddi bir düşüş gerçekleştirmiştir. Bu düşüşün en dip noktası 11 Mart 2020 tarihli 1169. Gözleme (veri setinin) denk gelmektedir. Bu dönemde en düşük ve en yüksek noktaların salgından sonra görüldüğü ifade edilebilir. MODWT modeli, NT'nin popüler olmasının yanı sıra Bitcoin'in hızlı bir şekilde yükselmeye başladığı Mayıs 2021 yılında Ethereum'da da benzer bir yükselişi takip ettiğini teyit etmektedir. Diğer iki kısa vadeli yatırım ufukları ile ilgili olarak D2 (4-8 günlük) ve D3 (8-16 günlük) bu gelişmelerin etkisinin devam ettiğini görülmektedir. Ayrıca D3 (8-16 günlük) kısa vadeli yatırım ufukunda D2 (4-8 günlük) kısa vadeli yatırım ufukuna göre daha fazla volatilitate kümelenmesi ve volatilitate şoklarının daha belirgin olduğu söylenebilir. Orta vadeli yatırım ufuklarında (D4 16-32 günlük- D5 32-64 günlük) ise yukarıda bahsedilen gelişmelerin etkisi olmakla birlikte farklı yıllara göre gelen volatilitate şoklarının etkisinin daha fazla olduğu ve D4 ve D5'in fraktal bir yapı sergiledikleri söylenebilir. Uzun vadeli yatırım ufukları olan D6 (64-128 günlük) ve D7 (128-256 günlük) getiri ölçeklerinde belirli bozulma alanlarını göstermektedir. Bu ölçek getirisi D4 ve D5'in volatilitate fraktallarını yansıtan ETH'nin kendine benzerliği güçlü kanıtlar ile ortaya koymaktadır. Ayrıca D7 getiri ölçeğinin 2018 yılında gelen kripto para birimlerinin çöküşünün etki ettiği görülmektedir. Bununla birlikte ETH'de o dönemde meydana gelen gelişmelere paralel olarak ciddi bir dalgalanmanın söz konusu olduğu ifade edilebilir. Son olarak, bu görünüm yıllık döngü sunduğu için bunları yakından inceleyip karşılaştırıldığında Ethereum'un eğilimleri Bitcoin'inkine benzerlik gösterse de 2019 ve 2022 yıllarında daha fazla belirgin olduğu söylenebilir. Bu da hem Ethereum'un hem de Bitcoin'in bir döngüyü tamamlamasının aynı süre de gerçekleşeceğini söylemek mümkündür. Çünkü her iki kripto para biriminde de dalga boyları (yani, bir dalgadaki iki ardışık tepe arasındaki mesafe) birbirine paraleldir. Dolayısıyla Ethereum'un yıllık olarak incelenmesi, Bitcoin'e kıyasla daha az değişkenlik sergilemektedir. Ancak bu döngüler, düşük frekanslı eğilimler dolayısıyla uzun hafızanın varlığını işaret etmektedir. MODWT; Ethereum'un getirilerinin farklı piyasa rejimlerinde kalıcı dalgalanmalar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, Ethereum'un tanımlayıcı verilere bağlı olarak kalın kuyruklu dağılımı, volatil bir yapıya sahip olması nedeniyle çoklu fraktal bir yapı sergilediği ifade edebilir. Ethereum için hesaplanan Hurst üsteli- R/S sonuçları Tablo 20 ve Şekil 55'te yer almaktadır.

Tablo 20. Ethereum için Hesaplanan Hurst Üsteli- R/S Analiz Sonuçları

	Hesaplanan Hurst Üsteli (H)	Güven Aralıkları
	R/S Analizi	
Ethereum Getiri	0.566	0.3979-0.5966 ^b
D1 Ölçeği	0.285 ^{***}	0.3684-0.6262 ^a
D2 Ölçeği	0.306 ^{***}	0.3684-0.6262 ^a
D3 Ölçeği	0.364 ^{***}	0.3684-0.6262 ^a
D4 Ölçeği	0.417	0.4137-0.5811 ^c
D5 Ölçeği	0.508	0.3979-0.5966 ^b
D6 Ölçeği	0.570	0.3979-0.5966 ^b
D7 Ölçeği	0.642 ^{***}	0.3684-0.6262 ^a

Not: Tablo da yer alan farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölçek getirileri; (D1 = 2-4 günlük, D2 = 4-8 günlük, D3 = 8-16 günlük, D4 = 16-32günlük, D5 = 32-64 günlük, D6 = 64-128 günlük, D7, 128-256 günlük) olarak sınıflandırılmıştır. ***, **, ve * sembolleri 1% (0.3684-0.6262)^a 5% (0.3979-0.5966)^b ve 10% (0.4137-0.5811)^c anlamlılık düzeylerindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. Hurst Üstelinin 1%, 5% ve 10% güven aralık değerleri Weron (2002)'den temin edilmiştir.

Ethereum kripto para birimine ait getiri, (D1, D2, D3) kısa vadeli yatırım ufukları, (D4, D5) orta vadeli yatırım ufukları ve (D6 ve D7) uzun vadeli yatırım ufukları için hesaplanan Hurst üstelinin en düşük katsayısı 0.285 ile D1 kısa vadeli yatırım ufukundaki veride olduğu görülmektedir. Yatırım ufku süreleri uzadıkça Hurst üsteli katsayısı da artmakta ve en yüksek katsayı D7 uzun vadeli yatırım ufku için 0.642 olarak ölçülmektedir. Bunu sırasıyla D2 kısa vadeli yatırım ufku için 0.306 değeri, D3 kısa vadeli yatırım ufku için 0.364 değeri, D4 orta vadeli yatırım ufku için 0.417 değeri, D5 orta vadeli yatırım ufku için 0.508 değeri, Ethereum getiri için 0.566 değeri, D6 uzun vadeli yatırım ufku için 0.570 değeri ve D7 uzun vadeli yatırım ufku için ise 0.642 değeri elde edilmiştir.



Şekil 55. ETH için Hesaplanan Hurst Üsteli Grafiği

Tablo 20 ve Şekil 55'te yer alan bulgular incelendiğinde, Ethereum kripto para birimine ait getiri ve kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına göre hesaplanan Hurst üsteli katsayısı en düşük D1 kısa vadeli yatırım ufukunda 2-4 günlük getirilerde olduğu görülmektedir. En yüksek Hurst üsteli değeri ise D7 uzun vadeli yatırım ufukundaki 128-256 günlük getirilerde olduğu gözlemlenmektedir.

Teorik olarak Hurst üstelinin 1(bir) değerine yaklaşması durumunda serideki gürültü seviyesi azalmakta ve beklenen değerler Rassal Yürüyüş Hipotezi'nden uzaklaşmaktadır (Mulligan 2004). Bu kapsamda Ethereum kripto para birimi için elde edilen sonuçlara bakıldığında Ethereum getirisine ait hesaplanan Hurst üsteli katsayısının 0.566 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu bulgu etkin piyasa hipotezinin varsaydığı $H=0.50$ değerinden farklılaşmaktadır. Fraktal piyasa hipotezine göre Hurst üsteli katsayısı <0.50 olması; seride devamlılığı olmayan, ortalamadan sapan, negatif otokorelasyona sahip yani seride kalıcı olmayan davranış sergilediğini ve ortalamaya dönüş süreci olduğunu, artışları/azalışları büyük olasılıkla artışların/azalışların izleyeceğini belirtmektedir. Aslında, Hurst katsayısının 0.50 değerinin altında tahmin edilmesi durumunda etkin piyasa hipotezinin varlığının tamamen reddedileceği ifade edilmiştir (Mulligan, 2004). Hurst üsteli > 0.50 ise serinin devamlı, trend pekiştiren kalıcı bir davranış sergilediğinden yani uzun hafızanın varlığından söz edilebilir.

Buradan hareketle Ethereum getiri değeri 0.566 ile 0.50 değerinden büyük olduğu için Ethereum getirisinin etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin olmadığı yani serinin rassal yürüyüş sergilemediği ancak fraktal piyasa hipotezinde belirtildiği gibi kesikli Brownian süreci sergilediği ifade edilebilir. Ayrıca bulguya göre Ethereum getirisinin devamlı, trend pekiştiren kalıcı bir davranış sergilediğini söylemek, diğer bir ifadeyle uzun hafızanın varlığından bahsetmek mümkündür. Aynı şekilde D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları değerlendirildiğinde, D6 Hurst değeri 0.570 ve D7 Hurst değeri 0.642 ile 0.50 değerinden büyük olduğu görülmektedir. D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları için piyasaya ulaşan bilgi şoklarının yavaş bir hızda elemine olduğu ve bu sebeple geçmiş getiriler bakımından geleceğin getirilerinin tahmin edilebileceği çıkarımında bulunulabilir. Bu bulgu, Ethereum getirileri için uzun vadeli yatırım ufuklarında etkin piyasa hipotezinin ihlal edilebileceği ve birbirlerini tekrarlayan trendler oluşturduğu için fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu şeklinde yorumlanabilir. Uzun

vadeli yatırım ufuklarında Hurst katsayısı yani üstelinin bütün örnekleme yakın değerler alması, kendine benzerlik (self-similarity) yani fraktallığa dair kanıtlar sunmaktadır.

Diğer yandan, D1, D2 ve D3 kısa vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular değerlendirildiğinde D1 değeri 0.285, D2 değeri 0.306 ve D3 değeri 0.364 ile 0.50 değerinden küçük olduğu için Ethereum getirilerinde etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin piyasa hipotezinin tamamen reddedildiği ve serilerin rassal yürüyüş sergilemediği şeklinde yorumlanabilir. Aynı şekilde D4 ve D5 orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular incelendiğinde ise D4 değeri 0.417 ve D5 değeri 0.508 ile 0.50 değerinden küçük olduğundan dolayı Ethereum getirilerinde etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin piyasa hipotezinin tamamen reddedildiği ve serilerin rassal seyir sergilemediği tespit edilmiştir. Hem kısa vadeli hem de orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bu bulgular etkin piyasa hipotezinin varsaydığı $H=0.50$ değerinden farklı olması aslında Ethereum getirilerinde kaotik bir yapı sergilediği söylemek mümkündür. Bu da yatırımcılar, piyasaya yeni gelen bilgiye, etkin bir piyasada olması gerekenden daha fazla tepki vererek keskin ve yüksek dalgalanmalara sebebiyet verebileceği ifade etmek mümkün olabilir. Özetle, Ethereum getirilerinin kaotik yapısı ve yatırımcıların aşırı tepkileri, etkin piyasa hipotezinin sınırlılıklarını göstermektedir. Bu durum, piyasa fiyatlarında beklenmedik ve aşırı dalgalanmalara yol açabilir, yatırım riskini artırabilir. Bu riski yönetmek için portföy çeşitlendirmesi önemlidir. Çeşitlendirme, yatırımları farklı varlık sınıfları, coğrafi bölgeler ve sektörler arasında yayarak riski azaltmayı amaçlamaktadır. Kısa ve orta vadeli yatırım ufukları için Ethereum'un analizi, piyasa zamanlamasının zorluklarını ve yüksek volatilitenin getirdiği riskleri ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, yatırımcıların portföylerini dikkatlice çeşitlendirmeleri ve Ethereum piyasa koşullarına uygun stratejiler geliştirmeleri gerekebilir. Bu yaklaşımlar, piyasa anomalilerine karşı koruma sağlayarak daha sağlam yatırım kararları alınabilir.

Kripto para piyasalarında, volatilitenin zaman içerisindeki değişimini ve şokların kalıcılığını modellemek için kısa ve uzun hafıza modelleri önemli bir rol oynamaktadır. Kısa hafıza modelleri, örneğin GARCH modeli gibi, kısa vadeli oynaklık dinamiklerini yakalarken, uzun hafıza modelleri, örneğin FIGARCH modeli gibi, finansal zaman serilerinin uzun vadeli bağımlılıklarını ve trendlerini analiz etmek için kullanılmaktadır. Bu modeller, kripto para piyasalarındaki volatilitenin yapısını, şokların etkilerini ve piyasa davranışlarının zaman içindeki değişimlerini daha derinlemesine anlamak için bir arada

kullanılır. Kripto para piyasalarının geleneksel finansal piyasalardan farklı dinamiklere sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu modellerin özelleştirilmiş uygulamaları ve adaptasyonları, yatırımcıların ve piyasa analistlerinin kripto para piyasalarının benzersiz risk profillerini ve özelliklerini daha iyi anlamalarına yardımcı olabilir. Ethereum için farklı yatırım ufuklarına göre volatilité modelleme sonuçları Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Ethereum için Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Volatilite Modelleme Sonuçları

	Ethereum-Getiri	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
En Uygun Volatilite Modeli	FIGARCH (1,d, 1)	AR(1) MA(1) GARCH (1,1)	AR(2) MA(1) T-GARCH (1,1)	AR(2) C-GARCH (1,1)	AR(2) C-GARCH (1,1)	AR(2) MA(1) C-GARCH (1,1)	AR(1) MA(1) FIGARCH (1,d,1)	AR(1) FIGARCH (1,d,1)
Ortalama Denklemler								
Sabit (c)	0.000504 (0.00061514)	-0.0000016 (0.8311E-006)	0.000016 (0.00023272)	-4.82e-06 (0.000210)	9.43e-05 (0.000211)	8.06e-05 (0.000318)	5.43e-10 (0.004766)	0.001937 (0.0000209)***
AR	-	-0.522973 (0.017112)***	0.354471 (0.015227)***	1.492155 (0.010993)***	1.814896 (0.007311)***	1.888746 (0.007500)***	1.000981 (0.000848)***	0.994578 (0.000314)***
AR	-	-	-0.720326 (0.013898)***	-0.854776 (0.010314)***	-0.921818 (0.007208)***	-0.916484 (0.007526)***	0.998226 (0.000759)***	-
MA	-	-0.994889 (0.0013450)***	0.985684 (0.0028999)***	-	-	0.998850 (0.000523)***	-	-
Varyans Denklemler								
Sabit (ω)	37.186042 (23.962)	0.152403 (0.046572)***	0.029015 (0.0081170)***	0.000320 (0.006896)	3.19e-06 (8.62e-07)***	4.49e-07 (1.49e-06)	5.43e-10 (7.71e-11)	2.42e-11 (3.00e11)
d-Figarch	0.462329 (0.058086)***	-	-	-	-	-	0.613280 (0.038427)***	0.862783 (0.051065)***
ARCH (α)	0.221601 (0.079056)***	0.257397 (0.034689)***	0.245391 (0.039025)***	0.046069 (0.022692)**	0.216083 (0.011652)***	0.108548 (0.008732)***	0.745625 (0.030790)***	0.536399 (0.051065)***
GARCH(β)	0.558992 (0.075796)***	0.722701 (0.037276)***	0.784951 (0.022849)***	0.847925 (0.029230)***	0.914302 (0.037391)***	0.939279 (0.036434)***	0.541008 (0.038202)***	0.372515 (0.049180)***
T-GARCH(γ)	-	-	-0.075758 (0.045922)*	-	-	-	-	-
C-GARCH(ρ)	-	-	-	0.999884 (0.002667)***	0.968921 (0.012517)***	0.998567 (0.005183)***	-	-
CGARCH(θ)	-	-	-	0.109445 (0.024035)***	-0.244157 (0.012348)***	-0.080203 (0.010173)***	-	-
Log (α)	-	-	-	-	-	-	-	-
AIC	-3.408005	-5.393618	-6.501985	-7.796345	-10.208557	-13.52299	-14.48089	-15.29355
SIC	-3.394106	-5.377402	-6.481136	-7.775482	-10.187771	-13.50212	-14.46235	-15.27733
HQ	-3.402961	-5.387733	-6.494419	-7.788773	-10.20100	-13.515441	-14.47416	-15.28766
Log-Likelihood	4294.975	6794.869	8191.748	9812.903	12846.280	17014.160	18224.960	19246.280

Not: Tablo'da yer alan farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölçek getirileri; (D1 = 2-4 günlük, D2 = 4-8 günlük, D3 = 8-16 günlük, D4 = 16-32günlük, D5 = 32-64 günlük, D6 = 64-128 günlük, D7, 128-256 günlük) olarak sınıflandırılmıştır. ***, **, ve * sembolleri 1%, 5% ve 10% anlamlılık düzeylerindeki istatistiksel anlamlılığı ve () ise standart hataları göstermektedir.

Tablo 21’de Ethereum için getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre getirilerinin volatilitelerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Ethereum için en uygun model ile hem kısa hafıza hem de uzun hafıza varlığının yanı sıra EPH’nin ve FPH’nin geçerliliğini test etmek için p, q aralıklarında ARCH, GARCH, EGARCH, T-GARCH, GJR-GARCH, C-GARCH, APARCH, GARCH-M, HYGARCH, FIGARCH, FIAPARCH ve FIEGARCH modelleri ($p, q = 0, 1, 2$) tahmin edilmiş ve Log-Likelihood ve AIC, SIC ve HQ bilgi kriterlerine göre en uygun volatiliteler modelleri elde edilmiştir. Tablo da yer alan α ve β sırasıyla ARCH ve GARCH terimlerinin katsayılarıdır. Burada α kripto para piyasasındaki herhangi bir şokun veya habere verilen tepkiyi tahmin eden ARCH etkisini temsil etmektedir. β ise volatilitenin kalıcılığını tanımlayan GARCH etkisini ifade etmektedir. Yüksek ARCH katsayısı (α) volatilitenin gelen haberlere duyarlılığının daha yüksek olduğunu, yüksek GARCH (β) katsayısı ise volatilitenin kalıcılığının yüksek olduğunu ve volatilitenin etkisinin daha yavaş yok olduğunu ifade etmektedir. GARCH modeli yalnızca α ve β ’nin toplamı 1 (bir)’den az olması beklenmektedir. Component GARCH (1, 1) modeli, finansal zaman serilerinin volatilitelerinin modellenmesinde kullanılan bir yöntemdir ve volatiliteleri kalıcı (uzun vadeli) ve geçici (kısa vadeli) bileşenlere ayırmaktadır. Teta (θ) ve rho (ρ) C-GARCH (Component GARCH) parametresini ifade ederken, “ d ” ise uzun hafıza parametresini göstermektedir. “ d ” uzun hafıza parametresi (Tablo 9)’da yer alan değer aralıklarına göre yorumlanmıştır. “3.7. Finansal Zaman Serilerinde Otokorelasyon” ve “3.8. Finansal Zaman Serilerinde Değişen Varyans” başlıkları altında açıklandığı için burada yer verilmemiştir.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde, Ethereum getirisi için en uygun volatiliteler modelin FIGARCH (1, d , 1) olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre Ethereum kripto para birimine ait uzun hafızanın varlığını gösteren “ d ” katsayısının 0.462369 değerini alarak %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı çıkması ve Ethereum getirisinin orta derecede bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Uzun hafıza özelliğinin olması, geçmiş gözlemler ile pozitif bağımlılık sergilediğini diğer bir ifadeyle fiyat hareketlerinin geçmiş gözlemlerdeki trendlerden etkilendiğini göstermektedir. Aynı zamanda, volatilitenin geçmiş bilgi şoklarının uzun vadeli etkilerinin olduğu ve bu etkilerin çok uzun süreli veya kalıcı olmadığı yani hiperbolik hızda azaldığını söylemek mümkündür.

Dolayısıyla Ethereum piyasasına gelen bilgi şoklarının yavaş yavaş eline olduğu için ETH getirilerine ait geçmiş getirilerden yararlanarak geleceğe ilişkin getirilerinin

tahmin edilebileceği ifade edilebilir. Tabloda yer alan α ve β katsayılarının pozitif ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. α katsayısının 0.221601 değeri aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Ethereum getirisine gelen bilgi şoklarının %22'nün geçmiş dönemden kaynaklandığı söylemek mümkündür. Öte yandan, β katsayısının 0.558992 değeri aldığı görülmektedir. Bu değere göre bir önceki dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemi etkilediği ifade edilebilir ve mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Bu sonuçlara göre Ethereum kripto para biriminin volatil bir yapıya sahip olduğu ve yüksek volatilité dönemlerinin yüksek volatilité dönemlerini, düşük volatilité dönemlerini düşük volatilité dönemlerini takip ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla Ethereum getirileri için EPH'nin ihlal edilebileceği ve FPH'nin geçerli olduğunu göstermektedir.

Kısa vade yatırım ufukları için en uygun volatilité modeli sırasıyla; D1 yani 2-4 günlük için AR(1) MA(1) GARCH(1, 1) olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre modelinin uygun gecikme oranlarına ve sabit varyans özelliklerine sahip olduğu göstermektedir. Kurulan modelde α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu durum koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermektedir. α katsayısının 0.257397 değeri aldığı saptanmıştır. Buna göre Ethereum 2-4 günlük kısa vadeli yatırım ufku getirilerine gelen bilgi şoklarının %25'inin geçmiş dönemlerdeki volatiliteden kaynaklandığını ifade etmek mümkündür. Diğer yandan β katsayısının 0.722701 değeri aldığı görülmektedir. Bu değere göre 2-4 günlük getirilerde volatilitenin önemli ölçüde otoregresif olduğunu göstermektedir. Bu durum, geçmiş dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemdeki volatilité üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca α ve β katsayılarının toplamına bakıldığında ise kümülatif toplamının 0.980098 olarak hesaplandığı görülmektedir. Yani elde edilen bu bulgu bir (1)'den küçüktür. volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermektedir. Ancak 1 (bir)'e oldukça yakın olması volatilitenin direnci hakkında da ipucu vermektedir. D2 kısa vadeli yatırım ufku için en uygun volatilité modeli; AR(2) MA(1) T-GARCH (1, 1) olduğu gözlemlenmektedir. Elde edilen bu bulguya göre " γ " parametresinin negatif değer -0.075758 (0.045922) aldığı " $\alpha + \gamma$ " toplamının pozitif (0.169633) ve %10 düzeyinde

istatistiki olarak anlamı olması, D2 yani 4-8 günlük yatırım ufkundaki getirilerde negatif bilgi şoklarının pozitif bilgi şoklarına göre daha baskın olduğu söylemek mümkündür. D3 kısa vadeli yatırım ufku için en uygun volatilité modeli ise AR(2) C-GARCH (1, 1) olduğu görülmektedir. Kurulan C-GARCH(1, 1) modeline göre α , β ve θ katsayısı 0 ile 1 arasında olduğu ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olması, kısa ve uzun dönemli volatilité bileşenleri arasındaki etkileşimi göstermekte ve varyansın birbirine yakınsadığı göstermektedir. Bu sonuca göre Ethereum 8-16 günlük getirilerinde θ pozitif bir değer alması, kısa vadeli volatilité artışının uzun vadeli volatilité bileşenini arttırıcı bir etki göstermektedir. Bu, Ethereum piyasa şoklarının ve kısa vadeli oynaklığın, uzun vadeli volatilitéyi yükselttiği anlamına gelmektedir. Kısa vadeli volatilitenin yükselmesi durumunda, bu artışın uzun vadeli volatilitéyi de arttırarak kümülatif risk etkisi oluşturduğunu gösterebilir. Bu durum yatırımcıların ve piyasa katılımcıların kısa vadeli volatilité artışlarına uzun vadede daha duyarlı tepki gösterdiğini ifade edilebilir. Bu, piyasa katılımcıların kısa vadeli şoklara karşı hassas olduğunu ve bu şokların uzun vadeli risk algısını arttırdığını şeklinde ifade edilebilir.

D4 ve D5 orta vadeli yatırım ufukları için en uygun volatilité model; sırasıyla AR(2) C-GARCH(1, 1) ve AR(2) MA(1) C-GARCH (1, 1) olduğu gözlemlenmektedir. Oluşturulan bu C-GARCH (1, 1) modellerinin α ve β katsayıları 0 ile 1 arasındaki olduğu ve %1 düzeyinde istatistiki olarak anlamı olması, kısa ve uzun dönem varyansın birbirine yakınsadığı göstermektedir. θ (teta) katsayısının negatif olması, modelin uzun dönem ve kısa dönem volatilité bileşenleri arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. Diğer bir ifadeyle negatif bir θ katsayısı, kısa vadeli volatilitenin artışının, uzun vadeli volatilité bileşenini azaltıcı bir etki yarattığını göstermektedir. Bu da piyasa şoklarının ve kısa vadeli oynaklığının, uzun vadeli volatilitéyi düşürdüğü anlamına gelmektedir. Dolayısıyla Ethereum için orta vadeli yatırım ufuklarında kısa vadeli volatilitenin yükselmesi durumunda, bu artışın uzun vadeli volatilitéyi azalttığı ve bir denge mekanizması oluşturduğunu göstermektedir. Böylece Ethereum piyasa şoklarının uzun vadeli risk algısını azaltabileceği, yani yatırımcıların ve piyasa katılımcıların kısa vadeli volatilité artışlarına uzun vadede daha az tepki gösterdiğini gösterebilir. Bu, piyasa katılımcıların kısa vadeli şoklara karşı daha az hassas olduğunu ve bu şokların uzun vadeli risk algısını azalttığını göstermektedir.

α ve β 'nin tahmin değerlerinin pozitif ve anlamlı olması, volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu ve piyasa şoklarının geçici etkiler yarattığını göstermektedir.

Elde edilen bu bulgulara göre kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarına göre Ethereum getirilerinin kaotik bir yapı sergilediğini tespit edilmiştir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında bilgi asimetrisi oldukça yüksek olması ve bu yatırım ufuklarında önceki ortalamaya dönmemesi ve farklı bir ortalama oluşturması nedeniyle etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığı ve benzer şekilde kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında kendine benzerlik (self-similarity) göstermediği anlamına gelmektedir. Bu da yatırımcıların piyasaya yeni giren bilgilere verdiği tepkilerin, etkin bir piyasa hipotezinde öngörülenden daha fazla olabileceği ve bu durumun belirgin ve büyük dalgalanmalara yol açabileceği öne sürülebilir. Bu durum, piyasa katılımcılarının, EPH’de varsayılan teorik denge davranışlarından saparak, volatilitiyi artırıcı tepkiler sergileme eğilimlerinde olabileceğini ifade edilebilir. Bu durumda riski seven yatırımcıların kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarını tercih edebilecekleri söylenebilir.

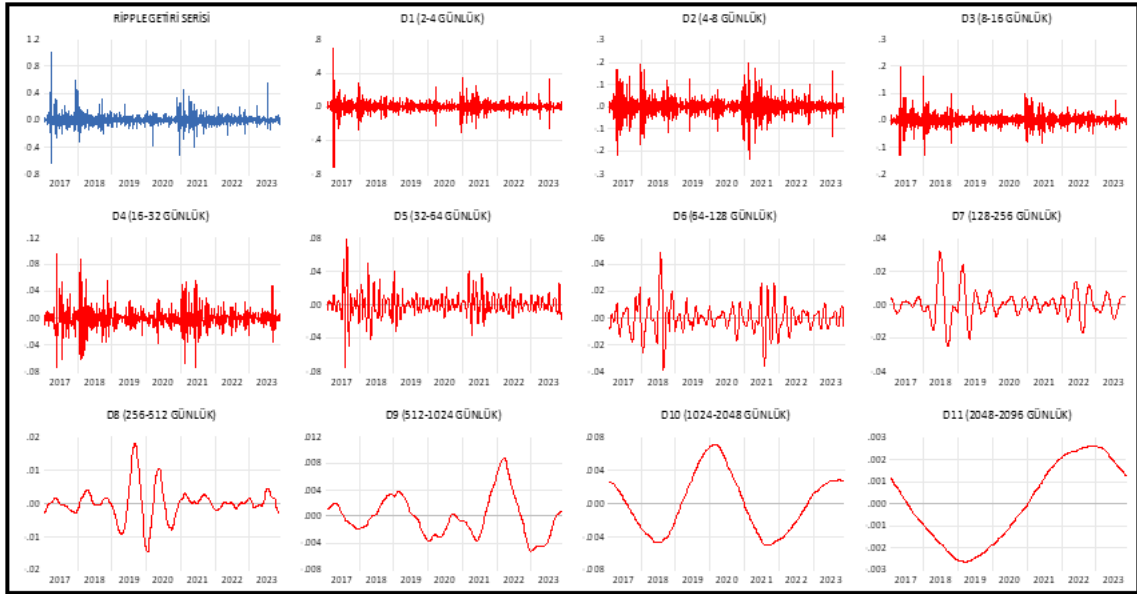
D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları incelendiğinde; en uygun model, AR(1) ve MA(1) FIGARCH(1, d , 1) ve AR(1) FIGARCH (1, d , 1) olduğu tespit edilmiştir. Bu bulguya göre Ethereum için 64-128 günlük ve 128-256 günlük yatırım ufuklarına ait getirilerinin uzun hafıza varlığını gösteren “ d ” katsayılarının 0.745625 ve 0.862783 olduğu görülmekte ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. 64-128 günlük ve 128-256 günlük uzun vadeli yatırım ufuklarında ETH getirilerinin güçlü bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Bu getiriler de uzun hafıza özelliği sonucuna varılması, geçmiş gözlemler ile pozitif bağımlılık sergilediği söylenebilir. Yani fiyat hareketlerinin geçmişteki trendlerden etkilendiğini göstermektedir. Aynı zamanda volatilitenin geçmiş bilgi şoklarının uzun vadeli etkilerinin olduğunu ve bu etkilerinin hiperbolik olarak azalarak elimine olması, bu yatırım ufuklarında Ethereum getirilerine ait geçmiş getirilerden yararlanarak geleceğe ilişkin getirilerinin tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir. Ayrıca kurulan modellerde α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı ve α katsayılarının sırasıyla 0.745625 ve 0.0.536399 değerleri aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Ethereum getirilerine ulaşan bilgi şoklarının 64-128 günlük yatırım ufku için %74 ve 128-256 günlük yatırım ufku için %53’ü geçmiş dönem volatiliteden kaynaklandığı söylemek mümkündür. Diğer yandan β katsayılarının sırasıyla 0.541008 ve 0.372515 değerleri aldığı görülmektedir. Bu değerlere göre bir önceki dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemi etkilediği ifade edilebilir ve mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Ethereum kripto para biriminin volatil bir

yapıya sahip olduğu ve etkin piyasa hipotezinin ihlal edilebileceği ve fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu söylenebilir. Bu da portföy yöneticilerin, araştırmacıların ve yatırımcıların 64-128 günlük ve 128-256 günlük yatırım ufuklarına göre geçmiş trendleri takip ederek geçmiş getirilerden yararlanarak gelecekte getirileri tahmin edebileceklerini ifade edilebilir. Dolayısıyla risk sevmeyen veya nötr yatırımcıların uzun vadeli yatırım ufuklarına göre yatırım stratejilerini belirlemek ve tercih edebileceği söylenebilir.

Bu sonuçlara göre riskli seven portföy yöneticileri, araştırmacılar ve yatırımcıların etkili bir portföy çeşitlendirmesi için 2-4 günlük, 4-8 günlük ve 8-16 günlük kısa vadeli yatırım ufuklarına ve 16-32 günlük ve 32-64 günlük orta vadeli yatırım ufuklarına odaklanması gerektiği gösterirken, riskli sevmeyen veya nötr portföy yöneticilerin, araştırmacıların ve yatırımcıların etkili bir portföy çeşitlenmesi için 64-128 günlük ve 128-256 günlük uzun vadeli yatırım ufuklarına odaklanması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca yatırımcılar kripto para piyasalarının volatilitesine karşı korunmak için uzun vadeli yatırım ufuklarına göre yatırım stratejileri benimseyebilir ve Ethereum'u portföylerine eklemeleri risk yönetimi açısından faydalı olabileceği ve çeşitlendirmenin yararını arttıracığını düşünülmektedir. Bu da kripto para piyasasındaki dalgalanmalara karşı daha uygun bir yaklaşım sağlayacağı söylenebilir.

