

**T.C.**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**YÜKSELEN TEKNOLOJİ ÜRÜNÜ BITCOIN'IN ARZ – TALEP  
VE FİYAT HAREKETLERİNİN MARKOV REJİM DEĞİŞİM  
HATA DÜZELTME MODELİ İLE İNCELENMESİ**

**Çiğdem YILMAZ ÖZSOY**

**2502150050**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Nilgün ÇİL**

**İstanbul – ARALIK 2019**

## TEZ ONAY SAYFASI



T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



DOKTORA  
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı : ÇİĞDEM YILMAZ ÖZSOY Numarası : 2502150050  
Anabilim Dalı / Anasanat Dalı / Programı : EKONOMETRİ Danışmanı : PROF. DR. NİLGÜN ÇİL  
Tez Savunma Tarihi : 24.12.2019 Saati : 11.00  
Tez Başlığı : YÜKSELEN TEKNOLOJİ ÜRÜNÜ BİTCOİN'İN ARZ, TALEP VE FİYAT HAREKETLERİNİN MARKOV REJİM DEĞİŞİM VEKTÖR HATA DÜZELTME MODELİ İLE İNCELENMESİ

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 50. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin KABULÜNE OYBİRLİĞİ / ~~AYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- PROF. DR. NİLGÜN ÇİL		Kabul
2- PROF. DR. NURCAN METİN		Kabul
3- PROF. DR. BURAK GÜRİŞ		Kabul
4- DOÇ. DR. BURCU KIRAN BAYGIN		Kabul
5- DOÇ. DR. VELİ YILANCI		KABUL

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- PROF. DR. MAHMUT ZORTUK		
2- DOÇ. DR. AYCAN HEPSAĞ		

**ÖZ**  
**YÜKSELEN TEKNOLOJİ ÜRÜNÜ BITCOIN'IN ARZ – TALEP VE FİYAT**  
**HAREKETLERİNİN MARKOV REJİM DEĞİŞİM HATA DÜZELTME MODELİ**  
**İLE İNCELENMESİ**

**ÇİĞDEM YILMAZ ÖZSOY**

Bu tez, piyasanın farklı dönemlerinde Bitcoin'in arz – talep ve fiyat temelleri arasındaki ilişkiyi analiz etmektedir. Tezde, 10.02.2017 – 26.03.2019 dönemlerini kapsayan günlük veriler kullanılmıştır. Klasik Birim Kök, Johansen Eşbütünleşme ve Markov Rejim Değişim Hata Düzeltme yöntemleri ile hipotezler açıklanmıştır. Bitcoin arzı; Enerji Tüketim Endeksi ile, Bitcoin talebi; İşlem Ücreti ile açıklanmıştır. Bitcoin fiyatı, BTC/USD cinsinden ele alınmıştır. Kontrol değişkeni olarak ise, Hashrate değişkeni modele dâhil edilmiştir. Tezde ilk olarak, serilerin durağanlığı Genişletilmiş Dickey Fuller ve Phillips Perron yöntemleri kullanılarak bulunmuştur. Testler sonucunda serilerin I(1) düzeyinde durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Johansen Eşbütünleşme testi ile uzun dönem dinamikleri üç eşbütünleşik vektör ile karakterize edilmiştir. Ortalama, Sabit terim, Otoregresif Parametrelere ve Değişen Varyans'ın rejimler arasında değiştiği mümkün Markov Rejim Değişim Hata Düzeltme Modelleri tahmin edilmiş, bilgi kriterlerine göre üç rejimli ve iki gecikmeli MSIA(3) – VECM(2,2) modeli en uygun model olarak seçilmiştir. Düzgünleştirilmiş olasılıklar ve geçiş olasılıkları matrisi ile dönüm noktaları belirlenmiştir. Her bir rejimde geçirilen süre ve bu rejimlerde Bitcoin fiyatının ortalaması hesaplanmıştır. Ek olarak rejim dönemlerinde, Bitcoin ile ilgili medyada yer alan haberler incelenmiş ve rejimlerin DOW Teorisine uygunluğu test edilmiştir. Sonuç olarak, Bitcoin kripto varlığını etkileyen bir çok dış faktör olmasına rağmen üç rejimli ve iki gecikmeli MSIA(3) – VECM(2,2) modelinin piyasa dengesini ve iş çevrimlerini iyi bir şekilde temsil ettiği görülmüştür. MSIA(3) – VECM(2,2) modeli ile belirlenen ilk rejimde piyasa dengededir. Bu rejimde Bitcoin fiyatı ve talebi azalırken, arzı artmaktadır. İkinci rejimde Bitcoin fiyatı ve arzı azalırken, talep artmaktadır. Rejim 2'de “Ayı Piyasası” etkindir. Üçüncü rejimde ise, Bitcoin fiyatı ve arzı artmaktadır. Rejim 3'de ise, “Boğa Piyasası” etkindir.

**Anahtar Kelimeler:** Markov Rejim Değişim, Durağanlık, Eşbütünleşme, Bitcoin, Arz, Talep, Fiyat.

**ABSTRACT**  
**INVESTIGATION OF SUPPLY-DEMAND AND PRICE MOVEMENTS OF AN**  
**EMERGING TECHNOLOGY PRODUCT BITCOIN WITH MARKOV REGIME**  
**SWITCHING ERROR CORRECTION MODEL**

**ÇİĞDEM YILMAZ ÖZSOY**

This thesis analyses the relationship between Bitcoin price and supply – demand fundamentals of Bitcoin. In the thesis, daily data covering the 10.02.2017 – 26.03.2019 periods were used. Hypotheses were explained by using the Classical Unit Root, Johansen Cointegration and Markov Regime Switching Vector Error Correction Methods. Respectively, the supply and demand of Bitcoin are explained by Bitcoin Energy Consumption Index and Transaction Fee. As a control variable, Hashrate is included in the model. Bitcoin price is considered in BTC/USD. First, stationary situation of the variables was determined by Augmented Dickey Fuller and Phillips Perron Tests. As a results of these tests, it was found that the variables were stationary at I(1) level. The long term dynamics are characterized by three cointegrated vector with Johansen Cointegration Test. To determine best Markov Switching Model, the possible Markov Regime Change Error Correction Models in which the mean, constant term, autoregressive parameter and heteroscedasticity vary between regimes have been estimated. According to the information criteria, with three regimes and two lags MSIA(3) – VECM(2,2) model was chosen as the most suitable model. By using smoothed probabilities and transition probability matrix, the milestones were determined. Spending time and the average price of Bitcoin in each regimes was calculated. During the regime periods, the media coverage of Bitcoin was examined and the compatibility of the regimes with the Dow Theory was tested. In conclusion, although there are many external factors affecting the Bitcoin asset, it is seen that the MSIA (3) - VECM (2,2) model with three regimes and two lags represents market equilibrium and business cycles. In the first regime determined by the MSIA (3) - VECM (2,2) model, the market is in equilibrium. In this regime, while Bitcoin price and demand decrease, supply increases. In the second regime; while Bitcoin price and supply decrease, demand increases. “Bear Market” is effective in Regime 2. In the third regime, Bitcoin price and supply increase. “Bull Market” is effective in Regime 3.

**Keywords:** Markov Switching, Stationary, Cointegration, Bitcoin, Supply, Demand, Price.

## ÖNSÖZ

Markov Rejim Değişim Modelleri zaman serilerinde; yapısal değişiklikler, doğrusallık, yüksek süreklilik, şişman kuyruk ve asimetrik bağımlılık gibi birçok önemli özelliği yakalayabildiğinden dolayı ekonomi ve finans alanındaki birçok deneysel uygulamada geniş çapta kullanılmaktadır. Bu modeller, finansal krizlerle ilişkili risklerin ve maliyetlerin bir kısmını azaltan politikaları uygulamak için erken uyarı sinyallerinin üretilmesini sağlamaktadır. Genel olarak literatürde kullanılan iki tür model vardır:

- (i) İş döngüsü dönüm noktalarını tanımlamak için kullanılan geniş kapsamlı Markov Rejim Değişim Modelleri
- (ii) Döviz, bankacılık ve finansal krizlerin sürücülerini anlamak için kullanılan Kesikli Süreç Modelleri.

Tez çalışmasında; (i) de belirtilen duruma uygun olarak Markov rejim değişim modeli kullanılmıştır. Yükselen bir finansal teknoloji ürünü olan Bitcoin kripto varlığının;

- Bitcoin'in doğrusal olmayan yapısı Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme Modeli kullanılarak ortaya konulmuştur.
- Kullanılan veri seti farklı dönemlere ayrılmış ve düzgünleştirilmiş olasılıklar yardımı ile dönüm noktaları belirlenmiştir.
- Markov Rejim Değişim Modeli ile belirlenmiş olan rejim dönemlerinde Bitcoin'in fiyat ortalamasında meydana gelen değişimler incelenerek, Dow Teorisine (Ayı- Boğa Piyasalarına) uygunluğu test edilmiştir.
- Piyasanın denge durumunda ve Dow teorisine göre belirlenmiş olan Boğa - Ayı piyasalarında Bitcoin'in arzı, talebi ve fiyatı arasındaki ilişki açıklanmıştır.

Tez çalışmamı hazırlarken bir çok değerli insan katkıda bulunmuştur.

Öncelikle tez çalışmamın ilerleyip, gelişmesinde benden desteklerini hiç esirgemeyen, zorlandığım noktalarda teşvik eden ve cesaretlendiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Nilgün ÇİL'e;

Doktora tez aşaması dönemimde kütüphane araştırması amacıyla gittiğim Universite d'Orleans'da tez danışmanlığımı yapan ve bana ihtiyacım olan motivasyonu sağlayan Sayın Asis.Prof. Dr. Sebastien GALANTI'ye;

Üniversite geçirdiğim zaman zarfında her konuda sürekli fikirlerini sorduğum ve beni her zaman nezaket, sabır ve ilgiyle dinleyen Sayın Prof. Dr. Burak GÜRİŞ'e ve Sayın Doç. Dr. Burcu BAYGIN KIRAN'a;

Universite d'Orleans'a gidiş ve dönüş aşamalarımın tümünde bana yardımcı olan Sayın Doç. Dr.Özlem YORULMAZ'a ve Sayın Dr. Öğr.Üyesi Billür ENGİN BALIN'a;

İsimlerini buraya yazamadığım ancak akademik gelişimimde önemli katkıları olan tüm İstanbul Üniversitesi, Ekonometri Bölümü Akademik Kadrosuna teşekkür ederim.

Son olarak ise, sonsuz sevgileri, saygıları, cesaretlendirmeleri ve destekleri için sevgili eşim Dr. Öğr. Üyesi Özkal ÖZSOY'a, Annem Hanife YILMAZ'a, Babam Ahmet YILMAZ'a ve kardeşim Oğuz Can YILMAZ'a en derin şükranlarımı sunarım.

Çiğdem YILMAZ ÖZSOY

İSTANBUL, 2019

## İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiv
GİRİŞ.....	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	3
1.1. TEMEL KAVRAMLAR.....	3
1.1.1. STOKASTİK SÜREÇ.....	3
1.1.2. OTOKORELASYON.....	4
1.1.3. DURAĞANLIK VE EŞBÜTÜNLEŞME KAVRAMLARI.....	5
1.1.4. DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAMA KAVRAMLARI.....	6
1.2. KLASİK EŞBÜTÜNLEŞME TESTLERİ.....	7
1.2.1. ENGLE - GRANGER EŞBÜTÜNLEŞME TESTİ.....	7
1.2.2. JOHANSEN EŞBÜTÜNLEŞME TESTİ.....	8
1.2.3. SINIR TESTİ.....	10
1.3. VEKTÖR OTOREGRESYON MODELİ (VAR).....	11
1.3.1. VAR SÜRECİNDE İSTİKRAR VE DURAĞANLIK.....	12
1.3.2. VAR MODELİNİN TAHMİNİ.....	14
1.3.3. ETKİ - TEPKİ ANALİZİ.....	15
1.3.4. VARYANS AYRIŞMASI.....	16
1.4. VEKTÖR HATA DÜZELTME MODELİ.....	16
İKİNCİ BÖLÜM.....	18
2.1. ORTALAMADA DOĞRUSAL OLMAYAN MODELLER.....	18
2.1.1. DOĞRUSAL OLMAYAN OTOREGRESİF (NLAR) MODEL.....	18
2.1.2. GENELLEŞTİRİLMİŞ OTOREGRESİF (GAR) MODEL.....	19
2.1.3. ÇİFT DOĞRUSAL MODEL (BİLİNEAR MODEL).....	21
2.1.4. EŞİK DEĞERLİ OTOREGRESİF MODEL (TAR).....	21
2.1.5. KENDİNDEN UYARIMLI EŞİK DEĞERLİ AR (SETAR) MODEL.....	23
2.1.6. YUMUŞAK GEÇİŞLİ EŞİK DEĞERLİ OTOREGRESİF MODEL (STAR).....	25
2.1.7. MOMENTUM EŞİK DEĞERLİ OTOREGRESİF MODEL (MTAR).....	26

2.1.8. EŞİK DEĞERLİ HATA DÜZELTME MODELLERİ .....	27
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM .....	29
3.1. MARKOV ZİNCİRLERİ.....	29
3.1.1. KESİKLİ ZAMAN MARKOV ZİNCİRİ .....	31
3.2.1. SÜREKLİ ZAMAN MARKOV ZİNCİRİ .....	33
3.2. MARKOV REJİM DEĞİŞİM MODELLERİ.....	37
3.2.1.HAMILTON MS-AR MODELİ.....	37
3.2.1.1. ASİMETRİ TÜRLERİ .....	40
3.2.1.2. MSM(M) – AR(P) SÜRECİ .....	44
3.2.1.3. MSI(M) – AR(P) SÜRECİ.....	45
3.2.2. MARKOV REJİM DEĞİŞİM VEKTÖR OTOREGRESİF (MS-VAR) MODELİ .....	46
3.2.2.1. GİZLİ MARKOV ZİNCİR MODELİ.....	48
3.2.2.2. MSI(M) - VAR(P) SÜRECİ .....	49
3.2.2.3. MSH(M) - VAR(P) SÜRECİ.....	50
3.2.2.4. MSIAH (M) - VAR (P) SÜRECİ.....	51
3.2.3 MS - VAR SÜRECİ TAHMİN YÖNTEMLERİ .....	51
3.2.3.1. MAKSİMUM OLABİLİRLİK YÖNTEMİ .....	52
3.2.3.2. BEKLENTİ MAKSİMİZASYONU (EM ALGORİTMASI) .....	53
3.2.4. ETKİ -TEPKİ ANALİZİ .....	58
3.2.4.1. EHRMANN - ELLISON - VALLA ETKİ TEPKİ YAKLAŞIMI .....	58
3.2.4.2. KROLZIG'İN ETKİ TEPKİ YAKLAŞIMI.....	59
3.2.5. REJİM SAYISININ BELİRLENMESİ.....	61
3.2.6. MARKOV REJİM DEĞİŞİM VEKTÖR HATA DÜZELTME MODELİ (MS-VECM) .....	62
3.2.6.1. MSI(M) – VECM(P) SÜRECİ.....	64
3.2.6.2. MSH(M) – VECM(P) SÜRECİ .....	64
3.2.6.3. MSIH(M) – VECM(P) SÜRECİ.....	65
3.2.6.4. MSIAH(M) – VECM(P) SÜRECİ.....	65
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM .....	67
4.1. TEKNOLOJİ.....	67
4.2. FİNANSAL TEKNOLOJİ (FIN-TECH) .....	68
4.2.1. FİNTECH 1.0 (1866-1987): ANALOG DÖNEMDEN DİJİTAL DÖNEME GEÇİŞ .....	69



4.2.2. FİNTECH 2.0 (1987-2008): GELENEKSEL DİJİTAL FİNANSAL HİZMETLERİN GELİŞİM SÜRECİ.....	70
4.2.3. FİNTECH VE KÜRESEL FİNANSAL KRİZ.....	71
4.2.4. FİNTECH 3.0 & 3.5 (2009 – GÜNÜMÜZE): DİJİTAL FİNANSAL HİZMETLERİN DEMOKRATİKLEŞMESİ?.....	72
4.3. DİJİTAL FİNANS .....	73
4.4. BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİ KAVRAMSAL AÇILIMI .....	76
4.4.1. BLOK ZİNCİR TAKSONOMİSİ .....	78
4.4.2. BLOK ZİNCİR KONSENSÜS MEKANİZMALARI .....	79
4.4.2.1. PROOF OF WORK (POW).....	80
4.4.2.2. PROOF OF STAKE (POS).....	81
4.4.3. BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI .....	82
4.4.4. BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN KULLANIM ALANLARI.....	84
4.4.4.1. TEDARİK ZİNCİRİ / LOJİSTİK .....	84
4.4.4.2. KAMU SEKTÖRÜ / HÜKÜMET .....	85
4.4.4.3. MÜLKİYET VE EMLAK YÖNETİMİ.....	85
4.4.4.4. DOĞRUDAN YABANCI YATIRIM (FDI) / BAĞIŞ .....	85
4.4.4.5. ULUSLARARASI TİCARET .....	86
4.5. DİJİTAL PARA KAVRAMI.....	86
4.5.1. MERKEZ BANKASI DİJİTAL PARA BİRİMİ (CBDC).....	90
4.5.1.1. E-KRONA.....	94
4.5.1.2. E-PESO .....	95
4.5.1.3. MERKEZ BANKASI DİJİTAL PARA BİRİMİNİN (CBDC) AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI.....	95
4.5.2. KRİPTO VARLIK KAVRAMI VE SINIFLANDIRILMASI .....	97
4.5.2.1. BLOK ZİNCİR KRİPTO VARLIKLAR .....	97
4.5.3. KRİPTO VARLIK VE FİNANS.....	100
4.5.3.1. BİTCOİN .....	100
4.5.3.2. BITCOİN İŞLEM SÜRECİ .....	100
4.5.3.3. BITCOİN CÜZDANLARI .....	101
4.5.3.4. BITCOİN MADENCİLİĞİ.....	102
4.5.3.5. GÜVENLİK VE OPERASYONEL RİSKLER .....	105
4.5.3.6. BITCOİN'E AİT AMPRİK BİLGİLER .....	110
4.5.3.6.1. FİYAT .....	110

4.5.3.6.2. LİKİDİTE .....	110
4.5.3.6.3. VOLATİLİTE .....	112
4.5.3.6.4. AĞ ÖZELLİKLERİ .....	113
4.5.3.6.5. SPEKÜLASYONLAR.....	114
4.5.3.6.6. KABUL EDİLEN BİR PARA BİRİMİ .....	116
4.5.4. KRİPTO VARLIK FİYATLAMASINI ETKİLEYEN EKONOMİK FAKTÖRLER .....	118
4.5.4.1. ARZ.....	119
4.5.4.2. TALEP .....	121
4.5.4.3. PİYASA DENGİ MEKANİZMASI .....	122
4.6. FİNANSAL PİYASALARDA FİYAT ÇEVİRİMLERİ.....	125
BEŞİNCİ BÖLÜM.....	130
5.1. LİTERATÜR TARAMASI.....	130
5.2. ÇALIŞMANIN AMACI .....	152
5.3. VERİ SETİ VE DEĞİŞKENLER .....	152
5.4. BULGULAR.....	154
5.4.1. DEĞİŞKENLERE AİT GRAFİKLER .....	154
5.4.2. KLASİK BİRİM KÖK TESTLERİ.....	155
5.4.3. VAR İLE GECİKME UZUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ.....	156
5.4.4. JOHANSEN EŞBÜTÜNLEŞME ANALİZİ.....	157
5.4.5. MS -VECM .....	157
<b>SONUÇ</b> .....	164
<b>KAYNAKÇA</b> .....	166
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	206

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 3.1:</b> Markov Rejim Değişim Modelleri.....	48
<b>Tablo 4.1:</b> Bitcoin Sistemine ve PoW Tabanlı Konsensüs Protokolüne Yapılan Saldırıları.....	106
<b>Tablo 4.2:</b> Bitcoin Ağ Sistemine ve Kuruluşlarını Hedefleyen Hatalı Davranış Saldırıları.....	107
<b>Tablo 5.1:</b> Markov Rejim Değişim Modellerini İçeren Literatür Taraması.....	129
<b>Tablo 5.2:</b> Blok Zincir Teknolojisi ve Bitcoin Kavramlarını İçeren Literatür Taraması.....	137
<b>Tablo 5.3:</b> Klasik Birim Kök Test Sonuçları.....	154
<b>Tablo 5.4:</b> VAR ile Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi.....	155
<b>Tablo 5.5:</b> Johansen Eşbütünleşme Testi Analiz Sonucu.....	156
<b>Tablo 5.6:</b> Uygun MS Modeli Belirlenmesinde Kullanılan Bilgi Kriterleri.....	156
<b>Tablo 5.7:</b> MSIA (3) – VECM (2,2) Model Tahmini.....	157
<b>Tablo 5.8:</b> MSIA (3) – VECM (2) Modelinde Rejim Sınıflandırması.....	160
<b>Tablo 5.9:</b> Her Bir Dönem için Bitcoin Fiyatının Ortalama Değeri.....	161
<b>Tablo 5.10:</b> Geçiş Olasılıkları Matrisi ve Rejimlerin Sürekliliği.....	161

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 3.1:</b> Sürekli Zaman Markov Zinciri.....	33
<b>Şekil 3.2:</b> Derin Fakat Dik Olmayan Bir Süreç Ve Negatif Olarak Dik Ama Derin Olmayan Bir Süreç.....	42
<b>Şekil 3.3:</b> MSI ve MSM süreçlerinin grafiksel gösterimi.....	44
<b>Şekil 3.4:</b> Gizli Markov Modeli.....	49
<b>Şekil 3.5:</b> Beklenti Maksimizasyonu (EM) Algoritması.....	55
<b>Şekil 4.1:</b> Dijital Finans Küpü ve Boyutları.....	75
<b>Şekil 4.2:</b> Para Ağacı.....	88
<b>Şekil 4.3:</b> Hesap Tabanlı Ve Jeton Tabanlı CBDC'lere Ait Temel Mekanizmalar.....	93
<b>Şekil 4.4:</b> Dolaşımda Bulunan Nakit Paranın GSYH İçindeki Payı.....	94
<b>Şekil 4.5:</b> Küresel Kripto Varlık Madenciliği Haritası.....	104
<b>Şekil 4.6:</b> Bitcoin Enerji Tüketim Endeksi.....	104
<b>Şekil 4.7:</b> Bitcoin Madencilik Döngüsü.....	105
<b>Şekil 4.8:</b> Bitcoin'in Piyasa Değeri, Dolar ve BTC Bazında Fiyatı ve Hacimini Gösteren Grafik.....	109
<b>Şekil 4.9:</b> Bitcoin Ticaret Hacmini Gösteren Grafik.....	110
<b>Şekil 4.10:</b> Bitcoin Fiyatı ve Volatilitisini Gösteren Grafik.....	111
<b>Şekil 4.11:</b> Günlük Onaylanan Bitcoin İşlemlerinin Sayısını Gösteren Logaritmik Grafik.....	112
<b>Şekil 4.12:</b> Bitcoin'in Toplam Piyasa Değeri Yüzdesi.....	112
<b>Şekil 4.13:</b> Google Trend ile Zaman İçerisinde Bitcoin'e Gösterilen İlgiyi Gösteren Grafik.....	113

<b>Şekil 4.14:</b> Kripto Varlık Fiyatını Etkileyen Faktörler.....	117
<b>Şekil 4.15:</b> Arz Eğrisi.....	119
<b>Şekil 4.16:</b> Talep Eğrisi.....	121
<b>Şekil 4.17:</b> Denge Eğrisi.....	122
<b>Şekil 4.18:</b> Dow Teorisinde Birincil Hareketlere Ait Büyük Resimi Gösteren Grafik.....	126
<b>Şekil 5.1:</b> Değişkenlere Ait Grafikler.....	153
<b>Şekil 5.2:</b> Düzgünleştirilmiş Olasılıklar.....	160

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>ADF</b>	: Genişletilmiş Dickey Fuller
<b>AIC</b>	: Akaike Bilgi Kriteri
<b>ANOVA</b>	: Varyans Analizi
<b>AR</b>	: Otoregresif Model
<b>ARDL</b>	: Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model
<b>ARMA</b>	: Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli
<b>BT</b>	: Blok Zincir Teknolojisi
<b>BTC</b>	: Bitcoin
<b>CBDC</b>	: Merkez Bankası Dijital Para Birimi
<b>dAPP</b>	: Merkezi Olmayan Uygulamalar
<b>DLT</b>	: Merkezi Olmayan Defter Teknolojileri
<b>DSP</b>	: Fark Durağan Süreç
<b>EM</b>	: Beklenti Maksimizasyonu
<b>ESTAR</b>	: Üstel Kendinden Uyarımlı Eşik Değerli Otoregresif Model
<b>E-STEP</b>	: Beklenti Adımı
<b>FDI</b>	: Doğrudan Yabancı Yatırım
<b>FINTECH</b>	: Finansal Teknoloji
<b>FPE</b>	: Nihai Tahmin Hatası
<b>GAR</b>	: Genelleştirilmiş Otoregresif Model
<b>GSYH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>HMM</b>	: Gizli Markov Zincir Modeli

<b>HQ</b>	: Hannan-Quinn Bilgi Kriteri
<b>IoT</b>	: Nesnelerin İnterneti
<b>LAR</b>	: Doğrusal Otoregressif Model
<b>LR</b>	: Olabilirlik Oran Kriteri
<b>LSTAR</b>	: Logistik Kendinden Uyarımlı Eşik Değerli Otoregressif Model
<b>MA</b>	: Hareketli Ortalama Modeli
<b>MTAR</b>	: Momentum Eşik Değerli Otoregressif Model
<b>MLE</b>	: Maksimum Olabilirlik Tahmini
<b>M-STEP</b>	: Maksimizasyon Adımı
<b>MSI</b>	: Markov Rejim Değişim Otoregressif Ortalaması
<b>MSM</b>	: Markov Rejim Değişim Ortalaması
<b>MSIH</b>	: Markov Rejim Değişim Sabit Terimi ve Değişen Varyansı
<b>MS-AR</b>	: Markov Rejim Değişim Otoregressif Modeli
<b>MSI – AR</b>	: Markov Rejim Değişim Otoregressif Sabit Terimi
<b>MSM – AR</b>	: Ortalamanın Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Otoregressif Modeli
<b>MVAR</b>	: Düzeltilmiş Ortalamalı Vektör Otoregresyon Modeli
<b>MS-VAR</b>	: Markov Rejim Değişim Vektör Otoregressif Modeli
<b>MSA–VAR</b>	: Otoregressif Terimin Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Otoregressif Modeli
<b>MSI – VAR</b>	: Sabit Terimin Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Otoregressif Modeli

<b>MSIA–VAR</b>	: Otoregresif ve Sabit Terimlerin Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif Modeli
<b>MSMA–VAR</b>	: Ortalama ve Sabit Terimin Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif Modeli
<b>MSH – VAR</b>	: Varyans Kovaryans Matrisinin Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif Modeli
<b>MSIAH – VAR</b>	: Sabit Terimin ve Değişen Varyansın Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif Modeli
<b>MS-VECM</b>	: Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme Modeli
<b>MSI – VECM</b>	: Sabit Terimin Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme Modeli
<b>MSH – VECM</b>	: Değişen Varyansın Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme Modeli
<b>MSIH – VECM</b>	: Sabit Terimin ve Değişen Varyansın Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme Modeli
<b>MSIAH – VECM</b>	: Sabit Terimin, Otoregresif Terimin ve Değişen Varyansın Rejimler Arasında Değiştiği Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme Modeli
<b>NASDAQ</b>	: Ulusal Menkul Kıymetler Bayileri Birliği Otomatik Fiyat Teklifi
<b>NFC</b>	: Yakın Alan İletişimi
<b>NLAR</b>	: Doğrusal Olmayan Otoregresif Model
<b>PP</b>	: Phillips Perron
<b>P2P</b>	: Eşler Arası Teknolojiler



<b>PPCoin</b>	: Peercoin
<b>PoS</b>	: Proof of Stake
<b>PoW</b>	: Proof of Work
<b>SETAR</b>	: Kendinden Uyarımlı Eşik Değerli Otoregresif Model
<b>SIC</b>	: Schwarz Bilgi Kriteri
<b>STAR</b>	: Yumuşak Geçişli Eşik Değerli Otoregresif Model
<b>SWIFT</b>	: Dünya Çapında Bankalararası Finansal Telekomünikasyon Derneği
<b>TAR</b>	: Eşik Değerli Otoregresif Model
<b>TSP</b>	: Trend Durağan Süreç
<b>USD</b>	: Amerikan Doları
<b>VAR</b>	: Vektör Otoregresyon Modeli
<b>VEC</b>	: Vektör Otoregresif Modeli

## GİRİŞ

Kısa ve uzun dönem ilişkilerinin araştırılması, rejim değişim davranışları ve beklenmeyen şoklar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ekonometrik zaman serisi analizlerinde önemlidir. Bu konular, sosyal veya ekonomik olaylarla ilgili politika analizleri için değerli bilgi kaynakları oluşturur. Ekonomik ve finansal değişkenlerin dinamik davranışlarının analizinde, istatistik ve ekonometri paket programları kullanılarak kolayca uygulanan Otoregresif (AR), Hareketli Ortalama (MA) ve Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA) gibi geleneksel doğrusal modellerin kullanımı yaygındır. Ancak, ekonometrik zaman serisi analiz yöntemlerinden olan geleneksel lineer modeller bir çok uygulamada oldukça başarılı olmalarına rağmen, parametrelerin yapısal değişikliklere göre ayarlanmasına izin vermedikleri için, asimetri, genlik bağımlılığı ve volatilité kümelemesi gibi doğrusal olmayan birçok dinamik modeli temsil edemezler. Bu, doğrusal olmama durumunun test edilmesini önemli bir araştırma alanı haline getirmiştir. Son yirmi yılda, doğrusal olmayan zaman serisi modelleri hızlı bir biçimde gelişmiştir.

Hamilton (1989) tarafından geliştirilmiş olan Markov Rejim Değişim Modeli, literatürdeki en popüler doğrusal olmayan zaman serisi modellerinden biridir. Bu model, farklı rejimlerdeki zaman serisi davranışlarını karakterize edebilen birden fazla yapı (denklem) içerir. Markov Rejim Değişim Modeli, bu yapılar arasında geçişe izin vererek daha karmaşık dinamik kalıpları yakalar. Markov Rejim Değişim Modelinin diğer bir özelliği ise, değişim mekanizmasının birinci dereceden bir Markov zincirini takip eden, gözlenemeyen bir durum değişkeni tarafından kontrol edilmesidir. Markovian özelliği ile, durum değişkeninin mevcut değerinin geçmiş değerine bağıllığı düzenlenir. Markov Rejim Değişim Modeli, yapısal değişim modellerinden farklıdır. Markov modeli rastgele zaman noktalarında, sık değişikliklere izin verirken, yapısal değişim modelleri yalnızca dışsal olay ve değişikliklere izin verir. Bu nedenle, Markov Rejim Değişim Modeli; farklı zaman dilimlerinde farklı dinamik modeller sergileyen birbirleri ile ilişkili verileri tanımlamak için uygundur. Markov Rejim Değişim Otoregresif Modeli (MS-AR) popüler doğrusal olmayan zaman serisi modellerinden biridir. Hamilton tarafından bu model geliştirilerek Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif (MS-VAR) ve Markov Rejim Değişim Vektör Hata

Düzeltilme (MS-VECM) Modeline ulaşılmıştır. MS-VEC modeli, kısa ve uzun dönem dinamiklerini birbirinden ayırır ve eşbütünleşme hatalarına bağlı olarak zaman içinde değişen geçiş olasılıklarına potansiyel olarak izin verir. MS-VECM, rejimin oynaklığı ve aynı rejimde kalma veya bir diğer rejime geçiş olasılığı ile nitelendirilen farklı rejimlerin davranışlarını inceler.

Bu çalışmanın temel amacı; yükselen bir finansal teknoloji ürünü olan Bitcoin'in arz, talep ve fiyat değişkenleri arasında kısa ve uzun vadeli ilişkileri araştırmaktır. Çalışmanın ikinci amacı; gözlemlenemeyen rejimleri araştırmak ve arz, talep ve fiyat değişkenlerinin davranışlarını tespit etmektir. Çalışmanın üçüncü amacı ise; belirlenen rejimlerin DOW Teorisine uygunluğunun belirlenmesidir. Bu amaçların tümüne ulaşabilmek için, çalışmada MS-VEC Modeli kullanılmıştır.

Beş bölümden oluşan tezin ilk bölümünde; ekonometrik analizlerde kullanılan temel kavramlar, klasik eşbütünleşme testleri, VAR ve VEC modellerden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde “Doğrusal Olmayan Modeller” hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, tezin ana konusunu oluşturan “Markov Rejim Değişim Modelleri” incelenmiştir.

Dördüncü bölüm tezin iktisadi kısmını oluşturur. Bu bölümde, yükselen finansal teknoloji ürünü olan “ Blok zincir teknolojisi ve Bitcoin” kavramlarına değinilmiştir.

Tezin son bölümü olan beşinci bölümde ise, çalışmada kullanılan değişkenler tanımlanmış, çalışmanın amacı hakkında bilgi verilmiş ve tezin amacına yönelik analizler yapılmıştır. Elde edilen bulgular “Sonuç” bölümünde değerlendirilip, yorumlanmıştır.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## 1.1. TEMEL KAVRAMLAR

### 1.1.1. STOKASTİK SÜREÇ

"Stokastik" kelimesi Yunanca'dan gelir ve "rastgele" veya "şans" anlamını taşır. Karşıt anlamı ise, "emin", "deterministik" veya "kesin" dir. Deterministik bir model, belirli bir dizi durumdan tek bir sonucu öngörür. Stokastik bir model ise, olasılıkları veya olasılıklar ile ağırlıklandırılmış bir dizi olası sonucu tahmin eder. Bir olguyu stokastik veya deterministik olarak modellemek gözlemcinin amacına bağlı olarak yaptığı bir seçimdir (Taylor, Howard M; Karlin, 1984).

Deterministik modeller genellikle stokastik modellerden daha kolay analiz edilir. Bununla birlikte, çoğu durumda stokastik modeller özellikle "küçük sayılar" içeren problemler daha gerçekçidir. Örneğin, farklı stratejilerin, türlerin hayatta kalmasını nasıl etkilediğine bakarak, nadir bir türün yönetimini modellemeye çalıştığımızı varsayalım. Deterministik modeller türlerin ya kesinlikle tükenmiş ya da kesinlikle hayatta kaldıklarını tahmin ettiğinden, böyle bir durumda çok yararlı olmaz. Ancak stokastik modeller kullanılarak, bir yok olma olasılığı hesaplanır ve bunun yönetim uygulamalarından nasıl etkilendiği incenebilir (Zhang, t.y.:1-13).

Stokastik bir süreç, zamana göre endekslenen rastgele değişkenlerden oluşur. Burada bahsedilen zaman, kesikli ve sürekli olarak ayrı ayrı incelenir. Ayrıca, rastgele değişkenleri negatif zamana göre endekslemeyi de düşünebiliriz. Yani, kesikli zaman stokastik süreci  $X = \{X_n, n = 0, 1, 2, \dots\}$  negatif olmayan tamsayılar tarafından endekslenen rastgele değişkenlerin sayılabilir bir koleksiyonudur. Sürekli stokastik süreç ise,  $X = \{X_t, 0 \leq t < \infty\}$ , negatif olmayan gerçek sayılar tarafından endekslenen rastgele değişkenlerin sayısız bir topluluğudur (Kozdron, t.y.:1-9).

### 1.1.2. OTOKORELASYON

Birçok parametrik istatistiksel prosedür (ör., ANOVA, doğrusal regresyon), analizde kullanılan modellerin hatalarının birbirinden bağımsız olduğunu varsayar (yani, hatalar ilişkilendirilmez). Zaman serilerinde bu varsayım karşılanmadığında, hataların birbirlerine bağımlı olduğu söylenir. Zaman serileri zamanın bir noktasında, tek bir katılımcıdan gelen verilerin toplanmasını içerdiğinden, birçok parametrik istatistiksel analizde var olan “hataların bağımsızlığı” varsayımı yerine getirilemez. Bu meydana geldiğinde, bu analizlerin sonuçları ve sonuçlara dayanarak yapılan çıkarımlar bazı düzeltici önlemler alınmadıkça yanıltıcı olabilir. Bir doğrusal zaman serisi modelinde hata, genellikle, gözlemlenen değer (t) 'de gözlemlenen bir Yt değerini (t zamanında teorik bir süreçte gözlemlenen bağımlı değişkeni) belirtir. Gerçek örnek verisi söz konusu olduğunda, tahmin edilen değerler modeldeki parametrelerin tahminlerine dayanır ve Yt - Ŷt farkına bir “kalıntı” denir. Kalıntı hatanın tahmini demektir. Kalıntıların işaret ve büyüklüğü, takip eden kalıntıların işareti ve büyüklüğü ile ilgisiz ise, otokorelasyon olmayacaktır ve bu, modelin hatalarının bağımsız olduğunu gösterir. Bununla birlikte, pozitif artıklar pozitif artıklar tarafından ve negatif artıklar negatif artıklar tarafından takip edilmeye eğilimliyse, otokorelasyon pozitif olacaktır; Bu, bağımsızlık varsayımının ihlal edildiğine dair kanıttır. Otokorelasyonlu hatalar, özellikle: Gözlemler arasındaki zaman çok kısa olduğunda, Sonuç davranışı çok yavaş değiştiğinde, Önemli yordayıcı değişkenler modelin dışında bırakıldığında, Tahminciler ile sonuç arasındaki ilişkinin işlevsel formu (ör., doğrusal) yanlış şekilde belirtildiğinde meydana gelir.

Otokorelasyon:

- Geleneksel hipotez testleri ve güven aralıkları ile ilişkili çıkarımsal ifadelerin geçerliliğini etkiler (örneğin, pozitif otokorelasyon değerinin altında tahmin edilen p'ye ve güven aralıklarının çok dar olmasına yol açar).
- Otokorelasyonun varlığının bilinmesi bir araştırmacının daha uygun bir istatistiksel analizi seçmesini sağlar.

- Regresyon denklemleri kullanılarak yapılan tahminlerin kesinliği, otokorelasyon ile ilgili bilgiler kullanılarak geliştirilir (Huitema & Laraway, 2006).

### **1.1.3. DURAĞANLIK VE EŞBÜTÜNLEŞME KAVRAMLARI**

Stokastik bir sürecin durağanlık kavramı, istatistiksel bir denge biçimi olarak görselleştirilebilir. Bir sürecin durağan olması için, serinin ortalama ve varyans gibi istatistiksel özellikleri zamana bağlı olmamalıdır. Durağanlık, serilerin gelecek tahminlerinin doğru yapılması ve faydalı bir zaman serisi modelinin oluşturulması için gerekli bir durumdur. Durağanlığın kesin, güçlü ve zayıf olmak üzere üç çeşidi vardır. Ancak, pratik uygulamalarda kesin ve güçlü durağanlığı sağlamak zor olduğundan, genellikle zayıf durağanlık şartı aranır (Adhikari & Agrawal, 2013). Bir serinin zayıf durağan olması için, birinci ve ikinci mertebe momentlerinin zamandan bağımsız, kovaryansın ise sadece zamanlar arasındaki farka bağlı olması gerekir (Lindgren, Rootz, & Sandsten, 2013:1-49).

Bir zaman serisi yapısal kırılma veya birim kök içeriyorsa, seri durağan değildir. Birim kökün varlığı, incelenen bir zaman serisinin durağan olmadığını; birim kökün yokluğu ise, durağanlığını ifade eder. Durağan olmayan bir stokastik süreç, Trend Durağan (deterministik) Süreç (TSP) veya Fark Durağan (entegre) Süreç (DSP) olabilir. Eğer trend tamamen tahmin edilebilir ve değişken değilse, bir zaman serisinin Trend Durağan Sürece sahip olduğuna söylenir. Trendin öngörülemez olduğunda ise, süreç Fark Durağan'dır. Deterministik trend durumunda, başlangıç değerinden sapma (durağan olmayan ortalamayı temsil eder) tamamen rastgeledir ve çabucak ölürlür. Zaman serisinin uzun vadeli gelişimine katkıda bulunmazlar veya etkilemezler. Bununla birlikte, Entegre Stokastik Süreç durumunda, rastgele bileşen veya sapma, serinin uzun vadeli gelişimini etkiler. Herhangi bir anlamlı ampirik analize başlamadan önce, bu özellikleri taşıyan zaman serileri trendlerden arındırılmalıdır. Zaman serilerinin çoğunun TSP yerine DSP olduğuna görülmüştür. Durağan olmayan zaman serileri bir ekonometrik modelin tahmininde kullanıldığında, yapılan tahminler yanıltıcı ve güvenilmez hale gelir. Bu gibi serilerde ortalama, varyans, kovaryans ve otokorelasyon fonksiyonları, zaman boyunca değişir ve serinin

uzun vadeli gelişimini etkiler. Birim kökün varlığı ile, En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak tahmin edilmek istenen modellerde sabit ortalama ve varyans varsayımı ihlal edilir. Pek çok zaman serisi değişkeni, farkı alındıktan sonra durağan hale gelir. Ancak, farkı alınmış değişkenlerin analizlerde kullanması, uzun dönem özelliklerinin kaybına neden olur. Bu bilgileri elde tutmanın bir yolu da “Eşbütünleşme” dir. Eşbütünleşme, kısa dönem dinamiklerini uzun dönem denge ile entegre hale getirir. Böylece, fark alma işleminden dolayı kaybedilen değişkenler arasındaki uzun vadeli bilginin kurtarılmasını mümkün kılar (Nkoro & Uko, 2001:63–91).

#### **1.1.4. DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAMA KAVRAMLARI**

Çoğu istatistiksel test, analizde kullanılan değişkenlerle ilgili bazı varsayımlara dayanır. Bu varsayımlar karşılanmadığında, sonuçların güvenilirliğini azaltan Tip I - Tip II hatalarıyla veya etki büyüklüğüne göre aşırı veya düşük tahminlerle karşılaşılabilir. Sosyal bilimlerde doğrusal olmayan ilişkilerin ortaya çıktığı birçok örnek olduğundan, doğrusallık şartının incelenmesi gereklidir. Doğrusallık, bağımlı değişkeni bağımsız değişkenlerin doğrusal bir işlevi olarak tanımlar (Darlington, 1968:161–182). Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişki doğrusal değilse, regresyon analizinin sonuçları doğru ilişkiyi tahmin edemez. Bu bağımsız değişkenler için bir Tip II hata şansının artma riskini ve çoklu regresyon durumunda, bu bağımsız değişkenlerle varyansı paylaşan diğer bağımsız değişkenler için Tip I hata şansının artma riskini taşır (Osborne & Waters, 2003:1–5).

Doğrusal olmayan modeller iki kategoride sınıflandırılabilir. İlk kategoride yer alan modeller, değişkenlerde doğrusal olmayan, ancak bilinmeyen parametreler açısından hala doğrusal olan modellerdir. Bu kategori, parametrelerde dönüşüm yoluyla doğrusal hale getirilmiş modelleri içerir. Örneğin; sonuç veya çıktı (Y), emek (L) ve sermaye (K) ile ilişkilendiren Cobb-Douglas üretim işlevi şu şekilde yazılabilir:

$$Y = \alpha L^{\beta} K^{\gamma}$$

Değişkenlerin doğal logaritmaları alındığında:

$$\ln Y = \delta + \beta \ln(L) + \gamma \ln(K) ; \delta = \ln(\alpha)$$

Bu fonksiyon Y, L ve K değişkenlerinde doğrusal değildir, ancak  $\delta$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  parametrelerinde doğrusaldır. Bu tür modeller, en küçük kareler tekniği kullanılarak tahmin edilebilir. Lineer olmayan modellerin ikinci kategorisi, parametrelerde doğrusal olmayan ve bir dönüşümden sonra parametrelerde doğrusal hale gelmeyen modelleri içerir. Bu kategorideki modelleri tahmin etmek için, bilinen en küçük kareler tekniği, doğrusal olmayan en küçük kareler olarak bilinen bir tahmin prosedürüne genişletilir (Hill, Griffiths, & Judge, 2001:1–33).

## 1.2. KLASİK EŞBÜTÜNLEŞME TESTLERİ

### 1.2.1. ENGLE - GRANGER EŞBÜTÜNLEŞME TESTİ

Engle ve Granger (1987) çalışmasında, ilk eşbütünlük testinden birini (veya genel stokastik eğilimleri) formüle etmiştir. Bu test, diğer eşbütünlük testlerine kıyasla daha kolay uygulanabilir. Test iki adımdan oluşur. İlk adımda eşbütünlük regresyon denklemi:

$$X_{1,t} = \beta_1 + \beta_2 X_{2,t} + \dots + \beta_p X_{p,t} + u_t$$

tahmin edilir. Denkleminde p; denklemindeki değişkenlerin sayısını gösterir. Bu regresyon denkleminde; değişkenlerin I(1)'inci dereceden durağan olduğunu ve durağan bir ilişki kurmak için birleşebileceğini varsayılır. Böylece durağan bir artık terim:

$$\widehat{u}_t = X_{1,t} - \beta_1 - \beta_2 X_{2,t} - \dots - \beta_p X_{p,t}$$

şeklinde gösterilir. Bu denklem değişkenler arasında ekonomik olarak anlamlı bir denge ilişkisini temsil eder. Eğer değişkenler eşbütünlük ise, ortak bir eğilimi paylaşırlar ve uzun vadede sabit bir ilişki kurarlar. Engle ve Granger'ın iki aşamalı prosedüründeki ikinci adımda, tahmin edilmiş regresyon denkleminin kalıntıları elde edilir ve bu kalıntıların durağanlığı;

$$\Delta \widehat{u}_t = \alpha + \pi \widehat{u}_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta \widehat{u}_{t-i} + v_t$$

ile gösterilen ADF testi ile belirlenir. Eşbütünlük ilişkisinin olmadığını söyleyen sıfır hipotezi altında,  $X_{1,t}$  I(1) olduğundan, tahmin edilen hatalar I(1)'dir. Modelde anlamlı bir  $\pi$ , eşbütünlük bir denklem olduğunu ifade eder. Bir başka deyişle, bütünlük değişken olan  $X_{1,t}$ , denklemin sağ tarafında yer alan değişkenlerin en az



birleriyle eşbütünleşiktir.  $H_0: \pi = 0$  (eşbütünleşme yok)  $H_a: \pi < 0$  (eşbütünleşme vardır) Hipotezleri için test istatistikleri, eş-bütünleşme denklemindeki değişkenlerin sayısı ve sınırlı bir örneklemede de değişkenlerin gecikme sayıları ( $k > 0$ ) ile değişir. İki aşamalı prosedürde üç ana sorun vardır. İlk olarak, testler ikinci aşamada bir ADF testi içerdiğinden, ADF testlerinin tüm sorunları burada da geçerlidir. İkincisi, test, eşbütünleşme regresyonu tarafından yakalanan bir eşbütünleştirme vektörünün varsayımına dayanır. Bu nedenle, test ikiden fazla değişkenli modellere uygulanırken dikkatli olunmalıdır. Üçüncüsü, test sistemin dinamikleri üzerinde ortak bir faktör olduğunu varsayar. Eğer bu ortak faktör kısıtlaması geçerli değilse test iyi performans göstermez (Sj, 2008).

### 1.2.2. JOHANSEN EŞBÜTÜNLEŞME TESTİ

Johansen testi çoklu eşbütünleşme ilişkilerinin tanımlanmasına izin verir. Johansen tekniği, başlangıç noktası,  $k$  gecikmeli bir VAR olarak ifade edilebilen bir  $y_t$  vektörü ile;

$$y_t = A_1 * y_{t-1} + A_2 * y_{t-2} + \dots + A_k * y_{t-k} + \varepsilon_t$$

şeklinde tanımlanır. Bu modelde;  $y_t$ ,  $(n \times 1)$ 'lik bir vektördür;  $A_i$  ise,  $(n \times n)$  boyutlu parametreler matrisidir. Modelin bir hata düzeltme mekanizmasına dönüştürülmesi ile, aşağıdaki denklem elde edilir:

$$\Delta y_t = \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta y_{t-k+1} + \Pi y_{t-k} + \varepsilon_t$$

$$\Gamma_i = -(I - A_1 - \dots - A_i), \quad i=1, k-1; \quad \Pi = -(I - A_1 - \dots - A_k), \quad \Pi = \alpha \beta'$$

$\alpha$ , düzeltme hızını ve  $\beta$  ise, uzun dönem katsayıların matrisini temsil eder. Eşbütünleşme ilişkilerinin sayısı  $\Pi$  sıralamasıyla verilir ve üç olasılık ortaya çıkar:

- 1- Sıralama (rank)  $n$ 'ye eşittir ve  $Y$  içindeki tüm değişkenler durağan  $[I(0)]$ 'dir.
- 2- Sıralama (rank)  $0$ 'a eşittir. Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur.
- 3- Sıralama (rank)  $n$ 'den küçüktür. Değişkenler arasında maksimum  $n-1$  bir sayıda eşbütünleşme ilişkisi vardır.

a ve  $\beta$  'tahmin prosedürü Søren Johansen tarafından azaltılmış rank regresyonu ile geliştirilmiştir. Sıfır hipotez ile  $\Pi = \alpha\beta'$  da maksimum r eşbütünleşme vektörünün varlığı test edilir. Lütkepohl ve Saikkonen (1999) Johansen eşbütünleşme testinin hipotezini şu şekilde ortaya koymaktadır:

$$H_0(r_0): rk(\Pi) = r_0 \quad \text{veya} \quad H_0(r_0): rk(\Pi) = r_0$$

$$H_1(r_0): rk(\Pi) > r_0 + 1 \quad H_0(r_0): rk(\Pi) > r_0 + 1$$

Eşbütünleşme ilişki sayısının belirlenmesi amacıyla öncelikle  $\Pi$  matrisinin karakteristik kökleri tanımlanır. Özdeğerlerin sayısını belirlemek için Trace ve Maksimum Özdeğer test istatistikleri kullanılır.

Trace test istatistiği;

$$LR_{\text{trace}}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

denklemler ile gösterilir. Maksimum Özdeğer test istatistiği ise;

$$LR_{\text{max}}(r, r+1) = -T \ln(1 - \widehat{\lambda}_{r+1}) = LR_{\text{trace}}(r) - LR_{\text{trace}}(r+1)$$

$$r = 0, 1, \dots, n-1$$

ile ifade edilir. Johansen eşbütünleşme testinin sonuçları gecikme uzunluğundan etkilenir. Gecikme uzunluğunu belirlemek için, LR (Olabilirlik Oranı Kriteri), AIC (Akaike Bilgi Kriteri), SIC (Schwarz Bilgi Kriteri), FPE (Nihai Tahmin Hatası), HQ (Hannan-Quinn Bilgi Kriteri) kullanılır. Eşbütünleşme denklemi yalnızca bir değişkenin eğilimini, sırayla içsel olabilen diğer değişkenlerden kaynaklanan nedensel ilişki yoluyla açıklar ve eğilimi kendisi açıklamaz (Ruxanda & Botezatu, 2008:51–62).

### 1.2.3. SINIR TESTİ

ARDL eşbütünleşme yaklaşımı Pesaran ve Shin (1999) ve Pesaran ve ark. (2001) tarafından geliştirilmiştir. ARDL testi diğer klasik eşbütünleşme testleri ile kıyaslandığında, üç avantaja sahiptir. İlk avantajı, ARDL testinde değişkenlerin aynı dereceden durağan olmasına gerek yoktur. İkinci avantajı, ARDL testinin küçük ve sonlu örnek veri büyüklükleri durumunda göreceli olarak daha verimlidir. Son ve üçüncü avantajı ise, ARDL tekniği uygulanarak uzun vadeli modelin tarafsız tahminleri elde edilir (Belloumi, 2008:269–287).

ARDL (1,1) modeli, ARDL testinin en basit halidir. ARDL (1,1) model denklemleri:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_t + \beta_2 X_{t-1} + \beta_3 Y_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

şeklinindedir. ARDL (1, 1) modelinin bazı önemli kısıtlama durumları vardır:

1.  $\beta_2 = \beta_3 = 0$  Statik regresyon,
2.  $\beta_1 = \beta_2 = 0$  Birinci dereceden otoregresif süreç,
3.  $\beta_3 = 1, \beta_1 = -\beta_2$  İlk farktaki denklem,
4.  $\beta_2 = 0$  Kısmi düzeltme denklemdir.

ARDL testi gecikme yapısını dikkate aldığından dolayı, diğer klasik eşbütünleşme testlerine göre daha iyi sonuçlar verebilir (Ahmed, 2018:1–31).

### 1.3. VEKTÖR OTOREGRESYON MODELİ (VAR)

Makro iktisatçılar; makro ekonomik verileri tanımlama ve özetleme, makro ekonomik tahminler yapma ve makro ekonomik politika yapıcılara tavsiyelerde bulunma gibi işler yaparlar. 1970'lerde makro iktisatçıların bu görevleri, yüzlerce denklemi olan büyük modellerden, değişkenler arasındaki etkileşime odaklanan ve birkaç değişkeden oluşan tek denklemlili modellere ve sadece tek değişkenli zaman serisi modellerine kadar uzanıyordu. Ancak 1970'lerin makro ekonomik karmaşasından sonra, bu yaklaşımların hiçbiri güvenilir bulunmamıştır. 1980 yılında Christopher Sims VAR modeli ile büyük umutlar vaat eden yeni bir makroekonometrik çerçeve sağlamıştır. Tek değişkenli otoregresyon, bir değişkenin mevcut değerinin kendi gecikmeli değerleri ile açıklandığı tek değişkenli doğrusal bir modeldir. Bir VAR, her bir değişkenin kendi gecikmeli değerleri, kalan n-1 değişkenin mevcut ve geçmiş değerleri ile açıklandığı doğrusal bir modeldir. Bu basit çerçeve, çoklu zaman serilerinde zengin dinamikleri yakalamanın sistematik bir yolunu sunmuştur (Stock, Watson, & Kennedy, 2001:101–115).

VAR modelinin en temel hali:

$$y_t = Dd_t + A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t,$$

şeklindedir.  $y_t$ ; K gözlenen zaman serisi değişkenlerinin bir vektörüdür.  $d_t$ ; sabit, doğrusal bir trend ve/veya mevsimsel kukla değişkenler gibi deterministik terimlerin bir vektörüdür. D, ilişkili parametre matrisidir.  $A_i$ 'ler,  $y_t$ 'nin gecikmeli değerlerine eklenen parametre matrisleridir. p, gecikme derecesidir.  $u_t$  ise, sıfır ortalamaya sahip beyaz gürültü sürecidir.  $u_t$ 'ler bağımsızdır ve serisel olarak ilişkisizdir (Lütkepohl, 2015:1–4).

### 1.3.1. VAR SÜRECİNDE İSTİKRAR VE DURAĞANLIK

Bu kısımda kullanılan 'İstikrar' kelimesi, başlangıç koşullarının etkisine dayanmak yerine, katsayı yapısının bir özelliğini tanımlamak için kullanılır ve “asimptotik olarak durağan” ifadesine karşılık gelir.

VAR(1) modelinin gösterimi:

$$y_t = v + A_1 y_{t-1} + u_t,$$

şeklindedir.

$A_1$ 'in tüm özdeğerlerinin 1'den daha az modülü varsa, beyaz gürültülü  $u_t$ 'ye sahip VAR (1) süreci istikrarlıdır. Bu sürecin, sonsuz geçmişte başladığını varsayarak, aşağıdaki yinelemeli işleminin sonsuzluğa devam etmesine izin verir.

$$y_t = v + A_1 (v + A_1 y_{t-2} + u_{t-1}) + u_t,$$

$$y_t = (I_k + A_1 + \dots + A_1^{t-1}) v + A_1^t y_0 + \sum_{j=0}^{t-1} A_1^j u_{t-j}$$

$$y_t = \mu + \sum_{j=0}^{\infty} A_1^j u_{t-j}$$

$\mu$ ,  $(I_k - A_1)^{-1}$  olarak tanımlanmıştır ve  $A_1^j$  matrisinin geometrik toplamının biçimsel sınırıdır. Bu varsayım, stokastik değişkenlerin toplamının ortalama karedeki yakınsaması için yeterlidir. Matris cebirinden bir sonuç çağrıldığında,  $A_1$ 'in özdeğerleri üzerindeki koşulun:

$$\det(I_k - A_1 z) \neq 0$$

$|z| < 1$  için, koşuluna eşdeğer olduğu belirtilir. Özdeğerler  $\det(A_1 - \lambda I_k)$ 'nin çözümü olarak tanımlanır.

$$|z| < 1 \text{ için, } \det(I_k - A_1 z - A_2 z^2 - \dots - A_p z^p) \neq 0$$

Stabilite koşulu yukarıdaki gibidir.

Eğer A matrisi kullanılıyorsa, herhangi bir VAR(p) VAR (1) olarak yazılabilir:

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \cdots & A_{p-1} & A_p \\ I_K & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & I_K & 0 \end{bmatrix}$$

$$Y_t = v + AY_{t-1} + U_t$$

$Y_t$ , birbiri üzerine yığılmış  $y_t$  ardışık gözlem vektörlerini içeren bir  $K_p$  vektörüdür:

$$Y_t = \begin{bmatrix} y_t \\ y_{t-1} \\ \cdots \\ y_{t-p+1} \end{bmatrix}$$

$v$  ve  $U_t$  yalnızca ilk  $K$  satırlarında sıfır olmayan öğeler içerirken:

$$v = \begin{bmatrix} v \\ 0 \\ \cdots \\ 0 \end{bmatrix}, \quad U_t = \begin{bmatrix} u_t \\ 0 \\ \cdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

Bu durum uzay temsilidir. Orijinal VAR(p) denklemi  $K$  satırlarının ilk bloğunda bulunur. VAR(1) modeli ve yukarıda yer alan koşullar ile:

$$|z| < 1 \quad \text{için,} \quad \det(I_{Kp} - Az) \neq 0$$

istikrarı garanti eder (Kunst, 2007:1–37).

