

**T.C**  
**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İKTİSAT ANABİLİM DALI**  
**FİNANSAL İKTİSAT VE BANKACILIK PROGRAMI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BITCOİN FONLAMA ORANININ**  
**BITCOİN VADELİ İŞLEM**  
**TAKAS SÖZLEŞMELERİNİN**  
**GETİRİ OYNAKLIĞI**  
**ÜZERİNDEKİ**  
**ETKİSİ**

**Deniz ÖZEMET**

**DANIŞMAN**  
**PROF.DR.HAKAN KAHYAOĞLU**

**İZMİR-2025**

**YÜKSEK LİSANS**  
**TEZ ONAY SAYFASI**

**Üniversite** : Dokuz Eylül Üniversitesi  
**Enstitü** : Sosyal Bilimler Enstitüsü  
**Adı ve Soyadı** : DENİZ ÖZEMET  
**Öğrenci No** : 2013801898  
**Tez Başlığı** : Bitcoin Fonlama Oranın Bitcoin Vadeli İşlem Takas Sözleşmelerinin Getiri Oynaklığı Üzerindeki Etkisi  
**Savunma Tarihi** : 16.04.2025  
**Danışmanı** : Prof.Dr. Hakan KAHYAOĞLU

**JÜRİ ÜYELERİ**

| <b><u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u></b> | <b><u>Üniversitesi</u></b>  | <b><u>İmza</u></b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Prof.Dr. Hakan KAHYAOĞLU          | - Dokuz Eylül Üniversitesi  | .....              |
| Prof. Dr. Mert URAL               | - Dokuz Eylül Üniversitesi  | .....              |
| Dr. Ayşegül KIRKPINAR             | - Katip Çelebi Üniversitesi | .....              |

DENİZ ÖZEMET tarafından hazırlanmış ve sunulmuş olan bu tez savunmada başarılı bulunarak oy birliği( ) / oy çokluğu( ) ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr. Zehra Nilüfer KARACASULU**  
**Müdür**

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bitcoin Fonlama Oranının Bitcoin Vadeli İşlem Takas Sözleşmelerinin Getiri Oynaklığı Üzerindeki Etkisi”, adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Deniz ÖZEMET

/ / 2025

# ÖZET

## Yüksek Lisans Tezi

### Bitcoin Fonlama Oranının

### Bitcoin Vadeli İşlem Takas Sözleşmelerinin

### Getiri Oynaklığı Üzerine Etkisi

## Deniz ÖZEMET

### Dokuz Eylül Üniversitesi

### Sosyal Bilimler Enstitüsü

### İktisat Anabilim Dalı

### Finansal İktisat Ve Bankacılık Programı

Bu çalışmada, bitcoin fonlama oranının uzun dönem bitcoin vadeli işlem sözleşmelerine etkisi araştırılmaktadır. Bu kapsamda fonlama oranı, uzun dönem vadeli işlem sözleşmelerinde pozisyon alan yatırımcıların pozisyon alma maliyetini etkileyerek yatırım kararlarını şekillendirmektedir. Şöyle ki; bitcoin fonlama oranı, vadeli işlem piyasalarında yatırımcılar arasındaki uzun (long) ya da kısa (short) pozisyonlar arasındaki dengeyi sağlayan mekanizma olup, temel amacı, sözleşme fiyatını spot (anlık) piyasa fiyatına yaklaştırmaktır. Özellikle, uzun pozisyonlardaki bekleyişlerin, dayanak varlık fiyatlarının daha da yükseleceği beklentisine bağlı olarak, fiyatlardaki oynaklığı arttırdığı gözlenmiştir. Çalışmada, uzun dönem Bitcoin vadeli işlem sözleşme fiyatları 17.08.2017-05.11.2024 tarihleri arasını kapsamakta olup, “Tradingview” platformu üzerinden, Bitcoin fonlama oranı verileri de, 4 büyük bitcoin borsasından (Binance, Bybit, Coinbase, OKX.) biri olan Binance üzerinden alınmıştır. Amprik uygulamada ‘Rugarch’ paket programı kullanılarak, model tanımlanması, modellerin karşılaştırılması ve model tanı testlerinin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Anahtar Kelimeler: Fonlama Oranı, Bitcoin Vadeli İşlemler Sözleşme Fiyatları, Asimetrik Etkiler.