3.12.3. Ripple Analiz Sonuçları

Şekil 56'da Ripple getiri serisinin Maksimum Örtüşmeli Ayrık Wavelet Dönüşümü (MODWT) kullanılarak ayrıştırılması göstermektedir. Bu Ripple kripto para birimine ait getiri serileri $J = 7$ 'nci ölçeğe kadar ölçeklendirilmiştir. Her ne kadar ölçek uzunluğu maksimum 11'nci ölçeğe kadar çıkarmak mümkün olsa da ($\log_2(2501) \approx 11.2974$ olduğu için) verinin ayrıntı düzeyinden ödün vermeden en dengeli ve uygun bilgiyi elde etmek için 7 ölçeğe kadar ayrıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ripple getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölçek getirilerine ilişkin detayları şu şekilde açıklanmıştır:



Şekil 56. Ripple (XRP) için Getiri ve Farklı Zaman Ölçek Getiri Serilerine İlişkin Grafikler; bu şekil, maksimum örtüşmeli ayırık wavelet dönüşümü (MODWT) kullanarak XRP'nin günlük serisinin 01/01/2017- 22/11/2023 tarih aralığındaki verileri kullanarak çoklu ayrıştırma (multiresolution) analizini sunmaktadır. Y eksenı getirilerin çok ölçekli davranışını (multiscale movement) göstermektedir. Seriler, $J = 1$ ila 7 ölçek düzeyinde (veya 2-128 günlük periyodunda) 7 uzunluğunda Daubechies wavelet filtresi kullanılarak ayrıştırılmıştır. Periyodik sınır koşulu uç noktadaki wavelet katsayıları için bir çözüm olarak uygulanmıştır.

Şekil 56'da yer alan Ripple kripto para birimine ait getiri ve farklı yatırım ufuklarına ilişkin grafikler değerlendirilmiştir. Ripple genel olarak blockchain teknolojisi üzerine kurulu bir platform olarak, bankalar, ödeme ağları ve diğer finansal kurumlar için gerçek zamanlı para transferi imkânı sunan bir çözüm olarak bu teknolojiyi pazarlayan bir şirkettir. Grafikler değerlendirildiğinde, ilk olarak Ripple getirilerinin Ethereum ve Bitcoin getirilerinden farklılaştığı görülmektedir. Ripple fiyat hareketlerine bakıldığında ilk halka arzdan bu yana ve piyasa değeri bakımından ilk büyük kripto para birimlerinden biridir. Hem getiri hem de yatırım ufuklarındaki getirilerinde volatilité kümelenmelerinin olduğu görülmektedir.

Ripple'in finansal teknoloji alanındaki evrimi, stratejik iş birlikleri ve ortaklık girişimleri açısından incelendiğinde, özellikle American Express ve Santander gibi önde gelen finans kuruluşlarıyla yürütülen deneme projeler, bu kripto para biriminin sektördeki etkinliğini ve adaptasyon potansiyelini önemli ölçüde artırdığını ve bu iş birlikleri, Ripple'in finansal işlemlerdeki verimliliği ve şeffaflığı artırma kapasitesini gösterdiği söylenebilir. Ayrıca 2017 yılı aralık ayında gerçekleşen Japonya merkezli SBI Holdings ve Ripple'in ortak girişimi olan SBI Ripple Asia'nın, Japon kredi kartı şirketleriyle blockchain teknolojisini kullanmak amacıyla oluşturduğu konsorsiyum, Ripple'in piyasa değerindeki artışa katkıda bulunduğu ve bu gelişme, Ripple'in blockchain teknolojisini

finansal hizmetler sektöründe uygulama potansiyelini vurgulamakta ve kripto para biriminin genişleyen kabulünü göstermektedir. Bu tür stratejik ortaklıklar, Ripple'ın finansal teknoloji alanında yenilikçi çözümler sunma kapasitesini ve bu teknolojinin geleneksel finansal sistemlerle entegrasyon potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu durum, Ripple'ın piyasa değerindeki artışı açıklamada önemli bir faktör olarak değerlendirilebilir (Kharpal, 2018). Dolayısıyla CoinMarketCap verilerine göre Ripple 2017 yılı başlarında 0.006 dolar değerindeyken, 30 Aralık 2017 yılı sonu itibariyle %36018 artış ile 2.85 dolara kadar yükseliş gerçekleştirerek piyasa değeri açısından Bitcoin kripto para biriminden sonra en büyük ikinci kripto para birimi haline gelmiştir (CoinMarketCap, 2023).

Bununla birlikte, 2018 yılında Ripple kripto para biriminin piyasa performansı, finansal teknoloji ve kripto ekonomi alanlarında dikkate değer bir vakadır. Yılın ilk çeyreğinde, özellikle teknoloji ve Ripple'ın piyasa değeri, 2017 yılının son çeyreğinde gözlemlenen genel kripto para piyasasının yükseliş trendinin bir devamlı olarak önemli seviyelere ulaşmıştır. Bu dönem de Ripple'ın fiyatı piyasa dinamikleri ve kripto para borsalarındaki likidite koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterse de genel olarak 3.30 dolar kadar yükselmiştir. Bu fiyat seviyesi, Ripple'ın 2017 yılı son çeyreğinde sergilediği olağanüstü piyasa performansının bir uzantısı olarak değerlendirilebilir. Ancak Ripple ve genel kripto para piyasası önemli bir düşüş trendine girmiştir. Nisan ve eylül ayları hariç her ay değer kaybederek 2018 yılının son çeyreğine gelindiğinde %82'nin üzerinde değer kaybetmiş ve 0.34 dolara seviyesine kadar gerilemiştir (Kharpal, 2018; Peker, 2021). Bu düşüş, piyasa düzeltmeleri, kripto para birimlerine yönelik düzenleyici çerçevelerin belirsizliği ve yatırımcıların risk algılarında meydana gelen değişiklikler gibi faktörlerle ilişkilendirilebilir. Bu durum, kripto para piyasalarının volatilitelerini ve bu piyasalardaki fiyat hareketlerinin çok yönlü etkenler tarafından nasıl etkilenebileceğini göstermektedir (Kharpal, 2018).

2019 yılında ise Ripple, Bitcoin ve Ethereum kripto para biriminin aksine, arka arkaya düşüş gerçekleştirmiştir ve bu yılda %44'ün üzerinde değer kaybeden kripto para biriminin 0.17 dolar seviyesine kadar gerilemiştir. Bitcoin boğa piyasasına girerken, Ripple genel bir istikrar dönemi olarak değerlendirilmekte ve varlık 0.17 ile 0.40 dolar arasında dalgalandığı görülmektedir. Aynı zamanda Bitcoin bir dalgalanma içerisine girerken ve Ripple, Ethereum da olduğu gibi kısa vadeli sınırlı değişikliklerle karakterize edilmektedir. Yaklaşık olarak 2019 yılının aralık ayı sonlarında, Çin'in Wuhan bölgesinde

baş gösteren COVID-19 virüsünün hızla yayıldığı ve bu durumun Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 31 Aralık 2019 tarihinde global bir sağlık krizi olarak tanımlanıp rapor edildiği görülmüştür. Bu durum, 2020 yılının ilk iki ayında dünya çapında artan bilgi paylaşımı ile beraber, mart ayında kripto para birimi Ripple kripto para biriminde belirgin bir düşüşe ve uluslararası finans piyasalarında ciddi bir istikrarsızlığa neden olmuştur. DSÖ'nün 11 Mart 2020 tarihinde hastalığın pandemi olarak ilan edilmesiyle dünya çapında COVID-19'un yayılımı hakkında sürekli güncellenen haberler başlamış, ardından 13 Mart'ta Amerika Birleşik Devletleri'nin ulusal acil durum ilanı ve seyahat kısıtlamaları gibi önlemleri açıklamasıyla birçok ülkede karantina ve yasal düzenlemeler hayata geçirilmiştir.

Bu olaylardan daha sonra Ripple kripto para birimi fiyatı hızlı bir düşüş trendine girmiş, bu durum ay boyunca devam ederek kripto para biriminin değerini yaklaşık 0.14 dolar seviyesine kadar düşürmüştür. Bu fiyat hareketliliği, diğer dijital varlıklarda gözlemlenen benzer eğilimlerle paralellik göstermektedir. Küresel düzeyde artan ölüm oranları ve iş kayıpları hakkındaki haberler, piyasa aktörlerinin genel durum hakkında karamsar bir görüş benimsemesine sebebiyet vermiştir. Bu gelişmeler, kripto para piyasasında bir gerileme ihtimalinin yüksek olduğu varsayımını desteklemiştir. Bu bağlamda, mart ayı boyunca Ripple'in piyasa değerindeki dalgalanmalar gözlemlenmiş, ancak Nisan ayından itibaren fiyatlar daha istikrarlı bir seyir izlemeye başlamıştır. Bununla birlikte Mayıs 2020 yılında ise dengelenmeye başlayan Bitcoin, üçüncü büyük boğa piyasasına gireceği Ekim 2020 yılına kadar önemli bir dalgalanma yaşanmamıştır. Bu dönemde finans piyasaları, büyük kuruluşların kripto para yatırımlarına yönelik nakit akışını gözlemlenmiştir. 2020 yılının kasım ayında 0.78 dolara kadar yükselmiştir.

Ripple Labs, Ripple Ağı'nın geliştiricisi olarak, Amerika Birleşik Devletleri Menkul Kıymetler ve Borsa Komisyonu (SEC) ile hukuki bir mücadele içerisinde. SEC, Ripple Labs'ın 2013'te fon toplama amacıyla XRP coinlerini kullanmasını ele almakta ve bu coinlerin kayıtsız menkul kıymetler olduğunu öne sürmektedir. Komisyon, Ripple Labs yöneticilerinin bu eylemlerinin yasadışı menkul kıymet işlemleri teşkil ettiğini iddia etmektedir. Bu durum, kripto para dünyasında önemli yasal ve düzenleyici sonuçlar doğurabilecek bir vaka olarak dikkat çekmektedir (Allcot, 2022). Dolayısıyla A.B.D Menkul Kıymetler ve Borsa Komisyonu'nun (U.S. Securities and Exchange Commission-SEC) açtığı dava ile aralık ayında tekrar 0.17 dolar seviyesine kadar gerilemiştir. Ancak yine de Ripple 2022 yılının başında açtığı fiyat üzerinde yılı

tamamlamıştır. Genel olarak 2020 yılında Ripple oldukça dalgalı bir seyir içerisinde olduğu ifade edilebilir (Peker, 2021).

2021 başlarında 1.59 dolarlık bir yükselişe tanık olan XRP, Mayıs 2022 yılına kadar 0.38 dolara düşerek genel bir düşüş trendine girmiştir. Bu durum finans uzmanları tarafından “kripto kışı” olarak adlandırılmaktadır. Ripple ve SEC arasındaki dava, kripto para piyasasının geleceği için belirleyici olup; Ripple lehine bir karar, kripto paraların menkul kıymetler olarak sınıflandırılmamasına yol açabilir. Ripple CEO'su Brad Garlinghouse, dava sonrası halka arz planlarına işaret etmiştir. Davanın sonucu ve Ripple'ın halka arzı, 2022 için XRP fiyat tahminlerini etkileyebilir. Changelly ve Trading Education'un tahminleri farklılık gösterirken, Findex'in uzman paneli, Ripple'ın SEC karşısındaki durumuna bağlı olarak çeşitli senaryolar sunmaktadır. CoinFlip'in kurucusu Polotsky, yıl sonu için 0.90 dolar öngörmüştür. Genel olarak, XRP'nin değerinin spekülasyon olduğu ve fayda yerine piyasa dinamiklerine dayandığı kabul edilmektedir. Şu anda, XRP 23.34 milyar dolarlık piyasa değeriyle dünyanın altıncı en büyük kripto para birimidir (Allcot, 2022).

2023 yılına gelindiğinde ise temmuz ayında gerçekleşen mahkeme kararı, Ripple için önemli bir başarı olarak kaydedilmiş ve bu zafer, XRP'nin fiyatının 0.94 dolara yükselmesine katkıda bulunmuştur. Ancak bu yükselişin ardından, piyasadaki genel eğilimlerin de etkisiyle XRP'nin değeri düşüşe geçmiş ve 0.42 dolar seviyesine kadar gerilemiştir. Bu düşüş, kazanılan tüm değer artışlarının kaybedilmesine yol açmıştır. ABD Menkul Kıymetler ve Borsa Komisyonu (SEC) tarafından Ripple CEO'su Brad Garlinghouse ve Yönetim Kurulu Başkanı Chris Larsen'e yönelik açılan davanın düşürülmesi, XRP'nin değerinde belirgin bir artışa sebep olmuştur. Bu gelişmenin ardından, genel piyasa yükselişi ve Bitcoin Spot ETF ile ilgili haberler XRP'nin fiyatını olumlu yönde etkilemiş ve kripto para biriminin 0.50 doların üzerinde işlem görmesine neden olmuştur. Bu durum, kripto para piyasalarındaki hukuki gelişmelerin ve genel piyasa dinamiklerinin XRP gibi dijital varlıkların değerlendirmesi üzerinde ne kadar belirleyici olduğunu göstermektedir (Ülker, 2023).

Bu gelişmelerin ardından yatırım ufukları kapsamında Ripple kripto para birimi değerlendirildiğinde, genel olarak belli dönemlerde önemli dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Bu dalgalanmalarının temel nedeni; Amerikan Express ve Santander gibi öncü finansal kurumlarla gerçekleştirilen pilot projeler ve 2017 Aralık ayında, SBI Holdings ile Ripple'ın ortaklaşa kurduğu SBI Ripple Asia, Japonya'daki kredi kartı

şirketleriyle Blockchain teknolojisini kullanmayı amaçlayan bir konsorsiyum oluşturması olabilir. Bu gelişmelerin yanı sıra 2018 yılında kripto para piyasasının düşüş trendine girmesiyle birlikte dalgalanmalar devam ettiği söylenebilir. Bu dalgalanmalar, Ripple'ın benzer fraktal yapılar yerine kendine özgü fraktal yapılar oluşturduğunu gösterir niteliktedir. Fiyat keşfinin analizi, Ripple yatırımcılarının kurumsal yatırımcılar, piyasa dinamikleri, hükümet politikaları ve pandemiye ilişkin gelişmelerden ciddi anlamda etkilendiğini açığa çıkarmaktadır. Bu durum, Ripple'ın doğasındaki koşulsuz volatilitiyi yansıtmaktadır. Bu bağlamda, Ripple getirilerinin farklı yatırım perspektifleri altında fraktal dinamikler sergilediği söylenebilir. Kasım 2018'den itibaren tekrarlanan ve zaman içinde döngüsel bir yapı sergileyen önemli dalgalanma modelleri görülmektedir. Bu tekrar eden modeller dikey olarak genişlerken, zaman içinde daha uzun vadeli bir bakış açısına yayılmaktadır; bu durum, volatilitite fraktallarının benzerlikten ziyade kendi özgün yapılarını geliştirdiğini gösterir. Ripple'ın piyasa rejimleri arasındaki geçişler geçici olabilir. Ancak her rejimdeki kalıcılık artarak devam etmektedir. Bu, muhtemelen yatırımcıların takvim olaylarına göre mevsimsel olarak zamanlama yapmaları ve istikrarsız dönemlerde yatırım ufuklarının değişmesi ile ilişkili olabilir.

Ripple kripto para biriminin piyasa rejimleri arasındaki geçişler geçici olabileceği söylenebilir. Ancak her rejimdeki kalıcılık artarak devam etmektedir. Bu da muhtemelen yatırımcıların, takvim olaylarına göre mevsimsel olarak zamanlama yapmaları ve istikrarsız dönemlerde yatırım ufuklarının değişmesi ile ilişkili olabilir. Coin'in hem kısa hem de orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilere incelendiğinde en düşük ve en yüksek değerleri 2018 ve 2019 yıllarının yanı sıra 2021 ve 2022 yıllarında olduğu görülmektedir. Bu düşü ve yükselişlerin temel nedeni hem Ripple kendi ekosistemindeki gelişmeler hem de küresel çapta meydana gelen gelişmelerden kaynaklandığı ifade edilebilir. En yüksek ve en düşük değerlerin 2017, 2018 ve 2020 yılında olduğu görülmektedir. Bu şokların temel sebebi 2017 yılındaki boğa rallisinin hemen sonra 2018 yılında kripto para piyasasının düşüş trendine girmesi ve küresel çapta COVID-19 salgınının başlangıcı sırasında, karantina, ölüm sayıları, piyasa belirsizlikleri, merkez bankası açıklamaları gibi haberlerden etkilenmesidir ve bu, getirilerin kalıcı bir volatilitite sergilediğini göstermektedir. Ayrıca Ripple'ın getirileri Haziran 2018'den 2019'un başına kadar düşüş gerçekleşmiş, kısa vadeli ölçek getirileri ise Ripple'ın 2020 Ekim'inde başlayan üçüncü boğa piyasasına girdiğini göstermektedir.

Her iki boğa piyasasının da orta vadeli ölçeklerde (16-32 günlük ve 32-64 günlük) belirli bir kalıcılık sergilediği görülmektedir. Uzun vadeli ölçekler (64-128 günlük ve 128-256 günlük) bu olayları yansıtsa da etkilerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Bu, Ripple'ın getirilerinin dört ay veya altı aylık dönemler daha az etkiler sergilediğini göstermektedir. Ripple'ın getirilerinin yıllık döngüler sergilediği açıktır. Bu döngüler, düşük frekans eğilimleri nedeniyle uzun hafızanın varlığını işaret etmektedir. MODWT analizi, Ripple getirilerinin farklı piyasa koşullarında kalıcı dalgalanmaları açığa çıkardığını göstermektedir. Bu küçük ve büyük dalgalanma dönemlerinin bir arada gözlemlendiği anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle düşük volatilité dönemleri düşük volatilité dönemlerini, yüksek volatilité dönemlerini yüksek volatilité dönemlerini gösterdiğini ifade edilebilir. Bu yüzden Ripple hem fraktal hem de multifraktal yapıya sahip olduğunu ve MODWT filtreleme yaklaşımıyla bu volatilitenin kendine benzeyen (Self-similarity) ve kendine yakın fraktallar ile gösterebileceği sonucuna varılabilir. Ripple kripto para birimi için hesaplanan Hurst üsteli- R/S sonuçları Tablo 22 ve Şekil 57'te yer almaktadır.

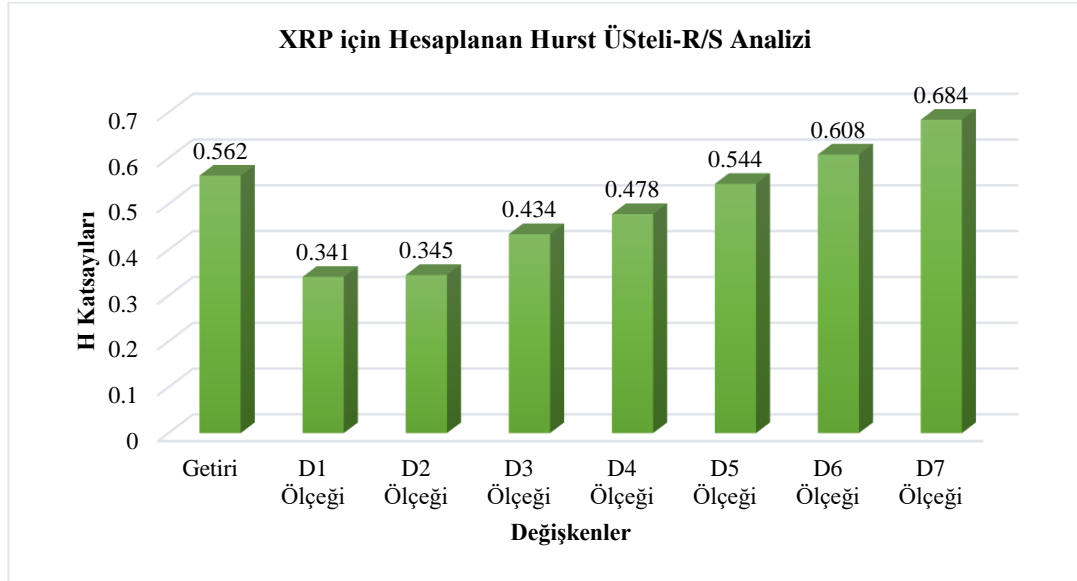
Tablo 22. Ripple için Hesaplanan Hurst Üsteli- R/S Analiz Sonuçları

	Hesaplanan Hurst Üsteli (H)	
	R/S Analizi	Güven Aralıkları
Ripple Getiri	0.562	0.3977-0.5969 ^b
D1 Ölçeği	0.341 ^{***}	0.3681-0.6262 ^a
D2 Ölçeği	0.345 ^{***}	0.3681-0.6262 ^a
D3 Ölçeği	0.434	0.3977-0.5969 ^b
D4 Ölçeği	0.478	0.3977-0.5969 ^b
D5 Ölçeği	0.544	0.3977-0.5969 ^b
D6 Ölçeği	0.608 ^{**}	0.4135-0.5813 ^c
D7 Ölçeği	0.684 ^{***}	0.3681-0.6262 ^a

Not: Tablo da yer alan farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölçek getirileri; (D1 = 2-4 günlük, D2 = 4-8 günlük, D3 = 8-16 günlük, D4 = 16-32günlük, D5 = 32-64 günlük, D6 = 64-128 günlük, D7, 128-256 günlük) olarak sınıflandırılmıştır. ***, **, ve * sembolleri 1% (0.3684-0.6262)^a 5% (0.3979-0.5966)^b ve 10% (0.4137-0.5811)^c anlamlılık düzeylerindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. Hurst Üstelinin 1%, 5% ve 10% güven aralık değerleri Weron (2002)'den temin edilmiştir.

Ripple kripto para birimine ait getiri, (D1, D2, D3) kısa vadeli yatırım ufukları, (D4, D5) orta vadeli yatırım ufukları ve (D6 ve D7) uzun vadeli yatırım ufukları için hesaplanan Hurst üstelinin en düşük katsayısı 0.341 ile D1 kısa vadeli yatırım ufukundaki veride olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla D2 kısa vadeli yatırım ufku için 0.345 değeri, D3 kısa vadeli yatırım ufku için 0.434 değeri, D4 orta vadeli yatırım ufku için 0.478 değeri, D5 orta vadeli yatırım ufku için 0.544 değeri, Binance Coin getiri için 0.562

değeri, D6 uzun vadeli yatırım ufku için 0.608 değeri ve D7 uzun vadeli yatırım ufku için ise 0.684 değeri elde edilmiştir.



Şekil 57. XRP için Hesaplanan Hurst Üsteli Grafiği

Tablo 22 ve Şekil 57’de yer alan sonuçlar değerlendirildiğinde; Ripple kripto para birimine ait getiri, kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına göre hesaplanan Hurst üsteli katsayısı en düşük D1 kısa vadeli yatırım ufkunda 2-4 günlük getirilerde olduğu gözlemlenmektedir. En yüksek Hurst üsteli değeri ise D7 uzun vadeli yatırımdaki 128-256 günlük getirilerde olduğu tespit edilmiştir.

Teorik olarak Hurst üstelinin 1(bir) değerine yaklaşması durumunda serideki gürültü seviyesi azalmakta ve beklenen değerler Rassal Yürüyüş Hipotezi’nden uzaklaşmaktadır (Mulligan, 2004). Bu kapsamda Ripple kripto para birimi için elde edilen sonuçlara bakıldığında Ripple getirisine ait hesaplanan Hurst üsteli katsayısı 0.562 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu bulgu EPH’nin varsaydığı $H = 0.50$ katsayısından farklılaşmaktadır.

Fraktal piyasa hipotezine göre Hurst üstelinin katsayısı < 0.50 olması seride devamlılığı olmayan, ortalamadan sapan, negatif otokorelasyona sahip yani seride kalıcı olmayan davranış sergilediğini ve ortalamaya dönüş süreci olduğunu, artışları/azalışları büyük olasılıkla artışların/azalışların izleyeceği belirtmektedir. Diğer bir ifadeyle Hurst katsayısının 0.50 değerinin altında tahmin edilmesi durumunda etkin piyasa hipotezinin varlığının tamamen reddedileceğini ifade edilmiştir (Mulligan, 2004). Hurst üsteli > 0.50 ise serinin devamlı, trend pekiştiren kalıcı bir davranış sergilediğini yani uzun hafızanın varlığından söz edilebilir. Bu doğrultuda Ripple getiri katsayısı 0.562 ile 0.50

katsayısından büyük olduğu için Ripple getirisinin etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin olmadığı serinin rassal yürüyüş sergilemediği ancak fraktal piyasa hipotezinde belirtildiği gibi kesikli Brownian süreci sergilediği ifade edilebilir.

Ayrıca bu sonuca göre Ripple getirisinde devamlı, trend pekiştiren kalıcı bir davranış sergilediğini diğer bir ifadeyle uzun hafızanın özelliğinden söz etmek mümkündür. Benzer şekilde, D5 orta vadeli yatırım ufku ve D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları incelendiğinde D5 Hurst katsayısı 0.544, D6 Hurst katsayısı 0.608 ve D7 Hurst katsayısı 0.684 katsayısı ile 0.50 katsayısından büyük olduğu gözlemlenmektedir. D5, D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları için piyasaya giren bilgi şoklarının hiperbolik oranda elemine olduğu için bu sebeple geçmiş getiriler bakımından geleceğin getirilerini tahmin edilebileceği çıkarımında bulunulabilir. Bu sonuç Ripple getirileri için uzun vadeli yatırım ufuklarında etkin piyasa hipotezinin göz ardı edilebileceği ve birbirlerini tekrarlayan trendler oluşturduğu için fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu şeklinde yorumlanabilir. Uzun vadeli yatırım ufuklarında Hurst katsayısı yani üsteli bütün örnekleme yakın değerler alması kendine benzerlik (self-similarity) yani fraktallığa dair kanıtlar sunmaktadır.

Diğer yandan, D1, D2 ve D3 kısa vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular değerlendirildiğinde D1 katsayısı, 0.341, D2 katsayısı 0.345 ve D3 katsayısı 0.434 ile 0.50 değerinden küçük olduğu için Ripple getirilerinde etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin piyasa hipotezinin tamamen reddedildiği ve serilerin rassal yürüyüş sergilemediği şeklinde yorumlanabilir. Aynı şekilde D4 orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular incelendiğinde ise D4 katsayısı 0.478 ile 0.50 değerinden küçük olduğundan dolayı Ripple getirilerinde etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin piyasa hipotezinin tamamen reddedildiği ve serilerin rassal seyir sergilemediği tespit edilmiştir. Hem kısa vadeli hem de orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bu bulgular etkin piyasa hipotezinin varsaydığı $H=0.50$ değerinden farklı olması aslında Ripple getirilerinde kaotik bir yapı sergilediği söylemek mümkündür. Bu da yatırımcılar, piyasaya yeni gelen bilgiye, etkin bir piyasada olması gerekenden daha fazla tepki vererek keskin ve yüksek dalgalanmalara sebebiyet verebileceği ifade etmek mümkün olabilir.

Genel olarak bulgular özetlendiğinde, Ripple getirilerinin kaotik yapısı ve yatırımcıların aşırı tepkileri, etkin piyasa hipotezinin sınırlılıklarını göstermektedir. Bu durum, piyasa fiyatlarında beklenmedik ve aşırı dalgalanmalara yol açabilir, yatırım

riskini artırır. Bu riski yönetmek için portföy çeşitlendirmesi önemlidir. Çeşitlendirme, yatırımları farklı varlık sınıfları, coğrafi bölgeler ve sektörler arasında yayarak riski azaltmayı amaçlamaktadır. Kısa ve orta vadeli yatırım ufukları için Ripple'ın analizi, piyasa zamanlamasının zorluklarını ve yüksek volatilitenin getirdiği riskleri ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, yatırımcıların portföylerini dikkatlice çeşitlendirmeleri ve Ripple piyasa koşullarına uygun stratejiler geliştirmeleri gerekebilir. Bu yaklaşımlar, piyasa anomalilerine karşı koruma sağlayarak daha sağlam yatırım kararları alınabilir.

Kripto para piyasalarında gözlemlenen volatilitenin ve piyasa şoklarının süregelen etkilerinin modellenmesinde, kısa ve uzun hafıza modellerinin kritik bir yeri bulunmaktadır. Bu modeller, piyasalardaki volatilitenin yapılarını anlamak ve gelecekteki dalgalanmaları öngörmek için temel araçlar olarak kullanılmaktadır. Kısa hafıza modelleri, özellikle GARCH, EGARCH modelleri gibi, kısa vadeli oynaklık değişimlerini yakalayarak piyasa hareketlerinin günlük veya haftalık gibi kısa zaman dilimindeki dinamiklerini analiz etmeye odaklanmaktadır. Bu modeller, geçmiş verileri kullanarak mevcut piyasa koşullarını yorumlamada ve kısa vadeli yatırım kararları alınmasında yatırımcılara katkı sağlayabilir. Diğer taraftan, uzun hafıza modelleri, örneğin HYGARCH, FIEGARCH modelleri gibi, finansal zaman serilerindeki uzun vadeli eğilimleri ve bağımlılıkları ortaya çıkarmaktadır. Bu modeller, kripto para piyasalarındaki daha uzun vadeli eğilimleri ve döngüleri, yani aylar veya yıllar boyunca devam eden piyasa hareketlerini analiz etme yeteneğine sahiptir. Uzun hafıza modelleri, piyasa şoklarının piyasa davranışları üzerindeki uzun vadeli etkilerini de değerlendirir, böylece yatırımcılar daha stratejik yatırım planlaması yapmalarına olanak sağlayabilir. Bu iki modelin birleşik kullanımı, kripto para piyasalarının karmaşık volatilitenin yapısını ve piyasa davranışlarının zaman içinde nasıl evrildiğini daha kapsamlı bir şekilde anlamaya olanak sağlayabilir. Kripto para piyasalarının geleneksel finansal piyasalardan ayrılan dinamikleri göz önüne alındığında bu modellerin özgün uygulamaları ve adaptasyonları son derece önemli olabilir. Yatırımcılar ve piyasa analistleri, bu modelleri kullanarak kripto para piyasalarının özgül risk profillerini ve özelliklerini daha iyi anlayabilir, dolayısıyla daha bilinçli ve stratejik yatırım kararlar almalarına yardımcı olabilir. Kripto para piyasalarındaki bu analitik yaklaşımlar, yatırımcıların ve analistlerin piyasa hareketlerine karşı daha hazırlıklı olmalarını ve piyasa dalgalanmalarına karşı etkili stratejiler geliştirmelerini sağlayabilir. Ripple için farklı yatırım ufuklarına göre volatilitenin modellenmesi sonuçları Tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 23. Ripple için Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Volatilite Modelleme Sonuçları

	Ripple-Getiri	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
En Uygun Volatilite Modeli	AR(2) MA(1) FIGARCH (1,d,1)	AR(1) MA(1) C-GARCH (1,1)	AR(2) C-GARCH (1,1)	AR(1) MA(1) C-GARCH (1,1)	AR(2) MA(1) GARCH(1,1)	AR(1) MA(1) FIGARCH (1,d,1)	AR(1) MA(1) FIGARCH (1,d,1)	AR(1) MA(1) FIGARCH (1,d,1)
Ortalama Denklem								
Sabit (c)	-0.000622 (0.000737)	3.12e-08 (2.50e-07)	9.34E-06 (0.000156)	-0.000150 (0.000573)	-6.63E-05 (0.000380)	-0.000400 (0.002728)	-3.52e-05 (0.000275)	-2.36e-05 (0.001367)
AR	0.831041 (0.061392)***	-0.494633 (0.018197)***	0.523764 (0.014004)***	0.706072 (0.014113)***	1.660537 (0.014036)***	0.993468 (0.001994)***	1.981700 (0.002929)***	0.998734 (0.000299)***
AR	0.095054 (0.022418)***	-	-0.74288 (0.012670)***	-	-0.771990 (0.013717)***	-	-	-
MA	-0.940427 (0.054388)***	-0.999148 (0.037443)***	-	0.998463 (0.000580)***	0.999109 (0.000488)***	0.997918 (0.000943)***	-0.987681 (0.002928)***	0.999166 (0.000207)***
Varyans Denklem								
Sabit (ω)	0.000416 (5.26e-05)***	0.024151 (0.027882)	0.018714 (0.0111354)***	0.001487 (0.006349)	2.92e-08 (7.86e-09)	126e-08 (3.65e-09)***	6.66e-11 (2.58e-11)***	4.06e-11 (1.66e11)**
d-Figarch	0.751864 (0.044235)***	-	-	-	-	0.580676 (0.033863)***	0.592167 (0.085452)***	0.815761 (0.024024)***
ARCH (α)	0.430758 (0.046913)***	0.037364 (0.011808)***	0.078748 (0.028650)***	0.107365 (0.033546)***	0.140037 (0.014900)***	0.453087 (0.077437)***	0.534682 (0.069714)***	0.506708 (0.103038)***
GARCH(β)	0.616058 (0.048599)***	0.521302 (0.03743)***	0.689589 (0.039569)**	0.778138 (0.042988)***	0.855453 (0.013877)***	0.264980 (0.083387)***	0.874199 (0.028983)***	0.338181 (0.121426)***
TGARCH(ρ)	-	-	-	-	-	-	-	-
CGARCH(ρ)	-	0.999981 (2.13e-15)***	0.999932 (8.14E-15)***	0.999794 (0.000888)***	-	-	-	-
CGARCH(γ)	-	0.373108 (0.027428)***	0.262348 (0.034201)***	0.182718 (0.038934)***	-	-	-	-
Log (α)	-	-	-	-	-	-	-	-
AIC	-2.939533	-5.260936	-5.712364	-7.454636	-10.32725	-11.92328	-15.62970	-16.24952
SIC	-2.920890	-5.239963	-5.691391	-7.433663	-10.30860	-11.90464	-15.61105	-16.23087
HQ	-2.932765	-5.253322	-5.704750	-7.447022	-10.32048	-11.91651	-15.62293	-16.24275
Log-Likelihood	3680.947	6582.540	7145.599	9323.568	12911.890	14906.140	19537.310	20311.770

Not: Tablo'da yer alan farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölçek getirileri; (D1 = 2-4 günlük, D2 = 4-8 günlük, D3 = 8-16 günlük, D4 = 16-32günlük, D5 = 32-64 günlük, D6 = 64-128 günlük, D7, 128-256 günlük) olarak sınıflandırılmıştır. ***, **, ve * sembolleri 1%, 5% ve 10% anlamlılık düzeylerindeki istatistiksel anlamlılığı ve () ise standart hataları göstermektedir.