### 1.3.2. VAR MODELİNİN TAHMİNİ

Hata düzeltme için yazılmış bir VAR parametrelerinin maksimum olabilirlik tahmini:

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-1} + \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + \Gamma_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \Gamma_p \Delta y_{t-p} + u_t$$

ile ifade edilir. Uzun dönem kısıtlamaları altında,  $\Pi$ 'nin rankı  $q$ 'dur. Yukarıda belirtilmiş olan Var modeli:

$$\Delta y_t = \gamma \alpha' y_{t-1} + C [D_1 \Delta y_{t-1} + D_2 \Delta y_{t-2} + \dots + D_p \Delta y_{t-p}] + u_t$$

şeklinde yazılabilir. Bu modelde  $\alpha$ ; rank  $q$ 'nun  $K \times q$  boyutlu matrisi,  $C$ ; rank  $r$ 'nin  $K \times r$  boyutlu matrisidir. Maksimum olabilirlik yöntemi tahmin adımları:

**Adım 1:**  $y_{t-1}$  kontrolü için  $\Delta y_{t-1}$  azaltılmış sıra regresyonundan  $[\widehat{D}_1, \widehat{D}_2, \dots, \widehat{D}_p]$  tahmin edilir.

**Adım 2:**  $\Delta y_t$  ile  $y_{t-1}$  arasında Kısmi Kanonik Korelasyonlar  $[\widehat{D}_1 \Delta y_{t-1} + \widehat{D}_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \widehat{D}_p \Delta y_{t-p}]$  koşullu olarak hesaplanır.

**Adım 3:**  $\Delta y_t$  ile  $(\Delta y_{t-1}, \dots, \Delta y_{t-1})$  arasında Kısmi Kanonik Korelasyonlar  $\alpha' y_{t-1}$  'e koşullu olarak hesaplanır.  $[\widehat{D}_1 \Delta y_{t-1} + \widehat{D}_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \widehat{D}_p \Delta y_{t-p}]$ 'nin tahminleri olarak en büyük Kısmi Kanonik Korelasyonlara karşılık gelen  $r$  kanonik değişkenleri  $[D_1 \Delta y_{t-1} + D_2 \Delta y_{t-2} + \dots + D_p \Delta y_{t-p}]$  alınır.  $\Delta y_t$ ,  $\alpha' y_{t-1}$  ve  $[\widehat{D}_1 \Delta y_{t-1} + \widehat{D}_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \widehat{D}_p \Delta y_{t-p}]$  regresyon analizine tabi tutulur. Artık varyans matrisinin determinantının logaritması olan  $\ln|\widehat{\Omega}|$  değeri hesaplanır. Bu değer Adım 1'de hesaplanandan farklı ise, 1. Adıma dönlür. Farklı değil ise, süreç tamamlanmıştır (Athanasopoulos, Guillen Carvalho, Issler, & Vahid, 2010).

$i$ 'inci değişkene gelen bir şok, sadece  $i$ 'inci değişkeni doğrudan etkilemekle kalmaz, aynı zamanda VAR'ın dinamik (gecikme) yapısı vasıtasıyla diğer tüm endojen değişkenlere de iletilir. Şokların değişkenler üzerindeki etkileri, etki - tepki ve varyans ayrışma fonksiyonlarının tahmin edilmesiyle değerlendirilir (Brahmasrene, Huang, & Sissoko, 2014:1–27).

### 1.3.3. ETKİ - TEPKİ ANALİZİ

Bir etki tepki fonksiyonu, endojen bir değişkenin yeniliklerden birine yanıtıdır. Bir kerelik şokun, mevcut yeniliklerden birine ve endojen değişkenlerin gelecek değerleri üzerindeki etkisini izler. Özellikle, yeniliklerden birinde bir standart sapma şokunun endojen değişkeninin mevcut ve gelecekteki değerleri üzerindeki etkisini tanımlar. Tepki grafikleri seçeneği; her bir inovasyonun nispi önemini ölçen çizgi grafikler olarak, her bir tahmin varyansının ayrışmasını gösterir. Etki tepki fonksiyonunun çizilmesi, bir değişkenin bir şoka verdiği yanıtı derhal veya çeşitli gecikmelerle keşfetmenin pratik bir yoludur (Brahmasrene, 2014:1–27).

Etki tepki fonksiyonu kavramını göstermek için sistem kompakt bir biçimde yeniden yazılabilir; burada L gecikme operatörüdür:

$$y_t = A(L) y_t + \varepsilon_t$$

$$A(L) = A_1L + A_2L^2 + \dots + A_pL^p$$

$B(L) = (I - A(L))^{-1}$  ile  $I - A(L)$ 'nin çevrilebilir olduğu varsayılırsa, VAR modelinin hareketli ortalamalar gösterimi:

$$y_t = \varepsilon_t + B_1 \varepsilon_{t-1} + B_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + B_s \varepsilon_{t-s}$$

şeklindedir. Bu durumda,  $B_s$ :

$$B_s = \partial y_{t+s} / \partial \varepsilon_t$$

matrisi ile ifade edilir. Etki tepki fonksiyonu, geçici bir şokun VAR değişkeni j'nin i değişkeni üzerindeki etkilerini tarif eder. Hata terimleri arasında eş zamanlı bir korelasyona izin verir. Eğer hata terimleri birbirleri ile korelasyonlu ise, geçerli bir varsayım değildir (Momoli, 2016).



### 1.3.4. VARYANS AYRIŞMASI

Rastgele yeniliklerin göreceli önemi hakkında bilgi veren varyans ayrışımı, dinamik rastgele bir değer süreci olan stokastik sistemle çalışılırken kullanılır. VAR modeli, varyans ayrışmasının tablo şeklinde gösterilmesini sağlar. Bu, dış şokların her bir değişkene olan etkisini ve şokların bir sistemde nasıl yayıldığını değerlendirmede faydalıdır (Brahmasrene, 2014:1–27).

Sims'e (1980) göre; Varyans ayrışma tekniği, değişkenlerin aralarındaki etkileşimin derecesini belirlemeye ve yeniliklerin her birinin toplam hatanın varyansına olan katkısını hesaplamaya olanak sağlar. Genelleştirilmiş tahmin hatası varyansı ayrışmalarını şu şekildedir:

$$\theta_{ij}^g(H) = \sigma_{ij}^{-1} \sum_{h=0}^{H-1} (e_i' A_h \Sigma e_j^2) / \sum_{h=0}^{H-1} (e_i' A_h' \Sigma e_j)$$

$\Sigma$ , hata vektörüne ait varyans matrisidir.  $\sigma_{ij}$ , j'inci denklem için hata teriminin standart sapmasıdır.  $e_i$ , i'inci elemanı bir, diğer durumlarda ise sıfır olan seçim vektörüdür (Mbarek, Ali, & Feki, 2014:1253–1262).

### 1.4. VEKTÖR HATA DÜZELTME MODELİ

Vektör otoregresif (VAR) modeli, durağan değişkenler arasındaki dinamik ilişkiyi tanımlamak için kullanılan genel bir çerçevedir. Bu nedenle, zaman serileri analizindeki ilk adım, serilerin düzeyde durağan olup olmadığını belirlemek olmalıdır. Eğer zaman serileri durağan değilse, seriler arasındaki ilişkilerin tutarlı bir şekilde tahmin edilmesini sağlamak için VAR çerçevesinin değiştirilmesi gerekir. Vektör hata düzeltme (VEC) modeli, farkı alınarak durağan hale gelmiş değişkenler (yani, I (1)) için, VAR'ın özel bir halidir. VEC, değişkenler arasındaki eşbütünleşik ilişkileri de dikkate alır.  $y_t$  ve  $x_t$  gibi iki zaman serisi değişkeni düşünülürse, bu iki değişkene ait denklemler:

$$y_t = \beta_{10} + \beta_{11} y_{t-1} + \beta_{12} x_{t-1} + u_t^y$$

$$x_t = \beta_{20} + \beta_{21} y_{t-1} + \beta_{22} x_{t-1} + u_t^x$$

şeklinde gösterilir. Denklemler, bağımlı değişkenlerin, her bir değişkenin kendi gecikmesinin ve modelde yer alan diğer değişkenin gecikmesi ile açıklandığı bir sistemi tanımlar. Modelde x ve y değişkenleri düzeyde durağan ise, modeller En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak tahmin edilebilir. Ancak, eğer x ve y değişkenleri düzeyde durağan değil ise, değişkenler ilk farkı alınarak durağan hale getirilmeli ve tahmin edilmelidir. Bu durumda denklemler;

$$\Delta y_t = \beta_{10} + \beta_{11} \Delta y_{t-1} + \beta_{12} \Delta x_{t-1} + u_t^{\Delta y}$$

$$\Delta x_t = \beta_{20} + \beta_{21} \Delta y_{t-1} + \beta_{22} \Delta x_{t-1} + u_t^{\Delta x}$$

şeklinde yazılır ve En Küçük Kareler yöntemi ile tahmin edilir. Eğer x ve y değişkenleri farkı alındığında durağan [I(1)] ve eşbütünleşik ise, o zaman denklem sistemi, I(1) değişkenleri arasındaki eşbütünleşme ilişkisine izin verecek şekilde değiştirilir (Adkins, t.y.:1–6).

VECM modelinin genel şekli:

$$\Delta y_t = \alpha_1 + \alpha_2 e_{t-1} + \alpha_3 \Delta y_{t-1} + \alpha_4 \Delta x_{t-1} + v_t$$

VECM dinamik modelinin tahmininde önemli bir parametre, ekonomik büyümenin denge seviyesine uyum hızını ölçen hata düzeltme teriminin katsayısıdır ( $e_{t-1}$ ). Hata düzeltme teriminin katsayısının büyüklüğü ve istatistiksel önemi, her değişkenin dengeye dönme eğilimini ölçer. Bu katsayı, geçmiş denge hatalarının uzun vadeli etkiyi yakalamasında rol oynadığı anlamına gelir (Andrei & Andrei, 2015:568–576). Hata düzeltme teriminin negatif ve anlamlı bir katsayıya sahip olması, bağımsız değişkenler ve bağımlı değişken arasındaki kısa vadeli dalgalanmaların değişkenler arasında uzun süreli kalıcı bir ilişki doğuracağını gösterir (Asari, Baharuddin, Jusoh, Mohamad, Shamsudin, & Jusoff, 2011:49–56).

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2.1. ORTALAMADA DOĞRUSAL OLMAYAN MODELLER

Ekonomik ve finansal zaman serilerinde doğrusal olmayan davranışları modellemek için, farklı durumların /rejimlerin varlığına izin vermek gereklidir. Bu bölüm, her bir rejimde zaman serisinin dinamik davranışının otoregresif (AR) bir model tarafından belirlendiğini varsayan, eşik değerli AR, kendinden uyarımlı eşik değerli AR ve yumuşak geçişli AR gibi modellere odaklanmaktadır. Bunun nedeni basit AR modellerinin tartışmasız en popüler zaman serisi modeli olmaları ve regresyon yöntemleri kullanılarak kolayca tahmin edilmeleridir. AR modellerini doğrusal olmayan davranışlara izin verecek şekilde genişleterek, sonuçta ortaya çıkan doğrusal olmayan modellerin anlaşılması ve yorumlanması kolaydır.

#### 2.1.1. DOĞRUSAL OLMAYAN OTOREGRESİF (NLAR) MODEL

Doğrusal olmayan otoregresif (NLAR) model, doğrusal otoregresif (LAR) modelinin doğal bir uzantısıdır ve son yıllarda oldukça fazla ilgi çekmiştir. Martingale fark yeniliklerine sahip doğrusal modeller için en küçük kareler (doğrusal) çok adımlı tahminciler, modellerin parametrelerine ve tarihsel gözlemlere bağlıdır. Ancak yenilik dağılımlarına bağlı değildir. Bu nedenle, LAR modellerinin parametreleri bilindiğinde veya iyi tahminler mevcut olduğunda, çok aşamalı tahmin ediciler doğrudan açık ifadelerden hesaplanabilir ve sınırlayıcı özellikleri bu formüllerden elde edilebilir. Ancak, NLAR modelleri için böyle değildir. Yeniliklerin, i.i.d. varsayımı altında gösterilecektir. LAR modeli, çok aşamalı tahmini inovasyon dağılımından bağımsız olan tek zaman serisi modelidir. Bu nedenle, inovasyon dağılımı bilinmediğinde, NLAR modelleri için kesin en küçük kareler çok adımlı tahminciler hesaplanamaz. Literatürde hem doğrusal olmayan regresyon fonksiyonu hem de inovasyon dağılımı bilindiğinde, en küçük kareler yönteminin m-adım ( $m > 1$ ) yordayıcılarını hesaplamak için sayısal ve Monte Carlo yöntemleri önerilmiştir. Bununla birlikte, çoğu durumda inovasyon dağılımı bilinmediğinden bu yaklaşımların kullanımı çok gerçekçi değildir (Guo, Bai, & An, 1999:559–570). Bu nedenle NLAR modeller geliştirilmiştir. NLAR(p) modeli:

$$Y_t = \mu ( X_{t-1}; \theta ) + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t \sim \text{IID}(0, \sigma^2)$$

şeklindedir.  $\theta$ , bilinmeyen parametrelerin sonlu boyutlu vektörüdür. 't' zamanında bir adım öndeki en küçük kareler tahmini (LS):

$$Y_{t+1}|_t = E(Y_{t+1}|X_t) = E\{\mu(X_t; \theta) + \varepsilon_{t+1} | X_t\} = \mu(X_t; \theta).$$

ile ifade edilir.

$H = 1$  ( $H$ , adım sayısını gösterir) olduğunda, koşullu ortalama  $\varepsilon_{t+1}$ 'in dağılımından bağımsızdır. Bu durum, hem lineer hem de NLAR modeller için önemli bir özelliktir.  $H \geq 2$  olduğunda ise, bu durum sadece lineer modeller için geçerlidir (De Gooijer, 2017).

### 2.1.2. GENELLEŞTİRİLMİŞ OTOREGRESİF (GAR) MODEL

Zaman serisi verilerinde bazı gizli özellikleri ortaya çıkarmak için Peiris (2003) tarafından Genelleştirilmiş Otoregresif (GAR) Modeli olarak bilinen yeni bir model sınıfı tanımlanmıştır. Bu gizli özelliklerden biri büyük ölçeklidir (düşük frekans). Peiris (2003) tarafından standart zaman serisi modelinin bu özelliği yakalayamadığı gösterilmiştir. Bu model sınıfı, olağan AR (p) 'nin genellemesidir ve aşağıdaki gibi gösterilir.

$$(1 - \alpha_1 B - \alpha_2 B^2 - \dots - \alpha_p B^p)^\delta X_t = Z_t$$

$B$  geri kaydırma operatörü,  $\{X_t\}$  bir zaman serisini,  $\{Z_t\}$  beyaz gürültü sürecini ve  $\delta > 0$  ise ek parametreleri gösterir. Klasik zaman serisi analizinde,  $1 - \alpha_1 X - \alpha_2 X^2 - \dots - \alpha_p X^p = 0$  işlem sonucunda elde edilen köklerinin birim çemberin dışında olduğu varsayılır. Eğer  $\delta = 1$  ise, klasik AR(p) modeli elde edilir (Shitan & Peiris, 2008:560–570).

GAR modeli aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- i. Otokovaryans fonksiyonu (acovf),  $\gamma_k$  :

$$\gamma_0 = \sigma^2 \left[ 1 + (\alpha - \beta)^2 / (1 - \alpha^2) \right]$$

$$\gamma_1 = \sigma^2 \left[ \alpha - \beta + \alpha(\alpha - \beta)^2 / (1 - \alpha^2) \right]$$

$$\gamma_k = \alpha^{k-1} \gamma_1, k \geq 2$$

ii. Spektral yoğunluk fonksiyonu (sdf),  $f_x(\omega)$ :

$$f_x(\omega) = \frac{\sigma^2(1 - 2\beta \cos \omega + \beta^2)}{2\pi(1 - 2\alpha \cos \omega + \alpha^2)}; \quad -\pi \leq \omega \leq \pi.$$

Herhangi bir zaman serisi veri seti için, belirli bir seviyedeki geçişlerin yoğunluğunun değişebileceği bilinmektedir. Bu özelliğin (örneğin, geçiş seviyelerinin derecesi) birçok zaman serisi veri setinde çok yaygındır. Bu seriler, otokorelasyon, kısmi otokorelasyon fonksiyonlarında ve spektrumda benzer desenleri gösterir. Bu nedenle, bu seriler standart modeller ve/veya teknikler kullanarak birbirlerinden ayırt edilemezler ve zaman serilerinde 'yanlış sınıflandırma problemine' yol açarlar. Bu durum, ek parametrelerle (veya endekslerle)  $\delta_1(\geq 0)$  ve  $\delta_2(\geq 0)$  aşağıdaki gibi gösterilmiş olan yeni, genelleştirilmiş bir model sunulmasını ve tatmin edici frekans veya seviye geçişlerinin derecesinin kontrol edilmesini gerekli kılar.

$$(I - \alpha B)^{\delta_1} X_t = (I - \beta B)^{\delta_2} Z_t, \quad -1 < \alpha, \beta < 1$$

Bu model sınıfı,  $\delta_1 = \delta_2 = 1$  olduğu zaman geleneksel ARMA (1.1) sürecine ve sırasıyla  $\delta_1 = 1, \delta_2 = 0$  ve  $\delta_1 = 0, \delta_2 = 1$  olduğu zaman AR (1) ve MA (1) süreçlerine dönüşür (Peiris, 2003:156–171).

### 2.1.3. ÇİFT DOĞRUSAL MODEL (BİLİNEAR MODEL)

$X_t$ , aşağıdaki fark eşit denkleminin uygunluk sağlayan bir kesikli zaman serisi parametresi ise:

$$X_t + \sum_{j=1}^p a_j X_{t-j} = \sum_{j=0}^r c_j e_{t-j} + \sum_{l=1}^k \sum_{l'=1}^k b_{ll'} X_{t-l} e_{t-l'}$$
$$c_0 = 1$$

BL(p,r,m,k) parametreleri ile Çift Doğrusal Model yukarıdaki gibi tanımlanır ve  $\{X_t\}$  bilinear süreçlidir. BL(p,r,m,k) modelinin özel bir hali olan BL(p,0,p,1) modeli ise;

$$X_t + \sum_{j=1}^p a_j X_{t-j} = e_t + \sum_{l=1}^p b_{l1} X_{t-2} e_{t-1}$$

şeklinde gösterilir.

Burada  $\{e_t\}$  rasgele değişkenler, bağımsız bir dizi olmasına rağmen, verilen  $\{X_t\}$  temsili bir Markovian gösterimi olmadığı belirtilmelidir (Rao & Gabr, 1984).

### 2.1.4. EŞİK DEĞERLİ OTOREGRESİF MODEL (TAR)

TAR modeli, uygulamada yaygın olarak görülen bir sürecin azalan ve artan asimetrisi gibi gözlemlenen birçok doğrusal olmayan özelliğe dayanır. Bu model, zamanda değişikliklerin yapılmasına izin veren geleneksel parçalı doğrusal modellerin aksine, doğrusal yaklaşımı geliştirmek için eşik alanı kullanır.

Gözlemleri dört rejime ayıran iki eşik değişkenli TAR modeli:

$$Y_t =$$

$$\begin{cases} \beta_0^{(1)} + \beta_1^{(1)} y_{t-1} + \beta_2^{(1)} y_{t-2}, \dots, + \beta_{p_1}^{(1)} y_{t-p_1} + u_t, & z_{1t} \leq \gamma_1^0, z_{2t} \leq \gamma_2^0 \\ \beta_0^{(2)} + \beta_1^{(2)} y_{t-1} + \beta_2^{(2)} y_{t-2}, \dots, + \beta_{p_2}^{(2)} y_{t-p_2} + u_t, & z_{1t} \leq \gamma_1^0, z_{2t} \leq \gamma_2^0 \\ \beta_0^{(3)} + \beta_1^{(3)} y_{t-1} + \beta_2^{(3)} y_{t-2}, \dots, + \beta_{p_3}^{(3)} y_{t-p_3} + u_t, & z_{1t} \leq \gamma_1^0, z_{2t} \leq \gamma_2^0 \\ \beta_0^{(4)} + \beta_1^{(4)} y_{t-1} + \beta_2^{(4)} y_{t-2}, \dots, + \beta_{p_4}^{(4)} y_{t-p_4} + u_t, & z_{1t} \leq \gamma_1^0, z_{2t} \leq \gamma_2^0 \end{cases}$$

şeklinde. Modelde  $z_t$  ( $z_{1t}, z_{2t}$ ) eşik değişkenleridir.  $\gamma^0$  ( $\gamma_1^0, \gamma_2^0$ )  $\in \Omega$  tahmin edilmeyi bekleyen eşik parametresi vektörüdür.  $p_j$ , ( $j=1,2,3,4$ ) her rejimin sırasıdır.  $\beta^j$  ise yapısal parametrelerdir. TAR modeli her rejimi içerisinde doğrusal bir AR modeli barındırır. Eşik değişkenleri  $z_1$  ve  $z_2$  dışsal değişkenler veya  $y_t$ 'nin gecikmeli fonksiyonları olabilir (Chen, Chong, & Bai, 2012:142–170).

Basit iki rejimli bir AR(1) modeli:

$$X_t = \begin{cases} -1.5 x_{t-1} + \alpha_t & \text{eğer } x_{t-1} < 0, \\ 0.5x_{t-1} + \alpha_t & \text{eğer } x_{t-1} \geq 0. \end{cases}$$

ile gösterilir ve 1 gecikmeli ve 0 eşik değerlidir. Burada ilk rejimde katsayı -1.5 olmasında rağmen,  $x_t$  süreci geometrik olarak ergodik ve durağandır. Aslında modelin geometrik olarak ergodik olması için gerekli ve yeter koşullar  $\varphi_1^{(1)} < 1$ ,  $\varphi_1^{(2)} < 1$  ve  $\varphi_1^{(1)}, \varphi_1^{(2)} < 1$  şeklindedir.  $\varphi^i$ ,  $i$  rejimindeki AR katsayısıdır. Ergodiklik zaman serileri analizinde önemli bir kavramdır. Örneğin  $x_t$  örnek ortalamasının  $x_t$  ortalamasına yakınsadığını gösteren istatistiksel teori, merkezi limit teorisinin karşılığı olarak kabul edilebilecek olan ergodik teorimi olarak adlandırılır. İkinci olarak seri asimetrik artan ve azalan bir model sergiler.  $x_{t-1}$  negatif ise,  $x_t$ , negative ve patlayıcı katsayısı (-1.5) nedeniyle pozitif bir değere geçme eğilimindedir (Tsay, 2002).

TAR modelinde genellikle eşik değeri belli değildir. Chan (1993) çalışmasına göre, eşik değerini bulmak için, veriler yukarıdan aşağıya doğru, artan veya azalan bir şekilde sıralanır. Verilerin sayısına hem baştan hem de sondan yüzde 10 ve 15 arası veriler örneklem dışı tutulur ve eşik değer kalan veriler arasında aranır (Chan, 1993:520–533).

Ancak, TAR modeli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmamıştır. Bu durumun temel nedenleri, TAR modelinde eşik değişkenini tanımlamak ve ilgili eşik değerlerini pratikte tahmin etmenin zordur ve basit bir modelleme prosedürüne sahip değildir. Tong ve Lim (1980) tarafından önerilen prosedür karmaşıktır. Model birkaç yoğun işlem aşamasını içerir ve incelenen veri setinde eşik modeline olan ihtiyacı değerlendirmek için mevcut herhangi bir tanı istatistiği yoktur (Tsay, 1989:231–240).

### 2.1.5. KENDİNDEN UYARIMLI EŞİK DEĞERLİ AR (SETAR) MODEL

İlk olarak Tong tarafından tanıtılan Kendinden Uyarımlı Eşik Değerli Otoregresif (SETAR) modeli, TAR modelinin özel bir örneğidir. Burada, rejimler arasındaki hareketler TAR modelinde olduğu gibi eşik değişkeni olarak adlandırılan bir değişken tarafından kontrol edilir. Ancak, eşik değişkeninin ekzojen bir değişken olduğunu varsayan TAR modelinden farklı olarak, SETAR modelinde eşik değişken bir endojen değişkendir (Jaras, Gishani, & Gustafsson, 2010). Aynı zamanda SETAR modeli, TAR modellemesindeki eşik değişkeninin ilgili zaman serisinin gecikmeli değeri olarak tespit edilmesi durumunda geçerli olan modellerdir.

*Hansen (1997) yaklaşımına göre, iki rejimli SETAR Modeli aşağıdaki gibi iki farklı şekilde gösterilebilir.*

#### Model 1:

$$Y_t = \begin{cases} \beta^{(1)}Y_{t-1} + \varepsilon_t^{(1)} & Y_{t-1} < \gamma \\ \beta^{(2)}Y_{t-1} + \varepsilon_t^{(2)} & Y_{t-1} > \gamma \end{cases}$$

#### Model 2:

$$Y_t = (\alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \dots + \alpha_p Y_{t-p}) I(Y_{t-d} \leq \gamma) + (\beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \dots + \beta_p Y_{t-p}) I(Y_{t-d} > \gamma) + e_t$$

Burada, p otoregresif derecesini,  $\gamma$  eşik parametresini veya eşik değerini ifade eder. Eşik değişkeni  $Y_{t-d}$  (d bir tamsayıdır) ile gösterilir (Hansen & Hill, 1997:0-14).

*Tong (1983) Yaklaşımına göre SETAR modeli:*

$$Y_t = \begin{cases} \beta_0^{(1)} + \sum_{i=1}^{p_i} \beta_1^{(1)} Y_{t-1} + e_t^{(1)} & Y_{t-d} < \gamma \\ \beta_0^{(2)} + \sum_{i=1}^{p_i} \beta_1^{(2)} Y_{t-1} + e_t^{(2)} & Y_{t-d} > \gamma \end{cases}$$

Tong, yukarıdaki modeli temel olarak ele alıp, aşağıda açıklanmış olan 3 adımlı parametre tahmin yöntemini önermiştir.



**Adım 1:**  $d$  ve  $\gamma$  değerlerinin ilk adım olarak bilindiği varsayılmaktadır. Bu varsayımlara dayanarak, gözlem değerleri küçük alt gruplara ayrılır ve her alt grup için AIC bilgi kriteri  $p_i$  düzeyi ile hesaplanır. Bu durumda, öncelikle her bir rejimin  $p_i$  değeri, sabit  $d$  ve  $\gamma$  değerleri karşılığında, AIC bilgi kriterini minimize ederek elde edilir.

**Adım 2:** İkinci adımda,  $d$  değeri sabit tutulur (belirli bir değere karşılık geldiği varsayılır; başka bir deyişle, bilinir), bu sefer AIC bilgi veri kriter değerini en aza indirecek olan eşik parametreleri test edilir. Başka bir deyişle, AIC değerini en aza indiren  $\gamma$  değeri, diğer eşik parametreleri arasından seçilir. Bu durum Tong'da (1983) çalışmasında aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

$$AIC(d_0, \hat{\gamma}) = \min [AIC(d_0, \gamma)]$$

**Adım 3:** İlk iki adımda,  $p_i$  ve  $\gamma$  değerleri belirlenir. Kalan üçüncü adımda,  $d$  değeri belirlenecektir. NAIC( $d$ ) değerini en aza indirgeyen,  $k$  sayısındaki  $d$  seçiminden bulunacaktır. Bilgi kriteri kullanılarak değerlendirilen 3 adımdan sonra, yukarıda belirtilen parametrelere bağlı olarak model tahmin edilecektir (Tong, 1983)

*Tsay (1989) yaklaşımına göre SETAR modeli:*

**Adım 1:** AIC bilgi kriteri veya PACF kullanılarak AR( $p$ ) düzeyi belirlenir.

**Adım 2:**  $P$  ve muhtemel  $d$  değerine karşılık gelen eşik doğrusallık testi uygulanır. Test sonucunda işlemin doğrusal olmadığına karar verilirse, ilgili  $p$  değeri için en yüksek  $F$  test değerini veren gecikme değeri eşik değerleri arasından seçilir. Aslında, burada ifade edilen doğrusallık testi, birleşim olarak ifade edilmiştir.

**Adım 3:** Dağılım grafikleri kullanılarak eşik değerleri belirlenir. Burada amaç, bazı istatistiksel parametrelerin eşik değişkeni için görsel olarak dağıtım grafiklerini kullanarak eşik parametresinin yerini belirlemektir. Söz konusu istatistiksel parametreler: Kapsayıcılık tahminleri, Standart kapsayıcılık tahminleri, Otoregresif katsayıların ardışık tahminlerinin  $t$  değeri.

**Adım 4:** Lineer otoregresyon teknikleri ile her rejimin otoregresif düzeyi belirlenir (Tsay, 1989:231–240).

## 2.1.6. YUMUŞAK GEÇİŞLİ EŞİK DEĞERLİ OTOREGRESİF MODEL (STAR)

STAR modellerin özellikleri, kestirimi ve değerlendirilmesi ilk olarak Terasvirta (1994) tarafından önerilmiştir. STAR model:

$$Y_t = \varphi' w_t + (\theta' w_t) F(y_{t-d}; \gamma, c) + u_t$$

$$w_t = (1, y_{t-1}, \dots, y_{t-d})', \varphi = (\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_p)' \text{ ve } \theta = (\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_p)'$$

şeklindedir.  $F$ ,  $y_{t-d}$ 'nin sürekli fonksiyonu ile sınırlandırılmıştır. Ekonomide yumuşak geçişli eşik değerli modelleri açıklayan geçiş fonksiyonlarının en yaygın olarak benimsenen iki versiyonu lojistik fonksiyon ve üstel fonksiyonlardır. STAR modelinde geçiş fonksiyonu lojistik ise LSTAR, üstel ise ESTAR adlarını alır. Logistik STAR (LSTAR) modeli:

$$F(y_{t-d}; \gamma, c) = (1 + \exp\{-\gamma(y_{t-d} - c)\})^{-1}, \gamma > 0$$

ile gösterilir. Üstel STAR modeli (ESTAR) ise:

$$F(y_{t-d}; \gamma, c) = 1 - \exp\{-\gamma(y_{t-d} - c)^2\}, \gamma > 0$$

modeli ile gösterilir. ESTAR modeli, dinamikleri  $y_{t-d}$ 'ye bağlı olan otoregresif bir model olarak yorumlanabilir. Geçiş fonksiyonu,  $y_{t-d}$ 'nin monoton olarak artan bir fonksiyonudur, böylece "parametre vektörü", bu geçiş değişkeni ile  $\varphi$ 'den  $\varphi + \theta$  'a değişir. ESTAR modeli için değişiklik  $c$  ile ilgili simetriktir.  $y_{t-d} - c$ 'de parameter vektörü  $\varphi$ 'ye eşittir ve  $y_{t-d}$ 'nin düşük ve yüksek değerlerinin her ikisinde de  $\varphi + \theta$ 'ya yaklaşır. Böylece birlikte alınan LSTAR ve ESTAR modelleri oldukça farklı doğrusal olmayan davranış türlerini karakterize edebilir. Çoğu uygulamada, gecikme parametresi  $d$ 'nin bilinmediğini ve verilerden belirlenmesi gerekir. STAR modelleri, bir STAR modelinin özellikleri, tahmini ve değerlendirilmesinden oluşur ve bu nedenle Box ve Jenkins'deki lineer ARMA model kurma yaklaşımına benzerdir ve 3 adımdan oluşur.

- (i)  $\{y_t\}$  için bir lineer otoregresif model tanımlanır.
- (ii)  $d$ 'nin farklı değerleri için doğrusallık test edilir. Eğer doğrusal olmama durumu var ise  $d$ , test sonuçları kullanılarak tanımlanır.

(iii) LSTAR ve ESTAR modellerinden biri seçilir. Seçim, aşağıdaki iç içe hipotez test dizisinin sonucuna dayanmaktadır.

$$H_{03}: \delta_3 = 0$$

$$H_{02}: \delta_2 = 0 \mid \delta_3 = 0$$

$$H_{01}: \delta_1 = 0 \mid \delta_2 = \delta_3 = 0.$$

$H_{02}$ 'yi reddetmek için p değeri diğer iki testten daha düşükse, bir ESTAR modeli seçilir. Aksi takdirde bir LSTAR modeli seçilir (Teräsvirta, 1994:319–330). Doğrusal ve STAR modellerin tahmini, 1'den p'ye kadar olan bütün gecikmelerin dahil edilmesiyle başlar ve anlamsız olanlar, serbestlik derecelerini korumak için kestirim prosedürü yoluyla düşürülür. STAR modellerinin tahmini, doğrusal olmayan en küçük kareler kullanılarak gerçekleştirilir (Öcal, 2001:123–135).

### 2.1.7. MOMENTUM EŞİK DEĞERLİ OTOREGRESİF MODEL (MTAR)

MTAR modeli ilk olarak Engle ve Granger (1998) tarafından bulunmuştur.

MTAR modeli:

$$y_t = \begin{cases} \rho_1 y_{t-1} + e_t & \vartheta_{t-1} \geq 0 \\ \rho_2 y_{t-1} + e_t & \vartheta_{t-1} < 0 \end{cases}$$

ile gösterilir.  $e_t$  hata serisi olarak bağımsız ve aynı şekilde (i.i. Eğer  $\vartheta_{t-1} = y_{t-1}$  ise yukarıdaki denklem SETAR modelini ve eğer  $\vartheta_{t-1} = \Delta y_{t-1}$  ise o denklem MTAR modelini göstermektedir.

MTAR modelinin bir diğer gösterim şekli ise;

$$y_t = \rho_1 y_{t-1} I(y_{t-1} \geq y_{t-2}) + \rho_2 y_{t-1} I(y_{t-1} < y_{t-2}) + e_t$$

şeklindedir (Lee & Shin, 2001:263–268).

### 2.1.8. EŞİK DEĞERLİ HATA DÜZELTME MODELLERİ

Eşik değerli hata düzeltme modeli, nokta dengesinin bir bant dengesiyle değiştirilmesi dışında, klasik hata düzeltme modeliyle neredeyse aynıdır. Fiyatlar band dengesinin dışındaysa ayarlama yapılır. Ancak fiyatlar bandın içindeyse fiyat hareketleri beyaz bir gürültü sürecine dönüşür (Ejrnæs & Persson, 2000:149–173).

Eşik değeri belirlendikten sonra, veri noktaları denge hatasının eşiğin üstünde mi yoksa altında mı olduğuna ve OLS regresyonunun tahmin edilip edilmediğine göre parçalara bölünür. Dummy değişkenler modele dahil edilir ve TAR modelleri kullanılarak hata düzeltme mekanizması belirtilmiştir. Bu durumda, iç bandın (nötr bandın) katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olması beklenmez, çünkü bu rejimde ortalama bir tersine dönüş yoktur. Dış bandın iç banttan daha hızlı ayarlanması beklenir. Bu nedenle, katsayısının daha büyük olması ve önemli bir t oranına sahip olması beklenir (Uchezuba, 2005).

Eşik değerli hata düzeltme modelleri konusunda literatüre en önemli katkıyı Balke ve Fomby (1997) çalışması ile yapmıştır. Bu çalışmaya göre en genel hali ile model:

$$\mu^{(u)} + p^{(u)}(L) z_{t-1} + \varepsilon_t^{(u)}, \quad \theta^{(u)} < z_{t-d}$$

$$z_t = \mu^{(m)} + p^{(m)}(L) z_{t-1} + \varepsilon_t^{(m)}, \quad \theta^{(1)} \leq z_{t-d} \leq \theta^{(u)}$$

$$\mu^{(l)} + p^{(l)}(L) z_{t-1} + \varepsilon_t^{(l)}, \quad \theta^{(l)} < z_{t-d}$$

$p^{(i)}(L)$  gecikme operatörleri ve  $\varepsilon_t^{(i)}$  ( $i = 1, m$  ve  $u$ ) ise,  $\sigma^{(i)}$  standart sapması ile sıfır ortalamalı rastgele dağılımlardır.  $z_t$ ,  $z_{t-d}$ 'nin değerine bağlı olarak farklı bir otoregresyon izler.  $d$  tamsayısı, hata düzeltme işlemindeki gecikmeyi temsil eder ve dengeden sapsmalara bir gecikmeyle tepki gösterme ihtimalini yansıtır (Balke & Fomby, 1997:627–645).

Hansen ve Seo (2002) çalışmasında ise, bilinmeyen eşbütünleşme vektörünü inceleyerek literatürü genişletmiştir. Balke ve Fomby (1997) çalışmasında olduğu gibi, model bir eşbütünleşme vektörüne sahip vektör hata düzeltme modeli ve hata düzeltme terimini temel alan bir eşik etkisidir. Bununla birlikte, tek değişkenli tahmin ve test

yöntemlerine odaklanan Balke-Fomby'den farklı olarak, Hansen ve Seo (2002) çalışmasında tahminler ve testler tam çok değişkenli eşik model içindir. Hata düzeltme teriminin eşik değişken olarak kullanılması, analiz için şart değildir. Bu makale temelde iki önemli katkı sağlar. İlk olarak, eşik modelinin maksimum olabilirlik tahminini (MLE) uygulamak için bir yöntem önerilmiştir. İkinci olarak, boş hipotezi 'eşik yoktur' şeklinde olan, bir eşik etkisinin varlığı için bir test geliştirilmiştir. Bu nedenle model geleneksel bir doğrusal VECM'ye indirgenir. Test aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\text{SupLM} = \sup_{\gamma_l \leq \gamma \leq \gamma_u} \text{LM}(\tilde{\beta}, \gamma)$$

Bu testte,  $\gamma$  eşik değeri,  $[\gamma_l, \gamma_u]$  arama bölgesini ve  $\tilde{\beta}$  ise  $\beta$ 'nin tahminini ifade eder (Hansen & Seo, 2002:293–318).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3.1. MARKOV ZİNCİRLERİ

Markov Zincirleri ilk olarak Rus bir matematikçi olan Andrei Andreyevich Markov (1856-1922) tarafından çalışılmıştır. Markov'un zamanına kadar olasılıktaki ana vurgu, bağımsız rastgele değişken dizileriydi. Bağımsız rastgele değişken dizisini oluşturmak için, örneğin bir madeni para birçok kez atılıyor ve sonucunda "YYTYTTY ..." gibi yazı ve turalardan bir dizi elde ediliyordu. Böyle bir dizide, her atıştan elde edilen sonuç önceki sonuçlardan bağımsızdır. Markov, bu bağımsızlık varsayımına uymayan rastgele değişken dizilerini keşfetmekle ilgilendi. Puşkin'in "Eugeny Onegin" adlı şiirsel çalışmasından bazı Rusça metinler aldı, boşlukları ve noktalama işaretlerini çıkardı, Rus harflerini ünlü veya ünsüz olarak ayırdı. Böylece, orijinal metni "c" "ünsüz" ve "v" "ünlü" anlamına gelen bir dizi {c, v} karakterine indirgedi. İngilizce'deki eşdeğer bir örneği; "The quick brown fox"un "cevevccccvccvc" ye dönüştürülmesidir. Markov bu diziyi "zincir" olarak tanımladı ve "Bağımlı Rastgele Değişkenler Dizisi" üzerine çalışmaya başladı (Chan & Mills, 2012:40-47).

Rejim değişim modelleri, bazı sabit sayıdaki "rejimlerin" her birinde parametrelerin farklı değerler almasına izin verilen zaman serisi modelleridir. Rejim kaymalarını yarattığı varsayılan stokastik bir süreç, gelecekteki rejim kayma ihtimalini içeren modele dayalı tahminlere izin veren modelin bir parçası olarak dahil edilmiştir. Bazı özel durumlarda, herhangi bir zamanda işletilen rejim doğrudan gözlenebilir. Bu modellerin uygulamalı ekonometri literatüründe birincil kullanımı, makroekonomik ve finansal zaman serilerinin dinamik davranışındaki değişiklikleri tanımlamak olmuştur. Rejim değişim modelleri, "eşik" modeller ve "Markov-anahtarlama" modelleri olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. Bu yaklaşımlar arasındaki birincil fark, durum sürecinin gelişiminin modellenmesinden kaynaklanır. Tong (1983) tarafından sunulan eşik modelleri, rejim değişimlerinin gözlemlenmemiş bir eşığe göre gözlenen değişkenlerin seviyesi tarafından tetiklendiğini varsayarken, Goldfeld ve Quandt (1973), Cosslett ve Lee (1985) ve Hamilton (1989) tarafından

ekonometriye tanıtılan Markov rejim değişim modelleri, rejimin bir Markov zincirine göre değiştirdiğini varsayar (Piger, 2013:1–20).

Rastgele değişken veya stokastik değişken kavramı, rastgele bir deneyin matematiksel modeli için kullanılır. Rastgele bir  $X$  değişkeni, bir fonksiyondur. Bu fonksiyonun  $\omega \in \Omega$  argümanının bazı olasılık dağılımına ( $P$ ) göre seçildiği söylenir ve rastlantısallık yansıtılır. Deneyin sonucu  $X(\omega)$  ile gösterilir.

Rastgele bir değişken ölçülebilir bir biçimde tanımlanabilir.

$$X: (\Omega, \mathcal{F}) \rightarrow (S, \mathcal{G})$$

Burada  $\mathcal{F}$ ,  $\mathcal{G}$ , bir  $\sigma$  - cebirsel koşullarını sağlayan altküme sınıflarıdır.  $A \subset S$  ( $A \in \mathcal{G}$  ile) bir alt küme için, rastgele deneyin  $A$  kümesinde bir değer verme olasılığı,

$$P(X \in A) \stackrel{def}{=} P(\{\omega \in \Omega | X(\omega) \in A\}).$$

olarak hesaplanır. Aslında bu,  $X$  rassal değişkeninin dağılımı olarak adlandırılan  $S$  üzerindeki olasılığı tanımlar. Sadece  $X$  rassal değişkeninin dağılımını içeren herhangi bir hesaplama, eğer hesaplama  $X$  ile aynı dağılımda olan herhangi bir başka rastgele değişkeni ( $X^*$ ) temel alırsa, tam olarak aynı sonucu verecektir. Bu nedenle, rastgele değişkenin kesin temsiline atıfta bulunmadan rastgele değişkenlerin dağılımına ilişkin sonuçları formüle etmek yaygındır (Tolver, 2006).

Stokastik süreçleri ayırt eden ana unsurlar, durum uzayının doğası., indeks parametresi  $T$  ve rastgele değişkenler arasındaki bağımlılık ilişkileridir. Durum uzayı, her bir  $X_t$ 'nin olası değerlerinin bulunduğu alandır.  $S$  durum uzayının  $S = (0, 1, 2, \dots)$  olması durumunda, süreç tamsayı değerli veya kesikli durum süreci (discrete state) olarak tanımlanır. Eğer durum uzayı gerçek çizgi ise,  $S = (-\infty, \infty)$ ,  $X_t$  gerçek değerli stokastik süreç olarak adlandırılır. Eğer  $S$  Öklid  $k$  uzayı ise,  $X_t$ 'nin bir  $k$  - vektör süreci olduğu söylenir. Tek bir rastgele değişkende olduğu gibi, durum uzayı seçimi, tarif edilen fiziksel durum tarafından belirtilmemiştir. Ancak genellikle bir seçenek, en uygun olarak göze çarpmaktadır. Endeks parametresi  $T$  ise, sürecin kesikli veya sürekli olduğu ile ilgili bilgi verir. Eğer  $T = (0, 1, \dots)$  değerlerini alıyor ise,  $X_t$  kesikli zaman

stokastik sürece sahiptir. Bu durumda  $X_t$  yerine sıklıkla  $X_n$  yazılır. Eğer  $T = [0, \infty)$  ise,  $X_t$  sürekli zaman stokastik süreçlidir (Taylor, Howard & Karlin, 1975).

### 3.1.1. KESİKLİ ZAMAN MARKOV ZİNCİRİ

Sayılabılır küme  $S$ 'deki kesikli zamana sahip stokastik süreç  $\{X_n: n \geq 0\}$ , bir olasılık uzayında  $(\Omega, F, P)$  tanımlanan  $S$ -değerli rasgele değişkenler topluluğudur.  $P$ , olasılık ölçüsüdür.  $S$ , sürecin durum uzayıdır ve  $X_n \in S$  değeri 'n' zamanındaki sürecin durumudur.  $n$ , uzunluk gibi zaman dışındaki bir parametreyi temsil edebilir.

Sürecin sonlu boyutlu dağılımları;

$$P\{X_0 = i_0, \dots, X_n = i_n\}, \quad i_0, \dots, i_n \in S, n \geq 0.$$

şeklinde ifade edilir. Bu olasılıklar, süreçteki tüm olayların olasılıklarını belirler. Sonlu boyutlu dağılımları belirleyen değişkenler arasındaki bağımlılık tanımlanarak veya sürecin zaman içinde geliştiği yol (sistem dinamikleri) belirtilerek çeşitli stokastik süreç türleri tanımlanır.

Eğer her  $i, j \in S$  ve  $n \geq 0$  ise, sayılabılır bir kümede ( $S$ ) stokastik süreç  $X = \{X_n: n \geq 0\}$ , Markov Zinciri'dir.

$$P\{X_{n+1} = j | X_0, \dots, X_n\} = P\{X_{n+1} = j | X_n\},$$

$$P\{X_{n+1} = j | X_n = i\} = p_{ij}.$$

$p_{ij}$ , Markov zincirinin  $i$  durumundan  $j$  durumuna geçme olasılığıdır. Bu geçiş olasılıkları,  $i \in S$ ,  $\sum_{j \in S} P_{ij} = 1$  koşulunu sağlar.  $P = (p_{ij})$  matrisi, zincirin geçiş matrisidir.

$$P = \begin{bmatrix} p_{00} & p_{01} & p_{02} & \dots \\ p_{10} & p_{11} & p_{12} & \dots \\ p_{20} & p_{21} & p_{22} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

Geçiş olasılıkları zaman parametresi "n"ye bağlı değildir; Markov zinciri bu nedenle "zaman homojen" dir. Geçiş olasılıkları zamanın bir fonksiyonu olduğunda,



$X_n$  süreci zaman dışı homojen Markov zinciri olur. Sayılabilir bir kümedeki (S) kesik zamanlı bir Markov zinciri, Markov özelliğini sağlayan stokastik bir süreçtir. Markov özelliğine göre, bir sonraki durum, yalnızca mevcut durum yoluyla şimdiki zamana ve geçmişe bağlıdır (Serfozo, 2009).

Sonlu veya sayılabilir bir küme olan S'deki kesikli zaman homojen bir Markov zinciri, rastgele değişkenlerin bir ailesidir ve  $j, i, i_{n-1}, \dots, i_0 \in S$  için,

$$P(X(n+1) = j | X(n) = i, X(n-1) = i_{n-1}, \dots, X(0) = i_0) = P_{i,j}$$

şeklinde gösterilir. Markov zincirinin dağılımı, ilk dağılım ve geçiş olasılıkları ile belirlenir.

$$\varphi(i) = P(X(0) = i) \leftarrow \text{ilk dağılım}$$

$$P_{i,j} = P(X(n+1) = j | X(n) = i) \leftarrow \text{geçiş olasılıkları}$$

Sonlu uzay alanındaki bir Markov zinciri için, S, geçiş olasılık matrisi P ve ilk dağılım  $\varphi = (\varphi(1), \dots, \varphi(N))$  iken,  $X(n)$ 'in dağılımı;

$$(P(X(n) = 1), \dots, P(X(n) = N)) = \varphi P^n \text{ ile gösterilir.}$$

$n = 1$  olduğu durumda ise,

$$\begin{aligned} P(X(1) = j) &= \sum_{i \in S} P(X(0) = i, X(1) = j) \\ &= \sum_{i \in S} P(X(0) = i) \cdot P(X(1) = j | X(0) = i) = \sum_{i \in S} \varphi(i) P_{i,j}, \end{aligned}$$

şeklindedir.

Markov özelliği kullanılarak rassal bir  $n+1$  ise;

$$\begin{aligned} P(X(n+1) = j) &= \sum_{i \in S} P(X(n) = i, X(n+1) = j) \\ &= \sum_{i \in S} P(X(n) = i) \cdot P(X(n+1) = j | X(n) = i) \\ &= \sum_{i \in S} P(X(n) = i) \cdot P_{i,j} \end{aligned}$$

ile ifade edilir.

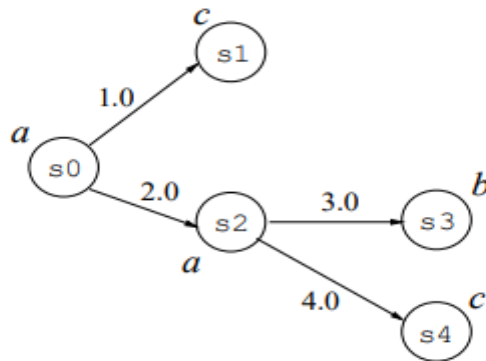
$P = (P_{i,j})_{i,j \in S}$  geçiş olasılıkları ve  $S$  durum uzayı ile bir kesikli zaman Markov zinciri için,  $i = i_0 \rightarrow i_1 \rightarrow \dots \rightarrow i_n = j$  durumu sağlanıyorsa,  $i$  durumundan  $j$  durumuna geçiş mümkündür. Bir başka deyişle,  $i$  durumundan  $j$ 'ye ulaşılabilir. Eğer  $i$ 'den  $j$ 'ye ve  $j$ 'den  $i$ 'ye olası bir geçiş var ise,  $i, j \in S$  iki durum birbiri ile iletişim halindedir ve  $i \leftrightarrow j$  ile gösterilir. Eğer bir durum her zaman kendisiyle iletişim kuruyorsa (yani  $i \leftrightarrow i$  ise), ilişki durum uzayını ayrık iletişim kümelerine böler ve eğer sadece bir iletişim kümesi varsa, Markov zinciri indirgenemez. Bir iletişim kümesi  $(C)$ ,  $i \in C$ , sonlu çok sayıda elemana sahip ve  $C$  ile sınırlı geçiş olasılıklarının, alt matrisine ait satırların toplamı 1'e eşit ise,  $C$ 'ye kapalı küme denir.

$$\sum_{j \in C} P_{ij} = 1$$

Bir Markov zincirinin kapalı bir iletişim kümesine sınırlandırılması, indirgenemez bir Markov zinciridir (Tolver, 2006).

### 3.2.1. SÜREKLİ ZAMAN MARKOV ZİNCİRİ

Sürekli Zaman Markov Zinciri 'M', 4 durumlu bir gruptur  $(S, \Lambda, A, \theta)$ ; burada  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ , sonlu bir durum kümesidir.  $\Lambda$ , geçiş oran matrisidir,  $A$ , sonuçların sonlu bir kümesidir ve  $\theta: S \rightarrow A$ , sonuç fonksiyonudur. Geçiş oran matrisi ' $\Lambda$ ' bir  $|S| \times |S|$  matristir. Diyagonal olmayan girişler negatif olmayan rasyoneldir. Köşegen eleman ' $\lambda_{j,j}$ ',  $-(\sum_{i \neq j} \lambda_{j,i})$  ile sınırlandırılmıştır. Sonuç olarak,  $\Lambda$ 'nin satırlarının toplamı sıfıra eşittir.



Şekil 3. 1: Sürekli Zaman Markov Zinciri:  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ,  $A = \{a, b, c\}$ .

Sürekli Zaman Markov Zincirinin grafiksel gösterimi Şekil 3.1'deki gibidir (Aziz, Sanwal, Singhal, & Brayton, 2000:1–8).

Sürekli Zaman Homojen Markov Zinciri:

Sonlu veya sayılabilir bir kümedeki,  $S$ , sürekli zamanlı Markov zinciri, bir olasılık uzayında  $(\Omega, F, P)$  rastgele değişkenlerin  $[(X(t))_{t \geq 0}]$  ailesidir ve  $j, i, i_{n-1}, \dots, i_0 \in S$  ve  $t_{n+1} > t_n > \dots > t_0 \in 0$  için;

$$\begin{aligned} P(X(t_{n+1}) = j | X(t_n) = i, X(t_{n-1}) = i_{n-1}, \dots, X(t_0) = i_0) \\ = P(X(t_{n+1}) = j | X(t_n) = i, \end{aligned} \quad (3.1)$$

=  $P_{i,j}(t_{n+1} - t_n)$  şeklinde gösterilir.

Markov zincirinin dağılımı ise,

$\Phi(i) = P(X(0) = i) \leftarrow$  İlk dağılım

$P_{i,j}(t) = P(X(t+s) = j | X(s) = i) \leftarrow$  geçiş olasılıkları

$P(X(t_{n+1}) = j, X(t_n) = i, X(t_{n-1}) = i_{n-1}, \dots, X(t_0) = i_0)$

=  $P_{i,j}(t_{n+1} - t_n) * P_{i_{n-1},i}(t_n - t_{n-1}) * \dots * P_{i_0,i_1}(t_1 - t_0) * \Phi(i_0)$

formülü ile tanımlanır. Sürekli zamanlı homojen Markov zincirinde homojen kelimesi, geçiş olasılıklarının  $[P(X(t_{n+1}) = j | X(t_n) = i)]$  sadece zaman farkına dayandığı  $(t_{n+1} - t_n)$  varsayımını ifade eder. Geçiş olasılıkları negatif olmamalıdır. Farklı zaman argümanları için geçiş olasılıkları aşağıda verilen 'Chapman-Kolmogorov' denklemlerine göre birbirine uymalıdır.

$$\forall s, t \geq 0, \forall i, j \in S : P_{i,j}(t+s) = \sum_{l \in S} P_{i,l}(t) \cdot P_{l,j}(s)$$

Eğer durum uzayı sonlu ise ( $|S| < \infty$ ), herhangi bir sabit  $t \geq 0$  için,  $P(t) = (P_{i,j}(t))_{i,j \in S}$  bir matris olarak kabul edilebilir ve Chapman – Kolmogorov denklemleri bir matris eşitliği olarak aşağıdaki gibi yazılır.

$$P(t+s) = P(t) * P(s)$$

Sürekli zaman Markov Zincirlerinde geçiş yoğunlukları, geçiş olasılıklarının limitleri olarak elde edilebilir (Tolver, 2006).

$$\lim_{t \rightarrow 0^+} \left( \frac{P_{ii}(t) - 1}{t} \right) = q_{i,i}$$

$$\lim_{t \rightarrow 0^+} \left( \frac{P_{i,j}(t)}{t} \right) = q_{i,j}, i \neq j$$

İki tip Kolmogrov denklemi vardır. Birinci tip, geriye dönük diferansiyel denklemler, ikinci tip ise, ileri dönük diferansiyel denklemler olarak adlandırılır. Geriye dönük denklemlerde s, yukarıdan 0'a yaklaşır. İleri dönük denklemlerde ise, s, aşağıdan t'ye yaklaşır (Gallager, Rappaport, & Reed, 1996).

Genel Saf Doğum Süreci ve Poisson Süreci:

Belirli rastgele olaylar (örneğin, bir sigorta şirketine talep zamanları, müşterilerin bir mağazaya varış zamanları ...) rastgele bir şekilde gerçekleşir.

- (t, t + h) zaman aralığında bir olayın gerçekleşme olasılığı ' $\lambda h + o(h)$ ' iken, birden fazla gerçekleşme olasılığı ' $o(h)$ ' dir.
- (t, t + h) zaman aralığında bir olayın gerçekleşme durumu, t zamanından önce olanlardan bağımsızdır.

X(t)'nin t zamanında gerçekleşen olayların sayısı olduğunu varsayalım. Bu durumda X,  $I = \{0,1,2,\dots\}$  durum uzayı ile sürekli zaman Markov zinciridir. Çünkü, varsayımlara göre,

$$P\{X(t+h) = k | X(t) = j\} = \begin{cases} \lambda h + o(h) & \text{if } k = j + 1, \\ 0 + o(h) & \text{if } k > j + 1, \\ 0 & \text{if } k < j, \end{cases}$$

şeklindedir ve Q matrisi;

$$Q = \begin{pmatrix} -\lambda & \lambda & 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & -\lambda & \lambda & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & -\lambda & \lambda & 0 & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \ddots & \ddots & \ddots \end{pmatrix}$$

ile gösterilir. Bu süreç  $\lambda$  oranı ile Poisson Süreci olarak tanımlanır. Bu şekilde adlandırılmasının temel nedeni; eğer  $X(0) = 0$  ise,

$$P\{X(t) = n\} = e^{-\lambda t} ((\lambda t)^n / n!) \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

$X(t)$ ,  $\lambda t$  parametresi ile Poisson dağılımlıdır.

Saf Doğum Süreci:

Poisson sürecinin doğal bir genellemesi, daha önce gerçekleşmiş olan olayların sayısına bağlı olarak, belirli bir zamanda gerçekleşen olayın meydana gelme şansını sağlamaktır. Bu fenomenin bir örneği, yeterli gıda, ölümsüzlük, göç etmeme, vs. koşullarında, belirli bir andaki doğum olasılığı, o andaki nüfus büyüklüğü ile (doğrudan) orantılıdır. Bu örnek Yule işlemi olarak bilinir.