**ABSTRACT**  
**Master's Thesis**  
**The Impact Of Bitcoin Funding Rate On**  
**Bitcoin Swap Contracts Return Volatility**  
**Deniz ÖZEMET**

**Dokuz Eylül University**  
**Graduate School of Social Sciences**  
**Department of Economics**  
**Financial Economics and Banking Program**

This study investigates the impact of the bitcoin funding rate (cost) on long-term bitcoin futures contracts. In this context, the funding rate shapes investment decisions by affecting the position-taking cost of investors in long-term futures contracts. That is to say, the Bitcoin funding rate is a mechanism that balances long or short positions among investors in the futures market, with its primary aim being to bring the contract price closer to the spot market price. Especially, it has been observed that the expectations in long positions increase price volatility, as they are based on the expectation that the underlying asset prices will rise further. The study obtained the long-term Bitcoin futures contract prices from the "Tradingview" platform, covering the period from 17.08.2017 to 05.11.2024. Binance, one of the four major Bitcoin exchanges (Binance, Bybit, Coinbase, OKX), provided the Bitcoin Funding Rate. We used the 'Rugarch' package program in the empirical application to define the model, compare it with other models, and conduct diagnostic tests.

Keywords: Funding Rate, Bitcoin Perpetual Swap Contract Prices, Asymmetric Effect.

# **BİTCOİN FONLAMA ORANININ BİTCOİN VADELİ İŞLEM TAKAS SÖZLEŞMELERİNİN GETİRİ OYNAKLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

## **İÇİNDEKİLER**

|                  |      |
|------------------|------|
| TEZ ONAY SAYFASI | ii   |
| YEMİN METNİ      | iii  |
| ÖZET             | iv   |
| ABSTRACT         | v    |
| İÇİNDEKİLER      | vi   |
| KISALTMALAR      | viii |
| TABLolar LİSTESİ | ix   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | x    |
| GİRİŞ            | 1    |

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

### **BİTCOİN TARİHÇESİ, TEKNİK ALTYAPISI VE KULLANIM ALANI**

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. DİJİTAL BİR FİNANSAL ARAÇ OLARAK BİTCOİN                           | 3  |
| 1.1.1. Dijital Bir Finansal Araç Olarak Ortaya Çıkışı                   | 4  |
| 1.1.2. Satoshi Nakamoto'nun Dijital Bir Para Birimine Algısı            | 5  |
| 1.2. BİTCOİN'İN TEKNİK ALTYAPISI                                        | 6  |
| 1.2.1. Dijital Finansal Araçların Teknolojisi Olarak Blockchain Ve Hash | 6  |
| 1.2.2. Bitcoin'de İşlem (Transaction)                                   | 10 |
| 1.2.3. Bitcoin Madenciliği Ve Proof-Of-Work- İş Kanıtı                  | 12 |
| 1.3. YENİ BİR FİNANSAL YENİLİK OLARAK BİTCOİNLER                        | 13 |
| 1.3.1. Ödeme Sistemleri- Geleneksel Para Sistemlerinden Ayrılması       | 14 |
| 1.3.2. Akıllı Sözleşmeler (Smart Contracts)                             | 15 |
| 1.3.3. Yatırım Amaçlı (Değer Saklama)                                   | 16 |

## **İKİNCİ BÖLÜM**

### **BITCOİN PİYASASI VE FONLAMA ORANI**

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. BITCOİN PİYASASI                                          | 20 |
| 2.1.1. Bitcoin Piyasasının Tarihsel Gelişimi                   | 20 |
| 2.1.2. Bitcoin Piyasasını Etkileyen Faktörler                  | 24 |
| 2.2. FONLAMA ORANI                                             | 26 |
| 2.2.1. Fonlama Oranının Hesaplanması                           | 26 |
| 2.2.2. Fonlama Oranının Bitcoin Piyasasındaki Rolü Ve İşleyişi | 28 |

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **BITCOİN FONLAMA ORANININ BITCOİN VADELİ İŞLEM TAKAS SÖZLEŞMELERİNİN GETİRİ OYNAKLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| 3.1. LİTERATÜR TARAMASI          | 30     |
| 3.2. VERİ SETİ                   | 32     |
| 3.3. KULLANILAN ANALİZ YAKLAŞIMI | 34     |
| 3.4. EKONOMİK BULGULAR           | 44     |
| <br>SONUÇ                        | <br>45 |
| KAYNAKÇA                         | 48     |
| EKLER                            |        |