Tablo 23’de Ripple için getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre getirilerinin volatilitelerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Ripple için en uygun model ile hem kısa hafıza hem de uzun hafıza varlığının yanı sıra etkin piyasa hipotezinin ve fraktal piyasa hipotezinin geçerliliğini test etmek için p, q aralıklarında ARCH, GARCH, EGARCH, T-GARCH, GJR-GARCH, C-GARCH, APARCH, GARCH-M, HYGARCH, FIGARCH, FIAPARCH ve FIEGARCH modelleri ($p, q = 0, 1, 2$) tahmin edilmiş ve Log-Likelihood ve AIC, SIC ve HQ bilgi kriterlerine göre en uygun volatiliteler elde edilmiştir. Tablo da yer alan α ve β sırasıyla ARCH ve GARCH terimlerinin katsayılarıdır. Burada α kripto para piyasasındaki herhangi bir şokun veya habere verilen tepkiyi tahmin eden ARCH etkisini temsil etmektedir. β ise volatilitenin kalıcılığını tanımlayan GARCH etkisini ifade etmektedir. Yüksek ARCH katsayısı (α) volatilitenin gelen haberlere duyarlılığının daha yüksek olduğunu, yüksek GARCH (β) katsayısı ise volatilitenin kalıcılığının yüksek olduğunu ve volatilitenin etkisinin daha yavaş elemine olduğunu ifade etmektedir. GARCH modeli yalnızca α ve β ’nin toplamı birden az olması beklenmektedir. Component GARCH (1, 1) modeli, finansal zaman serilerinin volatilitelerinin modellenmesinde kullanılan bir yöntemdir ve volatiliteleri kalıcı (uzun vadeli) ve geçici (kısa vadeli) bileşenlere ayırmaktadır. Teta (θ) ve rho (ρ) C-GARCH (Component GARCH) parametresini ifade ederken, “ d ” ise uzun hafıza parametresini göstermektedir. “ d ” uzun hafıza parametresi (Tablo 9)’da yer alan değer aralıklarına göre yorumlanmıştır. “3.7. Finansal Zaman Serilerinde Otokorelasyon” ve “3.8. Finansal Zaman Serilerinde Değişen Varyans” başlıkları altında açıklandığı için burada yer verilmemiştir.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde; Ripple getirisi için en uygun volatiliteler modelin AR(2)MA(1) FIGARCH (1, d , 1) olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre Ripple kripto para birimine ait uzun hafızanın varlığını gösteren “ d ” katsayısının 0.751864 değerini alarak %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. Elde edilen bu bulguya göre Ripple getirisinin güçlü bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Uzun hafıza özelliğinin olması, geçmiş gözlemler ile pozitif bağımlılık sergilediğini diğer bir ifadeyle fiyat hareketlerinin geçmiş gözlemlerdeki trendlerden etkilendiğini göstermektedir. Aynı zamanda, volatilitenin geçmiş bilgi şoklarının uzun vadeli etkilerinin olduğu ve bu etkilerin çok uzun süreli veya kalıcı olmadığı yani hiperbolik hızda azaldığını söylemek mümkündür.

Dolayısıyla Ripple piyasasına gelen bilgi şoklarının yavaş yavaş eline olduğu için Ripple getirilerine ait geçmiş getirilerden yararlanarak geleceğe ilişkin getirilerinin tahmin edilebileceği ifade edilebilir. Tabloda yer alan α ve β katsayılarının pozitif ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. α katsayısının 0.430758 değeri aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Ripple getirisine gelen bilgi şoklarının %43'nün geçmiş dönemdeki volatiliteden kaynaklandığı ifade edilebilmektedir. Diğer yandan β katsayısının 0.616058 değeri aldığı görülmektedir. Bu katsayıya göre bir önceki dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemi etkilediği ifade edilebilir ve mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Bu sonuçlara göre XRP kripto para biriminin volatil bir yapıya sahip olduğu ve yüksek volatiliteler dönemlerinin yüksek volatiliteler dönemlerini, düşük volatiliteler dönemlerini düşük volatiliteler dönemlerini takip ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla Ripple getirileri için EPH'nin ihlal edilebileceği ve FPH'nin geçerli olduğunu göstermektedir.

Kısa ve orta vadeli yatırım ufukları için en uygun volatiliteler modeli sırasıyla; D1 için AR(1) MA(1) C- GARCH (1, 1), D2 için AR(2) C-GARCH (1, 1), D3 için AR(1) MA(1) C- GARCH (1, 1) ve D4 için ise AR(2) MA(1) GARCH (1, 1) olduğu görülmektedir. Kısa vadeli yatırım ufukları için oluşturulan C-GARCH(1, 1) modeline göre α , β ve θ katsayısı 0 ile 1 arasında olduğu ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmış olup; kısa ve uzun dönemli volatiliteler bileşenleri arasındaki etkileşimi göstermekte ve varyansın birbirine yakınsadığı göstermektedir. Bu sonuca göre Ripple 2-4 günlük, 4-8 günlük ve 8-16 günlük getirilerinde θ pozitif bir değer alması, kısa vadeli volatiliteler artışının uzun vadeli volatiliteler bileşenini artırıcı bir etki göstermektedir. Bu, Ripple piyasa şoklarının ve kısa vadeli oynaklığın, uzun vadeli volatiliteleri yükselttiği anlamına gelmektedir. Kısa vadeli volatilitenin yükselmesi durumunda, bu artışın uzun vadeli volatiliteleri de artırarak kümülatif risk etkisi oluşturduğunu gösterebilir. Bu durum yatırımcıların ve piyasa katılımcılarının kısa vadeli volatiliteler artışlarına uzun vadede daha duyarlı tepki gösterdiğini gösterebilir. Bu, piyasa katılımcılarının kısa vadeli şoklara karşı hassas olduğunu ve bu şokların uzun vadeli risk algısını artırdığını şeklinde ifade edilebilir.

D4 orta vadeli yatırım ufku için elde edilen sonuca göre; modelinin uygun gecikme oranlarına ve sabit varyans özelliklerine sahip olduğu göstermektedir. Kurulan

modelde α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu da koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermektedir. α katsayısının 0.140037 değeri aldığı saptanmıştır. Buna göre Ripple 16-32 günlük orta vadeli yatırım ufku getirilerine gelen volatilitte şoklarının %14'inin geçmiş dönemlerden kaynaklandığını göstermektedir. Öte yanda β katsayısının 0.855453 değeri aldığı görülmektedir. Bu değere göre 32-64 günlük getirilerde volatilitenin önemli ölçüde otoregresif olduğunu göstermektedir. Bu durum, geçmiş dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemdeki volatilitte üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca α ve β katsayılarının toplamına bakıldığında ise kümülatif toplamının 0.99549 olarak hesaplandığı görülmektedir. Yani elde edilen bu bulgu bir (1)'den küçük olup; volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermektedir. Ancak 1(bir)'e oldukça yakın olması volatilitenin direnci hakkında da ipucu vermektedir.

α ve β 'nin tahmin değerlerinin pozitif ve anlamlı olması, volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu ve piyasa şoklarının geçici etkiler yarattığını göstermektedir. Elde edilen bu bulgulara göre kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarına göre Ripple getirilerinin kaotik bir yapı sergilediğini gözlemlenmiştir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında bilgi asimetrisi oldukça yüksek olması ve bu yatırım ufuklarında önceki ortalamaya dönmemesi ve farklı bir ortalama oluşturması nedeniyle EPH'nin geçerli olmadığı ve benzer şekilde kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında kendine benzerlik (self-similarity) göstermediği anlamına gelmektedir. Bu da yatırımcıların piyasaya yeni giren bilgilere verdiği tepkilerin, etkin bir piyasa hipotezinde öngörülenden daha fazla olabileceği ve bu durumun belirgin ve büyük dalgalanmalara yol açabileceği öne sürülebilir. Bu durum, piyasa katılımcılarının, etkin piyasa hipotezinde varsayılan teorik denge davranışlarından saparak, volatilitteyi artırıcı tepkiler sergileme eğilimlerinde olabileceğini ifade edilebilir. Bu durumda riskli seven yatırımcıların kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarını tercih edebilecekleri söylenebilir.

D5, D6 ve D7 orta ve uzun vadeli yatırım ufukları için en uygun volatilitte model; sırasıyla AR(1) MA(1) FIGARCH(1, d , 1), AR(1) MA(1) FIGARCH (1, d , 1) ve AR(1) FIGARCH (1, d , 1) olduğu görülmektedir. Bu bulguya göre Ripple için 32-64 günlük, 64-128 günlük ve 128-256 günlük yatırım ufuklarına ait getirilerinin uzun hafıza varlığını

gösteren “ d ” katsayılarının 0.580676, 0.59216) ve 0.815761 olduğu görülmekte ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. 32-64 günlük, 64-128 günlük ve 128-256 günlük uzun vadeli yatırım ufuklarında XRP getirilerinin güçlü bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Bu getiriler de uzun hafıza özelliği sonucuna varılması, geçmiş gözlemler ile pozitif bağımlılık sergilediği söylenebilir. Başka bir ifadeyle, fiyat hareketlerinin geçmişteki trendlerden etkilendiğini göstermektedir. Aynı zamanda volatilitenin geçmiş bilgi şoklarının uzun vadeli etkilerinin olduğunu ve bu etkilerinin yavaş yavaş azaldığını veya elimine olacağını göstermektedir. Dolayısıyla bu kripto para biriminin volatil bir yapıya sahip olduğu ve etkin piyasa hipotezinin ihlal edilebileceği anlamına geldiğini fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu ifade etmek mümkündür. Buna göre orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında Ripple getirilerine ait geçmiş getirilerden yararlanarak geleceğe ilişkin getirilerinin tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir. Ayrıca kurulan modellerde α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı ve α katsayılarının sırasıyla 0.453087, 0.534682 ve 0.506708 katsayılarının aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Ripple getirilerine ulaşan bilgi şoklarının 32-64 günlük yatırım ufku için %45, 64-128 günlük yatırım ufku için %53 ve 128-256 günlük yatırım ufku için %50’sinin geçmiş dönemden kaynaklandığı söylemek mümkündür.

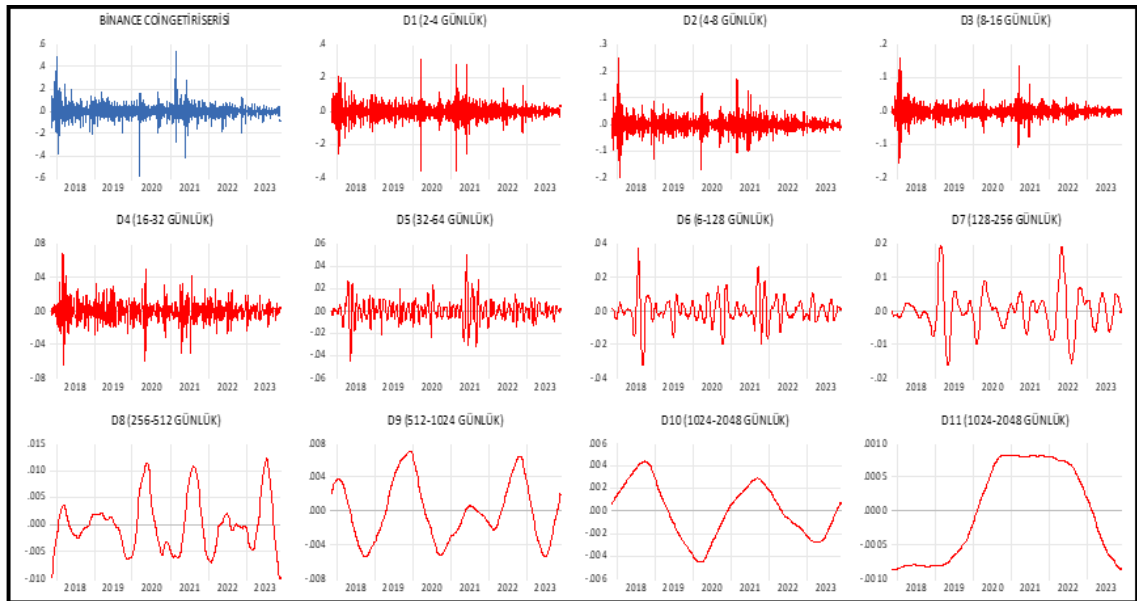
Öte yandan, β katsayılarının sırasıyla 0.264980, 0.874199 ve 0.338181 katsayılarının aldığı görülmektedir. Bu değerlere göre bir önceki dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemi etkilediği ifade edilebilir ve mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Ripple kripto para biriminin volatil bir yapıya sahip olduğu ve etkin piyasa hipotezinin ihlal edilebileceği ve fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu söylenebilir. Bu da portföy yöneticilerin, araştırmacıların ve yatırımcıların 32-64 günlük, 64-128 günlük ve 128-256 günlük yatırım ufuklarına göre geçmiş trendleri takip ederek geçmiş getirilerden yararlanarak gelecekte getirileri tahmin edebileceklerini ifade edilebilir. Dolayısıyla risk sevmeyen veya nötr yatırımcıların uzun vadeli yatırım ufuklarına göre yatırım stratejilerini belirlemek ve tercih edebileceği söylenebilir.

Bu sonuçlara göre riskli seven portföy yöneticileri, araştırmacılar ve yatırımcıların etkili bir portföy çeşitlendirmesi için 2-4 günlük, 4-8 günlük ve 8-16 günlük kısa vadeli yatırım ufuklarına ve 16-32 günlük yatırım ufukuna odaklanması gerektiği gösterirken, riskli sevmeyen veya nötr portföy yöneticilerin, araştırmacıların ve yatırımcıların etkili bir

portföy çeşitlenmesi için 32-64 günlük, 64-128 günlük ve 128-256 günlük orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına odaklanması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca yatırımcılar kripto para piyasalarının volatilitesine karşı korunmak için uzun vadeli yatırım ufuklarına göre yatırım stratejileri benimseyebilir ve Ripple'ın portföylerine eklemeleri risk yönetimi açısından faydalı olabileceği ve çeşitlendirmenin yararını arttıracığını düşünülmektedir. Bu da kripto para piyasasındaki dalgalanmalara karşı daha uygun bir yaklaşım sağlayacağı söylenebilir.

3.12.4. Binance Coin Analiz Sonuçları

Şekil 58'da Binance Coin getiri serisinin Maksimum Örtüşmeli Ayrık Wavelet Dönüşümü (MODWT) kullanılarak ayrıştırılması göstermektedir. Bu Binance Coin kripto para birimine ait getiri serileri $J = 7$ 'nci ölçeğe kadar ölçeklendirilmiştir. Her ne kadar ölçek uzunluğu maksimum 11'nci ölçeğe kadar çıkarmak mümkün olsa da ($\log_2(2205) \approx 11.2974$ olduğu için) verinin ayrıntı düzeyinden ödün vermeden en dengeli ve uygun bilgiyi elde etmek için 7'nci ölçeğe kadar ayrıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Binance Coin getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölçek getirilerine ilişkin detayları şu şekilde açıklanmıştır:



Şekil 58. Binance Coin(BNB) için Getiri ve Farklı Zaman Ölçek Getiri Serilerine İlişkin Grafikler; bu şekil, maksimum örtüşmeli ayrık wavelet dönüşümü (MODWT) kullanarak BNB'nin günlük serisinin 06/11/2017- 21/11/2023 tarih aralığındaki verileri kullanarak çoklu ayrıştırma (multiresolution) analizini sunmaktadır. Y eksenleri getirilerin çok ölçekli davranışını (multiscale movement) göstermektedir. Seriler, $J = 1$ ila 7 ölçek düzeyinde (veya 2-128 günlük periyodunda) 7 uzunluğunda Daubechies wavelet filtresi kullanılarak ayrıştırılmıştır. Periyodik sınır koşulu uç noktadaki wavelet katsayıları için bir çözüm olarak uygulanmıştır.

Şekil 58’de yer alan Binance Coin kripto para birimine ait getiri ve farklı yatırım ufuklarına ilişkin grafikler değerlendirilmiştir. 2017 yılı Binance Coin için başlangıç yılı olarak kabul edilebilir ve bu dönemde kripto para biriminin ilk halka arzı (ICO) gerçekleştirilmiş ve finansal teknoloji alanına girmiştir. Ayrıca 2017 yılında Changpeng “CZ” Zhao tarafından kurulan Binance, kripto para birimlerinin alım ve satımı için birbirinden farklı uygulamalar ve hizmetler sunarak kripto para piyasasında en büyük kripto para borsalarından biri haline gelmiştir (Binance News, 2023). Bu kripto para birimi, başlangıçta Binance.com borsasında işlem ücretlerinin indirimli olarak ödeme aracı olarak tasarlanmıştır. Halka arz sürecinde, yaklaşık 15 milyon dolar elde ederek büyük bir başarı göstermiş ve bu başarı, Binance Coin için başlangıç likiditesini ve piyasa güveni sağladığı söylenebilir. Bu durum Binance kripto para borsasının hızlı gelişmesi ve büyümesi, Binance Coin’inin piyasa değerine olumlu yönde etkilediği ifade etmek mümkündür.

BNB kripto para biriminin piyasa değeri 42 milyar doları aşarak kripto para piyasasında üçüncü sıraya yükselmiştir. Ayrıca kripto para biriminin piyasa değerindeki artış, teknolojik gelişmeler, kullanım alanlarının genişlemesi, ekosistemdeki çeşitlenme ve kripto para biriminin benimsenme oranındaki artış ile ilişkili olduğu ifade edilebilir. Bu gelişmelerden en önemlisi olan Binance Coin Ethereum tabanlı bir ERC-20 tokeni olmaktan, kendi blockchain’i olan Binance Chain’e ve ardından Binance Akıllı Zinciri’ne (Binance Smart Chain) geçiş yapmasını takiben gerçekleşmiştir. Binance Coin’inin Ethereum tabanlı bir ERC-20 tokeni olmaktan Binance Chain ve Binance Akıllı Zinciri’ne (Binance Smart Chain) geçişi, Binance Coin’e ek olarak işlevsellik ve kullanım alanları sağlamıştır. Bu geçiş, Binance Coin’i sadece Binance platformundan bir ödeme aracı olmaktan çıkarıp, geniş bir uygulama yelpazesine sahip, kendi başına bir değer deposu ve değişim aracı haline gelmiştir. Binance Coin’inin bu gelişimi, kripto para ekosistemi dışındaki kullanım durumları arasında, kripto kredileri için teminat olarak kullanılması ve merkezi olmayan finans (DeFi) ve Binance Akıllı Zinciri (BSC) topluluk projeleri tarafından desteklenmesi yer almaktadır.

Bu gelişmiş uygulama alanları, Binance Coin’inin işlevselliğinin ve piyasa değerinin artmasında önemli rol oynamıştır. Binance Coin, Binance ekosistemi içinde ve dışında, özellikle DeFi ve Binance Akıllı Zinciri (BSC) projelerinde kullanımı sayesinde hem fiyatı hem de piyasa değeri olumlu olarak etkilendiği söylenebilir. Dolayısıyla bu kullanım durumlarının çeşitlenmesi sayesinde Binance Coin’e olan talep arttığını ve bu

talep, kripto para biriminin hem fiyatı (28/12/2017 yılında en yüksek değeri 11.40 dolardır) hem de piyasa değerindeki yükselişi etkilediği söylenebilir. Binance Coin'inin kapsamlı uyumu, özellikle DeFi ve BSC topluluk projeleri aracılığıyla, kripto para birimlerinin finansal teknolojideki kullanımının çeşitliliğini ve etki alanını genişletmekte önemli bir örnek teşkil etmektedir (Binance, 2021). 2018 yılında ise Binance Coin, yılın ilk çeyreğinde genel kripto para piyasasının yükselişiyle en yüksek fiyat seviyesi olan 24.46 dolara 07/01/2018 tarihinde ulaşmış ancak diğer kripto para birimlerinde olduğu gibi yılın geri kalanında "kripto kışı" olarak adlandırılan genel bir düşüş trendine girmiş ve %30'luk bir değer kaybı yaşamıştır. Bu düşüş 2018 yılının kasım ayına kadar devam ederek ciddi bir düşüş gerçekleşmiş ve ardından kalıcı bir volatilité dalgasının olduğu ifade etmek mümkündür. Kasım ayının son iki haftasında değeri hızla, yaklaşık %40 oranında değer kaybederek 9,45 dolardan 5,61 dolara kadar gerilemiştir (Beedham, 2019). Bu durum, Binance Coin'nin 2018 yılındaki fiyat dalgalanmalarının ve piyasadaki genel eğilimlerin bir yansıması olarak değerlendirilebilir.

Binance Coin, 2019 yılında, 2018 yılındaki düşüşünden sonra önemli bir toparlanma sergileyerek 2019 yılına 5.92 dolar seviyesinde açmış ve ocak ayının sonunda %5'lik bir artış ile 6,17 dolara kadar ulaşmıştır. Bu durum kripto para piyasasının volatil yapısına rağmen Binance Coin için önemli bir büyüme olarak değerlendirilebilir. Şubat ayında kripto para biriminin değeri %57'lik bir artış ile 10,34 dolara kadar yükselmiştir. Mart ayında ise %55'lik bir diğer artış ile 17,47 dolara kadar ulaşarak 2019 yılının ilk çeyreğinin en yüksek değerine erişmiştir. 2019 yılının ilk çeyreğinde bu yükselişlerinin temel nedeni , Binance Coin, Livecoin (21 Mart), Bitrue (28 Mart) ve Bitsten (2 Nisan) gibi farklı üç kripto para borsası tarafından listelenmesi olduğu söylenebilir.

Dolayısıyla her listeleme sonrasında Binance Coin'inin piyasa değerinde artışlar gözlemlenmiştir. Aslında bu durum, kripto paranın piyasa dinamiklerine duyarlılığı gösterdiğini söylenebilir. Ayrıca Avustralya'da "Binance Lite" aracılığıyla Bitcoin satışlarının başlatılması da Binance Coin'inin değerinde pozitif bir etki yaratmış olabilir. 2019 yılının ikinci çeyreğine de güçlü bir başlangıç yapan Binance Coin, yılın en yüksek seviyesini, coin başına yaklaşık olarak 43.20 dolara kadar yükselmiştir. Binance Coin'inin fiyat hareketleri, aynı zamanda Binance'in sürekli gelişmesi ve büyümesi ve Binance Chain ile DEX'in lansmanı gibi olumlu gelişmelerle de desteklenmiş olabilir (Beedham, 2019). Aralık 2019 yılının ortalarında Çin'in Wuhan şehrinde meydana gelen COVID-19 salgınının Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 31 Aralık 2019 yılında

olağanüstü yaşanan salgının bildirilmiş ve 2020 yılının ocak ve şubat aylarında belirgin bir bilgi akışı sağlanmasıyla birlikte mart ayında Bitcoin belirgin bir ayı piyasasına hızlı bir giriş yaparken, uluslararası piyasalarda önemli bir güç dengesizliği ortaya çıkmıştır. 11 Mart 2020 yılında DSÖ koronavirüsün resmi olarak bir salgına dönüştüğünü duyurmasıyla birlikte dünya COVID-19 salgının uluslararası yayılımına dair günlük haber akışları başlamıştır. Bununla birlikte 13 Mart ayında ABD yönetiminin ulusal acil durum ve seyahat yasağı gibi önlemleri içeren duyurusuyla birlikte ülkeler genelinde karantina uygulanmak üzere yasal düzenlemelere gidilmiştir.

BNB'nin fiyatı 2020 yılında yaşanan ciddi düşüşün sırasında 6.50 dolara kadar gerilemiştir. Piyasa yapımcıları uluslararası ortam hakkında karamsarlığa kapılmalarına, yüksek oranda gerçekleşen ölüm sayısı ve işten çıkarmalar ile ilgili süregelen haber akışları sebebiyle kripto para piyasasında bir gerileme olacağını öngörmüşlerdir. Dolayısıyla mart ayı boyunca Binance Coin'deki dalgalanma devam etmiş ancak nisan ayı itibariyle kademeli olarak stabil kalmaya devam etmiştir. Mayıs 2020 yılında ise dengelenmeye başlayan Binance Coin, bu noktadan itibaren istikrarlı bir şekilde artış göstermiştir. Bunun temel nedeni, bu dönemde finans piyasaları, büyük kuruluşların kripto para yatırımlarına yönelik nakit akışının gözlemlenmesi şeklinde yorumlanabilir.

2020 yılının sonuna doğru Binance Coin, 40 dolar değerine ulaşarak önemli bir değer artışı göstermiştir. 2021 yılında kripto para piyasası boğa trendine girerken, bu kripto para birimi iyi bir performans göstererek 2020 yılında olduğu gibi 2021 yılında da daha da ivme kazanmıştır ve 10 Mayıs 2021 yılında bir Binance Coin fiyatı 690,93 dolar seviyesine çıkararak, yılın ilk aylarında %1400'den fazla bir fiyat artışı gerçekleştirmiştir. Bu, Binance Coin'inin kısa süre içerisindeki bu denli bir değer artışı yaşandığını ve piyasa dinamiklerine hızlı bir şekilde adapte olduğu göstermektedir (Linden, 2022). Kripto para piyasası, 2021 yılının yaz döneminde belirgin bir oynaklık göstermiş olup; bu süreçte Binance Coin çoğunlukla 400 doları altında işlem görmüştür. Ancak 2021 yılının sonuna doğru bir toparlanma süreci gözlenmiş ve Kasım 2021 yılında 600 dolar sınırını aşarak değer kazanmıştır. Bununla birlikte, 24 Ocak 2022 yılında 371,37 doları seviyesine gerileyen fiyat, Rusya'nın Ukrayna'ya müdahalesinin etkisiyle 24 Şubat 2022 yılında 361,23 dolara daha da düşüş göstermiştir.

Binance Coin fiyatı, bu düşüşün ardından 1 Mart 2022 yılında 408,48 dolar seviyesine ulaşarak bir toparlanma belirtisi göstermiş, ancak 14 Mart 2022 yılında 360,30 dolara kadar gerilemiştir. Ardından, 5 Nisan 2022 yılında 459,81 dolar seviyesine

yükselerek piyasada belirgin bir toparlanma eğilimi sergilemiştir. Dolayısıyla bu veriler, Binance Coin'in kısa vadeli fiyat hareketlerinin, uluslararası siyasi ve ekonomik gelişmelerden nasıl etkilenebileceğini ve kripto para piyasasının genel oynaklığını göstermektedir (Henn vd., 2023). 06 Haziran 2022 tarihinde A.B.D Menkul Kıymetler ve Borsa Komisyonu'nun (SEC), Binance'in 2017 yılında gerçekleştirdiği Binance Coin'inin ilk halka arzının kayıt dışı bir menkul kıymet arzı olup olmadığını araştırdığı bildirmiştir. Bu gelişmeyle birlikte kripto paranın değeri %4 oranında düşerek 186,22 dolara kadar düşük bir seviyeye gerilemiştir. 2022 yılı boyunca Binance Coin fiyatı, uluslararası sektörel gelişmelerin etkisiyle dalgalanmaya devam etmiştir. Bu dönemde dolaşımdaki 155.865. 594 adet Binance Coin'nin piyasa değeri yaklaşık 53.4 milyar dolara taşıyarak, kripto para piyasasında dördüncü en büyük kripto para birimi haline gelmiştir. Bu veriler, kripto para piyasasının ve özellikle Binance Coin'nin, uluslararası ekonomik ve politik olaylara duyarlılığını ve oynaklığını ortaya koyduğu ifade edilebilir (Henn vd., 2023).

2023 yılında ise düşüş devam ederek ciddi bir düşüş gerçekleştirmiş ve ardından kalıcı bir volatilité dalgasının olduğu söylenebilir. Bu gelişmelerin ardından yatırım ufukları çerçevesinde Binance Coin değerlendirildiğinde, genel olarak belli dönemlerde önemli dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Binance Coin'in fraktal bir yapı veya çoklu fraktallık sergilemekle birlikte, kendine benzer fraktallara karşın kendine yakın fraktallar sergilediğini göstermektedir. Fiyat keşfi, Binance Coin bireysel yatırımcılar, kurumsal yatırımcılar, portföy yöneticileri, analistler, hükümetler ve hem pandemi süreciyle ilgili gelişmelerden hem de kendi iç dinamik yapısındaki gelişmelerden büyük ölçüde etkilendiği ortaya koymaktadır. Aynı zamanda Binance Coin'in yapısında önemli bir volatilité yapısı olduğu görülmektedir. Böylece, Binance Coin getirilerinin farklı yatırım ufukları açısından fraktal dinamikler gösterdiği ifade edilebilir. 2017 yılından itibaren tekrarlanan ve zamanla döngüsel bir yapı sergileyen önemli dalgalanma modelleri görülmektedir. Bu tekrar eden modeller dikey olarak genişlerken, zaman içinde daha uzun vadeli bir bakış açısına yayılmaktadır; bu durum, volatilité fraktallarının benzerlikten ziyade kendi özgün yapılarını geliştirdiğini göstermektedir.