$\{\lambda_k\}$ , pozitif sayılar dizisini düşünelim. Saf doğum süreci, varsayımları sağlayan bir Markov süreci olarak tanımlanır:

- 1-  $\Pr\{X(t + h) - X(t) = 1 \mid X(t) = k\} = \lambda_k h + o_{1,k}(h), (h \rightarrow 0+),$
- 2-  $\Pr\{X(t + h) - X(t) = 0 \mid X(t) = k\} = 1 - \lambda_k h + o_{2,k}(h),$
- 3-  $\Pr\{X(t + h) - X(t) < 0 \mid X(t) = k\} = 0, (k > 0).$
- 4-  $X(0) = 0.$

Bu varsayımla  $X(t)$  popülasyonun büyüklüğünü göstermez, bunun yerine  $[0, t]$  zaman aralığındaki doğum sayısını gösterir. Yule süreci ise, fizik ve biyoloji bilimlerinden doğmuş olan bir saf doğum sürecidir. Bir popülasyondaki her bir üyenin,  $h(P > 0)$  zaman aralığında yeni bir üye doğurmasının  $[ph + o(h)]$  olasılığına sahip olduğunu varsayalım. Dahası,  $0'$  zamanında  $X(0) = N$  üye bulunduğunu ve popülasyon içerisinde yer alan bu üyelerin arasında etkileşim olmadığını ve birbirlerinden bağımsız olduklarını farzedelim. Bu durumda binom teoremi;

$$\begin{aligned} & \Pr\{X(t + h) - X(t) = 1 \mid X(t) = n\} \\ &= \binom{n}{1} [\beta h + o(h)][1 - \beta h + o(h)]^{n-1} = n\beta h + o_n(h), \end{aligned}$$

eşitliğini verir. Burada  $\lambda_n = np'$  dir.  $N=1$  olduğu durumda, yukarıda gösterilen denklem sistemi;

$$P_n'(t) = -\beta [nP_n(t) - (n-1)P_{n-1}(t)], n = 1, 2, \dots,$$

haline dönüşür. (Taylor, Howard M; Karlin, 1975)

## 3.2. MARKOV REJİM DEĞİŞİM MODELLERİ

### 3.2.1. HAMILTON MS-AR MODELİ

Markov Rejim Değişim Otopregresif Modelleri, Gizli Markov Modellerinin (Hidden Markov Models) genelleştirilmiş halidir. Bu modeller ekonometrik alanda doğrusal olmayan ve normal dağılım sergilemeyen zaman serilerinin modellenmesinde sıklıkla kullanılır. Hamilton'un (1989,1990,1993) çalışmasını takiben parasal, finansal ve makroekonomik istatistiklerde de geniş çapta uygulanmıştır. Bu modeller, biri gözlemlenen, biri gözlemlenmemiş veya gizlenmiş (latent) olan ayrık zamanlı stokastik süreç çiftleridir. Gözlemlenen sürecin dinamikleri gizli olanın dinamikleri tarafından yönlendirilir. Böylece gizli sürecin rejimleri bir dizi gözlem tarafından yeniden yapılandırılabilir. MS - AR modelleri;

- Her biri gizli bir duruma bağlı olarak, farklı bir otopregresyonun Markov rejimi geçişine göre değiştiğini varsayarak doğrusal olmayan ve normal dağılım sergilemeyen zaman serilerinin modellenmesine,
- Gözlemleri, Markov zincirinin rejimleri olarak etiketlenmiş az sayıda homojen gruba ayırmaya izin verir (Pinto & Spezia, 2016:407–417).

Hamilton (1989) çalışmasında belirtilen doğrusal olmama durumu, serinin dinamik davranışının belirgin biçimde farklı olduğu rejim bölümlerinde kesikli geçişlerin olması durumunda ortaya çıkar. Temel yaklaşım, otopregresif bir sürecin parametrelerindeki değişiklikleri karakterize etmek için Goldfeld ve Quandt'ın (1973) Markov geçiş regresyonunu kullanır. Örneğin, Markov sürecinin sonucu ile bağlantılı olan ikisi arasındaki kaymalarla, ekonomi hızlı veya yavaş büyüme aşamalarında olabilir.

Markov Trend Modelinde  $n_t$ , belirli bir zaman serisinin trend bileşenini gösterir.  $n_t$ , aşağıda gösterildiği gibi düzeyde Markov trend'e uygunluk gösterir.

$$n_t = \alpha_1 * s_t + \alpha_0 + n$$

$s_t = 0$  veya  $1$ , sistemin gözlemlenmemiş durumunu gösterir. Durumlar arasındaki geçiş birinci dereceden bir Markov sürecidir:

$$\text{Prob } [S_t = 1 | S_{t-1} = 1] = p,$$

$$\text{Prob } [S_t = 0 | S_{t-1} = 1] = 1 - p,$$

$$\text{Prob } [S_t = 0 | S_{t-1} = 0] = q,$$

$$\text{Prob } [S_t = 1 | S_{t-1} = 0] = 1 - q,$$

ve yukarıdaki gibi ifade edilir.  $S_t$  için stokastik süreç kesin durağandır ve

$$s_t = (1 - q) + \lambda s_{t-1} + v_t \quad \lambda \equiv -1 + p + q$$

$S_{t-1} = 1$  ise,

$$\text{Olasılık } p \text{ ile } V_t = (1 - p)$$

$$\text{Olasılık } 1 - p \text{ ile } V_t = -p$$

$S_{t-1} = 0$  ise,

$$\text{Olasılık } q \text{ ile } V_t = -(1 - q)$$

$$\text{Olasılık } 1 - q \text{ ile } V_t = p$$

yukarıdaki AR(1) temsilini kabul eder (Hamilton, 1989:357–384).

MS – AR modelinin dayandığı ana nokta, AR sürecinin parametrelerinin mümkün tüm durumlardan belirli bir durumda olma olasılığını temsil eden  $s_t = \{1, \dots, M\}$  gözlemlenemeyen rejim veya durum değişkenine bağlı olmasıdır. Hamilton (1989) çalışmasında kullanılmış olan MS – AR modeli 2 rejimli ve dördüncü dereceden otoregresyonludur. Buna göre, MS(2) – AR(4) modeli aşağıdaki gibi ifade edilir (Bildirici, Alp, Ersin & Bozoklu, 2010).

$$\Delta y_t - \mu(s_t) = \Phi_1 (\Delta y_{t-1} - \mu(s_{t-1})) + \dots + \Phi_4 (\Delta y_{t-4} - \mu(s_{t-4})) + u_t, u_t \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

Eğer tahmin edilecek modelde N adet rejim varsa, geçiş olasılıkları matrisinde yer alması gereken tüm geçişler aşağıdaki gibi gösterilir.

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdot & p_{1N} \\ p_{21} & p_{22} & \cdot & p_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{N1} & p_{N2} & \cdot & p_{NN} \end{bmatrix}$$

Daha öncede belirtildiği gibi olasılıklar pozitif olmalıdır ve olasılıklar toplamı da bire eşittir. Burada bahsedilen olasılıklar zamanla değişmezler. Ancak geçiş olasılıklarının sabit olmayan halleri de mevcuttur.

$$P \{S_{t+1} = j \mid S_t = i_t, \mid \Omega_{t+1}\} = p_{ij}(t+1)$$

Bu durumda geçiş olasılıkları matrisi aşağıdaki gibi gösterilir.

$$P(t) = \begin{bmatrix} p_{11}^{(t)} & p_{12}^{(t)} & \dots & p_{1N}^{(t)} \\ p_{21}^{(t)} & p_{22}^{(t)} & \dots & p_{2N}^{(t)} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ p_{N1}^{(t)} & p_{N2}^{(t)} & \dots & p_{NN}^{(t)} \end{bmatrix}$$

Zamanla değişen geçiş olasılık tiplerinin seçimi ampirik bir konudur. Bu olasılık tipleri Probit ve Logit şeklinde ikili seçim modellerinde kullanıldığı gibi, üstel fonksiyon ve kümülatif normal dağılım fonksiyonu da vardır. Üstel fonksiyon ve kümülatif normal dağılım fonksiyonu, dikey eksen üzerindeki ayna görüntüsü ile simetriktir, dolayısıyla ortalama değerden herhangi bir ayrılma olasılık değerini arttırır. Zamanla değişen geçiş olasılıklarının kullanımı ek bir avantaja sahiptir. Bu tarz spesifikasyonlar, olasılık değerini [0, 1] aralığında veya istenen herhangi bir aralıkta sınırlar. Böylece, makul olmayan sonuçların oluşması önlenir. Geçiş olasılığı zamana



göre değişmese bile, olasılık aralığını ayarlamak için bazı fonksiyonel formların kullanılması her zaman yardımcı olur. Şu ana kadar bahsedilmiş olan olasılıklar tek adım (one - step) geçiş olasılıklarıdır. Tek adım durumunu genişletmek ve n adım durumunu incelemek mümkündür. Örneğin;

$$P \{S_{t+2} = j \mid S_{t+1} = k\} P \{S_{t+1} = k \mid S_t = i\}$$

Yukarıdaki gibi belirtilmiş olan iki adım geçiş olasılıkları, i'den tüm durumlara ve sonra tüm durumlardan j'ye geçiş olasılıklarının toplamıdır. Daha genel olarak aşağıdaki gibi yazılır (Wang, 2009).

$$P \{S_{t+n} = j \mid S_t = i\} = p_{ij}^n$$

Rejimler arasındaki geçiş olasılıkları kullanılarak her bir durum için ergodik olasılıklar da hesaplanabilir.(J. D. Hamilton, 2005:0–15)

$$P(s_0 = i) = (1 - p_{jj}) / (2 - p_{ii} - p_{jj})$$

Burada  $P(s_0 = i)$ 'de herhangi bir gözlemin herhangi bir zamanda i'inci rejimde bulunmasına ilişkin koşulsuz olasılık gösterilir (Bildirici, Alp, Ersin & Bozoklu, 2010).

### 3.2.1.1. ASİMETRİ TÜRLERİ

Markov Rejim Değişim Modelleri iş döngüleriyle (makroekonomik göstergelerin uzun dönem hareketinin etrafındaki kısa dönem dalgalanmalar) ilgili dalgalanmalara maruz kalan değişkenlerin tahmininde yeterli araçlar olarak kabul edildiğinden, bu modellerin parametre değerlerinin asimetri üzerindeki etkilerini de araştırmak gereklidir. Literatürde bir çok asimetri türü tartişılmıştır. Bunlardan birincil olanlar, ayrı parametrik olmayan testler kullanılarak test edilen diklik, derinlik ve keskinlik veya dönüm noktası asimetrisidir. Parametrik modellerde, şoklara asimetrik kalıcılığı ve iş döngüsü süresine bağlılığı içeren diğer asimetri türleri araştırılmıştır. Asimetri üzerinde yapılan testlerin yanı sıra, ilgili amaç, MS-AR modellerinin prensipte tam olarak hangi asimetri türlerini üretebileceğini belirlemektir (Clements & Krolzig, 2003a:196–211).

Sichel (1993) çalışmasında iş döngüsü asimetri türlerini iki tipe ayırmıştır. Bunlardan ilki derinlik, ikincisi ise dikliktir. Derinlik, asimetrik fiyat düzeltmeli bir model ile üretilebilir. Örneğin, üretimin, potansiyelin üzerinde olduğu zamanlarda fiyatların beklenen seviyenin üzerinde hızla arttığını, ancak üretimin potansiyelin altına düştüğünde yavaşça düştüğünü varsayalım. Ardından, potansiyel üretimden başlayarak olumlu bir nominal talep şoku fiyatları yukarı çekecek, ancak üretim üzerinde nispeten küçük bir etkiye sahip olacaktır. Buna karşılık, negatif bir nominal talep şokunun çıktı üzerinde fiyatlara kıyasla nispeten daha büyük bir etkisi olacaktır. Diklik ise, asimetrik yukarı ve aşağı düzenleme maliyetlerine sahip modeller tarafından üretilebilir. Eğer bir zaman serisi derinlik gösteriyorsa, o zaman ortalamaya veya trende göre negatif çarpıklık göstermelidir. Eğer bir zaman serisi diklik gösteriyorsa, ilk farkları negatif çarpıklık göstermelidir. Yani, serideki keskin düşüşler, serideki daha ılımlı artışlardan daha büyük, ancak daha az sıklıkta olmalıdır (Sichel, 1993:224–236).

Ortalama  $\mu_Z$  ve standart sapma  $\sigma_Z$  ile kesin durağan tek değişkenli stokastik bir işlem  $\{Z_t\}$  düşünülürse, durağan sürecin  $\{Z_t\}$  ortalamasının etrafında koşulsuz olarak simetrik olduğu veya kısaca simetrik olarak toplandığı söylenir.  $Z_t$ 'nin marjinal dağılımındaki koşulun tüm  $\varepsilon \in \mathbb{R}$  için geçerli olması, aşağıdaki gibi ifade edilir.

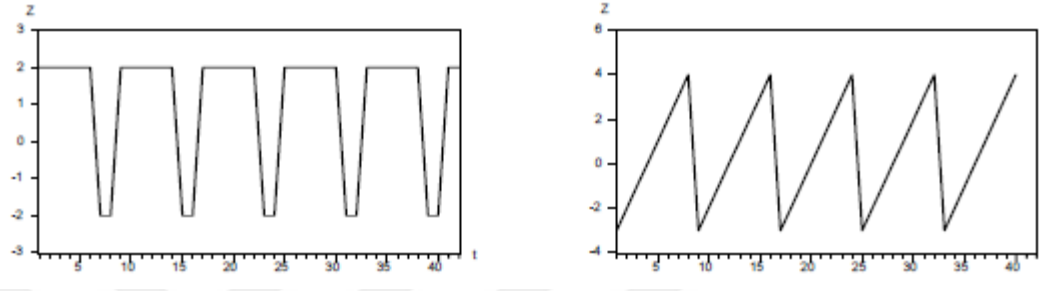
$$\Pr (Z_t < \mu_Z - \varepsilon) = \Pr (Z_t > \mu_Z + \varepsilon)$$

Aksi halde işlemin asimetrik olduğu söylenir. Asimetri derecesini ölçmek için, standartlaştırılmış üçüncü merkezi moment olan  $Z_t$ 'nin çarpıklık katsayısı kullanılır ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\tau_Z = E [(Z_t - \mu_Z)^3] / \sigma_Z^3$$

Sichel (1993) terminolojisini takiben,  $\tau_Z < 0$  ise, süreçte etkin olan asimetri türüne “derinlik”,  $\tau_Z > 0$  ise geçerli olan asimetri türüne “uzunluk” denir. Bu nedenle, derin dağılımlar sola doğru eğilirken, yüksek dağılımlar sağa doğru eğilir. Eğer  $\tau_Z = 0$  ise, dağılımın derinlik olmama durumu (non - deepness) gösterdiği veya çarpık olmadığı söylenir. Ancak  $\tau_Z \neq 0$  olduğu ve işaretinin süreci ilgilendirmediği durumda,  $Z_t$ 'nin derinliğinden bahsedilir. Derin olmama durumu (non – deepness)  $Z_t$ 'nin

simetrisi için gerekli ancak yeterli bir koşul değildir. Derinlik ve diklik olarak tanımlanmış olan bu iki asimetri kavramı, karşılıklı olarak birbirinden bağımsızdır. Sunulan asimetri kavramlarını netleştirmek için, Şekil 3.2'de derin fakat dik olmayan bir süreç ve negatif olarak dik ama derin olmayan süreç örnekleri gösterilmiştir (Knüppel, 2009b:544–552).



**Şekil 3.2:** Derin Fakat Dik Olmayan Bir Süreç ve Negatif Olarak Dik Ama Derin Olmayan Bir Süreç

McQueen ve Thorley (1993) tarafından ortaya konan keskinlik veya TP asimetrisi, örneğin, olukların “keskin” olması ve daha “yuvarlak” olması durumunda ortaya çıkar. McQueen ve Thorley; “Ulusal Ekonomik Araştırma Bürosu'ndaki (NBER) zirvelerdeki ve dip noktadaki büyüme hızı değişikliklerini karşılaştıran ilk dönüm noktası simetri testini” ve “bir ekonomik serideki ilk farkları üç durumdan (toparlanma, ılımlılık ve daralma) birine bölerek bir Markov zincirini tanımlayan” iki test sunmuştur. Geçiş olasılık tahminleri hesaplanır ve iş döngüsü simetrisinin sıfır hipotezi tarafından dayatılan eşit geçiş olasılık kısıtlamalarının olabilirlik oran testlerini oluşturmak için kullanılır. McQueen ve Thorley (1993) çalışmasında göre,  $X_t$  sürecinin, iki dış rejime geçiş olasılıkları aynıysa, keskin olmadığı (nonsharp) söylenir (Thorley, 1993:341–362).

$$P_{m1} = p_{mM} \text{ ve } P_{1m} = p_{Mm}, \quad \text{tüm } m \neq 1, M \text{ için, ve } P_{1M} = p_{M1}.$$

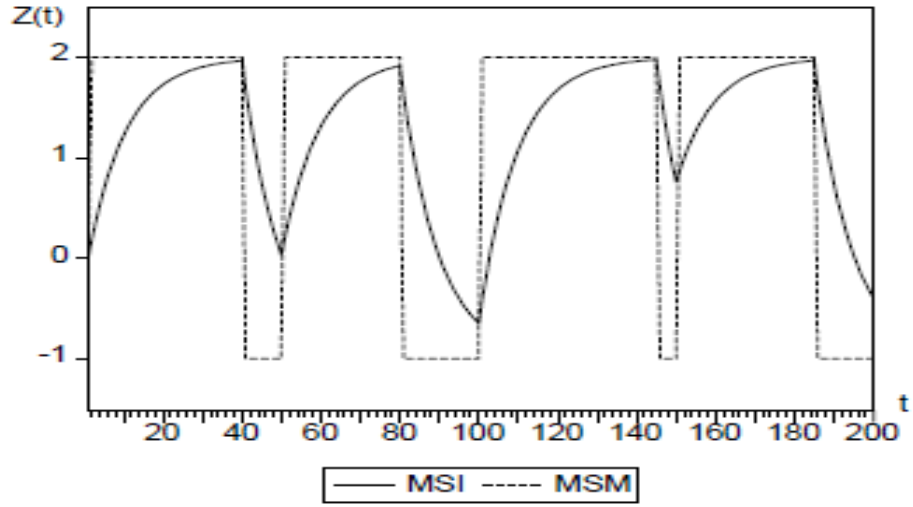
İki rejimli bir modelde, örneğin,  $p_{12} = p_{21}$  keskin olmama durumu olduğunu gösterir. Üç rejimli bir modelde,  $p_{13} = p_{31}$ 'in yanı sıra  $p_{12} = p_{32}$  ve  $p_{21} = p_{23}$  olması gerekir.  $M = 4$  olduğunda, keskin olmama durumu için geçiş olasılıkları matrisinde aşağıdaki kısıtlamaların gerçekleşmesi gerekir.

$$P = \begin{bmatrix} 1 - a - b - c & a & b & c \\ d & * & * & d \\ e & * & * & e \\ c & a & b & 1 - a - b - c \end{bmatrix}$$

Makroekonomik zaman serilerinin çoğunun gözlemleri ayırık değerli rasgele değişken olmadığından, Markov zincirleri doğrudan bu gözlemlere uygulanamaz. Bunun yerine, Markov zincirinin sürekli değerli bir rastgele değişkenle güçlendirilmesi gerekir; burada genel olarak Markov zinciri Gauss beyaz gürültü sürecine sahip olan standart bir doğrusal stokastik işlemin durum değişkenini alır ve doğrusal bir ölçüm denklemi ile aşağıdaki gibi belirtilebilir (Clements, 2003a:196–211).

$$(1-\theta L) Z_t - (1-\phi L) \mu_{st} = Y(L) \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

$Y(L)$ , gecikme polinomiali,  $L$  gecikme operatörü,  $\theta$  ve  $\phi$  ise skaler büyüklüklerdir. Durumların süreci  $\{s_t\}$  ve normal dağılım sergileyen  $\{\varepsilon_t\}$  hata teriminin bağımsız oldukları varsayılır.  $\mu_{st}$  terimi,  $s_t$  rejimindeki  $\mu$  değerini belirtir. Eğer  $\theta = \phi$  ise, Markov Rejim Değişim süreci ortalamayı içerir ve MSM süreci olarak ifade edilir.  $\Phi$ 'nin 0'a eşit olduğu durumda ise, sabit terim içerir ve MSI süreci olarak adlandırılan farklı bir süreç ortaya çıkar.  $\theta = \phi = 0$  özel durumunda, MSI ve MSM süreçleri birbirleri ile aynı olacaktır. MSM ve MSI süreçleri arasındaki farklılık rejimler arasındaki geçiş şeklidir.



Şekil 3.3: MSI ve MSM süreçlerinin grafiksel gösterimi

Şekil 3.3’de görüldüğü gibi, sabit içeren modellerde bir rejimden diğerine geçiş daha yumuşak iken, ortalama içeren modellerde daha keskindir (Knüppel, 2009a:544–552).

### 3.2.1.2. MSM(M) – AR(p) Süreci

En basit şekliyle ifade edilen MS – AR modeli;

$$X_t - \mu(s_t) = \sum_{k=1}^p \alpha_k x_{t-k} - \mu(s_{t-k}) + u_t$$

$u_t | s_t \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ , yukarıdaki gibi ifade edilir. Durağan bir zaman serisi olan  $\{x_t\}$ ’nin bir MSM(M) – AR(p) süreci tarafından yaratıldığı varsayılır. M rejim sayısını gösterir. Rejimler  $\mu$  büyüklüğü kadar  $\mu_1 < \dots < \mu_M$  şeklinde düzenlenir. Markov zinciri ergodic ve indirgenemez bir yapıdadır. Geçiş olasılıkları ise zamanla değişmez. Bu nedenle i ve j rejimleri arasındaki bir geçiş olasılığı, sürecin ne kadar süredir i rejiminde olduğuna bağlı değildir. Asimetri kavramlarına karşılık gelen MSM(M) – AR(p) modelinin parametre uzayı üzerindeki kısıtlamalara bakılacak olursa;

1) MSM(M) – AR(p) süreci derin değildir (nondeep);

$$\sum_{m=1}^M \bar{\xi}_m \mu_m^{*3} = \sum_{m=1}^{M-1} \bar{\xi}_m \mu_m^{*3} + (1 - \sum_{m=1}^{M-1} \bar{\xi}_m) \mu_m^{*3} = 0$$

$$\mu_m^* = \mu_m - \mu_x = \sum_{i \neq m} (\mu_m - \mu_i) \bar{\xi}_i$$

$\bar{\xi}_m$  regime m'in koşulsuz olasılığı,  $\mu_x$  ise  $x_t$ 'nin koşulsuz ortalamasıdır.

2) Sıçramaların büyüklüğü,  $\mu_j - \mu_i$ , aşağıdaki koşulu yerine getiriyorsa, MSM(M) – AR(p) süreci dik değildir.

$$\sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^M (\bar{\xi}_i p_{ij} - \bar{\xi}_j p_{ji}) [\mu_j - \mu_i]^3 = 0$$

Geçiş parametreleri matrisinin simetrisi (keskinlik tanımından daha güçlüdür) diktir. Derinlik durumunun aksine, diklik durumu sadece ergodik olasılıklara değil, aynı zamanda doğrudan geçiş parametrelerine de bağlıdır (Clements & Krolzig, 2003b:196–211).

### 3.2.1.3. MSI(M) – AR(P) SÜRECİ

MSI(M) -AR (p) modeli ortalamadan ziyade, sabitte kaymalar ile karakterize edilir.

$$y_t = \mu(s_t) + \sum_{j=1}^P \alpha_j x_{t-j} + u_t$$

$$u_t \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

Burada  $s_t \in \{1, \dots, M\}$  Markov zinciri tarafından meydana getirilir. Şu ana kadar ele alınan MSM -AR sürecinde, rejimdeki kaymalar gözlemlenen zaman serilerinin düzeyinde meydana gelen atlamalara neden olurken, MSI -AR modeli, rejimde bir değişimden sonra sürecin düzeyinde yumuşak bir geçişi ifade eder (Clements, 2003a:196–211).

Bir başka gösterim şekli ile yazılırsa;

$$\text{MSM Model: } y_t - \mu_t = \phi (y_{t-1} - \mu_{t-1}) + u_t$$

$$\text{MSI Model: } y_t - c_{st} = \phi y_{t-1} + u_t$$

MSIH Model:  $y_t - c_{st} = \phi y_{t-1} + u_t + \Omega^{1/2}$

$\phi$ , rejime bağı otoregressif katsayıların  $n \times n$  matrisidir.  $u_t$ , ( $n * 1$ ) gözlemlenemeyen, sıfır ortalamalı beyaz gürültü vektör sürecidir (Koy & Akkaya, 2018:45–60).

### 3.2.2. MARKOV REJİM DEĞİŞİM VEKTÖR OTOREGRESİF (MS-VAR) MODELİ

Öncü çalışmalardan birinin Burns ve Mitchell'e (1946) ait olan iş döngüleriyle ilgili araştırmalar, her zaman ekonomik araştırma gündeminin merkezinde olmuştur. Bu gelenek, döngünün değişkenleri arasındaki işbirliği ve farklı aşamalarında ekonominin farklı davranışı olmak üzere iki araştırma alanı açmıştır. Bu araştırma alanlarından ilki, dinamik faktör modellerinin ve endekslerin oluşumuna neden oldu. Diğeri ise, asimetrik hareketlerin zaman serisinin olasılıksal yapısının bir parçası olarak sayılacak kadar sistematik olarak gerçekleşip gerçekleşmediğini ele alan doğrusal olmayan rejim değiştirme modellerinin kullanımına ilham verdi. Temel fikir, iş döngüsü genişlemelerinin ve daralmalarının farklı rejimler olarak görülebileceği idi. Hamilton (1989) modelinin iki uzantısı Filardo (1994) ve Diebold ve diğeri (1994)'nin çalışmaları idi. Bu modeller, rejim değişikliği olasılığının temel ekonomik temellere bağı olabileceğini varsaymaktadır. Bu iki farklı iş döngüsü analizi yönteminin biraraya getirilmesiyle, Krolzig (1997) tarafından geliştirilen Markov Rejim Değişim Vektör Otoresyasyon modelleri bulundu. Bu modeller, Hamilton'un tek denklem modelinin çok değişkenli genellemesini oluşturur. Genişletilmiş modellerde, tüm serilerde ortak olan ve ergodik Markov süreci tarafından yönlendirilen, gözlemlenmemiş bir durum vardır. MS-VAR modeli ile zaman serisini oluşturan sürecin rejiminde değişiklik yapılmasına izin verilir. Bu rejim değiştirme model sınıfının arkasındaki genel fikir, örneğin  $K$  boyutlu vektör zaman serisi sürecinin parametrelerinin, gözlemlenemeyen bir rejim değişkenine bağı olmasıdır. MS-VAR model sınıfı, rejimdeki değişikliklerle çok değişkenli gösterimleri analiz etmek için uygun bir çerçeve sağlar. Çeşitli değişkenler arasındaki kayma mekanizmasını kontrol eden durum değişkeni ( $st$ ) değerine bağı olarak çeşitli dinamik yapıları kabul ederler. Bu modellerde, parametrelerin bazıları veya tümü  $t$  zamanında hüküm süren rejime göre değişebilir. Ayrıca, iş döngüleri makro ekonomik zaman

serilerinin stokastik süreçlerinde ortak rejim kaymaları olarak değerlendirilmektedir. Başka bir deyişle, döngüsel işlemlerin hem doğrusal olmayan hem de ortak faktör yapıları aynı anda temsil edilir (Moradi, 2016).

MS-VAR modeli çok çeşitli özelliklere izin verir. Prensipte olarak, tüm parametreleri rejime bağımlı hale getirmek ve her bir kayma parametresi için ayrı rejimler uygulamaya koymak mümkün olacaktır. Ancak, Markov zincirinin parametrelerinin sayısı, rejimlerin sayısında ikinci dereceden (quadratic) büyüdüğü ve rejime bağlı parametrenin tahmini için kullanılacak gözlem sayısını rastgele azalttığı için bu uygulanabilir bir çözüm olmaz. Bu nedenlerden ötürü rejim üretme işleminin belirlenmesi için, özelden genele doğru giden bir yaklaşım tercih edilebilir. Ampirik araştırmalarda, sadece bazı parametreler Markov zincirinin durumu üzerinde koşullu olacak iken, diğer parametreler rejim değişmez (regime invariant) olacaktır. Her model için tek bir gösterim oluşturma amacıyla, genel MS(M) rejim bağımlı parametreleri;

M Markov Rejim Değişim Ortalama,

I Markov Rejim Değişim Sabit Terimi,

A Markov Rejim Değişim Otoregresif Parametreleri,

H Markov Rejim Değişim Değişen Varyansı

şeklinde tanımlanmıştır. Zamanla değişmeyen ortalamaya ve sabit terime sahip VAR modellerinde bir ayırım yapmak için, bir vektör otoregresyonunun düzeltilmiş ortalama şekli MVAR (p) olarak gösterilir.



		MSM μ değişen	MSI Spesifikasyonu		
			μ değişmez	u değişen	u değişmez
Aj değişmez	∑ değişmez	MSM-VAR	Doğrusal MVAR	MSI-VAR	Doğrusal VAR
	∑ değişen	MSMH-VAR	MSH-MVAR	MSIH-VAR	MSH-VAR
Aj değişen	∑ değişmez	MSMA-VAR	MSA-MVAR	MSIA-VAR	MSA-VAR
	∑ değişen	MSMAH- VAR	MSAH-MVAR	MSIAH- VAR	MSAH-VAR

**Tablo 3.1:** Markov Rejim Değişim Modelleri

Şekil 3.1'den açıkça görülüyor ki, MSI ve MSM spesifikasyonları, otoregresyon derecesinin sıfır olması durumunda eşdeğerdir. Bu gizli Markov zincir modeli, MSI (M) – VAR (0) şeklinde gösterilir (Krolzig, 1997).

### 3.2.2.1. GİZLİ MARKOV ZİNCİR MODELİ

HMM modelleri ilk olarak 1960'ların sonunda tanıtıldı. HMM'in temel süreci gözlemlerden gizli sonlu sayıda durum içeren Markov zinciri ile tanımlandı. Bir Markov zinciri, herhangi bir zamanda bir sistemi tanımlayabilen karşılıklı özel durumlardan birini tarif eder. Sonlu bir kümede değerler alan rastgele değişkenler dizisi düşünelim. Aşağıdaki eşitliğe dayanarak, bu rastgele değişkenlerin bir Markov zinciri olduğu söylenir ve Markovian özelliği olarak adlandırılır.

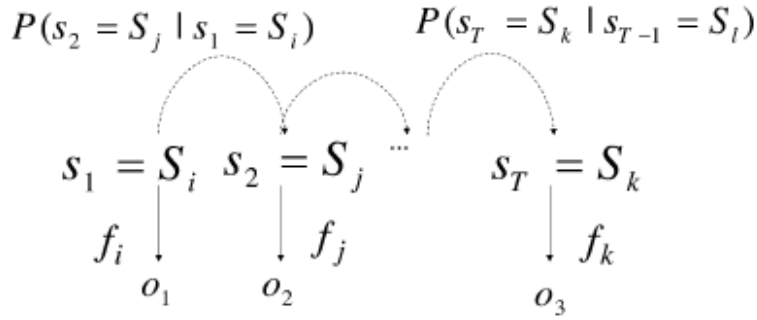
$$P (S_{t+1} = S_i | S_0 = S_j, \dots, S_t) = P (S_{t+1} = S_i | S_t = S_k)$$

Markoviyen özelliği, mevcut durum göz önüne alındığında, gelecek olası davranışların, davranışların geçmişinden bağımsız olduğunu belirtir. Koşullu olasılıklara  $P (S_{t+1} = S_i | S_t = S_k)$ , geçiş olasılıkları denir ve zamanla değişmez olduklarında Markov zincirinin homojen olduğu söylenir. Gözlemlenebilir süreç, temel Markov zinciri tarafından tanımlanır. Her durumda, tek bir olasılık yoğunluk fonksiyonu (pdf) gözlemlerin yayılmasını düzenler.

Matematiksel olarak HMM aşağıdaki öğeler tarafından tanımlanır:

- Modeldeki durumların sayısı
- İlk durum olasılık dağılımı

$$\Pi = (\pi_i = P(s_0 = S_i)) \in [0, 1]^N$$



Şekil 3.4: Gizli Markov Modeli

- Geçiş durumu olasılık matrisi

$$A = (a_{ij} = P(s_{t+1} = S_i | s_t = S_j)) \in [0, 1]^{N \times N}$$

- Bir dizi yayılma olasılık yoğunluk fonksiyonu.

$$(f_i)_{i=1,2,\dots,N}$$

HMM'lerde durumlar arasındaki geçişleri düzenleyen olasılık yasasının sabit, zamanla değişmeyen ve dışsal değişkenlere koşulsuz olduğuna dikkat etmek önemlidir (González, Muñoz, Roque, & García-gonzález, 2005:13–24).

### 3.2.2.2. MSI(M) - VAR(p) SÜRECİ

MSI(M) - VAR(p) modellerinde, Krolzig (1997) 'de tanımlandığı gibi, sadece sabit terimler rejimlere göre değişir. M, rejim sayısını, p ise dikkate alınması gereken otoregresif terimlerin gecikme sayısını gösterir.  $y_t$ , K boyutlu bir zaman serisi ise, buna karşılık gelen MSI-VAR modeli;

$$y_t = \begin{cases} A_{01} + \sum_{i=1}^p A_i y_{t-i} + \sum^{1/2} e_t \\ \vdots \\ A_{0M} + \sum_{i=1}^p A_i y_{t-i} + \sum^{1/2} e_t \end{cases}$$

şeklinde yazılır. Burada  $e_t \sim \text{NID}(0, I_k)$ 'dir. Her rejim sabit terim  $A_{0i}$  ile tanımlanır. Otoregresif terimler  $A_1, \dots, A_p$ , ve varyans kovaryans matrisi Gizli Markov zincirine (HMM) göre tüm rejimlerde ortaktır. Bu model, gözlemlenemeyen değişken  $s_t$  tarafından kontrol edilen ekonominin durumuna göre değişen sabitlerin varsayımına dayanır. Ortalamadaki kaymalar ve sabit terimlerdeki kaymalar arasındaki farkı ayıran MSI (M) – VAR(p) modelleri iş döngüsü uygulamalarında kullanılmıştır. Veri üretme sürecinin açıklamasını tamamlamak için, rejim yaratma süreci için bir model tanıtılmakta ve bu da daha sonra veriden rejimlerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Markov rejim değişim modellerinde, rejimin gözlenemez bir biçimde gerçekleşmesi, geçiş olasılıkları tarafından tanımlanan kesikli zaman, kesikli duruma sahip Markov stokastik süreci tarafından belirlenir. Durumlar arasındaki geçiş olasılıkları, P geçiş olasılık matrisi içerisinde toplanmıştır.

$$P_{ij} = P(s_{t+1} = j \mid s_t = i), \sum_{j=1}^M p_{ij} = 1, \quad i, j \in \{1, \dots, M\}$$

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1M} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{M1} & p_{M2} & \dots & p_{MM} \end{bmatrix}$$

$s_t$ , M durumlu ergodik bir Markov süreci izler. Zincirin ergodikliği, her bir durumun aperiodik ve tekrarlayan olmaları anlamına gelir (Droumaguet, 2012:5-6).

### 3.2.2.3. MSH(M) - VAR(p) SÜRECİ

MSH(M) – VAR(p) modellerinde sadece varyans kovaryans matrisi rejimlere göre değişir. Modelin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$y_t = \begin{cases} A_0 + \sum_{i=1}^p A_i y_{t-i} + \sum_1^{\frac{1}{2}} e_t \\ \vdots \\ A_0 + \sum_{i=1}^p A_i y_{t-i} + \sum_M^{\frac{1}{2}} e_t \end{cases}$$

Burada  $e_t \sim \text{NID}(0, I_k)$ 'dir. Her bir rejim, uygun varyans – kovaryans matrisi ile tanımlanır. MSH ile, hataların varyansı da rejimler arasında farklı olabilir. Bu nedenle rejimdeki değişmelerden sonra, hataların varyansında bir kereye mahsus ani sıçramalar meydana gelir. Sabit terim  $A_0$  ve Otoregresif terimler  $A_1, \dots, A_p$  tüm

rejimler boyunca sabit kalır. Bu model, ekonominin durumuna göre değişen varyans varsayımına dayanmaktadır ve MSI - VAR modellerinde olduğu gibi aynı nitelikteki gizli değişken  $s_t$  tarafından kontrol edilmektedir (Droumaguet, 2012:6).

### 3.2.2.4. MSIAH (M) - VAR (P) SÜRECİ

MSIAH – VAR modeli sürecin tüm parametrelerinin durumlara göre  $s_t$ , şartlandırıldığı daha az kısıtlayıcı olan MS-VAR spesifikasyonudur. MSIAH -VAR modelinin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir ve  $e_t \sim \text{NID}(0, I_k)$ 'dir.

$$y_t = \begin{cases} A_{01} + \sum_{i=1}^p A_{i1}y_{t-i} + \sum_1^{\frac{1}{2}} e_t \\ \vdots \\ A_{0M} + \sum_{i=1}^p A_{iM}y_{t-i} + \sum_M^{\frac{1}{2}} e_t \end{cases}$$

Her rejim bir sabit terim  $A_{0i}$ , otoregresif parametre matrisleri  $A_{1i}, \dots, A_{pi}$ , ve bir varyans-kovaryans matrisi ile karakterize edilir. Bu genel MS-VAR spesifikasyonunda, gizli bir markov zincirine göre tüm parametrelerin rejimler arasında geçiş yapmasına izin verilir. Bu model, gözlemlenmemiş değişkenler tarafından kontrol edilen ekonominin durumuna göre, önceki iki modele benzer şekilde değişen model parametrelerinin varsayımına dayanmaktadır. Bu modeller otoregresif parametrelere kayma özelliği getirdiğinden ötürü etki - tepki analizlerinde kullanılmıştır (Droumaguet, 2012:6-7).

### 3.2.3 MS - VAR SÜRECİ TAHMİN YÖNTEMLERİ

MS-VAR modellerinde parameter tahmini için Maksimum Olabilirlik Yöntemi, Beklenti Maksimizasyonu (EM Algoritması), Doğrusal Olmayan Programlama ve Markov zinciri Monte Carlo metodları kullanılan yöntemler arasındadır. Bu çalışmada literatürde de en sık kullanılan yöntemlerden olan Maksimum Olabilirlik ve Beklenti Maksimizasyonu (EM Algoritması) yöntemlerine değinilecektir.

### 3.2.3.1. MAKSİMUM OLABİLİRLİK YÖNTEMİ

Normal dağılım sergilemeyen benzerlik fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} L(\lambda | Y) &= \prod_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij} \Pr (\xi_{t-1} = i | Y_{t-1}, \lambda) p (y_t | \xi_t = j, Y_{t-1}, \theta) \\ &= \prod_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij} \xi_{i,t-1} |_{t-1} \left\{ (2\pi)^{-\frac{K}{2}} | \Sigma_j |^{-1/2} \exp(-1/2 u_{jt}' \Sigma_j^{-1} u_{jt}) \right\} \\ u_{jt} &= y_t - E [y_t | \xi_t = j, Y_{t-1}] \end{aligned}$$

MSM spesifikasyonlarında  $N = M^{p+1}$  veya  $N = M$ 'dir. Maksimum olabilirlik (ML) tahminleri, ekleme ve negatif olmama (non-negativity) kısıtlamalarına tabi olabilecek olasılık fonksiyonunun  $L(\lambda | Y)$  maksimize edilmesiyle elde edilebilir.

Ekleme kısıtları:

$$P1_M = 1$$

$$1'_M \xi_0 = 1$$

Negatif olmama (Non – negativity):

$$P \geq 0, \sigma \geq 0, \xi_0 \geq 0$$

ile ifade edilir. Eğer negatif olmama koşulu sağlanırsa, kısıtlanmış log olabilirlik fonksiyonunun birinci dereceden koşulları (FOC) tarafından verilen ML tahmini;

$$\ln L^*(\lambda) := \ln L(\lambda | Y_T) - K'_1(P1_M - 1_M) - K_2(1'_M \xi_0 - 1)$$

formülü ile gösterilir. Parametre vektörüyle ilgili log-olabilirlik fonksiyonunun türetilmesi skor fonksiyonunu oluşturur.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\lambda|Y)}{\partial \theta'} &= \frac{1}{L} \int \frac{\partial p(Y|\xi, \theta)}{\partial \theta'} \Pr(\xi|\xi_0, \rho) d\xi \\
&= \frac{1}{L} \int \frac{\partial \ln p(Y|\xi, \theta)}{\partial \theta'} p(Y|\xi, \theta) \Pr(\xi|\xi_0, \rho) d\xi \\
&= \int \frac{\partial \ln p(Y|\xi, \lambda)}{\partial \theta'} \Pr(\xi|Y, \lambda) d\xi \\
&= \sum_{t=1}^T \sum_{\xi_t} \frac{\partial \ln p(y_t|\xi_t, Y_{t-1}, \lambda)}{\partial \theta'} \Pr(\xi_t|Y_T, \lambda)
\end{aligned}$$

Gizli Markov zincirinin parametre vektörüne göre kısıtlı olabilirlik fonksiyonunun maksimize edilmesiyle aşağıdaki formülizasyon oluşur.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\lambda|Y)}{\partial \rho'} &= \frac{1}{L} \int p(Y|\xi, \theta) \frac{\partial \Pr(\xi|\xi_0, \rho)}{\partial \rho'} d\xi \\
&= \frac{1}{L} \int \frac{\partial \ln \Pr(\xi|\xi_0, \rho)}{\partial \rho'} p(Y|\xi, \theta) \Pr(\xi|\xi_0, \rho) d\xi \\
&= \int \frac{\partial \ln \Pr(\xi|\xi_0, \rho)}{\partial \rho'} \Pr(\xi|Y, \lambda) d\xi.
\end{aligned}$$

Dolayısıyla, geçiş olasılıkları vektörünün ML tahmincisi, düzleştirilmiş rejim olasılıkları ile hesaplanan geçiş olasılıklarına eşittir:

$$\bar{p}_{ij} = (\sum_{t=1}^T \Pr(s_t = j, s_{t-1} = i | Y_t; \lambda) / \sum_{t=1}^T \Pr(s_{t-1} = i | Y_t; \lambda))$$

ve yukarıdaki gibi gösterilir (Krolzig, 2002:1–50).

### 3.2.3.2. BEKLENTİ MAKSİMİZASYONU (EM ALGORİTMASI)

Demster, Laird ve Rubin (1977) çalışmasında, eksik gözlemlerin veya gözlenemeyen değişkenlerin olduğu durumlarda, maksimum olabilirlik tahminlerinin tekrarlamalı hesaplanmasına genel bir yaklaşım sunmaktadır. Algoritmanın her bir yinelemesi bir beklenti aşamasından ve bunu takiben bir maksimizasyon aşamasından oluştuğundan EM algoritması adı verilmiştir. EM algoritmasının her yinelemesi, beklenti adımı (E-step) ve maksimizasyon adımı (M-step) olarak adlandırılan iki adımı içerir. Verilerin tamamı, maksimum olasılık tahminleri kolayca hesaplanan üssel bir aileden geldiğinde, EM algoritmasının her bir maksimizasyon adımı da aynı şekilde kolayca hesaplanır (Dempster, Laird, & Rubin, 1977:1–22).

Daha önce belirtildiği gibi EM algoritması, gözlemlenen zaman serilerinin gözlemlenmemiş veya gizli stokastik bir değişkene bağlı olduğu bir modelin parametrelerini tahmin etmek için tasarlanmıştır. Burada  $y_t$  doğrudan gözlenebilir. Ancak durum değişkeni,  $s_t$ , gözlemlenemez ve sadece  $y_t$ 'nin gerçekleşen değerlerine dayanarak değeri hakkında çıkarımda bulunulur. Bu çıkarım  $i = 1, 2, \dots$ , için;

$$\xi_i = \Pr [s_t = i \mid \Omega_t; \theta]$$

ile gösterilir.  $\Omega_t$ ; t periyodundaki gözlemlerden oluşan bilgi setidir.  $\Theta$  ise, tahmin edilecek parametrelerin vektörüdür. Çıkarım yapmak için, bu olasılığın önceki değerini girdi olarak alırken,  $t = 1, 2, \dots, T$  için yinelemeli yöntem kullanılmalıdır. Yinelemeyi gerçekleştirmek için farklı durumlar altındaki yoğunluklara ihtiyaç vardır. Bu yoğunlukları elde etmek için aşağıdaki formül kullanılır.

$$\eta_{it} = f(y_t \mid s_t = i, \Omega_{t-1}; \theta) = 1/\sqrt{2\pi\sigma} \exp[-(y_t - c_i - \rho y_{t-1})^2 / 2\sigma^2]$$

$c_i$ , i rejimindeki sabit terimi gösterir. t'inci gözlemin koşullu yoğunluğu ise;

$$f(y_t \mid \Omega_{t-1}; \theta) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 p_{ij} \xi_{jt-1} \eta_{it}$$

$$\xi_i = (\sum_{j=1}^2 p_{ij} \xi_{jt-1} \eta_{it}) / f(y_t \mid \Omega_{t-1}; \theta)$$

şeklinde. Bu sonuçlar ve yinelemeler kullanılarak gözlemlenen verinin koşullu benzerlik oranı;

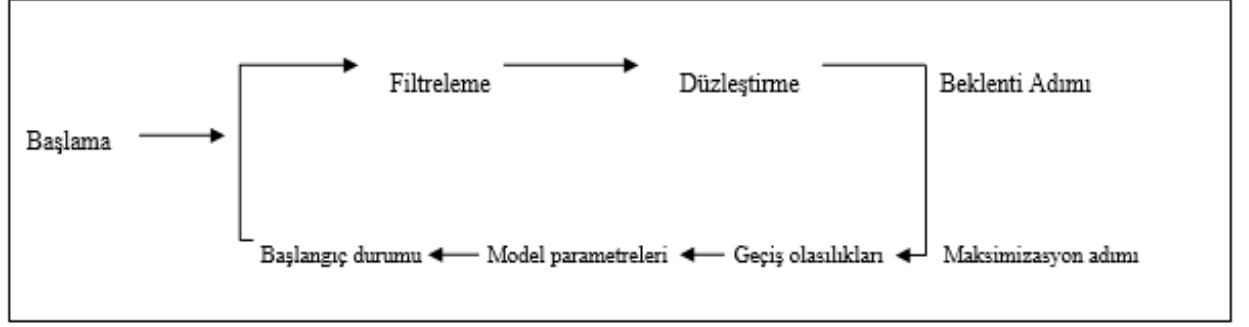
$$\log f(y_1, y_2, \dots, y_T \mid y_0; \theta) = \sum_{t=1}^T \log f(y_t \mid \Omega_{t-1}; \theta)$$

ile hesaplanır.  $\Theta$  tahminini elde etmek için, sayısal optimizasyon kullanılır. Markov zincirinin ergodik olduğu varsayımıyla koşulsuz olasılıklar başlangıç değerleri olarak kullanılabilir ve;

$$\xi_i = \Pr [s = j] = (1 - p_{ii}) / (2 - p_{ii} - p_{ij})$$

şeklinde tanımlanır. Modelin katsayıları tahmin edilip geçiş matrisi hesaplandıktan sonra, tüm örneklem bilgisine dayanarak her bir zaman diliminde j durumunda olma

olasılığını hesaplanır. Bu olasılık dizisi düzleştirilmiş olasılıklar olarak bilinir. Ek olarak, her seferinde j durumunda olma olasılığını yalnızca o tarihe kadar olan bilgilere dayanarak hesaplanır (tüm örnekleme değil) ve “Filtrelenmiş Olasılıklar” olarak bilinir (Fallahi, 2011:4165–4170).



Şekil 3.5: EM Algoritması

Şekil 3.5’de EM algoritmasının temel işleyişi gösterilmiştir.

### 3.2.3.2.1. FİLTRELEME

Filtreleme yöntemi ile eldeki bilgi setini yani  $Y_t$ ’ kullanarak gözlemlenmemiş rejim değişkeninin olasılık dağılımını elde etmektir. Filtreleme algoritması Hamilton (1998), Krolzig (1997,2003) ile Kim ve Nelson (1999) çalışmalarında detaylı olarak incelenmiştir. Hamilton çalışmasında  $y_t$ ’nin yoğunluğunu AR(1) yapısına dayandırarak, cari ve bir önceki duruma bağlı olarak ele almıştır. İki durumlu basit bir Markov zincir süreci düşünüldüğünde;

$$y_t = \mu_1 S_1 + \mu_2 S_2 + \varepsilon_t$$

durum 1’de iken  $S_1 = 1$ , diğer durumlarda 0 ve durum 2’de iken  $S_2 = 1$ , diğer durumlarda ise 0 değerini alır.  $\varepsilon_t$  beyaz gürültü sürecine sahiptir.  $Y_t$  ve  $S_t$ ’in ortak olasılıklarının zaman içinde nasıl geçtiği iki ana adımda gerçekleştirilebilir. Bunlardan ilki, t-1 zamanında mevcut olan bilgilere dayanarak,  $s_t$  durumunda bulunma olasılığının  $P(S_t = s_t | y_{t-1})$ , koşullu olasılığının tahmin edilmesini sağlamaktır. İkincisi,  $y_t$  ve  $s_t$ ’nin ortak olasılık yoğunluğu dağılımını göz önünde bulundurmadır. İki durumlu basit bir Markov zincir süreci denkleminin ortak koşullu olasılığını güncellemek için yapılan filtreleme prosedürü aşağıdaki gibidir:



1)  $y_t$  ve  $s_t$ 'nin ortak olasılık yoğunluğu dağılımının hesaplanması:

$$f(y_t, S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r-1} = s_{t-r-1} \mid \Omega_{t-1})$$

$$= f(y_t, S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r-1} = s_{t-r-1}, \Omega_{t-1}) *$$

$$P(S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r-1} = s_{t-r-1} \mid \Omega_{t-1})$$

$$= f(y_t, S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r-1} = s_{t-r-1}, \Omega_{t-1}) * P(S_t = s_t \mid S_{t-1} = s_{t-1})$$

$$* P(S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r-1} = s_{t-r-1} \mid \Omega_{t-1})$$

2)  $y_t$ 'nin yoğunluk dağılımının hesaplanması:

$$f(y_t \mid \Omega_{t-1})$$

$$= \sum_{S_t}^N \sum_{S_{t-1}=1}^N \dots \sum_{S_{t-r-1}=1}^N f(y_t, S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r-1} = s_{t-r-1} \mid \Omega_{t-1})$$

$$P(S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r-1} = s_{t-r-1} \mid \Omega_t)$$

$$= f(y_t \mid S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r-1} = s_{t-r-1} \mid \Omega_{t-1}) / f(y_t \mid \Omega_{t-1})$$

3) Filtrenin sonucu, gecikme r'deki durumların toplamıdır:

$$P(S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} \mid \Omega_t)$$

$$= \sum_{S_{t-r-1}=1}^N P(S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} \mid \Omega_t)$$

Mevcut bilgilere dayanarak, t zamanında durumların olasılığı;

$$P(S_t = s_t \mid \Omega_t) = \sum_{S_{t-1}}^N \sum_{S_{t-1}=1}^N \dots \sum_{S_{t-r}=1}^N P(S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} \mid \Omega_t)$$

ile elde edilmiştir (Wang, 2009:116-117).

### 3.2.3.2.2. DÜZLEŞTİRME

Filtreleme algoritmasının eksik yönü, kullanılan bilgi setinin sadece geçmiş gözlemlere dayalı olmasıdır. Düzleştirme işleminde ise, mevcut olan bilgilere dayanarak durumlarla ilgili veya alternatif olarak, durumun gecikmiş değeri hakkında daha güvenilir bir çıkarım elde etmektir. Yani  $y_t$ ,  $Y_t$ 'ye dönüştürülür ve t zamanındaki bilgi setine dayalı olarak elde edilen çıkarsama, tüm bilgi kümesine dayalı olarak elde edilen çıkarsamaya çevrilir. Hamilton (1989) çalışmasında açıklanan düzleştirme süreci 2 adımdan oluşur.

**Adım 1:**  $t = 1, \dots, T$ 'ye kadar olan gözlemler için temel filtreleme işlemi çalıştırılır ve elde edilen diziler

$$P[S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r+1} = s_{t-r+1} | s_{t-r+1}, y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-r+1}]$$

ve

$$f(y_t | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-r+1})$$

ye saklanır.

**Adım 2:** Her  $\tau$  ve  $(\hat{s}_\tau, \hat{s}_{\tau-1}, \dots, \hat{s}_{\tau-r+1})$ , vektörünün olası her değeri için aşağıdaki 3 aşamalı süreç tekrarlanır.

- a) Eğer  $s_\tau = \hat{s}_\tau, s_{\tau-1} = \hat{s}_{\tau-1}, \dots, s_{\tau-r+1} = \hat{s}_{\tau-r+1}$  ise 1'e, diğer tüm durumlarda ise 0'a eşittir.

$$P[S_\tau = s_\tau, S_{\tau-1} = s_{\tau-1}, \dots, S_{\tau-r+1} = s_{\tau-r+1} | S_\tau = \hat{s}_\tau, S_{\tau-1} = \hat{s}_{\tau-1}, \dots, S_{\tau-r+1} = \hat{s}_{\tau-r+1}, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-r+1}]$$

- b) Yinelemeyi başlatmak için temel filtreleme işlemi kullanılır ve  $t = \tau+1, \tau+2, \dots, T$  üzerinde yinelenir.

- c) Temel filtreleme işlemi sonucunda ulaşılan çıktı;

$$f(y_t | S_\tau = \hat{s}_\tau, S_{\tau-1} = \hat{s}_{\tau-1}, \dots, S_{\tau-r+1} = \hat{s}_{\tau-r+1}, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-r+1})$$

olarak kaydedilir.

- d) Düzgünleştirilmiş olasılıklar ise,

$$\begin{aligned}
& P[S_\tau = \hat{s}_\tau, S_{\tau-1} = \hat{s}_{\tau-1}, \dots, S_{\tau-r+1} = \hat{s}_{\tau-r+1} | y_T, y_{T-1}, \dots, y_{-r+1}] \\
& = P[S_\tau = \hat{s}_\tau, S_{\tau-1} = \hat{s}_{\tau-1}, \dots, S_{\tau-r+1} = \hat{s}_{\tau-r+1} | y_\tau, y_{\tau-1}, \dots, y_{-r+1}] \\
& \quad \times \frac{f(y_{\tau+1} | S_\tau = \hat{s}_\tau, S_{\tau-1} = \hat{s}_{\tau-1}, \dots, S_{\tau-r+1} = \hat{s}_{\tau-r+1}, y_\tau, y_{\tau-1}, \dots, y_{-r+1})}{f(y_{\tau+1} | y_\tau, y_{\tau-1}, \dots, y_{-r+1})} \\
& \quad \times \frac{f(y_{\tau+2} | S_\tau = \hat{s}_\tau, S_{\tau-1} = \hat{s}_{\tau-1}, \dots, S_{\tau-r+1} = \hat{s}_{\tau-r+1}, y_{\tau+1}, y_\tau, \dots, y_{-r+1})}{f(y_{\tau+2} | y_{\tau+1}, y_\tau, \dots, y_{-r+1})} \\
& \quad \times \dots \times \frac{f(y_T | S_\tau = \hat{s}_\tau, S_{\tau-1} = \hat{s}_{\tau-1}, \dots, S_{\tau-r+1} = \hat{s}_{\tau-r+1}, y_{T-1}, y_{T-2}, \dots, y_{-r+1})}{f(y_T | y_{T-1}, y_{T-2}, \dots, y_{-r+1})}
\end{aligned}$$

ile elde edilir (Hamilton, 1989:357–384).

### 3.2.4. ETKİ -TEPKİ ANALİZİ

Rejime dayalı etki tepki fonksiyonları, içsel değişkenler ile bir rejimdeki fundamental disturbances arasındaki ilişkiyi gösterir. Bir başka söyleyişle, etki tepki fonksiyonları fundamental disturbances'lardan birine yapılan tek bir standard sapma şokundan sonra içsel değişkenlerde beklenen değişkenleri gösterir.(Fujiwara, 2006:434–453) Literatürde yer alan Erhmann ve diğ. (2002,2003) ve Krolzig (2006) yaklaşımları etki tepki analizini anlatan en önemli çalışmalardır.

#### 3.2.4.1. EHRMANN - ELLISON - VALLA ETKİ TEPKİ YAKLAŞIMI

Markov Rejim değişim modeli için, Erhmann ve diğ. (2002, 2003) çalışmalarında rejime dayalı etki tepki fonksiyonu sunulmaktadır. Genel model, m tane rejimde, K tane dağılıma, K tane değişkenin reaksiyonlarına denk gelen mK tane rejime dayalı etki tepki fonksiyonu içerir. Rejim i için, rejime dayalı etki tepki fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilir.

$h \geq 0$  için;

$$\partial E_t X_{t+h} / \partial u_{k,t} \Big|_{S_t = \dots = S_{t+h} = i} = \theta_{ki,h}$$

Fonksiyon, rejim i'ye koşullu olmak üzere t zamanında k'nci fundamental disturbance'a bir standard sapmalık şok uygulandığında t+h zamanında içsel değişkenlerin tepkisini tanımlar.  $\theta_{ki,1}, \dots, \theta_{ki,h}$  ile gösterilen ve K boyutlu tepki vektörlerinden oluşan bir A serisi, içsel değişkenlerin verdiği tepkiyi tahmin eder. Tepki vektörlerinin tahminleri, parameter tahminleni birleştirilerek elde edilir. İlk tepki

vektörü fundamental disturbance'ın içsel değişkenler üzerindeki etkisini ölçer. K'ıncı fundamental disturbance'daki bir birimlik standart sapma şoku, ilk disturbance vektörünün k'ıncı elemanı dışında, 0'lardan oluşan bir vektördür. Kalan tepki vektörleri, denklem içindeki endojen değişkenler için ileri çözümlenerek tahmin edilebilir, tahmin edilen tepki vektörlerini tahmini parametrelerle bağlayan çözümü gösterir (Ehrmann, Ellison, & Valla, 2003:295–299).

$$\widehat{\theta}_{kl,0} = \widehat{A}_l u_0$$

$h > 0$  için;

$$\widehat{\theta}_{kl,h} = \sum_{j=1}^{\min(h,p)} B_{jl}^{\widehat{h}-j+1} \widehat{A}_l u_0$$

### 3.2.4.2. KROLZIG'İN ETKİ TEPKİ YAKLAŞIMI

Krolzig (2006) çalışmasında Markov rejim değişim vektör otoregresif modellerinin durum uzayı gösterimini kullanarak, sistemin değişkenlerine yönelik şoklar ve rejimdeki kaymalar konusunda etki tepki fonksiyonlarını geliştirmiştir. Önerilen analiz, Koop, Pesaran ve Potter (1996) tarafından sunulan genelleştirilmiş etki tepki kavramları ile ilgilidir, ancak model dinamiğinin özelliklerini daha detaylı bir biçimde karakterize edilmiştir. Krolzig (2006) etki tepki fonksiyonu, Ehrmann, Ellison ve Valla (2003) tarafından önerilen fonksiyonların aksine, kayma rejimlerinin Markov özelliğini tamamen yansıtmaktadır. Krolzig (2006) çalışmasında MSA–VAR(1), MSIA–VAR(1) ve MSMA–VAR(1) modellerine ait etki tepki fonksiyonları gösterilmiştir.

MSA–VAR(1) modelinde gözlemlenen  $y$  değişkeni ve gözlemlenemeyen durum değişkeni:

$$y_t = A(\xi_t)y_{t-1} + u_t$$

$$\xi_t = F \xi_{t-1} + v_t$$

ile tanımlanır.  $U_t \sim \text{NID}(0, \Sigma)$  ve  $v_t$  bir martingale fark dizisidir. MSA–VAR(1) modeline ait etki tepki fonksiyonu ise;

$$\text{IR}\nabla_u(h) = (1'_M \otimes I_K) \prod^h (\nabla \xi_t \otimes u),$$

$$IR_{\nabla_{\xi}(h)} = (1'_M \otimes I_K) \Pi^h (\nabla_{\xi} \otimes y_t)$$

şeklindedir.