## KISALTMALAR

**BTC:** BITCOIN

**P2P :** PEER-TO-PEER (EŞTEN EŞE)

**PSC:** PERPETUAL SWAP CONTRACT (VADELİ İŞLEM SOZLEŞMESİ)

**ETF:** EXCHANGE TRADED FUNDS (BORSA YATIRIM FONLARI)

**BTC ETF :** BITCOIN EXCHANGE TRADED FUND(BİTCOIN BORSA YATIRIM FONU)

**SEC :** SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION (AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ MENKUL KIYMETLER VE BORSA KOMİSYONU)

**FO :** FONLAMA ORANI

**GARCH:**Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity  
(Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans)

**EGARCH:** Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity  
(Üstel Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans)

**GJRARCH:** Glosten-Jagannathan-Runkle Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity  
(Glosten, Jagannathan ve Runkle Tarafından Geliştirilen Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans)

**TGARCH :** Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity  
(Eşik Değerli Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans)

**FGARCH :** Flexible Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity  
(Esnek Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans )

**VXREG1 :** Volatility with External Regressors (Dışsal Regresörlerle Oynaklık)

## TABLÖLER LİSTESİ

|                                                                |      |
|----------------------------------------------------------------|------|
| Tablo-1 : New Liberty Standart Tablosu.                        | s.22 |
| Tablo-2 : En İyi Kripto Para Borsaları.                        | s.24 |
| Tablo-3 : Birim Kök Testleri Sonuçları                         | s.33 |
| Tablo-4: İstatistiksel Değerler ve Jarque-Bera Test Sonuçları  | s.33 |
| Tablo-5: En Uygun Kriterlere Göre Oynaklık Modelinin Seçilmesi | s.39 |
| Tablo-6 : EGARCH Sstd Modelinin Tahmin Edilmesi.               | s.40 |
| Tablo-7 : EGARCH Arfima (0,0,2) Tahmin Sonuçları.              | s.41 |
| Tablo-8 : EGARCH ARFIMA (0,0,2) Katsayıların Yorumlanması.     | s.42 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                               |      |
|---------------------------------------------------------------|------|
| Şekil-1: Bitcoin’de İşlemler.                                 | s.4  |
| Şekil-2-3:SHA256 Özet Fonk-Çalış.Prensibi.                    | s.7  |
| Şekil-4-5:Blok Yaratım- Dijital İmza Süreci                   | s.8  |
| Şekil-6: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu.                        | s.9  |
| Şekil-7: Çift Taraflı Muhasebe İşlemi.                        | s.11 |
| Şekil-8: Blokzincir Üzerinde Bitcoin Transfer İşlemi.         | s.12 |
| Şekil-9: Bitcoin İhracı Teorik Takvimi                        | s.13 |
| Şekil-10: Akıllı Sözleşmeleri Destekleyen Blokzincir İş Akışı | s.16 |
| Şekil-11-12: Bitcoin Fiyat - Bitcoin Adres Sayısı Grafiği     | s.18 |
| Şekil-13: Bitcoin Spot ETF Girişleri                          | s.19 |
| Şekil-14: Tradingview, Fonlama Oranı.                         | s.27 |
| Şekil-16: R Kodunun Aşamaları                                 | s.35 |

## GİRİŞ

2008 yılında, küresel finansal sistemin temelleri sarsılırken, kimliği bilinmeyen bir figür olan Satoshi Nakamoto, dijital gelişmenin finansal açıdan en büyük etkisi olan ve finansal araç çeşitliliği bakımından devrim niteliğinde bir yeniliği başlattı: Bitcoin, yalnızca merkezi otoritelere ihtiyaç duymayan, dijital ve şeffaf bir para birimi olarak tanımlanan bir teknoloji değil, aynı zamanda bir özgürlük algısıyla birlikte iktisadi bir piyasanın oluşumuna da yol açtı.