Binance Coin'in piyasa rejimleri arasındaki geçişler geçici olabileceği ifade edilebilir. Ancak her rejimdeki kalıcılık artarak devam etmektedir. Bu da muhtemelen yatırımcıların, takvim olaylarına göre mevsimsel olarak zamanlama yapmaları ve

istikrarsız dönemlerde yatırım ufuklarının değişmesi ile bağlantılı olabilir. Binance Coin'in hem kısa (D1, D2 ve D3) hem de orta (D4 ve D5) vadeli yatırım ufuklarındaki getirilere incelendiğinde en düşük ve en yüksek değerleri 2018 ve 2019 yıllarının yanı sıra 2021 ve 2022 yıllarında olduğu görülmektedir. Bu düşüş ve yükselişlerin temel nedeni hem Binance Coin kendi ekosistemindeki gelişmeler hem de küresel çapta meydana gelen gelişmelerden kaynaklandığı ifade edilebilir. Örneğin 2018 yılında “kripto kışı” olarak nitelendirilen düşüş trendinin etkisi veya 2021 yılındaki tüm kripto para piyasasındaki boğa rallinin başlamasıyla birlikte kripto para birimindeki gelişmeler etkiledi söylenebilir.

Binance Coin boğa dönemleri incelendiğinde ise orta vadeli yatırım ufuklarında genel olarak belirli bir kalıcılık gösterdiği gözlemlenmektedir. Uzun vadeli yatırım ufuklarında, gelişmelerden etkilense de zaman içinde etkilerinin azaldığı görülmektedir. Bu durum uzun vadeli yatırım ufuklarındaki 64-128 ve 128-256 günlük getiri grafiklerinden de anlaşılmaktadır. Bu da Binance Coin'nin getirilerinin dört ay veya altı aylık ve üzeri dönemler daha az etkiler sergilediğini göstermektedir. Binance Coin getirilerinin altı veya yıllık döngüler sergilediği orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerden gözlemlenmektedir. Bu döngüler düşük frekans eğilimleri sebebiyle uzun hafızanın varlığını gösterdiği söylenebilir.

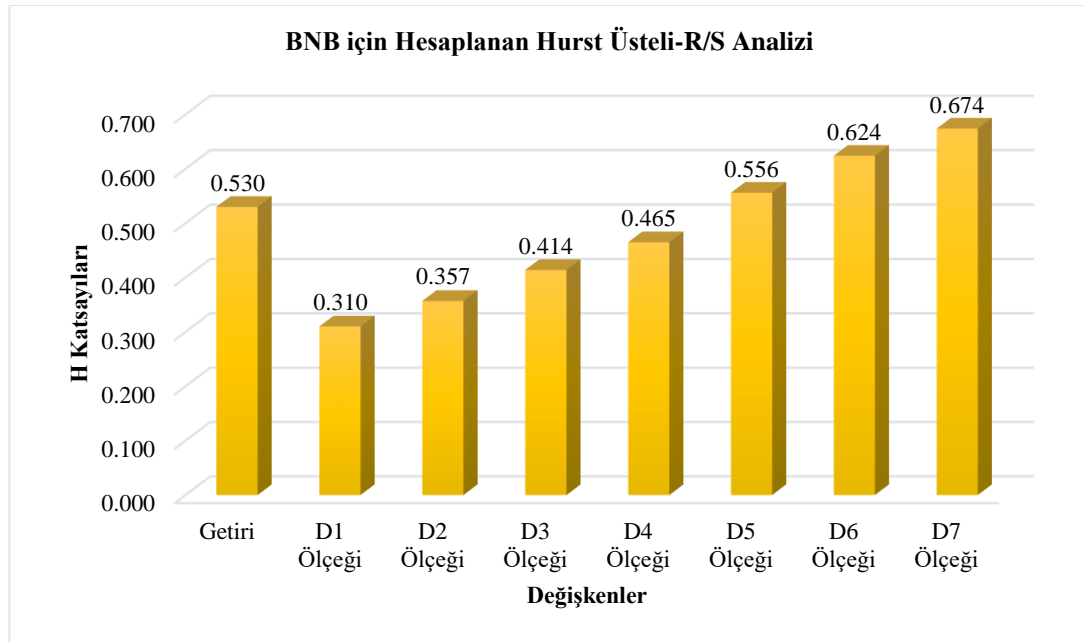
MODWT analizi, Binance Coin'in getirilerinin farklı piyasa koşullarında kalıcı dalgalanmaları açığa çıkardığını göstermektedir; bu küçük ve büyük dalgalanma dönemlerinin bir arada gözlemlendiği anlamına gelmektedir. 2-4, 4-8, 8-16 günlük kısa vadeli yatırım ufuklarındaki getiri grafikler bunu teyit etmektedir. Diğer bir ifadeyle düşük volatilité dönemleri düşük volatilité dönemlerini, yüksek volatilité dönemlerini yüksek volatilité dönemlerini gösterdiğini ifade edilebilir. Bu yüzden Binance Coin multifraktal volatilitéye sahip olduğu ve MODWT filtreleme yaklaşımıyla bu volatilitenin kendine benzeyen (Self- similarity) ve kendine yakın fraktallar ile gösterebileceği sonucuna ulaşılabilir. Binance Coin kripto para birimi için hesaplanan Hurst üsteli- R/S sonuçları Tablo 24 ve Şekil 59'te yer almaktadır.

Tablo 24. Binance Coin için Hesaplanan Hurst Üsteli- R/S Analiz Sonuçları

	Hesaplanan Hurst Üsteli (H)	Güven Aralıkları
	R/S Analizi	
Binance Coin Getiri	0.530	0.3925-0.6017 ^b
D1 Ölçeği	0.310 ^{***}	0.3615-0.6329 ^a
D2 Ölçeği	0.357 ^{***}	0.3615-0.6329 ^a
D3 Ölçeği	0.414	0.3925-0.6017 ^b
D4 Ölçeği	0.465	0.3925-0.6017 ^b
D5 Ölçeği	0.556	0.3925-0.6017 ^b
D6 Ölçeği	0.624 ^{**}	0.4091-0.5853 ^c
D7 Ölçeği	0.674 ^{***}	0.3615-0.6329 ^a

Not: Tablo da yer alan farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölçek getirileri; (D1 = 2-4 günlük, D2 = 4-8 günlük, D3 = 8-16 günlük, D4 = 16-32günlük, D5 = 32-64 günlük, D6 = 64-128 günlük, D7, 128-256 günlük) olarak sınıflandırılmıştır. ***, **, ve * sembolleri 1% (0.3684-0.6262)^a 5% (0.3979-0.5966)^b ve 10% (0.4137-0.5811)^c anlamlılık düzeylerindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. Hurst Üstelinin 1%, 5% ve 10% güven aralık değerleri Weron (2002)'den temin edilmiştir.

Binance Coin kripto para birimine ait getiri, (D1, D2, D3) kısa vadeli yatırım ufukları, (D4, D5) orta vadeli yatırım ufukları ve (D6 ve D7) uzun vadeli yatırım ufukları için hesaplanan Hurst üstelinin en düşük katsayısı 0.310 ile D1 kısa vadeli yatırım ufukundaki 2-4 olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla D2 kısa vadeli yatırım ufku için 0.357 katsayısı, D3 kısa vadeli yatırım ufku için 0.414 katsayısı, D4 orta vadeli yatırım ufku için 0.465 katsayısı, D5 orta vadeli yatırım ufku için 0.556 katsayısı, Binance Coin getiri için 0.530 katsayısı, D6 uzun vadeli yatırım ufku için 0.624 katsayısı ve D7 uzun vadeli yatırım ufku için ise 0.674 katsayısı elde edilmiştir.

**Şekil 59. BNB için Hesaplanan Hurst Üsteli Grafiği**

Tablo 24 ve Şekil 59’de yer alan sonuçlar incelendiğinde, Binance Coin kripto para birimine ait getiri, kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına göre hesaplanan Hurst üsteli katsayısı en düşük D1 kısa vadeli yatırım ufukunda 2-4 günlük getirilerde olduğu gözlemlenmektedir. En yüksek Hurst üsteli değeri ise D7 uzun vadeli yatırım ufukundaki 128-256 günlük getirilerde olduğu tespit edilmiştir.

Teorik olarak Hurst üstelinin 1(bir) değerine yaklaşması durumunda serideki gürültü seviyesi azalmakta ve beklenen değerler Rassal Yürüyüş Hipotezi’nden uzaklaşmaktadır (Mulligan 2004). Bu kapsamda, Binance Coin kripto para birimi için elde edilen sonuçlara bakıldığında Binance Coin getirisine ait hesaplanan Hurst üsteli katsayısı 0.530 olduğu gözlemlenmektedir. Dolayısıyla bu sonuç etkin piyasa hipotezinin varsaydığı $H=0.50$ katsayısından farklıdır. Fraktal piyasa hipotezine göre Hurst üstelinin katsayısı < 0.50 olması seride devamlılığı olmayan, ortalamadan sapan, negatif otokorelasyona sahip yani seride kalıcı olmayan davranış sergilediğini ve ortalamaya dönüş süreci olduğunu, artışları/azalışları büyük olasılıkla artışların/azalışların izleyeceği belirtmektedir. Diğer bir ifadeyle, Hurst katsayısının 0.50 değerinin altında tahmin edilmesi durumunda etkin piyasa hipotezinin varlığının tamamen reddedileceğini ifade edilmiştir (Mulligan, 2004). Hurst üsteli > 0.50 ise serinin devamlı, trend pekiştiren kalıcı bir davranış sergilediğini yani uzun hafızanın varlığından söz edilebilir. Bu doğrultuda Binance Coin getiri katsayısı 0.530 ile 0.50 katsayısından büyük olduğu için Binance Coin getirisinin etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin olmadığı serinin rassal yürüyüş sergilemediği ancak fraktal piyasa hipotezinde belirtildiği gibi kesikli Brownian süreci sergilediği söylemek mümkündür. Ayrıca bu bulguya göre Binance Coin getirisinde devamlı, trend pekiştiren kalıcı bir davranış sergilediğini diğer bir ifadeyle uzun hafızanın özelliğinden söz etmek mümkündür.

Benzer şekilde, D5 orta vadeli yatırım ufku ve D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları incelendiğinde D5 Hurst katsayısı 0.556, D6 Hurst katsayısı 0.624 ve D7 Hurst katsayısı 0.674 katsayısı ile 0.50 katsayısından büyük olduğu görülmektedir. D5, D6 ve D7 uzun vadeli yatırım ufukları için piyasaya giren bilgi şoklarının hiperbolik oranda elemine olduğu için bu sebeple geçmiş getiriler bakımından geleceğin getirilerini tahmin edilebileceği çıkarımında bulunulabilir. Bu bulgu getirileri için uzun vadeli yatırım ufuklarında etkin piyasa hipotezinin göz ardı edilebileceği ve birbirlerini tekrarlayan trendler oluşturduğu için fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu şeklinde yorumlanabilir. Uzun vadeli yatırım ufuklarında Hurst katsayısı diğer bir deyişle üsteli

bütün örnekleme yakın değerler alması kendine benzerlik (self-similarity) yani fraktallığa dair kanıtlar sunmaktadır.

Öte yandan, D1, D2 ve D3 kısa vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular değerlendirildiğinde; D1 katsayısı, 0.310, D2 katsayısı 0.357 ve D3 katsayısı 0.414 ile 0.50 değerinden küçük olduğu için Binance Coin getirilerinde etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin piyasa hipotezinin tamamen reddedildiği ve serilerin rassal yürüyüş sergilemediği şeklinde yorumlamak mümkündür. Benzer şekilde D4 orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular incelendiğinde ise D4 katsayısı 0.465 ile 0.50 değerinden küçük olduğundan dolayı Binance Coin getirilerinde etkin piyasa hipotezinin varsayımında olduğu gibi etkin piyasa hipotezinin tamamen reddedildiği ve serilerin rassal seyir sergilememektedir. Hem kısa vadeli hem de orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bu bulgular etkin piyasa hipotezinin varsaydığı $H=0.50$ değerinden farklı olması aslında Binance Coin getirilerinde kaotik bir yapı sergilediği söylemek mümkündür. Bu da yatırımcılar, piyasaya yeni gelen bilgiye, etkin bir piyasada olması gerekenden daha fazla tepki vererek keskin ve yüksek dalgalanmalara sebebiyet verebileceği ifade etmek mümkün olabilir.

Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde, Binance Coin getirilerinin kaotik yapısı ve yatırımcıların aşırı tepkileri, etkin piyasa hipotezinin sınırlılıklarını göstermektedir. Bu durum, piyasa fiyatlarında beklenmedik ve aşırı dalgalanmalara yol açabilir, bu da yatırım riskini artırabilir. Bu riski yönetmek için portföy çeşitlendirmesi önemlidir. Çeşitlendirme, yatırımları farklı varlık sınıfları, coğrafi bölgeler ve sektörler arasında yayarak riski azaltmayı amaçlamaktadır. Kısa ve orta vadeli yatırım ufukları için Binance Coin analizi, piyasa zamanlamasının zorluklarını ve yüksek volatilitenin getirdiği riskleri ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, yatırımcıların portföylerini dikkatlice çeşitlendirmeleri ve Binance Coin piyasa koşullarına uygun stratejiler geliştirmeleri gerekebilir. Bu yaklaşımlar, piyasa anomalilerine karşı koruma sağlayarak daha sağlam yatırım kararları alınabilir.

Kripto para piyasalarında volatilitenin ve piyasa şoklarının analizinde kısa ve uzun hafıza modelleri hayati öneme sahiptir. Kısa hafıza modelleri, GARCH ve EGARCH gibi, kısa vadeli dalgalanmaları değerlendirerek günlük veya haftalık piyasa dinamiklerini analiz etmektedir. Bu modeller, geçmiş verilere dayanarak kısa vadeli yatırım kararlarına katkıda bulunabilir. Uzun hafıza modelleri ise HYGARCH ve FIEGARCH gibi, finansal zaman serilerinin uzun vadeli eğilimlerini ve bağımlılıklarını ele almaktadır. Uzun

dönemli piyasa hareketlerini ve şokların uzun vadeli etkilerini analiz etmektedir. Kripto para piyasalarının özgün volatilité yapısını ve zaman içindeki değişimlerini anlamak için hem uzun hem de kısa hafıza modelleri birlikte kullanılması önem arz edebilir. Bu modellerin farklı türleri kripto piyasalarının farklı risk profillerini ve özelliklerini daha iyi anlamaya yardımcı olabilir. Böylece yatırımcılar, analistler ve portföy yöneticileri daha bilinçli ve stratejik kararlar alabilir. Kripto para piyasalarındaki bu analitik yaklaşımlar, yatırımcıların ve analistlerin piyasa hareketlerine karşı daha hazırlıklı olmalarını ve piyasa dalgalanmalarına karşı etkili stratejiler geliştirmelerini sağlayabilir. Binance Coin kripto para birimi için farklı yatırım ufuklarına göre volatilité modelleme sonuçları Tablo 25’de verilmiştir.

Tablo 25. Binance Coin için Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Volatilite Modelleme Sonuçları

	Binance Coin- Getiri	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
En Uygun Volatilite Modeli	AR(2) MA(2) FIGARCH (2,d,1)	AR(2) C- GARCH(1,1)	AR(1) MA(1) C-GARCH(1,1)	AR(2) GARCH(1,1)	AR(2) MA(1) GARCH(1,1)	AR(1) FIGARCH (1,d,1)	AR(1) MA(1) FIGARCH (1,d,1)	AR(2) MA(2) FIGARCH (1,d,1)
Ortalama Denklem								
Sabit (c)	0.000729 (0.000670)	-8.73e-06 (0.000107)	-7.98e-05 (0.000435)	-4.98e-06 (0.000201)	-1.60e-05 (0.000334)	0.000175 (0.000455)	-0.006504 (0.003673)*	-3.52e-07 (0.000523)
AR	- (0.018630)***	-0.989730 (0.018630)***	0.192744 (0.022703)***	1.492630 (0.0111391)***	1.670844 (0.014241)***	0.969403 (0.001061)***	0.997780 (0.001007)***	0.452278 (0.207341)**
AR	-0.713559 (0.200123)***	-0.565949 (0.017566)***	-	-0.859557 (0.010656)***	-0.786550 (0.013943)***	-	-	0.544492 (0.206876)***
MA	-	-	0.998566 (0.000593)***	-	0.998994 (0.000625)***	-	0.997994 (0.001527)***	1.144505 (0.157070)***
MA	0.739969 (0.200352)***	-	-	-	-	-	-	0.146365 (0.156713)
Varyans Denklem								
Sabit (ω)	2.02e-07 (1.18e-06)	0.061370 (0.300277)	0.003027 (0.126503)	3.50e-07 (1.13e-07)***	1.37e-08 (4.86e-09)***	1.05e-08 (3.58e-09)***	5.65e-10 (1.73e-10)***	2.93e-12 (5.66e-12)
d-Figarch	0.337309 (0.057079)***	-	-	-	-	0.661105 (0.041127)***	0.689582 (0.061823)***	0.747050 (0.069629)***
ARCH (α_1)	0.803656 (0.062229)***	0.029481 (0.009176)***	0.034677 (0.0112863)***	0.176319 (0.019700)***	0.125274 (0.014393)***	0.542251 (0.097931)***	0.777548 (0.038683)***	0.742520 (0.102366)***
ARCH (α_2)	0.171168 (0.056027)***	-	-	-	-	-	-	-
GARCH(β)	0.982909 (0.057079)***	0.641531 (0.036368)***	0.629341 (0.037648)***	0.823528 (0.016762)***	0.873563 (0.013347)***	0.407127 (0.082785)***	0.599448 (0.073075)***	0.617318 (0.142049)***
CGARCH(ρ)	-	1.000001 (1.58e-05)***	1.000001 (1.75e-14)***	-	-	-	-	-
CGARCH(θ)	-	0.276818 (0.027188)***	0.292982 (0.028272)***	-	-	-	-	-
AIC	-3.534099	-5.031074	-5.941969	-7.901103	-10.65125	-11.20714	-14.51471	-16.13607
SIC	-3.510822	-5.007797	-5.918702	-7.882999	-10.630056	-11.18904	-14.49661	-16.11021
HQ	-3.525594	-5.022569	-5.933468	-7.894488	-10.64369	-11.20053	-14.50809	-16.12662
Log- Likelihood	3901.810	5550.727	6557.050	8710.065	11740.350	12357.270	16002.210	17783.880

Not: Tablo 'da yer alan farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen ölççek getirileri; (D1 = 2-4 günlük, D2 = 4-8 günlük, D3 = 8-16 günlük, D4 =16-32günlük, D5 = 32-64 günlük, D6 = 64-128 günlük, D7, 128-256 günlük) olarak sınıflandırılmıştır. ***, **, ve * sembolleri 1%, 5% ve 10% anlamlılık düzeylerindeki istatistiksel anlamlılığı ve () ise standart hataları göstermektedir.

Tablo 25’ de Binance Coin için getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre getirilerinin volatilité modellerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Binance Coin için en uygun model ile hem kısa hafıza hem de uzun hafıza varlığının yanı sıra etkin piyasa hipotezinin ve fraktal piyasa hipotezinin geçerliliğini test etmek için p, q aralıklarında ARCH, GARCH, EGARCH, T-GARCH, GJR-GARCH, C-GARCH, APARCH, GARCH-M, HYGARCH, FIGARCH, FIAPARCH ve FIEGARCH modelleri ($p, q = 0, 1, 2$) tahmin edilmiş ve Log-Likelihood ve AIC, SIC ve HQ bilgi kriterlerine göre en uygun volatilité modelleri elde edilmiştir. Tablo da yer alan α ve β sırasıyla ARCH ve GARCH terimlerinin katsayılarıdır. Burada α kripto para piyasasındaki herhangi bir şokun veya habere verilen tepkiyi tahmin eden ARCH etkisini temsil etmektedir. β ise volatilitenin kalıcılığını tanımlayan GARCH etkisini ifade etmektedir. Yüksek ARCH katsayısı (α) volatilitenin gelen haberlere duyarlılığının daha yüksek olduğunu, yüksek GARCH (β) katsayısı ise volatilitenin kalıcılığının yüksek olduğunu ve volatilitenin etkisinin daha yavaş yok olduğunu ifade etmektedir. GARCH modeli yalnızca α ve β ’nin toplamı birden az olması beklenmektedir. Component GARCH (1, 1) modeli, finansal zaman serilerinin volatilitésinin modellenmesinde kullanılan bir yöntemdir ve volatilitéyi kalıcı (uzun vadeli) ve geçici (kısa vadeli) bileşenlere ayırmaktadır. Teta (θ) ve rho (ρ) C-GARCH (Component GARCH) parametresini ifade ederken, “ d ” ise uzun hafıza parametresini göstermektedir. “ d ” uzun hafıza parametresi (Tablo 9)’da yer alan değer aralıklarına göre yorumlanmıştır. “3.7. Finansal Zaman Serilerinde Otokorelasyon” ve “3.8. Finansal Zaman Serilerinde Değişen Varyans” başlıkları altında açıklandığı için burada yer verilmemiştir.

Tablo 25’de Binance Coin’e ilişkin yer alan bulgular incelendiğinde, Binance Coin getirisi için en uygun volatilité modelin AR(2) MA(2) FIGARCH (2, d , 1) olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre Binance Coin kripto para birimine ait uzun hafızanın varlığını gösteren “ d ” katsayısının 0.337309 değerini alarak %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı çıkması ve Binance Coin getirisinin uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Uzun hafıza özelliğinin olması, geçmiş gözlemler ile pozitif bağımlılık sergilediğini diğer bir ifadeyle fiyat hareketlerinin geçmiş gözlemlerdeki trendlerden etkilendiğini göstermektedir. Aynı zamanda, volatilitenin geçmiş bilgi şoklarının uzun vadeli etkilerinin olduğu ve bu etkilerin çok uzun süreli veya kalıcı olmadığı yani hiperbolik hızda azaldığını söylemek mümkündür.

Dolayısıyla Binance Coin piyasasına gelen bilgi şoklarının yavaş yavaş eline olduğu için Binance Coin getirilerine ait geçmiş getirilerden yararlanarak geleceğe ilişkin getirilerinin tahmin edilebileceği ifade edilebilir. Tabloda yer alan α ve β katsayılarının pozitif ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. α_1 ve α_2 katsayılarının 0.803656 ve 0.171168 değerleri aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Binance Coin getirisine gelen bilgi şoklarının %80 ve %0.17'sinin geçmiş dönemden kaynaklandığı ifade edilebilmektedir. Diğer yandan, β katsayısının 0.982909 değeri aldığı görülmektedir. Bu katsayıya göre uzun vadeli volatilitenin etkisinin güçlü olduğunu göstermektedir. Bu da bir önceki dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemi etkilediği ifade edilebilir ve mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Bu sonuçlara göre Binance Coin kripto para biriminin volatil bir yapıya sahip olduğu ve yüksek volatilite dönemlerinin yüksek volatilite dönemlerini, düşük volatilite dönemlerini düşük volatilite dönemlerini takip ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla Binance Coin getirileri için etkin piyasa hipotezinin ihlal edilebileceği ve fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde kısa vadeli yatırım ufukları için en uygun volatilite modeli sırasıyla; D1 için AR(2) C- GARCH (1, 1), D2 için ise AR(1) MA(1) C-GARCH (1, 1) olduğu saptanmıştır. Kısa vadeli yatırım ufukları için kurulan C-GARCH(1, 1) modeline göre α , β ve θ katsayısı 0 ile 1 arasında olduğu ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olması, kısa ve uzun dönemli volatilite bileşenleri arasındaki etkileşimi göstermekte ve varyansın birbirine yakınsadığı göstermektedir. Bu sonuca göre Binance Coin 2-4 günlük ve 4-8 günlük getirilerinde θ pozitif bir değer alması, kısa vadeli volatilite artışının uzun vadeli volatilite bileşenini arttırıcı bir etki göstermektedir. Bu, Binance Coin piyasa şoklarının ve kısa vadeli oynaklığın, uzun vadeli volatiliteyi yükselttiği anlamına gelmektedir. Kısa vadeli volatilitenin yükselmesi durumunda, bu artışın uzun vadeli volatiliteyi de arttırarak kümülatif risk etkisi oluşturduğunu gösterebilir. Bu da yatırımcıların ve piyasa katılımcılarının kısa vadeli volatilite artışlarına uzun vadede daha duyarlı tepki gösterdiğini gösterebilir. Bu, piyasa katılımcılarının kısa vadeli şoklara karşı hassas olduğunu ve bu şokların uzun vadeli risk algısını artırdığını şeklinde ifade edilebilir.

D3 ve D4 kısa ve orta vadeli yatırım ufukları için en uygun volatilite modeli; AR(2) GARCH (1, 1) ve AR(2) MA(1) GARCH (1, 1) olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yatırım ufukları için elde edilen GARCH (1, 1) modelinin uygun gecikme oranlarına ve

sabit varyans özelliklerine sahip olduğu göstermektedir. Bu modellerde α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı ve α katsayılarının sırasıyla 0.176319 ve 0.125274 değerleri aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Binance Coin 8-16 günlük ve 16-32 günlük getirilerine gelen bilgi şoklarının %17 ve %12'un geçmiş dönemden kaynaklandığı söylemek mümkündür. Öte yandan, β katsayılarının sırasıyla 0.823528 ve 0.873563 değerleri aldığı tespit edilmiştir. Bu değerlere göre 8-16 günlük ve 16-32 günlük getirilerde volatilitenin önemli ölçüde otoregresif olduğunu göstermektedir. Bu durum, geçmiş dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemdeki volatilitenin üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca α ve β katsayılarının toplamına bakıldığında ise kümülatif toplamının 0.999877 ve 0.998837 olarak hesaplandığı gözlemlenmektedir. Yani elde edilen bu bulgular bir (1)'den küçük olup; volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermektedir. Ancak 1'e oldukça yakın olması volatilitenin direnci hakkında da ipucu vermektedir.

α ve β 'nin tahmin değerlerinin pozitif ve anlamlı olması, volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu ve piyasa şoklarının geçici etkiler yarattığını göstermektedir. Elde edilen bu bulgulara göre kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarına göre Ethereum getirilerinin kaotik bir yapı sergilediğini tespit edilmiştir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında bilgi asimetrisi oldukça yüksek olması ve bu yatırım ufuklarında önceki ortalamaya dönmemesi ve farklı bir ortalama oluşturması nedeniyle etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığı ve benzer şekilde kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında kendine benzerlik (self-similarity) göstermediği anlamına gelmektedir. Bu da yatırımcıların piyasaya yeni giren bilgilere verdiği tepkilerin, etkin bir piyasa hipotezinde öngörülenden daha fazla olabileceği ve bu durumun belirgin ve büyük dalgalanmalara yol açabileceği öne sürülebilir. Bu durum, piyasa katılımcılarının, etkin piyasa hipotezinde varsayılan teorik denge davranışlarından saparak, volatilitiyi artırıcı tepkiler sergileme eğilimlerinde olabileceğini ifade edilebilir. Bu durumda risk seven yatırımcılarının kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarını tercih edebilecekleri söylenebilir.

D5, D6 ve D7 orta ve uzun vadeli yatırım ufukları için en uygun volatilitenin modeli; sırasıyla AR(1) FIGARCH(1, d , 1), AR(2) MA(1) FIGARCH (1, d , 1) ve AR(2) MA (2) FIGARCH (1, d , 1) olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre Binance Coin için 32-64

günlük, 64-128 günlük ve 128-256 günlük yatırım ufuklarına ait getirilerinin uzun hafıza varlığını gösteren “ d ” katsayılarının 0.661105, 0.689582 ve 0.747050 olduğu görülmekte ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. 32-64 günlük, 64-128 günlük ve 128-256 günlük uzun vadeli yatırım ufuklarında Binance Coin getirilerinin güçlü bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Bu getiriler de uzun hafıza özelliği sonucuna varılması, geçmiş gözlemler ile pozitif bağımlılık sergilediği söylenebilir. Başka bir ifadeyle, fiyat hareketlerinin geçmişteki trendlerden etkilendiğini göstermektedir. Aynı zamanda, volatilitenin geçmiş bilgi şoklarının uzun vadeli etkilerinin olduğunu ve bu etkilerinin hiperbolik olarak azaldığı elimine olmaktadır. Dolayısıyla bu kripto para biriminin volatil bir yapıya sahip olduğu ve dolayısıyla etkin piyasa hipotezinin ihlal edilebileceği anlamına geldiğini fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu söylemek mümkündür. Buna göre orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında Binance Coin getirilerine ait geçmiş getirilerden yararlanarak geleceğe ilişkin getirilerinin tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir.

Ayrıca kurulan modellerde α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı ve α katsayılarının sırasıyla 0.542251, 0.777548 ve 0.742520 katsayılarının aldığı görülmektedir. Dolayısıyla Binance Coin getirilerine ulaşan bilgi şoklarının 32-64 günlük yatırım ufku için %54, 64-128 günlük yatırım ufku için %77 ve 128-256 günlük yatırım ufku için %74'nün geçmiş dönemden kaynaklandığı söylemek mümkündür. Öte yandan, β katsayılarının sırasıyla 0.407127, 0.599448 ve 0.617318 katsayılarının aldığı görülmektedir. Bu değerlere göre bir önceki dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemi etkilediği ifade edilebilir ve mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı söylenebilir. Binance Coin kripto para biriminin volatil bir yapıya sahip olduğu ve etkin piyasa hipotezinin ihlal edilebileceği ve fraktal piyasa hipotezinin geçerli olduğu söylenebilir. Bu da portföy yöneticilerin, araştırmacıların ve yatırımcıların 32-64 günlük, 64-128 günlük ve 128-256 günlük yatırım ufuklarına göre geçmiş trendleri takip ederek geçmiş getirilerden yararlanarak gelecekte getirileri tahmin edebileceklerini ifade edilebilir. Dolayısıyla risk sevmeyen veya nötr yatırımcıların uzun vadeli yatırım ufuklarına göre yatırım stratejilerini belirlemek ve tercih edebileceği söylenebilir.

Bu sonuçlara göre riskli seven portföy yöneticileri, araştırmacılar ve yatırımcıların etkili bir portföy çeşitlendirmesi için 2-4 günlük, 4-8 günlük ve 8-16 günlük kısa vadeli yatırım ufuklarına ve 16-32 günlük orta vadeli yatırım ufukuna odaklanması gerektiği

gösterirken, riski sevmeyen veya nötr portföy yöneticilerin, araştırmacıların ve yatırımcıların etkili bir portföy çeşitlenmesi için 32-64 günlük, 64-128 günlük ve 128-256 günlük orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına odaklanması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca portföy yöneticileri, araştırmacılar yatırımcılar kripto para piyasalarının volatilitesine karşı korunmak için uzun vadeli yatırım ufuklarına göre yatırım stratejileri benimseyebilir ve Binance Coin portföylerine eklemeleri risk yönetimi açısından faydalı olabileceği ve çeşitlendirmenin yararını arttıracakđını düşünölmektedir. Bu da kripto para piyasasındaki dalgalanmalara karşı daha uygun bir yaklaşım sağlayacakđı söylenebilir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Kripto para birimlerinin ortaya çıkmasıyla birlikte kripto para piyasasının oluşması ve hızlı bir şekilde artan bilgi teknolojileri yatırımcılara yeni yatırım seçenekleri sunmaktadır. Bu piyasa, ilk olarak Bitcoin ile başlamış ve sürekli olarak genişleyerek birbirinden farklı kripto para birimleri ortaya çıkmıştır. Hem sayısal büyüklük hem de işlem hacmi açısından önemli bir büyüme gösteren kripto para piyasası, yatırımcılara risk, getiri ve portföy çeşitlendirme hedeflerinde daha iyi seviyede tutabilmesine olanak sunmuştur. Ayrıca kripto para piyasası, finansal piyasalarda alternatif varlık türleri de sunmaktadır. Dolayısıyla kripto para piyasasının incelenmesine yönelik artan ilgi, önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Yatırımcılar, portföy yöneticileri, analistler, düzenleyiciler, akademisyenler ve araştırmacılar için kripto para piyasasının hareketlerinin derinlemesine anlamak kritik bir öneme sahiptir.