MSIA (M) – VAR (1) modelinde durum uzay gösterimi MSA – VAR (1) modeline göre farklılık gösterir. Eğer rejim kaymaları, rejime dayalı sabitlerle, sistemin değişkenlerinin ortalamasını etkilerse, durum uzayı:

$$\Psi_t = M\xi_{t-1} + \Pi \psi_t - 1 + \varepsilon_t$$

$$\xi_t = F \xi_{t-1} + \eta_t$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \psi_t \\ \xi_t \end{bmatrix}}_{\psi_t^*} = \underbrace{\begin{bmatrix} \Pi & M \\ \mathbf{0} & F \end{bmatrix}}_{\Pi^*} \underbrace{\begin{bmatrix} \psi_{t-1} \\ \xi_{t-1} \end{bmatrix}}_{\psi_{t-1}^*} + \underbrace{\begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ \eta_t \end{bmatrix}}_{\varepsilon_t^*}$$

yukarıdaki gibi gösterilir. Sonuç olarak etki- tepki fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir.

$$IR_{\nabla u}(h) = \begin{bmatrix} 1'_M \otimes I_K & \mathbf{0}_{K,M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Pi & M \\ \mathbf{0} & F \end{bmatrix}^h \begin{bmatrix} \xi_t \otimes \nabla u \\ \mathbf{0}_{M,1} \end{bmatrix}$$

$$IR_{\nabla_{\xi}(h)} = \begin{bmatrix} 1'_M \otimes I_K & \mathbf{0}_{K,M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Pi & M \\ \mathbf{0} & F \end{bmatrix}^h \begin{bmatrix} \nabla_{\xi_t} \otimes y_t \\ \nabla_{\xi_t} \end{bmatrix}$$

MSMA (M) – VAR (1) modelinde MSIA (M) – VAR (1) modeline benzer bir şekilde, eğer Eğer rejim kaymaları, rejime dayalı ortalamalarla sistemin değişkenlerinin ortalamasını etkilerse:

$$y_t - \mu(s_t) = A(s_t) [y_{t-1} - \mu(s_t)] + u_t,$$

MSMA(M) – VAR (1) modeli aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir ve etki tepki fonksiyonlarının türetilmesinde bu yaklaşım kullanılır.

$$y_t = \mu(s_t) + z_t$$

$$z_t = A(s_t)z_{t-1} + u_t$$

Buna göre, durum uzayı gösterimi:

$$Y_t = [1'_M \otimes I_K] \begin{bmatrix} \xi_{1t} z_t \\ \vdots \\ \xi_{Mt} z_t \end{bmatrix} + [v_1 \quad \dots \quad v_M] \begin{bmatrix} \xi_{1t} \\ \vdots \\ \xi_{Mt} \end{bmatrix}$$

geçiş denklemlerinin gösterimi:

$$\begin{bmatrix} \xi_{1t} z_t \\ \vdots \\ \xi_{Mt} z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} A_1 & \cdots & p_{M1} A_1 \\ \vdots & & \vdots \\ p_{1M} A_M & \cdots & p_{MM} A_M \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_{1t-1} z_{t-1} \\ \vdots \\ \xi_{Mt-1} z_{t-1} \end{bmatrix} + \varepsilon_t$$

ve etki tepki fonksiyonun gösterimi:

$$IR \nabla_u(h) = (1'_M \otimes I_K) \prod^h (\xi_t \otimes \nabla u),$$

$$IR \nabla_\xi(h) = (1'_M \otimes I_K) \prod^h (\nabla \xi \otimes y_t) + MF^h \nabla \xi$$

şeklindedir.

Süreç MSA(M) – VAR (p) modeli gibi yüksek dereceden vektör otoregresyon olduğunda, kümelenmiş VAR(1) süreci kullanılarak elde edilen model:

$$y_t = \begin{bmatrix} y_t \\ y_{t-1} \\ \vdots \\ y_{t-p+1} \end{bmatrix}, \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, A_m = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \cdots & A_p \\ I_k & & & 0 \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ 0 & & I_k & 0 \end{bmatrix}, v_m = \begin{bmatrix} v_m \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

ve daha önceden hesaplanmış  $\nabla y_{t+h}$  kullanılarak elde edilen etki tepki fonksiyonu:

$$IR(h) = (1'_1 \otimes I_K) \nabla y_{t+h}$$

ile gösterilir (Krolzig, 2006:1–17).

### 3.2.5. REJİM SAYISININ BELİRLENMESİ

Markov rejim değişim modelleri için test etmek istenen en önemli varsayımlardan biri, verileri karakterize eden N rejimlerinin sayısıdır. Ne yazık ki, bu hipotez, normal olabilirlik oran testi kullanılarak test edilemez. Olabilirlik oran testinin koşullarından biri, asimptotik bir dağılıma sahip olmasıdır. Bu durum, bir N rejimli modele uygulanmaya çalışırsa geçerli olmaz, çünkü gerçek süreç N-1 rejimlidir ve sıfır hipotezi altında N'inci rejimi tanımlayan parametreler tanımlanmamıştır. Bu sorun ile ilgili düzenleyici koşulları içeren çalışmalar Davis (1977), Hansen (1993), Andrews ve Ploberger (1992) ve Stinchcombe ve White (1993) tarafından yapılmıştır. Hamilton (1993) tarafından ortaya atılan diğer bir yaklaşım ise, N-1 rejim modelini null olarak almak ve bir N-durum modelinin gerekli olup

olmadığını görmek için bu koşulun geçerliliği hakkında çeşitli testler yapmaktır (Hamilton, 1994).

### 3.2.6. MARKOV REJİM DEĞİŞİM VEKTÖR HATA DÜZELTME MODELİ (MS-VECM)

Markov Rejim Değişim (MS) modeli aslen Hamilton (1989) tarafından tasarlanmış olup, Markov Rejim Değişim vektör otoregresyon modeline genel bakış sağlayan Krolzig (1997, 1998) tarafından genişletilmiştir. MS-VECM kavramı, stokastik, gözlemlenemeyen rejimler arasında tahmin edilmiş bazı parametrelerin kaymasına izin veren, duruma dayalı zaman serisi modeline dayanır. Bu gözlemlenemeyen rejimler, sabit, indirgenemez bir ergodik Markov zinciri kullanılarak üretilir. Bir MS-VEC modeli kaymadaki ve uzun süreli dengedeki kaymalarla birlikte bir vektör denge düzeltme modelidir. (Jaiswal & Rashmi, 2016:33–48) Bu yaklaşım iş döngüsü tanımını, makroekonomik serilerin birlikte hareket etmesi olarak yansıtır. Sırayla  $y_{t1}$  ve  $y_{t2}$  ile ifade edilen farklı iki zaman serisini düşünelim. Eğer bu iki zaman serisi arasında eşbütünleşme ilişkisi var ise, VAR (p) modeli aşağıdaki vektör hata düzeltme modeli (VECM) olarak ifade edilebilir:

$$\Delta y_t = c + \Pi y_{t-1} + \sum_i^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Modelde  $\Delta y_t$  fark terimini,  $c$  sabit terim vektörünü ve  $\varepsilon_t$  hata terimi vektörünü ifade eder. Johansen eşbütünleşme testine göre,  $\Pi \varphi \beta'$  formülünün elde edildiği  $\varphi$  ve  $\beta$  matrisleri vardır.  $\varphi$ , hata düzeltme teriminin katsayıları iken,  $\beta' y_{t-1}$  hata düzeltme terimidir. Bu durumda VECM modeli:

$$\Delta y_t = c + \varphi \beta' y_{t-1} + \sum_i^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$$

haline dönüşür.

Krolzig ve Wohrmann (1996) yukarıdaki formülü geliştirerek, MS-VEC modelinde parametrelerin rejim değişim özelliklerini aşağıdaki gibi tanıtmıştır:

$$\Delta y_t = c(s_t) + \varphi(s_t) \beta' y_{t-1} + \sum_i^{p-1} \Gamma_i(s_t) \Delta y_{t-i} + \sigma(s_t) \varepsilon_t$$

$c(s_t)$  rejim değişim karakteristiğine sahip olduğu için, aşağıdaki denklem ortalama düzeltme hata düzeltme modeli olarak gösterilebilir:

$$\Delta y_t - \mu(s_t) = \phi(s_t) (\beta' y_{t-1}) + \sum_i^2 \Gamma_i(s_t) [\Delta y_{t-1} - \mu(s_t)] + \varepsilon_t$$

Modellerde  $\Delta y_t$  fark terimini,  $c(s_t)$  farklı rejimlerdeki sabit terim vektörünü,  $\varphi(s_t)$  farklı rejimlerdeki hata düzeltme katsayısını,  $\sigma(s_t) \sim \text{NID}(0, \Sigma(s_t))$ ,  $\varepsilon_t \sim (0,1)$ ,  $\mu(s_t)$  rejim durumuna dayalı ortalama vektör formunu tanımlar. (Pan, Zhang, Li, Quan, & Li, 2018:1139–1151) Rejimler de geçirilen ortalama süreler ise;

$$1 = 1 / (1 - P_{11})$$

$$2 = 1 / (1 - P_{22})$$

formülleri ile hesaplanır. (Jaiswal, 2016:33–48) Aşağıda gösterilen geçiş olasılıkları matrisi ile de  $s_t$ 'nin  $m$  rejimli, indirgenemez ve ergodik bir gözlenemeyen Markov sürecine sahip olduğu gösterilir.

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1M} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2M} \\ \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{M1} & P_{M2} & \dots & P_{MM} \end{bmatrix}$$

$P$  matrisinde yer alan  $p_{ij}$  geçiş olasılıkları sabittir.

$$p_{ij} = P(s_{t+1} = j \mid s_t = i), \quad \sum_{j=1}^m p_{ij} = 1, \quad \forall i, j \in \{1, \dots, m\}$$

Açıklayıcı değişkenlerin rejimler boyunca farklı etkilerinin olup olmadığını belirlemek için, otoregresif parametre matrisinin rejime dayalı olmasına izin verilir.

Bu durumda  $m$  rejimli  $MS(m) - \text{VECM}(p)$  modeli:

$$\Delta e_t^O = \alpha_0(s_t) + \sum_{k=1}^p \alpha_{O,O,k}(s_t) \Delta e_{t-k}^O + \sum_{k=1}^p \alpha_{O,P,k}(s_t) \Delta e_{t-k}^P + b_O(s_t) \varepsilon_{t-1} + Z(s_t) u_{O,t}$$

$$\Delta e_t^P = \alpha_P(s_t) + \sum_{k=1}^p \alpha_{P,O,k}(s_t) \Delta e_{t-k}^O + \sum_{k=1}^p \alpha_{P,P,k}(s_t) \Delta e_{t-k}^P + b_P(s_t) \varepsilon_{t-1} + Z(s_t) u_{P,t}$$

şeklinindedir. Yukarıdaki spesifikasyon ile bozukluklar rejime dayalı matris  $Z(s_t)$  ile çarpılmıştır. Sonuç olarak varyans kovaryans matrisi  $(\Sigma(s_t))$ 'de rejime dayalıdır (Kanas & Kouretas, 2007:431–449).



### 3.2.6.1. MSI(M) – VECM(P) SÜRECİ

Clements ve Hendry (1999), kavramlar ve trendler gibi deterministik değişkenlerdeki tanımlanmamış kırılmaların, ekonometrik modellerde tahmin başarısızlığının ana nedeni olduğunu ve bu kırılmaların Chow (1960) çalışması gibi, geleneksel testlerle tespit edilebileceğini göstermiştir. Öte yandan, kısa süreli düzeltmelerdeki katsayıları ve denge katsayılarını tespit etmek zordur. Bu nedenle öncelikle sabit terimde kaymalar olan ve ilk farkı alındığında I(1) durağan hale gelmiş olan  $x_t$  değişkenleri için VEC modele odaklanılmıştır ve MSI(M) – VEC model elde edilmiştir.

$$\Delta x_t - \beta_1 \delta^*(s_t) = \alpha (\beta' x_{t-1} - \mu(s_t)) + u_t,$$

$$u_t \mid s_t \sim \text{NID}(0, \Sigma).$$

$\Delta x_t$  ve  $\beta' x_t$ 'nin her ikisi de sırasıyla, rejimlerdeki sapmalarla ( $\beta_1 \delta^*(s_t)$ ) ve zamana dayalı ortalamalarla ( $\mu(s_t)$ ) açıklanır. MSI-VEC modeli, dengenin yanı sıra hata düzeltme mekanizmaları da sergiler: her rejimdeki dengesizlikler vektör denge düzeltme mekanizması ile ayarlanır; rejimlerin kendileri sabit, indirgenemez Markov zinciri tarafından üretildiğinden; rejim kaymalarından kaynaklanan hatalar, rejimlerin durağan dağılımına doğru düzeltilir (Krolzig & Mizon, 2002).

### 3.2.6.2. MSH(M) – VECM(P) SÜRECİ

Krolzig (1997) çalışmasında hata düzeltme mekanizmasının iş döngüsünün ölçümüne etkilerini araştırmak için, vektör dengesi düzeltme gösteriminin sabit teriminde rejim kaymalarına izin vermiştir. Ayrıca koşullu değişen varyans durumunun, incelenen zaman serileri için önemli olduğunu vurgulamıştır. Bu nedenle, MSH (2) -VECM (1) modelini tahmin etmiştir. Krolzig (1997) çalışmasında daha çok iki rejimli modeller üzerinde durduğundan ötürü MSH (2) için model verilmiştir.

MSH (2)-VECM (1) modeli:

$$\Delta y_t = v_2 + (v_1 - v_2) \xi_{1t} + D_1 \Delta y_{t-1} + B z_{t-1} + u_t$$

ile gösterilir.

Burada beyaz gürültü süreci değişen varyanslıdır.  $u_t \sim \text{NID}(0, \Sigma(s_t))$ , ve eşbütünleşme matrisinin ( $\tilde{C}$ ) Johansen maksimum olabilirlik tahmini ile  $z_t$ ,  $z_t = \tilde{C}y_t - \tilde{C}y$  şeklinde tanımlanır. Burada bir rejim kaymasının etkilerinin senkronize edilmesi ile MSH (2) - VEC modeli karakterize edilir (Krolzig, 1997).

### 3.2.6.3. MSIH(M) – VECM(P) SÜRECİ

Krolzig, Marcellino ve Mizon (2002) çalışmasında, Krolzig (1997) çalışmasını izleyerek eğilim ve denge ortalamalarında kaymalarla birlikte bir Markov rejim değişim vektörü denge düzeltme modelini geliştirmişlerdir. MSIH – VEC modeli:

$$\Delta x_t - \delta(s_t) = \alpha (\beta' x_{t-1} - \mu(s_t) - \Upsilon(t-1)) + \sum_{k=1}^{p-1} \Gamma_k (\Delta x_{t-k} - \delta(s_t)) + u_t$$

ile gösterilir. Modelde hata varyansının rejimler boyunca değişmesine izin verilir. Her rejim,  $m$ ,  $\mu_m$  ve  $\delta_m$  ile ilişkilidir.  $\delta_m$ 'deki rejim kaymaları iş döngüsünün durumundaki değişimler olarak yorumlanırken,  $\mu_m$ 'deki rejim kaymaları denge ortalamasındaki  $\mu(s_t)$  değişimler olarak yorumlanır (Krolzig & Mizon, 2002:6).

### 3.2.6.4. MSIAH(M) – VECM(P) SÜRECİ

Markov rejim değiştirme modeli, bir VAR modelinin parametrelerinin stokastik, gözlemlenemeyen bir rejim değişkenine bağlı olduğu fikrine dayanır. Bu nedenle, bir değişkenin davranışını (veya değişkenler kombinasyonunun davranışını), geçiş olasılıkları tarafından tanımlanan ve ergodik Markov zinciri aracılığıyla bir rejimden diğerine geçişi belirleyerek stokastik süreci tanımlayan bir modelle açıklamak mümkündür. Modellerde bulunan eşbütünleşme ilişkileri, sabit kaldığı varsayılan içsel değişkenler olarak dahil edilirler. Çok sayıda MS-VAR modeli vardır ve bu çerçevede model seçimi doğrusal bir modelden daha karmaşıktır. Maksimum gecikmeye, hangi parametrelerin değişebileceğine ve kaç rejimin tahmin edileceğine karar vermelidir. Daha önce de belirtildiği gibi, MS'i takip eden harfler, özellikle değişkenlik gösteren parametreleri belirtir: Sabit terim için I, kısa süreli katsayılar için A ve kovaryans matrisi için H. MSIAH-VEC modeli, tüm bu bileşenlerde rejim kaymalarını hesaba katacak sistemi genelleyen bir Markov rejim değişim modelidir.

$$\Delta y_t = v(s_t) + \alpha(s_t) \beta' y_{t-1} + \sum_{j=1}^{k-1} \gamma_j(s_t) \Delta y_{t-j} + \sum(s_t) \varepsilon_t, \quad (t = 1, \dots, T)$$

MSIAH – VEC modelinin matematiksel gösterimi yukarıdaki gibidir. Burada;

$$\Sigma(s_t)\varepsilon_t \sim N(0, \Omega(s_t)), \Omega(s_t) = \Sigma(s_t)\Sigma'(s_t), s = 1, \dots, M.$$

şeklinde.  $v(s_t)$ ,  $\alpha(s_t)$ ,  $\gamma(s_t)$  ve  $\Omega(s_t)$  parametreleri sınırlı sayıda rejime bağımlılığı açıklar. Hansen ve Johansen (1998) çalışmasında gösterdiği gibi,  $v(s_t)$ 'deki kaymaların, denge hatasının ortalamasındaki  $\mu(s_t)$  kaymalara ve sistemin kısa süreli kaymalarının  $\delta(s_t)$  içine ayrıldığını göstermiştir (Ghiani, Gillman, & Kejak, 2014:1–47).



## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4.1. TEKNOLOJİ

Teknoloji; Mühendislerin “donanım”, Antropologların ise, “sanat eseri” olarak isimlendirdiği bir takım üretilen nesnelere oluşur. Teknolojinin gelişmesi için, eserlerin icat edilmesi, tasarlanması ve üretilmesi gerekir. Bu, donanım (makine veya üretim tesisi gibi), faktör girdileri (emek, enerji, hammadde, sermaye) ve “yazılım” (know-how, insan bilgisi ve becerileri) içeren büyük bir sistemi gerektirir. Teknolojik gelişmenin dört önemli özelliği vardır. Bunlardan ilki teknolojinin “belirsiz” olmasıdır. Belirsizlik yaşamın temel bir gerçeğidir. Teknik kriterleri, ekonomik kriterleri ve sosyal kriterleri dikkate alarak hangisinin “en iyi” olacağı daima belirsizdir. Belirsizlik, ilk tasarım seçimlerinden, pazardaki başarı veya başarısızlığa, nihai çevresel etkilere kadar, teknolojik evrimin tüm aşamalarında hüküm sürmektedir. Bir diğer özellik ise, teknolojinin sürekli değişmesi, “dinamik” olmasıdır. Değişim, yeni çeşitlerin veya türlerin tanıtımını ve sonrasında yapılan iyileştirmelerin ve değişikliklerin tümünü içerir. Üçüncü özellik teknolojinin “sistemik” olmasıdır. Sadece bir yapıyı ilgilendiren ayrı, yalıtılmış bir olgu olarak değerlendirilemez. Günümüzde yeni bir teknolojinin sadece icat edilmesi ve tasarlanması değil, üretilmesi gerekir. Bu, bir dizi başka teknolojiyi ve altyapıları gerektirir. Bir telefon, bir telefon şebekesine ihtiyaç duyar; Bir otomobilin hem bir karayolu ağına hem de bir yakıt dağıtım sistemine ihtiyacı vardır. Dördüncü ve son olarak, teknolojik değişim ve gelişim “birikimdir”. Değişiklikler önceki deneyimler ve bilgiler üzerine kurulur. Sadece nadir durumlarda bilgi kaybedilir ve tekrarlanamaz. Bu nedenle, teknolojik bilgi ve kullanılan teknolojilerin stoğu sürekli olarak artmaktadır (Grübler, 1998:20-22).

Avusturyalı iktisatçı Joseph A. Schumpeter, teknolojinin geliştirilmesinde üç önemli aşama olan “buluş, yenilik ve yayılma” terimlerini ortaya koyarak, yenilik teorileri ve yeniliğin ekonomik evrim ya da ekonomik gelişme üzerindeki etkisine ilişkin teorilere, yeni teorilerin ve teknolojik değişim modellerinin gelişimine büyük katkıları sağlamıştır (Schumpeter, 1939:84). Buluş, önerilen yeni bir çözümün asıl, fiziksel yapılabiliğinin ilk kanıtıdır. Bir buluş genellikle, patent başvuruları ve

istatistiklerle sık sık ölçülen bazı ampirik veya bilimsel keşiflerle ilgilidir.(Grübler, 1998) Yenilik ise, halihazırda kullanımda olan emtiaların üretimindeki teknolojik değişim, yeni pazarların ya da yeni arz kaynaklarının açılması, işin Taylorizasyonu, malzemelerin iyileştirilmesi, mağazalar gibi yeni ticari kuruluşların kurulması, kısacası, "ekonomik yaşam alanında" farklı şeyler yapılmasıdır. Schumpeter'e göre buluş ve yenilik, ekonomik durumdan veya belirli özelliklerden bağımsız olarak sunulan bir problemle başa çıkabilmek için ortaya konulan bilinçli çabaların sonucudur (Govindan, 1991:78–89).

## **4.2. FİNANSAL TEKNOLOJİ (FIN-TECH)**

FinTech veya finansal teknoloji, finans sektöründe modern teknoloji sunan firmaları ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Bu tür şirketler 2010'dan beri gözle görülür bir trend haline gelmiştir. Fintech firmaları çoğunlukla, çok fazla öz sermayeye sahip olmayan, ancak finansal alanda yeni hizmetleri nasıl sunacakları veya mevcut hizmetleri nasıl geliştirecekleri konusunda net bir fikirleri olan mikro, küçük veya orta ölçekli şirketlerdir (Saksonova & Merlino, 2017:961–973). Fintech şirketlerinin ortaya çıkmasının iki ana nedeni vardır. Birincisi, 2008 küresel finansal krizidir. İkincisi ise, mobilite, kullanım kolaylığı (bilgilerin görselleştirilmesi), hız ve finansal hizmetlerin maliyetinin düşürülmesine yardımcı olan yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıdır. (Anikina, Gukova, Golodova, & Chekalkina, 2016).

FinTech'in evrimi 3 ana dönemden oluşur. 1866'dan 1987'ye kadar olan dönem "FinTech 1.0" olarak nitelendirilir. Bu dönemde Finansal Hizmetler Endüstrisi, teknoloji ile yoğun bir biçimde birbirine bağlanmıştır. 1987 yılının sonuna gelindiğinde, en azından gelişmiş ülkelerde finansal hizmetler hem yüksek derecede küreselleşmiş, hem de dijitalleşmiştir. "FinTech 2.0" olarak nitelendirilen bu dönem 2008 yılına kadar devam etmiştir. Bu dönemde, FinTech, temel olarak finansal ürünler ve hizmetler sağlamak için teknolojiyi kullanan geleneksel, düzenlenmiş finansal hizmetler endüstrisi tarafından yönetilmiştir. 2008 yılından günümüze kadar olan dönem ise "FinTech 3.0" olarak nitelendirilmiştir. Bu dönemde ise, yeni girişimler ve kurulmuş teknoloji şirketleri, finansal ürün ve hizmetleri doğrudan işletmelere ve kamuya sunmaya başlamıştır.

#### 4.2.1. FİNTECH 1.0 (1866-1987): ANALOG DÖNEMDEN DİJİTAL DÖNEME GEÇİŞ

Pek çok uzmana göre, finansal devrim 1600'lerin sonunda Avrupa'da ortaya çıkmıştır. Arner ve ark. (2015) çalışmasına göre ise, bu dönem iki ana aşamaya ayrılarak incelenmelidir.

##### Aşama 1: Finansal Küreselleşmenin Başlangıcı Ve Savaş Sonrası Dönem

19. yüzyılın sonu, birçok insan tarafından finansal küreselleşmenin başlangıcı olarak kabul edilir. Bu dönemde finans sektörü kaynakları; telgrafların, demiryollarının, kanalların, buharlı gemilerin ve diğer teknolojilerin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur. Savaş sonrası dönemde, International Business Machines (IBM) gibi bilgi teknolojisi şirketleri kurularak kod çözme araçları geliştirilmiştir. 1950'lerde, Amerikalılar kredi kartlarıyla tanıştırılmıştır. Bu tüketici devrimi, günümüzde MasterCard olarak bilinen, Bankalararası Kart Birliğinin kurulmasıyla desteklenmiştir.

##### Aşama 2: Modern Gerçekler: 1967-1987

1.0'ın ikinci dönemi olan Modern Gerçekler döneminde, finansal hizmetler analog sektörden dijital sektöre geçiş yapmıştır. Bu dönemde, Texas Instruments tarafından üretilen ilk hesap makinesi piyasaya sürülmüştür. 1967 yılında otomatik vezne makinesi kullanılmaya başlamıştır. Bu yıllarda yaşanan ve aşağıda listelenmiş olan önemli gelişmelerle birlikte ikinci finansal küreselleşme döneminin temelleri atılmıştır:

- *Ödemeler*: Büyük Britanya'da, Bilgisayarlar Arası Bürosu, bugünkü Bacs2'nin temelini oluştururken, Clearing House Bankalararası Ödemeler Sistemi (CHIPS) 1970 yılında ABD'de kuruldu.

- *Sınır ötesi ödemelerin birbirine bağlanması*: Dünya Genelinde Bankalar Arası Finansal Telekomünikasyon Dernek (SWIFT) merkezi Belçika'da kuruldu.

- *Menkul kıymetler*: 1971 yılında ABD'de NASDAQ'ün kurulması ve Ulusal Pazar Sisteminin nihayetinde geliştirilmesi, menkul kıymetlerin fiziksel işlem den bugünkü elektronik menkul kıymet alım satımına geçişi işaret etmiştir. Günümüzde,

NASDAQ, girişimcilere ve şirketlere kesin ve uygun maliyetli veri çözümleri sunarak FinTech'in büyümesine yardımcı olmaktadır (Arner, Barberis & Buckley, 2005).

#### **4.2.2. FİNTECH 2.0 (1987-2008): GELENEKSEL DİJİTAL FİNANSAL HİZMETLERİN GELİŞİM SÜRECİ**

1960'lı yılların sonları ve 1970'lerde elektronik ödeme sistemlerinde hızlı ilerlemeler kaydedilmiştir. Modern otomatik vezne hizmetlerinin temeli, 1968'de Birleşik Krallık'ta Bankalar Arası Bilgisayar Bürosu'nun kurulmasıyla oluşturulmuştur. Bunu, Yurtiçi ödeme sistemleri arasında bağlantı kurma ihtiyacını yansıtan Dünya Çapında Bankalar Arası Finansal Telekomünikasyon Birliği (SWIFT) kurulması izlemiştir. Tüm bunlardan kısa bir süre sonra, 1974 yılında, Herstatt Bank çökmüştür. Bu durum uluslararası finansal bağlantıların artmasının risklerini ortaya çıkarmıştır. Böylece, 1975 yılında, ilk büyük düzenleyici girişim olan Uluslararası İskanlar Bankası Bankacılık Denetleme Komitesi, Basel'de kurulmuştur. ("HISTORY OF THE BASEL COMMITTEE AND ITS MEMBERSHIP," 2001:1-8) 1987 yılında yaşanan, "Kara Pazartesi" ile borsalar küresel ölçekte çökmüştür (Bookstaber, 2007). Bu çöküşün yarattığı etkiler ile küresel pazarların teknolojik olarak birbirine bağlı olduğu hatırlanmıştır. Fiyat değişikliklerinin hızını kontrol etmek ve menkul kıymetler düzenleyicilerinin işbirliğini kolaylaştıracak mekanizmaları oluşturmak üzere yönlendiren "Devre Kesiciler (Circuit Breakers)" tanıtılmıştır. 1986 yılında oluşturulan Tek Avrupa Kanunu, 1986'daki "büyük patlama" finansal serbestleşme süreci ve 1992 yılında Birleşik Krallık'ta yapılan Maastricht Antlaşması dahil olmak üzere, AB finansal piyasalarının tam olarak birbirine bağlanmasının temelleri atılmıştır. 1990'ların ortasındaki gelişmeler, 1997-1998 yılları arasında Asya ve Rusya krizlerinden sonra Uzun Vadeli Sermaye Yönetimi'nin çöküşüyle kanıtlandığı gibi, bilgisayarlı risk yönetim sistemlerinin ilk riskleri vurgulanmıştır. Ancak bir sonraki gelişim seviyesi 1995 yılında Wells Fargo tarafından çevrimiçi tüketici bankacılığının sağlanması ile devam etmiştir (Jorin, 2000:277-30). 2001 yılına gelindiğinde, ABD'deki sekiz bankanın çevrimiçi ortamdaki müşteri sayısı en az bir milyona ulaşmıştır. 2005 itibarıyla, İngiltere'de ING Direct, HSBC Direct gibi fiziksel şubeleri olmayan ilk doğrudan bankalar ortaya çıkmıştır. 21. yüzyılın başlarında, bankaların iç süreçleri, yabancılarla etkileşimleri ve perakende müşterileriyle olan etkileşimleri tamamen dijital hale gelmiştir. Bu, finansal hizmetler endüstrisi tarafından bilgi

teknolojilerine yapılan harcamaların önemini de göstermiştir (Arner, Barberis & Buckley, 2005).

### **4.2.3. FİNTECH VE KÜRESEL FİNANSAL KRİZ**

2008 Ekonomik Krizi, finansal hizmetler sektöründe bir dizi büyük karışıklığa neden olmuştur. Birincisi, büyük finansal kurumların faaliyetlerinin sistemik risk üretebileceğinin farkına varılmıştır. Bunun sonucunda, riski ölçmek için tasarlanmış farklı yöntemler geliştirilmiş ve bir takım düzenleme talimatları verilmiştir. Özellikle, bir finansal kuruluşun sistemik riske katkısı kavramı, önemli finansal kurumların (SIFI'ler) tanımlanmasına yol açmıştır. Basel Bankacılık Denetleme Komitesi (BCBS), küresel riske bireysel katkıları hesaba katmak için bankaların düzenleyici rezerv gereksinimini artırmıştır. Benzer şekilde, düzenleyiciler birçok şirketten borç ödeme kabiliyetlerini doğrulamalarını ve iyileştirmelerini istemiştir. Ancak bu düzenleyici sıkılaştırmalar, finansal kuruluşlar üzerinde ikili bir yük oluşturmuştur. Bu kuruluşlar daha büyük rezervler ayırmaya ve dolayısıyla faaliyetlerini geri ölçeklendirmeye zorlanmıştır. Kamuoyu ise, mali krizin arkasındaki ana suçluların finansal kuruluşlar olduğunu düşünmüş ve birçok müşteri ve özellikle de genç nesiller, bin yıllık geleneksel finansal hizmetlere olan inancını kaybetmiştir. Onların bakış açısına göre, finansal kurumlar finansal ve ekonomik krizin temel nedenidir. Özellikle genç nesiller “Eğer bankalar aldıkları riskleri yönetemiyorsa, neden birileri onların tavsiyelerini dinlemeli ya da birikimleri konusunda onlara güvenmeli” gibi sorular sormaya başlamış ve büyüklerinden çok daha farklı tüketici alışkanlıkları geliştirmiştir. Bu, bankaların ve diğer geleneksel finans kurumlarının toplu pazarlama yaklaşımıyla tam bir çelişki teşkil etmiştir. Eski müşteriler sınırlı sayıda ürün veya önceden tanımlanmış hizmetler arasından seçim yapmaktan memnun kalırken, günümüz müşterileri kişisel ihtiyaçlarına göre uyarlanmış çözümler almak istemiştir. Bu durum sonucunda, yaşanan son krizde yer almayan ve finansal hizmetlere yenilikçi çözümler önerebilecek yeni şirketler doğmuştur. Varlık yönetimi de bu noktada ortaya çıkmış bir durumdur. Bir bankacılık ağı, aynı tasarruf ürünlerini, ölçek ekonomileri oluşturmak için maksimum sayıda müşteriye sunar. Kullanıcı-müşteri ise, bireysel ihtiyaçlarına ve yatırım hedeflerine uyarlanabilecek esnek bir çözüm bekler. Ürün ve



hizmetlerin kullanıcının beklentileriyle eşleştirilmesi yakın kitle etkileşimi gerektirir. Bu sadece “*dijital*” bir platform üzerinden mümkündür (Pathak & Pathak, 2017).

#### **4.2.4. FİNTECH 3.0 & 3.5 (2009 – GÜNÜMÜZE): DİJİTAL FİNANSAL HİZMETLERİN DEMOKRATİKLEŞMESİ?**

2008 küresel finansal krizin sonucunda FinTech 3.0 dönemi başlamıştır. Bu dönemde müşteriler, finansal ürünlerini tüketme şekillerine göre davranışlarında bir dönüşüm yaşamışlardır (Arner, Barberis, & Buckley, 2016:22–29). FinTech şirketlerinin evriminde dijital teknolojinin gelişimi ve akıllı telefonların piyasaya sunulması büyük öneme sahiptir. Finansal yenilik, maliyetlerin ve risklerin azaltılmasını ya da mevcut seçeneklere karşı tüketicinin gereksinimlerine daha fazla memnuniyet sağlayan bir ürün, hizmet ya da enstrüman sağlanması anlamına gelen yeni bir varlık olarak düşünülebilir (Frame & White, 2014).

Arner ve ark. (2015), Fintech'in yükselişine katkıda bulunan faktörler arasında, kamu algısı, düzenleyici inceleme, politik talep ve ekonomik koşullar olduğunu öne sürmektedir. Birincisi, daha önce belirtilen finansal krize bağlı olarak halkın banka algısını değiştirmiştir. Örneğin, haklarından mahrum edilmiş toplulukları hedef alan agresif borç verme yöntemleri, bankaların yalnızca tüketici koruma yükümlülüklerini ihlal etmekle kalmamış, aynı zamanda borç ödeme kabiliyetlerini de ciddi şekilde etkilemiştir (Agarwal, Amromin, Ben-David, Chomsisengphet, & Evanoff, 2014:29–52). İnsanlar finansal kurumların, finansal krizden önce görüldüğü kadar çözücü olmadığını düşünmüştür. İkincisi, bankalar için yasal gereklilikleri artıran oldukça yoğun bir düzenleyici inceleme olmuştur. Bu önlemlerin, 2008 ekonomik krizine neden olan sorunları gidermesi amaçlanmıştır. Ayrıca, bankaların İyileştirme ve Çözme Planları (RRP) hazırlamaları ve uygulanabilirliklerini değerlendirmek için stres testleri yapmaları istenmiştir (Arner, Barberis, & Buckley, 2018). Üçüncü kritik faktör politik taleptir. Finansal krizin patlak vermesinden sonra, bankalar politik güçler tarafından, çoğunlukla kamusal para ile kurtarılmıştır. Başka bir deyişle, farklı Avrupa ülkelerinin hükümetleri finansal sistemi ve bankaları kurtarmak için kamu parası kullanmaya karar vermiştir. Kısmen bu nedenle, Avrupa kurumları tarafından baskı altına alınan bazı ulusal hükümetler, kamu borcunu azaltmak için kamu harcamalarını azaltmış ve tasarruf tedbirleri almak zorunda kalmıştır. Dördüncü ana faktör ise,

ekonomik şartlardır. Ülkelerin ekonomisi ne kadar gelişmiş ve risk sermayesi hazır ise, bu ülkelerde daha fazla fintech girişimine rastlanılmaktadır. Ayrıca, güvenli İnternet sunucularının sayısı, mobil telefon abonelikleri ve mevcut iş gücü bu yeni pazar segmentinin gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Hornuf & Haddad, 2018:81–105).

### 4.3. DİJİTAL FİNANS

Dijital finans; finansal teknoloji, dijital ödeme sistemleri ve dijital türevler, dijital menkul kıymetler, dijital karbon kredileri ve çok çeşitli geleneksel finansal ürün formları gibi dijital finansal ürün alanlarını kapsayan yeni ve gelişmekte olan bir finans alanıdır. (“Digital Finance Innovation,” t.y.)

Dijital finans; cep telefonları, kişisel bilgisayarlar, internet veya güvenilir dijital ödeme sistemine bağlı kartlar aracılığıyla verilen finansal hizmetlerden oluşur. FinTech şirketleri ve yenilikçi finansal hizmet sağlayıcılar tarafından sunulan Dijital finans, yeni finansal ürünler, finansal işletmeler, finansla ilgili yazılımlar vse yeni müşteri iletişimi ve/veya etkileşimi formlarını kapsar. Dijital finans’ın standart bir tanımı olmasa da, genel olarak dijital finansmanın, bireylerin ve şirketlerin, bir banka şubesini ziyaret etmeden ya da doğrudan bir pazarlıkla uğraşmadan internet üzerinden (çevrimiçi) ödeme, tasarruf ve kredi olanaklarına erişebilmelerini sağlayan tüm ürünleri, hizmetleri, teknolojiyi veya altyapıyı kapsayan sistemdir (Barbesino, Camerani, & Gaudino, 2005).

Dijital finans aşağıda belirtilen bir takım avantaj ve dezavantajlara sahiptir.

#### Dijital Finansın Avantajları

- Finansal katılımı artırır, finansal hizmetlerin finansal olmayan sektörlerle yayılmasını sağlar.
- Yoksul bireylere uygun ve güvenli bankacılık hizmetleri sunar.
- Toplam harcamaları artırarak dijitalleşmiş ekonomilerin GSYH'sini artırır.
- Kötü / sahte para dolaşımını azaltır.
- Müşterilerin kişisel finansmanının daha fazla kontrolünü sağlar.

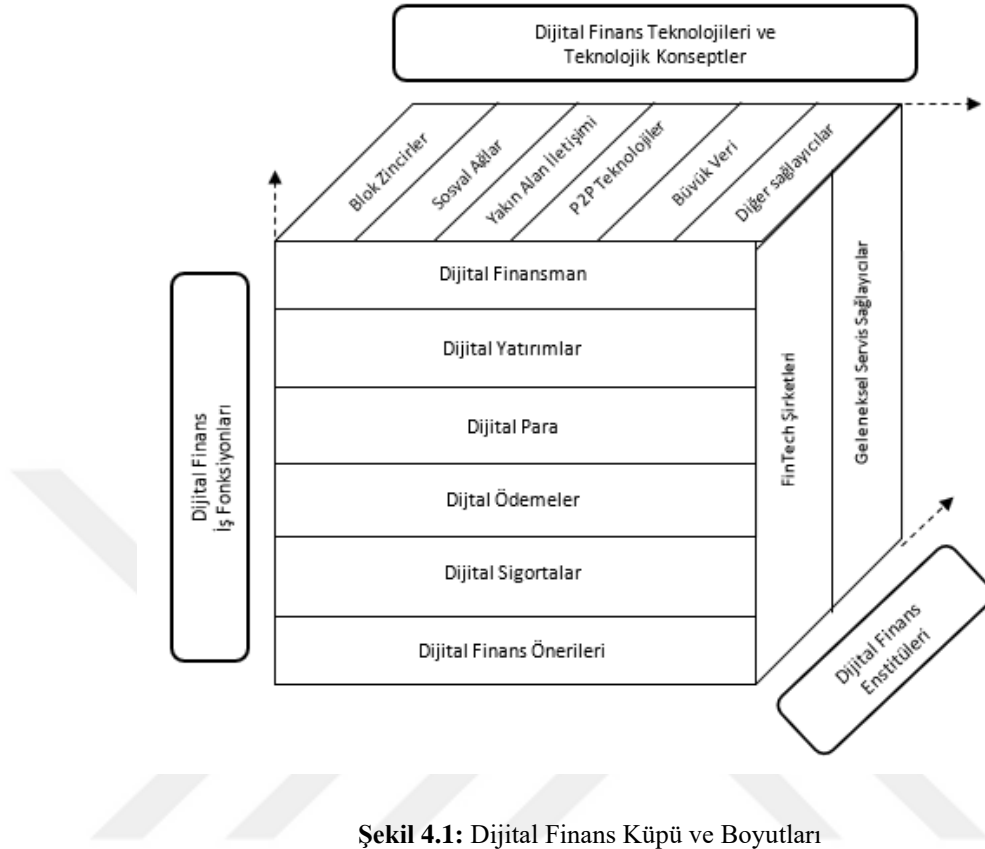
- Hızlı finansal karar alır.
- Saniyeler içinde ödeme yapar ve alır.
- Dijital finans sağlayıcılarına gelir sağlar.

#### Dijital Finansın Dezavantajları

- Dijital finans cep telefonu olmayan veya dijital cihazları olmayan kişilere hizmet etmez.
- İnternet bağlantısına aşırı derecede güvenir ve internet bağlantısına sahip olmayan kişileri dışlar.
- Dijital finansmanın bir ülkede (gönüllü ya da zorunlu) tanıtılma şekli, eğer nüfus buna hazır değilse, gönüllü finansal dışlanmaya neden olur.
- Dijital veri güvenliği ihlalleri yaygındır. Bu durum müşterilerin dijital finans platformlarına olan güvenini azaltır.
- Ücrete dayalı dijital finans platformları, işlem maliyetlerini karşılayamayan düşük ve düşük gelirli bireylerden çok, yüksek ve orta gelirli bireylere fayda sağlar.
- Birçok politika ve düzenleme ortamı, tam ölçekli dijital finansmanı mümkün kılmaz.

Yukarıda belirtilen dezavantajlara rağmen dijital finans, çoklu banka işlemlerini tamamlamak için resmi banka hesapları olan ve banka hesaplarında para olan kişilerin ve işletmelerin refah düzeyini yükseltir (Ozili, 2018:329–340).

Dijital Finans konusu incelenirken, hem mevcut literatürü yönlendirmesi hem de ilgili alt konuların tanımlanması için üç ana boyutu olan “Dijital Finans Küpü” kavramı (bkz. Şekil 4.1) önerilmiştir. Küpte yer alan ana boyutlar; (i) Dijital Finans İşletme Fonksiyonları, (ii) Dijital Finans Teknolojileri ve Teknolojik Kavramlar ve (iii) Dijital Finans Çözümleri Sunan Kurumlar şeklinde belirtilmiştir.



Şekil 4.1: Dijital Finans Küpü ve Boyutları

Dijital Finans Küpünün ilk boyutu işletme fonksiyonlarını kapsar. Burada, (1) Dijital Finansman, (2) Dijital Yatırımlar, (3) Dijital Para, (4) Dijital Ödemeler, (5) Dijital Sigortalar ve (6) Dijital Finans Önerileri gibi alt bölümlerden oluşur. Küpün ikinci boyutu, Blok zincir teknolojisi, sosyal ağlar, yakın alan iletişimi (NFC), eşler arası (P2P) teknolojiler, büyük veri, mobil cihazlar, sezgisel kullanıcı arayüzleri ve güvenlik teknolojileri gibi, Dijital Finans alanındaki son değişiklik ve gelişmeleri yönlendiren temel teknolojiler ve kavramlardan oluşur. Küpün üçüncü boyutunda ise, hem FinTech, hem de geleneksel servis sağlayan Dijital Finans kurumları yer alır (Gomber, Koch, & Siering, 2017:537–580). Bu çalışmada Dijital Finans Küpünün ikinci boyutunda yer alan Blok zincir teknolojisi ile ilgilenildiğinden, bir sonraki bölümde bu konu incelenmiştir.

#### **4.4. BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİ KAVRAMSAL AÇILIMI**

Blok zincir, dijital işlemlerin perspektifini değiştirmek veya yerini almak üzere geliştirilmiş, katılımcı üyelerle ilgili tüm işlem kayıtlarını içeren ayrı, merkezi olmayan dağıtılmış dijital defter tabanlı bir teknolojidir. Blok zincir işlemleri kronolojik sırada yaratılır ve saklanır. Böylece dijital varlıkların (dijital para birimi ve dijital veriler gibi) merkezi kayıt tutma sistemine gerek kalmadan, katılımcılar tarafından izlenmesine izin verilir. Blok zincir teknolojisi, kamu hizmetleri, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve güvenlik hizmetleri gibi birçok alanda kullanılan bir teknolojidir. Blok zincir teknolojisi anonimlik ve dağıtılmış fikir birliği gibi iki farklı özelliğe sahiptir. Blok zincir işlemleri güvenlik, merkezden yönetilmeme ve anlık işlemler gibi birçok avantaj sağlar. Bunun nedeni Blok Zincir Teknolojisinin (BT) acenteler gibi aracı noktalara olan ihtiyacı ortadan kaldırmasıdır. Veriler dijital ekonomideki bir varlık olduğundan, belirli uygulamalardaki verilerin manipüle edilmemesini veya bozulmamasını sağlamak çok önemlidir. Yıllar boyunca Blok Zincir, Dijital Para Birimi (Blockchain 1.0), Dijital Ekonomi (Blockchain 2.0) ve Dijital Toplum (Blockchain 3.0) gibi geniş kapsamlı gelişmelerden geçmiştir. İlk nesil, dijital para birimini desteklemek için kamu defteri, hash ve madencilik gibi altta yatan teknoloji platformu ve yazılım protokolleri ile ilgilidir. İkinci nesil blok zincir kavramı, ipotek, türev, hisse senedi ve paraya çevrilebilecek varlıklar gibi daha karmaşık uygulamaların alt yapısını sağlamak için önerilmiştir. İkinci neslin getirdiği en büyük yenilik, varlıkların ve güven anlaşmalarının yönetiminde blok zincir kullanımına dayanmaktadır; Böylece akıllı sözleşmeler kavramı tasarlanmıştır. Akıllı sözleşmeler bu kuşakta ortaya çıkan, sözleşme şartlarını otomatik olarak yerine getiren ve akıllı özellikleri yöneten bilgisayar programlarıdır. Akıllı sözleşmeler, geleneksel sözleşmelerle kıyaslandığında verileri daha hızlı aktarır. Bu nedenle blok zincir teknolojisinde önemli bir özellik haline gelmiştir. Ekonomik faaliyet, finansal piyasalar, ticaret veya para ile ilişkili olmayan Blockchain uygulamalarına dijital toplum veya Blok Zincir 3.0 denir. Bu nesil; eğitim, sağlık, bilim, sanat ve yönetim gibi daha geniş uygulamalarla ilişkilidir (Zubaydi, Chong, Ko, Hanshi, & Karuppayah, 2019:1–29)

Blok zincir dağınık bir veri tabanı olarak düşünebilir. Bu veritabanına yapılan ilaveler, her türlü bilgiyi içerebilen yeni bir “veri bloğu” üyelerinden biri (yani ağ düğümleri – nodes) tarafından başlatılır. Bu yeni blok daha sonra ağdaki her tarafa şifreli bir biçimde yayılır, böylece işlem detayları halka açıklanmaz. Ağdakiler (yani diğer ağ düğümleri), genel olarak “fikir birliği veya konsensüs mekanizması” olarak adlandırılan önceden tanımlanmış bir algoritmik doğrulama yöntemine göre bloğun geçerliliğini toplu olarak belirler. Doğrulandıktan sonra, yeni "blok" blok zincirine eklenir. Blockchain ağındaki her kullanıcının özel ve genel olmak üzere iki anahtarı vardır. Bir işlem için dijital imza oluşturmak gerektiğinde özel anahtar kullanılır. Genel anahtar ise, ağdaki herkes tarafından bilinir. Bu anahtarın iki kullanım alanı vardır. Birincisi, blok zincir ağında bir adres işlevi görür. İkincisi ise, dijital imzayı ve gönderenin kimliğini doğrulamak için kullanılır. Bitcoin blok zincirinde bu süreç, şu şekilde örneklendirilir: A kişinin B kişisine 100 Bitcoin göndermek istediği varsayalım. İlk olarak A kişisi bu işlemi sadece kendisi tarafından bilinen “özel anahtarını” kullanıp, dijital olarak imzalamalı ve işlemi B kişinin Bitcoin ağındaki adresi olan “genel anahtarına” yönlendirmelidir. Daha sonra, bir “işlem bloğunda” sıralanacak olan bu işlem, Bitcoin ağı içindeki düğümler tarafından doğrulanmalıdır. Burada, A'nın genel anahtarı, imzasını doğrulamak için kullanılacak ve imzası geçerliyse, blok zincire eklenecek ve 100 Bitcoin A'dan B'ye aktarılacaktır (Houben, & Snyers, 2018).

Özet olarak Blok zincir teknolojisi şu temel özelliklere sahiptir.

- *Merkezi olmama:* Geleneksel merkezi işlem sistemlerinde, yapılan her işlem merkezi ve güvenilir (Merkez Bankası) kurumlar tarafından onaylanmalıdır. Merkezi sistemin aksine, üçüncü bir kurum ya da kuruluş blok zincirde gerekli değildir. Blok zincir içindeki konsensüs algoritmaları, dağıtılmış ağdaki veri tutarlılığını korumak için kullanılır.
- *Kalıcılık:* Blok zincir sisteminde işlemler hızlı bir şekilde doğrulanabilir. Dürüst madenciler tarafından geçersiz işlemler kabul edilmez. Blok zincir'e dahil olduktan sonra işlemleri silmek veya geri almak neredeyse imkansızdır. Geçersiz işlemler içeren bloklar ise hemen keşfedilebilir.

- *Anonimlik:* Her kullanıcı, kullanıcının gerçek kimliğini açığa çıkarmadan oluşturulan bir adresle blok zincir sistemine dahil olabilir. Ancak, blok zincir'in içsel kısıtlama nedeniyle mükemmel gizlilik korumasını garanti edemeyeceği unutulmamalıdır.
- *Denetlenebilirlik:* Bitcoin blockchain, Harcanmamış İşlem Çıkışı (Unspent Transaction Output-UTXO) modelini kullanarak, kullanıcı bakiyeleri hakkındaki verileri saklar. Herhangi bir işlem daha önce harcanmamış işlemlere atıfta bulunmalıdır. Mevcut işlem blok zincirine kaydedildiğinde, söz konusu harcanmamış işlemlerin durumu, harcanmamış durumdan harcanan durumuna geçer. Böylece işlemler kolayca doğrulanabilir ve izlenebilir.

Mevcut blok zincir sistemleri genel olarak üç türe ayrılır: kamu (public) blok zinciri, özel (private) blok zinciri ve konsorsiyum blok zinciri. Farklı olarak, sadece bir grup önceden seçilmiş düğümler (nodes), konsorsiyum blok zincirinin fikir birliği sürecine katılabilir. Özel blok zincirinde ise, sadece belirli bir organizasyondan gelen düğümlerin uzlaşma sürecine katılmasına izin verilir (Zheng, Xie, Dai, Chen, & Wang, 2017:557–564).

#### **4.4.1. BLOK ZİNCİR TAKSONOMİSİ**

*Kamu (Public) Blok Zincir:* Kamu blok zincirinde, tüm kayıtlar halka açıktır ve herkes konsensüs sürecine katılabilir. Dolayısıyla merkezi bir kayıt sistemi veya güvenilir bir üçüncü taraf yoktur. Bu sistemde, ağın düğümleri önerilen değişiklikleri entegre edip etmemeye karar vererek, geliştiriciler tarafından tartışılan ve başlatılan seçimleri doğrular. Bu işlem, "kripto ekonomi" olarak adlandırılan, ekonomik teşviklerin kombinasyonu ve kriptografi kullanarak doğrulama mekanizmalarına dayanır. Herhangi bir kamu blok zinciri mutlaka bir bozuk para veya jetonla çalışır. *Özel (Private) Blok Zincir:* Öte yandan, fikir birliği sürecine ancak sınırlı ve önceden tanımlanmış sayıda katılımcı tarafından ulaşılabilirse, bir blok zinciri özel (veya yarı özel) olarak adlandırılır. Yazma erişimi bir kuruluş tarafından verilir ve okuma izinleri herkese açık veya kısıtlı olabilir. Bu durumda, fikir birliği süreci önceden seçilmiş bir dizi düğüm tarafından kontrol edilir. Özel blok zincirinin, kriptografiye dayalı

mekanizmalar kullanması gerekli değildir. Özel blok zincir’de, blok zincirler merkezi “güvenilir üçüncü tarafların (banka işlemleri, noterler, kadastrolar, vb.) yerini dağıtılmış bilgisayar sistemleri alır. Özel blok zincirinde madencilik, iş kanıtı (Proof of Work) ve ücretlendirme yoktur. Bu iki depolama ve aktarma teknolojisini tamamen farklı kılan şey bu durumdur. Özel blok zincir kullanımını aşağıdaki gibi üç kategoride sınıflandırılabilir.

- Varlıkların transferi için kullanılır.
- Blok zincirinin bir defter olarak uygulanması: bu, ürünlerin ve varlıkların daha iyi izlenebilirliğini sağlamak için bir defter olarak kullanılır
- Başlangıçta insan müdahalesi gerektirmeden bir sözleşmenin şart ve koşullarını otomatik olarak yürüten bağımsız programlar olan “Akıllı sözleşmeler” olarak kullanılır (Guegan, 2017).

#### **4.4.2. BLOK ZİNCİR KONSENSÜS MEKANİZMALARI**

Blok zincir uygulamalarında “Çift Harcama” ve “Bizans Generalleri Problemi” gibi iki sorun vardır. Çifte harcama problemi, para biriminin aynı anda iki işlemde tekrar kullanılması anlamına gelir. Blok zincir, bu işlemi birçok dağıtılmış düğüm tarafından birlikte doğrulama yöntemiyle çözer. Bizans Generalleri Problemi ise, dağınık sistemdeki bir sorundur. Veriler, eşler arası iletişim yoluyla farklı düğümler arasında iletilebilir. Bununla birlikte, bazı düğümler kötü niyetli bir şekilde saldırıya uğrayabilir ve bu da iletişim içeriğinin değişmesine neden olur. Normal düğümlerin değiştirilmiş bilgileri ayırt etmesi ve diğer normal düğümlerle tutarlı sonuçlar elde etmesi gerekir. Bu aynı zamanda ilgili konsensüs algoritmasının tasarımını da gerektirir. Konsensüs algoritması, yıllarca dağınık sistemde çalışmıştır. Blok zincir sisteminde bir takım prensipler ile uygulanan çeşitli konsensüs algoritmaları vardır (Mingxiao, Xiaofeng, Zhe, Xiangwei, & Qijun, 2017:2567–2572). Bu çalışmada literatürde en çok yer alan konsensüs mekanizmaları incelenmiştir.



#### 4.4.2.1. PROOF OF WORK (POW)

Bir PoW protokolü, fikir birliği yaratan ve blok zincirinde kaydedilen verilerin orijinalliğini sağlayan kriptografi ve hesaplama gücünün birleşimidir. Bir bloğun geçerli olduğunu ve bu işin yapıldığını ispatlamak için, ağdaki düğümler (madenciler adı verilen) işlemlerini doğrulamak için hesaplama güçlerini kullanırlar (yani bir gönderenin yeterli fonu olduğunu ve çift harcama yapmadığını doğrular) ve en önemlisi protokolün dayattığı kriptografik sorunları çözme yarışında birbirleriyle rekabet ederler. Bu sürece madencilik denir. Madencilerin yarışa katılma teşviki iki yönlüdür: bir çözüm bulan ilk madenci, protokol tarafından tanımlanan bir ödülle ödüllendirilir ve bloğa dahil ettiği işlemlerle ilgili tüm işlem ücretlerini toplar. Bir madenci bir çözüm bulunduğunda, önceki bloğun karma değerini, zaman damgasını ve işlemleri dahil ederek X bloğunu oluşturur. Madenci yeni oluşturulan X bloğunu ağda yayırlar ve diğer madenciler işlemleri ve bloğu doğrular. Diğer madenciler zinciri X bloğundan, genişletmek için çalışmaya devam ettiğinde blok meşru olarak kabul edilir. Bir zincir ayrıldığında, madenciler en çok içi yaptığı için her zaman en uzun zinciri seçmelidir. Bir madencinin sahip olduğu hesaplama gücü PoW protokolünde belirleyici bir rol oynar; tahmin üretme kapasitesi büyüdükçe, çözüm bulma olasılığı artar. Madencilik süreci, bilgisayarların maksimum kapasitede çalışmasını gerektirir. Bu nedenle PoW'u kaynak yoğun bir fikir birliği protokolü haline getiren önemli miktarda elektrik tüketir; zaman ve enerji, işin yapıldığının kanıtı olarak hizmet eder. 2014'te, Bitcoin ağı tarafından tüketilen güç İrlanda'nın elektrik tüketimine eşitti. Kullanıcılar ve doğrulayıcılar, popüler olan ve onu benimseyen kripto para birimlerinin başarısına katkıda bulunan bu protokolü kabul etmiştir. Bununla birlikte, bu başarıya rağmen, bu protokolün geleceği belirsizliğini korumaktadır. Teoride, yalnız bir madenci veya ağın toplam madencilik gücünün yarısından fazlasına sahip olan bir madenci çarpışması durumunda PoW sistemi saldırıya uğrayabilir (Seang & Torre, 2018:1–21).

#### 4.4.2.2. PROOF OF STAKE (POS)

PoS'un arkasındaki konsept ilk olarak 2011 sonunda çevrimiçi bir mesaj panosunda önerildi ve 2012'de yeni bir kripto para birimi, "PPCoin" veya Peercoin özetleyen bir makalede daha resmi hale getirildi. Bu fikrin kurucuları olan Sunny King ve Scott Nadal, PoS'un Bitcoin'de kullanılan PoW tasarımından ilham aldığını, ancak işlemleri doğrularken toplam enerji maliyetlerini azaltmaya odaklandığını belirtmiştir (Hosack, 2018:4–27).

PoS algoritmaları, PoW algoritmalarının madencilik işlemlerinde yer alan yüksek elektrik tüketiminin üstesinden gelmek için tasarlanmıştır. PoS, madencilik işlemini tamamen kullanıcının zincirleme sistemdeki sanal para birimi hissesini veya sahipliğini içeren alternatif bir yaklaşımla değiştirir. Başka bir deyişle, PoW algoritmasına dahil olmak için 2000 \$ 'lık madencilik ekipmanı satın alıp madencilik ödülü kazanmak yerine, PoS ile doğrulayıcı olarak 2000 \$ değerinde kripto para birimi satın alabilir ve blok zincirleme sistemindeki orantılı blok yaratma şansını yakalamak için kullanabilir (Baliga, 2017).