Bitcoin, 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adıyla bilinen bir kişi ya da grup tarafından teknik bir makaleyle ortaya çıkmıştır. Bu teknik makalede blok zincir teknolojisinin nasıl çalıştığı açıklanmıştır. 3 Ocak 2009'da Bitcoin protokol sözleşmesinin ilk bloku olan "Genesis Block" oluşturulmuştur. Bu blok, modern kripto para biriminin temel yapısını oluşturmuştur. ( Nakamoto, 2008.)

Kripto paralar, yalnızca dijital varlıklar olarak değil, aynı zamanda merkezi otoritelere ihtiyaç duymadan çalışan bağımsız bir ödeme sistemi olarak da değerlendirilir. Geleneksel elektronik para sistemlerinde güvenilir üçüncü taraflar veya merkez bankaları finansal işlemleri denetlerken, Bitcoin gibi merkeziyetsiz sistemler doğrudan kullanıcılar arasında işlem yapılmasına olanak tanımaktadır.

Bu tür sistemlerde tüm işlemler, blok zinciri adı verilen dağıtılmış bir defterde kayıt altına alınır. Blok zinciri, her bloğun kendisinden önce gelen bloka ait bir “hash” değeri ( Her bloğun kendisinden önce gelen bloka ait özet değeri ile bağlandığı sistem.) ile bağlandığı ve bu yapının ağdaki tüm katılımcılar tarafından çoğaltıldığı bir sistemdir. Bu sayede, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duyulmadan güvenli, şeffaf ve değiştirilemez bir finansal altyapı oluşturmak mümkün hale gelmiştir. (Lin, C., ve diğerleri, 2020)

Blok zinciri, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan bir ağ yapısıyla çalışan bir sistemdir. Sistem, blokların birbiriyle bağlantılı zincirler oluşturacak şekilde düzen içinde çalışmasına dayalıdır. Bitcoin ve diğer kripto para birimleri, eşler arası (P2P) ağlarla ilgili sorunları çözmek için açık kaynaklı yazılımlardan yararlanır. P2P sistemleri, devletler tarafından çıkarılan fiat para birimlerinden farklı bir yapıya sahiptir. Fiat para birimleri, genellikle tek bir otorite tarafından yaratılır, onaylanır ve dağıtılır. Bu sistem, bir sunucunun birçok istemcinin taleplerine yanıt verdiği istemci-

sunucu modeline benzer. Sunucu, kendisine iletilen veri veya bilgilerin doğruluğunu sağlama sorumluluğuna sahiptir. Fiat para birimlerinin sahtesini üretmek hem zordur hem de yasadışı kabul edilir (Elngar, Balas ve diğerleri, 2020, s.4).

Bitcoin'e artan talep ve yoğun ilgi, ona, zamanla eşsiz bir yatırım aracı olma fırsatı yaratarak borsalarda işlem görmesine zemin hazırlamış ve açık kaynak kodlu uçtan uca eşlenik (P2P) olması nedeniyle, blok zincirler üzerinde, para transferi yapma imkanı sağlamıştır.

Bitcoin'in 2025 Ocak ayı itibariyle piyasa değeri 2 trilyon dolar civarındadır. (Coingecko) Hiç şüphesiz ki; Bitcoin'e olan talebin artmasının ardında birçok makro faktör ve değişken bulunmaktadır. Özellikle, Bitcoin Spot ETF'lerinin (10 Ocak 2024) kabul edilmesinden sonra yaşanan bazı gelişmeler, Bitcoin madencilerinin Bitcoin blok ödülleri çıkarmadaki zorlukları (Halving), jeopolitik riskler, yaşanan küresel ekonomik gelişmeler ve ABD başkanlık seçimleri gibi birçok değişken faktör, fiyatlardaki dalgalanmaların sebeplerinden biri olmuştur. Bu çalışmada, Bitcoin fiyatlarına etkisi olduğu düşünülen fonlama oranının, Bitcoin'in uzun dönemdeki fiyatlamaya davranışına etkisinin kalıcı olup olmadığı araştırılmıştır. Bitcoin'de (ve diğer kripto para birimlerinde) fonlama oranı (Fo), vadeli işlem piyasalarında kullanılan bir mekanizmadır. Bu oran, sürekli vadeli işlemler (perpetual futures) için **spot fiyat** ile **vadeli işlem fiyatı** arasındaki farkı dengelemek amacıyla belirlenir. Temel anlamda, piyasa katılımcılarının uzun (long) ya da kısa (short) pozisyon almasına bağlı olarak bir taraf diğerine ödeme yapar.(Binance)

Bu çalışmamızın diğer bir amacı da, Bitcoin getiri oynaklıklarındaki asimetrik etkileri incelemektir. Bitcoin'in getiri oynaklıklarındaki dalgalanmalar **asimetrik** etkilerden mi kaynaklanıyor, sorusunun cevabı bize, Bitcoin'in davranış mekanizması hakkında bazı ipuçları verecektir.