Çalışma kapsamında incelemek amacıyla piyasa değeri en yüksek dört kripto para birimi seçilmiştir. Seçilen bu dört kripto para birimleri sırasıyla, Bitcoin (BTC), Ethereum(ETH), Binance Coin (BNB) ve Ripple (XRP)'dir. Tether (USDT) ve USD Coin(USDC) piyasa değeri yüksek olmasına rağmen sahip oldukları yapısal nitelikleri ve değerinin 1 Dolar (USD)'a eşit olması nedeniyle araştırma kapsamına dahil edilmemiştir. Bu iki kripto para birimi yerine piyasa değeri açısından en yüksek olan altıncı sıradaki kripto para birimi olan Ripple (XRP) araştırma kapsamına dahil edilmiştir (CoinMarketCap, 2023).

Çalışmanın amacı farklı yatırım ufuklarına göre kripto para birimlerinin volatilitelerini modellemektir. Bu amaç doğrultusunda maksimum örtüşmeli ayrık (kesikli) wavelet dönüşüme dayalı olarak wavelet katsayıları her bir kripto paranın (BTC, ETH, BNB ve XRP) getirisi için hesapladıktan sonra getiri serileri 7 farklı yatırım ufuklarına göre ($D_1 = 2-4$ günlük, $D_2 = 4-8$ günlük, $D_3 = 8-16$ günlük, $D_4 = 16-32$ günlük, $D_5 = 32-64$ günlük, $D_6 = 64-128$ günlük, $D_7 = 128-256$ günlük, S_7) filtreleme işlemi yapılmıştır. Bununla birlikte kripto para varlıklarının farklı yatırım ufuklarına göre filtreleme işleminden elde edilen getirilerin Hurst üsteli katsayısı hesaplanmıştır. Son olarak zaman içinde değişen oynaklığın ve şokların oynaklığa karşı kalıcılığını modellemek amacıyla kullanılan kısa hafıza ve uzun hafıza modelleri araştırılmıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda, araştırma kapsamına alınan BTC, ETH, XRP ve BNB kripto para birimlerinin getiri serilerini farklı yatırım ufuklarına göre filtrelemek ve

getiri ölçeklerini elde edebilmek için Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü (MODWT) analiz yöntemi kullanılmıştır. Her bir kripto para birimi için ayrı ayrı analiz yapılmış ve bulgular değerlendirilmiştir.

Bitcoin için yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde (Şekil 52); hem getiri hem de farklı yatırım ufuklarındaki getirilerin volatil bir yapı sergilediği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda düşük volatilité dönemlerinin düşük volatilité dönemlerini, yüksek volatilité dönemlerinin yüksek volatilité dönemlerini takip ettiği söylenebilir. Bununla birlikte bu kripto para biriminin kendine benzer (self-similarity) ve kendine yakınlık (self-affinity) fraktal yapılar sergilediği görülmektedir. Ayrıca Bitcoin getirilerinin farklı yatırım ufuklarında fraktal dinamikler sergilediği ifade edilebilir. Kısa vadeli yatırım ufuklarında, bitcoin piyasasına gelen olumlu veya olumsuz bilgi akışlarından BTC getirilerinin etkilendiği ve volatilitéyi arttırdığı ifade edilebilir. Ancak bu bilgi şoklarının kısa sürdüğü gözlemlenmiştir. Orta vadeli yatırım ufuklarında, bitcoin piyasasına gelen bilgi şoklarının bir miktar kalıcılık gösterdiği ve piyasa rejimleri arasındaki geçişlerin kalıcı olabileceği ve her rejimde bu kalıcılığın arttığı görülmektedir. Uzun vadeli yatırım ufuklarında ise bilgi şoklarının yavaş yavaş etkisinin azaldığı ve yıllık döngülerin ortaya çıktığı görülmüştür. Bu döngüler, bitcoin getirilerinde düşük frekans eğilimleri ve uzun hafıza özelliklerine işaret ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla farklı yatırım ufuklarına göre BTC'nin getirileri, MODWT analizi ile çeşitli piyasa koşullarındaki kalıcı dalgalanmaları ve fraktal volatilité özelliklerini ortaya koymuştur.

Ethereum için elde edilen bulgular incelendiğinde ise (Şekil 54); hem getiri hem de farklı yatırım ufuklarının getirilerinde önemli dalgalanmalar olduğu gözlemlenmiştir. Bu dalgalanmalar, özellikle Ethereum Enterprise Alliance'ın (EEA) kuruluşu ve Bitcoin vadeli işlemlerinin başlaması gibi dönemlerde daha belirgin olmuştur. ETH'nin kendine özgü fraktal yapılar oluşturduğu, BTC'de olduğu gibi düşük volatilité dönemlerinin düşük volatilité dönemlerini ve yüksek volatilité dönemlerinin yüksek volatilité dönemlerini takip ettiği gözlemlenmiştir. Ancak ETH ve BTC'nin volatilité şokları benzer eğilimler gösterse de politik ve ekonomik faktörlerin her iki kripto para birimini farklı şekillerde etkilediği anlaşılmaktadır. ETH, BTC'ye göre daha fazla kendine benzerlik özellikleri göstermektedir. Kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki volatilité şoklarını etkileyen gelişmeler birbirinden farklı olmakla birlikte yatırım döngülerinde vade uzadıkça volatilité şokları hiperbolik olarak azalmakta ve şokların etkileri daha da belirginleşmektedir. Bu da ETH'nin uzun vadeli yatırım ufuklarında uzun

hafızanın varlığına işaret etmektedir. ETH kendine özgü bir piyasa davranışı sergilese de BTC ile kısmen paralel bir piyasa davranışı göstermektedir.

Ripple (XRP) için elde edilen bulgular incelendiğinde (Şekil 56); hem getiri hem de farklı yatırım ufuklarındaki getirilerinin volatil bir yapı sergilediği gözlemlenmiştir. Bu volatilité yapıları, benzer fraktal yapıların yerine kendine özgü fraktal yapıların oluşturduğunu grafiklerde gösterir niteliktedir. Bu bağlamda XRP getirilerinin farklı yatırım ufukları altında fraktal dinamikler sergilediği ifade edilebilir. Bununla birlikte XRP'nin piyasa arasındaki geçişlerin geçici olabileceği ancak her rejimdeki bilgi şoklarının kalıcılığının artarak devam etmekte olduğu söylenebilir. Bu da muhtemelen yatırımcıların takvim olaylarına göre mevsimsel olarak zamanlama yapmaları ve istikrarsız dönemlerde yatırım ufuklarının değişmesi ile ilişkili olabilir. Ripple kripto para biriminin getirilerinin yıllık döngüler sergilediği açık olmakla birlikte bu döngülerin düşük frekans eğilimleri nedeniyle uzun hafıza varlığını işaret ettiği ifade edilebilir. Dolayısıyla MODWT analizi, XRP getirilerinin farklı piyasa koşullarında kalıcı dalgalanmaları açığa çıkardığını göstermektedir; bu küçük ve büyük dalgalanma dönemlerinin bir arada gözlemlendiği anlamına gelmektedir.

Binance Coin için elde edilen bulgular incelendiğinde ise (Şekil 58); hem getiri hem de farklı yatırım ufuklarındaki getirilerinde önemli dalgalanmalar yaşandığı gözlemlenmiştir. Bu dalgalanmaların büyük ölçüde yatırımcılar, kurumsal yatırımcılar, piyasa yapıcılar, hükümetler ve pandemi süreciyle ilgili gelişmelerden kaynaklandığı söylenebilir. Aynı zamanda Bitcoin ve Ripple'da olduğu gibi BNB piyasasında da düşük volatilité dönemlerinin düşük volatilité dönemlerini ve yüksek volatilité dönemlerinin yüksek volatilité dönemlerini takip ettiği gözlemlenmiştir. 2017 yılından itibaren tekrarlanan ve zamanla döngüsel bir yapı sergileyen önemli dalgalanma modelleri görülmektedir. Bu tekrar eden modeller dikey olarak genişlerken, zaman içinde daha uzun vadeli bir bakış açısına yayılmaktadır; bu durum, volatilité fraktallarının benzerlikten ziyade kendi özgün yapılarını geliştirdiğini göstermektedir. BNB piyasa rejimleri arasındaki geçişlerin geçici olabileceği ifade edilebilir. Ancak her rejimdeki kalıcılık artarak devam etmektedir. Bu da muhtemelen yatırımcıların, takvim olaylarına göre mevsimsel olarak zamanlama yapmaları ve istikrarsız dönemlerde yatırım ufuklarının değişmesi ile bağlantılı olabilir. Binance Coin'in hem kısa hem de orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirileri incelendiğinde en düşük ve en yüksek değerlerin 2018 ve 2019 yıllarının yanı sıra 2021 ve 2022 yıllarında olduğu görülmektedir. BNB boğa dönemleri

incelendiğinde ise orta vadeli yatırım ufuklarında genel olarak belirli bir kalıcılık gösterdiği gözlemlenmektedir. Uzun vadeli yatırım ufuklarında, gelişmelerden etkilense de zaman içinde etkilerinin azaldığı görülmektedir. MODWT analizi, Binance Coin'in getirilerinin farklı piyasa koşullarında kalıcı dalgalanmaları açığa çıkardığını göstermekte ve volatilitenin kendine benzeyen ve kendine yakın fraktallar ile gösterebileceği sonucuna ulaşmıştır. Kripto para birimlerinin getiri serilerinin farklı yatırım ufuklarına göre filtreleme işlemi gerçekleştirildikten sonra getirilerin kısa ve uzun hafızanın varlığını tespit etmek amacıyla Yeniden Ölçeklendirilmiş Aralık (R/S) analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular EPH ve FPH bağlamında değerlendirilmiştir.

Tablo 18 ve Şekil 53'te BTC kripto para birimine ait hem getiri hem de kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerin Hurst katsayıları verilmiştir. Bu katsayılara göre BTC getiri ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerin Hurst katsayısı 0.50 katsayısından büyük olduğu görülmüştür. Bu bulguya göre BTC getirisi ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde EPH'nin ihlal edilebileceği ve getiri serilerinin devamlı, trend pekiştiren kalıcı bir davranış sergilediğinden, diğer bir ifadeyle uzun hafızanın varlığından bahsetmek mümkündür. Bu durumda, Bitcoin piyasasında FPH'nin geçerli olabileceği şekilde yorum yapılabilir. Uzun vadeli yatırım ufuklarında BTC kripto para piyasasına ulaşan bilgi şoklarının yavaş yavaş elemine olduğundan dolayı geçmiş getiriler bakımından geleceğin getirilerini tahmin edilebileceği çıkarımında bulunulabilir. Ayrıca uzun vadeli yatırım ufuklarında Hurst katsayısı yani üstelinin bütün örnekleme yakın değerler alması, kendine benzerlik (self-similarity) yani fraktallığa dair kanıtlar sunmaktadır. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerin Hurst katsayılarının 0.50'den küçük olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bu sonucun EPH'nin varsayımı olan $H = 0.50$ değerinden farklılaştığı görülmektedir. Elde edilen bu bulgulara göre kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde EPH'nin tamamen reddedilebileceği ve getirilerin rassal yürüyüş sergilemediği ifade edilebilir. FPH'ye göre ise $H < 0.50$ olması; seride devamlılığı olmayan, ortalamadan sapan, negatif otokorelasyona sahip, yani seride kalıcı olmayan davranış sergilediğini ve ortalamaya dönüş süreci olduğunu, artışları/azalışları büyük olasılıkla artışların/azalışların izleyeceğinin bir göstergesidir. Buna göre kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki BTC getirileri kaotik bir yapı sergilemektedir. Bu da yatırımcıların, piyasaya yeni gelen bilgiye, etkin bir piyasada olması gerekenden daha fazla tepki vererek keskin ve yüksek volatilitelere sebebiyet verebileceğine işaret etmektedir.

ETH kripto para birimine ait getiri, kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına göre hesaplanan Hurst katsayılarına ilişkin analiz sonuçlarına Tablo 20 ve Şekil 55’de yer verilmiştir. Bu katsayılara göre ETH getiri ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerin Hurst katsayısının 0.50 katsayısından büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulguya göre ETH getiri ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinin devamlı, birbirini tekrarlayan trendlerin kalıcı bir davranış sergilediğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, gözlemlenen fiyat davranışlarının geleceğe dönük olarak uzun hafıza yapısına sahip olduğunu ve beklenen fiyat davranışının geçmişteki fiyat davranışlarına benzer (pozitif veya negatif) yönü olacağını belirtmektedir. Dolayısıyla bu getirilerde EPH’nin ihlal edilebileceği ve FPH’nin geçerli olabileceği anlamına gelmektedir. Buna göre uzun vadeli yatırım ufuklarında ETH kripto para piyasasına giren bilgi şoklarının hiperbolik oranda azalması nedeniyle geçmiş getirilerden yararlanarak gelecekteki getirilerin tahmin edilebileceği çıkarımı yapmak mümkündür. Ayrıca, uzun vadeli yatırım ufuklarında Hurst katsayısı yani üstelinin bütün örnekleme yakın değerler alması kendine benzerlik yani fraktallığa dair kanıtlar sunmaktadır. Analiz edilen verilere göre kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde ise Hurst katsayısının 0.50’nin altında olduğu belirlenmiştir. Bu EPH’nin önerdiği $H=0.50$ değerinden saptığını göstermektedir. Elde edilen bu veriler, kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde EPH’nin tamamen reddedilebileceğini ve bu getirilerin rassal yürüyüş modeli izlemediğini göstermektedir. FPH’ye göre $H<0.50$ olması, getiri serilerinin süreklilik göstermeyen, ortalama değerinden saptığını ve negatif otokorelasyon içeren geçici bir yapı sergilediğini göstermektedir. Bu da seride bir ortalamaya dönüş eğiliminin olduğunu ve artışlar veya azalışlar sonrasında büyük olasılıkla benzer hareketlerin takip edeceğini ifade etmektedir. Sonuç olarak, kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki ETH getirilerinin kaotik bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yatırımcıların piyasaya giren yeni bilgilere etkin bir piyasa koşullarından daha fazla tepki göstererek keskin ve yüksek volatilitate yaratabileceği sonucuna varılmıştır.

XRP kripto para birimine ait getiri, kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına göre hesaplanan Hurst katsayılarına ilişkin analiz sonuçları, Tablo 22 ve Şekil 57’de yer verilmiştir. Elde edilen bulguya göre XRP getiri, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde, Hurst katsayısının 0.50’nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu gözlem, XRP’nin hem getiri hem de orta ve uzun vadeli getirilerinin sürekli ve tekrar eden trendlerle kalıcı bir davranış sergilediğini ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle,

gözlemlenen fiyat hareketlerinin geleceğe yönelik geçmişteki fiyatlarla benzer (pozitif veya negatif) bir yön izleyeceği anlaşılmaktadır. Bu durum, XRP getiri, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde EPH'nin reddedilebileceği ve FPH'nin destekleyebileceğini ve geçerli olabileceğini göstermektedir. Hem getiri hem de uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getiriler açısından XRP piyasasına giren bilgi şoklarının yavaş yavaş azalma eğiliminde olduğu ve bu nedenle geçmiş getiri verilerden yararlanarak gelecekteki getirileri tahminde etmede kullanılabileceği sonucuna varılabilir. Uzun vadeli yatırım ufuklarında, Hurst katsayısının, yani üstel olarak tüm örneklem boyunca benzer değerler sergilemesinin, kendine benzerlik veya fraktal yapıya işaret ettiği söylenebilir. Bu durum, söz konusu katsayının tüm örnekleme tutarlılık göstermesiyle, kendine özgü fraktal özelliklere dair önemli bulguları ortaya koymaktadır. İncelenen verilere dayanarak, kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerin ise Hurst değerinin 0.50'nin altında olduğu tespit edilmiştir. Bu, EPH'nin rassal yürüyüş için varsaydığı $H=0.50$ değerinden farklılaştığını göstermektedir. Bu bulgular, kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerin EPH'yi tamamen reddedileceğini ve bu getirilerin rastgele yürüyüş modeline uymadığını ortaya koymaktadır. FPH açısından, $H<0.50$ olması, getiri serilerinin devamlılık göstermeyen, ortalama değerden sapmalar ve negatif otokorelasyon içeren geçici bir yapı sergilediğini belirtmektedir. Bu, seride bir ortalama değere dönüş eğilimi olduğunu ve artış veya azalışlardan sonra benzer eğilimlerin büyük olasılıkla görüleceğini göstermektedir. Nihayetinde, kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında XRP getirilerinin kaotik bir yapı sergilediği anlaşılmıştır. Bu, yatırımcıların piyasaya giren yeni bilgilere etkin piyasa koşullarına göre aşırı tepki vererek keskin ve yüksek volatiliteye yol açabileceğine işaret etmektedir.

BNB kripto para birimine ait getiri, kısa, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarına göre hesaplanan Hurst katsayılarına ilişkin analiz sonuçları Tablo 24 ve Şekil 59'de yer verilmiştir. BNB ile ilgili getiri, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinin incelenmesi sonucunda, Hurst katsayısının 0.50 değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, BNB'nin getiri, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde devamlı ve kendini tekrar eden trend eğilimler ile karakterize edildiği ve getiri serilerinde bilgi şoklarının kalıcılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle analiz edilen getiri serilerinin geleceğe yönelik uzun vadeli bir hafıza yapısını yansıttığını ve gelecek getiri davranışlarının geçmişteki trendlere benzer bir seyir izleyeceği sonucuna varılmıştır. Bu gözlemler, BNB getiri, orta ve uzun vade yatırım

ufuklarındaki getirilerinde EPH'nin ihlal edilebileceği ve FPH'nin bu durumda geçerli olabileceği yönünde önemli ipuçları sunmuştur. Hem getiri hem de orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerine ulaşan bilgi şoklarının hiperbolik oranda azalması bu bağlamda geçmiş getirilerden yararlanarak gelecekteki getirilerin tahminlerinde kullanılabilirliğini göstermektedir. Orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında, Hurst katsayısının tüm örneklem evreninde birbirine benzer yapılar ortaya çıkması, BNB kripto para piyasasının kendine benzer (self-similarity) veya fraktal özelliklere sahip olduğuna dair kanıtlar sağladığını belirtmek mümkündür. Bu durum, örneklem evreninde tutarlılık göstermesi nedeniyle, BNB piyasasının fraktal özelliklerini ortaya çıkaran önemli bir gösterge olarak değerlendirilebilir. Elde edilen bulgulara göre BNB'nin kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerin Hurst katsayısının 0.50'nin altında olduğu belirlenmiştir. Bu durum EPH'nin rassal yürüyüş için varsaydığı $H=0.50$ değerinden farklılaştığını göstermektedir. Buna göre kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde EPH'nin geçerli olmadığı ve rassal yürüyüş modeline uymadığını ortaya koymaktadır. FPH'ye göre ise $H < 0.50$ olması, getiri serilerinin devamlılığı olmayan, ortalama değerden sapma gösteren ve negatif otokorelasyona işaret eden geçici bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu, serinin ortalama değere dönme eğilimi olduğunu ve bir artış veya azalışın ardından benzer yönde hareketlerin muhtemel olduğunu belirtmektedir. Sonuç olarak, kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında BNB getirilerinin kaotik bir yapı sergilediği anlaşılmaktadır. Bu durum, yatırımcıların piyasaya giren yeni bilgilere etkin bir piyasa şartlarında beklenenden daha şiddetli tepki göstererek belirgin ve yüksek düzeyde volatilité oluşturabileceği şeklinde yorumlanabilir.

Son olarak her bir kripto para birimi getiri ve farklı yatırım ufuklarına göre elde edilen getirilerin Hurst katsayısına göre en uygun volatilité modelini belirleyebilmek için kısa hafızanın varlığı test edilmiştir. Bunun için değişen koşullu varyans ve simetrik ve asimetrik kısa hafıza modelleri olan ARCH, GARCH, EGARCH, T-GARCH, GJR-GARCH, APARCH, GARCH-M VE C-GARCH modelleri kullanılmıştır. Uzun hafıza özelliğini test etmek için simetrik ve asimetrik uzun hafıza modelleri olan FIGARCH, FIEGARCH, FIAPARCH, HYGARCH modelleri kullanılmıştır. En uygun modelleri belirleyebilmek için hem Log-Likelihood değeri en yüksek olan hem de bilgi kriterleri olan Akaiki (AIC), Schwarz (SIC) ve Hannan Quin (HQ) değerleri en küçük olan en uygun volatilité modeli seçilmiştir. Elde edilen en uygun volatilité modelleri, EPH'nin ve FPH'nin geçerliliği bakımından değerlendirilmiştir.

BTC kripto para birimine ait getiri ve farklı yatırım ufuklarındaki getiriler için en uygun volatilité modellerinin analiz sonuçları Tablo 19’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre BTC getiri serisi için en uygun volatilité modeli HYGARCH (1, d , 1) tahmin edilmiş ve d uzun hafıza parametresinin %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı çıkması, BTC getiri serisinin güçlü bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Tahmin edilen HYGARCH (1, d , 1) modelinde yer alan $\text{Log}(\alpha)$ değeri < 1 olması, modelin kısa dönemli volatilitéye ilişkin tepkinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, piyasa şoklarının kısa vadede volatilité üzerinde önemli etkiler yaratmasına rağmen bu etkilerin zaman içerisinde azalacağını ve uzun hafızanın daha baskın bir rol oynayacağına dair kanıt sunmaktadır. Uzun vadeli yatırım ufuklarındaki BTC getirileri için en uygun volatilité modeli ise; AR(1) FIGARCH(1, d , 1) ve AR(1) MA(1) FIGARCH (1, d , 1) olduğu tespit edilmiş ve d uzun hafıza parametreleri %1 anlamlılık seviyesinde anlamlı çıkmıştır. Bu sonuca göre uzun vadeli yatırım ufuklarındaki BTC getirilerini güçlü bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Tüm bu bulgulara göre EPH’nin geçerli olmadığı ve FPH’nin geçerli olabileceği tespit edilmiştir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerine ait en uygun volatilité modeli; D1 için AR(1) MA(1) C- GARCH(1,1), D2 için ise C-GARCH (1, 1) tahmin edilmiş ve katsayılarının %1 seviyesinde anlamı çıkmıştır. Elde edilen bu bulguya göre D1 ve D2 kısa vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerde volatilitenin kalıcı bileşeni var olduğu ancak bu bileşenin toplam volatilité içinde orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu göstermiştir. Bu da BTC piyasa şoklarının uzun vadeli volatilité üzerinde bir etkisi olduğu ancak bu etkinin toplam volatilité içinde üstün olmadığını ortaya koymuştur. Ayrıca bu getirilerde θ pozitif bir değer alması, kısa vadeli volatilité artışının uzun vadeli volatilité bileşenini arttırıcı bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. D3 kısa vadeli yatırım ufku için en uygun model ise; AR(1) GARCH-M(1, 1) tahmin edilmiş ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermiştir. D3 günlük getirileri ile gelecekteki günlük getiriler arasında bir ilişki olduğunu tespit edilmiş ve yüksek volatilitenin D3 kısa vadeli yatırım ufkunun ortalama getiriler üzerinde negatif bir etki oluşturduğu saptanmıştır. Bu bulguya göre yatırımcıların yüksek risk (yüksek volatilité) için daha düşük getiri beledikleri anlamına gelebilir. Diğer bir ifadeyle, risk artışı nedeniyle yatırımcıların beklenen getirilerinin azalacağı söylenebilir. ki bu da genellikle beklenen bir durum değildir. Finansal piyasalarda genellikle yüksek riskin yüksek getiri beklentisi ile ilişkilendirilmesi beklenmektedir. D4 ve D5 orta vadeli yatırım ufukları için en uygun volatilité modeli; AR (1) MA(1) GARCH (1, 1) olduğu tespit edilmiş ve α ve β

katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Elde edilen orta vadeli yatırım ufuklarındaki BTC getirilerine ulaşan bilgi şoklarının %24 ve %59'un geçmiş dönemden kaynaklandığı ve mevcut dönem bilgi şoklarının genellikle bir önceki dönemde piyasa ulaşan bilgi şoklardan kaynaklandığı göstermiştir. Ayrıca α ve β katsayılarının toplamı 1(bir) den küçük olması, volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermektedir. Ancak 1'e oldukça yakın olması volatilitenin dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.

ETH kripto para birimine ait getiri ve farklı yatırım ufuklarındaki getiriler için en uygun volatilitite modellerinin analiz sonuçları Tablo 21'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre ETH getiri serisi için en uygun volatilitite modeli FIGARCH (1, d , 1) olduğu tespit edilmiş ve d uzun hafıza parametresinin %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Uzun vadeli yatırım ufuklarındaki ETH getirileri için en uygun model ise; AR(1) ve MA(1) FIGARCH(1, d , 1) ve AR(1) FIGARCH (1, d , 1) olduğu gözlemlenmiş ve uzun hafıza parametrelerinin %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Elde edilen bu bulgulara göre hem ETH getirilerinde hem de uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde uzun hafızanın varlığına dair kanıtlar olduğunu göstermiştir. Tüm bu sonuçlara göre EPH'nin geçerli olmadığı ve FPH'nin geçerli olabileceği tespit edilmiştir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerine ait en uygun volatilitite modeli; D1 için AR(1) MA (1) GARCH (1,1) olduğu saptanmış ve α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Bu bulguya göre modelinin uygun gecikme oranlarına ve sabit varyans özelliklerine sahip olduğu göstermektedir. Buna göre D1 günlük getirilerine ulaşan bilgi şoklarının %25'inin geçmiş dönemlerden kaynaklandığını ve β katsayısının 0.722701 değeri aldığı tespit edilmiştir. Bu değere göre D1 günlük getirilerde volatilitenin önemli ölçüde otoregresif olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, geçmiş dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemdeki volatilitite üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu anlamını taşımaktadır. Ayrıca α ve β katsayılarının toplamı < 1 olması, volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermekte ancak 1'e oldukça yakın olması volatilitenin direnci hakkında da ipucu vermektedir. D2 için AR(2) MA(1) T-GARCH (1,1) olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulguya göre " γ " parametresinin negatif değer almış ve " $\alpha + \gamma$ " toplamının pozitif ve %10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı

olması çıkmıştır. D2 kısa vadeli yatırım ufukundaki getirilerde negatif bilgi şoklarının pozitif bilgi şoklarına göre daha baskın olduğunu görülmüştür. D3 için ise AR(2) C-GARCH (1,1) tahmin edilmiş ve modeli temsil eden parametreler 1% anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Bu bulguya göre D3 kısa vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde kısa ve uzun dönemli volatilitate bileşenleri arasındaki etkileşimi göstermekte ve varyansın birbirine yakınsadığı göstermektedir. Buna göre ETH D3 günlük getirilerinde θ pozitif bir değer alması, kısa vadeli volatilitate artışının uzun vadeli volatilitate bileşenini arttırıcı bir etki gösterdiğini sonucuna varılmıştır. Bu durum, ETH piyasa şoklarının ve kısa vadeli volatilitenin, uzun vadeli volatilitateyi yükselttiği anlamına gelmektedir. Kısa vadeli volatilitenin yükselmesi durumunda, bu artışın uzun vadeli volatilitateyi de arttırarak kümülatif risk etkisi oluşturduğunu ve bu durumun yatırımcıların ve piyasa katılımcılarının kısa vadeli volatilitate artışlarına uzun vadede daha duyarlı tepki gösterdiğini gösterebilir. Bu, piyasa katılımcılarının kısa vadeli şoklara karşı hassas olduğunu ve bu şokların uzun vadeli risk algısını arttırdığını şeklinde ifade edilebilir. D4 ve D5 orta vadeli yatırım ufukları için en uygun volatilitate modeli ise; AR(2) C-GARCH(1,1) ve AR(2) MA(1) C-GARCH (1,1) tahmin edilmiş ve modeli temsil eden parametreler %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Buna göre orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde kısa ve uzun dönem varyansın birbirine yakınsadığı göstermektedir. θ katsayısının negatif olması, modelin uzun dönem ve kısa dönem volatilitate bileşenleri arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. Diğer bir ifadeyle negatif bir θ katsayısı, kısa vadeli volatilitenin artışının, uzun vadeli volatilitate bileşenini azaltıcı bir etki yarattığını göstermektedir. Bu da piyasa şoklarının ve kısa vadeli oynaklığının, uzun vadeli volatilitateyi düşürdüğü anlamına gelmektedir. Dolayısıyla ETH için orta vadeli yatırım ufuklarında kısa vadeli volatilitenin yükselmesi durumunda, bu artışın uzun vadeli volatilitateyi azalttığı ve bir denge mekanizması oluşturduğunu göstermektedir. Böylece ETH piyasa şoklarının uzun vadeli risk algısını azaltabileceği, diğer bir ifadeyle yatırımcıların ve piyasa katılımcılarının kısa vadeli volatilitate artışlarına uzun vadede daha az tepki gösterdiğini gösterebilir. Bu, piyasa katılımcılarının kısa vadeli şoklara karşı daha az hassas olduğunu ve bu şokların uzun vadeli risk algısını azalttığını söylenebilir.

XRP kripto para birimine ait getiri ve farklı yatırım ufuklarındaki getiriler için en uygun volatilitate modellerinin analiz sonuçları Tablo 23’de verilmiştir. Elde edilen bulguya göre XRP getiri serisi için en uygun volatilitate modeli AR(2) MA(1) FIGARCH (1, d , 1) olduğu tespit edilmiş ve d uzun hafıza parametresinin %1 anlamlılık seviyesinde

istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki XRP getirileri için en uygun model ise; AR(1) MA(1) FIGARCH(1, d , 1), AR(1) MA(1) FIGARCH (1, d , 1) ve AR(1) FIGARCH (1, d , 1) olarak belirlenmiştir. Bu modellere ait d uzun hafıza parametresinin %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Elde edilen bu bulgulara göre hem XRP getirilerinde hem de orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde uzun hafızanın varlığına dair kanıtlar olduğunu göstermektedir. Tüm bu bulgulara göre XRP getiri, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında EPH'nin geçerli olmadığı ve FPH'nin geçerli olabileceği tespit edilmiştir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerine ait en uygun volatilité modeli sonuçları ise şu şekildedir; D1 için AR(1) MA(1) C- GARCH (1,1), D2 AR(2) C-GARCH (1,1) için ve D3 AR(1) MA(1) C- GARCH (1,1) için tahmin edilmiş ve modeli temsil eden parametrelerin %1 anlamlılık seviyesinde anlamlıdır. Bu bulgulara göre kısa ve uzun dönemli volatilité bileşenleri arasındaki etkileşimi göstermekte ve varyansın birbirine yakınsadığı göstermektedir. Buna göre D1, D2 ve D3 kısa vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde θ pozitif bir değer alması, kısa vadeli volatilité artışının uzun vadeli volatilité bileşenini arttırıcı bir etki gösterdiği saptanmıştır. Bu sonuç XRP piyasa şoklarının ve kısa vadeli oynaklığın, uzun vadeli volatilitéyi yükselttiği anlamına gelmektedir. Kısa vadeli volatilitenin yükselmesi durumunda, bu artışın uzun vadeli volatilitéyi de arttırarak kümülatif risk etkisi oluşturduğunu ifade edilebilir. D4 için ise AR(2) MA(1) GARCH (1,1) en uygun model olarak belirlenmiş ve kurulan modelde α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Elde edilen bu bulguya göre D4 orta vadeli yatırım ufku getirilerine gelen bilgi şoklarının %14'inin geçmiş dönemlerden kaynaklandığını ve Öte yandan, β katsayısının 0.855453 değerini almıştır. Bu değere göre D4 getirilerinde volatilitenin önemli ölçüde otoregresif olduğunu göstermektedir. Bu durum, geçmiş dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemdeki volatilité üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca α ve β katsayılarının toplamı 1 (bir) den küçük olması, volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermektedir. Ancak 1'e oldukça yakın olması volatilitenin dirençli olduğunu göstermektedir.