PoS algoritmasında çok sayıda madeni paraya sahip olan madenciler, diğer madencilere göre daha güçlüdür. Bu konsensüs mekanizmasında bir sonraki bloğun yaratıcısını düşünmek için rastgele bir süreç izlenir. Süreç, toplam kripto para miktarını ve elde tutulma detaylandırılmasını içerir. PoS fikir birliğinin avantajı, katılımcıların PoW gibi pahalı bir madencilik sürecinden geçmelerini gerektirmemesidir. PoS, merkezileştirilmiş nitelikleri nedeniyle savunmasızdır (Sayeed & Marco-Gisbert, 2019:1–17).

#### 4.4.3. BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Block zincir teknolojisinin avantajları:

- a) *Aracı Kurum Olmaması (Disintermediation)*: Bir veritabanının içeriği, bankalar ve devletler gibi güvenilir bir organizasyon olsa bile, üçüncü taraflarca çalıştırılan belirli bir bilgisayar sisteminin hafızasında ve diskinde depolanıyorsa, bir şekilde bu sisteme erişimi olan herhangi biri, içindeki verileri kolayca bozabilir. Bu nedenle, üçüncü taraf kuruluşların ve özellikle önemli veritabanlarını kontrol edenlerin, veritabanının tahrif edilmesini önlemek için birçok insanı işe alması ve birçok süreç tasarımları gerekir. Kaçınılmaz olarak, tüm bunlar çok fazla zaman ve para alır. Blok zincir sisteminde, bir veritabanı merkezi bir yönetici olmadan doğrudan paylaşılır. Merkezi bir uygulama mantığına sahip olmak yerine, Blok zincir işlemlerinin kısıtları vardır. Bu nedenle Blok zincir, düğümlerin senkronize kalmasını sağlamak için bir fikir birliği mekanizması olarak hareket eder, işlemler bağımsız olarak doğrulanabilir ve işlenebilir.
- b) *Yetkili kullanıcılar*; tüm bilgileri ve işlemleri kontrol altında tutarlar.
- c) *Yüksek kaliteli veri*; Blok zincir verileri eksiksiz, tutarlı, zamanında, doğru ve yaygın olarak bulunur.
- d) *Dayanıklılık ve uzun ömürlülük*; dağıtılmış ağlar nedeniyle Blok zincir, kötü niyetli saldırılara daha iyi dayanır.
- e) *İşlem bütünlüğü* sayesinde kullanıcılar, işlemlerin tam olarak güvenilir bir üçüncü tarafa olan ihtiyacı ortadan kaldıran protokol komutlarına göre gerçekleşeceğine güvenebilirler.
- f) *Şeffaflık ve değişmezlik*: “Kamu Blok zincirlerine” yapılan bütün işlemler taraflarca kamuya açık olarak görülebilir ve tüm işlemler değiştirilemez veya silinemez.
- g) Tüm işlemlerin tek bir halka deftere eklenmesiyle *ekosistem sadeleştirilir*, birden fazla defterin karmaşası ve komplikasyonları azaltılır.
- h) Blok zincir ile *işlem zamanları* dakikalara indirilir ve 7 gün 24 saat işlenir.

- i) Varlık değişimi için Blok zincirler; üçüncü tarafları, aracıları ve genel masrafları ortadan kaldırarak işlem maliyetlerini düşürürken, işlem ücretlerini büyük ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir.
- j) *Kayıt sistemi paylaşımı* ile Blockchain teknolojisi, çeşitli tarafların (örneğin müşteriler, güvenlik görevlileri ve düzenleyiciler) paylaşılan bir kayıt sisteminin kendi canlı kopyalarına erişmelerini mümkün kılar.
- k) Blok zincir teknolojisi; gece boyunca yapılan toplu işlemlerden, gün içi temizleme ve uzlaştırmaya geçişi kolaylaştırır.

Blok zincir teknolojisinin dezavantajları:

- a) Blok zincir'in *performansı her zaman merkezi veritabanlarından daha yavaş olacaktır*. Bir işlem işlenirken, Blok zincir normal bir veri tabanı yaptıklarının yanı sıra, iki ek yük daha taşır:
  - *İmza doğrulama*, her Blok zincir işleminin halka açık, özel bir şifreleme şeması kullanarak dijital imzalanması gerekir. Bu imzaların üretilmesi ve doğrulanması hesaplama açısından karmaşıktır. Buna karşılık, merkezi veritabanlarında, bir bağlantı kurulduktan sonra, gelen her isteği ayrı ayrı doğrulamaya gerek yoktur.
  - Blok zincir gibi dağıtık veri tabanındaki *konsensüs mekanizmalarının*, ağdaki düğümlerin uzlaşmaya varmalarını sağlamak için çaba harcaması gerekir.
- b) *Gereğinden fazla olma durumu*, bu tek bir düğümün performansı ile ilgili değil, bir Blok zincir için gereken toplam hesaplama tutarı ile ilgilidir. Merkezi veritabanları; işlemleri bir kez (veya iki kez) gerçekleştirirken, bir Blok zincir içinde ağdaki her düğüm tarafından bağımsız olarak işlenmesi gerekir. Böylece aynı sonuç için çok daha fazla çalışma yapılması gerekir.
- c) *İşlem hızı, doğrulama süreci ve veri limitleri gibi zorlu sorunları çözen Nascent teknolojisi*, Blok zincir 'i yaygın şekilde uygulanabilir kılmak için çok önemli olacaktır.
- d) *Belirsiz düzenleme durumu*, modern para birimleri ulusal hükümetler tarafından yaratılmış ve düzenlenmiştir, Blok zincir ve Bitcoin kullanımı

hükümetler tarafından regüle edilmez ise, finansal kurumlar tarafından benimsenmesinde sorunlar ile karşılaşılır.

- e) *Yüksek enerji tüketimi*, Bitcoin Blok zincir ağının madencileri, saniyede 450 bin trilyon matematiksel çözüm denemektedir. Bu süreçte yapılan her işlemin onaylanması için önemli miktarda bilgisayar gücü kullanılır. Bu durum yüksek miktarda enerji tüketilmesine neden olur.
- f) Özel veya izinli Blok zincirler ve güçlü şifreleme sistemleri ile genel kamuoyu kişisel verilerin *kontrolü, güvenliği ve gizliliğini* sağlamaya çalışmasına rağmen, siber güvenlik endişeleri vardır.
- g) *Entegrasyon endişeleri*; Blok zincir uygulamaları, mevcut sistemlerde önemli değişiklikler yapılması veya tamamen değiştirilmesi gereken çözümler sunar. Ancak, Blok zincir teknolojisine geçiş yapabilmek için şirketlerin stratejik planlar yapması gerekir.
- h) *Kültürel adaptasyon*, Blok zincir kullanıcılar veya diğer operatörler tarafından satın alınmasını gerektiren, merkezi olmayan ağ sistemine geçişi temsil eder.
- i) *Maliyet*, Blok Zincir teknolojisi işlem maliyetinden ve zamandan tasarruf sağlar, ancak yüksek başlangıç sermaye maliyeti ödenmesi gerekir (Niranjanamurthy, Nithya, & Jagannatha, 2018:1–15).

#### **4.4.4. BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN KULLANIM ALANLARI**

Özel sektör ve kamu sektöründeki kuruluşlar blok zincir teknolojisinin potansiyel uygulamalarını araştırmaya başlamıştır. Günümüzde bu teknolojinin, çoğu kullanım durumu finansal sektöre odaklanmış olsa da, aşağıda belirtilmiş olan diğer sektörlerle de uygulanabilir.

##### **4.4.4.1. TEDARİK ZİNCİRİ / LOJİSTİK**

Blok zincir teknolojisini tedarik zinciri alanında çoklu katmanları izlemenin bir aracı olarak uygulama eğilimi artmaktadır. Günümüzde tedarik zincir sistemi giderek daha karmaşık hale gelmiştir. Tüm tedarik zinciri boyunca şeffaf bir görünürlüğe ulaşmak, hammadde akışını ve dağıtım kanallarını takip etmek zorlaşmıştır. Sonuç olarak, yasadışı ticaretten, sahte ürünlere; çevreye verilen

zararlardan, çelişkili maden sorunlarına kadar çeşitli etik dışı ticari davranışlar ortaya çıkmıştır. Blok zincir teknolojisinin tedarik zincirine uygulanması ile, hem tedarikçiler hem de tüketiciler için tedarik zinciri şeffaflığını arttırabilir ve sözleşmeye dayalı koordinasyon, iyileştirme potansiyeline sahip olabilir (Badzar, 2016).

#### **4.4.4.2. KAMU SEKTÖRÜ / HÜKÜMET**

Blok zincir teknolojisi devlet ve finans kurumları tarafından, para aklama, uyuşturucu ticareti veya terörizm gibi suçlar için transfer edilen herhangi bir fonu takip etme gibi finansal suçlarla mücadelede bir araç olarak kullanılabilir. Teknolojinin kullanılmasıyla, her işlem manipülasyon olmadan kaydedilebilir, böylece nihai hedef şeffaf hale getirilir (Kim & Kang, 2017:1–22).

#### **4.4.4.3. MÜLKİYET VE EMLAK YÖNETİMİ**

Mülkiyet ve emlak piyasasında yolsuzluk bazı ülkeler için çözülmemiş bir başka konudur. Hükümet yetkilileri, toprak sahiplerini toprağını kamusal olarak erişilebilen blok zinciri ağı üzerinde resmen kayıt altına almaya teşvik ederek, güçlerini kötüye kullanmalarını denetleyebilir. Şeffaf olmasının yanı sıra, blok zincir sisteminin kullanıcıları herhangi bir mülkün kayıtlarını gerçek zamanlı olarak ücretsiz olarak öğrenebilirler. Bu sadece sahtekarlığın harekete geçmesine izin veren gereksiz işlemleri engellemekle kalmaz, aynı zamanda işlemlerin daha verimli ve rahat bir şekilde yapılmasını sağlayabilir (Foroglou & Tsilidou, 2015:5).

#### **4.4.4.4. DOĞRUDAN YABANCI YATIRIM (FDI) / BAĞIŞ**

Blok zincir teknolojisi, yardım faaliyetlerinde yer alan tüm finansal işlemlerin halka açık tutulmasıyla fonların yanlış tahsis edilmesini önlemek için Sivil Toplum Kuruluşları ve yardım kuruluşları tarafından da gözden geçirilmiştir. Bu, Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşlardan borç alan ülkelerin sınırlar dahilinde, alınan kredileri nerelere harcadığının takibini kolaylaştıracaktır. Gelişmekte olan ülkelere doğrudan yabancı yatırım sağlayan uluslararası kuruluşlar, daha iyi bir harcama sistemi oluşturmak için harcanan her bir miktarı izleyebilir. Hayır kurumları, verilen bağış tutarının nasıl harcadığını, nihai varış noktasını ve bağışlardan elde edilen sonuçları takip edebilir.(Foroglou, 2015:1–8) Blok zincir teknolojisinin sağladığı bu şeffaf sistem, sonuçta az gelişmiş ülkelerde yoksulluk ve yolsuzluğu hafifleterek, daha

temiz ve üretken bir harcamaya yol açabilir (Pilkington, Crudu, & Grant, 2017:115–143).

#### **4.4.4.5. ULUSLARARASI TİCARET**

Uluslararası ticaret sürecinde birçok yasal düzenlemenin yerine getirilmesi gerektiğinden, Blok zincir teknolojisi; ülkeler arası işlemlerin büyük ölçekte gerçekleşmesi durumunda faydalı olacağını kanıtlamaktadır. Blok zincir, süreçleri kolaylaştırarak ve daha önce birden çok tarafa ve veritabanına dağıtılan verileri tek bir paylaşılan deftere entegre ederek ticaret finansmanı belgelerini daha verimli hale getirebilir. Ticari taraflar ve bankalar arasındaki kâğıt temelli belgeler, manipülasyon, kayıp ve sahtekarlığa maruz kalabilir. Blok zincir teknolojisinin kullanımından, ticaret tarafları; belgelerin sahipliğini daha iyi yönetebilir ve anlaşmazlıkları, sahteciliği ve çifte harcama riskini ortadan kaldırabilir. Akıllı sözleşmenin kullanılması mülkiyet değişikliğini kaydedebilir ve varışta ödemeleri otomatik olarak varış limanlarına aktarabilir ve bu da işlem yapmamızı daha verimli ve şeffaf bir şekilde sağlayabilir (Kim, 2017:1–22).

#### **4.5. DİJİTAL PARA KAVRAMI**

Geçtiğimiz yıllar boyunca, finansal piyasalar ve kurumlar; serbetleşme, küreselleşme ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerden kaynaklanan ani bir genişleme dönemi geçirmiştir. Bu dönemde, uluslararası sermaye akımları yoğunlaşmış, piyasalar yeni ve sofistike araçlar geliştirmiş ve finansal işlemlerin yürütülme hızının önemli ölçüde artmasıyla finansal işlem maliyetleri düşürülmüştür (Fabris, 2018:5–24). Sınır ötesi karşılıklı finansal bağımlılık derecesi artmıştır. Finansal sektörün gelişimi, reel ekonomiden daha fazla olmuş ve gelişmiş ülkelerde finansal varlıklar ülkelerin GSYİH'larından çok daha fazla katlanmıştır. Bu eğilimler daha iyi bir sermaye tahsisi, maliyetlerin düşürülmesi vb. gibi diğer sayısız olumlu etkilere yol açmıştır. Belirtilen bu değişikliklere paralel olarak kredi kartları ve banka kartlarının yaygınlaşması, nakit para kullanımının azalması ile ödeme şekli de değişmiştir. Temassız teknolojilerin ortaya çıkması bu ödeme araçlarının kullanımını daha da arttırmıştır. Akıllı telefonlar ödemelerde devrim yaratmıştır. Çeşitli uygulamalar; otobüs ücretleri, uçak bileti, internet mağazaları vb. gibi nakit para

kullanımını gerektirmeyen, artan sayıda ürün ve hizmeti ortaya çıkarmıştır. Yüksek madencilik ve taşıma maliyetlerinden ötürü, dolaşımdaki banknotlar ve madeni paralar azalmıştır. Bankalar şube ve çalışan sayısını azaltmaya, nakit kullanımını gerektirmeyen ödemeleri teşvik etmeye başlamıştır (Fabris, 2019:53–66). Bu; eğitim, yenilikler, tüketici alışkanlıkları, yeni ürün ve hizmetlerde ticaret talebi gibi bir çok alanda ve aynı zamanda ürün yaşam döngülerinde değişmelere neden olmuştur (Tomljanović & Grubišić, 2016:139–164).

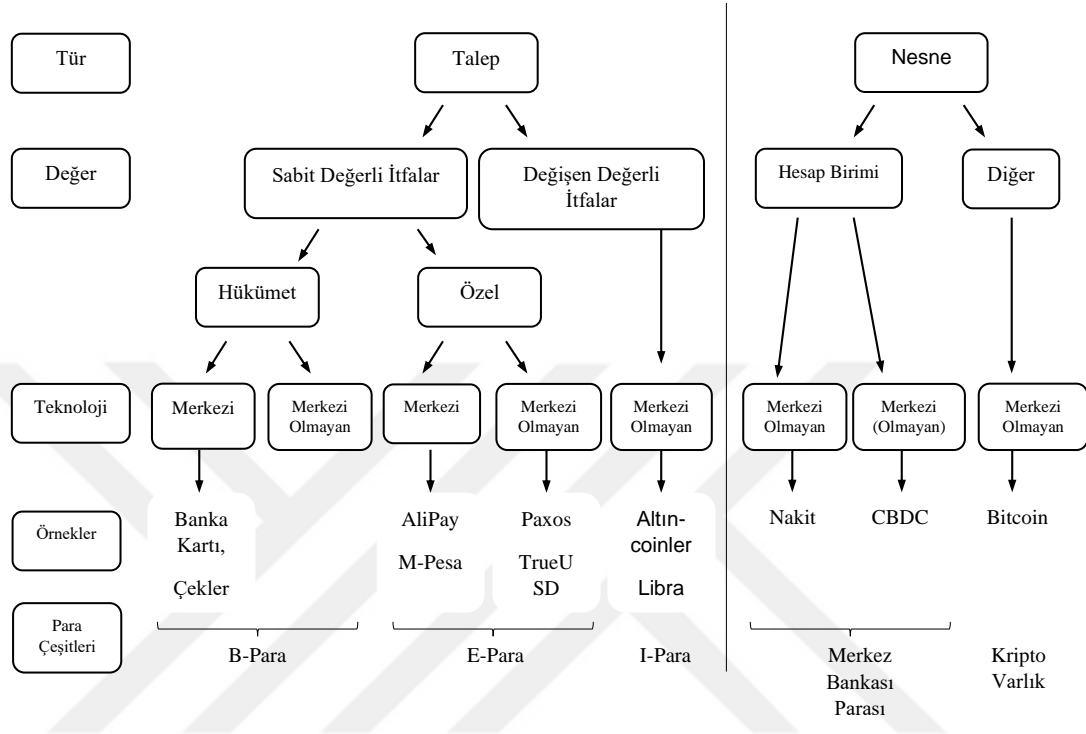
Dijital para birimini anlamak için para kavramını tekrar gözden geçirmek gerekir. Para, özünde bir hesap birimi, takas ortamı ve değer deposu olarak kullanılabilen bir belirteçtir. Örneğin, Yeni Zelanda doları bir tür paradır çünkü:

- Fiyat, dolar cinsinden yazılabilir (hesap birimi),
- Mal veya hizmet satın almak için kullanılabilir (takas ortamı),
- Dolar cinsinden tasaffuf yapılabilir (değer deposu).

Tarih boyunca, çeşitli para biçimlerinin bir hesap birimi, takas aracı ve değer deposu olarak kullanılabileceği inancı, ya paranın altında yatan bir varlığın (altın gibi) değerine ya da para veren kuruluşlara (banka gibi) olan güvene dayandırılmıştır. Günümüzde merkez bankaları hükümetler adına fiili para (nakit) ihraç etmektedir. Fiat para birimi fiziksel para birimidir (banknot ve madeni paralar) ve yasal ihaledir. İnsanlar hükümetin iflas etmeyeceğinden ve ulusal ekonominin çökmeyeceğinden emin oldukları ölçüde fiat para birimine güvenir. Ancak, bugün para dijital olarak da verilebilir ve dijital parayı kimin verebileceği konusunda herhangi bir kısıtlama yoktur. Fiat para birimine benzer şekilde, dijital para birimi; bir hesap birimi, takas aracı ve değer deposu olarak kullanılabilirse, kullanışlı bir para birimidir. Ek olarak dijital para birimi, kullanıcıların yayınlayan kişiye veya kuruma ve onu destekleyen ekonomiye güvendiği ölçüde güvenilirdir. Bununla birlikte dijital paranın, fiat para birimi için mevcut olmayan iki ek güven kaynağı vardır.

- Birincisi, dijital para biriminin temelini oluşturan teknolojiye olan güvendir (bu paranın bir kereden fazla harcanmasını önler).
- İkincisi ise fiat para birimi ile kolayca değiştirilip değiştirilemeyeceğidir (Wadsworth, 2018:1–14).





Şekil 4.2: Para Ağacı

Para birimlerini kategoriler halinde düzenlemek için Şekil 4.2’de gösterilen "para ağacı" kullanılır. Bir ödeme yöntemini tanımlayan ilk özellik *türüdür*. Şekil 3.6’da görüldüğü gibi tür, nesne ve talep olarak iki şekilde tanımlanır. Örneğin, bir kahve almak için kullanılan nakit, nesneye dayalı ödeme yöntemidir. Bu yöntemde herhangi bir bilgi alışverişi gerekli değildir. Taraflar nesneyi geçerli gördüğü sürece işlem hemen yerine getirilir. Diğer seçenek, başka bir yerde var olan değere ilişkin bir hak talebinde (iddiada) bulunmaktır. Örneğin alınan bir kahve nakit para yerine, banka kartıyla ödendiği zaman gerçekleşen durum talebe dayalı durumdur. Kartın kaydırılması, banka varlıklarıyla ilgili bir hak talebinin bir kişiden diğerine devredilmesine ilişkin talimatlar verir. Rönesans döneminde, talebe dayalı sistemlerin ortaya çıkmasıyla, tüccarlar bankalarından aldıkları kredi mektuplarıyla rahatça seyahat edebilir ve cüzdanlarında ağır ve riskli altın paraları taşımak yerine, bu mektuplarla yurtdışında mal alışverişinde bulunabilirlerdi. Bugün, çoğu ödeme talep tabanlıdır. İkinci özellik *değerdir*. Talepleri sınıflandırırken, ilgili soru, talebin para

biriminde kullanımının sabit veya değişken değerde olup olmadığıdır. Sabit değer talepleri, hesap biriminde belirtilen önceden belirlenmiş bir yüz değerinde itfa garantisi sağlar. Ödemeler için, bu kullanışlı özellik, tarafların bir işlem yapmalarını, ilgili hesap biriminde takas ettikleri iddianın değeri konusunda kolayca anlaşmalarını sağlar. Ancak, nesneye dayalı ödeme araçlarını sınıflandırırken, bunun yerine ilgili soru, hesabın iç ünitesinde veya kendi içindedir. Geri ödeme kavramı, nesneye dayalı ödeme yöntemleri için geçerli değildir. Ödeme yöntemlerinin üçüncü özelliği yalnızca sabit değerli talepler için geçerlidir. Sorun, itfa garantisinin hükümet tarafından durdurulup durdurulmadığı veya yalnızca ihraç edenin uyguladığı yasal uygulamalara ve yasal yapılara dayanmasıdır. Son özellik ise, *teknolojidir*. Burada kullanılan teknolojinin merkezi mi yoksa merkezi olmayan mı olduğu önemlidir. Merkezi teknolojileri kullanan işlemler merkezi bir tescilli sunucudan geçer. Merkezi olmayan defter teknolojileri (Decentralized Ledger Technology - DLT) veya blok zinciri teknolojilerinden yararlanan işlemler çeşitli sunucular arasında yer almaktadır. Bunlar, güvenilen birkaç kişiyle (“izinli”) sınırlı ya da halka açık (“izinsiz”) ağlar olabilir. Merkezi olmayan araçlar sınırlar boyunca daha kolay bir şekilde genişleyebilir (Adrian & Mancini-griffoli, t.y.:1–16).

Bu çalışmada nesneye dayalı ödeme yöntemlerinden olan Merkez Bankası Dijital Parası ile Kripto Varlıklar incelenecektir.

#### **4.5.1. MERKEZ BANKASI DİJİTAL PARA BİRİMİ (CBDC)**

Son yıllarda hızlı teknolojik ilerleme ve yeni iş modelleri ile perakende ödemelerde birçok yenilikçi ürün ortaya çıkmıştır. Bu yenilikler, nakit kullanımının azaltılması da dahil olmak üzere, perakende ödeme ortamındaki büyük değişikliklere neden olmuştur. Bu nedenle, merkez bankalarının yaşanan bu gelişmelerin, yatırım geliri ve para politikası operasyonları, ödeme sistemlerinin güvenliği ve etkinliği ile finansal istikrar politikası üzerindeki etkilerini anlamaları önem kazanmıştır. Ayrıca, merkez bankalarının, dijital para birimini düzenlemek ya da kendi dijital para birimlerini geliştirmek de dahil olmak üzere bu gelişmeler ışığında kendi rollerini incelemesi gerekmiştir (Fung & Halaburda, 2017).

“Merkez Bankası Dijital Para Birimi “(central bank digital currency - CBDC)” terimi, merkez bankalarının borç olarak verdikleri ödemeler ve anlaşmalar için dijital araçlar anlamına gelir. Merkez bankası tarafından çıkartılmış olan iki tür merkez bankası parası bulunmaktadır: (a) banknot ve (b) rezerv depozito dahil merkez bankası mevduatı. Kağıt bazlı banknotlar, yılda 365 gün ve günde 24 saat günlük işlemler için herkes tarafından kullanılabilir. Öte yandan, daha önce kâğıt tabanlı merkez bankası defterleriyle yönetilen merkez bankası mevduatları, çoğu ülkede dijitalleştirilmiştir. Merkez bankası mevduatları, esas olarak bankalar tarafından büyük değer kazanımı için kullanılmaktadır ve mevcudiyetleri, merkez bankası takas sistemlerinin çalışma saatlerinin ve doğrudan katılımcıların merkez bankası hesaplarına uygunluğunun kısıtları altındadır. Bu iki merkez bankası para kategorisine paralel olarak, CBDC'ler iki türe ayrılabilir:

(a) Genel halk tarafından banknot yerine günlük işlemler için kullanılan CBDC'ler.

(b) Merkez bankası mevduatlarına dayanan ve dağıtılmış defter teknolojisi (DLT) gibi yeni teknolojileri benimseyen büyük değerli yerleşimler için CBDC'ler (Yanagawa & Yamaoka, 2019).

Merkez bankasının amacı, herhangi bir kamu para biriminin temel işlevlerini yerine getirmede CBDC'nin bir değişim aracı olarak etkinliğini, bir değer deposu olarak güvenliğini, ekonomik ve finansal işlemler için bir hesap birimi olarak istikrarını arttırmaktır. Bu kriterleri kullanarak, iyi tasarlanmış CBDC'nin özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Hesap temelli bir CBDC, pratik olarak masrafsız bir değişim aracı olarak görev yapabilir. Bu tür hesaplar doğrudan merkez bankasında tutulabilir veya ticari bankalarla kamu-özel ortaklıkları aracılığıyla erişilebilir hale getirilebilir.
- Faizli bir CBDC, kısa vadeli devlet menkul kıymetleri gibi diğer risksiz varlıklarla paralel bir getiri oranı ile güvenli bir değer deposu sağlayabilir. CBDC faiz oranı, para politikasının yürütülmesinde ana araç olabilir.
- Kağıt para biriminin kademeli olarak eskimesini kolaylaştırmak için; CBDC, nakit ve CBDC arasında yapılan transferler için kademeli bir ücret tarifesiyle halka geniş ölçüde erişilebilir hale getirilebilir. Sonuç olarak, CBDC faiz oranındaki değişiklikler etkili bir şekilde sınırlandırılmayacaktır.
- Para politikası çerçevesi gerçek fiyat istikrarını destekleyebilir; yani, CBDC'nin gerçek değeri, geniş bir tüketici fiyat endeksi açısından zaman içinde sabit kalacaktır. Böyle bir çerçeve, para politikasının sistematik ve şeffaf bir şekilde yürütülmesini kolaylaştıracaktır (Bordo, Michael D; Levin, 2017).

Ödemeler ve Piyasa Altyapıları Komitesi ve Piyasa Komitesi tarafından hazırlanan 2018 tarihli rapor, CBDC'leri, fiziksel nakit veya merkez bankası rezerv / takas hesaplarından farklı olarak yeni merkez bankası parası çeşitleri olarak tanımlamaktadır.

Buna göre, paranın dört temel özelliği şunlardır:

- \* Kurum (merkez bankası veya değil);
- \* Form (dijital veya fiziksel);
- \* Erişilebilirlik (geniş ya da kısıtlı); ve
- \* Teknoloji.

Teknoloji açısından, rapor jeton veya hesap bazlı olan parayı birbirinden ayırmaktadır. Jeton (veya değer) ve hesap temelli para arasındaki anahtar ayrım, değiş tokuş yapıldığında gereken doğrulama şeklidir. Jetona dayalı para, alıcının ödeme nesnesinin geçerliliğini doğrulama yeteneğine büyük ölçüde güvenmektedir. Nakit para söz konusu olduğunda duyulan endişe para üzerinde yapılan sahtekarlık iken, dijital dünyada duyulan endişe jeton veya “coin”in orjinal olup olmadığı yani elektronik sahtecilik ve paranın zaten harcanmış olup olmadığıdır. Jeton tabanlı para durumunda, değer doğrudan jeton tarafından temsil edilir. Nakit para, para kazananın kimliği değer, alıcı için kritik olan nakitin gerçekliği olduğu için paraya dayalı paraya iyi bir örnektir. Jeton bazlı parayla ödeme yapılması, alacaklıya alınan paranın orijinal olduğunun kontrol edilmesini gerektirir. Herhangi bir elektronik alternatif, aynı anda aynı parayla (çifte harcama yapmadan) birden fazla ödeme yapılmasını engelleyen güvenlik mekanizmaları içermelidir.

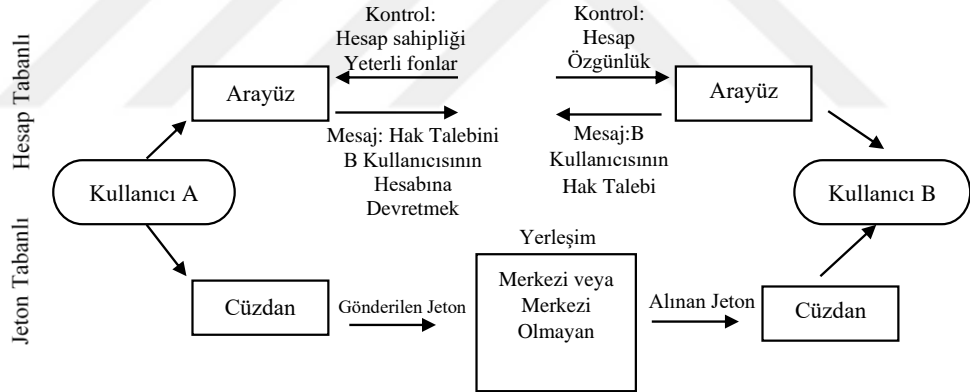
Jeton bazlı sistem çeşitleri:

- Fiziksel cihazlarda depolama genellikle paranın yerel olarak, fiziksel bir cihazda (kart, mobil telefon veya internet erişimi olan diğer mobil cihazlarda) depolanmasını gerektirir.
- Kayıt tabanlı çözümler paranın bütünlüğünü altta yatan bir kayıt defteri aracılığıyla korur, bu da paranın belirli bir fiziksel cihaza bağlanması gerekmediği anlamına gelir.

Buna karşılık, hesaba dayalı sistemler temel olarak hesap sahibinin kimliğini doğrulama yeteneğine bağlıdır. Bu sistemde endişe edilen konu, faillerin izinsiz hesaplardan para transfer etmelerini veya hesaplardan para çekmelerini sağlayan

kimlik hırsızlığıdır. Ödeyenleri ve alacaklıları doğru şekilde ilişkilendirmek ve hesap geçmişlerini tespit etmek için kimliğe ihtiyaç vardır. Hesaba dayalı para söz konusu olduğunda, değer tanımlanabilir bir hesap sahibine ait bir hesabın kredi bakiyesiyle ilişkilendirilir. Ödemeler hesaba dayalı parayla yapıldığında, sahibi tanımlanmalı ve ödemenin kullanılacağı (teminat) ve alacaklıya transfer edilecek paraya sahip olduğu doğrulanmalıdır. Hesaba dayalı sistem çeşitleri:

- Alıcıların özel banka hesaplarına doğrudan ödeme imkanı sunan, özel bankalar tarafından sunulan ödeme hesaplarına karşılık gelen *Açık Hesap Çözümü*.
- Ödeme yapan kişinin Norges Bank'ta bir hesabına sahip olmasını gerektiren *Kapalı Hesap Çözümü*.(Central Bank Digital Currencies, 2019)

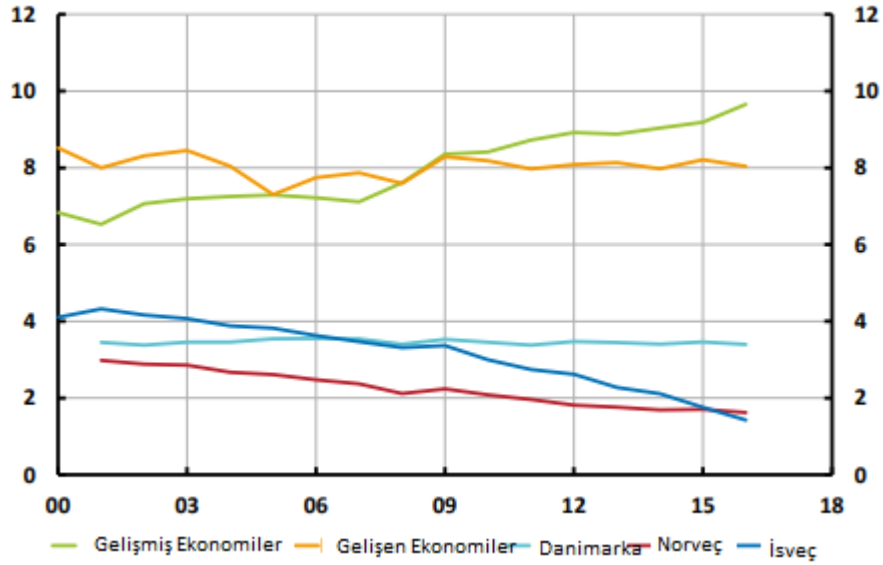


Şekil 4.3: Hesap Tabanlı Ve Jeton Tabanlı CBDC'lere Ait Temel Mekanizmalar

Yukarıdaki Şekil 4.3'de Jeton ve Hesap tabanlı CBDC'lerin temel işleyiş mekanizması gösterilmiştir. Şu anda gündemde olan, E-Krona ve E-Peso olarak isimlendirilmiş olan iki genel amaçlı CBDC projesi vardır (Barontini & Holden, 2019).

#### 4.5.1.1. E-KRONA

Elektronik ödemelere olan talep yurtdışında artmaktadır, ancak aynı zamanda nakit para talebi de sabit durumda veya artmaktadır. Mart 2018'de Uluslararası İskanlar Bankası, nakit ve elektronik ödemelerin kullanımına ilişkin bir analiz yayınlamıştır. Analiz sonuçlarına göre, 2008'deki finansal krizin ardından dünyanın birçok yerinde nakit talebinin devam etmesi güvenli bir değer deposu olarak işlev görmektedir. Ancak İsveç ve Norveç ülkelerinde Şekil 4.4'te görüldüğü gibi, dolaşımdaki nakdin GSYH içerisindeki payı finansal krizden sonra bile düşüş eğilimini sürdürmüştür.



Şekil 4.4: Dolaşımda Bulunan Nakit Paranın GSYH İçindeki Payı

Kartların dışındaki elektronik ödemeler (özellikle, “Swish” olarak adlandırılan bir mobil ödeme sistemi) son zamanlarda İsveç'te önemli bir artış kaydetmiştir. Ancak kullanım yaşlılar arasında belirgin şekilde daha düşüktür. Riksbank, toplumda, sadece nakit paraya erişebilecek olan yaşlılar ve daha savunmasız gruplar dahil olmak üzere, dışlanmayı önlemek için daha basit ve kullanıcı dostu bir teklife ihtiyaç duyabileceğini belirtmiş ve e-krona üzerinde çalışmaya başlamıştır. E-krona, Riksbank tarafından yayınlanan dijital bir merkez bankası para birimidir. Değeri İsveç para birimi SEK olarak belirtilmiştir. E-krona genel olarak 7/24 ve 365 gün kamuoyuna açıktır ve istenen zamanda anında ödeme yapmak için kullanılabilir. Başlangıçta faizsizdir. E-

krona, Riksbank ile bir hesapta veya yerel olarak örneğin bir kartta veya bir uygulamada depolanabilen değere dayalı birim olabilir (Sveriges Riksbank, 2018).

#### **4.5.1.2. E-PESO**

Uruguay Merkez Bankası, finansal hedeflerini daha iyi bir şekilde yerine getirmek ve genişletmek için, Kasım 2017'de amacı; E-Peso yayınlamak, dağıtmak ve test etmek olan bir pilot program başlatmıştır Platform, dijital banknotların mülkiyetinin tescili olarak hareket etmiştir. Toplam 20 milyon e-Peso verilmiş; bunlardan 7 milyonu, bir merkez bankası hesabında eşdeğer peso değeri olan üçüncü bir tarafa dağıtılmıştır. Elektronik cüzdanlarda bireysel kullanıcılara ve şirketlere, sırasıyla en fazla 30,00 e-Peso (yaklaşık 1.000 ABD doları) ve 200.000 e-Peso alabilme hakkı tanınmıştır. Transferler; anında ve eşler arası(P2P) olarak, cep telefonlarıyla kısa mesaj veya e-Peso uygulamasını kullanarak gerçekleştirilmiştir. Uruguay Merkez Bankası'nın yasal görevi elektronik e-Peso'yu fiziki nakdi tamamlayıcı olarak yayınlamak için yeterli olmuştur. Pilot çalışma başarılı sayılmış ve Nisan 2018'de kapatılmıştır. Pilot çalışmanın ardından tüm e-Pesolar iptal edilmiştir. Program şimdi değerlendirme aşamasındadır (Barontini, 2019).

#### **4.5.1.3. MERKEZ BANKASI DİJİTAL PARA BİRİMİNİN (CBDC) AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI**

Her ne kadar dijital fiat para biriminin etkileri bu noktada belirsiz bir şekilde değerlendirilebilse de, para politikası ve finansal istikrarın etkileri hem olumlu hem de olumsuz olarak önemli olacaktır. Buna göre CBDC'in avantajları şunlardır:

- *Düşük işlem maliyetleri:* Perakende ve kurumsal ödemeler için işlem maliyetlerinin düşmesine yol açabilir.
- *Ekonomik büyüme ve dijital inovasyon:* Uygun bir dijital para yargı yetkisi haline gelmek ve çekici bir kripto ekosistemi oluşturmak yalnızca gelişmiş ekonomik faaliyetlere yol açmaz, aynı zamanda diğer teknoloji sektörlerine yayılma etkileri yaratabilir.
- *Finansman dahil etme:* Bankasız haneler için dijital ödemelere erişimi artırabilir. Bazı tüketicilerin bir banka hesabına sahip olmadıkları göz önüne



alındığında, CBDC bu araçlara minimum veya sıfır maliyetle erişebilmelerini sağlayabilir.

- *Trailblazer pozisyonu:* CBDC'ye hızlı geçiş yapmak, bir ülkeyi CBDC'ler üzerinde para politikasının tanımlanmasında ve gelecek yıllar için geçerli standartların belirlenmesinde öncü olarak konumlandırabilir.

- *Ucuz, güvenli değerli depolama:* CBDC'nin, üretim ve depolama maliyetlerini, nakliye, elden çıkarma vb. durumları olmadığından, nakit paraya kıyasla daha ucuzdur.

- *Teknoloji verimliliği:* Takas hızını artırabilir ve gerçek zamanlı olarak ödemelere izin verebilir.

- *Rekabeti teşvik etmek:* Ödeme sistemlerinde rekabeti artırabilir ve özel kurumların yenilik yapmalarını gerektirebilir. Aynı zamanda bankalar arasında rekabeti arttırabilir.

- *Para politikası aktarımı:* Para arzının daha doğrudan kontrol edilmesini sağlayacak olan, faiz getiren bir doğrudan para politikası aracı olarak CBDC kullanılabilir.

- *Likidite:* Merkez Bankalarının, resmi tatillerde bile kısa vadeli likidite yardımı sağlamalarını sağlar; bu, bireysel kurumların zincirleme reaksiyonları sistematik olarak tetikleme riskini etkili bir şekilde azaltır.

- *Artan gizlilik:* Geleneksel bir dijital para birimi mevcut ticari banka kartı ödemelerinden daha fazla anonimlik sunabilir.

### CBDC'in dezavantajları

- Konvansiyonel bir para birimine bağlantısı olmayan kripto para birimleri yüksek seviyede fiyat dalgalanması gösterir ve bu nedenle *spekülasyonlara* açıktır.

- *Ticari bankalar için rekabet*: Banka mevduatı için yakın bir ikame aracının getirilmesi, bankaları mevduat oranlarını yükseltmeye ve mevduat fonlarından toptan fonlara kaydırmaya yöneltebilir.

- *Coğrafi sınırlamalar*: CBDC'ler yalnızca onları yayınlayan ülkede kabul edilmektedir.

- *Güven eksikliği*: CBDC'ler elektrik kesintilerine ve yetersiz internet bağlantılarına karşı savunmasızdır.

- *Düşük ekonomik büyüme*: Merkez Bankaları ödeme servis sağlayıcılarına doğrudan rakip olduklarından, bankalar gelirlerini kaybedebilir. Aynı şekilde, yeni bir yatırım fırsatı, tüketici mevduat talebini azaltabilir. Buna karşılık, bu, banka ekonomisini genel ekonomiye ve dolayısıyla ekonomik büyümeye indirgeyebilir (PwC, 2019).

## **4.5.2. KRIPTO VARLIK KAVRAMI VE SINIFLANDIRILMASI**

Kripto varlıklar, merkezi bir otoriteye güvenmeye gerek kalmadan eşler (P2P) arası etkileşime izin veren kriptografi, ağ dinamiği, bilgisayar bilimi ve ekonomi gibi çeşitli alanlardaki araçlar ve yöntemler arasındaki başarılı bir etkileşimin sonucudur. Herhangi bir Kripto varlığın temeli, blok zincirdir. Farklı Kripto Varlıkların blok zincir ile nasıl etkileşimde bulunduğuna bağlı olarak; ödeme, platform ve protokol kripto varlıkları olarak sınıflandırılır.

### **4.5.2.1. BLOK ZİNCİR KRIPTO VARLIKLAR**

Bu kategorideki her varlık kendi blok zincirine sahiptir ve her blok zincirinin yerel para birimi “coin” olarak adlandırılır. Ödeme ve Platform kripto varlık olarak adlandırılan iki çeşit blok zincir vardır.

#### **4.5.2.1.1. ÖDEME KRIPTO VARLIKLAR**

Bu varlıklar Kripto para birimleri olarak adlandırılır. Bu varlıklar ile blok zincir üzerinde etkileşime geçmek için katılımcılar tarafından yalnızca bir tür hesap kullanılır. Her hesabın bir bakiyesi, adresi (temel olarak hesap numarası) ve özel bir anahtarı vardır. Bireyler, hesaplarına erişmek ve aynı blokta bulunan diğer hesaplara para göndermek için özel anahtarlarını kullanırlar. Hesaplar arasındaki işlem saklanan bilgiyi oluşturur. Madencilerin amacı, bloklardaki farklı işlemlerin kaydını tutmaktır. Bir blokta saklanabilecek işlem sayısı, blok büyüklüğüne (bayt cinsinden ölçülür) bağlıdır. Buna göre, her yeni blok, blok zincirindeki bireyler arasında gerçekleşen yeni bir işlem kümesi içerir. Blok zincir, kurulduğundan bu yana yapılan tüm işlemleri içerdiğinden, bir defter olarak tanımlanmaktadır. Başarılı bir şekilde yeni bir blok önermek suretiyle, madenciler bu defteri günceller ve ödül olarak bu blok zincir yerel para biriminde parasal bir ödeme alırlar. Ödül, işlem bedelinden (bu blokta belirtilen işlemden) ve yeni çıkarılan paradan oluşur. Veri tabanının sürekli güncellendiği merkezi ağların aksine, merkezi olmayan bir ortamda veri tabanı sadece her yeni blok ile güncellenir. Böylece, son bloktan sonra gerçekleşen tüm işlemler veritabanına aynı anda yeni bir tek satırda eklenir. Farklı ödeme kripto varlıklarının farklı amaçları vardır. Örneğin Bitcoin Cash; hızlı işlem üzerine, Monero ve Dash ise anonimlik üzerine odaklanır (Buchwalter, 2019:25).

#### **4.5.2.1.2. PLATFORM KRIPTO VARLIKLAR**

Platform kripto varlıklarının blok zincirinde iki tür hesap vardır.

- Birincisi, Blok Zincir Ödeme Kripto varlığındaki ile aynıdır.
- İkincisi, bir adresin yanı sıra bir bakiyeye de sahiptir, ancak özel bir anahtarı yoktur.

Bunun yerine bu hesap, ilk oluşturulduğunda programlanan kod ile kontrol edilir. Bu tür hesaplara 'akıllı sözleşmeler' denir. Akıllı bir sözleşmeye neyin kodlanabileceğine dair bir sınırlama yoktur. Tüm taraflar sözleşmeyi kabul ettikten sonra, blok zincirine gönderilir ve dolayısıyla değişmez hale gelir. Akıllı sözleşmeyi yazan insanlar bile bunu blok zincirine ekledikten sonra değiştiremezler.

Bu değişmezlik, katılımcıların birbirlerini tanımadığı veya güvenmediği yerel olmayan ortamlarda, sözleşmelerin uygulanmasına izin verir. Akıllı sözleşmelerin eksik sözleşmeler sorununa da tabi olduğunu vurgulamak önemlidir. Bununla birlikte; akıllı sözleşmeler uygulanabilirliği açısından bir fayda sunma eğilimindedir. Çünkü bunların yürütülmesi önceden belirlenmiş ve değişmez bir bilgisayar kodu çalıştırmaya eşdeğerdır. Dolayısıyla, ödeme şifrelemesinin aksine platform şifrelemelerin, katılımcıların etkileşimlerini serbestçe tanımlayabilecekleri bir ortam oluşturur. Her bir platform şifreleme araçlarının farklı amaçları vardır. Örneğin, Ethereum (piyasa değeri bakımından en büyük platform kripto varlıktır), her tür akıllı sözleşmenin (küçük uygulamalardan tamamen kazanmış programlara kadar değişen) gerçekleştirilebildiği bir platformdur. Herkes akıllı bir sözleşme yazıp blok zincirine göndermekte özgürdür. Blok zincir'e akıllı bir sözleşme ekleyen madenciler, platformun yerel para birimi cinsinden parasal bir ödüle sahiptir. Bu maliyet, akıllı sözleşmeyi blok zincirine gönderen kişi tarafından taşınır. Bu maliyet uygun şekilde blok zincirin gereksiz işlemlerle meşgul edilmemesini sağlar (Buchwalter, 2019:25-26).

#### **4.5.2.1.3. PROTOKOL KRIPTO VARLIKLAR**

Protokol varlıklarının kendi blok zincirleri yoktur. Bunun yerine, diğer kripto varlıkların blok zincirlerinde yaşarlar. Bu protokol varlıklarının, yeni bir ağ oluşturmak yerine, zaten mevcut olan ana bilgisayar bloğunun mevcut bir ağına dayanabileceğini belirtir. Protokol kripto varlığı, protokol şifreleme merkezi olmayan bir uygulama olarak adlandırılır ve bir ya da daha fazla akıllı sözleşmeden oluşur. Blok zincir kripto varlıklarına benzer şekilde, dAPP'sler (merkezi olmayan uygulamalar) de kendi para birimlerine sahiptir. Bu para birimine token yani jeton denir. Protokol varlıklarının kendi blok zincirleri olmadığından, madencilik yapılmaz. Sonuç olarak, toplam jeton arzı belirli bir dAPP'ı geliştiren ekip tarafından kontrol edilir. Hu ve diğerleri 2018 yılında yaptıkları çalışmada, iki tür jeton arasındaki farkı vurgulamaktadır: yardımcı jeton ve güvenlik jetonu. Sezgisel olarak, yardımcı program kodu bir stadyumda bir spor etkinliğini izlemek için bir bilet olarak görülebilir, oysa güvenlik jetonu, spor etkinliğinin gerçekleştiği stadyumun sahipliğini temsil eder. İki farklı para birimine sahip olmak, dAPP tarafından sağlanan hizmetin

ve bunun yerine getirilmesinin ayrı ayrı değerlendirilebilmesini sağlar (Buchwalter, 2019:27-28).

### **4.5.3. KRIPTO VARLIK VE FİNANS**

#### **4.5.3.1. BITCOİN**

Açık kaynaklı yazılım kullanılarak çalıştırılan Bitcoin kripto varlığı, 2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından icat edilmiştir. Bitcoin, merkezi olmayan bir ağ ile işlemlerin sürecini tamamlamak ve doğrulamak için eşler arası sistemi (P2P) kullanan dijital bir varlıktır. Bitcoin teknolojisi ödeme işlemlerini, bankalar ve kart işlemcileri gibi güvenilir üçüncü taraflar yerine, bilgisayar yazılımında süreçleri işleme koymak, Bitcoin'in meşruiyetini doğrulamak ve işlem çalışmalarını ağa yaymak için kriptografik kanıtlar kullanır (Nakamoto, 2008). Bitcoin'in icadından önce, çevrimiçi gerçekleştirilen işlemleri doğrulamak için güvenilir bir aracı veya üçüncü bir taraf gerekirken, bu icattan sonra ilk kez, merkezi bir otoritenin kontrolü ve maliyeti olmadan internet üzerinden ödeme yapılmıştır (Brito & Castillo, 2013:3–12). Ancak, Bitcoin ağındaki ödemelerde kullanılan para birimi fiat bir para birimi değil, Bitcoin'dir (“Bitcoin gaining market-based legitimacy as XBT,” 2014).

#### **4.5.3.2. BITCOİN İŞLEM SÜRECİ**

Bitcoin'ler, bitcoin cüzdanı sağlayan mobil bir uygulama, bilgisayar yazılımı veya servis sağlayıcıları kullanılarak gönderilir ve alınır. Kullanıcılar, bu gönderim ve alım işlemlerini yapabilmek için, bitcoin cüzdanında banka hesap numarasına benzer bir adres oluşturur. Genellikle Bitcoinler; Bitcoin borsasından veya otomat makinesinden satın alınarak elde edilebileceği gibi, mal ve hizmetlerin ödemesi olarak da elde edilebilir. Bitcoin, dijital paranın bir kereden fazla harcanabildiği “Çift Harcama Problemi”ni üçüncü bir tarafa ihtiyaç duymadan, tüm ağa yayarak çözdüğü için devrim niteliğindedir. Bitcoin ağı, blok zinciri adı verilen bir defterdeki bitcoin bakiyelerini takip eder. Bitcoinlerin veya işlemlerin transferleri tüm ağda yayınlanır ve başarılı bir doğrulama sonrasında blok zincirine dahil edilir. Böylece kullanılmış bitcoinler tekrar harcanamaz. Bitcoin'lerin daha önce harcanmadığından emin olmak için yeni işlemler kontrol edilir ve çift harcama problemi çözülür (Nian & Chuen, 2015:5–30). Bitcoin harcamak isteyen bir kullanıcı, gerçek dünya para birimini değiştirerek Bitcoin edinir. Bu bir otomat makinesinden, bir takastan veya sadece

başka bir şahıstan bitcoin satın alınarak elde edilir. Genellikle “ATM'ler” olarak adlandırılan Bitcoin satış makineleri, bitcoin satın almanın en uygun yoludur. Çünkü bir kişi anında bitcoin elde etmek için, makineye kolayca para yatırabilir. Bitcoin borsaları, bitcoin elde etmenin diğer bir yoludur (Ulm, 2014).

#### 4.5.3.3. BITCOIN CÜZDANLARI

Bir kullanıcının bitcoin satın almak ve satmak için bir cüzdana sahip olması gerekir. Bitcoinler bu cüzdanda depolanır ve bitcoin adreslerine erişmek ve işlemleri imzalamak için, özel anahtarlar saklanır. Masaüstü, mobil ağlar ve donanım cüzdanları dahil olmak üzere çeşitli Bitcoin cüzdan türleri vardır. Bilgisayarına bir masaüstü cüzdanı yüklemeyi seçen kullanıcılar, bilgisayarlarında cüzdanlar oluşturabilir ve saklayabilirler. Bugün hala kullanılmakta olan ve Bitcoin Core olarak bilinen orijinal Bitcoin istemci yazılımı; bitcoin göndermek, almak ve bu adres ile ilgili özel anahtarı saklamak için bir bitcoin adresi oluşturma işlevini içerir (Nian, 2015:18).

Cüzdan çeşitlerini daha detaylı inceleyecek olursak; akıllı telefona indirilen bir uygulama olan *Mobil cüzdanlar* ile, bitcoin adresleri için kullanılan özel anahtarlar saklanır ve doğrudan telefonla ödeme yapılır. Bazı durumlarda, bitcoin cüzdanı bir akıllı telefonun sahaya yakın iletişim (Near-Field Communication/NFC) özelliğinden bile yararlanır. Böylece cüzdan, hiçbir bilgi girmeden bitcoin ile ödeme yapmanıza olanak sağlar. Mobil cüzdanların genel bir özelliği de tam bir bitcoin istemcisi olmamasıdır. Tam bir bitcoin istemcisi sürekli büyüyen ve birden fazla gigabayt boyutunda olan tüm bitcoin blok zincirini indirmek zorundadır. Mobil cüzdan örnekleri arasında Android tabanlı Bitcoin cüzdanı “Mycelium” bulunmaktadır. *Web Tabanlı Cüzdanlar*'da özel anahtarlar çevrimiçi olarak, başkaları tarafından erişimi kısıtlanan ve İnternet'e bağlı bir bilgisayarda saklanır. Çok sayıda çevrimiçi servis mevcuttur ve bir kısım adresler, sahip olunan farklı cihazlar arasında çoğaltılarak mobil ve masaüstü cüzdanlara bağlanır. Web tabanlı cüzdanların bir avantajı hangi cihazın kullanıldığı farketmeksizin, istenilen yerden bağlantı kurulması iken; dezavantajı ise, gereği gibi uygulanmadıkça, web sitesini işleten organizasyon kişilerin özel anahtarlarından sorumlu tutulabilir ve bitcoin'lerin kontrolü kişilerden alınabilir. *Donanım Cüzdanları* özel anahtarları elektronik olarak kavrayan ve ödemeleri kolaylaştıran cihazlardır. Bitcoinleri güvende tutmak için en çok tercih edilen ve en

ucuz seçeneklerden biri *Kağıt Cüzdanlardır*. Kağıt bitcoin cüzdan hizmeti sunan çok sayıda site vardır. Kağıt cüzdan oluşturulurken öncelikle bir bitcoin adresi üretilir. Daha sonra ise, bir tanesi bitcoin almak için kullanılan genel adres; diğeri ise bu adreste saklanan bitcoinleri ödemek için kullanılan özel anahtardan oluşan iki QR kodu içeren bir resim oluşturulur. Kağıt cüzdanın avantajı, özel anahtarların hiçbir yerde dijital olarak depolanmaması ve bu nedenle tipik siber saldırılara veya donanım arızalarına maruz kalmamasıdır (Ankalkoti & Santhosh, 2017:1757–1761).

#### **4.5.3.4. BITCOIN MADENCİLİĞİ**

Bitcoin kullanıcıları bir diğeri kullanıcıya bitcoin gönderdiğinde, bu bilgi eşler arası (P2P) Bitcoin ağında yayınlanır. Bu işlemin blok oluşturulan diğeri işlemlerle birlikte onaylanıp güvence altına alınması için blok zincirine dahil edilmesi gerekir. İşlemleri onaylama ve güvenceye alma işini yapan kişiler ise madencilerdir. Madencilik; madencilerin yeni bir blok oluşturmak için önceden belirlenmiş bir matematik problemine çözüm bulmalarını gerektiren hesaplama açısından yoğun bir işittir. Madencilik ile işlemlerin geçerli olması sağlanır. Madenciler ise, gerekli bir kalıp oluşturan veri dizisini tahmin etmek ve aramak zorundadır. Sorunun zorluğu otomatik olarak ayarlanır. Böylece ortalama olarak sadece her 10 dakikada bir, yeni bir blok oluşturulabilir. Bitcoin protokolü, öngörülebilir ancak azalan bir oranda yeni bitcoinler üretmek üzere tasarlanmıştır (Houy, 2014). Ağ, kullanıcıların Bitcoin'leri yeniden kullanmalarını ve bir kereden fazla harcamayı denemelerini engelleyen işlemlerin gerçekleştirildiği blok zincir adı verilen ortak bir görünüm oluşturur. Blok zincir'e bir blok eklemek için, bloktaki işlemleri önceki bloklara bağlayan bir imza bulunmalıdır. Bu, SHA256 şifreleme hash fonksiyonunu içeren belirli bir denklemi sağlayan bir "nonce" değerinin bulunmasını gerektirir. Bu, hesaplama açısından pahalı bir işittir; ancak, uygun bir değer bulan eşler arası ağın bir üyesi, yeni Bitcoin'leri seçtikleri bir adrese atamakla ödüllendirilir.

Buna göre:

$$H(B.N) < T$$

$$H(S) := \text{SHA256}(\text{SHA256}(S))$$

şeklindedir. Burada

- B; son işlemleri temsil eden dizedir,
- N; “nonce” değeridir,
- ‘.’; birleştirme işleci ve
- H ise, Bitcoin hash işlevidir.

Proof of Work (PoW), denklem tahmin edilinceye kadar N için rastgele veya sistematik olarak değerler seçilerek elde edilebilir (O’Dwyert & Malone, 2014:280–285).

Bitcoin madenciliğinde kullanılan büyük enerji nedeniyle, birkaç yıl içinde bitcoin madenciliğinin elektrik tüketiminin Hollanda gibi bir ülkeye eşdeğer olacağı bir durumda sonuçlanabilir. Böylece, Bitcoin'in sürdürülebilir olmamasının farklı nedenleri belirlenebilir. Maliyetsiz bitcoin işlemlerinin dönemi geride kalmıştır. İşlem yapma ücretleri, işlem başına 1 ile 25 ABD Doları (Aralık 2017) arasında değişmektedir ve ağı kullanılabılır kapasitesine bağlıdır. Bu durum, kahve alımlarından otobüs bileti satışlarına kadar küçük, günlük ödemeler için bile Bitcoin kullanımını zorlaştırmıştır. Enerji açısından, tek bir Bitcoin işleminin işlenmesi için 215 kilowatt saatlik bir elektrik gerektirdiği, yani ortalama bir Amerikan hanehalkının bir haftada tükettiğinin eşdeğeri olduğu tahmin edilmiştir. İş için gerekli olan güç çok büyüktür ve sürekli artmaktadır. Bu, Bitcoin ağının güvenliği için önemli bir risk olan madencilerin konsantrasyonuna katkıda bulunur. Ayrıca, Bitcoin madenciliği için kullanılan elektrik üretimi, özellikle Çin'de kömür santrallerinden üretilen elektrik nedeniyle kirletici bir özellik taşır. Madenciler, elektriğin en ucuz olduğu ve sıcaklıkların yüksek olmadığı yerlerde yoğun olarak madencilik yapmaktadır (Guegan, 2018).