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

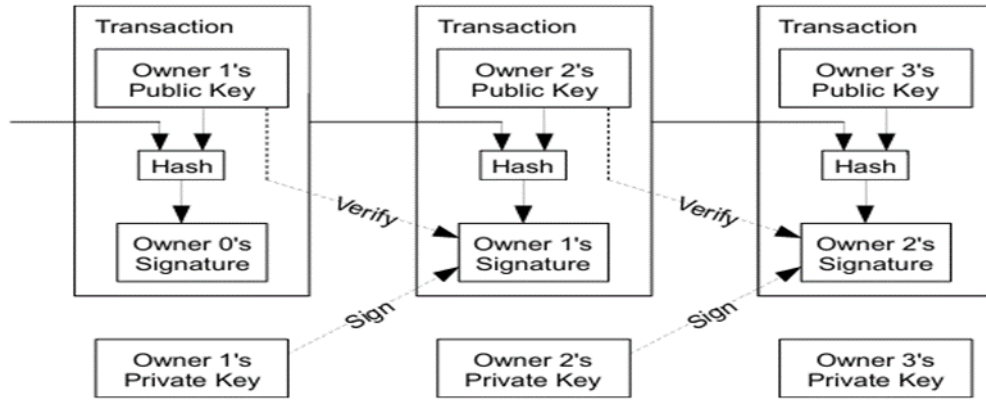
### **BİTCOİN TARİHÇESİ, TEKNİK ALTYAPISI VE KULLANIM ALANLARI**

#### **1.1. DİJİTAL BİR FİNANSAL ARAÇ OLARAK BİTCOİN**

Bitcoin'i, herhangi bir banka veya kamu otoritesi tarafından yetkilendirilmiş bir kurumsal yapı olmadan bireylerin birbirlerine doğrudan ödeme yapmalarını sağlayan merkeziyetsiz bir dijital para birimi, olarak ifade edebiliriz. Bu dijital para birimi, ilk kez 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adıyla bilinen bir kişi veya grup tarafından yayımlanan bir beyaz kitapla (whitepaper.) ortaya çıkmıştır. Bitcoin, işlemleri güvence altına almak ve doğrulamak için kriptografik yöntemlere dayanır ve bu işlemler, blockchain olarak bilinen merkeziyetsiz bir defter sistemi aracılığıyla gerçekleştirilir. (Hossaion, Bairagi ve diğerleri, 2023).

Bitcoin'in altyapısı, dağıtık ve eşler arası bir sistem olarak çalışır; bu nedenle herhangi bir merkezi sunucu veya otoriteye ihtiyaç duymaz. Yeni Bitcoin'ler, ödül kazanmak için bloklar arasındaki matematiksel problemleri çözmeyi içeren "madencilik" adı verilen bir süreçle üretilir. Bitcoin ağına katılan herkes, protokolü çalıştıran bir cihaz aracılığıyla madenci olabilir ve işlemleri doğrulamak ve kaydetmek için bilgisayar gücünü kullanabilir. Ortalama olarak, her 10 dakikada bir bir kullanıcı tarafından yeni bir blok oluşturulur ve blok zincirine eklenir (Antonopoulos, 2014,s.1).

Satoshi Nakamoto'ya göre, Bitcoin; dijital imzalar aracılığıyla, blok zincirler arasında şifreli bir metnin iletilmesi sürecidir. Her yeni kullanıcı, yaptığı her yeni işlemde, bir önceki işlemin blockzinciri üzerinden bir başka kullanıcının açık anahtarını dijital olarak imzalayarak (doğrularak) mülkiyetini bir başka kullanıcıya devredebilir. Bu işlemler aracılığıyla zincirdeki imzalar, "İş Kanıtı" olarak doğrulanır. Bu olayla birlikte mülkiyet transferi sağlanmış olmaktadır. (Nakamoto, 2008)



Şekil-1: Bitcoin’de İşlemler.(Nakamoto, 2008:2.)