BNB kripto para birimine ait getiri ve farklı yatırım ufuklarındaki getiriler için en uygun volatilité modellerinin analiz sonuçları Tablo 25'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre BNB getiri serisi için en uygun volatilité modeli; AR(2) MA(2) FIGARCH (2, d , 1) olduğu tespit edilmiştir. d uzun hafıza parametresinin %1 anlamlılık

seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmış ve d uzun hafıza parametresi $0 < d < 1$ olduğu için uzun hafızanın varlığı azalmaya başladığı ve zayıf formda piyasa etkinliğine yaklaşıldığını göstermektedir. Orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki BNB getirileri için en uygun model sırasıyla D5 için AR(1) FIGARCH(1, d ,1), D6 için AR(2) MA(1) FIGARCH (1, d ,1) ve D7 için ise AR(2) MA(2) FIGARCH (1, d ,1) tahmin edilmiş ve %1 anlamlılık seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Elde edilen bu bulgulara göre orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki BNB getirilerinin güçlü bir uzun hafıza özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. elde edilen bu sonuçlara göre BNB getiri serisinin zayıf formda etkin piyasa hipotezine yaklaştığını ancak orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarındaki BNB getirilerinde EPH'nin ihlal edilebileceği FPH'nin geçerli olabileceği tespit edilmiştir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki BNB getirileri için en uygun model ise; D1 için AR(2) C- GARCH (1,1) ve D2 için AR(1) MA(1) C-GARCH (1,1) olduğu saptanmıştır. modelleri temsil eden parametrelerin %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Elde edilen bu bulgulara göre kısa ve uzun dönemli volatilitate bileşenleri arasındaki etkileşimi göstermekte ve varyansın birbirine yakınsadığı ve D1 ve D2 kısa vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerinde θ pozitif bir değer alması, kısa vadeli volatilitate artışının uzun vadeli volatilitate bileşenini artırıcı bir etki göstermektedir. Bu, BNB piyasa şoklarının ve kısa vadeli oynaklığın, uzun vadeli volatilitateyi yükselttiği anlamına gelmektedir. Kısa vadeli volatilitenin yükselmesi durumunda, bu artışın uzun vadeli volatilitateyi de arttırarak kümülatif risk etkisi oluşturduğunu göstermektedir. D3 kısa vadeli yatırım ufku için AR(2) GARCH (1, 1) ve D4 orta vadeli yatırım ufku için ise AR(2) MA(1) GARCH (1, 1) en uygun volatilitate model olduğu tespit edilmiştir. Bu yatırım ufukları için elde edilen modellerin uygun gecikme oranlarına ve sabit varyans özelliklerine sahip olduğu saptanmış ve α ve β katsayılarının hem pozitif hem de %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre D3 ve D4 kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilere gelen bilgi şoklarının %17 ve %12'un geçmiş dönemden kaynaklandığını ifade etmektedir. Ayrıca bu yatırım ufuklarındaki getirilerin β katsayılarına göre volatilitenin önemli ölçüde otoregresif olduğu görülmüştür. Diğer bir ifadeyle geçmiş dönem bilgi şoklarının, mevcut dönemdeki volatilitate üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. α ve β katsayılarının toplamı 1 (bir) den küçük çıkmıştır. Buna göre volatilitenin öngörülebilir bir yapıya sahip olduğunu koşullu varyansın üzerinde şokların geçici olduğunu göstermektedir. Ancak 1'e oldukça yakın olması volatilitenin dirençli olduğunu ifade etmektedir.

Yukarıda ortaya çıkan bu sonuçlar, kripto para yatırımcıları ve daha geniş yatırım piyasaları katılımcıları için farklı sebeplerden dolayı büyük önem taşımaktadır. Genel olarak; BTC, ETH, XRP ve BNB kripto para birimlerine ilişkin elde edilen bulgular incelendiğinde; Maksimum Örtüşmeli Ayrık Wavelet Dönüşümü (MODWT) analizi BTC, ETH, XRP ve BNB'nin farklı yatırım ufuklarına göre farklı fiyat davranışları sergilediğini göstermektedir. Yani BTC, ETH, XRP ve BNB'nin farklı piyasa koşullarındaki kalıcı veya geçici volatilitite dalgalanmaları açığa çıkardığını göstermektedir. Ayrıca volatilitenin kendine benzeyen (self- similarity) ve kendine yakın (self- affinity) fraktal yapılar sergileyebileceğini göstermiştir. Yeniden Ölçeklendirilmiş Aralık (R/S) analiz sonuçları ise BTC, ETH, XRP ve BNB piyasalarında farklı yatırım ufuklarında kısa hafıza ve uzun hafızanın varlığına dair kanıtlar sunmuştur. BTC, ETH, XRP ve BNB getiri dinamiklerinin kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki kaotik doğası ve yatırımcıların aşırı reaksiyonları, etkin piyasa hipotezinin kısıtlamalarını açığa çıkarmaktadır. Bu, piyasa fiyatlarında beklenmeyen ve şiddetli dalgalanmalara sebep olabilir ve yatırım risklerini yükseltebilir. Risk yönetimi için portföy çeşitliliği büyük ölçüde önem taşımaktadır. Çeşitlendirme, yatırımları farklı varlık sınıfları, coğrafi bölgeler ve sektörler arasında dağıtarak riski minimize etmeyi hedeflemektedir. BTC, ETH, XRP ve BNB'nin kısa ve orta vadeli yatırım perspektiflerinden yapılan analizi, piyasa zamanlamasının zorluklarını ve yüksek volatilitenin beraberinde getirdiği riskleri göstermektedir. Bu bağlamda, yatırımcıların portföylerini özenle çeşitlendirmeleri ve BTC, ETH, XRP ve BNB'nin piyasa koşullarına uygun stratejiler oluşturmaları gerekmektedir. Bu yöntemler piyasa anormalliklerine karşı koruma sağlayarak yatırımcıların daha sağlıklı yatırım kararları almasını sağlayabilir.

Kısa ve uzun hafıza varlığını test etmek amacıyla kullanılan volatilitite modellerine göre ise BTC, ETH, XRP ve BNB kripto para birimlerinin farklı yatırım ufuklarına göre bilgi şoklarının kalıcılığı veya geçiciliğe dair kanıtlar elde edilmiştir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufukları için elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, α ve β katsayılarının toplamının bire yakın olması, şokun dirençli olduğunu ve bu sonuçlara göre kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarına göre kripto para birimlerinin getirilerinin kaotik bir yapı sergilediğini göstermektedir. Kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında bilgi asimetrisinin oldukça yüksek olması ve bu yatırım ufuklarında önceki ortalamaya dönmemesi ve farklı bir ortalama oluşturması; kripto para piyasasında etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığı ve benzer şekilde kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında

piyasanın kendine benzerlik (self-similarity) göstermediği anlamına gelmektedir. Bu da yatırımcıların piyasaya yeni giren bilgilere verdiği tepkilerin, etkin bir piyasa hipotezinde öngörülenden daha fazla olabileceği ve bu durumun belirgin ve büyük dalgalanmalara yol açabileceği öne sürülebilir. Bu durum, piyasa katılımcılarının, etkin piyasa hipotezinde varsayılan teorik denge davranışlarından saparak, volatilitiyi artırıcı tepkiler sergileme eğilimlerinde olabileceğini ifade etmektedir. Bu durumda risk seven yatırımcıların kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarını tercih edebilecekleri söylenebilir.

Çalışmanın kapsadığı dönemlerde BTC, ETH, XRP ve BNB kripto para piyasalarının kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarındaki getirilerin bilgi asimetrisi oldukça yüksek ve eski ortalamaya geri dönmeyerek yeni bir ortalama oluşturduğu için EPH'nin geçerli olmadığını kaotik bir yapı sergilediğini göstermektedir. Uzun vadeli yatırım ufuklarındaki getiriler ise birbirini tekrar eden trendler oluşturduğu ve kendine benzer yapılar sergilediği için FPH'nin geçerli olabileceğini göstermekte ve bu durum, bu kripto para birimlerinin altın ve diğer kıymetli metallere benzer şekilde “bir değer saklama aracı” ve “sadece uzun vadeli” bir varlık olarak artan önemini vurgulamaktadır.

Bu araştırma sonuçları, kripto para piyasasında yatırım yaparken portföy yöneticileri, analistler ve yatırımcılar için farklı yatırım ufuklarının önemini ve stratejik yaklaşımlarını vurgulamaktadır. Risk almayı tercih eden portföy yöneticileri ve yatırımcılar için piyasanın kısa vadeli dalgalanmalarını değerlendirmek adına 2-4 günlük, 4-8 günlük ve 8-16 günlük kısa vadeli yatırım ufuklarına odaklanmaları önerilebilir. Bu yaklaşım, kısa vadeli piyasa hareketlerinden yüksek getiri elde etme potansiyeli sunarken, aynı zamanda portföylerini sıkça yeniden değerlendirme ve ayarlama imkânı sağlayabilir. Öte yandan, riskten kaçınan veya risk nötr portföy yöneticileri, araştırmacılar ve yatırımcılar için 64-128 günlük ve 128-256 günlük uzun vadeli yatırım ufuklarına yoğunlaşmak daha uygun olabilir. Bu strateji, kripto para piyasalarının yüksek volatilityesinden etkilenme riskini minimize ederken, aynı zamanda portföylerinde daha istikrarlı bir büyüme potansiyeli sunabilir. Uzun vadeli yatırım stratejileri, özellikle piyasa düzeltmeleri ve dalgalanmaları sırasında sermaye koruması sağlayarak portföy dengesine katkıda bulunabilir. Bununla birlikte, yatırımcıların portföylerini çeşitlendirirken BTC, ETH, XRP ve BNB gibi farklı kripto para birimlerini dikkate almaları önerilebilir. Bu çeşitlilik, her bir kripto para biriminin farklı piyasa koşullarına ve haberlere olan tepkisini dengeleyerek portföyün genel risk profilini azaltabilir. Ayrıca yatırımcılar kripto para piyasalarının volatilityesine karşı daha etkili bir koruma sağlamak

için yatırım ufuklarına uygun stratejiler benimseyerek, piyasa dalgalanmalarına karşı daha uygun bir portföy oluşturabilirler. Finansal piyasalarda genel olarak kabul gören bir ilke olan çeşitlendirme, kripto para piyasalarında da geçerlidir. Bu bağlamda, yatırımcıların portföylerini sadece kripto para birimleriyle değil, aynı zamanda geleneksel varlık sınıfları ile de dengeli bir şekilde çeşitlendirmeleri tavsiye edilebilir. Örneğin, hisse senetleri, tahviller ve emtialar gibi geleneksel varlık sınıfları, kripto para birimlerinin volatil doğasını dengeler ve genel piyasa koşullarında bir stabilizatör görevi görebilir. Risk yönetimi stratejileri açısından, portföy yöneticileri ve yatırımcılar kripto para piyasalarında yaşanan ani fiyat hareketlerine karşı zarar kes (stop-loss) emirleri ve risk sınırlama teknikleri gibi araçları kullanmayı düşünebilirler. Bu tür önlemler, beklenmedik piyasa hareketlerinde portföy değerindeki olası kayıpları sınırlamaya yardımcı olabilir. Ayrıca kripto para piyasaları hakkında sürekli güncel bilgi edinmek ve piyasa trendlerini yakından takip etmek, etkili portföy yönetimi ve risk minimizasyonu için kritik öneme sahiptir. Bu, yatırımcılara piyasa koşullarına uygun hızlı ve bilinçli kararlar alabilme esnekliği sağlayabilir. Bu yaklaşımların tümü, kripto para piyasasındaki dalgalanmalara karşı daha uygun bir portföy yönetimi stratejisi oluşturulmasına olanak tanımaktadır.

Sonuç olarak kripto para piyasalarında, kısa ve orta vadeli yatırım ufuklarında meydana gelen bilgi şoklarının hızlı bir şekilde ortadan kalktığı, orta ve uzun vadeli yatırım ufuklarında bilgi şoklarının yavaş yavaş elimine olduğu görülmektedir. Bu durum geçmişteki getiri verilerinden yaralanarak gelecekteki getirilerin tahmin edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir. Analiz edilen bu bulgular, kripto para piyasasının yatırımcılar için hem risk içerdiğini hem de karlı fırsatlar sunduğunu ortaya koymaktadır. Yatırımcılar, teknik analiz yöntemlerini kullanarak gelecekte meydana gelebilecek fiyat değişimlerini öngörebilir ve böylece bu piyasalardaki riskleri minimize edebilirler. Bu bağlamda, yatırımcıların portföylerine kripto para birimlerini dahil etmeleri, uzun vadeli yatırım stratejilerine uygun bir yaklaşım olarak görülmekte ve risk yönetimi ile portföy çeşitliliğinin artırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda kripto para piyasalarının volatil yapısını göz önünde bulundurarak, yatırımcıların, portföy yöneticileri, analistlerin kısa vadeli yatırım ufuklarındaki piyasa dalgalanmalarına odaklanmak yerine; uzun vadeli yatırım ufuklarındaki trendlere ve kripto para projelerinin temel değerlerine odaklanmaları, daha güvenli ve sürdürülebilir yatırım stratejileri geliştirmelerine yardımcı olabilir.

KAYNAKLAR

- Abaday, A. (2018). *Nasıl Bitcoin Zengini Olunur?*, (1. Basım). İstanbul: Madrabaz Kitap.
- Abakah, E. J. A., Gil-Alana, L. A., Madigu, G., & Romero-Rojo, F. (2020). “Volatility Persistence in Cryptocurrency Markets Under Structural Breaks”, *International Review of Economics & Finance*, 69, 680-691.
- ABD Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri (Centers for Disease Control and Prevention). (2022). “CDC museum Covid-19 timeline. Centers for Disease Control and Prevention”, <https://www.cdc.gov/museum/timeline/covid19.html> (11.12.2023)
- Açık, A., Baran, E. ve Ayaz, İ.S. (2018). “Hisse Senedi Fiyatlarında Etkinlik: Konteyner Şirketleri Üzerine Bir Araştırma”, *2nd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies*, Samsun, Türkiye, vol.3, 685-689.
- Açıklan, S., & Sakınç, İ. (2022). “Zayıf Form Etkinlik ve Kripto Para Piyasası”, *Maliye ve Finans Yazıları* , (117) , 177-196.
- Adalı, S. (2006). *Piyasa Etkinliği ve İMKB: Zayıf Formda Etkinliğe İlişkin Ekonometrik Bir Analiz*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Adana Karaağaç, G. ve Altınırnak, S. (2018). “En Yüksek Piyasa Değerine Sahip On Kripto Paranın Birbirleriyle Etkileşimi”, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 79, 123-138.
- Adkins, C.L ve Hill, C.R. (2011). *Using Stata for Principles of Econometrics*, Fourth Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Aggarwal, D. (2019). “Do Bitcoins Follow A Random Walk Model?”, *Research in Economics*, 73(1), 15-22.
- Akdoğan, N. ve Aslan, Ü. (2022). *Blockchain Teknolojisi ve Kripto Varlıklar Eko Sistemi*, 1.Basılı, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Akkuş, H. T. ve Çelik, I. (2020). “Modeling, Forecasting The Cryptocurrency Market Volatility and Value at Risk Dynamics of Bitcoin”, *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 22(2), 296-312.

- Aksoy, A. ve Tanrıöven, C. (2007). *Sermaye Piyasası Yatırım Araçları ve Analizi*, Gazi Yayınevi, Ankara.
- Aksoy, E. E. (2018). *Bitcoin Paradan Sonraki En Büyük İcat Blockchain Teknolojisi ve Altcoin'ler*. (1.Baskı). İstanbul: Abaküs Yayınları.
- Alexander, C. (2009). *Market Risk Analysis, Value at Risk Models*. John Wiley & Sons.
- Allcot, D. (2022). “XRP Ripple Pirce Prediction: 2022-2023”, <https://www.nasdaq.com/articles/xrp-ripple-price-prediction%3A-2022-2030> (29.12.2023).
- Allen, D. W., Berg, C., Davidson, S., Novak, M., & Potts, J. (2019). “International Policy Coordination for Blockchain Supply Chains”, *Asia & The Pacific Policy Studies*, 6(3), 367-380.
- Alpago, H. (2018). “Bitcoin'den Selfcoin'e Kripto Para”, *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 3 (2), 411-428.
- Altun, O. (1992). *Sermaye Piyasalarında Etkinlik: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Üzerine Fiyat Etkinliği Testi*, Yayınlanmış Yeterlilik Etüdü, Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma dairesi, Ankara.
- Alvarez-Ramirez, J., Rodriguez, E., & Ibarra-Valdez, C. (2018). “Long-Range Correlations and Asymmetry in The Bitcoin Market”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 492, 948-955.
- Al-Yahyaee, K. H., Mensi, W. and Yoon, S. M. (2018). “Efficiency, Multifractality, and the Long-Memory Property of the Bitcoin Market: A Comparative Analysis with Stock, Currency, and Gold Markets”, *Finance Research Letters*, 27, 228-234.
- Al-Yahyaee, K. H., Mensi, W., Ko, H. U., Yoon, S. M. ve Kang, S. H. (2020). “Why Cryptocurrency Markets are Inefficient: The Impact of Liquidity and Volatility”, *The North American Journal of Economics and Finance*, 52, 101168.
- Amara, G. (1995). “An Introduction to Wavelets” *IEEE Computational Science and Engineering*, Vol. 2, No. 2, 50-61.
- Anderson, N. ve Noss, J. (2013). “The Fractal Market Hypothesis And Its Implications For The Stability Of Financial Markets”, *Bank of England Financial Stability Paper*, 23.

- Andrianto, Y. and Diputra, Y. (2017). "The Effect of Cryptocurrency on Investment Portfolio Effectiveness", *Journal of Finance and Accounting*, 5(6), 229-238.
- Aslam, F., Latif, S. ve Ferreira, P. (2020). "Investigating Long-Range Dependence of Emerging Asian Stock Markets Using Multifractal Detrended Fluctuation Analysis", *Symmetry*, 12/7, 1157.
- Aslan, A., & Sensoy, A. (2020). "Intraday Efficiency-Frequency Nexus in The Cryptocurrency Markets", *Finance Research Letters*, 35, 101298.
- Aslantaş Ateş, B. (2016). "Kripto Para Birimleri, Bitcoin ve Muhasebesi", *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 349-366.
- Assaf, A., Bhandari, A., Charif, H., and Demir, E. (2022). "Multivariate Long Memory Structure in the Cryptocurrency Market: The impact of COVID-19", *International Review of Financial Analysis*, 82, 102132.
- Asteriou, D. Ve Hall, S. G. (2021). *Applied Econometrics* (4th Edition). Bloomsbury Publishing.
- Atakan, T. (2008). "İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda Haftanın Günü Etkisi ve Ocak Ayı Anomalilerinin ARCH-GARCH Modelleri ile Test Edilmesi", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(2), 98- 110.
- Atıcı G. and Gürsoy G.(2015). "Changing Ownership in the Turkish Non-Financial Corporations Listed on Borsa İstanbul (BIST)", *Corporate Ownership & Control Journal*, Volume 13, Issue 1, 1062-1072.
- Atıcı, G. (2018), "Finansal Piyasalar ve Kurumlar, A. Gündoğdu (Ed), *Finansal Yönetim Temel Teoriler ve Açıklamalı Örnekler* içinde (51-64). 2. Baskı, Seçkin Yayıncılık. Ankara.
- Atik, M., Köse, Y., Yılmaz, B.ve Sağlam, F. (2015). "Kripto Para: Bitcoin ve Döviz Kurları Üzerine Etkileri", *Bartın Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6(11), 247-261.
- Avunduk, H. ve Asan, H. (2018). "Blok Zinciri (Blockchain) Teknolojisi ve İşletme Uygulamaları: Genel Bir Değerlendirme." *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(1), 379-384.
- Aydın, N, Şen, M.ve Berk, N., (2018). "Finansal Sistem, Finansal Piyasalar, Finansal Araçlar ve Kurumlar", G. Sevil ve Başar (Ed), *Finansal Yönetim-I*, T.C. Anadolu üniversitesi Yayını, Eskişehir.

- Aydın, N., Başar, M. ve Coşkun, M.(2010). *Finansal Yönetim*, Detay Yayıncılık, Eskişehir.
- Aydın, Y. (2016). “Finansal Piyasalar”, A. Gündoğdu (Ed), *Finansal Piyasalar ve Kurumlar Teori ve Türkiye Uygulamasına Güncel Bakış* içinde (47-78). 1. Baskı, Seçkin Yayıncılık, İstanbul.
- Aygören, H. (2008). “İstanbul Menkul Kıymetler Borsasının Fractal Analizi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23/1, 125-134.
- Azman, F. (2018). Kripto Para., Alptekin, V., Metin, İ. ve Akcan, A. T. (Ed). *Kripto Para Ekonomisi*. Birinci Baskı. Konya. Eğitim Yayınevi, 59-74.
- Babuşcu, Ş.,(2018). “Finansal Piyasalar ve Kurumlar”, A. Gündoğdu (Ed), *Finansal Yönetim* içinde (65-88). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Bachelier, L. (1900). “Theory of speculation”, P. Cootner (Ed), *The Random Character of Stock Market Prices*”, MA: M.I.T. Press, Cambridge, 333-337.
- Bağdat, O. (2021). “Wavelet Dönüşümü (Wavelet Transform)” <https://onurbagdat.medium.com/dalgacikd%C3%B6n%C3%BC%C5%9F%C3%BCm%C3%BC-wavelet-transform-fe45524700fb> (20.07.2023).
- Baillie, R. T., Bollerslev, T., & Mikkelsen, H. O., (1996). “Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity”, *Journal of Econometrics*, 74(1), 3-30.
- Balibey, M., (2014), *İkili Uzun Hafıza Modelleri: Bazı Makroekonomik Değişkenler Üzerine Bir Uygulama*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- Banerjee, A. ve Urga, G., (2005), “Modelling Structural Breaks, Long Memory and Stock Market Volatility: An Overview”, *Journal of Econometrics*, Vol.129, Issue.1-2, 1-34.
- Bariviera, A. F. (2017). “The Inefficiency of Bitcoin Revisited: A Dynamic Approach”, *Economics Letters*, 161, 1-4.
- Bariviera, A. F., Basgall, M. J., Hasperué, W., & Naiouf, M. (2017). “Some Stylized Facts of The Bitcoin Market”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 484,82-90.

- Barkoulas, J. T. ve Baum, C. F., (1997). “Long Memory and Forecasting in Euroyen Deposit Rates”, *Financial Engineering and The Japanese Markets*, 4(3), 189-201.
- Barkoulas, J. T., Baum, C. F. ve Travlos, N. (2000). “Long Memory in The Greek Stock Market”, *Applied Financial Economics*, 10(2), 177-184.
- Bashir, I. (2017). *Mastering blockchain*, Packt Publishing Ltd.
- Başarır, Y. (2021). *Döviz Piyasasında Etkin Piyasalar Hipotezinin Davranışsal Finans Açısından Tespiti*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- Başoğlu, U., Ceylan, A. ve Parasız, İ.(2008). *Finans, Teori, Kuram ve Uygulamalar*, Etkin Basım Yayın Dağıtım, Bursa.
- Batar, H. (2005), *EEG İşaretlerinin Wavelet Analiz Yöntemleri Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırılması*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Baye, M.R. ve Jansen, D.W.,(1995), *Money, Banking, And Financial Markets: An Economic Approach*, Houghton Mifflin Company, Baston.
- Baykul, Y. (1997). *İstatistik Metodlar ve Uygulamalar*, 2. Baskı, Yayıncılık, Ankara.
- Bayraktar, A. (2012). “Etkin Piyasalar Hipotezi”, *Aksaray Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4/1, 37-47.
- Bayraktar, E., Poor, V. H., ve Sircar, R. K., (2004). “Estimating the Fractal Dimension of the S&P 500 Index Using Wavelet Analysis”, *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, Vol:7, No:5, 2004, 613-643 .
- Beck, R., Czepluch, J. S., Lollike, N., & Malone, S. (2016). “Blockchain–The Gateway to Trust-Free Cryptographic Transactions”, In *Twenty-Fourth European Conference On Information Systems (ECIS), İstanbul, Turkey, 2016* (Pp. 1-14). Springer Publishing Company.
- Beckett, S., & Sellon, Gordon H., Jr. (1989). “Has Financial Market Volatility Increased?: Agricultural and Business Conditions, Tenth Federal Reserve District”, *Economic Review - Federal Reserve Bank Of Kansas City*, 74(6), 17.

- Beedham, M. (2019). "Here's How Binance Coin Performed in Q1 2019 and What Next for BNB?", <https://thenextweb.com/news/heres-how-binance-coin-performed-in-q1-2019> (01.11.2023).
- Bhardwaj, G. Ve Swanson, N. R., (2006). "An Empirical Investigation Of The Usefulness Of ARFIMA Models For Predicting Macroeconomic and Financial Time Series", *Journal Of Econometrics*, 131(1-2), 539-578.
- Bilgetay, Ö. (2019). *Bitcoin ve Bitcoin'e Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmeleri Arasındaki Fiyat İlişkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Bilir, H. (2018). "Piyasalar Rasyonel Mi? Etkin Piyasalar Hipotezi ve Piyasa Anomalileri", *Social Sciences Studies Journal (Sssjournal)*, 4(16), 1362-1374.
- Binance Blog. (2021). "The Evolution of BNB: from Fees to Global DeFi Infrastructure", <https://web.archive.org/web/20210506165841/https://www.binance.com/en/blog/421499824684901925/The-Evolution-of-BNB-From-Fees-to-Global-DeFi-Infrastructure> (29.12.2023).
- Birgili, M.E. (2013). *Teknik Analiz Yöntemini Kullanan Yatırımcıların Davranışsal Finans Modelleri ile Açıklanması: Türkiye'de Bir Araştırma*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Blackledge, J. ve Lamphiere, M. (2021). "A Review of the Fractal Market Hypothesis for Trading and Market Price Prediction", *Mathematics*, 10(1), 117.
- Blackledge, J. ve Rebow, M. (2010). "Economic Risk Assessment Using The Fractal Market Hypothesis", *2010 Fifth International Conference on Internet Monitoring and Protection*, ss. 41-47). IEEE.
- Blasco, N., Rio, D. C. ve Santamaria, R. (1997). "The Random Walk Hypothesis In The Spanish Stock Market: 1980 – 1992", *Journal of Business Finance & Accounting*, vol. 24, 667-684.
- Bo, Chen. ve Yan, Z., (2007). "On The Fractal Analysis Of Listed Military Industry Capital Market", *International Conference On Management Science And Engineering*, Finance Analysis, Section.

- Bodie, Z., Kane, A. ve Marcus, J. (2005). *Investments*, 6th Edition, Irwin Inc, Boston, USA.
- Bodie, Z., Kane, A. ve Marcus, J.A. (2012). *Essential of Investments*, 9th Edition, The McGraw Hill Companies, USA.
- Bollen, R. (2013). The Legal Status of Online Curriencies: Are Bitcoin The Future?, *Journal of Banking and Finance Law and practice*, 1-38.
- Bollerslev, T. and Mikkelsen, H., (1996). “Modeling and Pricing Long Memory in Stock Market Volatility”, *Journal of Econometrics*, 73, 151-184.
- Bollerslev, T., Engle, R. F., and Nelson, D., (1994), “ARCH models. In Handbook of Econometrics”, R. F. Engle ve D. L. McFadden (Ed), Vol.4, Chapter.49, 2959-3038.
- Bouoiyour, J. ve Selmi R. (2016). “Bitcoin: A Beginning of A New Phase?”, *Economics Bulletin*, Volume 36, Issue 3, 1430-1440.
- Bouri, E., Gil-Alana, L. A., Gupta, R. and Roubaud, D. (2019). “Modelling Long Memory Volatility in the Bitcoin Market: Evidence of Persistence and Structural Breaks”, *International Journal of Finance & Economics*, 24(1), 12-426.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C. ve Ljung, G. M. (2016). *Time Series Analysis: Forecasting and Control* (Fifth Edition), John Wiley & Sons.
- Box, G. E. ve Pierce, D. A. (1970). “Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive Integrated Moving Average Time Series Models”, *Journal of the American Statistical Association*, 65(332): 1509-1526.
- Brealey, R. A., Myers, S.C., Marcus, A.J.,(2023). *Fundamentals of Corporate Finance*, Eleventh Edition, McGraw-Hill, United States.
- Brealey, R.A., Myers, S.C., Marcus, A.J. (2007). *İşletme Finansının Temelleri*, (Beşinci Basım), (Ü. Bozkurt, T. Arıkan ve H. Doğukanlı, Çev.), Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Brealey, Richard A., Myers, S.C. & Marcus, A.J. (2007). *İşletme Finansının Temelleri*, Bozkurt, Ü. Arıkan, T. ve Doğukanlı, H. (Çev.), Beşinci Basım, İstanbul, Literatür Yayıncılık.

- Brock, W., Lakonishok, J., and Le Baron., B., (1992).“Simple Technical Trading Rules and Stochastic Properties of Stock Returns”, *The Journal of Finance*, Vol: XLVII, No: 5.
- Brockwell, P. J. ve Davis, R. A. (2002). *Introduction to Time Series and Forecasting* (Third Edition). Springer.
- Brooks, C. (2014). *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge University Press, USA.
- Brooks, C. (2019). *Introductory Econometrics for Finance* (4rd Edition). Cambridge University Press.
- Browne, R. (2020). “PayPal gets into crypto with new features for trading and shopping. CNBC”, <https://www.cnbc.com/2020/10/21/paypal-gets-into-crypto-with-new-features-for-trading-and-shopping.html> (28.05.2023).
- Bundi, N., & Wildi, M. (2019). “Bitcoin And Market-(İn) Efficiency: A Systematic Time Series Approach”, *Digital Finance*, 1, 47-65.
- Bunjaku, F., Gjogieva, T. O., and Miteva, K. E., (2017). Cryptocurrencies- Advantages and Disadvantages. *Journal of Economics*, 2(1), 31-39.
- Burggraf, T., & Rudolf, M. (2021). “Cryptocurrencies and The Low Volatility Anomaly”, *Finance Research Letters*, 40, 101683.
- Buterin, V. (2014). A Next Generation Smart Contract & Decentralized Application Platform. *Ethereum White Paper*, 1-36.
- Büyüköztürk, Ş., Çokluk, Ö. Ve Köklü, N., (2020), *Sosyal Bilimler İçin İstatistik*, 24. Baskı, Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.
- Cağlayan, E. ve Güriş, S. (2005). *Ekonometri Temel Kavramlar*, 2.Baskı, Der Yayınları, İstanbul.
- Cambridge Dictionary (2023).
- Campbell, J. Y., Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press.
- Campbell, J. Y., Lo, W. and MacKinlay, A. C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press.