2017 yılında yapılan bir araştırmaya göre; dünyada büyük maden havuzlarının yaklaşık dörtte üçü Çin (% 58) ve Amerika Birleşik Devletleri'nde (% 16) yer almaktadır. Madencilik faaliyetlerinin tespit edildiği diğer ülkeler ve bölgeler Şekil 4.5'de gösterildiği gibi, Kanada, Gürcistan, Rusya, İsveç ve Avustralya'yı içermektedir.

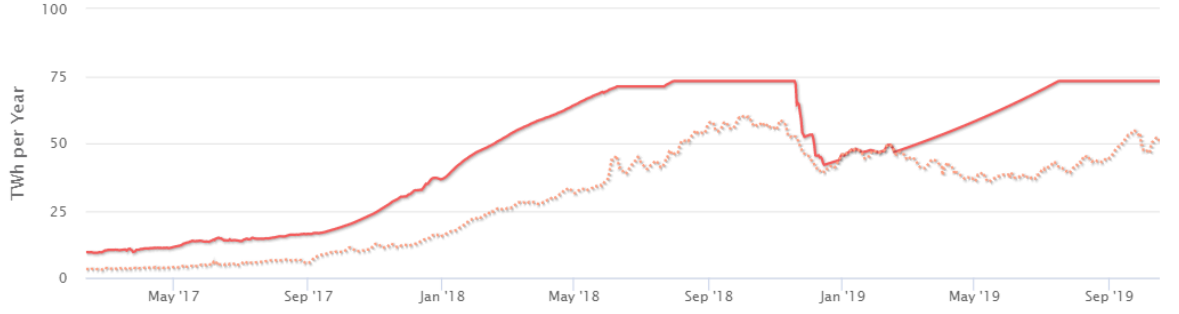


Şekil 4.5: Küresel Kripto Varlık Madenciliği Haritası

Madenciliğin enerji tüketimine katkıda bulunan dört ana faktörü vardır:

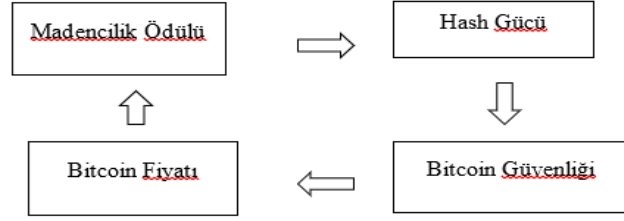
1. Donanım hesaplama gücü,
2. Hashrate,
3. Zorluk (difficulty),
4. Donanım için ısıl düzenleme.

Bitcoin ile etkileşime giren bu faktörler, madenciliğin enerji yoğunluğunu değiştirebilir. Madencilik ağı büyüdükçe, zorluk derecesi ve hash rate artar. Rekabet arttıkça daha fazla enerji tüketen madenciler, daha güçlü ekipmanlar kullanmaya başlayabilir (Clark, Corrie; Greenley, 2019).



Şekil 4.6: Bitcoin Enerji Tüketim Endeksi

Şekil 4.6’da; Bitcoin’in enerji tüketiminin yüksek miktarlara ulaştığı ve çoğu ülkenin tükettiğinden daha fazla enerji gerektirdiği görülmektedir. Bitcoin’in astronomik enerji tüketiminin arkasındaki temel neden Şekil 4.7’de görüldüğü gibi, bitcoin fiyatını da etkileyen “güvenlik” unsurudur.



Şekil 4.7: Bitcoin Madencilik Döngüsü

Bilindiği gibi, Bitcoin işlemlerinde merkezi bir otoritenin olmayışı, kendisini madencilerin gerçekleştirdiği bir görev olarak dış saldırılardan ve yolsuzluklardan korumasını gerektirir. Özellikle kömürden elektrik elde edilen alanlarda yapılan Bitcoin madenciliği, hava kalitesinin kötüleşmesi anlamına gelmektedir. Bitcoin madenciliği her geçen gün daha da yaygınlaşmakta ve daha da fazla enerji tüketmektedir. Bu süreçte, Bitcoin madenciliğinin yoğun olduğu bölgelerde hava kalitesinin kötüleşeceği ve Paris Anlaşması’nda belirlenen hedeflere ulaşılmasında önemli bir engel oluşturacağı anlaşılmaktadır (Dilek, Şerif; Furuncu, 2019:91–105).

#### 4.5.3.5.GÜVENLİK VE OPERASYONEL RİSKLER

Bitcoin en popüler kripto para birimidir ve ilk günden itibaren pazar sermayesi yatırımında ilk sırada yer almaktadır. Kontrol edilemez bir ortama sahip ve merkezi olmayan bir model olduğu için, bilgisayar korsanları ve hırsızlar kripto para birimi

sistemini işlemleri dolandırmak için kolay bir yol olarak görmektedirler. Bitcoin'de mümkün olan ve her zaman mümkün olacak çifte harcama dışında, cüzdan saldırısı (yani müşteri tarafı güvenliği), ağ saldırıları (DDoS, sybil ve eclipse gibi) ve madencilik saldırıları gibi bir dizi saldırı alanı vardır. Tablo 2 ve 3'de, Bitcoin'in potansiyel güvenlik tehditlerine genel bir bakış sunulmaktadır (Conti, Sandeep, Lal, & Ruj, 2018:3416–3452)



Saldırı	Tanımı	Birincil Hedef	Yan Etkileri	Muhtemel Önlemler
Çifte Harcama Saldırısı	Aynı Bitcoin'i birden fazla işlemde harcamak, hızlı bir şekilde art arda çakışan iki işlem göndermek.	Satıcılar veya tüccarlar	Satıcılar ürünlerini kaybeder, dürüst kullanıcıları uzaklaştırır, blok zincir çatalları oluşturur.	Ağa gözlemci yerleştirilmesi, Çifte harcama uyarılarının eşler arasında iletilmesi, Yakındaki eşlerin, en kısa sürede devam eden çifte harcama ile ilgili bilgi vermesi, Tüccarların doğrudan gelen bağlantıları devre dışı bırakması.
Finney Saldırısı	Sahtekâr bir madenci tarafından, müşteriden ürünü alır almaz çifte harcama amacıyla önceden üretilmiş (mined) bir blok yayınlanması	Satıcılar veya tüccarlar	Çifte harcamayı kolaylaştırır.	İşlemler için çoklu onayın beklenmesi.
Kaba Kuvvet Saldırısı	Çift harcama yapmak için blok zincirli çatal (fork) üzerinde özel madencilik yapmak	Satıcılar veya tüccarlar	Çifte harcamayı kolaylaştırır ve geniş blok zincir çatalları yaratır.	Ağa gözlemciler eklenmesi, devam eden çifte harcama hakkında satıcıya bilgi verilmesi.
Vektör 76 veya Bir Doğrulama Saldırısı	Çifte harcama ve Finney atak kombinasyonudur.	Bitcoin değişim hizmetleri	Daha fazla sayıda bitcoin'in çifte harcanması kolaylaştırır.	İşlemler için çoklu onayın beklenmesi.
%50'den Büyük Hashrate veya Goldfinger	Hashrate'in %50'den fazlasının düşmanlar veya rakipler tarafından kontrol edilmesi.	Bitcoin ağı, madenciler, bitcoin değişim hizmetleri ve kullanıcılar	Tek başına veya küçük maden havuzlarında çalışan madencileri uzaklaştırmak, fikir birliği protokolünü zayıflatmak.	Ağa gözlemciler yerleştirmek, İkili harcama uyarısını meslektaşları arasında iletmek, Büyük maden havuzlarını teşvik etmemek.
Blok Atma veya Bencil Madencilik	Haksız bir ödül almak için Bitcoin çatallama (forking) özelliğinin suistimal edilmesi.	Dürüst madenciler (veya maden havuzları)	Dürüst madencilerin hesaplama gücünü israf etmek, Goldfinger saldırısına yol açmak.	ZeroBlock tekniği, DEKOR + protokolü Zaman damgası bazlı teknikler tercih etmek.
FAW (Fork After Withholding) Saldırısı	Bencil madencilik olumsuz etkilerinin ve blok alıkoyma saldırılarının artırmak.	Dürüst madenciler (veya maden havuzları)	Diğer madencilerin kaynaklarını tüketir ve havuz gelirini azaltmak.	Bugüne kadar pratik savunma bildirilmemiştir.

**Tablo 4.1:** Bitcoin Sistemine ve PoW Tabanlı Konsensüs Protokolüne Yapılan Saldırıları

Saldırı	Tanımı	Birincil Hedef	Yan Etkileri	Muhtemel Önlemler
Rüşvet saldırıları	Saldırgan madencilerin kendileri adına madencilik yapması.	Madenciler ve tüccarlar	Çifte harcama veya blok engelleme olasılığını artırır	Dürüst madencilerin ödülleri artırmak, Madencileri uzun vadeli rüşvet kaybına karşı haberdar etmek.
Geri ödeme saldırıları	Saldırgan, mevcut ödeme işlemcilerinin geri ödeme politikalarından yararlanır.	Satıcılar veya tüccarlar, kullanıcılar.	Dürüst kullanıcılar itibarlarını kaybederken satıcılar da para kaybeder.	Doğrulanabilir kanıtlar sunmak.
Ceza ve Tüy çatallama (Punitive and Feather forking)	Dürüst olmayan madenciler belirli bir adresin işlemleri kara listeye alır.	Kullanıcılar	Sonsuza dek kullanıcının bitcoinleri dondurulur.	Açık bir zorluk olmaya devam ediyor.
İşlem Yumuşaklığı	İşlemi geçersiz kılmadan TXID'yi değiştirilmesi	Bitcoin değişim merkezleri	Çifte harcama durumlarındaki artış nedeniyle zarar fonlarını değiştirir.	İşlem doğrulama için çoklu ölçümler yapmak, alışveriş kolaylığı için esnek "geri ödeme" işlemi sağlamak.
Zaman aşımı	Saldırganın, madencilerin çoğunluğunun saatini hızlandırması.	Madenciler	Madenciyi izole etmek ve kaynaklarını israf etmek, madencilik zorluğu hesaplama sürecini etkilemek	Tolerans aralıklarını kısıtlamak, Ağ Zaman Protokolü veya güvenilir eşlerden alınan değerler üzerinde zaman örnekleme.
DDoS	Ağ kaynaklarını tüketmek için ortak bir saldırı	Bitcoin ağı, işletmeler, madenciler ve kullanıcılar	Dürüst kullanıcılara / madencilere verilen hizmetleri reddetmek, madencileri izole etmek veya uzaklaştırmak.	Faaliyet Kanıtı (Proof of Activity-PoA) protokolü, hızlı doğrulama imza tabanlı kimlik doğrulama
Sybil	Saldırgan birden fazla sanal kimlik oluşturur.	Bitcoin ağı, madenciler ve kullanıcılar	Zaman kazandırma, DDoS ve çift harcama saldırılarını kolaylaştırır, kullanıcı gizliliğini tehdit eder	İki parti karıştırma protokolü (two-party mixing protocol)
Eclipse veya netsplit	Saldırgan, mağdurun tüm gelen ve giden bağlantılarını tekelleştirir	Madenciler ve kullanıcılar	Ağ ve blok zincirinin tutarsız görünümü, birden fazla onayla çift harcamaları etkinleştirme	Beyaz listeyi kullanma, gelen bağlantıları devre dışı bırakma.
Rüşvet ile kandırmak (Tampering)	İşlemlerin ve blokların belirli düğümlere	Madenciler ve kullanıcılar	DoS saldırıları düzenlemek,	Blok talep yönetim sistemini iyileştirmek.

	yayılmamasını geciktirmek		hatalı madencilik avantajını artırmak, çift harcama	
Yönlendirme saldırıları	Blok yayılımını geciktirerek Bitcoin ağında bir dizi düğümü ayırma	Madenciler ve kullanıcılar	Hizmeti engelleme saldırısı, 0 doğrulama çift harcama olasılığını artırır, çatal oranını artırır, havuzların madencilik gücünü israf etmek	Düğüm bağlantılarının çeşitliliğini arttırmak, gidiş dönüş süresini izlemek.
Sahipli hale getirme (de-anonymization)	IP adreslerini bir Bitcoin cüzdanı ile bağlama	Kullanıcılar	Kullanıcı gizliliği ihlali	Hizmetleri karıştırma, CoinJoin, CoinShuffle

**Tablo 4.2:** Bitcoin Ağ Sistemine ve Kuruluşlarını Hedefleyen Hatalı Davranış Saldırıları

## 4.5.3.6. BITCOIN'E AİT AMPİRİK BİLGİLER

### 4.5.3.6.1. FİYAT

Bitcoin, yüksek piyasa değeri ile dünyanın en büyük dijital varlığı haline gelmiştir.



Şekil 4.8: Bitcoin'in Piyasa Değeri, Dolar Ve BTC Bazında Fiyatı Ve Hacimini Gösteren Grafik

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi, Bitcoin'in toplam piyasa değeri; 144.136.916.757\$ (834.856.193.252 TL) ve dolar bazında birim fiyatı 8.006.44\$ (46.374.14 TL)'a ulaşmıştır. Fiyatı bu denli ve hızla artan Bitcoin, bazı yatırımcılar için büyük getiriler sağlamıştır ve "Bitcoin Milyonerleri" denilen hikayeleri üretmiştir ("What Causes Volatility In Bitcoin?," t.y.).

### 4.5.3.6.2. LİKİDİTE

Piyasadaki türbülans sırasında bile yüksek ve istikrarlı likidite, iyi işleyen bir pazar için en önemli bileşenlerden biridir. Bir piyasanın yüksek likidite elde etmesi için alıcılar ve satıcılar arasında sıklıkla işlem yapılması gerekir. Piyasa, ticaretin problemsiz veya rahatsızlık duymadan ilerleyebileceği şekilde düzenlenmelidir. Bu düzenlemeler, arz ve talep arasında iyi bir denge kurarak adil ve güvenilir bir piyasa fiyatına yol açacaktır (Oxelheim, 1996). Eğer rasyonel bir yatırımcı likit ve likit olmayan bir varlık arasında seçim yapmak zorunda kalırsa, likit olanı, hemen uygun bir fiyattan satılabileceği için seçecektir. Dolayısıyla likiditesizlik, yatırımcının derhal adil bir piyasa fiyatı elde edememesi anlamına gelir. Bir varlığın fiyatı, likidite ile negatif yönde ilişkilendirilmelidir. Bu nedenle, farklı likidite özelliklerine sahip iki

özdeş varlık aynı şekilde fiyatlandırılmamalıdır. Likit olmayan varlık için fiyat, daha yüksek likit olmama durumu için bir tazminat olarak düşük olmalı ve bunun sonucunda yatırımcının üstlendiği risk nedeniyle daha yüksek beklenen getiri sağlanmalıdır (Amihud, 2002:31–56).

Kripto para birimlerinin oluşması ve teknolojisi nedeniyle piyasa hala likit değildir. Likit olmayan piyasalar yüksek düzeyde oynak olma eğilimindedir, çünkü daha büyük bir diziye sahip olan herkes kripto para birimi fiyatlarını kolayca bozabilir. Likiditeyi değerlendirmek için en yaygın iki gösterge; hacim ve Bid-Ask yayılımıdır (Aziz, n.d.).



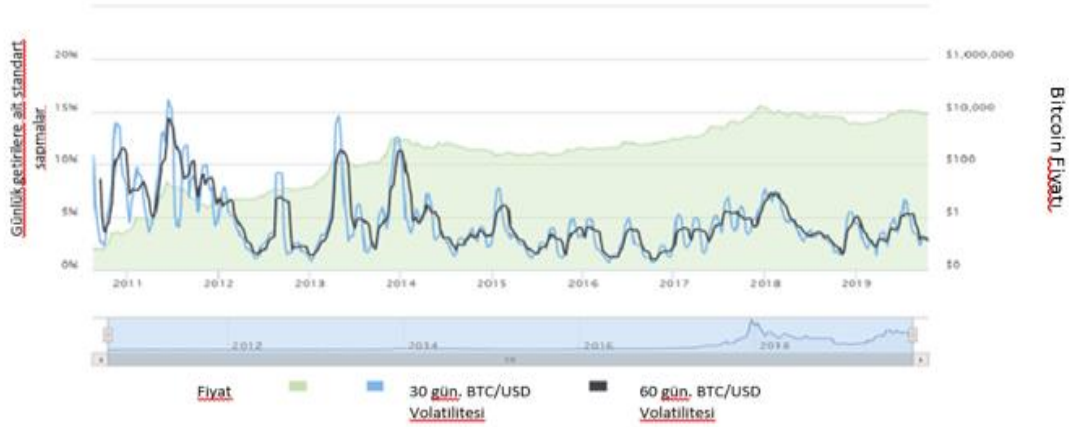
**Şekil 4.9:** Bitcoin Ticaret Hacmini Gösteren Grafik

Şekil 4.9'da Hacim 24 saatlik bir süreyi yansıtır. Hakimiyet (Dominance), tüm kripto para birimi piyasası karşısında bitcoin hacminin bir ölçüsüdür. Şekil 4.9 incelendiğinde, Bitcoin'in ticaret hacminin düşüş eğilimi izlediği görülmektedir. Bu durum Bitcoin likiditesinin yüksek olmadığını gösterir.



#### 4.5.3.6.3. VOLATİLİTE

Varlıkları karşılaştırırken bir diğer önemli husus risktir. Bir varlığın fiyat değişkenliğini hesaplamak, bunu yapmanın en yaygın ölçütlerinden biridir. Fiyat oynaklığı, fiyat dalgalanmalarını ve değişkenliğini ölçer. Yüksek volatilité, fiyatta daha fazla dalgalanma olduğunu gösterir ve dolayısıyla daha yüksek bir risk anlamına gelir. Likidite; likid bir varlığın genellikle aynı, ancak daha likit olmayan bir varlığa göre daha düşük bir volatilitéye sahip olması ile ilgilidir. Fiyatın etkisi, likid bir varlık üzerinde daha düşüktür ve bu nedenle fiyatı etkilemeden işlem yapmak kolaydır, bu da daha düşük oynaklığa katkıda bulunur (Wegdell, Alexander-Andersson, 2014).



Şekil 4.10: Bitcoin Fiyatı ve Volatilitésini Gösteren Grafik

Şekil 4.10'a göre, Bitcoin'in volatilitésini giderek azalan bir seyir göstermektedir.

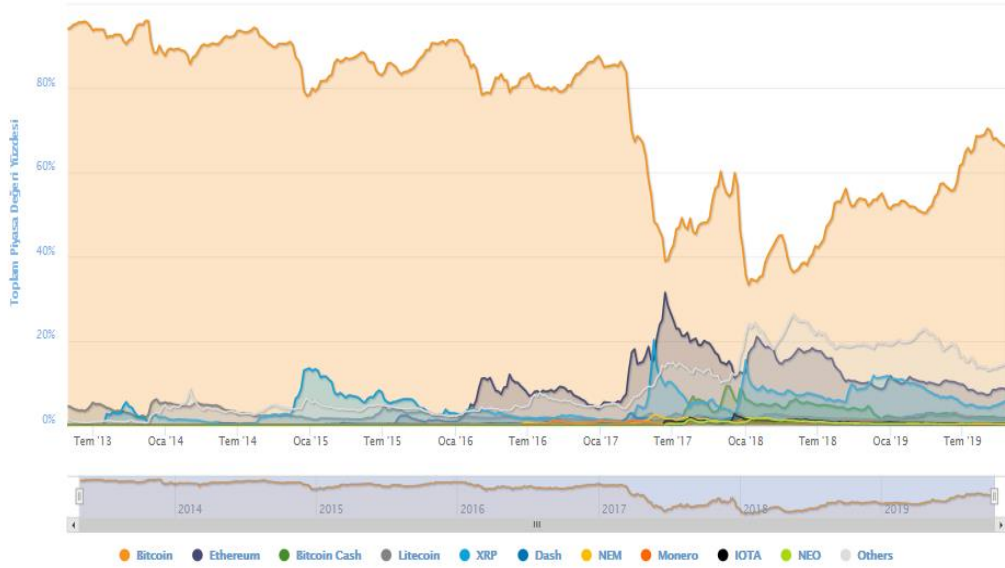
#### 4.5.3.6.4. AĞ ÖZELLİKLERİ

Şekil 4.11’de günlük onaylanan bitcoin işlemlerinin sayısı gösterilmiştir.



Şekil 4.11: Günlük Onaylanan Bitcoin İşlemlerinin Sayısını Gösteren Logaritmik Grafik

Zamanla Bitcoin işlemlerinin sayısı artmaktadır.

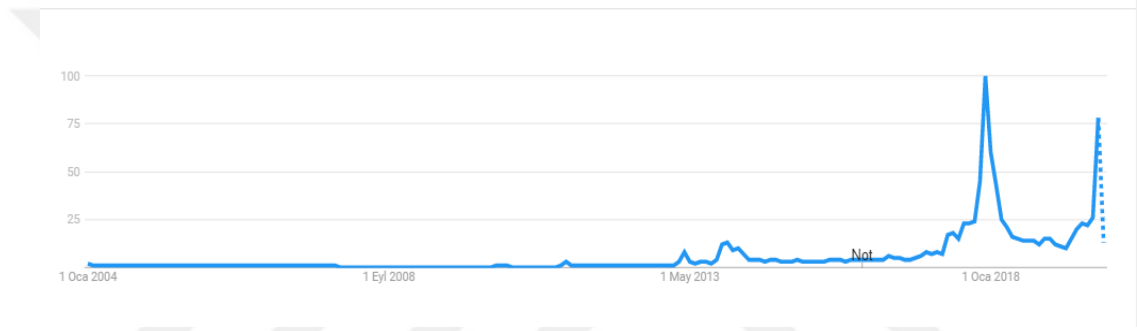


Şekil 4.12: Bitcoin’in Toplam Piyasa Değeri Yüzdesi

Günlük işlem sayısı artmasına rağmen, bu işlemlerin toplam piyasa kapitalizasyonuna göre değeri Şekil 4.12’de görüldüğü gibi, olumsuz bir eğilime sahiptir.

#### 4.5.3.6.5. SPEKÜLASYONLAR

Bitcoin fiyatının olası itici güçlerinden biri popülaritesidir. Basitçe söylemek gerekirse, Bitcoin'e olan ilginin artması, aslında ona yatırım yapmanın basit bir yolu ile bağlantılı olarak, artan talebe ve dolayısıyla fiyatların artmasına neden olur. Bitcoin'e olan ilgi 'Google Trend' kullanılarak ölçülür (Kristoufek, 2015:10-11). Tüm insanlara ücretsiz olan ve açık erişim sağlayan Google Trend, 2009 yılında tanıtılmıştır (Evangelos, 2015).



Şekil 4.13: Google Trend ile Zaman İçerisinde Bitcoin'e Gösterilen İlgini Gösteren Grafik

Şekil 4.13'de "Bitcoin" kelimesinin ne kadar sıklıkla arandığı gösterilmektedir. Özellikle 2013 yılından sonra, Bitcoin kelimesinin internet ortamında taranma sıklığı artış göstermiştir. Bitcoin dünya çapında artan ilgi çekerken, sosyal medya paylaşım oranı da yükselmiş ve bu olay kullanıcılar tarafından günlük bitcoin alım miktarında ciddi bir artışa yol açmıştır. Ayrıca, yüksek arama hacimlerinin bir sonucu olarak, Bitcoin fiyatı da artmaya devam etmiştir. Bu şekilde medyanın, merak uyandırarak yüksek arama hacimleri ve fiyatları arasında bir aracı rolü oluşmuştur (Garcia, Tessone, Mavrodiev, & Perony, 2014:1-8; Georgoula, Pournarakis, Bilanakos, Dionisios, & Giaglis, 2015:1-14). Bu durumun, bitcoin'in spekülasyon yapısına bağlı olabileceği düşünülmüştür (Kristoufek, 2013:1-7).

Spekülasyonların ilk aşaması, gizli aşama olarak adlandırılır. Sadece bir kaç kişi ortaya çıkan yeni varlıktan haberdardır. Bu kişiler her ne kadar bu yeni varlığın geleceği hakkında bilgi sahibi olsalar da, çok yeni olduğu için para yatırmanın riskini de görmektedir. Varlığa ait fiyatlar yavaşça artmakta ancak, halk henüz bu durumu hissetmemektedir. Bu noktada, daha fazla yatırımcı “Fısıltı” duymaya başlar. Bir hareketlenme olur, daha fazla para gelir ve piyasa güçleri fiyatları daha da yukarı çeker. Fiyat belirgin bir şekilde yükselir yükselmez, ilk yatırımcılar satış aşamasına geçerler. Aşamanın sonu yaklaştıkça varlık, medyadan daha fazla ilgi görmeye başlar ve konu ile ilgili çok bilgi sahibi olmayan ancak yatırım yapmak isteyen kişi sayısı artar. Geleceğe dair beklentiler çok parlaktır. Yatırımcılar daha fazla para kazanırken, daha yüksek beklentiler doğar ve fiyatlar katlanarak artar. Bu durum, daha fazla yatırımcı çeker ve herkesin kârlı görüldüğü bir yatırım çılgınlığına dönüşür. Gerçekleşen bu durum; “aşırı ticaret” (Adam Smith) veya “saf spekülasyon” (Charles Kindleberger) olarak bilinir ve insanlar sadece artan fiyatlara dayanarak yatırım yapmayı seçtiğinde ortaya çıkar. Bu aşama, rasyonalite ve mantık yerine, sadece grup psikolojisi ile ilgilidir. Sonunda, bir tür tetikleyici olay meydana gelir ve herkesin hemen hemen aynı anda tepki verdiği büyük bir zincirleme reaksiyonu başlatır. Geleceğe dair beklentiler kaygı verici hale dönüşür ve fiyatlar düşmeye başlar. Yatırımcılar durumu inkar etmeye ve diğerlerini sadece geçici bir durum olduğuna ikna etmeye çalışır. İnsanlar varlıklarını satmaya başlamak istediklerinde alıcılar azalmıştır, çünkü fiyatlarda daha fazla düşüş beklenmektedir (Kindleberger & Aliber, t.y.; Rodrigue, t.y.).

Bitcoin ile ilgili ilk aşama; 2001 yılında gerçekleşen Kıbrıs Bankacılık Krizinden önceki aşama olarak kabul edilebilir. Bu aşamada medyanın bitcoin üzerindeki ilgisi çok yoğun değildir ve çok az insan konu hakkında bilgi sahibidir. Gerçek kullanıcılar, temel olarak teknolojiyi iyi anlayan kullanıcılarıdır. Medya, Kıbrıs'ta artan Bitcoin etkinliğine dikkat çekmeye başladığında, süreç ikinci aşamaya geçmiştir. Potansiyel bir yatırım olarak Bitcoin hakkındaki fısıltı ve bunu takiben fiyatlar yükselmiştir. Daha sonra, nakit para kazanmaya başlayan ilk spekülâtörler ellerindeki Bitcoin'leri satmaya başladığı için, göze çarpan bir fiyat düşüşü yaşanmıştır. Literatürde çılgınlık aşaması, Çin'in Bitcoin'e duyduğu devasa ilginin

doğmasıyla ilişkilendirilmiş, fiyat Kasım 2013'ün sonunda yükselişe geçmiş ve sonunda Çin'in finansal kuruluşlarının bitcoin ile ticaret yapmalarını yasaklama kararıyla tetiklenmiştir. Sonrasında kısa, geçici bir iyileşme olmuş ancak fiyat, sonunda düşüş trendi izlemiştir (Wegdell, Alexander-Andersson, 2014).

#### **4.5.3.6.6. KABUL EDİLEN BİR PARA BİRİMİ**

Literatürde Bitcoin'in küresel bir para birimi mi, yoksa bir varlık mı olduğu, çalışmaların hangi kavram üzerine kurulması gerektiğine dair araştırmalar ortaya çıkmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi paranın ekonomide üç farklı fonksiyonu vardır: Değişim aracı, değer deposu ve hesap birimi olmasıdır.

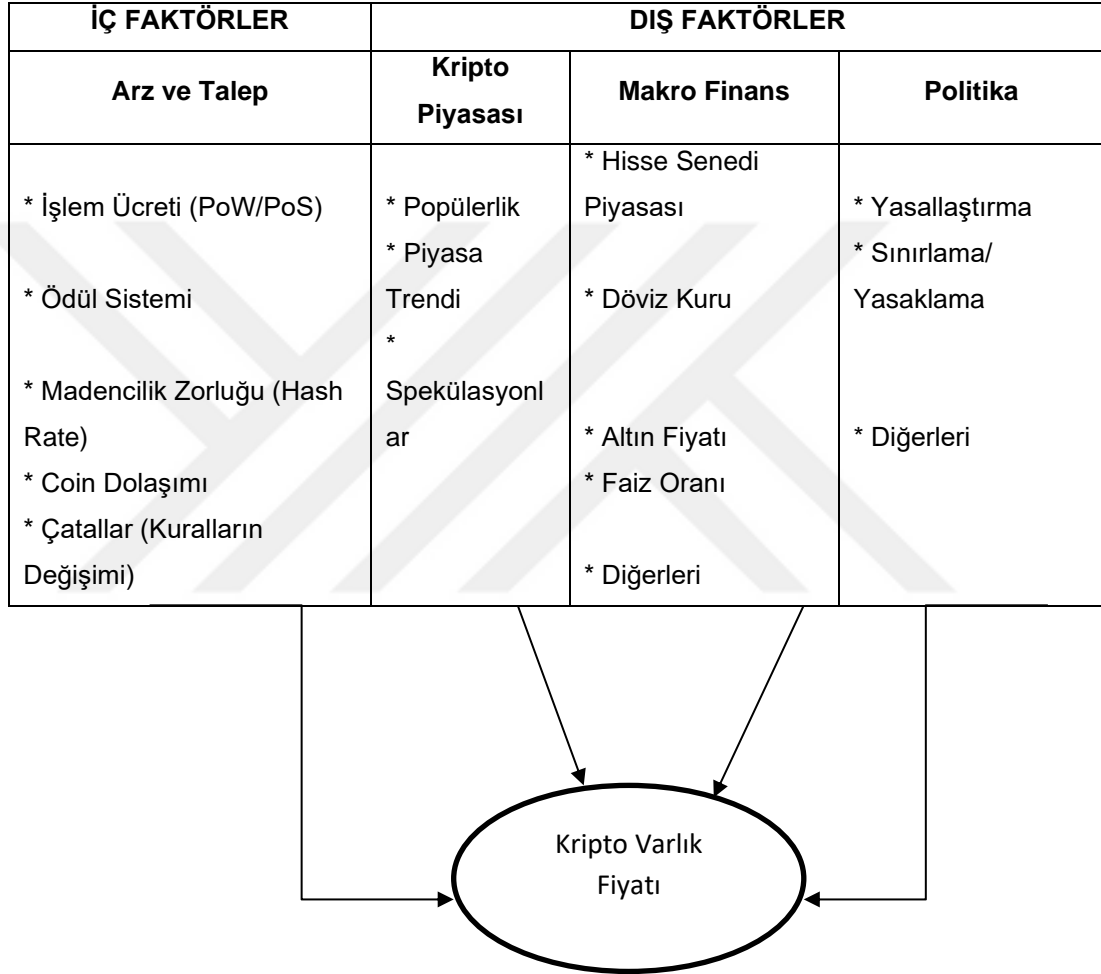
Üç farklı fonksiyondan ve bugün karşılanmaktan en uzak olanı, Bitcoin'in bir *hesap birimi* olarak işlev görmesidir. İnsanların Bitcoin'i gerçekten kabul etmeleri ve benimsemeleri için, bir malın veya hizmetin fiyatını Bitcoin'den dolara dönüştürmek yerine, "Bitcoin para birimi cinsinden düşünmeye" başlaması ve kendilerine bitcoin para birimi cinsinden ne kadar mal olacağını sormaları gerekir. Ancak, Bitcoin fiyatı çok değişkendir. Örneğin, bugün 4 dolara alınan bir kahve, ertesi gün 2 dolara alınabilir. Ardışık iki gün boyunca kahve; Bitcoin cinsinden aynı şekilde fiyatlandırılrsa da, kahvenin ikinci gün ABD Doları cinsinden fiyatı, fiyatının yarısı, fiyatının iki katı, fiyatının on katı veya para birimi o gün ne ise, o olabilir. Bu, Bitcoin ödemelerini sürekli kabul eden satıcıların, şu anki değerlerini ABD Doları cinsinden temsil etmeleri için mallarının fiyatlarını ayarlaması gerektiği anlamına gelir (Yermack, 2013). Son olarak, bir Bitcoin'in normal malların fiyatına göre yüksek maliyeti, tüccarların çoğu mal için Bitcoin fiyatlarını dört ya da beş ondalık basamaklı olarak teklif etmelerini gerektirir. Ancak, modern muhasebe sistemlerinin çoğu, bir malın fiyatında (beş değil) iki ondalık nokta barındırır. Para aynı zamanda bir *değer deposu* olarak hizmet ettiğinden, bu değer istikrarı daha da önemlidir. Bitcoin tamamen talebe göre fiyatlandırıldığından, bir bitcoinin değerinin ne kadar olduğuna dair istikrar sınırlıdır ve bu durum işleri daha karmaşık hale getirir. Daha önce de belirtildiği gibi, grup psikolojisi oynaklığı artırabilir ve istikrarsızlığa neden olabilir. Bitcoin'in değişken fiyat yapısı, fiyatlar yükselirken paranın değer depo fonksiyonu için bir tehdit olarak görünmeyebilir; ancak fiyatlar düştüğünde insanlara sabit değer, değer deposunun önemli bir yönü olduğunu hatırlatır. Etkili bir *takas aracı* olmak için ise, mal ve hizmet

karşılığında para kabul edilebilir olmalıdır. Bitcoin, sınırlı sayıda mal için bir değişim aracı olarak kullanılabilir. Bitcoin'in, bir değişim aracı olarak güvenilirliği, Richard Branson, uzay aracına binmek için Winklevoss ikizlerinden Bitcoin'i kabul ettiğinde artmıştır. Bitcoin'de ödeme kabul eden şirket sayısı artarken, bu işlemler hala ekonominin küçük bir bölümünü temsil etmektedir. Ayrıca, Bitcoin eşler arası bir ödeme sistemi olarak oluşturulmuşken, tüketiciler ve şirketler arasında gerçekleşen Bitcoin işlemlerinin birçoğu "Bitcoin'i geleneksel para birimlerine dönüştürerek işlemleri kolaylaştıran ve yapan araçlar" dır. Ayrıca, insanlar genellikle zaman içinde sabit değeri koruyan hizmetlere veya bir ürün sepetine kıyasla bir değişim ortamını tercih eder. Örneğin, Federal Reserve'in enflasyon hedefi yıllık yüzde 2'dir. Bu hedefe ulaşıldığında, ABD dolarının alım gücü yılda yüzde 2 oranında azalacaktır. FED, bu enflasyon seviyesinin "fiyat istikrarı" olduğunu; insanların ekonomik kararlarıyla neredeyse ilgisiz olacak kadar düşük ve istikrarlı bir enflasyon oranı olduğunu söylemektedir. Ancak Bitcoin'in değeri, tarihi boyunca istikrarlı olmamıştır (Wegdell, Alexander-Andersson, 2014; Wolla, 2018).

Dünyadaki insanların bir kısmı, bir gün küresel kabul görmüş bir para birimi olarak kabul edileceğini umarak Bitcoin kullanıyor olsa bile, Bitcoin'in para birimi olarak işlev görmesi için hızın artması ve daha fazla insanın mal ve hizmet satın almak için kullanmaya başlaması gerekir. Şu ana kadar Bitcoin kullanıcılarının çoğunluğu, medyanın da etkisi ile bir yatırım karının olanaklarını gören spekülasyonculardır. Dolayısıyla Bitcoin, "*Değişim aracı olarak kullanılacak spekülasyon bir finansal varlık, bir Emtia'dır*" (Goldman Sachs, 2014; Vianna, 2017:1–20).

#### 4.5.4. KRİPTO VARLIK FİYATLAMASINI ETKİLEYEN EKONOMİK FAKTÖRLER

Kripto varlıkların fiyatı, Şekil 4.14’de gösterilen iç ve dış faktörlere göre değişir. Arz ve talep, piyasa fiyatı üzerinde doğrudan etkisi olan iç faktörlerdir (Sovbetov, 2018:1–27).



Şekil 4.14: Kripto Varlık Fiyatını Etkileyen Faktörler

Talep ve arzdaki değişiklikler, herhangi bir pazarda satılan fiyatların ve miktarların gelişimini sağlar. Marshall (1920), talep edilen miktarın fiyattaki düşüşle birlikte arttığını belirterek genel talep yasası ilkesini belirlemektedir. Bu talep analizinde temel bir varsayımdır. Arz ise, üreticilerin ve firmaların bir malın her pazar fiyatı için satmaya hazır oldukları miktardır. Arzın temel prensibi, fiyattaki düşüşün arz miktarında düşüşe yol açmasıdır. Smith (1863), bir ürünün fiyatındaki düşüşün, bu ürünün fiyatı doğal fiyatına ulaşana kadar tedarikçilerin miktarını azaltmasına neden

olacağını belirtmiştir. Arz ve talep karşılıklı olarak, piyasa dengesi ile ifade edilen “fiyat” ı belirler (Brækkan, 2014).

#### 4.5.4.1. ARZ

Herhangi bir varlık fiyatının önemli belirleyicisi, arzıdır. Para arzı, banka hesaplarındaki nakit, madeni para ve hesap bakiyeleri gibi dolaşımdaki toplam para miktarıdır. Para arzı genellikle, hane halklarının ve işletmelerin ödeme yapmak veya kısa vadeli yatırımlar yapmak için kullanabileceği emniyetli bir varlık grubu olarak tanımlanmaktadır (FED, 2015). M1, M2 ve M3 gibi parasal taban da dahil olmak üzere, para arzının çeşitli standart ölçümleri vardır:

M1: Kamu tarafından tutulan para birimi toplamı ve ticari bankalar, tasarruf bankaları ve kredi birlikleri gibi finansal kurumlardaki işlem mevduatından oluşur.

M2: M1’e ek olarak, Tasarruf Mevduatı ve Ticari Bankalardaki Tasarruf ve Mevduat Defterlerinden oluşur (FED, 2015).

M3: M1+M2’ye ek olarak vadeli mevduatları içerir (Balmer, 2007).

Para arzı tanımına veya ölçülerine ilişkin üç alternatif görüş vardır:

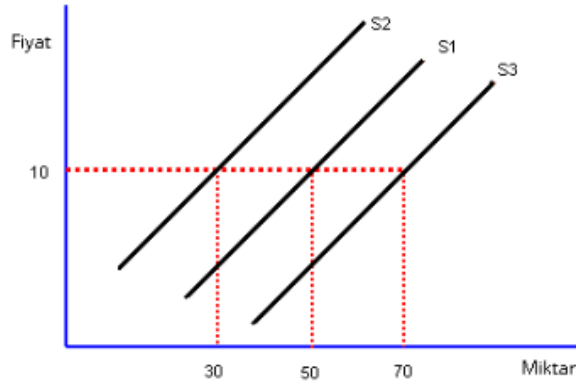
- En yaygın görüş, paranın “*değişim işlevini*” vurgulayan geleneksel ve Keynesyen düşünce ile ilişkilidir. Bu görüşe göre para arzı, M1 para arzı olarak ifade edilir.
- İkinci görüş, Friedman’ın önderliğini yaptığı “Modern Sayısal Kuramcılar” ile ilişkilidir. Profesör Friedman’a göre para arzı, M1’e ek olarak, ticari bankaların vadeli mevduatlarını da içerir ve M2 olarak adlandırılır.
- Gurley – Shaw’ın öncülük ettiği üçüncü tanım, para arzının en geniş tanımıdır. Bu tanıma göre, M1+M2’ye ek olarak tasarruf bankaları mevduatları, kredi birlikleri ve diğer kredi ve finans kurumlarının mevduatları da yer alır (“The Supply Of Money,” t.y.).



Arz'ı belirleyen faktörler:

- Verimlilik (işçiler, makineler ve / veya montajlar),
- Girdiler (Bir ürünü üretmek için gereken malzemelerin fiyatındaki değişiklik),
- Hükümet Faaliyetleri (Vergiler ve Düzenlemeler),
- Teknoloji (Makinelerdeki ve üretimdeki gelişmeler),
- Çıktılar (Diğer ürünlerdeki fiyat değişiklikleri),
- Beklentiler (geleceğe bakış) ve
- Sanayinin Büyüklüğü (Sektördeki şirket sayısı) dır.

Fiyat dışında, malın arzını etkileyen bir faktör değiştiğinde arz eğrisi de değişir.



Şekil 4.15: Arz Eğrisi

Şekil 4.15'de görüldüğü gibi; eğri sağa doğru kaydığında arz artarken, sola doğru kaydığında arz azalır. Arz eğrisindeki bu kaymaya etki eden faktörlerden biri üretim maliyetindeki değişimdir, diğeri ise üretimde teknolojinin oynamış olduğu roldür. Üretim maliyetinde bir artış veya azalış meydana gelir ise, arzda da artış ya da azalış görülür. Teknoloji de meydana gelen olumlu ya da olumsuz değişimler de arzı benzer şekilde etkiler. Örneğin bir ürünün üretiminde kullanılan teknolojiye önemli bir gelişim olduğunda, bu üretilen ürün miktarını arttıracaktır. ("The Laws of Supply and Demand," t.y.:1-37)

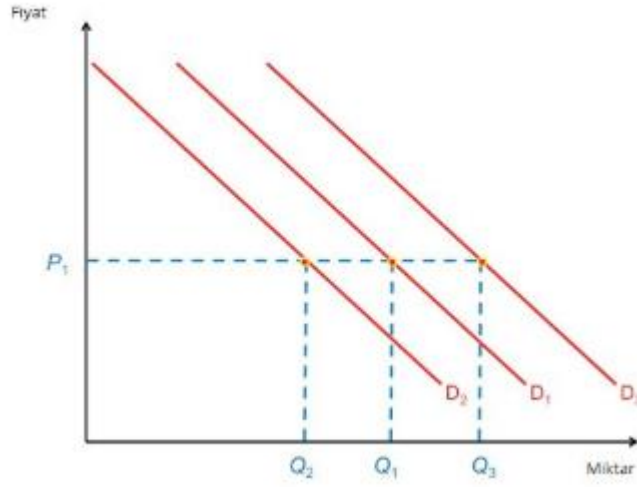
#### 4.5.4.2. TALEP

İktisat teorisi, talebin iki faktörden oluştuğunu savunur. Bunlardan ilki, bir malı belirli bir fiyattan satın alma isteğini belirleyen ‘malı alma isteği veya zevk’ tir. İkincisi ise, bireylerin belirli bir fiyattan bir malı satın alması için yeterli servete veya gelire sahip olması gerektiğini belirten ‘satın alma yeteneği’ dir. Her iki talep faktörü de piyasa fiyatına bağlıdır. Bir ürünün piyasa fiyatı düşük olduğunda, talep yüksek olacaktır. Ürünün fiyatı yüksek olduğunda ise, talep düşük olacaktır. Bir ürünün fiyatı çok yüksek olduğunda ise, talep düşecektir, çünkü tüketiciler ürünü çok fazla satın almak isterken, satın alma yetenekleriyle sınırlıdır (Whelan & Forrester, 1996).

Para ve sanal para birimi için iki ana talep türü tanımlanabilir: “İşlem Talebi” ve “Spekülatif Varlık Talebi”. Para ve sanal para birimlerine olan *işlem talebi*, ödemelerin ve makbuzların mükemmel bir senkronizasyonunun olmamasından kaynaklanır. Piyasa katılımcıları, ödemeler ve makbuzlar arasındaki boşluğu doldurmak ve günlük işlemleri kolaylaştırmak için para veya sanal para tutabilir. *Spekülatif varlık talebi* ise, işlemlerdeki nakit ihtiyaçlardan kaynaklanmaz. Bunun yerine, finansal piyasalarda ortaya çıkabilecek potansiyel kar fırsatlarından kaynaklanır. Spekülatif varlık talebi bono - tahvil gibi finansal varlıklara yapılan yatırımlardan kaynaklanan sermaye kaybını önlemek amacıyla elde edilen nakit anlamına gelir (Ciaian, Rajcaniova, & Kancs, 2017:7).

“Talebi” belirleyen faktörler:

- Diğer malların fiyatı (ikame veya tamamlayıcı),
- Görünüm (geleceğin tüketici beklentisi),
- Gelir (normal mallara karşı düşük mallar),
- Potansiyel müşteri sayısı ve
- Eğilimler.

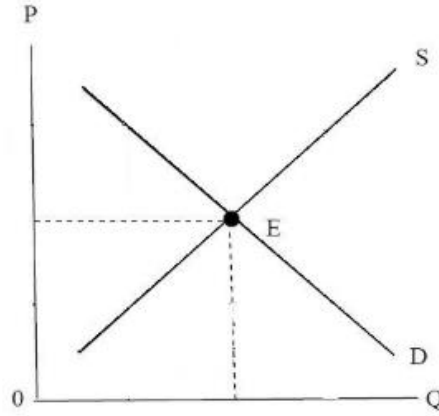


Şekil 4.16: Talep Eğrisi

Bir malın talebini etkileyen bir faktör (fiyat hariç) değiştiğinde talep eğrisi de değişir. Talep arttığında eğri sağa doğru kayarken, talep düştüğünde eğri sola doğru kayar. Müşterilerin gelirlerinde meydana gelen artış veya azalışlar, ikame ya da rakip malların talebinde gerçekleşen değişiklikler, tüketici zevklerinde veya alışkanlıklarında meydana gelen değişimler talep eğrisinde kaymalara neden olur (“The Laws of Supply and Demand,” t.y.:1–37).

#### 4.5.4.3. PİYASA DENGİ MEKANİZMASI

Denge kavramının teorik anlamları çok çeşitlidir. Fiziksel bir kavram olarak, “denge” iki kuvvet arasında bir denge veya dinlenme pozisyonu olduğunu gösterir. Biyolojik olarak denge kavramı, organizmalar ve çevreleri arasındaki dinamik ilişkinin bir yönü olarak görülebilir. Makroekonomik ölçekte ise denge; talep edilen fiyat miktarının, tedarik edilen fiyat ile aynı olması durumunda gerçekleşir. Kısa vadede, fiyat talebi ve fiyat arzı değişiklik göstermez, üreticiler piyasa fiyatını denge fiyatına eşit olarak değiştirir.



Şekil 4.17: Denge Eğrisi

Bu fiyat dengesi mekanizması, statik fiyat dengesi olarak adlandırılır. Uzun vadede, piyasa fiyatı denge fiyatından yüksek veya düşük olduğunda, fiyat talebi ve fiyat arzı yeni pazar dengesine ulaşmak için değişecektir. Bu fiyat dengesi mekanizmasına dinamik fiyat dengesi denir. Piyasa dengesi mekanizması, firmanın ve müşterinin piyasa yapısındaki davranışlarını açıklar (Trinh, 2014:569–587).

Ekonomistler piyasa dengesini açıklamak için bir takım parasal teoriler üretmiştir: Ekonominin en eski yazarları olan antik Yunanlılar, ekonomiyi bir denge sistemi olarak algılayan ilk kişiler olmuştur. Bu fikrin ilk ifadelerinden biri Socrates'ın öğrencisi olan Xenophon'un (MÖ 430-354) yazılarında bulunabilir. Bakır fiyatının, bakır ticaretinin karlılığına bağlı olduğunu belirterek, faktör ve emtia fiyatlarının arz değişiklikleriyle ilişkili olduğunu öne sürmüştür (Rothbard, 1995). Ayrıca, sabit fiyat olarak denge fikrini öne süren Aristoteles (MÖ 384-322), tüccarların değiş-tokuş yaparak karşılıklı fayda elde ettiklerini söylemiştir (Lowry, 1969:44–66).

Yüzyıllar sonra, Thomas Aquinas (1225-1274) bir değer düzenleyicisi olarak insan isteginin yoğunluğunu vurgulamış ve bu nedenle, arz ve talep fiyat teorileri olarak denge teorisini ikiye ayırarak incelemiştir (Tieben, 2012). On altıncı yüzyılda, ekonomi üzerine Skolastik düşünce Salamanca Okulu tarafından sürdürülmüştür. Luis Molina (1535-1600) ve Kardinal Juan de Lugo (1583-1660) bu düşüncenin öncüleri isimleri olmuştur (Rothbard, 1995:101-127). Fransız yazar Pierre de Boisguilbert

(1646-1714) denge kelimesinin ekonomik literatüre girmesini sağlamıştır.<sup>1</sup> Aynı dönem boyunca Fransız fizikçi François Quesnay (1694-1774), mükemmel bir denge koşulunda üretim ve tüketimi gösteren ekonomik ilişkiler tablosunu (Tableau Économique) inşa etmiştir. Quesnay's Tableau, Say'ın piyasalar yasasının temelidir. Bu yasa, toplam arzın değerinin her zaman toplam talebe eşit olacağını belirten makroekonomi için, bir denge koşulu tanımlamıştır (Sowell, 1972). Tamamen entegre bir fiyat teorisi, tüm fiyatları aynı arz ve talep ilkesinin örnekleri olarak gören Alfred Marshall'ın (1842-1924) çalışması ile bulunmuştur. Marshall'ın elinde denge teorisi, ekonomik analizde zaman sorunu ile başa çıkma yöntemi haline gelmiştir. Düzeltme hızlarına göre sebepleri izole etmiş ve piyasa dengesi koşullarını incelenen süreye uygun nedenler açısından analiz etmiştir (Tieben, 2012). 1929'da Hayek, Lozan okulunun denge teorisini tüm ekonomik açıklamaların başlangıç noktası olarak görmüştür (Hayek, 1993). Ancak Hayek, 1933'te bu teorinin temelinde yatan mükemmel rekabet modeli ile merkezîyetçi bir ekonomide koordinasyon sorununu analiz etmenin yanlış olduğunu fark etmiştir. İlerleyen zamanlarda Keynes, farklı zaman dilimlerinde dengeler arasında ayırım yaparak, beklentilerin ve üretimin sabit olabileceği kısa vadeli makroekonomik denge sorunlarını vurgulamıştır (Kregel, 2013:209–225). Ancak; Kristoufek'e (2013) çalışmasına göre, Bitcoin belirli bir merkez bankası veya hükümet tarafından kontrol edilmediğinden reel ekonomiden ayrılır. Bu durum, para politikaları ile Bitcoin fiyatını kontrol etmeyi imkansız hale getirmiştir. Bu nedenlerden ötürü Bitcoin'in fiyat oluşumu gelecek nakit akış modeli veya satın alma gücü paritesi gibi standart ekonomik ve finansal teorilerle açıklanamaz (Kristoufek, 2013:1–7).

---

<sup>1</sup> (Tieben, 2012), p. 3.

#### 4.6. FİNANSAL PİYASALARDA FİYAT ÇEVİRİMLERİ

Spekülasyon, bir varlığın veya finansal aracın fiyatının gelecekte artacağını umarak satın alınmasıdır. Spekülatif yatırımcılar, bir varlığın temel analizinden ziyade piyasa fiyatının teknik analizine dayanarak karar alma eğilimindedir. Spekülatörler; varlıkları, finansal araçları, emtiaları veya para birimlerini gelecekte umdukları daha yüksek bir fiyattan satabilmek amacıyla satın alan; bir başka deyişle, spekülatif yatırımlarla uğraşan insanlardır. Boğa ve ayı olarak tanımlanan iki tip spekülatör vardır. *Boğa spekülatörü*, hisse senetlerinin fiyatlarının yükselmesini bekleyen, finansal varlıkları gelecekte daha yüksek bir fiyata satmak umuduyla satın alan spekülatördür. *Ayı spekülatörü* ise, finansal varlıkların fiyatlarının gelecekte düşmesini bekleyen kişidir. ("What is Speculation?," t.y.)

19. yüzyılın sonlarında Charles Dow tarafından ortaya astılan ve William Hamilton tarafından geliştirilen Dow teorisi ile finansal varlıkların fiyatlarında meydana gelen büyük hareketlerin yakalanması amaçlanmıştır. Teori, pazarın "boğa" ve "ayı" eğilimlerine maruz kaldığını varsayar. Başka bir deyişle, Dow teorisinin öngördüğü boğa ve ayı piyasası döngüleri, bireysel yatırımcıların "mantıksız davranışları"ndan kaynaklanmaktadır (Brown, Goetzmann, & Kumar, 1998). Dow teorisinin ana varsayımlarına göre:

1) Bir finansal aracın fiyatı kısa vadede manipüle edilebilir, ancak uzun bir süre boyunca bunu yapmak mümkün değildir. Büyük bir sermayeye sahip olan tek bir yatırımcı, bir kurum ya da spekülatör grubu fiyatı; dakikalar, saatler ya da haftalar boyunca işlem hacmi, söylenti ya da haberler yoluyla istenen yönde hareket ettirebilir. Ancak Hamilton'a göre, piyasa manipüle edilmek için çok büyüktür.

2) İkinci varsayıma göre, piyasalar bilinen tüm bilgileri pazarlara fiyat aracılığı ile yansıtır. Fiyat tüm katılımcıların umut, korku ve beklentilerinin toplamını temsil eder. Beklenmeyen olaylar, piyasaya gelen şoklar, savaşlar veya siyasi kargaşalar gerçekleşebilir. Ancak, bunlar genellikle kısa vadeli trendi etkileyecektir. Ana trend etkilenmeden kalacaktır. Hamilton, pazarın bazen iyi haberlere olumsuz tepki vereceğini belirtmiş ve "Söylentiye Al ve Haberi Sat"

şeklindeki eski bir Wall Street aksiyomunu, “Piyasalar İleriye Bakar” söylemi ile açıklamıştır (Quigley, 2007:1–7; Young, 2014).

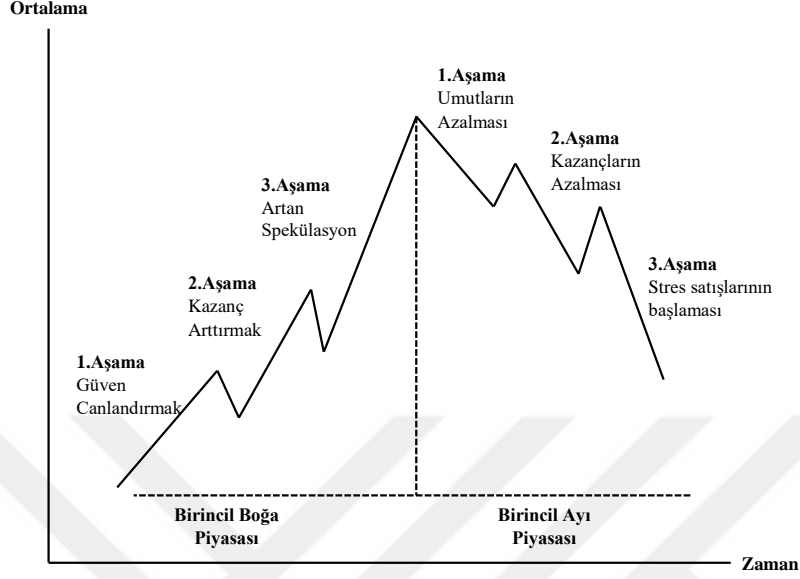
Dow ve Hamilton üç çeşit fiyat hareketi belirlemiştir:

A. Birincil hareketler: Birkaç aydan, uzun yıllara kadar süren ve piyasanın temelini oluşturan eğilimi temsil eder. Bu hareketler tipik olarak Boğa veya Ayı eğilimleri olarak adlandırılır. Boğa, alım ya da olumlu eğilimler anlamına gelir. Ayı ise, olumsuz ya da satış eğilimleri anlamına gelir.

B. İkincil hareketler: İkincil veya reaksiyon hareketleri birkaç haftadan birkaç aya kadar sürer ve ana trende zıt hareket eder. Hamilton, aşırı spekülasyonlarla mücadele etmek için ikincil hareketleri gerekli bir fenomen olarak tanımlamıştır. Düzeltmeler ve karşı hamleler spekülörleri kontrol altında tutmakta ve piyasa hareketlerinin sağlıklı bir şekilde tahmin edilmesini sağlamaktadır. Karmaşıklıkları ve aldatıcı yapıları nedeniyle, ikincil hareketler daha dikkatli bir inceleme ve analiz gerektirir. Yatırımcılar sık sık ikincil hareketi, yeni bir birincil eğilimin başlangıcı olarak algılamaktadır. Boğa piyasasında ikincil bir hareket bir düzeltme olarak kabul edilir. Ayı piyasasında ise, ikincil hareketlere “tepki iyileştirmesi (reaction rallies)” denir.

C. Günlük dalgalanmalar: Ana trend ile birlikte veya buna karşı hareket edebilen ve birkaç saatten birkaç güne kadar sürebilen dalgalardır. Ancak genellikle bir haftadan fazla sürmez. Günlük dalgalanmalar, grup olarak bakıldığında önemli olmakla birlikte, bireysel olarak tehlikeli ve güvenilmez olabilir. Bir veya iki günlük hareketlere dayanarak, acele alınan kararlara yol açabilir. Başarılı bir şekilde yatırım yapmak için günlük fiyat hareketlerini analiz ederken tüm resmin akılda tutulması önem taşımaktadır (Quigley, 2007:1–7).

Hamilton, birincil boğa ve ayı piyasaları için üç aşama belirlemiştir. Aşamalar, piyasanın psikolojik durumu ve fiyatların hareketi ile ilgilidir.



**Şekil 4.18:** Dow Teorisinde Birincil Hareketlere Ait Büyük Resimi Gösteren Grafik

#### Birincil boğa döneminin aşamaları:

- Birinci aşama, iş dünyasının geleceğine olan güveni canlandırır. Bu aşamada, en kurnaz yatırımcılar tarafından serinin eğilimi fark edilmiştir. Eğer bir önceki trend düşüş eğiliminde ise, bu noktada yatırımcılar pazarın sözde "kötü" tüm haberleri özümsemiş olduğunu kabul ederler.
- İkinci aşama; hisse senedi fiyatlarının, kurum kazancındaki bilinen iyileşmeye verdiği tepkidir. Süreç hızla ilerlemeye başladığında ve iş haberleri düzeldiğinde meydana gelir. Çoğu teknik trend takipçisi sürece katılmaya başlamıştır.
- Üçüncüsü aşama ise; bir nevi dağıtım aşamasıdır. Gazeteler giderek daha fazla yükseliş hikayeleri basmaya başladığında, ekonomik haberler her zamankinden daha iyi olduğunda ve spekülasyon hacmi ve halk katılımı arttığında gerçekleşir.



Birincil ayı döneminin aşamaları:

- Birinci aşama, stokların şişirilmiş fiyatlardan satın alındığı ve fiyatların daha da yükselmesine dair umutlarının sona erdiği aşamayı temsil eder.
- İkinci aşama, azalan iş ve kazanç nedeniyle yapılan satışları yansıtır.
- Üçüncü aşama, değerlerinden bağımsız olarak, menkul kıymetlerin satışından kaynaklanır.

Boğa eğilimi, fiyat bir önceki en düşük seviyeye ulaşmadan yükseldiğinde başlar ve ardından önceki en yüksek seviyenin üzerine çıkar. Yukarı hareketin sona erdiği yer daha yüksek olmalıdır. Ayı eğilimi fiyat, bir önceki en yüksek seviyeye ulaşmadan aşağı düştüğünde başlar ve ardından önceki en düşük seviyenin altına doğru hareket eder (Murphy, 1999; Nicholson, 1902:1–15).

Boğa ve Ayı Piyasasının Özellikleri:

- 1) *Yatırımcı Psikolojisi:* Finansal varlıkların performansı ve yatırımcı psikolojisi birbirleri ile ilintilidir ve piyasanın yükselip yükselmeyeceği konusunda temel göstergedir. Boğa piyasasında, yatırımcılar piyasaya ilgi duymakta ve kar elde etme umudu ile piyasanın içinde olmak istemektedir. Öte yandan; ayı piyasasında, yatırımcılar paralarını özkaynaklardan ve sabit getirili menkul kıymetlerden geri çekmeye başladıkları için piyasa hissiyatı olumsuzdur. Özetle, borsa fiyatlarındaki düşüş yatırımcının güvenini sarsmakta ve yatırımcılar, paralarını piyasadan çekmektedir. Bu da, finansal varlıkların fiyatlarında düşüşe neden olmaktadır. Yatırımcı psikolojisinin yanı sıra, sürü içgüdüleri de önemlidir. Sürü içgüdüleri, insanların neden diğerlerini taklit etme eğiliminde olduklarını açıklar. Bir pazar yukarı ya da aşağı doğru hareket ederken, yatırımcılar başkalarının kendisinden daha fazla bilgiye sahip olduğu korkusuna maruz kalır. Sonuç olarak, yatırımcılar başkalarının yaptıklarını yapmak için güçlü bir itici güç hissederler.
- 2) *Arz ve talep:* Boğa piyasasında, arz ve talep arasında ters yönlü bir ilişki vardır. Finansal varlıklara olan talep güçlü iken, varlıkların arzı zayıftır.

Başka bir deyişle, çoğu yatırımcı menkul kıymet almak isterken, birkaçı satmak ister. Sonuç olarak, yatırımcılar uygun özsermaye elde etmek için rekabet ettikçe hisse fiyatları artacaktır. Ayı piyasasında ise, yatırımcılar finansal varlığı satın almak yerine satmak istediği için, boğa piyasasının tersi bir durum vardır. Bu piyasada, talep arzdan önemli ölçüde düşüktür ve fiyatlarda düşme eğilimindedir.

- 3) *Ekonomik faaliyetteki değişim:* Borsada işlem gören işletmeler daha yüksek ekonominin katılımcıları olduğu için, borsa ve ekonomi güçlü bir şekilde birbirine bağlıdır. Ayı piyasasında, tüketiciler yeterli harcama yapmadığından çoğu işletme büyük karlar elde edemez. Karlardaki bu düşüş doğrudan piyasa değerini etkiler. Piyasa değeri aynı zamanda halka açık bir şirketin piyasa kapitalizasyonuna atıfta bulunmak için de kullanılır ve elde edilen hisse senetlerinin sayısı mevcut hisse fiyatı ile çarpılarak elde edilir. Boğa piyasasında ise, insanların harcayacak daha fazla parası ve para harcama isteği olduğundan, ekonomi daha güçlüdür.

Piyasanın boğa mı yoksa ayı periyodunda mı olduğuna dair belirleyici faktör, uzun dönem eğilimidir. Küçük hareketler sadece kısa vadeli bir trendi veya pazar düzeltilmesini temsil eder. Boğa piyasasında, rasyonel bir yatırımcı, trendin başlarında erken alım yaparak fiyatın yükselmesinin avantajını kullanır ve ardından fiyat zirveye ulaştığında satış yapar. Genel olarak, yatırımcılar piyasanın yükseleceğine inanma eğiliminde olduklarında, boğa piyasasında kar yapma olasılıkları daha yüksektir. Ancak; ayı piyasasında fiyatlar sürekli olarak değer kaybettiğinden, yatırımcıların kayıp olasılığı daha yüksektir. (“Digging deeper into bull and bear markets,” t.y.:1–5)

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### 5.1. LİTERATÜR TARAMASI

**Tablo 5.1:** Markov Rejim Değişim Modellerini İçeren Literatür Taraması

Yazarlar	Makale Adı	Metodoloji	Dergi Adı	Hipotezler	Değişkenler	Tarih	Sonuç	
1	Angelos Kanas, Georgios P. Kouretas	Regime Dependence Between the Official and Parellel Foreign Currency Markets for US Dollars in Greece	Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltilme Modeli, Rejime Dayalı Granger Nedensellik Analizi	Journal of Macroeconomics (2007)	Paralel ve resmi Yunan drahmi - ABD doları arasındaki döviz kurları arasındaki uzun dönemli ilişkide doğrusal olmayan özellikler bulmak ve kısa ve uzun dönem dinamiklerini değerlendirmek.	Aylık paralel ve resmi Yunan Drahmi/ABD dolar kuru	Nisan 1975 – Aralık 1993	Paralel olmayan pazarlarda doğrusallık dışı rejim değiştirme modellemesi lehine bir kanıt vardır. MS-VECM, bu pozitif ve negatif değerler aldığıında primin farklı düzenleme modeline dayanan iki rejimi tanımlar. Tahmini model, premiumdaki lineer olmayan özelliklerin varlığından sorumlu olan tüm olayları ele alır. Granger nedensellik testi, resmi döviz kurunun Granger'ın resmi döviz kuruna paralel olmasının rejime bağlı olduğunu gösterir. Etki tepki fonksiyonları ile, paralel döviz kurunun izlediği

---

yolun her rejimde farklı olduğu bulunmuştur.

---

2	Neville Francis, Michael T.Owyang	Monetary Policy in a Markov- Switching Vector Error Correction Model	Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzelme Modeli	Journal of Business & Economic Statistics (2012)	Bir vektör hata düzeltme modelinin (VECM) uzun süreli etki matrisini elde edeerek, uzun vadeli etkilerin araştırılması temel hipotezdir	Aylık çakışan göstergeler endeksi, kişisel tüketim harcama zinciri fiyat endeksi ve federal fon oranı	Ocak 1960 – Ağustos 2003	Daraltıcı bir parasal şokun her durumda farklı darbeler yarattığı görülmüştür. Etki tepki fonksiyonlarının niteliği, biri büyümeyi ifade eden, diğeri ise politika yapıcının inandırıcı bir şekilde düşük enflasyona dayanamayacağı durumu ifade eden iki (benzersiz) durum türünün, varlığını ortaya koymuştur. İlk durumda, para politikasındaki daralma şoku, üretimde olağan düşüşe ve sonunda fiyatlarda düşüşe yol açmaktadır. Bununla birlikte, ikinci durumda, daralma şoku hızla tersine çevrilir, bu da
---	---	--	--	--	---	--	-----------------------------------	---

---

fiyatlarda ve üretimde sürekli bir artışa neden olur.

3	Phillip Kostov, John Lingard	Regime Switching Vector Error Correction Model Analysis of UK meat consumption	Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzelme Modeli	Econometrics, University Library of Munich (2004)	Bu çalışma, İngiltere'de taze et tüketiminin dinamiklerini incelemektedir.	İngiltere'nin kişi başına düşen sığır eti, kuzu eti, domuz eti ve kanatlı eti tüketimi	1974- 2000	Bu çalışmanın sonucuna göre, Birleşik Krallık'taki et tüketimi için lineer eşbütünleşme alanının sürekliliği, belirlenen uzun dönem dengesinin zaman içinde ve rejim değişikliği sürecinde hareket etmesi anlamında sürdürülemez.
4	Taha Bahadır Saraç	İhracat ve İthalatın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi	Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzelme Modeli	Ege Akademik Bakış (2013)	Bu çalışmanın amacı, İthalat ve İhtacatın Ekonomik büyümeye olan katkılarını, ekonominin daralma ve genişleme dönemlerini ifade	Reel Ekonomik Büyüme Oranı, İstihdam Hacmi Büyüme Oranı, Toplam Yatırım Harcamalarının GSYH Oranı, Reel İhracat ve İthalat Hacmi Büyüme Oranı.	Şubat 1989 – Nisan 2011	İhracatın ve ithalatın Ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkiilediği sonucuna ulaşılmıştır.

eden farklı rejimler  
aracılığıyla  
incelemektir.

5	Michael Ehrmann, Martin Ellison, Natacha Valla	Regime dependent impulse response functions in a Markov – Switching Vector Autoregression Model	MS-VAR	Economics Letter (2003)	Bu çalışmada, ABD ekonomisinde petrol fiyatında meydana gelen şokların, çıktıya ve enflasyona nasıl aktarıldığının belirlenmesi amaçlanmıştır.	Aylık Kapasite Kullanımı, Enerji Fiyatları Hariç Tüketici Fiyatları Endeksi, Suudi Arabistan Hafif Petrolü için Spot Fiyat.	Ocak 1973 – Aralık 2000	Sonuç, rejime bağlı ekti tepki işlevlerinin bir MS modelindeki rejimlerin özellikleri hakkında nasıl değerli görüşler sağlayabileceğini göstermektedir. ABD ekonomisi için, ABD ekonomisinin volatilitesinde son zamanlarda belgelenen değişimi izleyen iki rejim belirlenmiştir.
6	Charles Engel	Can the Markov switching model forecast exchange rates?	Markov Rejim Değişim Modelleri	Journal of International Economics (1994)	Bu makale, Markov Rejim Değişim modelinin dalgalı döviz kurlarının davranışını daha genel olarak tanımlamak için	Üç Aylık ve Aylık ABD doları döviz kuru, Japon Yeni, İngiliz Sterlini, Kanada Doları, İtalyan Lirası, Fransız Fransı,	Q2:1973- Q1:1986	Bu yazının sonucuna göre, Markov Anahtarlama modelinin döviz kurları için iyi tahminler sağlamaz. Segmentli trend modelinin, döviz kurundaki değişimin yönünü öngörmedeki rakiplerinden daha iyi



yararlı bir araç olup olmadığını araştırmaktadır.

İsviçre Frangı, Alman markası.

performans gösterdiğine dair kanıtlar güçlü değildir.

7	Krolzig Hans - Martin, Marcelliano, Massimiliano, Mizon Grayham	A Markov-Switching Vector Equilibrium Correction Model Of The Uk Labour Market	Johansen Eşbütünleşme Testi, Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme Modeli	Emprical Economics (2002)	Bu yazının amacı, savaş sonrası İngiltere işgücü piyasasının uyumlu bir temsilini sunan istatistiksel bir model önermektir.	Çeyreklik ve Mevsimsellikten arındırılmış toplam sabit fiyat GSYİH, İstihdam ve işgücü, Reel ücretler ve Verimlilik	Q2:1966 - Q1:1993	Bu yazıda, UK işgücü piyasası değişken kümesi için, bir MSIH-VECM modeli tahmin edilmiştir. Üç rejimli olarak bulunan bu modelin rejimleri arasındaki geçişler, İngiltere iş döngüsünde meydana gelen aşamalar ve bu aşamalardaki değişikliklerle yakından ilgilidir. MSIH-VECM model, VEC model ve değişkenlerin ilk farklarını içeren diğer modellerden daha iyi tahmin sonuçları vermiştir.
---	---	--	---	---------------------------	---	---	-------------------	--

8	Anthony N. Rezitis, Shaikh Mostak Ahammad	Investigating Agricultural Production Relations across Bangladesh, India and Pakistan Using Vector Error Correction and Markov-Switching Models	Vektör Hata Düzeltme Modeli, Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme Modeli	Agricultural Economics Research Review (2015)	Bu yazıda, kısa ve uzun süreli ilişkiler ve, Bangladeş, Hindistan ve Pakistan'ın kişi başına tarımsal üretimi boyunca rejim değiştirme davranışı Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) ve Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme modeli (MS-VECM) kullanılarak incelenmiştir.	Yıllık Hindistan (Ipcapi), Pakistan (Ipcapp) ve Bangladeş'in (Ipcapb) kişi başına tarımsal üretim verileri	1961-2010	Çalışma sonucunda MS-VEC modeli iki rejimin varlığını göstermiştir: oynaklığı düşük rejim (rejim 1) ve oynaklığı yüksek rejim (rejim 2). Oynaklığı düşük rejimin ortalama süresi 6.757 yıldır. Oynaklığı yüksek rejimin ortalama süresi ise, 8.333 yıl civarındadır. Modelden elde edilen düzgünleştirilmiş olasılıklara göre, oynaklığı yüksek rejimin, oynaklığı düşük olan rejime geçiş yapma olasılığı, aynı rejimde kalma olasılığından daha düşüktür. Rejim 2, savaş, doğal afetler, toprak reformları ve Bangladeş, Hindistan ve Pakistan tarafından alınan çeşitli
---	---	---	---	---	---	--	-----------	--



---

tarım politikaları gibi rejimin yüksek oynaklığı karşısında önemli bir rol oynayabilecek nedenleri açıkça ortaya koymaktadır.

---

9	Ahmad Assadzadeh, Hojjad Najafi	Investigating The Relationship Between Tourism Industry And GDP In The Islamic Republic Of Iran	ADF,PP, Granger Nedensellik Analizi, Hsiao Nedensellik Analizi, Etki – Tepki Fonksiyonu ve Johansen-Juseliusco Eşbütünleşme Tahmin yöntemleri.	International Review of Business Research Papers (2012)	Bu çalışmanın amacı, İran'I ziyaret eden turistlerden gelen gelir ile gayrisafi yurtiçi hasıla arasındaki çift yönlü nedensellik ilişkisini araştırmak ve turizm endüstrisinden elde edilen gelir ile brüt üretim arasındaki pozitif uzun vadeli ortak bütünleşik	Yıllık GSYİH, Reel Kur, Ülkeyi Ziyaret Eden Yabancı Turistlerden Elde Edilen Gelir. Devrimden Sonrası ve İran-Irak Savaşı Sonrası Yıllar Kukla Değişken olarak modele dahil edilmiştir.	1968-2007.	Sonuçlar, her iki boş hipotezin reddedildiğini göstermektedir. Başka bir deyişle, İran'da turizm sektörü ile GSYİH arasında uzun vadeli yakınsama ve iki yönlü nedensellik vardır.
---	---------------------------------	---	--	---	---	---	------------	--

---



---

ilişkiyi  
araştırmaktır.

---

**Tablo 5.2:** Blok Zincir Teknolojisi ve Bitcoin Kavramlarını İçeren Literatür Taraması

Yazarlar	Makale Adı	Metodoloji	Dergi Adı	Hipotezler	Değişkenler	Tarih	Sonuç
1 Huisu Jang, Jaewook Lee	An Empirical Study on Modeling and Prediction of Bitcoin Prices With Bayesian Neural Networks Based on Blockchain Information	Doğrusal regresyon Bayesian Yapay Ağlar, Destek Vec. Regresyon.	IEEE Access (2017)	Bu çalışma, girdi değişkenlerinin ilgili her bir özelliğinin Blok zincir bilgisi ve makroekonomik faktörlerin Bitcoin fiyat oluşumu üzerindeki doğrusal olmayan etkilerini araştırmak için bir Bayesian yapay ağlar modelini uygular.	Günlük Bitcoin fiyatları (Usd) ve Volatilite (Usd), Ticaret Oynaklığı, Ortalama blok büyüklüğü, Blok başına işlemler, Medyan onay süresi, Hash oranı, Zorluk, İşlem maliyeti, Madencilik geliri, Onaylanan işlemler, Benzersiz toplam Bitcoin sayısı, S&P 500, Eurostoxx, DOW30, NASDAQ, Ham petrol, SSE, Altın, VIX, Nikkei 225, FTSE100	Eylül 11,2011 – Ağustos 22, 2017	Sonuçlar, seçilen özelliklerle öğrenilen BNN modelinin, Bitcoin log fiyatı ve log oynaklığı süreçlerini etkin bir şekilde tanımladığını göstermektedir. Bayesian yapay ağlar yönteminin öngörücü performansının, Bitcoin'in günlük fiyatı ve oynaklık işlemlerinde diğer kıyaslama yöntemlerinden daha iyi olduğunu göstermiştir.

2	Adrian (Wai-Kong) Cheung, Eduardo Roca, Jen-Je Su.	Crypto-Currency Bubbles: An Application of the Phillips-Shi-Yu Methodology on Mt.Gox Bitcoin Prices	PSY testi	Applied Economics (2013)	Bu yazının amacı, bitcoin piyasasının bir balon olup olmadığının araştırılmasıdır.	Günlük Bitcoin Fiyatı	Temmuz 17, 2010 – Şubat 18, 2014.	Bu yazıda 2010-2014 döneminde bir dizi kısa ömürlü balon tespit edilmiştir. 2011-2013 döneminde üç büyük balon bulunmuştur. Balonlar geliştirmeye devam edeceği düşünülen Bitcoin, yatırımcıların umutları ve güvenleri üzerinde yaşamaktadır. Dolayısıyla spekülasyon bir emtiadır.
3	John Fry, Eng-Tuck Cheah	Negative bubbles and shocks in cryptocurrency markets	Multivariate methodology	International Review of Financial Analysis (2016)	Bu yazının amacı, ekonofizik araç ve teknikleri ile Bitcoin ve Ripple kriptopara piyasalarında yeni bir uygulama ile kullanımını göstermektir.	Haftalık Bitcoin Coindex Index'in (USD) kapanış değerleri ve Ripple XRP (USD) kapanış değerleri	Şubat 26, 2013 – Şubat 24, 2015	Çalışmanın sonucuna göre; Ripple (XRP) 'den Bitcoin' e, Bitcoin'deki son fiyat düşüşünü artıran bir yayılma vardır. Bununla birlikte, söz konusu süre zarfında, Ripple'in Bitcoin'e göre aşırı fiyatlandırılmıştır.

4	Shaen Corbet, Brian Lucey, Larisa Yarovyva	Datestamping the Bitcoin and Ethereum Bubbles	Phillips ve arkadaşları [2011] metodolojisi	Finance Research Letters (2018)	Bu yazının amacı Bitcoin ve Ethereum ile ilgili temel prensipleri test etmektir.	Günlük Bitcoin and Ethereum Fiyatı	Ağustos 7, 2015 - Kasım 9, 2017	Çalışmanın yapıldığı dönemde Bitcoin bir balon aşamasındadır olduğu ve fiyatı 1000 \$ 'ın üstüne çıkmıştır. Ancak, hem Bitcoin hem de Ethereum için piyasada kalıcı bir fiyat balonu olduğuna dair net bir kanıt yoktur.
5	Chi-Wei Su, Zheng-Zheng Li, Ran Tao, Deng-Kui Si	Testing for Multiple Bubbles in Bitcoin Markets: A Generalized Sup ADF Test	Sup ADF Testi, Genelleştirilmiş Sup ADF Testi	Japan and the World Economy (2018)	Bu makale, Bitcoin fiyatının neden aşırı değişikliklere uğradığını ve Bitcoin pazarlarında birden fazla baloncuk bulunup bulunmadığını araştırmaktadır.	Hem Japon Yeni hem de USD cinsinden haftalık ortalama fiyatlar	Haziran 16, 2011 – Eylül 30, 2017	Bu çalışma, Bitcoin'in dört patlayıcı balona sahip olduğunu göstermiştir. Balonların gerçekleştiği dönemler volatilitenin arttığı uluslararası olaylar ile eşleşmektedir.

6	Ifigeneia Georgoula, Demitrios Pourmarakis, Christos Bilanakos, Dionisios N. Sotiropoulos, George M. Giaglis	Using Time-Series and Sentiment Analysis to Detect the Determinants of Bitcoin Prices	Duyarlılık Analizi, ADF, PP, KPSS, Johansen Eşbütünleşme Testi, VECM	SSRN (2015)	Bu makale, kısa vadede ve uzun vadede Bitcoinlerin fiyatını belirleyen faktörleri belirlemeyi amaçlamaktadır.	BTC / USD günlük fiyatlar, dolaşımdaki BTC stoğu, toplam günlük bitcoin işlemi sayısı, belirli bir işlem için imha edilen bitcoin günleri sayısı, ABD Doları ile EURO arasındaki günlük döviz kuru, hashrate, S&P 500 günlük endeksi, Wikipedia'daki günlük bitcoin arama sayısı, Bitcoins ile ilgili Google ve Twitter gönderileri, Bitcoin ile ilgili twitter mesajlarının günlük duyarlılık oranı	Ekim 27,2014 – Ocak 12, 2015	Bu yazının bir sonucu olarak, Twitter duyarlılık oranı Bitcoin fiyatları üzerinde kısa vadede olumlu bir etkiye sahiptir. Bitcoin'in fiyatı, Wikipedia'daki arama sorgularının sayısından olumlu olarak etkilenir. Hashrate'in Bitcoin fiyatları üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Bitcoin fiyatı ile USD ve EURO döviz kuru arasında negatif bir ilişki vardır. Bitcoin hisselerinin, Bitcoin fiyatı üzerinde uzun vadeli olumlu bir etkisi vardır. Ancak, S&P 500 endeksinin olumsuz bir etkisi vardır.
---	--	---	--	-------------	---	--	------------------------------	--

7	Jakup Bartos	Does Bitcoin Follow The Hypothesis of Efficient Market	ADF, Breusch-Godfrey LM testi, OLS,ECM	International Journal of Economic Sciences (2015)	Bu yazının amacı, Bitcoin fiyatının etkin piyasa hipotezini yansıtmadığını test etmektir	Günlük kümelenmiş Bitcoin ve Litecoin fiyat endeksleri, Toplam üretilmiş Bitcoin sayısı, Toplam Bitcoin işlem sayısı, Bitcoin adres sayısı, Daily data of prices such as S&P 500, Google, Facebook, Dow Jones ve Altın'a ait günlük fiyatlar. Wikipedia sorgulamalarının sayısı.	Mart 4, 2013- Temmuz 31, 2014	Bitcoin fiyatının olumlu olay günlerinde daha yüksek, olumsuz olay günlerinde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Arz ve talep faktörlerinin Bitcoin fiyatı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bununla birlikte Vikipedi, arama sorguları ve makro finansal göstergelerin Bitcoin fiyatı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmamıştır.
---	--------------	--	--	---	--	--	-------------------------------	---

8	Pavel Ciaiana, Miroslava Rajcaniova, Artis Kancsa	The economics of BitCoin price formation	ADF, DF- GLS, Zivot- Andrews, CMR, Johansen Cointegration, VECM	Applied Economics (2016)	Bu makale, Bitcoin arz ve talebinin piyasa güçlerinin, yatırım çekiciliğinin, küresel makroekonomik ve finansal gelişmelerin Bitcoin fiyatı üzerindeki etkisine ışık tutmaya çalışmaktadır.	Günlük Bitcoin fiyatı / USD, İşlem sayısı, Bitcoin sayısı, tahrip günler, Dow Jones, Wikipedia'da görüntülenme, adres sayısı, petrol fiyatı, döviz kuru, yeni mesajlar, yeni üyeler	Kasım 2009, Mayıs 2015.	Çalışma sonucuna göre, Bitcoin arz ve talebi Bitcoin fiyatı üzerinde önemli bir etkisi vardır. İkincisi, yatırımcı spekülasyonları Bitcoin fiyatını etkilemektedir. Sadece kısa vadede, Dow-Jones Endeksi, döviz kuru ve petrol fiyatı ile yakalanan küresel makro-finance gelişimin Bitcoin fiyatı üzerinde önemli bir etkisi vardır.
9	Andrew Urquhart	Price clustering in Bitcoin	Frekans Analizi, Kümeleme testi, Regresyon.	Economics Letters (2017)	Makalenin amacı, Bitcoin fiyatlarında meydana gelen kümelenmeleri, bu kümelemelerden elde edilecek potansiyel ticaret avantajını ve kümelemenin belirleyicilerini incelemektir.	Günlük Bitstamp'ın kapanış fiyatları.	Mayıs 1, 2012 – Nisan 30, 2017	Çalışmanın sonucuna göre, fiyat ve hacim, fiyat kümelemesi ile pozitif yönde ilişkilidir. Bitcoin'in fiyatı ve ticaret hacmi arttığında, yuvarlak sayılardaki kümeleme sayısı da artmaktadır.



---

10	C. Baek, M. Elbeck	Bitcoins as an investment or speculative vehicle? A first look	Regresyon Analizi	Applied Economics Letters (2015)	Bu çalışmanın amacı, Bitcoin'in bir yatırım aracı mı, yoksa spekülatif bir varlık mı olduğunu araştırmaktır.	Günlük BTC/USD fiyatı, S&P 500 endeksi, 10-yıllık hazine, aylık tüketici fiyat endeksi, endüstriyel üretim, reel kişisel tüketim harcamaları, euro döviz kuru ve ulusal ortalama işsizlik oranı	Temmuz 2010 - Şubat 2014	Bitcoin piyasası borsaya göre oldukça riskli ve spekülatif görünmektedir. Günlük yüksek ve düşük fiyatlar arasındaki fark dışında, tüm dış ekonomik faktörlerin Bitcoin piyasası getirileri üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Bu, Bitcoin piyasası getirilerinin çoğunlukla uluslararası piyasa katılımcıları tarafından yönlendirildiğini gösterir.
----	-----------------------	--	----------------------	---	---	---	--------------------------------	--

---

---

11	Dirk G. Baur, KiHoon Hongb, Adrian D. Lee	Bitcoin: Medium of exchange or speculative assets?	Korelasyon analizi	Journal of International Financial Markets, Institutions and Money (2017)	Bu yazının amacı Bitcoin'in para birimi mi yoksa varlık mı olduğunu bulmaktır.	Bitcoin'in günlük verileri, ABD hisse senetleri, değerli metaller, emtiyalar, enerji, tahviller ve para birimleri	Temmuz 2010 - Haziran 2015	Bitcoin kamuoyu muhasebe defterine bakıldığında, Bitcoin'lerin üçte birinin yatırımcılar tarafından tutulduğunu, özellikle de yalnızca Bitcoin'i alan, ancak başkalarına göndermeyen kullanıcılar olduğu belirlenmiştir. Bitcoin'i bir değişim aracı olarak kullanan az sayıda kullanıcı vardır. Bu durum Bitcoin sahibi kişilerin, Bitcoin'i işlem yapmak veya değişim aracı olarak kullanmak yerine yatırım amaçlı ellerinde tuttuklarını göstermektedir.
----	--	---	-----------------------	---	---	---	-------------------------------------	---

---

12	Luisanna Cocco, Roberto Tonelli, Michele Marchesi	An Agent Based Model to Analyze the Bitcoin Mining Activity and a Comparison with the Gold Mining Industry	Agent-based artificial market Model, Monte – Carlo Simulation	Future Internet (2019)	Bu çalışmada, altın madenciliği endüstrisine genel bir bakış ve Bitcoin madenciliği faaliyetini simüle etmek için bir model sunulmuştur.	Bitcoin, Fiat para birimi, Hashrate, elektrik giderleri.	Ocak 1, 2017– Mayıs 31, 2018	Simülasyon sonuçları, modelin gerçek Bitcoin pazarındaki toplam hashrate’i yeniden üretme kabiliyetini ve madencilerin donanım birimlerinin bir kısmını kapatarak / açarak giderlerini ayarlayarak madencilerin kişi başına nasıl daha yüksek toplam zenginlik elde edebildiklerini göstermektedir. Bu çalışma, bir şifreleme para birimi sisteminin çalışması için, altın sisteminden geleneksel finansal sistemlerden daha yalın bir altyapı gerektirdiğini vurguluyor.
----	---	--	---	------------------------	--	--	------------------------------	---

13	Luisanna Cocco, Andrea Pinna, Michele Marchesi	Banking on Blockchain: Costs Savings Thanks to the Blockchain Technology	Oran hesaplaması	Future Internet (2017)	Blockchain teknolojisinin finansal sistemi destekleme potansiyelini anlamak için, sisteminin gerçek performansı incelenmiştir. Ayrıca, yüksek işlem gücünden kaynaklanan önemli enerji tüketimi ve yüksek donanım maliyeti gibi önemli sınırlamalar vurgulanmıştır.	Bitcoin Fiyatı, Güç tüketimi, Hash Rate, İşlem sayısı	Eylül 1, 2010 – Aralık 31, 2016  Ekim 1, 2015 to Aralık 31, 2016	Çalışmanın sonucuna göre, blok başına işlem sayısının az olduğundan ve şu anda ihtiyaç duyduğu işlem gücü çok yüksek olduğundan, Bitcoin sisteminin genel verimliliğinin ancak temel sınırlamalarını aştıktan sonra artabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, blok zincir teknolojisi, finansal sisteme iyi destek sağlayabilir.
----	--	--	------------------	------------------------	---	---	--	---

14	Yukun Liu, Aleh Tsyvinski	Risks and Returns of Cryptocurrency	Risk Exposures	NBER Working Paper, Economic Fluctuations and Growth Program (2018)	Bu yazının amacı büyük kripto para birimlerinin hisse senetleri, para birimleri, emtialar, makroekonomik faktörler, kripto para birimi piyasasına özgü faktörler ile birlikte hareket edip etmeyeceğini bulmaktır.	Bitcoin, Ripple, Ethereum Google aramaları, Twitter, Bitcoin cüzdan kullanıcılarının sayısı, Bitcoin fiyat- "temettü", Gerçekleşen volatilite, Avustralya, Kanada, Singapur Doları, Euro / USD, İngiltere Poundu / USD. Altın ve gümüş Platin	Ocak 1,2011- Mayıs 31, 2018. Ağustos 4, 2013 – Mayıs 31, 2018 Ağustos 7, 2015 – Mayıs 31, 2018.	Kripto paraların getirileri, piyasasına özgü - momentum ve yatırımcıların ilgisi gibi iki faktör tarafından tahmin edilebilir. Madencilik malİYETLERİ, fiyat / temettü oranı veya gerçekleşen oynaklık gibi arz faktörleri, kripto para birimindeki geri dönüş davranışlarını öngörmede yararlıdır. Kripto para sisteminde yer alan blok zincir teknolojisi, tüketici ürünleri, sağlık hizmetleri, restoranlar, oteller, moteller (yemekler) gibi bir dizi önemli endüstriyi etkileme potansiyeline sahiptir.
----	------------------------------	--	----------------	--	---	---	--	--

15	Xin li, Chong Alex Wang	The Technology And Economic Determinants Of Cryptocurrency Exchange Rates: The Case Of Bitcoin	ARDL Model	Decision Support Systems (2017)	Bu çalışmada, Madencilik zorluğunun Bitcoin'in döviz kuru üzerinde olumlu bir etkisinin olup olmadığı, Halkın tanınmasının Bitcoin döviz kuru üzerinde olumlu bir etkisinin olup olmadığı, Bitcoin döviz kuru; para arzı, GSYH, enflasyon, faiz oranı, kullanılan toplam Bitcoin sayısı ve işlem hacmi dahil olmak üzere, yabancı ülkenin ekonomik göstergelerine tepki verip vermediği, İşlem hacmi ve fiyat oyunluğunun Bitcoin döviz kuru üzerinde önemli etkilerinin olup olmadığı araştırılmıştır.	Döviz kuru, ABD dolar arzı, ABD GSYİH, ABD'nin faizleri, ABD enflasyonu, Bitcoin arzı, Bitcoin işlem değeri, Bitcoin işlem hacmi, İşlem hacmi, Oynaklık, Google arama, Google Tweetler, Madencilik zorluğu	Ocak 1, 2011 – Aralık 31, 2013, Temmuz 1, 2013 – Aralık 31, 2014	Erken piyasada, spekülatif ticaretin döviz kuruna önemli bir etkisi vardır ve yabancı ülkede ekonomik temelleri takip etmez. Madencilik zorluğu döviz kurunu yukarı çekmektedir. Daha sonraki piyasada, Bitcoin döviz kuru, USD arzı, faiz oranı ve Bitcoin destekli işlemlerin sayısı gibi ekonomik temellere önemli bir tepki gösterir. Bu, Bitcoin'in değişim için alternatif bir araç olarak yayılmaya devam ettiğini, döviz piyasası katılımcılarının rasyonel hale geldiğini ve döviz piyasasının piyasa spekülasyonundan daha az etkilendiğini göstermektedir.
----	----------------------------	--	------------	--	---	---	---	--

16	Guglielmo Maria Caporale, Luis Gil-Alana, Alex Plastun.	Persistence in The Cryptocurrency Market	R/S analizi ve Kesirli Bütünleşme	Research in International Business and Finance (2018)	Bu yazının amacı, kripto para birimlerinin dinamik davranışının hangi fiyatların rassal yürüyüş süreci izlenmesi gerektiğine göre, tahmin edilebilir olup olmadığıdır.	Günlük BitCoin, Litecoin, Ripple, Dash Fiyatları	2013-2017	Sonuçlar, serilerin rassal yürüyüş özelliği göstermediğini ve pazar etkinliği ile tutarlı olmayan bir şekilde sürekli olduğunu göstermektedir. Kripto varlıklar arasında en etkin olanı Bitcoin'dir. Ancak, gelişme göstermesine rağmen kripto para birimi piyasası hala yeterince etkin değildir. Bu özellikle Litecoin pazarı için geçerlidir.
17	Sashikanta Khuntia, J.K.Pattanayak.	Adaptive Market Hypothesis and Evolving Predictability of Bitcoin	Rolling-Window Yaklaşımı.	Economics Letters (2018)	Bu yazının amacı Bitcoin pazarındaki uyarlanabilir pazar hipotezini (AMH) değerlendirmektir.	Günlük Bitcoin Fiyatı	Temmuz 18, 2010 - Aralık 21, 2017	Dinamik etkinlik kanıtlarının, Uyarlamalı Piyasa Hipotezi'nin önerisine uygun olduğu bulunmuştur. Davranışsal önyargının varlığı verimliliği değiştirebilir. Spekülatörler ve hakemler, ilave getirilerden yararlanabilirler.

---

18	Wang Chun Wei	Liquidity and market efficiency in cryptocurrenci es	The R/S Hurst üssü	Economics Letters (2018)	Bu makale kripto para birimlerinin etkinliğini incelemektedir.	456 Kripto para biriminin günlük fiyatı	2014-2018	Çalışma sonucuna göre, likiditenin yüksek olduğu pazarlarda daha yüksek piyasa verimliliği olduğunu göstermektedir.
----	------------------	--	-----------------------	--------------------------------	---	---	-----------	---

---



## 5.2. ÇALIŞMANIN AMACI

Kripto varlıkların sürdürülebilirliği çevresel, ekonomik, finansal ve etik bir çok değişkene bağlıdır. Bu çalışmanın amacı:

- Finansal teknoloji alanındaki gelişmelerin bir ürünü olan Bitcoin'in ekonomik açıdan sürdürülebilirliğinin piyasanın farklı dönemleri için incelenmesidir.
- Bitcoin'in doğrusal olmayan yapısı Markov Rejim Değişim VEC Modeli kullanılarak ortaya konulmuştur.
- Çalışmada kullanılan veri seti farklı dönemlere ayrılmış ve düzgünleştirilmiş olasılıklar yardımı ile dönüm noktaları belirlenmiştir.
- Markov Rejim Değişim VEC Modeli ile belirlenmiş olan rejimlerin, Dow Teorisine uygunluğu Bitcoin'in fiyat ortalamalarında meydana gelen değişimler incelenerek test edilmiştir.
- Son olarak ise; piyasanın denge durumunda ve Dow teorisine göre belirlenmiş olan boğa - ayı piyasalarında Bitcoin'in arzı, talebi ve fiyatı arasındaki ilişki açıklanmıştır.

## 5.3. VERİ SETİ VE DEĞİŞKENLER

Çalışmada arz, talep ve fiyat arasındaki ilişki ortaya konulurken, fiyat değişkeni hariç, diğer değişkenler için İngilizce de "proxy" olarak isimlendirilen, ikame değişkenler kullanılmıştır. Bitcoin'in fiyatı BTC/ABD Doları cinsinden ele alınmıştır. Bitcoin arzının bir ölçütü olarak "Bitcoin Enerji Tüketim Endeksi", Bitcoin talebinin bir ölçütü olarak "İşlem Ücreti (Transaction fee)" ve Bitcoin'de kullanılan teknolojiyi ifade eden kontrol değişkeni olarak "Hash Rate" modelde yer almıştır. Markov Rejim Değişim modellerinde frekansı daha düşük verilerin, daha iyi sonuçlar vereceği bilindiğinden günlük veriler çalışmada kullanılmıştır. Değişkenlerin tümüne ait veriler 10.02.2017 tarihinden başlayıp, 26.03.2019'a kadar olan dönemi kapsamaktadır. Her bir zaman serisine ait veri seri toplam 775 gözlemden oluşmaktadır. Değişkenlerin doğal logaritmaları alınmıştır.

Analizler yapılırken, bağımlı değişken Bitcoin arzını ifade eden “Bitcoin’in Günlük Enerji Tüketimi”dir. İşlem Ücreti, Hash rate ve Fiyat değişkenleri ise, bağımsız değişkenlerdir. Markov Rejim Değişim VEC modelinde; rejimler fiyata göre belirlendiğinden fiyat değişkeni aynı zamanda rejim değişkenidir.

Değişkenler kısaca açıklanacak olursa;

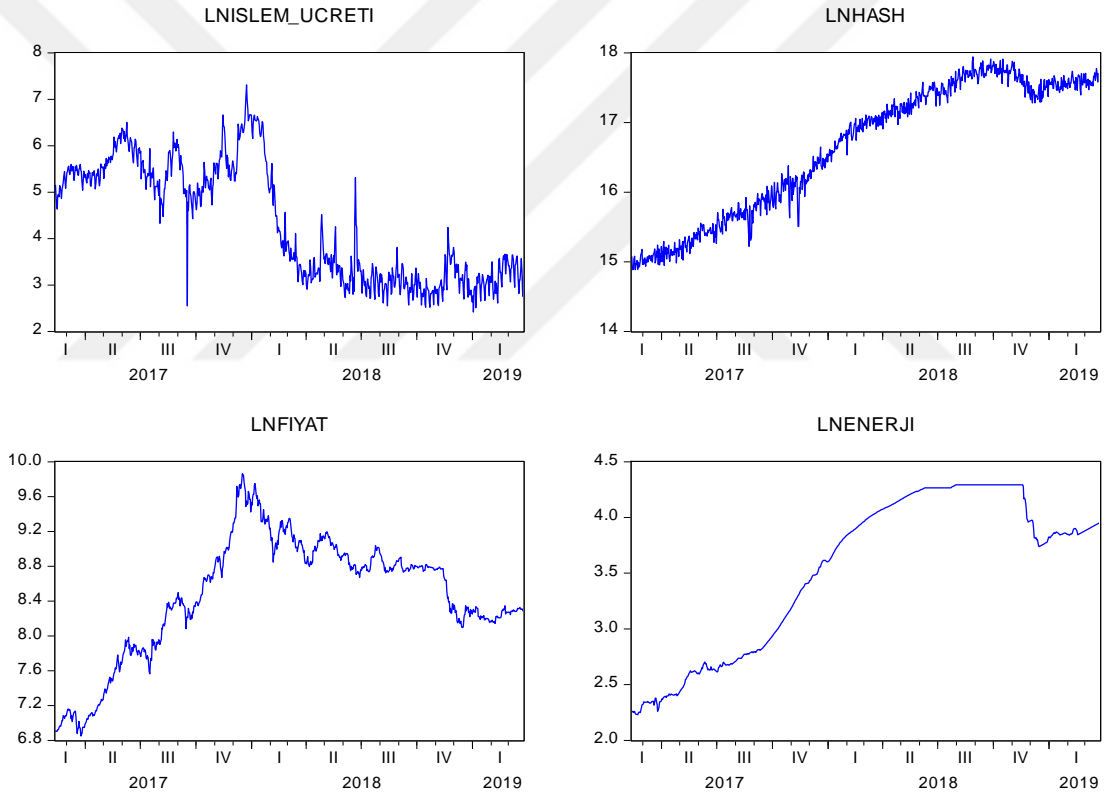
- Bitcoin Enerji Tüketim Endeksi: Sürekli olan devam eden ve bir gelir akışı sağlayan blok madenciliği döngüsü, tüm dünyadaki insanları Bitcoin sisteminde madencilik yapmaya teşvik eder. İnsanlar sistemden daha fazla gelir elde etmek için, daha güçlü makineler kullanmaya istekli hale gelirler. Bu durum Bitcoin ağının toplam enerji tüketiminin epik oranlarda artmasına neden olmuştur. (<https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>) Tüketilen enerji miktarını belirlemek için Enerji Tüketim Endeksi oluşturulmuştur. Enerji ve elektrik tüketim değerleri ekonomik büyümenin bir ölçüsü olarak literatürde sıklıkla görülmektedir. Bu çalışmada da enerji tüketimi Bitcoin arzını ifade etmektedir. Enerji tüketim endeksine ait veriler <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> sitesinden elde edilmiştir.
- Bitcoin Fiyatı (BTC/USD): Günümüzde var olmaya başlayan çeşitli kripto varlıklar olmasına rağmen, bunların içerisinde en sık kullanılanı Bitcoin'dir. Bitcoin'e ait veriler finans.yahoo.com sitesinden elde edilmiştir.
- Hashrate: bir bilgisayarın Bitcoin kodunda bir işlemi tamamlama hızıdır. Madencilik zorluğu ise, hesaplamalı bulmacalardaki karmaşıklık seviyesini belirtir ve doğrudan Hashrate ile ilişkilendirilir. Hashrate arttıkça veya azaldıkça, altta yatan Bitcoin algoritması, madencilik zorluğunu ayarlar, böylece Bitcoinlerin arzı önceden belirlenmiş bir yol izler.(Kjærland, Khazal, Krogstad, Nordstrøm, & Oust, 2018:63) Hash rate değişkene ait veriler "<https://www.quandl.com/>" sitesinden elde edilmiştir.
- İşlem Ücretleri: maddi geliri kademeli olarak değiştirerek, küresel sistem durumunun (muhtemel) tutarlılığını koruyan ve dağıtılmış fikir birliği

mekanizmasına katkıda bulunan madencilere tazminat olarak tasarlanmıştır. İşlem ücreti değişkenine ait veriler "https://www.quandl.com/" sitesinden elde edilmiştir (Möser & Böhme, 2015)

## 5.4. BULGULAR

### 5.4.1. DEĞİŞKENLERE AİT GRAFİKLER

Şekil 5.1’de değişkenlerin logatirmik hallerine ait grafikler verilmiştir.



Şekil 5.1: Değişkenlerin Logaritmik Hallerine Ait Grafikler

“Kasım 2018” tarihinden itibaren Enerji Tüketim Endeksi, Hashrate ve Bitcoin Fiyatı değişkenleri azalan bir trend izlemeye başlamıştır.

## 5.4.2. KLASİK BİRİM KÖK TESTLERİ

Çalışmada incelenmekte olan değişkenler kullanılarak doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşmak için, serilerin öncelikle durağanlığı test edilmelidir. Bu çalışmada, sıfır hipotezi “Serilerin durağan olmadığını”, bir başka deyişle “Serilerin birim köklü olduğunu” söyleyen Genişletilmiş Dickey Fuller ve Phillips Perron Birim Kök testleri kullanılmıştır.

Değişkenler	PHILLIPS PERRON							
	ADF		ADF (PP)				PP	
	First diff.		Trend+		Trend+		First diff.	
	Trend+Sabit	Sabit	Trend+Sabit	Sabit	Trend+Sabit	Sabit	Trend+Sabit	Sabit
LnEnerji	-0.392769 (0.9877)	-1.611239 (0.4763)	5.491981 (0.000)	3.810851 (0.0029)	0.245457 (0.9983)	-2.286159 (0.1768)	20.0300 (0.000)	- (0.000)
LnHashrate	-0.202816 (0.9929)	-1.873663 (0.3449)	13.00153 (0.000)	-13.6635 (0.000)	-5.458942 (0.200)	1.42443 (0.5713)	141.707 (0.0001)	- (0.0001)
LnFiyat	-1.336160 (0.8780)	-2.311389 (0.1686)	14.65257 (0.000)	14.40193 (0.000)	-1.351247 (0.8740)	2.30107 (0.1719)	28.6756 (0.000)	- (0.000)
Lnİşlem Ücreti	-2.245182 (0.4632)	-1.195696 (0.6781)	6.709784 (0.000)	-6.71637 (0.000)	-4.745548 (0.3006)	2.68251 (0.0775)	54.3038 (0.0001)	- (0.0001)

**Tablo 5.3:** Klasik Birim Kök Test Sonuçları

ADF ve PP testlerinin sonucuna göre, seriler düzey değerlerinde durağan değillerdir. Serileri durağan hale getirmek için ilk farkları alınmıştır. İlk farkı alınan seriler I(1)'inci dereceden durağan hale gelmiştir.

### 5.4.3. VAR İLE GECİKME UZUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ

Değişkenler I(1)'inci dereceden durağan olduklarından ötürü, seriler arasındaki uzun dönem denge ilişkisi “Eşbütünleşme Yöntemleri” kullanılarak bulunmalıdır. Ancak eşbütünleşme analizine geçmeden önce modele eklenecek gecikme sayısı VAR yöntemi kullanılarak belirlenmelidir.

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1749.181	NA	0.001136	4.571527	4.595738	4.580847
1	4247.480	11915.14	1.92e-10	-11.02342	-10.90236	-10.97682
2	4391.688	285.0300	1.37e-10	-11.35773	-11.13982*	-11.27385
3	4428.077	71.54561	1.30e-10	-11.41089	-11.09615	-11.28974
4	4476.935	95.55009	1.19e-10	-11.49657	-11.08498	-11.33814*
5	4494.836	34.82076	1.19e-10	-11.50153	-10.99309	-11.30582
6	4526.360	60.99342	1.14e-10	-11.54201	-10.93673	-11.30903
7	4542.336	30.74485	1.14e-10	-11.54195	-10.83982	-11.27169
8	4568.964	50.96358*	1.11e-10*	-11.56966*	-10.77069	-11.26212

\* Seçilen bilgi kriterine göre uygun gecikme sayısını ifade eder.

LR: Olabilirlik Oran Kriteri

FPE: Nihai Tahmin Hatası

AIC: Akaike Bilgi Kriteri

SC: Schwarz Bilgi Kriteri

HQ: Hannan-Quinn Bilgi Kriteri

**Tablo 5.4:** Var ile Uygun Gecikme Sayının Belirlenmesi

Modele eklenecek gecikme uzunluğuna karar verilirken “Schwarz Bilgi Kriteri” kullanılmıştır. Bu kritere göre, %5 anlam düzeyinde en uygun gecikme sayısı “2” olarak belirlenmiştir.

#### 5.4.4. JOHANSEN EŞBÜTÜNLEŞME ANALİZİ

r	Trace İst.	Olasılık	Max-Özdeğer İst.	Olasılık
0	99.930267	0.002002	48.395835	0.004004
1	51.534432	0.002002	26.528677	0.002002
2	25.005755	0.001001	18.249739	0.002002
3	6.7560159	0.1621622	6.7560159	0.1622

**Tablo 5.5:** Johansen Eşbütünleşme Analiz Sonucu

Modeldeki değişken sayısının 2'den fazla olması ve tüm değişkenlerin I(1)'inci dereceden durağan olmasından ötürü, eşbütünleşik vektörlerin varlığı "Johansen Eşbütünleşme Testi" kullanılarak tespit edilmiştir. %5 anlam düzeyine göre, Trace ve Maksimum Özdeğer istatistiklerinin sonucunda 3 eşbütünleşik vektörün varlığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, dışsal ve içsel değişkenler arasında uzun dönem denge ilişkisinin varlığını gösterir.

#### 5.4.5. MS -VECM

Değişkenler arasında var olan eşbütünleşme ilişkisinin bulunmasının ardından lineer VEC model ve MS-VECM modellerine ait bilgi kriter değerleri bulunmuştur.

Gecikme sayısı = 2	Gözlem say.	Log-Likelihood	AIC	BIC	HQ
VECM (2,2)	772	2567.665	-22.767	-22.0631	-22.6556
MSIA (2) – VECM (2,2)	772	4470.9347	-8893.8695	-8782.2938	-8850.9352
MSIAH (2) – VECM (2,2)	772	4466.0739	-8884.1477	-8772.5721	-8841.2135
<b>MSIA (3) – VECM (2,2)</b>	<b>772</b>	<b>4675.2455</b>	<b>-9272.491</b>	<b>-9091.1806</b>	<b>-9202.7228</b>
MSIAH (3) – VECM (2,2)	772	4551.9520	-9025.904	-8844.5936	-8956.1358

**Tablo 5.6:** Uygun MS Modeli Belirlenmesinde Kullanılan Bilgi Kriterleri

Bilgi kriterleri kullanılarak en doğru modelin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Tablo 9'dan da görüldüğü gibi AIC, BIC ve HQ kriterlerine ait değerler en küçük ve Loglikelihood değeri en büyük olan model, 3 rejimli ve 2 gecikmeli MSIA(3) – VECM (2,2) modelidir.

Parameters	Rejim 1	Rejim 2	Rejim 3
	LnEnerji	LnEnerji	LnEnerji
Sabit terim	<b>-0.000068</b> [0.000]*	<b>-0.0213410</b> [0.0000141]*	-0.0721115 [0.1131925]
LnEnerji (-1)	0.6981552 [0.000]*	<b>0.5406654</b> [0.00]*	<b>0.3258629</b> [0.0000001]*
LnEnerji (-2)	<b>0.3018512</b> [0.000]*	0.1331111 [5.832D-08]	0.0519794 [0.4114141]
LnHashrate (-1)	-0.0000002 [0.11282]	-0.0001227 [0.9131882]	<b>0.0196542</b> [0.0024272]*
LnHashrate (-2)	<b>0.0000003</b> [0.00093]*	-0.0001212 [0.8960983]	<b>-0.0284046</b> [0.0000161]*
LnFiyat (-1)	<b>-0.0000011</b> [0.003234]*	<b>0.0087673</b> [0.0000009]*	<b>0.0472880</b> [0.0052858]*
LnFiyat (-2)	0.0000001 [0.751436]	-0.0014045 [0.5579637]	0.0004266 [0.9798328]
Lnİşlem Ücreti (-1)	<b>-0.0000001</b> [0.003842]*	-0.0004155 [0.2483308]	-0.0045055 [0.2470886]
Ln İşlem Ücreti (-2)	<b>-0.0000006</b> [0.000]*	<b>-0.0016714</b> [0.0002371]*	-0.0012229 [0.7165468]
Hata Düzeltme Terimi	<b>-0.0000005</b> [0.000]*	<b>-0.0017241</b> [0.0000031]*	<b>-0.0057417</b> [0.0980558]***
Varyans - Kovaryans Matrisi			
			0.0001815 [0.000]*
LnEnerji	1.909D-14 [0.99]	0.0000021 [0.000]*	

Parantez içinde yer alan değerler “t istatistik oranlarını” gösterir. \* %1 anlam düzeyini, \*\* %5 anlam düzeyini ve \*\*\* %10 anlam düzeyini ifade eder.

**Tablo 5.7:** MSIA (3) – VECM (2,2) Model Tahmini

MSIA(3) – VECM (2,2) modelinde uzun dönem denge ilişkisi “Hata Düzeltme Terimi” ile açıklanmıştır. %10 anlam düzeyinde, hata düzeltme terimleri her üç rejim için anlamlıdır. Ayrıca, kısa dönemde değişkenlerde meydana gelen herhangi bir değişiklik için uzun dönem dengesinde önemli bir değişiklik yaratacağını göstermektedir. Kısa dönem dinamikleri, Hashrate, Bitcoin fiyatı ve İşlem ücretinin gecikmeli değerlerinde gerçekleşen değişikliklerle gösterilir.

Tablo 5.7’de yer alan rejimlerin açıklaması aşağıdaki gibidir:

**Rejim 1:**

- İşlem ücretinin (talep) gecikmeli değerlerinde meydana gelen değişim ile enerji tüketiminde (arz) meydana gelen değişim arasında anlamlı ancak negatif yönlü bir ilişki vardır.
- Bitcoin fiyatının gecikmeli değerlerinde meydana gelen değişim ile enerji tüketiminde (arz) meydana gelen değişim arasında anlamlı ancak negatif yönlü bir ilişki vardır.
- Kontrol değişkeni (dışsal) Hashrate’in gecikmeli değerlerinde meydana gelen değişim ile enerji tüketiminde (arz) meydana gelen değişim arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki vardır.

Rejim 1’den elde edilen sonuçlara göre, arz değişkeni yükseldiğinde, kontrol değişkeni arz ile birlikte yükselir, talep ve fiyat değişkenleri ise, düşer. Değişkenlerin birbirleriyle olan bu ilişkisi, piyasanın dengede olduğunu gösterir.

**Rejim 2:**

- İşlem ücretinin (talep) gecikmeli değerlerinde meydana gelen değişim ile enerji tüketiminde (arz) meydana gelen değişim arasında anlamlı ancak negatif yönlü bir ilişki vardır.
- Bitcoin fiyatının gecikmeli değerlerinde meydana gelen değişim ile enerji tüketiminde (arz) meydana gelen değişim arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki vardır.

Rejim 2’den elde edilen sonuçlara göre mümkün iki hal vardır: Durum 1 ve Durum 2. Bu durumlardan hangisinin Rejim 2’de etkin olduğuna karar vermek gereklidir. Bitcoin’in spekülasyon bir varlık olması nedeniyle, bitcoin ile ilgili haberler Bitcoin’in fiyat hareketlerini etkiler.

**Durum 1: Fiyat ↓, Arz ↓, Talep ↑**

Durum 2: Fiyat ↑, Arz ↑, Talep ↓



Bitcoin ile ilgili haberlere bakıldığında,, Rejim 2’de “Ayı Piyasasının” etkin olduğu belirlenmiştir. Ayı piyasasında fiyatlar hızlı bir şekilde düşmektedir. Arz da fiyat hareketini takip etmektedir. Fiyatın yeterli seviyeye kadar düşmesinin ardından, düşük fiyattan kar elde etmek isteyen yatırımcılar ilgili varlığı tekrardan satın almaya başlarlar. Bu durum talebin artmasına neden olur. Dolayısı ile, “Durum 1” geçerlidir.

### **Rejim 3:**

- Bitcoin fiyatının gecikmeli değerlerinde meydana gelen değişim ile enerji tüketiminde (arz) meydana gelen değişim arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki vardır.
- Kontrol değişkeni (dışsal) Hashrate’in ilk gecikmeli değerinde meydana gelen değişim ile enerji tüketiminde (arz) meydana gelen değişim arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki vardır. Ancak, Hashrate’in ikinci gecikmeli değerleri ile meydana gelen değişim ile enerji tüketiminde (arz) meydana gelen değişim arasında anlamlı ve negative yönlü bir ilişki vardır. Hashrate değişkeni teknoloji ile ilişkili olduğundan, gecikmelerinin verdiği tepki diğer değişkenlere göre daha yavaştır.

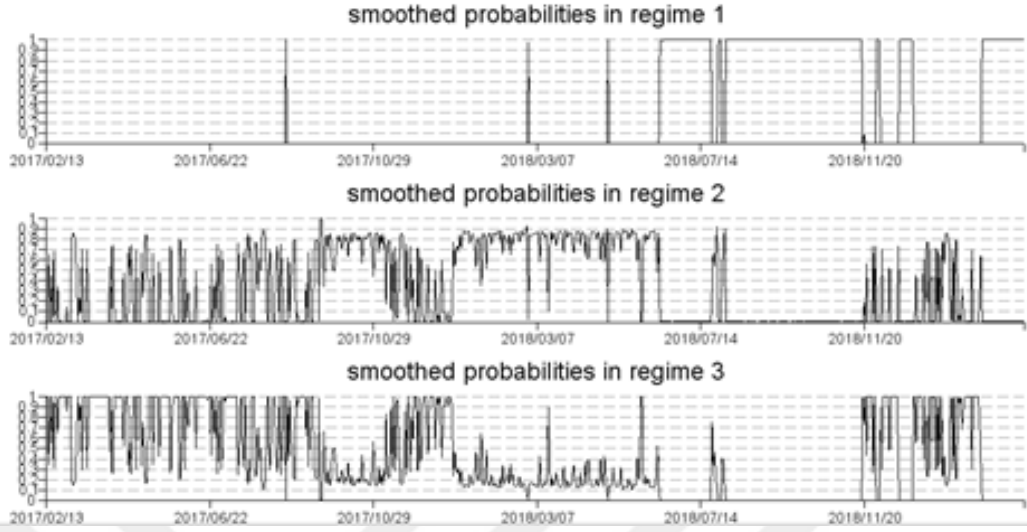
Rejim 3’den elde edilen sonuçlarda, Rejim 2 deki gibi, Durum 1 ve Durum 2 olarak belirtilen iki mümkün hal vardır.

Durum 1: Fiyat ↓, Arz ↓

**Durum 2: Fiyat ↑, Arz ↑**

Bitcoin ile ilgili haberlere bakıldığında, Rejim 3’de “Boğa Piyasasının” etkin olduğu belirlenmiştir. Boğa piyasasında iyi haberler gelmeye başladığından dolayı, fiyatlar yükselir, arz da fiyatla birlikte yükselir. Durum 2 geçerlidir.

Ayrıca Dow teorisine göre ortalamalar birbirini teyit etmelidir. Ancak bu durumun belirlenmesi için, öncelikle ayı, boğa ve denge durumuna geçiş noktalarının belirlenmesi gerekir.