- Canbulat, S.(2009).*Türkiye’de Yatırım Araçlarının Getirilerinin Modellenmesi Üzerine Uygulama Çalışması*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Cao, G., He, L. Y. Ve Cao, J., (2018). *Multifractal Detrended Analysis Method and Its Application in Financial Markets*. Springer.
- Caporale, G. M., Gil-Alana, L., & Plastun, A. (2018). “Persistence in The Cryptocurrency Market”, *Research in International Business and Finance*, 46, 141-148.
- Cascio, L. Iolanda, (2007), “Wavelet Anallysis and Denoising: New Tools for Economists”, *Queen Mary University of London, Department of Economics*, Working Paper.
- Cawrey, D., (2014). “Coins Plans Worldwide Bitcoin Access with SMS-Based Wallet”, <https://www.coindesk.com/markets/2014/05/20/37coins-plans-worldwide-bitcoin-access-with-sms-based-wallet/> (09.12.2023).
- Cecchetti, S. G. and Schoenholtz, K.L.(2017). *Money, Banking, and Financial Markets*, McGraw-Hill, United States.
- Celeste, V., Corbet, S., & Gurdgiev, C. (2020). “Fractal Dynamics And Wavelet Analysis: Deep Volatility and Return Properties of Bitcoin, Ethereum And Ripple”, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 76(2), 310- 324
- Cengiz, K. (2018). En Popüler Kripto Para Birimi: Bitcoin. *Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 87-100.
- Chantarangsi, W., Liuz, W., Bretz, F., Kiatsupaibul, S., Vd. (2016). “Q-Q Plots With Confidence For Testing Weibull And Exponential Distributions”, *Hacettepe Journal Of Mathematics And Statistics*, 45(3), 887-904.
- Charfeddine, L. and Maouchi, Y. (2019). “Are Shocks on the Returns and Volatility of Cryptocurrencies Really Persistent?”, *Finance Research Letters*, 28, 423-430.
- Chatfield, C. (1996). *The Analysis of Time Series. An Introduction* (5th Edition). Chapman & Hall.
- Chen, G., Xu, B., Lu, M., Chen, N. S., (2018). “Exploring Blockchain Technology and Its Potential Applications for Education.” *Smart Learning Environments*, 5(1), 1-10.

- Cheng, C., & Huang, Q. (2019). "Exploration on the Application of Blockchain Audit," *In 5th International Conference on Economics, Management, Law and Education (EMLE 2019)*, Atlantis Press. 63-68.
- Chowdhury, N. (2018). *Inside blockchain, bitcoin, and cryptocurrencies*. CRC Press.
- Christie's. (2021). "Beeple, The first 5000 days. Christies", <https://onlineonly.christies.com/s/beeple-first-5000-days/beeple-b-1981-1/112924> (12.12.2023)
- Chuvakhin, N. (2001). "Efficient Market Hypothesis and Behavioral Finance – Is A Compromise in Sight?" <https://ncbase.com/papers/EMH-BF.pdf> , (13.12.2022).
- Civan, M. (2007). *Sermaye Piyasası Analizleri ve Portföy Yönetimi*, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Clarkson, R.S. (2013). "A Fractal Probability Distribution For Financial Risk Applications", http://www.actuaries.org/EVENTS/Congresses/Cancun/afir_subject/afir_36_clarkson.pdf, (12.12.2022).
- Cocco, L., Pinna, A., & Marchesi, M. (2017). "Banking on Blockchain: Costs Savings Thanks To The Blockchain Technology", *Future Internet*, 9(3), 25.
- CoinMarketCap (2023). <https://coinmarketcap.com/> (25.12.2023).
- CoinMarketCap.com. (2023). "Global Cryptocurrency Charts", 25 Ekim 2017 tarihinde kaynağından arşivlendi, (13 Mart 2023).
- Corazza, M., Malliaris, A. G. ve Nardelli, C. (1997). "Searching for Fractal Structure in Agricultural Futures Markets", *The Journal of Futures Markets (1986-1998)*, 17(4), 433.
- Corbet, S., Lucey, B., Peat, M., & Vigne, S. (2018). "Bitcoin futures— What use are they?", *Economics Letters*, 172, 23–27.
- Corbet, S., Lucey, B., Urquhart, A., & Yarovaya, L. (2019). "Cryptocurrencies as A Financial Asset: A Systematic Analysis", *International Review of Financial Analysis*, 62, 182-199.
- Cowpertwait, P.S.P. ve Metcalfe A.V. (2009). *Introductory Time Series with R*. Springer.

- Crosby, M., Nachiappan, Pattanayak, P., Verma, S. ve Kalyanaraman, V., (2016). "BlockChain Technology: Beyond Bitcoin", *Applied Innovation Review*, Issue 2, 6-19.
- Crow, E.L. ve Shimizu, K. (1988). *Lognormal Distrubition Theory and Applications*. Newyork, Marcel Dekker.
- Çağlarırnak Uslu, N. (2002). *Finansal Piyasalarda Etkinlik ve Etkinliğin Zayıf Formda Test Edilmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Çelik, İ. (2020). "Can Bitcoin be A Stable Investment?", *Financial Studies*, 24(2), 19-36.
- Çelik, T.T. (2007). *Etkin Piyasa Hipotezi ve Gelişmekte Olan Hisse Senedi Piyasalarında Eşhareketlilik*, Yayınlanmış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çetiner, M. (2018). "Bitcoin (Kripto Para) ve Blok Zincirin Yeni Dünyaya Getirdikleri", *İstanbul Journal of Social Sciences*, 20, 1-16.
- Çevik, M. & Karaca, S. S. (2021). "Kredi Temerrüt Takası Primlerinin Oynaklığında Uzun Hafıza ve Etkin Piyasa Hipotezi-Fraktal Piyasa Hipotezi Sınaması: Türkiye Örneği", *Gaziantep University Journal of Social Sciences* , 20 (3) , 1375-1400.
- Çil, N. (2018). *Finansal ekonometri* (3. Baskı). Der Yayınları, ISBN: 9789753535267 İstanbul.
- Çiydem, F. N. ve Selcuk, H. (2019). *Kripto Paralar ve Blockchain Teknolojisinin Kullanım Alanları, İslami Finansta Uygulanabilmesi*. Uluslararası İslam Ekonomisi, Finans ve Etik Kongresinde sunuldu (27-28 Nisan 2019), İstanbul.
- Dağlı, H. (2004). *Sermaye Piyasası ve Portföy Analizi*, Derya Kitapevi, Trabzon.
- Dai, J., & Vasarhelyi, M. A. (2017). "Toward Blockchain-Based Accounting and Assurance", *Journal of Information Systems*, 31(3), 5-21.
- Daly, K. (2008). "Financial Volatility: Issues and Measuring Techniques. Physica A", *Statistical Mechanics and Its Applications*, 387(11), 2377-2393.
- Dani A. C. Foo. (2009). "Modeling Market Memory As Potential Indicators Of Market Informational Efficiency", *18th World Imacs / Modsim Congress*, Australia, 1308.

- Davidson, J., (2004). "Moment And Memory Properties of Linear Conditional Heteroscedasticity Models, and A New Model", *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol.22, Issue.1, 16–29.
- Davidson, R. And Mackinnon, J. G., (2004). *Econometric Theory And Methods*, New York, Oxford University Press, New York.
- Davis, M., Etheridge, A., Bachelier, L. (2006). *Louis Bachelier's Theory of Speculation: The Origins of Modern Finance*, Princeton University Press, USA.
- De Bondt, W. F. ve Thaler, R. (1985). "Does The Stock Market Overreact?", *The Journal of Finance*, 40(3), 793-805.
- De Bondt, W. F. ve Thaler, R. H. (1987). "Further Evidence on Investor Overreaction And Stock Market Seasonality", *The Journal of Finance*, 42(3), 557-581.
- Deboeck, Guido J.(1994). "*Trading on the Edge: Neural, Genetic, and Fuzzy Systems for Chaotic Financial Markets*", John Wiley & Sons.
- Degiannakis, S. (2004). "Volatility Forecasting: Evidence From A Fractional Integrated Asymmetric Power ARCH Skewed-T Model", *Applied Financial Economics*, 14(18),1333-1342.
- Degiannakis, S. Ve Xekalaki, E., (2004). "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) Models: A Review", *Munich Personal Repec Archive*, N.80487, 271-324.
- Deloitte. (2017). *Blockchain Risk Management: Risk Functions Need To Play An Active Role in Shaping Blockchain Strategy*.
- Demartino, I. (2018). *Bitcoin Rehberi Kripto Paralar Hakkında Bilmek İstedığınız Herşey* (Cev. Kubra Tekneci). İstanbul: Epsilon Yayınevi. (Eserin orijinali 2016'da yayımlandı).
- Demir, Ö., ve Gül, M. (2021). Blok Zincir Teknolojisinin Muhasebe ve Finans Sektörüne Etkisi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Kongresi: Krizler, Belirsizlikler ve Arayışlar*, Bingöl, 115-121.
- Demireli, E. (2007). *Etkin Pazar Kuramından Sapmalar ve Ekonomik Faktörlere Dayalı Anomalilerin Hisse Senedi Getirilerine Etkileri (İMKB'de Bir Uygulama)*,

Yayınlanmış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

- Demireli, E. (2010). “Value At Risk (VAR) Analysis and Long Memory: Evidence From FIAPARCH İn Istanbul Stock Exchange”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Vol.24, Issue.4, 217-228.
- Demireli, E., Akkaya, G.C. ve İbaşı E. (2010). “Finansal Piyasa Etkinliği: S&P 500 Üzerine Bir Uygulama”, *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11/2, 53-67.
- Dimson, E. ve Mussavian, M. (1998). “A Bried History of Market Efficiency”, *European Financial Management*, 4/1, 91-103.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). “Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, *Econometrica*, 49(4), 1057–1072.
- Dickey, D.A. and Fuller, W.A., (1979). “Distribution Of The Estimators For Autoregressive Time Series With A Unit Root”, *Journal Of The American Statistical Association*, 74: 427- 431.
- Dimson, E., & Mussavian, M. (1998). “A Brief History of Market Efficiency”, *European Financial Management*, 4(1), 91-103.
- Ding, Z., Granger, C. W. ve Engle, R. F. (1993). “A Long Memory Property of Stock Market Returns and A New Model”, *Journal of Empirical Finance*, 1(1), 83-106.
- Doornik, J. A. ve Ooms, M., (2003), “Computational Aspects of Maximum Likelihood Estimation of Autoregressive Fractionally İntegrated Moving Average Models”, *Computational Statistics & Data Analysis*, Vol.42, Issue.3, 333-348.
- Dowla, U. F. Ve Anant, S. K. (1997). “Wavelet Transform Methods for Phase Identification in Three Component Seismograms”, *Bulletin of Seismological Society Of America*, 87(6): 1598-1612.
- Drozd, O., Lazur, Y. and Serbin, R. (2017). “Theoretical and Legal Perspective on Certain Types Of Legal Liability In Cryptocurrency Relations”, *Baltic Journal of Economic Studies*, 3(5), 221-228.

- Duan, K., Li, Z., Urquhart, A., & Ye, L. (2021). "Dynamic Efficiency and Arbitrage Potential in Bitcoin: A Long-Memory Approach", *International Review of Financial Analysis*, 75, 101725.
- Durbilmez Erözel, S. (2018). *Blockchain Teknolojisinin Finans Sektöründeki Yeri ve Uygulamaları*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Dwyer, G. P. (2014). "The Economics of Bitcoin and Similar Private Digital Currencies", *Munich Personal RePEc Archive (MPRA)*, Paper No: 57360. *Economic Review*, (17-30).
- Effron, O. (2020). "Square just bought \$50 million in Bitcoin, CNN_business. CNN", <https://edition.cnn.com/2020/10/08/business/square-bitcoin-crypto-investment/index.html> 11.12.2023).
- Elder, J. ve Serletis, A. (2008). "Long Memory in Energy Futures Prices", *Review of Financial Economics*, 17(2), 146-155.
- Elfouly, F. H., Mahmoud, M. I., Dessouky, M. I. M., & Deyab, S. (2014). "Comparison Between Haar and Daubechies Wavelet Transformions On Fpga Technology", *International Journal of Computing*, 6(3), 23-29.
- Elfouly, Fatma H.,(2008), "Comparison between Haar and Daubechies Wavelet Transformations on FPGA Technology", *International Journal of Computer, Information, and Systems Science, and Engineering*, 2(1),© www.waset.org Winter 2008.
- Elliot, S. (2018). "Bitcoin: The First-Regulating Currency?", *LSE Law Review*, vol.3, 57-83.
- Elton, E.J., Gruber, M.J., Brown, S.J. ve Goerzman, W.N. (2003). *Modern Profolio Theory and Investment Analysis*, 6th Edition, John Wiley & Sons Inc, USA.
- Emin, D. (2021). "Modern Finansın ve Finans Teorisinin Yakın Tarihteki Gelişimi: 20. ve 21. Yüzyıl", A. Gündoğdu (Ed), *Finansın Temel Teorileri*, İkinci Baskı, Beta Yayıncılık, İstanbul.
- Enders, W. (2008). *Applied Econometric Time Series*. John Wiley & Sons, USA.

- Enders, W. (2015). *Applied Econometric Time Series*. (Fourth Edition), John Wiley & Sons, USA.
- Engle, R. F. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimate of the Variance of United Kingdom Inflation", *Econometrica*, 50(2): 987-1007.
- Engle, R. F. (1993). "Statistical Models for Financial Volatility." *Financial Analysts Journal*, 49(1), 72-78.
- Engle, R.F., Lilien, D.M. ve Robins, R.P., (1987). "Estimating Time Varying Risk Premia in The Term Structure The ARCH-M Model", *Econometrica*, 55(2): 391-407.
- English, S. M., & Nezhadian, E. (2017). "Conditions of Full Disclosure: The Blockchain Remuneration Model." In *2017 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops (Euros&PW)* (Pp. 64-67). IEEE.
- Enterprise Ethereum Alliance. (2022). "The EEA is All About Possibilities", <https://entethalliance.org/about-enterprise-ethereumalliance/> (11.12.2023)
- Erdoğan, N.K. (2018). "New Approaches to the Measurement of Market Efficiency and Market Efficiency Analysis of Crypto Currencies", *Journal of Current Researches on Business and Economics*, 8(2), 289-300.
- Ertürk, İ. (2012). *Temel Analiz Yöntemiyle Hisse Senetlerine Yatırım ve Cam Sektörü Üzerine Bir Uygulama*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul.
- Eteman, V. ve Işığçok, E. (2022). "Yüksek Frekanslı Kripto Varlık Oynaklığının Uzun Hafıza ve Stokastik Özelliklerinin FIGARCH Modeli ile İncelenmesi", *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(24), 284-310.
- Ethereum. (2022). "The Merge, Ethereum", <https://ethereum.org/en/roadmap/merge/> (12.12.2023).
- Eyüboğlu, K., Eyüboğlu, S. (2022). "BİST Ana Sektör Endekslerinde Zayıf Formda Etkinliğin Yapısal Kırılmalı Uzun Hafıza Modelleri ile Analizi", *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(2), 702-720.
- Fabozzi, F. J., Focardi, S. M., Rachev, S. T. Ve Arshanapalli, B. G., (2014). *The Basics of Financial Econometrics: Tools, Concepts, And Asset Management Applications*. John Wiley & Sons.

- Faiz Oranları Hakkında Kanun. (1980, 04 Haziran). Resmî Gazete (Sayısı:17007). Erişim adresi: [17007.pdf \(resmigazete.gov.tr\)](http://17007.pdf(resmigazete.gov.tr)).
- Fakhfekh, M., and Jeribi, A. (2020). “Volatility Dynamics Of Crypto-Currencies’ Returns: Evidence From Asymmetric And Long Memory GARCH Models”, *Research in International Business and Finance*, 51, 101075.
- Fama, E. F. (1965). “The Behavior of Stock-Market Prices”, *The Journal of Business*, 38(1), 34-105.
- Fama, E. F. (1970). “Efficient Capital Markets: A Review of Theory And Empirical Work”, *The Journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Fama, E.F. (1995). “Random Walks in Stock Market Prices”, *Financial Analyts Journal*, 51/1, 75-80.
- Feibel, B. J. (2003). *Investment Performance Measurement*. John Wiley & Sons.
- Festić, M. Alenka K. ve Silvo, D., (2012). “Long Memory in The Croatian and Hungarian Stock Market Returns”, *Zb. Rad. Ekon. Fak. Rij*, 30, 115-116.
- Fidrmuc, J., Kapounek, S., & Junge, F. (2020). “Cryptocurrency Market Efficiency: Evidence from Wavelet Analysis”, *Finance a Uver: Czech Journal of Economics & Finance*, 70(2).
- Flandrin, P., Rilling, G. ve Goncalves, P., (2004). Empirical Mode Decomposition as A Filter Bank. *IEEE Signal Processing Letters*, 11(2), 112-114.
- Focardi, S. M. ve Fabozzi, F. J. (2004). *The Mathematics of Financial Modeling And Investment Management*. John Wiley & Sons.
- Franco, P. (2014). *Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics*, John Wiley & Sons, New York.
- Gao, F., Zhu, L., Shen, M., Sharif, K., Wan, Z., & Ren, K. (2018). “A Blockchain-Based Privacy-Preserving Payment Mechanism for Vehicle-to-Grid Networks”, *IEEE Network*, 32(6), 184-192.
- Gazali, H. M., Hassan, R., Nor, R. M., & Rahman, H. M. (2017). “Re-Inventing PTPTN Study Loan with Blockchain and Smart Contracts”, In *2017 8th International Conference On Information Technology (ICIT)* (Pp. 751-754). IEEE.

- Gençay, R., Selçuk, F. Ve Whitcher, B., (2002). *An Introduction to Wavelets and Other Filtering Methods in Finance And Economics*, Academic Pres, U.S.A.
- Gençay, R., Selçuk, F., & Whitcher, B. (2001). Scaling Properties of Foreign Exchange Volatility. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 289(1-2), 249-266.
- Gençay, R., Selçuk, F., & Whitcher, B. (2005). Multiscale Systematic Risk. *Journal of International Money And Finance*, 24(1), 55-70.
- Geweke J. ve Porter-Hudak S., (1983). “The Estimation And Application of Long Memory Time Series Models”, *Journal of Time Series Analysis*, Vol.4, Issue.4, 221–238.
- Gneiting, T., Sevcikova, H. ve Percival, D.B. (2012). “Estimators of Fractal Dimension : Assessing the Roughness of Time Series and Spatial Data”, *Statistical Science*, 27/2, 247-277.
- Gourieroux, C., & Jasiak, J. (2001). *Financial Econometrics: Problems, Models, and Methods*. Princeton University Press.
- Granger, C. Ve Morgenstern, O., (1970). *Predictability of Stock Market Prices*, Lexington, Ma, Heath-Lexington Books.
- Granger, C. W. ve Joyeux, R. (1980). “An Introduction to Long-Memory Time Series Models and Fractional Differencing”, *Journal Of Time Series Analysis*, 1(1), 15-29.
- Grossman, S. J. ve Stiglitz, J. E. (1980). “On The Impossibility Of Informationally Efficient Markets”, *The American Economic Review*, 70(3), 393-408.
- Guerrien, B. ve Gun, O. (2011). “Efficient Market Hypothesis: What Are We Talking About?”, *Real-world Economics Review*, 56(11), 19-30.
- Gujarat, D.N ve Porter, D.C.(2012). *Temel Ekonometri* (Şenesen, Ü ve Şenesen, G.G, Çev.). Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Gujarati, D. N. (2008). *Basic Econometrics*. Tata, McGraw-Hill Education, USA.
- Gujarati, D. N. ve Porter, D. C. (2010). *Basic econometrics* (Fifth Edition). McGraw-Hill Irwin.
- Gujarati, D. N. ve Porter, D. C., (2012), *Temel Ekonometri*, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

- Gül, H. (2019). “Blokzincir (Blockchain) Teknolojisi ve Muhasebe Bilgi Sistemine Etkileri”, H. Hale Künüçen, X. Quliyeva, Y.Seçgin (Ed). *Sosyal, Beşerî ve ;dar, Bilimlerde Yenilikçi Yaklaşımlar* içinde (186-195). Ekin Yayınevi: Bursa.
- Gülcan, N., Gürsoy, S., & Çelik, İ., (2022). “Return Volatility Spread in Commodity Volatility Indices: Spot and Future Market Research”, *The Economics and Finance Letters, Conscientia Beam*, vol. 9(2), 157-169.
- Gültekin, Y. (2017). “Turizm Endüstrisinde Alternatif Bir Ödeme Aracı Olarak Kripto Para Birimleri: Bitcoin”, *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 96-113.
- Günel, M.(2019). *Para Banka ve Finansal sistem*, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Günay, S. (2013). *Finansal Piyasaların Fraktal Yapısı ve BIST-100 Endeksinin Fraktallığının Ölçümü*, Yayınlanmış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Günay, S. (2015). “Bist100 Endeksi Fiyat ve İşlem Hacminin Fraktallık Analizi”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 16/1, 35-50.
- Güneş, H. (2020). *Döviz Kuru Getiri ve Volatilitesinde Uzun Hafızanın Test Edilmesi: 2008 Küresel Finans Krizi Üzerine Bir Araştırma*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Burdur.
- Gürbüz, S. Ve Şahin, F. (2016). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*, 3. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Gürel, C.A. (2019). *Gelişmekte Olan Döviz Piyasalarında Etkin Piyasalar Hipotezinin Test Edilmesi Üzerine Bir İnceleme*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Gürsakar, S. (2009). *Finansal Zaman Serisi Analizine Zaman Boyutu Yaklaşımı: Waveletler Yöntemi ve İMKB’de bir Uygulama*. Yayınlanmış Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü , Bursa.
- Gürsakar.(2010). “Detecting Long Memory in Bulls and Bears Markets: Evidence from Turkey”, *Journal of Money, Investment and Banking*, Issue:18, s.95-96
- Gürsoy, C.T. (2012). *Finansal Yönetim İlkeleri*, 2. Baskı, Beta Basım A.Ş, İstanbul.
- Gürünlü, M. (2011). “Finansal Piyasaların Etkinliği Teorisinden Davranışsal Finansa: Finans Teorisinin Evrimi”, *Maliye ve Finans Yazıları*, 1(92), 31-50.

- Güven, V. ve Sahinöz, E. (2022). *Blokzincir- Kripto Paralar- Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*. (9. Baskı). İstanbul: Kronik Kitap Yayıncılık.
- Haerdle, W. K., Chen, C. Y. H. Ve Overbeck, L. (Ed.). (2017). *Applied Quantitative Finance*. Springer.
- Haferkorn, M., J.M. Quintana Diaz (2014). “Seasonality and Interconnectivity within Cryptocurrencies-An Analysis on The Basis Of Bitcoin, Litecoin and Namecoin, In Enterprise Applications And Services in The Finance Industry”, *Springer International Publishing, 7th International Workshop, Financecom Sydney, Australia*, 106-120.
- Hald, K. S., & Kinra, A. (2019). “How The Blockchain Enables And Constrains Supply Chain Performance”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 49(4), 376-397.
- Haznedaroğlu, F.(2009). *Makro Ekonomik ve Finansal Verilerin İMKB Endeksleri Üzerinde Etkisini Belirleyen Bir Tahmin Sistemi Geliştirilmesi*, Yayınlanmış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Henn, P., Willing, N., ve Cornell, M., (2023). “Binace Price Prediction: What is Binance (BNB)?”, <https://capital.com/binance-coin-bnb-price-prediction> (10.12.2023).
- Hırsa, A. Ve Neftci, S. N. (2014). *An Introduction to The Mathematics of Financial Derivatives*. Academic Press.
- Horobet, A., Belascu, L., Barsan, AM. (2016). “Exchange Rate Volatility in the Balkans and Eastern Europe: Implications for International Investments”, In: Karasavoglou, A., Arandelović, Z., Marinković, S., Polychronidou, P. (Ed.) *The First Decade of Living with the Global Crisis*. Contributions to Economics. Springer, Cham.
- Hosking, J. R. M., (1981). “Fractional Differencing”, *Biometrika*, Vol.68, 165–176.
- Houber, R. Ve Snyers, A., (2018). Cryptocurrencies and Blockchain Legal Context and Implications for Financial Crime, Money Laundering and Tax Evasion, *Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies*, PE619.024.
- Howell, M. (2003). *Investing on the Edge of Chaos*, John Wiley & Sons, New Jersey. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/crypto>, (03.09.2023).

- Deloitte. (2018). “Blockchain and Its Potential Impact on The Audit Profession”, <https://www2.deloitte.com/za/en/pages/audit/articles/impact-of-blockchain-in-accounting.html>, (05.09.2023).
- Hull, J. C. ve White, A. (2000). “*Valuing Credit Default Swaps-I. No Counterparty Default Risk.*” NYU Working Paper, SSRN, USA. Inc, New Jersey.
- Hurst, H. E. (1951). “Long-Term Storage Capacity of Reservoirs”, *Transactions of The American Society Of Civil Engineers*, 116(1), 770-799.
- Hurst, H. E. (1956). “Methods of Using Long-Term Storage in Reservoirs”, *Proceedings of The Institution of Civil Engineers*, 5(5), 519-543.
- Hurst, H.E. (1951). “The Long-Term Storage Capacity of Reservoirs”, *Transactions of The American Society of Civil Engineers*, vol.116, 707-808.
- Hurst, H.E. (1955). “Methods of Using Long-Term Storage in Reservoirs”, *Proceedings of The Institution of Civil Engineers*, vol. 5, 519-590.
- Ikeda, T. (2017). “A Fractal Analysis of World Stock Markets”, *Economics Bulletin*, 37(3), 1514-1532.
- Ildırar, M. ve Dallı, T. (2021). “Etkin Piyasa Hipotezinin Türk Bankacılık Sektörü Üzerine Uygulaması”, *Journal Economics and Research*, 2/2, 47-66.
- İ. Peker (2023) “Yıllara Göre Ripple Fiyatı: XRP Fiyatı 5 Yıl içinde Nasıl Değişti?”, <https://coin-turk.com/yillara-gore-ripple-fiyati-xrp-fiyati-5-yil-icininde-nasil-degisti> (29.12.2023).
- İbrahim, A., Hussin, S. A. S., Zahid, Z. and Khairi, S. (2018). “Evaluation of Long Memory on the Malaysia Exchange Rate Market”, *The Journal of Social Sciences Research*, Special Issue 6, 653-656.
- İda, A. (2017). *Bitcoin Hakkında Güncel Her şey*. (1. Baskı). İstanbul: Bizim Gezegen
- İmamoğlu, D., A. (2021). *Kripto Para Birimleri ve Türk Hukukunda Düzenlenmesi*. Seçkin, Ankara.
- İncekara, A. (2011). *Bankacılık ve Finansal Kurumlar*, İktisadî Araştırmalar Vakfı, İstanbul.
- Jakub, B. (2015). “Does Bitcoin Follow The Hypothesis of Efficient Market”, *International Journal of Economic Sciences*, 4(2), 10-23.

- Jensen, M. J., (2000). “An Alternative Maximum Likelihood Estimator of Long Memory Process Using Compactly Supported Wavelets”, *Journal Of Economic Dynamics & Control*, Vol.24, Issue.3, 361-387.
- Jiang, Y., Nie, H., & Ruan, W. (2018). “Time-Varying Long-Term Memory in Bitcoin Market”, *Finance Research Letters*, 25, 280-284.
- Jin, H. J. (2001). *Analysis of Price Dynamics in Agricultural Cash Prices Using Fractal Theory and Implications for Risk Management with Futures Hedging* (Yayın No. 3020469) Doktora Tezi, The Pennsylvania State University.
- Jonas, G., and Luiz V., (2015), “From Fourier Analysis To Wavelets”, Instituto De Matematica Pura E Aplicada, IMPA Rio De Janeiro, Brazil, Course Notes.
- Juma, H., K. Shaalan, I. Kamel. (2019). “A Survey On Using Blockchain in Trade Supply Chain Solutions”, *IEEE Access*, Vol.7, 2019, 184115-184132.
- Kahraman, K. İ. (2023) *Kripto Para Piyasasındaki Volatilitenin Davranışsal Finans Teorisi Açısından İncelenmesi*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Kalaycı, Ş. ve Karataş, A. (2005). “Hisse Senedi Getirileri ve Finansal Oranlar İlişkisi: IMKB’de Bir Temel Analiz Araştırması”, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, sayı.27, 146-157.
- Kang, S. H., Yoon, S. M., (2008), “Long Memory Features in The High Frequency Data of The Korean Stock Market”, *Physica A*, Vol.387, 5189–5196.
- Kang, S.H., Chob, H.G. And Yoon, S.M., (2009). “Modeling Sudden Volatility Changes: Evidence from Japanese and Korean Stock Markets”, *Physica A*, Vol.388, Issue.17, 3543-3550.
- Karakaya, A. ve Atukalp, M. E. (2022). “Türkiye’deki Bankaların Hisse Senedi Getirilerinde Fraktal Piyasa Hipotezinin Testi”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 40(2), 316-342.
- Karan, B.M. (2021). *Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi*, 7.Baskı, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Karan, B.M. (2022). *Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi*, 8.Baskı, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Karan, M.B. (2004). *Yatırım Analiz ve Portföy Yönetimi*, Gazi Kitapevi, Ankara.

- Kasman, A. Ve Torun, E., (2007). “Long Memory in The Turkish Stock Market Return And Volatility”, *Central Bank Review*, Vol.7, Issue.2, 13-27.
- Katsiampa, P. (2017). “Volatility Estimation for Bitcoin: A Comparison of GARCH Models”, *Economics Letters*, 158, 3-6.
- Kaya, G.A. (2013). *Türkiye Muhasebe-Finansal Raporlama Standartları'na Göre Finansal Araçların Muhasebeleştirilmesi*, Yayınlanmış Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Kaya, M. (2022). “Kripto Para Varlıklara Genel Bakış”, İ. Çelik (Ed), *Farklı Perspektiflerden Kripto Varlıklar* içinde (5-53). Bursa: Ekin Yayınevi.
- Kayacan, E.Y. and Anavatan, A. (2018). “Investigation of Chaotic Structure of the Bitcoin Proceeds”, *Journal of Eurasian Social and Economic Research (EJRSE)*, 5(7), 135–142.
- Keleş, P. B. (2003). *Etkin Pazar Kuramı ve İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nın Zayıf Formda Etkinliğinin Test Edilmesi*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul.
- Kesebir, M. ve Günceler, B. (2019). “Kripto Para Birimlerinin Parlak Geleceği”, *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17, 601-621.
- Kharpal, A. (2018). “Ripple Cryptocurrency Hits A Record High Above \$3”, <https://www.cnbc.com/2018/01/03/ripple-xrp-price-hits-record-high-up-nearly-120-percent-in-a-week.html> (29.12.2023).
- Khuntia, S. and Pattanayak, J. K., (2020). “Adaptive Long Memory in Volatility of Intra Day Bitcoin Returns and The Impact of Trading Volume”, *Finance Research Letters*, 32, 101077.
- Kılıç, M. (2008). *Teknik Analiz Yöntemi ve Simulasyon Modeli ile İMKB'de Uygulanması*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Kılıç, U.H. (2014), *KOBİ Sahipleri ve Finansçı Olmayan Yöneticiler için Finans*, 2. Baskı, Sinemiş Yayınları, Ankara.
- Kıyılar, M. (1997). *Etkin Pazar Kuramı ve Etkin Pazar Kuramının İMKB'de İrdelenmesi– Test Edilmesi*, Yayın No: 86, SPK Yayınları, İstanbul.