Şekil 5.2: Düzgünleştirilmiş Olasılıklar

Çalışmada düzgünleştirilmiş olasılıklar yardımı ile dönüm noktaları bulunmuştur. Her bir dönüm noktasına ait zaman aralıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Rejim 1	Rejim 2	Rejim 3
2018:07 – 20.11.2018	2017:10 – 2017:11	2017:02 – 2017:09
2019:03	2018:03 – 2018:06	2017:12 – 2018:02
		21.11.2018 – 30.02.2019

Tablo 5.8: MSIA (3) – VECM (2) Modelinde Rejim Sınıflandırması

Daha önce de belirtildiği gibi MSIA(3) – VECM(2,2) modelinde rejimler “Fiyat” değişkeninin hareketine göre belirlenir. Dolayısıyla fiyata ait ortalamaların yukarıda belirtilen dönemleri teyit etmesi gerekir. Bu nedenle Tablo 5.9’da her bir döneme ait fiyatın ortalama değeri gösterilmiştir.

Fiyat Ortalama Değeri	Dönüm Noktaları
7.64	<b>Rejim 3</b> 2017:02 – 2017:09
8.759047	<b>Rejim 2</b> 2017:10 – 2017:11
9.40584	<b>Rejim 3</b> 2017:12 – 2018:02
7.386193	<b>Rejim 2</b> 2018:03 – 2018:06
8.768234	<b>Rejim 1</b> 2018:07 – 2018:11:20
9.375227	<b>Rejim 3</b> 21.11.2018- 30.02.2019
8.291552	<b>Rejim 1</b> 3.2019

**Tablo 5.9:** Her Bir Dönem için Bitcoin Fiyatının Ortalama Değeri

Sürecin beklenen işleyişine göre, Rejim 3'e geçerken Bitcoin ortalama fiyatı artmalı (boğa piyasası), Rejim 2'ye geçerken düşmeli (ay1 piyasası), Rejim 1'e geçtiğinde ise dengeye gelmelidir. Tablo 5.9'da görüldüğü gibi, ilk dönem hariç, diğer tüm dönemler için bu beklenti doğrulanmıştır. Rejim 2'de 8.75 olan fiyat ortalaması, Rejim 3'te 9.40'a yükselmiş, Rejim 2'de 7.38'e gerilemiştir. Rejim 1'e geçtiğinde ortalama 8.76'ya yükselerek dengeye gelmiş, Rejim 3'e geçtiğinde 9.37'ye yükselerek boğa piyasası tekrarlanmış ve son olarak 8.29'a gerileyerek tekrar dengeye ulaşmıştır.

Geçiş Olasılıkları Matrisi	Rejimlerin Sürekliliği				
	Rejim 1	Rejim 2	Rejim 3	Ergodik olas.	Süre
Rejim 1	0.3898448	0.2462298	0.130536	0.2140257	1.638927
Rejim 2	0.2144793	0.2966667	0.2284054	0.24194	1.421801
Rejim 3	0.356759	0.4571035	0.6410586	0.5440343	2.78597

**Tablo 5.10:** Geçiş Olasılıkları Matrisi ve Rejimlerin Sürekliliği

Tablo 5.10'da gösterilen geçiş olasılıkları matrisine göre, Bitcoin'in denge mekanizmasını ifade eden 1. rejimde kalma olasılığı %38.98'dir. 1. rejimde geçirdiği ortalama süre ise,  $d = (1-P) - 1$  formülü kullanılarak hesaplanmıştır ve 1.6389 gündür. Rejim 2'de kalma olasılığı %29,66 ve rejim 2'de geçirdiği ortalama süre 1,4218 gündür. Rejim 3'de kalma süresi ise, %64,106 ve rejim 3'te geçirdiği ortalama süre 2,786 gündür.

Eğer süreç rejim 1'de ise, fiyat dengede demektir. Dengede olan fiyat yön değiştirmek istediğinde önce rejim 3'e geçmek isteyecek (boğa piyasası) yani fiyat artacaktır. Daha sonra rejim 2'ye geçecek (ayı piyasası) ve fiyat düşecektir. Eğer süreç rejim 2'de ise, fiyat azalıyor demektir. Bu durumda fiyat önce rejim 3'e geçmek isteyecek, daha sonra rejim 1'e geçerek dengeye gelecektir. Eğer süreç rejim 3'de ise, fiyat artıyor demektir. Bu durumda ise fiyat önce ayı piyasası olan rejim 2'ye geçmek isteyecek, daha sonra rejim 1'e geçerek dengeye gelecektir.

## SONUÇ

2008 küresel finansal krizi, finansal sistemlerde birçok değişikliğe neden olmuştur. Ülkelerin borsaları çökmüş, kredi değerlendirme kuruluşları itibarlarını kaybetmiş, finansal kuruluşlar ve firmalar iflasın eşiğine yaklaşmıştır. Küresel düzeyde meydana gelen bu kriz sonucunda, insanların merkez bankalarına ve finansal kurumlara olan güveni azalmıştır. Tam da bu sırada Satoshi Nakamoto tarafından yazılan "Bitcoin: Peer to Peer Electronic Cash System" makalesi ile Bitcoin, adını ilk kez dünyaya duyurmuştur. 2009 yılından itibaren konu ile ilgili literatür oluşmaya başlamış, 2010 yılından itibaren ise; Bitcoin reel bir fiyata sahip olmuştur.

Bu çalışmada; Bitcoin'in fiyat arz ve talep değişkenleri arasındaki ilişkiyi, ikame değişkenler kullanarak piyasanın farklı dönemlerinde incelemek; rejimler arası geçiş noktalarını belirlemek ve tahmin etmek için Markov Rejim Değişim Vektör Hata Düzeltme Modeli kullanılmaktadır.

Tez çalışmasında ele alınan değişkenler; Enerji Tüketimi, Hash Rate, İşlem Ücreti ve Bitcoin/ABD Dolar fiyatı değişkenlerinin durağanlıkları Genişletilmiş Dickey Fuller ve Phillips Perron testleri kullanılarak belirlenmiştir. Testlerin sonucuna göre, değişkenlerin ilk farkları alındığında durağanlık özelliği gösterdikleri, bir başka deyişle;  $I(1)$ 'inci dereceden bütünleşik oldukları tespit edilmiştir. İkinci adım olarak, Johansen Eşbütünleşme Testi kullanılarak değişkenler arasındaki uzun dönem denge ilişkisinin varlığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, "Eşbütünleşme ilişkisinin var olmadığı" söyleyen sıfır hipotezi reddedilmiştir. Üçüncü adım olarak, değişkenlerin davranışlarında meydana gelen değişimleri açıklamak amacıyla MS-VEC model uygulanmış ve geçiş olasılıkları dikkate alınmıştır. Farklı MS-VEC modelleri tahmin edilip, en iyi model AIC, SIC, HQ ve Likelihood bilgi kriterlerine göre MSIA (3) – VECM (2,2) seçilmiştir.

3 rejimli ve 2 gecikmeli MSIA (3) – VECM (2,2) modelinin ilk rejimi "Denge Mekanizmasını", ikinci rejimi "Ayı Piyasasını", üçüncü rejimi ise "Boğa Piyasasını" oldukça iyi ifade etmektedir. Elde edilen tüm bulgular ışığında, ekonomik döngünün yeni bir aşamasına ilişkin ekonomik geçişi öngörebilmek, ekonomik döngülerin zaman

değerlendirmesini yapabilmek için Markov Rejim Değişim VEC modelinin yeterli bir araç olduğu görülmektedir.

Bitcoin'e olan arz ve likidite talebi yatırımcıların spekülâtif davranışlarından kaynaklanmaktadır, çünkü Bitcoin kripto varlığı için faiz oranı yoktur ve kâr sadece fiyat değişikliklerinden elde edilebilir. Bitcoin dışındaki diğer finansal varlıklara ait faiz oranları daha yüksek potansiyel getirilere sahip olan riskli yatırımları teşvik eder. Bu oranlar düşük olduğunda, risk toleranslı yatırımcıların Bitcoin'e daha fazla yatırım yapacakları varsayılabilir.

Bitcoin'in değeri azalmaya başladığında spekülâtif yatırımcılar kayıplarını en aza indirmeye ve Bitcoin'i satmaya çalışacaktır. Bu durum, Bitcoin'in değerinin daha da düşmesine neden olacaktır. Değer düşük olduğunda, diğer spekülâtif yatırımcılar Bitcoin pazarına girecektir.

## KAYNAKÇA

- Adhikari Ratnadip,  
Agraval R.,K.: (2013) **An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting, New Delhi, LAP LAMBERT Academic Publishing.**  
<https://doi.org/10.1210/jc.2006-1327>
- Adkins, L.:(2013) Vector Error Correction Models.  
[http://www.learneconometrics.com/class/5263/notes/Vector Error Correction Models.pdf](http://www.learneconometrics.com/class/5263/notes/Vector%20Error%20Correction%20Models.pdf) adresinden
- Adrian, T., Mancini-Griffoli, T.: (2019) The Rise of Digital Money.  
<https://www.imf.org/en/Publications/fintech-notes/Issues/2019/07/12/The-Rise-of-Digital-Money-47097>
- Agarwal, S., Amromin, G., Ben-David, I., Chomsisengphet, S., Evanoff, D.: (2014). “Predatory Lending And The Subprime Crisis”, **Journal of Financial Economics**, 113/1, 29–52.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2014.02.008>
- Ahmed, S.: (2018) “ARDL Model As A Remedy For Spurious Regression : Problems , Performance And Prospectus”, **Munich Personal RePEc Archive**, 1–31.  
[https://mpra.ub.uni-muenchen.de/83973/1/MPRA\\_paper\\_83973.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/83973/1/MPRA_paper_83973.pdf)
- Amihud, Y.: (2002) “Illiquidity And Stock Returns: Cross-Section And

Time-Series Effect”, **Journal of Financial Markets**, 5, 31–56.

[https://doi.org/10.1016/S1386-4181\(01\)00024-6](https://doi.org/10.1016/S1386-4181(01)00024-6)

Andrei, D. M., Andrei, L. C.: (2015) “Vector Error Correction Model in Explaining the Association of Some Macroeconomic Variables in Romania”, **Procedia Economics and Finance**, 22/Ekim, 568–576.

[https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00261-0](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00261-0)

Anikina, I. D., Gukova, A. V., Golodova, A. A., Chekalkina, A. A.: (2016) “Methodological Aspects of Prioritization of Financial Tools For Stimulation of Innovative Activities”, **European Research Studies Journal**, 19/ 2, 100–112.

Ankalkoti, P., Santhosh, S. G.: (2017) “A Relative Study on Bitcoin Mining”, **Imperial Journal of Interdisciplinary Research**, 3/5, 1757–1761.

<https://www.researchgate.net/publication/318850089>

[A Relative Study on Bitcoin Mining](#)

Arner, Douglas W., Barberis, J., Buckley, R. P.: (2005) The Evolution of FinTech: A New Post-Crisis Paradigm?  
<https://hub.hku.hk/bitstream/10722/221450/1/Content.pdf>

Arner, D., Barberis, J., Buckley, R.: (2016) “150 years of Fintech : An evolutionary analysis”, **The Finsia Journal of Applied Finance**, 3, 22–29.



<https://www.researchgate.net/publication/313364787>  
150 Years of FinTech An Evolutionary Analysis  
s

- Arner, D., Barberis, J., Buckley, R.: (2018) “FinTech and RegTech in a Nutshell, and the Future in a Sandbox”, **SSRN Electronic Journal**.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3088303>
- Asari, F., Baharuddin, N., Jusoh, N., Mohamad, Z., Shamsudin, N., & Jusoff, K.: (2011). “A Vector Error Correction Model (VECM) Approach in Explaining the Relationship Between Interest Rate and Inflation Towards Exchange Rate Volatility in Malaysia”, **World Applied Sciences Journal**, 12, 49–56.  
<http://www.1investopedia.com/articles/basics/04/050704.asp>
- Assadzadeh, A., Najafi, Hojjad.: (2012) “Investigating The Relationship Between Tourism Industry And GDP In The Islamic Republic Of Iran”, **International Review of Business Research Papers**, 8/2, 85-95.  
<https://www.researchgate.net/publication/259640667>  
Investigating the Relationship between Tourism Industry and GDP in the Islamic Republic of Iran
- Athanasopoulos, G., Guillen Carvalho, O. T., Issler, J. V., Vahid, F.: (2010) “Model Selection, Estimation and Forecasting in VAR Models with Short-Run and Long-Run Restrictions”, **The Banco Central do Brasil Working Papers**, 205, 1-49.  
<https://www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps205.pdf>
- Aziz. (2019). “Guide To Cryptocurrency Liquidity: How To Measure Liquidity & Trade Well”

<https://masterthecrypto.com/cryptocurrency-liquidity-measuring-liquidity/>

- Aziz, A., Sanwal, K., Singhal, V., Brayton, R.: (2000) “Model Checking Continuous Time Markov Chains”, **In Computer Aided Verification**, 1, 1–8. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/3-540-61474-5\\_75](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/3-540-61474-5_75)
- Badzar, A.: (2016) “Blockchain For Securing Sustainable Transport Contracts And Supply Chain Transparency”, Master Tezi, **Lund University**, 1–52. <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8880383&fileId=8880390%0Ahttp://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8880383>
- Baek, C., Elbeck, M.: (2015) “Bitcoins As An Investment Or Speculative Vehicle? A First Look”, **Applied Economics Letters**, 22/1, 30-34. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504851.2014.916379>
- Baliga, A.: (2017) “Understanding Blockchain Consensus Models”, **Whitepaper**. <https://pdfs.semanticscholar.org/da8a/37b10bc1521a4d3de925d7ebc44bb606d740.pdf>
- Balke, N.S., Fomby, T.: (1997) “Threshold cointegration”, **International Economic Review**, 38/3, 627–645. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2527284.pdf>

- Balmer, S.: (2007) **The Monetary Base and the M1, M2 and M3 Monetary Aggregates, Zurich, Swiss National Bank.**  
[https://www.snb.ch/en/mmr/reference/hiszt\\_geldmen gen\\_book/source/hiszt\\_geldmengen\\_book.en.pdf](https://www.snb.ch/en/mmr/reference/hiszt_geldmen gen_book/source/hiszt_geldmengen_book.en.pdf)
- Barbesino, P., Camerani, R., Gaudino, A.: (2005) “Digital Finance in Europe: Competitive Dynamics And Online Behaviour”, **Journal of Financial Services Marketing**, 9(4), 329–343.  
<https://doi.org/10.1057/palgrave.fsm.4770164>
- Barontini, C., Holden, H.: (2019) “Proceeding with Caution - A Survey On Central Bank Digital Currency”, **BIS Papers**, 101.  
[www.bis.org](http://www.bis.org)
- Bartos, J.: (2015) “Does Bitcoin Follow The Hypothesis of Efficient Market”, **International Journal of Economic Sciences**, 4/2, 10-23.  
<https://www.iises.net/international-journal-of-economic-sciences/publication-detail-189>
- Baura, G.D., Hongb, K., Lee, A.D.: (2017) “Bitcoin: Medium of Exchange or Speculative Assets?”, **Journal of International Financial Markets, Institutions and Money**, 54, 177-189.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1042443117300720>

Belloumi, M.: (2008) “The Relationship Between Trade , FDI And Economic Growth In Tunisia : An Application Of Autoregressive Distributed Lag Model”, **Economic Systems**, 38/2, 269–287. 1–22.

Ben Mbarek, M., Ben Ali, N., & Feki, R.: (2014). “Causality relationship between CO2 emissions, GDP and energy intensity in Tunisia”, **Environment, Development and Sustainability**, 16/6, 1253–1262.  
<https://doi.org/10.1007/s10668-014-9525-x>

BIS.; (2001) History Of The Basel Committee And Its Membership.  
<https://www.bis.org/publ/bcbssc101.pdf>

Bookstaber, R.: (2007). **A Demon of Our Own Design. Markets, Hedge Funds, and the Perils of Financial Innovation, New Jersey, John Wiley & Sons. R.**  
[http://books.google.com/books?id=L3xFSMNso3EC&pg=PT12&dq=intitle:A+DEMON+OF+OUROWN+DESIGN&hl=&cd=1&source=gbs\\_api%5Cnpapers3://publication/uuid/603DF159-94BF-45DF-9B38-13BBBBA02D53](http://books.google.com/books?id=L3xFSMNso3EC&pg=PT12&dq=intitle:A+DEMON+OF+OUROWN+DESIGN&hl=&cd=1&source=gbs_api%5Cnpapers3://publication/uuid/603DF159-94BF-45DF-9B38-13BBBBA02D53)

Bordo, M. D., Levin, A. D.: (2017) “Central Bank Digital Currency and Monetary Policy” **Economics Working Papers**, No. 17104.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3011401>

- Brækkan, E. H.: (2014). “Why do Prices Change? An Analysis of Supply and Demand Shifts and Price Impacts in the Farmed Salmon Market” **The Arctic University of Norway**.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2928.6884>
- Brahmasrene, T., Huang, J. C., Sissoko, Y.: (2014). “Crude Oil Prices And Exchange Rates: Causality, Variance Decomposition And Impulse Response”, **Energy Economics**, 44, 1–27.  
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.05.011>
- Brito, J., Castillo, A.: (2013) “Bitcoin: A Primer for Policymakers”, **Mercatus Center: George Mason University**, 29/4, 3–12.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Brown, S. J., Goetzmann, W. N., Kumar, A.: (1998) “The Dow Theory : William Peter Hamilton’s Track Record Reconsidered”, **SSRN Electronic Journal**, 1–46.  
[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=58690](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=58690)
- Buchwalter, B.: (2019) “Decrypting Cryptoassets : A Classification And Its Implications”, **SSRN Electronic Journal**, 1–39.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3271641>
- Caporale, G.M., Alana, L.G., Plastun, A.: (2018) “Persistence in The Cryptocurrency Market”, **Research in International Business and Finance**, 46, 141-148.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0275531917309200>

- CFI:(t.y.)                      What is Speculation?  
<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/trading-investing/speculation/>
- Chan, K.S.: (1993)              “Consistency And Limiting Distribution of The Least Squares Estimator of A Threshold Autoregressive Model”, **The Annals of Statistics**, 21/1, 520–533.  
<https://projecteuclid.org/euclid.aos/1176349040>
- Chan, K. C., Mills, T. M.:      “An Introduction to Markov Chains”, **The Mathematical Association Of Victoria Annual Conference**, 49, 40–47.  
 (2012)                              <https://doi.org/10.13140/2.1.1833.8248>
- Chen, H., Chong, T. T. L.,      “Theory and Applications of TAR Model with Two Threshold Variables”, **Econometric Reviews**, 31/2, 142–170.  
 Bai, J.: (2012)                      <https://doi.org/10.1080/07474938.2011.607100>
- Cheung, A., Roca, E, Su,      “Crypto-Currency Bubbles: An Application of the Phillips-Shi-Yu Methodology on Mt.Gox Bitcoin Prices”, **Applied Economics**, 47/23, 2348-2358.  
 J.J.: (2013)                              <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036846.2015.1005827>

Ciaian, P., Rajcaniova, M., Kancs, A.: (2016) “The economics of Bitcoin price formation”, **Applied Economics**, 48, 19, 1799-1815.  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00036846.2015.1109038>

Ciaian, P., Rajcaniova, M., Kancs, A.: (2017) “Virtual Relationships: Short- and Long-run Evidence from BitCoin and Altcoin Markets”, **Economics and Econometrics Research Institute**, 2, 1-36.  
[https://www.econstor.eu/bitstream/10419/179403/1/EERI\\_RP\\_2017\\_02.pdf](https://www.econstor.eu/bitstream/10419/179403/1/EERI_RP_2017_02.pdf)

Clark, C., Greenley, H.: (2019) “Bitcoin, Blockchain, and the Energy Sector”, **Congressional Research Service**, 1-27.  
<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R4586>

3

Clements, M. P., Krolzig, H. M.: (2003) “Business Cycle Asymmetries: Characterization And Testing Based On Markov-Switching Autoregressions”, **Journal of Business and Economic Statistics**, 21/1, 196–211.  
<https://doi.org/10.1198/073500102288618892>

- Cocco, L., Tonelli, R.,  
Marchesi, M.: (2019) “An Agent Based Model to Analyze the Bitcoin Mining Activity and a Comparison with the Gold Mining Industry”, **Future Internet**, 11/8, 1-12.  
<https://www.researchgate.net/publication/330107673>  
[An Agent Based Model to Analyze the Bitcoin Mining Activity and a Comparison with the Gold Mining Industry](https://www.researchgate.net/publication/330107673)
- Cocco, L., Pinna, A.,  
Marchesi, M.: (2017) “Banking on Blockchain: Costs Savings Thanks to the Blockchain Technology”, **Future Internet**, 9/25, 1-20.  
<https://www.researchgate.net/publication/317999620>  
[Banking on Blockchain Costs Savings Thanks to the Blockchain Technology](https://www.researchgate.net/publication/317999620)
- Conti, M., Sandeep, K. E.,  
Lal, C., Ruj, S.: (2018) “A Survey On Security And Privacy Issues Of Bitcoin”, **IEEE Communications Surveys and Tutorials**, 20/4, 3416–3452.  
<https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2842460>
- Corbet, S., Lucey, B.,  
Yarovya, L.: (2018) “Datestamping the Bitcoin and Ethereum Bubbles”, **Finance Research Letters**, 26, 81-88.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1544612317307419>
- Darlington, R. B.: (1968) “Multiple Regression in Psychological Research and Practice”, **Psychological Bulletin**, 69/3, 161–182.  
<https://doi.org/10.1037/h0025471>



- De Gooijer, J. G.: (2017) **Elements of Nonlinear Time Series Analysis and Forecasting., Amsterdam, Springer Series in Statistics.**  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-43252-6>
- Dempster, A. P., Laird, N. M., Rubin, D. B.: (1977) “Maximum Likelihood from Incomplete Data Via the EM Algorithm”, **Journal of the Royal Statistical Society: Series B**, 39/1, 1–22.  
<https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1977.tb01600.x>
- DFI: (t.y.) Digital Finance Innovation.  
<http://www.digifin.org/digital-finance-innovation/>
- Dilek, Ş., Furuncu, Y.: (2019) “Bitcoin Mining and Its Environmental Effects”, **İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 33/1, 91–105.  
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/641972>
- Droumaguet, M.: (2012) “Markov-Switching Vector Autoregressive Models: Monte Carlo Experiment, Impulse Response Analysis and Granger-Causal Analysis”, **European University Institute**, 1-167.  
<https://doi.org/10.2870/63610>
- Ehrmann, M., Ellison, M., Valla, N.: (2003) “Regime-Dependent Impulse Response Functions In A Markov-Switching Vector Autoregression Model”, **Economics Letters**, 78/3, 295–299.  
[https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(02\)00256-2](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(02)00256-2)

- Ejrnaes, M., Persson, K. G.: “Market Integration and Transport Costs in France 1825-1903: A Threshold Error Correction Approach to the Law of One Price”, **Explorations in Economic History**, 37/2, 149–173.  
<https://doi.org/10.1006/exeh.2000.0733>
- Engel, C.: (1994) “Can The Markov Switching Model Forecast Exchange Rates?”, **Journal of International Economics**, 36, 151-165.  
<https://www.ssc.wisc.edu/~cengel/PublishedPapers/JIEMarkov.pdf>
- Evangelos, L.: (2015) “Google Trends As A Predictive Tool For The Sales Of The Apple ”, **International Hellenic University**, 1-53.  
[https://repository.ihu.edu.gr/xmlui/bitstream/handle/11544/12412/e.liolios\\_mng\\_30-11-2015.pdf?sequence=1](https://repository.ihu.edu.gr/xmlui/bitstream/handle/11544/12412/e.liolios_mng_30-11-2015.pdf?sequence=1)
- Fabris, N.: (2018) “Challenges for Modern Monetary Policy”, **Journal of Central Banking Theory and Practice**, 7/2, 5–24.  
<https://doi.org/10.2478/jcbtp-2018-0010>
- Fabris, N.: (2019) “Cashless Society - The Future of Money or a Utopia?”, **Journal of Central Banking Theory and Practice**, 8/1, 53–66.  
<https://doi.org/10.2478/jcbtp-2019-0003>

Fallahi, F.: (2011) “Causal Relationship Between Energy Consumption (EC) and GDP: A Markov-Switching (MS) Causality”, **Energy**, 36(7), 4165–4170.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.04.027>

FED.: (2015) “What Is The Money Supply? Is It Important”.  
[https://www.federalreserve.gov/faqs/money\\_12845.htm](https://www.federalreserve.gov/faqs/money_12845.htm)

Foroglou, G., Tsilidou, A. L.: (2015) “Further Applications Of The Blockchain”,  
**ResearchGate**, 1–8.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2350.8568>

Frame, W. S., White, L. J.: (2014) “Technological Change, Financial Innovation, and Diffusion in Banking”, **NYU Working Paper**, 2451/33549.  
[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2380060](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2380060)

Francis, N., Owyang, M.T.: (2012) “Monetary Policy in a Markov-Switching Vector Error Correction Model”, **Journal of Business & Economic Statistics**, 23/3, 305-313.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1198/073500104000000325>

- Fry, J., Cheah, E.: (2016) “Negative Bubbles And Shocks In Cryptocurrency Markets”, **International Review of Financial Analysis**, 47, 343-352.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1057521916300163>
- Fujiwara, I.: (2006) “Evaluating Monetary Policy When Nominal Interest Rates Are Almost Zero”, **Journal of the Japanese and International Economies**, 20/3, 434–453.  
<https://doi.org/10.1016/j.jjie.2006.02.001>
- Fung, B. S. C., Halaburda, H.: (2017) “Central Bank Digital Currencies: A Framework for Assessing Why and How”, **SSRN Electronic Journal**, 1-27.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.2994052>
- Gallager, R., Rappaport, T. S., Reed, J. H. (1996) **Discrete Stochastic Processes, New York, Springer Science+Business Media.**  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2329-1>
- Garcia, D., Tessone, C. J., Mavrodiev, P., Perony, N.: (2014) “The Digital Traces Of Bubbles : Feedback Cycles Between Socio-Economic Signals In The Bitcoin Economy”, **Journal of the Royal Society**, 11/99, 1–8.  
<https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0623>

- Georgoula, I., Pournarakis, D., Bilanakos, C., Dionisios, N., Giaglis, G. M.: (2015) “Using Time-Series and Sentiment Analysis to detect the Determinants of Bitcoin Prices”, **SSRN Electronic Journal**, 1–14.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.2607167>
- Ghiani, G., Gillman, M., Kejak, M.: (2014) “A General Theory of Employment , Interest and Money : with MSIAH VECM Markov-Switching Evidence” 1–47.  
<https://files.stlouisfed.org/files/hdocs/conferences/moconf/2014/Giulia5.pdf>
- Gomber, P., Koch, J. A., Siering, M. (2017) “Digital Finance And Fintech: Current Research And Future Research Directions”, **Journal of Business Economics**, 87(5), 537–580.  
<https://doi.org/10.1007/s11573-017-0852-x>
- González, A. M., Muñoz, A., Roque, S., García, G. J.: (2005) “Modeling And Forecasting Electricity Prices With Hidden Markov Models”, **IEEE Transactions On Power Systems**, 20/1, 13–24.  
<https://doi.org/10.1109/tpwrs.2004.840412>
- Govindan, P.: (1991) “Schumpeter On Invention, Innovation and Technological Change”, **Journal of the History of Economic Thought**, 13/01, 78–89.  
<https://doi.org/10.1017/s1053837200003412>

- Grübler, A.: (1998) **Technology and Global Change, Laxenburg, Cambridge University Press.**  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9781316036471>
- Guegan, D.: (2017) “Public Blockchain versus Private Blockchain”, **CES Working Papers**, 1-6.  
<ftp://mse.univ-paris1.fr/pub/mse/CES2017/17020.pdf>
- Guegan, D.: (2018) “The Digital World : I - Bitcoin : from history to real live”, **HAL**, 01822962, 1-10.  
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01822962/document>
- Guo, M., Bai, Z., An, H. Z.: (1999) “Multi-step prediction for nonlinear autoregressive models based on empirical distributions”, **Statistica Sinica**, 9/2, 559–570.  
<https://www.researchgate.net/publication/228969453>
- Hamilton, J. D.: (1989) “A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle”, **Econometrica**, 57/2, 357–384.  
<http://www.jstor.org/stable/1912559>

Hamilton, J.: (1994) **Time Series Analysis, New Jersey, Princeton University Press.**

Hamilton, J. D.: (2005) **Regime-Switching Models, London, Palgrave Macmillan.**

<https://doi.org/10.1057/9780230280830>

Hansen, B. E., Hill, C.: (1997) “Inference in TAR Models”, **Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics**, 2/1, 1–14.

Hansen, B. E., Seo, B.: (2002). “Testing For Two-Regime Threshold Cointegration In Vector Error-Correction Models”, **Journal of Econometrics**, 110/2, 293–318.

[https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(02\)00097-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(02)00097-0)

Hayek, F.: (1993) **Monetary Theory and the Trade Cycle, New York, Sentry Press.**

- Hill, C., Griffiths, W.,  
Judge, G.: (2001) **Nonlinear Models In Undergraduate Econometrics, Danvers, John Wiley & Sons, Inc.**  
[http://web.thu.edu.tw/wichuang/www/FinancialEconometrics/Lectures/CHAPTER\\_10.pdf](http://web.thu.edu.tw/wichuang/www/FinancialEconometrics/Lectures/CHAPTER_10.pdf)
- Hornuf, L., Haddad, C.: (2018) “The Emergence of the Global Fintech Market : Economic and Technological Determinants”, **Small Business Economics**, 53/1, 81–105.  
<https://doi.org/10.1007/s11187-018-9991-x>
- Hosack, S. J.: (2018) “Use of the Proof-of-Stake Algorithm for Distributed Consensus in Blockchain Protocol for Cryptocurrency”, **Honors Scholar Program Spring**, 4–27.  
[https://opencommons.uconn.edu/srhonors\\_theseshttps://opencommons.uconn.edu/srhonors\\_theses/580](https://opencommons.uconn.edu/srhonors_theseshttps://opencommons.uconn.edu/srhonors_theses/580)
- Houy, N.: (2014) “The economics of Bitcoin transaction fees”, **HAL**, 1-10.  
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00951358/document>
- Jaiswal, R., Rashmi, U.: (2016). “An Empirical Analysis of Inflation Hedging Potential of Commodity Futures: A Regime Switching Approach” **National Institute of Technology Karnataka (NITK)**, 8/2, 33–48.  
[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:c64oy0i\\_bKQJ:https://www.iimidr.ac.in/wp-content/uploads/Vol8-2-](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:c64oy0i_bKQJ:https://www.iimidr.ac.in/wp-content/uploads/Vol8-2-)



- Jang, H., Lee, J.: (2017) “An Empirical Study on Modeling and Prediction of Bitcoin Prices With Bayesian Neural Networks Based on Blockchain Information”, **IEEE Access**, 6, 5427 – 5437.  
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8125674>
- Jaras, J., Gishani, A. M., Gustafsson, P.: (2010) “Threshold Detection in Autoregressive Non-Linear Models”, **Lund University**, 1-41  
<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1636260&fileId=1636263>
- Jorin, P.: (2000) “Risk Management Lessons from Long-Term Capital Management”, **European Financial Management**, 6, 277–30.  
<https://merage.uci.edu/~jorion/papers/lbcm.pdf>
- Kanas, A., Kouretas, G. P.: (2007) “Regime Dependence Between The Official And Parallel Foreign Currency Markets For US Dollars In Greece”, **Journal of Macroeconomics**, 29/2, 431–449.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2005.11.003>

- Khuntia, S., Pattanayak, J.K. (2018) “Adaptive Market Hypothesis and Evolving Predictability of Bitcoin”, **Economics Letters**, 167, 26-28.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165176518300910>
- Kim, K., Kang, T.: (2017) “Does Technology Against Corruption Always Lead to Benefit: The Potential Risks and Challenges of the Blockchain Technology”, **2017 OECD Global Anti-Corruption and Integrity Forum**, 1, 1–22.  
<https://www.oecd.org/cleangovbiz/Integrity-Forum-2017-Kim-Kang-blockchain-technology.pdf>
- Kindleberger, C. P., Aliber, R. Z. (t.y.). **Manias, Panics, and Crashes, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.**  
<https://delong.typepad.com/manias.pdf>
- Kjærland, F., Khazal, A., Krogstad, E., Nordstrøm, F., Oust, A.: (2018) “An Analysis of Bitcoin’s Price Dynamics”, **Journal of Risk and Financial Management**, 11/4, 63.  
<https://doi.org/10.3390/jrfm11040063>
- Knüppel, M.: (2009) “Testing Business Cycle Asymmetries Based On Autoregressions With A Markov-Switching Intercept”, **Journal of Business and Economic Statistics**, 27/4, 544–552.  
<https://doi.org/10.1198/jbes.2009.06117>

- Kostov, P., Lingard, J.: (2004) “Regime Switching Vector Error Correction Model Analysis of UK meat consumption”, **Econometrics**, 1-31.
- Koy, A., & Akkaya, M.: (2018) “Mutual Switching Behavior Between High Growth and Low Growth Economies Stock Markets”, **Journal of Business Research Turk**, 10/1, 45–60.  
<https://doi.org/10.20491/isarder.2018.369>
- Kozdron, M.: (2006) “The Definition of a Stochastic Process”, **University of Regina**, 1-9.  
[http://stat.math.uregina.ca/~kozdron/Teaching/Regina/862Winter06/Handouts/revised\\_lecture1.pdf](http://stat.math.uregina.ca/~kozdron/Teaching/Regina/862Winter06/Handouts/revised_lecture1.pdf)
- Kregel, J. A.: (2013) “Economic Methodology in the Face of Uncertainty: The Modelling Methods of Keynes and the Post-Keynesians”, **The Economic Journal**, 86/342, 209–225.
- Kristoufek, L.: (2013) “Bitcoin Meets Google Trends And Wikipedia: Quantifying The Relationship Between Phenomena Of The Internet Era”, **Scientific Reports**, 3/3415, 1–7.  
<https://doi.org/10.1038/srep03415>

Kristoufek, L.: (2015) “What Are The Main Drivers Of The Bitcoin Price? Evidence From Wavelet Coherence Analysis”, **Plos One**, 10/4, 1–15.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123923>

Krolzig, H.-M.: (1997) **The Markov-Switching Vector Autoregressive Model, Berlin, Springer-Verlag.**  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-51684-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-51684-9_2)

Krolzig, H.-M.: (2002) “Regime – Switching Models”, 1–50.  
<https://perhuaman.files.wordpress.com/2014/09/krolzig2002.pdf>

Krolzig, H.-M.: (2006) “Impulse-Response Analysis in Markov Switching Vector Autoregressive Models”, 1–17.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/7d3d/76a3590781a05360958cee7d6aae5e24e776.pdf>

Krolzig, H.- M.,  
Marcellino, M., Mizon, G.  
E.: (2002) “A Markov-Switching Vector Equilibrium Correction Model Of The UK Labour Market”,  
**Empirical Economics**, 27/2, 1–20.  
<https://doi.org/10.1007/s001810100117>

- Kunst, R. M.: (2007) **Vector Autoregressions, Malden, Blackwell Publishing.**  
<https://doi.org/10.1002/9780470996249.ch33>
- Lee, O., Shin, D. W.: (2001). “A Note On Stationarity Of The MTAR Process On The Boundary Of The Stationarity Region”.  
**Economics Letters**, 73/3, 263–268.  
[https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(01\)00508-0](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(01)00508-0)
- Li, X., Wang, C.A.: (2017) The Technology And Economic Determinants Of Cryptocurrency Exchange Rates: The Case Of Bitcoin”, **Decision Support Systems**, 95, 49-60.  
[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2515233](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2515233)
- Lindgren, G., Rootz, H., Sandsten, M.: (2013) “**Stationary Stochastic Processes: Theory and Applications**”, New York, **Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science.**  
<http://www.math.chalmers.se/~rootzen/fintid/stationary120312.pdf>
- Liu, Y., Tsyvinski, A.: (2018) “Risks and Returns of Cryptocurrency”, **NBER Working Paper**, 24877, 1-42.  
<https://www.nber.org/papers/w24877.pdf>

- Lowry, T. S.: (1969) “Aristotle’s Mathematical Analysis of Exchange”, **History of Political Economy Aris**, 1/1, 44–66.  
<https://doi.org/10.1215/00182702-1-1-44>
- Lütkepohl, H.: (2015) “Vector Autoregressive Models”, **Encyclopedia of Mathematics**, 1–4.  
[https://www.encyclopediaofmath.org/images/8/8d/Vector\\_autoregressive\\_models.pdf](https://www.encyclopediaofmath.org/images/8/8d/Vector_autoregressive_models.pdf)
- Mingxiao, D., Xiaofeng, M., Zhe, Z., Xiangwei, W., Qijun, C.: (2017) “A Review on Consensus Algorithm of Blockchain”, **IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics**, 2567–2572.  
<https://doi.org/10.1109/smc.2017.8123011>
- Momoli, T.: (2016). “Financialization of The Commodity Future Markets : A Svar Model Approach”, **Escola De Economia De São Paulo**, 1-45  
[https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18105/Tommaso.Momoli\\_Thesis\\_FGV.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18105/Tommaso.Momoli_Thesis_FGV.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Moradi, A.: (2016) “Modeling Business Cycle Fluctuations through Markov Switching VAR: An Application”, **Munich Personal RePEc Archive**, 1-18  
[https://mpra.ub.uni-muenchen.de/73608/1/MPRA\\_paper\\_73608.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/73608/1/MPRA_paper_73608.pdf)

Möser, M., Böhme, R.: (2015). **Trends, Tips, Tolls: A Longitudinal Study Of Bitcoin Transaction Fees. Lecture Notes In Computer Science, Puerto Rico, Springer.**  
[https://doi.org/10.1007/978-3-662-48051-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-48051-9_2)

Murphy, J. J. (1999). **Technical Analysis of The Financial Markets, New York, New York Institute of Finance.**

Nakamoto, S.: (2008). “Bitcoin: A Peer to Peer Electronic Cash System”, 1-9.  
<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Nian, L. P., Chuen, D. L. K.: (2015) “Introduction to Bitcoin”, **ScienceDirect**, 5–30.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802117-0.00001-1>

Nicholson, C.: (1902) “Dow Theory”, 1-15.  
<https://www.bwts.com.au/>

Niranjanamurthy, M.,  
Nithya, B. N., Jagannatha,  
S.: (2018) “Analysis Of Blockchain Technology: Pros, Cons  
And SWOT”, **Cluster Computing**, 5/2, 1–15.  
<https://doi.org/10.1007/s10586-018-2387-5>

Nkoro, E., Uko, A. K.:  
(2001). “Autoregressive Distributed Lag (ARDL)  
Cointegration Technique: Application And  
Interpretation”, **Journal of Statistical and  
Econometric Methods**, 5/3, 63–91.  
<https://doi.org/10.1002/jae.616>

O’Dwyert, K. J., Malone,  
D.: (2014) “Bitcoin Mining And Its Energy Footprint”, **IET  
Conference Publications**, 280–285.  
<https://doi.org/10.1049/cp.2014.0699>

Olsen, Q.: (2019) “Central Bank Digital Currencies”, **Norges Bank  
Memo**, 2, 1-35.  
[https://static.norges-  
bank.no/contentassets/79181f38077a48b59f6f6bdd11  
3c34d2c/nb\\_papers\\_2\\_19\\_cbdc.pdf?v=06/27/201912  
1511&ft=.pdf](https://static.norges-bank.no/contentassets/79181f38077a48b59f6f6bdd113c34d2c/nb_papers_2_19_cbdc.pdf?v=06/27/2019121511&ft=.pdf)

Osborne, J. W., Waters, E.:  
(2003). “Four Assumptions Of Multiple Regression That  
Researchers Should Always Test”, **Practical  
Assessment, Research and Evaluation**, 8/2, 1–5.  
<http://ericae.net/pare/getvn.asp?v=8&n=2>



- Oxelheim, L.: (1996) **Financial Markets in Transition, London, Routledge.**  
[https://www.ifn.se/storage/cms/1ee88777c51347c5b23b0b7393c86f94/b82e4c8854db4047a0bd4e559ab180fe/pdf/764A47146B2B73FB18BFBED7C1EBF78B5D3CBD54/1996 L Oxelheim Financial Markets in Transition webb.pdf?MediaArchive\\_ForceDownload=true&PropertyName=File1&Value](https://www.ifn.se/storage/cms/1ee88777c51347c5b23b0b7393c86f94/b82e4c8854db4047a0bd4e559ab180fe/pdf/764A47146B2B73FB18BFBED7C1EBF78B5D3CBD54/1996%20L%20Oxelheim%20Financial%20Markets%20in%20Transition%20webb.pdf?MediaArchive_ForceDownload=true&PropertyName=File1&Value)
- Ozili, P. K.: (2018) “Impact Of Digital Finance On Financial Inclusion And Stability”, **Borsa Istanbul Review**, 18/4, 329–340.  
<https://doi.org/10.1016/j.bir.2017.12.003>
- Öcal, N.: (2001) “Nonlinear Models for U.K. Macroeconomic Time Series”, **Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics**, 4/3, 123–135.
- Pan, X., Zhang, J., Li, C., Quan, R., Li, B.: (2018). “Exploring Dynamic Impact of Foreign Direct Investment on China’s CO2 Emissions Using Markov-Switching Vector Error Correction Model”, **Computational Economics**, 52/4, 1139–1151.  
<https://doi.org/10.1007/s10614-017-9745-x>

- Pathak, N., & Pathak, N.: (2017) **The Future of FinTech. Artificial Intelligence for .NET: Speech, Language, and Search, Rome, Palgrave Macmillan.**  
[https://books.google.com.tr/books?id=wU0xDwAAQBAJ&pg=PA247&lpg=PA247&dq=https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2949-1\\_10&source=bl&ots=q3tyPh068O&sig=ACfU3U2PK84bdE28TmVR6RbbGy0\\_-R7B5Q&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwi099y066XmAhVQ06YKHRpVBgUQ6AEwAHoECAUQAQ#v=onepage&q=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1007%2F978-1-4842-2949-1\\_10&f=false](https://books.google.com.tr/books?id=wU0xDwAAQBAJ&pg=PA247&lpg=PA247&dq=https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2949-1_10&source=bl&ots=q3tyPh068O&sig=ACfU3U2PK84bdE28TmVR6RbbGy0_-R7B5Q&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwi099y066XmAhVQ06YKHRpVBgUQ6AEwAHoECAUQAQ#v=onepage&q=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1007%2F978-1-4842-2949-1_10&f=false)
- Peiris, M. S.: (2003) “Improving The Quality Of Forecasting Using Generalized AR Models: An Application To Statistical Quality Control”, **Statistical Methods**, 5/2, 156–171.
- Piger, J.: (2013) “Econometrics: Models of Regime Changes”, **Encyclopedia of Complexity and Systems Science** 1285, 1–20.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-27737-5\\_165-3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27737-5_165-3)
- Pilkington, M., Crudu, R., Grant, L. G.: (2017) “Blockchain And Bitcoin As A Way To Lift A Country Out Of Poverty - Tourism 2.0 And E-Governance In The Republic Of Moldova”, **International Journal of Internet Technology and Secured Transactions**, 7/2, 115–143.  
<https://doi.org/10.1504/IJITST.2017.087132>

- Pinto, C., Spezia, L.: (2016) “Markov Switching Autoregressive Models For Interpreting Vertical Movement Data With Application To An Endangered Marine Apex Predator”, **Methods in Ecology and Evolution**, 7/4, 407–417.  
<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12494>
- PwC. (2019) **Central Bank Digital Currency Benefits and Drawbacks, Zurich.**  
[https://www.pwc.ch/en/publications/2019/Central Bank Digital Currency\\_EN-web.pdf](https://www.pwc.ch/en/publications/2019/Central-Bank-Digital-Currency_EN-web.pdf)
- Quigley, C. M.: (2007) “Dow Theory: The Key To Understanding Stock Market Movement” , 1-7.  
<https://static.financialsense.com/historical/users/u111/pdfs/2015/dow-theory-the-key-to-stock-market.pdf>
- Rao, S. T., Gabr, M. M.: (1984) **An Introduction to Bispectral Analysis and Bilinear Time Series Models, New York, Springer-Verlag.**
- Rezitis, A.N., Ahammad, S.M.: (2015) “Investigating Agricultural Production Relations across Bangladesh, India and Pakistan Using Vector Error Correction and Markov Switching Models”, **Agricultural Economics Research Review**, 1-26.  
[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2612863](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2612863)

Rodrigue, J. P. (2013) **The Geography of Transport Systems, Oxon, Routledge.**

[https://transportgeography.org/wp-content/uploads/GTS\\_Third\\_Edition.pdf](https://transportgeography.org/wp-content/uploads/GTS_Third_Edition.pdf)

Rothbard, M. N.: (1995). **Economic Thought Before Adam Smith: An Austrian Perspective On The History Of Economic Thought, Alabama, Edward Elgar Publishing.**

[https://www.amazon.com/Austrian-Perspective-History-Economic-Thought/dp/094546648X/ref=pb\\_sbs\\_14\\_img\\_0/135-6798967-8897460?encoding=UTF8&pd\\_rd\\_i=094546648X&pd\\_rd\\_r=ec52f8c3-e714-4f16-aece-d643e3286db4&pd\\_rd\\_w=xaGLm&pd\\_rd\\_wg=GCRLa&pf\\_rd\\_p=5cfcfe89-300f-47d2-b1ad-a4e27203a02a&pf\\_rd\\_r=4W90KXS1H8W6X3M4K158&psc=1&refRID=4W90KXS1H8W6X3M4K158](https://www.amazon.com/Austrian-Perspective-History-Economic-Thought/dp/094546648X/ref=pb_sbs_14_img_0/135-6798967-8897460?encoding=UTF8&pd_rd_i=094546648X&pd_rd_r=ec52f8c3-e714-4f16-aece-d643e3286db4&pd_rd_w=xaGLm&pd_rd_wg=GCRLa&pf_rd_p=5cfcfe89-300f-47d2-b1ad-a4e27203a02a&pf_rd_r=4W90KXS1H8W6X3M4K158&psc=1&refRID=4W90KXS1H8W6X3M4K158)

Ruxanda, G., Botezatu, A.: (2008) “Spurious Regression And Cointegration. Numerical Example: Romania’s M2 Money Demand”,

**Romanian Journal of Economic Forecasting**, 9/3, 51–62.

[http://www.ipe.ro/rjef/rjef3\\_08/rjef3\\_08\\_3.pdf](http://www.ipe.ro/rjef/rjef3_08/rjef3_08_3.pdf)

- Sachs,G.: (2014) “All About Bitcoin”, **Global Macro Research Top of Mind**,8/21, 1-25.  
<https://www.dwt.com/files/paymentlawadvisor/2014/01/GoldmanSachs-Bit-Coin.pdf>
- Saraç, T.B.: (2013) “İhracat ve İthalatın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi”, **Ege Akademik Bakış**, 13/2, 11-194.  
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/559827>
- Sayeed, S.: Marco-Gisbert, H.: (2019) “Assessing Blockchain Consensus And Security Mechanisms Against The 51% Attack”, **Applied Sciences**, 9/9, 1–17.  
<https://doi.org/10.3390/app9091788>
- Schumpeter, J. A.: (1939) **Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process, Québec, Martino Publishing.**
- Seang, S., Torre, D.: (2018) “Proof Of Work And Proof Of Stake Consensus Protocols: A Blockchain Application For Local Complementary Currencies”, **Universite Cote d’Azur**, 1-21.  
<https://gdre-scpo-aix.sciencesconf.org/195470/document>

SEC.:(t.y.) Digging Deeper Into Bull And Bear Markets.  
<http://www.sec.gov.lk/wp-content/uploads/How-to-adjust-your-portfolio-in-a-bear-or-bull-market.pdf>

Serfozo, R.: (2009) **Basics of Applied Stochastic Processes, Springer.**

Shitan, M., Peiris, S.: (2008). “Generalized Autoregressive (GAR) model: A comparison of maximum likelihood and whittle estimation procedures using a simulation study”, **Communications in Statistics: Simulation and Computation**, 37/3, 560–570.  
<https://doi.org/10.1080/03610910701649598>

Sichel, D. E. (1993) “Business Cycle Asymmetry: a Deeper Look”, **Economic Inquiry**, 31/2, 224–236.  
<https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1993.tb00879.x>

Sjö, B.: (2008). “Testing for Unit Roots and Cointegration”, 1-25.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/7ce6/2a0c7f6dab85f264a5403bf9b99a0f20a156.pdf>

- Sovbetov, Y.: (2018) “Factors Influencing Cryptocurrency Prices: Evidence from Bitcoin, Ethereum, Dash, Litecoin, and Monero”, **Journal of Economics and Financial Analysis**, 2/2, 1–27.
- Sowell, T.: (1972) **Say’s Law An Historical Analysis. Princeton Legacy Library, New Jersey, Princeton University Press.**  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Stock, J. H., Watson, M. W., Kennedy, J. F.: (2001) “Vector Autoregressions”, **Journal of Economic Perspective**, 15/4, 101–115.  
[https://www.princeton.edu/~mwatson/papers/Stock\\_Watson\\_JEP\\_2001.pdf](https://www.princeton.edu/~mwatson/papers/Stock_Watson_JEP_2001.pdf)
- Su, C.W., Li, Z.Z., Tao, R., Si, D.K.: (2018) “Testing for Multiple Bubbles in Bitcoin Markets: A Generalized Sup ADF Test”, **Japan and the World Economy**, 46, 56-63.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0922142517301482>
- Sveriges Riksbank.: (2018) **The Riksbank’s E-Krona Project Report 2, Stockholm.**  
<https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/e-krona/2018/the-riksbanks-e-krona-project-report-2.pdf>

Saksonova, S., Kuzmina-Merlino, I.,: (2017) “Fintech as Financial Innovation – The Possibilities and Problems of Implementation”, **European Research Studies Journal**, 20/3A, 961–973.

Taylor, H. M., Karlin, S.: (1975) **A First Course In Stochastic Process, London, Academic Press.**

Taylor, H.M., Karlin, S.: (1984) **An Introduction To Stochastic Modeling, California, Academic Press.**

Teräsvirta, T.: (1994) “Testing Linearity And Modelling”, **Kybernetika**, 30/3, 319–330.

Thorley, S., McQueen, G.,: (1993) Asymmetric Business Cycle Turning, **Journal of Monetary Economics**, 31/3, 341-362.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030439329390052H>



Tieben, B.: (2012) **The Concept Of Equilibrium In Different Economic Traditions**, Glos, Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781781953518>

Tolver, A.: (2006) **An Introduction to Markov Chains**, Copenhagen, University of Copenhagen.  
<http://web.math.ku.dk/noter/filer/stoknoter.pdf>

Tomljanović, M., Grubišić, Z.: (2016) “Investment in Research and Development - A Factor of Adjustment of Montenegro to the EU Economy”, **Journal of Central Banking Theory and Practice**, 5/3, 139–164.  
<https://doi.org/10.1515/jcbtp-2016-0024>

Tong, H.: (1983) **Lecture Notes In Statistics: Threshold Models In Non-Linear Time Series Analysis**, Berlin, Springer Verlag.  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4684-7888-4>

Trinh, T. H.: (2014). “A New Approach to Market Equilibrium”, **International Journal of Economic Research**, 11/3, 569–587.  
[https://www.researchgate.net/publication/320064646\\_A\\_New\\_Approach\\_to\\_Market\\_Equilibrium](https://www.researchgate.net/publication/320064646_A_New_Approach_to_Market_Equilibrium)

- Tsay, R.: (2002) **Analysis of Financial Time Series, New York, John Wiley & Sons, Inc.**  
<https://doi.org/10.1198/tech.2002.s96>
- Tsay, R. S.: (1989) “Testing And Modeling Threshold Autoregressive Processes”, **Journal of the American Statistical Association**, 84/405, 231–240.  
<https://doi.org/10.1080/01621459.1989.10478760>
- Uchezuba, D. I.: (2005) **Measuring Market Integration For Apples On The South African Fresh Produce Market: A Threshold Error Correction Model, University of the Free State Bloemfontein.**  
<https://ageconsearch.umn.edu/record/28065>
- Ulm, B.: (2014) “Bitcoin ATMs Boom: New Locations”  
<https://cointelegraph.com/news/bitcoin-atms-boom-new-location>
- Urquhart, A.: (2017) “Price Clustering In Bitcoin”, **Economics Letters**, 1-7.  
[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3001719](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3001719)

- Vianna, T. M.: (2017) “Why Is Bitcoin Not Money? A Post-Keynesian View”, 1–20.  
<https://even3.blob.core.windows.net/anais/166188.pdf>
- Yanagawa, N., Yamaoka, H.: (2019) “Digital Innovation, Data Revolution and Central Bank Digital Currency”, **Bank of Japan**, 19/E2  
[http://www.boj.or.jp/en/research/wps\\_rev/wps\\_2019/data/wp19e02.pdf](http://www.boj.or.jp/en/research/wps_rev/wps_2019/data/wp19e02.pdf)
- Yermack, D.: (2013) **Is Bitcoin A Real Currency? An Economic Appraisal, Cambridge, National Bureau Of Economic Research.**  
<https://www.nber.org/papers/w19747.pdf>
- Young, M.: (2014) **Dow Theory: From Bear Markets to Bull Markets - How to Predict Market Movements with the Original Theory of Technical Analysis.**  
<http://1.droppdf.com/files/rxXBK/dow-theory-from-bear-markets-to-bull-mark-michael-young.pdf>
- Zhang, J.: (t.y.). **Introduction to Stochastic Processes, Canterbury, University of Kent.**

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., Wang, H.: (2017) “An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends”, **IEEE 6th International Congress on Big Data**, 557–564. <https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85>

Zubaydi, H. D., Chong, Y.-W., Ko, K., Hanshi, S. M., Karuppayah, S.: (2019). “A Review on the Role of Blockchain Technology in the Healthcare Domain”, **Electronics**, 8/679, 1–29. <https://doi.org/10.3390/electronics8060679>

Wadsworth, A.: (2018) “What Is Digital Currency?”, **Bulletin**, 81/3, 1–14. <https://www.rbnz.govt.nz/research-and-publications/reserve-bank-bulletin>

Wang, P.: (2009) **Financial Econometrics**, New York, Routledge.

Wegdell, A.A.G.: (2014) **Prospects of Bitcoin - An Evaluation Of Its Future**, Lund University. <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/4462711>

- Wei, W.C.: (2018) “Liquidity And Market Efficiency In Cryptocurrencies”, **Economics Letters**, 168, 21-24.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165176518301320>
- Whelan, J., Forrester, J. W.: (1996) **Economic Supply & Demand, MIT System Dynamics in Education Project.**  
<http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/readings/economics.pdf>
- Wolla, S. A.: (2018) “Bitcoin: Money or Financial Investment?”, **Federal Reserve Bank of St. Louis**, 1-6.  
[https://files.stlouisfed.org/files/htdocs/publications/page1-econ/2018/03/01/bitcoin-money-or-financial-investment\\_SE.pdf](https://files.stlouisfed.org/files/htdocs/publications/page1-econ/2018/03/01/bitcoin-money-or-financial-investment_SE.pdf)
- (2012) The Laws of Supply and Demand.  
[https://www.etownschools.org/cms/lib/PA01000774/Centricity/Domain/629/Supply\\_Demand.pdf](https://www.etownschools.org/cms/lib/PA01000774/Centricity/Domain/629/Supply_Demand.pdf)
- (2014) Bitcoin Gaining Market-Based Legitimacy As XBT.  
<https://www.coindesk.com/bitcoin-gaining-market-based-legitimacy-xbt>

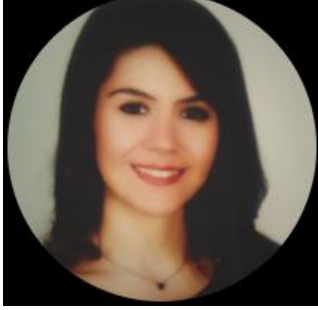
(2018)

What Causes Volatility In Bitcoin?.

<https://www.fxcm.com/uk/insights/what-causes-volatility-in-bitcoin/>



## ÖZGEÇMİŞ



Karakulak Sokak, Topkan Apt., No:19/14.  
Kocamustafapaşa, Fatih, İstanbul  
[cigdemyilmazozsoy@gmail.com](mailto:cigdemyilmazozsoy@gmail.com)

### Çiğdem YILMAZ ÖZSOY AKADEMİK YAYINLAR

---

- Ozsoy, O. and Ozsoy Yilmaz, Ç., "Product Design Concept Evaluation By Using Analytical Hierarchy and Analytical Network Processes", **METU Journal of the Faculty of Architecture**. (AHCI) DOI: 10.4305/METU.JFA.2018.2.8
- Ozsoy Yilmaz, Ç. and Çil, N., "Markov Switching Autoregressive Model for WTI Crude Oil Price", **EKOIST: Journal of Econometrics and Statistics**. DOI: 10.26650/ekoist.2018.14.28.0003
- Ozsoy Yilmaz, Ç. and Eyiler, R.Y., "Key Factors Affecting Gold Prices On A Case Study in Turkey", **Eurasian Econometrics, Statistics & Empirical Economics Journal**. (ECONLIT) DOI:10.17740/eas.stat.2018-V10-01

### KONFERANSLAR

---

- 2/03/2012: Conference Presentation "The Application of AHP Method In Evaluation and Selection of Statistical Software" Presented at the International Conference on Learning Innovation in Science and Technology (ICLIST2012) 29, Phuket, Thailand.
- 14/05/2011 – 15/05/2011: "The Application Of Data Envelopment Analysis in Measuring Efficiency Of Private Banks" at Eighth Statistics Symposium in Turkey.

## **EĞİTİM**

---

**UNIVERSITE D'ORLEANS, ORLEANS – DOKTORA TEZ DÖNEMİ,  
ERASMUS DEĞİŞİM PROGRAMI**  
Ocak 2019 – Haziran 2019

Ekonomi Bölümü

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL – DOKTORA**  
Eylül 2015 – Aralık 2019

Ekonometri Bölümü

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL – YÜKSEK LİSANS**  
Eylül 2013 - Haziran 2015

Ekonometri Bölümü

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL – LİSANS**  
Eylül 2008 - Haziran 2013

İstatistik Bölümü

---

## **YABANCI DİL BİLGİSİ**

**Türkçe – Ana Dil**

**İngilizce – Çok iyi**

**Fransızca – Başlangıç**



## **BİLGİSAYAR BİLGİSİ**

- Spss
  - E-Views
  - Expert Choise
  - Stata
  - R
  - Sci-lab
- 

## **YARIŞMA VE ÖDÜLLER**

### **Burs**

Eylül 2008 -Haziran 2013

%100 Ösym Bursu - İstanbul Ticaret Üniversitesi.