- Konuşkan, A., Teker, T., Ömürbek, V. ve Bekçi, İ. (2019). “Kripto Paraların Fiyatları Arasındaki İlişkinin Tespitine Yönelik Bir Araştırma”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24 (2), 311-318.
- Korkmaz, T. ve Ceylan, A. (2007). *Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi*, Ekin Kitapevi, Bursa.
- Kovach, S. (2021). “Tesla buys \$1.5 billion in bitcoin, plans to accept it as payment. CNBC”, <https://www.cnbc.com/2021/02/08/teslabuys-1point5-billion-in-bitcoin.html> 27.05.2023).
- Kristoufek, L. (2013). “Fractal Markets Hypothesis And The Global Financial Crisis: Wavelet Power Evidence”, *Scientific Reports*, 3(1), 1-7.
- Kristoufek, L. (2018). “On Bitcoin Markets (In) Efficiency and Its Evolution”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 503, 257-262.
- Kristoufek, L., & Vosvrda, M. (2019). “Cryptocurrencies Market Efficiency Ranking: Not So Straightforward”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 531, 120853.
- Kshetri, N. (2018). “Blockchain’s Roles in Meeting Key Supply Chain Management Objectives”, *International Journal Of Information Management*, Vol.39, 80-89.
- Kumar, A., R. Liu., ve Z. Shan (2020). “Is Blockchain A Silver Bullet for Supply Chain Management?”, *Technical Challenges And Research Opportunities Decision Sciences*, Vol.51, No.1, 8-37.
- Kumar, D., (2014). “Long Memory in The Volatility of Indian Financial Market: An Empirical Analysis Based on Indian Data”, *Anchor Academic Publishing*, Hamburg.
- Kurihara, Y., & Fukushima, A. (2017). “The Market Efficiency of Bitcoin: A Weekly Anomaly Perspective”, *Journal of Applied Finance and Banking*, 7(3), 57.
- Laopodis, N. T. (2021). *Financial Economics and Econometrics*. Routledge.
- Lardic, S. Ve Mignon, V., (2004), “Term Premium And Long-Range Dependence in Volatility: A FIGARCH-M Estimation on Some Asian Countries”, *Journal Of Emerging Market Finance*, Vol.3, Issue.1, 1-19.

- Le Tran, V., & Leirvik, T. (2020). "Efficiency in The Markets of Crypto-Currencies", *Finance Research Letters*, 35, 101382.
- Lee, C., Chen, H. ve Lee, J., (2019). *Finansal Econometrics, Mathematics and Statistics Theory, Method and Application*, Springer.
- Lee, D. (2015). *Handbook of Digital Currency: Bitcoin, Innovation, Financial Instruments, and Big Data*. Academic Press.
- Lehkonen, H., & Heimonen, K.(2014). "Timescale-Dependent Stock Marke Comovement: BRICS vs. Developed Markets", *Journal Of Empirical Finance*, 28, 90-103.
- Lillo, F. Ve Farmer, J. D., (2004). "The Long Memory of The Efficient Market", *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, Vol.8, Issue.3, 1-33.
- Linden, K. V. D. (2022). "Binance Coin (BNB) Price Prediction 2022-2025", <https://anycoindirect.eu/en/blog/binance-coin-bnb-prediction>, (20.12.2023).
- Liu, G., Yu, C. P., Shiu, S. N. ve Shih, I. T. (2022). "The Efficient Market Hypothesis and The Fractal Market Hypothesis: *Interfluves, fusions, and evolutions*", *SAGE Open*, 12(1), 1-8.
- Liu, J., Cheng, C., Yang, X., Yan, L. ve Lai, Y. (2019). "Analysis of The Efficiency of Hong Kong REITs Market Based On Hurst Exponent", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 534, 122035.
- Ljung, G. M. ve Box, G. E. (1978). "On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models." *Biometrika*, 65(2): 297-303.
- Lo, A. W. (1991). "Long-Term Memory in Stock Market Prices", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 59(5), 1279-1313.
- Lo, A.W. (2008). "Efficient Markets Hypothesis", S.N. Durlauf And L.E. Blume (Ed.) *İçinde, The New Palgrave Dictionary of Economics* (2nd edition). Palgrave Macmillan.
- Lowenstein, R. (2001). *When Genius Failed: The Rise and Fall of Long-Term Capital Management*, Random House trade Paperbacks, Fourth Estate, London.

- Lu, H., Kun, H., Mohammadamin, A. ve Lijun G.,(2019). “Blockchain Technology in the Oil and Gas Industry: A Review of Applications, Opportunities, Challenges, and Risks”, *IEEE Access*, c. 7: 41426-41444.
- Lundqvist, T., De Blanche, A., & Andersson, H. R. H. (2017). “Thing-to-Thing Electricity Micro Payments Using Blockchain Technology”, In *2017 Global Internet of Things Summit (GIoTS)* (Pp. 1-6). IEEE.
- Lux, T. ve Kaizoji, T. (2007). “Forecasting Volatility and Volume in The Tokyo Stock Market: Long Memory, Fractality and Regime Switching”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(6), 1808-1843.
- Lütkepohl, H. And Kratzig, M., (2004). *Applied Time Series Econometrics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Lyu, Y. D. (2004). *Financial Engineering and Computation: Principles, Mathematics, Algorithms*. Cambridge University Press.
- Maddala, G. S. ve Kim, I. M. (1998). *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*. Cambridge University Press.
- Mallat, S. (1998), *A Wavelet Tour of Signal Processing*, Academic Press, London.
- Mandacı, E. (2021). “Etkin Piyasa Hipotezi”, A. Gündoğdu (Ed), *Finansın Temel Teorileri*, İkinci Baskı, Beta Yayıncılık, İstanbul.
- Mandelbrot, B. B. (1963). “The Variation of Certain Speculative Prices”, *Journal of Business*, 36, 394-419.
- Mandelbrot, B. B. (1963a). “New Methods in Statistical Economics”, *Journal of Political Economy*, 71(5), 421–440.
- Mandelbrot, B. B. (1963b). “The Variation of Certain Speculative Prices”, *Journal of Business*, 36(3), 394–419.
- Mandelbrot, B. B., & Van Ness, J. W. (1968). “Fractional Brownian Motions, Fractional Noises And Applications”, *SIAM Review*, 10(4), 422-437.
- Mandelbrot, B. B., ve Hudson, L. R., (2006). *Finans Piyasalarında Saklı Düzen Risk, Çöküş ve Kazanca Fraktal Yaklaşımlar*, Hüner, M (Çev.). 239-240.
- Mandelbrot, B., ve J. Wallis., (1969). “Computer Experiments with Fractional Gaussian Noises”, Parts 1, 2, 3, *Water Resources Research*, 5, 228-267.

- Mandelbrot, B., ve J. Wallis.,(1968)."Noah, Joseph and Operational Hydrology," *Water Resources Research*, Vol.4, Ss.909-918.
- Mandelbrot, B.B ve Von Ness, J.W.(1968). "Fractional Brownian Motion, Fractional Noises and Applications", *SIAM Review*, 10/4, 422-437.
- Mandelbrot, B.B. (1963). "The Variation of Certain Speculative Prices", *The Journal of Business*, 36/4, 394-419.
- Mandelbrot, B.B., & Wallis J.R. (1969). "Computer Experiments with Fractional Gaussian Noises: Averages and Variances", *Water Resources Research*, 5(1), 228-241.
- Mandlebrot, B.(1964), "*The Variation of Certain Speculative Prices*", P. Cootner (der), Random Character of Stock Market Prices, Cambridge, MA: M.I.T Press, 307-332.
- Mensi, W., Al-Yahyaee, K. H. and Kang, S. H., (2019). "Structural Breaks and Double Long Memory of Cryptocurrency Prices: A Comparative Analysis from Bitcoin and Ethereum", *Finance Research Letters*, 29, 222-230.
- Mensi, W., Lee, Y. J., Al-Yahyaee, K. H., Sensoy, A. and Yoon, S. M. (2019). "Intraday Downward/Upward Multifractality and Long Memory in Bitcoin and Ethereum Markets: An Asymmetric Multifractal Detrended Fluctuation Analysis", *Finance Research Letters*, 31, 19-25.
- Merediz-Solà, I., & Bariviera, A. F. (2019). "A Bibliometric Analysis of Bitcoin Scientific Production", *Research in International Business and Finance*, 50, 294-305.
- Messana, A. (2020). *The Fractal Market Theory And Its Application in A Trading System*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ca' Foscari University of Venice.
- Metescu, A. M. (2022). "Fractal Market Hypothesis vs. Efficient Market Hypothesis: Applying The R/S Analysis on The Romanian Capital Market", *Journal of Public Administration, Finance and Law*, 23, 199-209.
- Milutinovic, M. (2018). Cryptocurrency. *Ekonomika*, 64(1), 105-122.

- Min, X., Li, Q., Liu, L., & Cui, L. (2016). "A Permissioned Blockchain Framework for Supporting Instant Transaction and Dynamic Block Size", In *2016 IEEE Trustcom/Bigdatase/ISPA* (Pp. 90-96). IEEE.
- Miner, N E. (1998). "An Introduction to Wavelet Theory and Analysis", Sandia Report, NM, October: 1-25.
- Mishkin, F. S. and Eakins, S. G. (2018). *Financial markets and Institutions*, Ninth Edition, Pearson Education. United Kingdom.
- Misiti, M. Misiti, Y. Oppenheim, G. Ve Poggi, J.M. (1997). "Wavelet Toolbox For Use With Matlab User's Guide", MA: *The Mathworks, Inc.*
- Mnif, E. ve Jarboui, A. (2021). "COVID-19, Bitcoin Market Efficiency, Herd Behaviour", *Review of Behavioral Finance*, 13(1), 69-84.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., Kulahci, M. (2015). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting* (Second Edition), John Wiley & Sons.
- Moradi, M., Jabbari Nooghabi, M. ve Rounaghi, M. M. (2019). "Investigation of Fractal Market Hypothesis And Forecasting Time Series Stock Returns for Tehran Stock Exchange and London Stock Exchange", *International Journal of Finance & Economics*, 662-678.
- Moralı, T. ve Uyar, M. (2018). "Kıymetli Metaller Piyasasının Fraktal Analizi", *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 2203-2218.
- Mulligan, R. F. (2000). "A Fractal Analysis of Foreign Exchange Markets." *International Advances in Economic Research*, 6(1), 33-49.
- Mulligan, R. F. (2004). "Fractal Analysis of Highly Volatile Markets: An Application to Technology Equities", *The Quarterly Review of Economics And Finance*, 44(1), 155-179.
- Nadarajah, S., & Chu, J. (2017). "On The Efficiency of Bitcoin", *Economics Letters*, 150, 6-9.
- Nan, Z., & Kaizoji, T. (2019). "Market Efficiency of The Bitcoin Exchange Rate: Weak And Semi-Strong Form Tests with The Spot, Futures And Forward Foreign Exchange Rates", *International Review of Financial Analysis*, 64, 273-281.

- Nawari, N.O., ve S. Ravindran., (2019). “Blockchain and Building Information Modeling (BIM).” *Review And Applications in Post-Disaster Recovery Buildings*, Vol.9, No.6, 1-32.
- Neftci, S. N. (2000). *An Introduction to The Mathematics of Financial Derivatives* (Text Only) 2nd(Second) Edition. Academic Press.
- Neftci,S.N. (1996). *An Introduction of Mathematics of Financial Derivatives*, 1Th Edition, AcademicPres, San Diego, USA.
- Nur Topaloğlu, T. (2019). *Yatırımcı İlgisi ile Yap Senedi Getirisi, İşlem Hacmi ve Volatilitesi Arasındaki İlişki: Borsa İstanbul’da İşlem Gören Bankalar üzerine Bir Uygulama*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
- Onali, E. ve John G., (2011). “Are European Equity Markets Efficient? New Evidence from Fractal Analysis”, *International Review of Financial Analysis*, No:20, ss.59-61.
- Oprean, C., Tănăsescu, C. ve Brătian, V. (2014). “Are The Capital Markets Efficient? A Fractal Market Theory Approach”, *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 48(4).
- Osborne, M.F.M. (1959). “Brownian Motion in The Stock Market”, *Operations Research*, 7/2, 145-173.
- Oswiecimkaa, P., Drozdza, S., Kwapiena, J. ve Górski A.Z. (2010). “Fractals, Logperiodicity And Financial Crashes”, *Acta Physica Polonica A*,117/4, 637-639.
- Oxford Dictionary (2023).
https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/crypto_1?q=crypto
 (03.09.2023).
- Orta Vadeli Program 2024-2026. (2023). T.C. Resmî Gazete (32301, 06 Eylül 2023).
- Önalın, Ö. (2004). *Finans Mühendisliğinde Matematiksel Modelleme*, Avcıol Basım, 1. Baskı, İstanbul.
- Önalın, Ö. (2010). *Stokastik Süreçler*, Avcıol Basım Yayın, İstanbul.

- Öncü, S. ve Ektik, D., (2021). “Kripto Paraların Yatırım Amaçlı Kullanımı: Riskler ve Getiriler”, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(4), 362-395.
- Özarslan, Ö.S. (2018). “Menkul Kıymet Değerlemesi”, T. Münyas (Ed), *Finansal Yönetim ve Portföy Teorisi* içinde (183-203). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Özdemir Yazgan, S. D. (2022). “Kripto Para Piyasasında Uzun Hafıza ve Fraktal Dinamikler: Hibrit Model Yaklaşımı”, T. Ünkaracalar (Ed), *Finans, Muhasebe ve İktisat Alanlarında Güncel Araştırmalar-1* içinde (1-19). İstanbul: Art Revisited.
- Özdemir, A., Vergili, G. ve Çelik, İ. (2018). “Döviz Piyasalarının Etkinliği Üzerinde Uzun Hafızanın Rolü: Türk Döviz Piyasasında Ampirik Bir Araştırma”, *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 12(1), 87-107.
- Özden, F. (2019). *Fıkhî Açısından Kripto Para Sistemi Bitcoin Örneği*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özdil, T. ve Yılmaz, C. (2006). “İstanbul Menkul Kıymetler Borsası’nda(İMKB) Sektör Bazında İşlem Gören Hisse Senetlerinin Alım-Satım Kararlarında En Yüksek Getirili Stratejinin Belirlenmesi”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 13/2, 211-224.
- Özmen, A. (1986). “Zaman Serisi Analizinde Box-Jenkins Yöntemi ve Banka Mevduat Tahmininde Uygulama Denemesi”, *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, 201:Eskişehir.
- Öztürk, A.A., (2021), *Kripto Paraların Hukuki Statüsü, Ülkemizdeki ve Uluslararası Alandaki Önem Yasal Düzenlemeler ile Facebook Libra Para Birim Örneği. Blokzincir, Kripto Paralar ve Akıllı Sözleşmelerde Güncel Gelişmeler* (1. Baskı). Gazi Kitabevi, Ankara.
- Öztürk, H. (2016). “Teknik Analizde Alım-Satım Sistemi Oluşturma: Sistemin Geçmişe Yönelik Testleri”, *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 8/15, 469-493.
- Özün, A. ve Çifter A., (2006), “Bankaların Hisse Senedi Getirilerinde Faiz Oranı Riski: Waveletler Analizi ile Türk Bankacılık Sektörü Üzerine Bir Uygulama”, *Bankacılar Dergisi*, Sayı 59, 3-15.
- Palma, W. (2007). *Long-Memory Time Series: Theory And Methods*. John Wiley & Sons.

- Panas, E. ve Ninni, V. (2010). "The distribution of London Metal Exchange prices: A test of the Fractal Market Hypothesis", *European Research Studies*, 13(2), 193-210.
- Papadopoulos, G. (2015). "Blockchain and Digital Payments: An Institutional Analysis Of Cryptocurrencies", In *Handbook Of Digital Currency* (Pp. 153-172). Academic Press.
- Peitgen, H.O., Jürgens, H. ve Saupe, D. (2004). *Chaos and Fractals: New Frontiers of Science* (Second edition). New York: Springer.
- Pesee, C. (2008). "Long-Range Dependence of Financial Time Series Data", *WASET*, 44, 163-167.
- Peter C. B. Phillips, & Perron, P. (1988). "Testing for a Unit Root in Time Series Regression", *Biometrika*, 75(2), 335–346.
- Peters, E. E. (1989). "Fractal Structure in The Capital Markets." *Financial Analysts Journal*, 45(4), 32-37.
- Peters, E. E. (1991). *Chaos And Order in The Capital Markets: A New View Of Cycles, Prices, And Market Volatility*. John Wiley & Sons.
- Peters, E. E. (1994). "Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment And Economics." Vol. 24, John Wiley, New York.
- Peters, E. E. (2015). "Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment And Economics", *Wiley Finance Editions*, 1–315. Xviii.
- Phillips, P. C. B., (2007). "Unit Root Log Periodogram Regression", *Journal of Econometrics*, Vol.138, Issue.1, 104-124.
- Rachev, S.T. Mitnik, S. Fabozzi, F.J. Focardi, S.M. ve Jašić, T. (2007). "*Financial Econometrics: From Basics to Advanced Modeling Techniques*." John Wiley & Sons, 150:10.
- Ramasamy, R. ve Helmi, M.H.M. (2011). "Chaotic Behavior of Financial Time Series- An Empirical Assessment", *International Journal of Business and Social Science*, 2/3, 77-83.
- Rees, B. (1995). *Financial Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Reilly, F.K ve Brown, K.C. (2011). *Investment analysis and portfolio management*, 10th Edition, Cengage Learnin, USA.

- Reilly, F.K. ve Brown, K.C.(2002). *Investment Analysis and Portfolio Managment*, 7th Edition, South- Western College Pub, USA.
- Reisen, V. A., Abraham, B. ve Toscana, E. M., (2000), “Parametric and Semiparametric Estimations of Stationary Univariate ARFIMA Models”, *Brazilian Journal Of Probability And Statistics*, Vol.14, Issue.2, 185-206.
- Reisen, V., Abraham, B. ve Lopes, S. (2001). “Estimation Of Parameters in ARFIMA Processes A Simulation Study.” *Communications in Statistics-Simulation And Computation*, 30(4), 787-803.
- Ress, B. (1995). *Financial Analysis*, 2th Edition, Prentice-Hall, New Jersey.
- Rilling, G., Flandrin, P. ve Gonçalves, P., (2005), “Empirical Mode Decomposition, Fractional Gaussian Noise And Hurst Exponent Estimation”, ICASSP05, 489-492.
- Robert J. Shiller., (2003). “From Efficient Markets Theory to Behavioral Finance”, *Journal Of Economic Perspectives*, Vol:17, No:1, Winter.
- Robinson, P. M., (1995). “Gaussian Semiparametric Estimation of Long Range Dependence”, *The Annals of Statistics*, Vol. 23, Issue.5, 1630-1661.
- Ross, S.A, Westerfield, R.W. ve Jordan, B.D.J.,(2022), *Fundamentals of Corporate Finance*, Thirteenth Edition, McGraw-Hill, United States.
- Ross, S.A., Westerfield, R.W. ve Jeffrey, F.J. (2012). *Coprorate Finance*, 10th Edition, Irwin/McGraw,Hill. New York.
- Sağlam Bezgin, M. (2023). “Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Borsalar ile Kripto Varlık Piyasasında Fraktal Piyasa Hipotezi'nin Testi”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi* , 24 (1) ,81-91.
- Sakınç, S.Ö. (2018). “Hisse Senedine Yatırım Yaparken Finansal Analiz ile Teknik Analiz Yöntemlerinin Birlikte Kullanılmasının Önemi ve BİST’de Bir Uygulama”, *Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi*, 4/5, 134-153.
- Samuelson, P. (1965). “Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly”, *Industrial Management Review Spring*, 6, 41-49.
- Sardar, Z. Ve Abrams, I. (2014). *Kaos* (Çev. D. Guliyeva). NTV Yayınları. (Eserin Orijinali 1998'de Yayımlandı).

- Sarmah, S.S. (2018). "Understanding Blockchain Technology", *Computer Science and Engineering*, 8(2), 23-29.
- Savran, Z. (2023). *Makroiktisadi Perspektiften Kripto Para Piyasalarında Fiyat Formasyonu*, Yayınlanmış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sayılgan, G. (2017), *İşletme Finansmanı*, 7. Baskı, Siyasal Kitapevi, Ankara.
- Sayyan, H. (2006). "Forex Piyasalarında Parite Riskinin Fraksiyonel Bütünleşen GARCH Modelleri ile Analizi", *Öneri Dergisi*, 7 (26), 213-220.
- Schleicher C. (2002). An Introduction to Wavelets for Economists. *Staff Working Papers*, No. 02-3, Bank of Canada.
- Schwert, G. W., (1989). "Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation", *Journal of Business and Economic Statistics*, 7: 147-160.
- Selçuk, F. (2005). "Waveletler: Yeni Bir Analiz Yöntemi", *Bilkent Dergisi*, Mart.
- Sensoy, A. (2019). "The Inefficiency of Bitcoin Revisited: A High-Frequency Analysis with Alternative Currencies", *Finance Research Letters*, 28, 68-73.
- Sevil, G. (2018), "Sermaye Piyasası Araçları", V. Akgiray ve F. Temizel (Ed), *Sermaye Piyasaları ve Finansal Kurumlar* içinde (108-129). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayın No:3769.
- Sharma, A.K.(2005). *Text Book of Correlation and Regression*, Discovery Publishing, New Delhi.
- Shleifer, A. (2000). *Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance*, New York :Oxford University Press Inc.
- Shleifer, A. (2004). *Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance*, Oxford University Press Inc, New York.
- Shostak, F. (1997). "In Defense of Fundamental Analysis: A Critique of Theefficient Market Hypothesis", *Review of Austrian Economics*, 10(2), 27-45.
- Sjö, B. (2011). *Lectures in Modern Economic Time Series Analysis* (Second Edition), Linköping, Sweden.
- Stock, J. H. ve Watson, M. W. (2020). *Introduction to Econometrics*, Fourth Edition, Pearson Education Limited.

- Sülkü, S. N. ve Ürkmez, E. (2018). “Hisse Senedi Getirilerinde Doğrusal Olmayan Dinamikler: Türkiye'den Kanıtlar”, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 473-484.
- Sümer, G. (2021). “Dünyada ve Türkiye’de Blok Zincir Teknolojisinin Gelişimi ve Kripto Paralar”, *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 191-207.
- Swetlozar, T. Rachev, Aleksander W. ve Rafal, W., (1999). “CED Model for Asset Returns and Fractal Market Hypothesis”, *Mathematical and Computer Modelling*, Vol: 29, s.29-30.
- Taleb, N. Nicholas (2019). *Siyah Kuğu: Olasılıksız Görünenin Etkisi*, (N. Arıbaş, Çev.), Varlık Yayınları, İstanbul.
- Tarı, R. (2014). *Ekonometri*, Umuttepe Yayınları, Kocaeli.
- Tasarruf Akademi. (2020). Finansal Piyasalar ve Alternatif Finansman Modellerine Örnekler, <https://www.tasarrufakademi.com/finansal-piyasalar-ve-alternatif-finansman-modellerine-ornekler/>, (24.08.2023).
- Taylor, S. J. (2008). *Modelling Financial Time Series* (Second Edition). World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- TDK (Türk Dil Kurumu) (2023). *Genel Açıklamalı Sözlük*, TDK Yayınları, Ankara.
- Terence, C. M., ve Raphael N.M., (2008). *The Econometric Modelling of Financial Time Series* (3rd Edition). Cambridge University Press.
- Tezcanlı, V. M. (1996). *İçeriden Öğrenenlerin Ticareti ve Manipülasyonlar*, İMKB Yayınları, İstanbul.
- Tiwari, A. K., Jana, R. K., Das, D., & Roubaud, D. (2018). “Informational Efficiency Of Bitcoin—An Extension”, *Economics Letters*, 163, 106-109.
- Tkacz, G. (2001). “Estimating The Fractional Order of İntegration of Interest Rates Using A Wavelet OLS Estimator”, *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, Vol.5, No. 1.
- Topaloğlu, B. (2021). “Kripto Paraların Devlet Otoriteleriyle Entegrasyonu”, *Düşünce ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi*, (4), 244-258.
- Topaloğlu, T. N. (2019). *Yatırımcı İlgisi ile Pay Senedi Getirisi, İşlem Hacmi ve Volatilitesi Arasındaki İlişki: Borsa İstanbul’da İşlem Gören Bankalar Üzerine*

Bir Uygulama, Yayınlanmış Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.

Toprak, İ. B. (2007). *EEG Sinyallerinin Wavelet Dönüşümü ve Yapay Sinir Ağları ile Analizi*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Tsay, R. S., (2010), *Analysis of Financial Time Series*, Third Edition, John Wiley & Sons,

Tse, Y. K. (1998). “The Conditional Heteroscedasticity of the Yen-Dollar Exchange Rate.” *Journal of Applied Econometrics*, 13(1), 49-55.

Tufan, C. ve Sarıççek, R. (2013). “Davranışsal Finans Modelleri, Etkin Piyasa Hipotezi ve Anomalilerine İlişkin Bir Değerlendirme”, *Trakya üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15/2, 159-182.

Turan, Z. (2018). “Kripto Paralar, Bitcoin, Blockchain, Petro Gold, Dijital Para ve Kullanım Alanları”, *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11 (3), 1-5 .

Turgut, E. ve Uçan, O., (2021). *Kripto Para ve Blockchain Teknolojisi Ekonometrik Zaman Serisi Analizi*, 1. Baskı, Hiper yayım, İstanbul.

Turney, S. (2022). What is Kurtosis?|Definition, Example & Formula, <https://www.scribbr.com/statistics/kurtosis/> (27.07.2023).

Türkyılmaz, S. ve Balıbey, M. (2014). “Türkiye Hisse Senedi Piyasası Oynaklığındaki Asimetrik Uzun Hafıza Özelliği”, *Journal of Banking and Financial Research*, 1(1), 1-10.

Türkyılmaz, S. Ve Balıbey, M., (2014a). “Türkiye Hisse Senedi Piyasası Oynaklığındaki Asimetrik Uzun Hafıza Özelliği”, *Gazi Üniversitesi Bankacılık ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, C.1, S.1, 1-10.

Türkyılmaz, S. ve Balıbey, M., (2014b). “Türkiye Hisse Senedi Piyasası Getiri ve Oynaklığındaki Uzun Dönem Bağımlılık İçin Ampirik Bir Analizi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, C.16, S.2, 281-302.

Türkyılmaz, S. ve Balıbey, M., (2014c). “Long Memory Behavior In The Returns Of Pakistan Stock Market: ARFIMA-FIGARCH Models”, *International Journal of Economics And Financial Issues*, Vol.4, Issue.2, 400-410.

- Ural, M. ve Adakale, T., (2009), “Beklenen Kayıp Yöntemi ile Riske Maruz Değer Analizi”, *Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C.9, S.17, (23-39).
- Ural, M. ve Demireli, E. (2009). “Hurst Üstel Katsayısı Aracılığıyla Fraktal Yapı Analizi ve İMKB’de Bir Uygulama”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(2), 243-255.
- Urquhart, A. (2016). “The İnefficiency of Bitcoin”, *Economics Letters*, 148, 80-82.
- Uyar, U. (2019), “Sistematik Risk Davranışında Yatırım Döngüsü: Wavelet Analizi”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* , 37 (1) , 135-168 .
- Uyar, U., Kelten, G.S. ve Moralı, T. (2020). “Yatırımcılar için Teknik Analiz: Bitcoin ve Ethereum Uygulamaları”, *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 12/23, 653-671.
- Uyar, U., & Kangallı Uyar, S. (2021). “Sermaye ve Altın Piyasaları Arasındaki Yayılım Etkisi: Wavelet’e Dayalı Dinamik Koşullu Korelasyon Yaklaşımı”, M. Ural ve Ü. Aydın (Ed), *Finansal Ekonometri Uygulamaları Kavram- Teori-Uygulama* içinde (309-335), Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Uzğören, E. (2015). *Mikro İktisat Teorisi*. (1. Baskı). Kütahya: Academia Yayınevi.
- Uzunoğlu, S.(2020). *Para ve Döviz Piyasaları*, Genişletilmiş Dördüncü Basım, Literatür Yayınları, İstanbul.
- Ülker, A. (2023) <https://coin-turk.com/son-dakika-xrp-sec-davasinda-taraflar-9-kasim-2023-tarihini-isaret-etti-davada-son-sozun-soylenme-zamani-geldi-mi> (29.12.2023).
- Ünsal, E. ve Kocaoğlu, O. (2018). “Blok Zinciri Teknolojisi: Kullanım Alanları, Acık Noktaları ve Gelecek Beklentileri”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 13, 54-64.
- Ürey, H. (2006). *Fraktal Geometri ve Uygulamaları*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Ürkmez, E. (2018). *Gelişmekte Olan Ülkelerin Borsa Endekslerinin Kaotik Yapısının İncelenmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- Van De Velde, J., Scott, A., Sartorius, K., Dalton, I., Shepherd, B., Allchin, C., Dougherty, M., Ryan, P., Rennick, E., (2016). “Blockchain in Capital Markets”, *The Prize and The Journey*.
- Van Quang, T. (2005). “The Fractal Market Analysis and its Application on Czech Conditions”, *Acta Oeconomica Pragensia*, 13(1), 101-111.
- Velásquez, T. (2009). *Chaos Theory and The Science of Fractals, and Their Application in Risk Management*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Copenhagen Business School.
- Verbeek, M. A., (2004), *Guide to Modern Econometrics, 2nd Edition*, John Wiley & Sons, Inc, England.
- Walker, J. S. (1999). *A Primer on Wavelets and Their Scientific Applications*, Florida: CRC Press.
- Weron, R. (2002). “Estimating Long-Range Dependence: Finite Sample Properties and Confidence Intervals”, *Physica A*, 312, 285-299.
- White, L. H. (2015). The Market for Cryptocurrencies, *Cato Journal*, 35 (2), 383-402.
- Wikipedia (2023). https://tr.wikipedia.org/wiki/Kripto_para_birimleri_listesi, (30.10.2023).
- Willmott, P. (2007). *Paul Willmott Introduces Quantitative Finance (Second Edition)*. John Wiley & Sons.
- Wilson, T. (2021). Bitcoin slumps 8% as it heads for bruising monthly drop, Reuters. <https://www.reuters.com/business/finance/bitcoin-slumps-8-it-heads-bruising-monthly-drop-2021-05-28/> (25.06.2023)
- Wooldridge, J. M. (2013). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, Fifth Edition, Cengage Learning.
- Wu, T., & Liang, X. (2017). “Exploration and Practice of Inter-Bank Application Based On Blockchain.” In *2017 12th International Conference On Computer Science And Education (ICCSE)* (Pp. 219-224). IEEE.
- Yamada, Y., Nakajima, T., & Sakamoto, M. (2016). “Blockchain-LI: A Study on Implementing Activity-Based Micro-Pricing Using Cryptocurrency

Technologies.” In *Proceedings of The 14th International Conference on Advances in Mobile Computing And Multi Media* (Pp. 203-207).

Yapıcı, S., Oral, N. Yumuşak, R. and Eren, T., (2021). “Blokzincir Teknolojisi ile Merkezi ve Dağıtık Veri Tabanının Karşılaştırılması”, *Endüstri Mühendisliği* , 32(3) , 457-472 .

Yavuz, M.S. (2019). “Ekonomide Dijital Donuşum: Blockchain Teknolojisi ve Uygulama Alanları Üzerine İnceleme”, *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 15-29.

Yayımları.

Yıldırım, M.(2019). “Blok Zincir Teknolojisi, Kripto Paralar ve Ülkelerin Kripto Paralara Yaklaşımları”, *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2019, Cilt 10, Sayı 20, 265-277.

Yin, K., Zhang, H., Zhang, W. ve Wei, Q. (2013). “Fractal Analysis of The Gold Market in China”, *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 16/3, 144-163.

Yumuşaker, M. C. (2019). “Kripto Para ve Tipleri, Bitcoin Olgusu ve Muhasebesi”, *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 12(18), 1007-1029.

Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X. And Wang, H. (2018). “Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey”, *Int. J. Web and Grid Services*, 14(4), 352-375.

Zehir, M. (2023). *Blokzinciri Teknolojisi, İş Modeli İnovasyonu, Rekabet Avantajı ve Firma Performansı İlişkisi*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Zehir, M. (2023). *Blokzinciri Teknolojisi, İş Modeli İnovasyonu, Rekabet Avantajı ve Firma Performansı İlişkisi*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Zivot, E. Ve Wang. J. (2006). *Modeling Financial Time Series with S-Plus* (Second Edition). Springer.

ÖZGEÇMİŞ