#### 1.1.1. Dijital Bir Finansal Araç Olarak Ortaya Çıkışı

2008 yılında, dünya finans sisteminde yaşanan süreç yeni bir ödeme aracının gerekliliğini ortaya çıkardı. Bu dönemde özellikle merkez bankalarının ellerindeki para basma tekel gücü ve bunun ortaya çıkaracağı enflasyonist etkinin varlığı yeni bir arayışı başlattı. Bundan dolayı küresel ekonomik kriz, merkeziyetsiz bir dijital para birimi fikrinin doğmasına zemin hazırladı. Bu dönemde, Satoshi Nakamoto adıyla bilinen bir kişi, Bitcoin’i ve onun temelini oluşturan blokzincir teknolojisini bir beyaz kitap (whitepaper) aracılığıyla tanıtmıştır. Nakamoto’nun Bitcoin üzerine kaleme aldığı bu makale, dışarıdan bakıldığında çevrimiçi ödeme sistemlerinin teknik yönlerini inceleyen bir çalışma gibi görünse de, özünde bankalar ve finansal kuruluşları aradan çıkarmayı ve para transferinde serbestliği hedeflemektedir. Bu yüzden Bitcoin ve kripto gibi varlıkların kullanıcılar tarafından benimsenip sadece teknolojik gelişmelere ayak uydurduğu söylenemez. (Bugár, G., ve Somogyvári, M., 2020) Çünkü bu dijital varlıkların yayılmasında, altında yatan birçok ideolojik faktör ve düzenlemeler vardır. Bunlardan biri: Merkez bankaları ve devletin finansal düzenlemelerine karşı duyulan güvensizlik; diğeri ise, bireysel özgürlüğü ön planda tutup, her türlü devlet müdahalesine karşı bir tutum sergileyen “siber-libertaryen” (dijital liberalizmi savunan görüş) düşünce sistemidir.

3 Ocak 2009 yılına gelindiğinde ise Bitcoin’in ilk bloğu olan "Genesis Block" kazılarak yeni bir finansal dönemin kapıları aralanmıştır. Yaratılan ilk blokta şifreli bir mesaj bulunmaktaydı. Bitcoin’in Genesis Block’unda yer alan bu şifreli mesajda; “The Times 03/Jan/2009 Chancellor on brink of second bailout for banks” (The Times

03/Oca/2009 Maliye Bakanı bankalar için ikinci kurtarma paketinin eşiğinde...) yazmaktaydı. Bu mesaj, merkez bankalarının; sınırsız para basma yetkileriyle donatıldıklarını, ancak süreci iyi yönetemediklerini, uyguladıkları yanlış ekonomi politikalarıyla piyasa ekonomisini her döngüde bir krize sürükledikleri, şeklinde yorumlanabilir.

(<https://www.getmidas.com/kripto-sozluk/genesis-block>)

#### 1.1.2. Satoshi Nakamoto’nun Dijital Bir Para Birimine Yönelik Algısı

Satoshi Nakamoto tarafından yazıldığı kabul edilen “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” başlıklı eserden anlaşılabileceği gibi, (Nakamoto, 2008.) Bitcoin’in ortaya çıkmasına yol açan en önemli etken; hızlı ve güvenilir bir ödeme sistemine duyulan ihtiyaçtır. Dijital dönüşümün ortaya çıkardığı yeniliklerin ödeme sistemlerine uygulanmasındaki gecikmeler ile, kamu otoritesinin bu konuda ağır hareket etmesi, gelişen internet ortamında yeni bir ödeme sistemini gerekli hale getirmiştir. Bu sürece 2008 yılında yaşanan finansal kriz ortamında likidite işlemlerindeki gecikmelerin ortaya çıkması da eklenince, internet ağı içinde; güvenilir, açık ve şeffaf bir ödeme sistemi düşüncesine yönelik olarak, “Bitcoin” ortaya çıkmıştır. Satoshi Nakamoto, bunu ilk olarak bir ödeme sistemi olarak düşünmüş olsa da; Bitcoin daha sonra, sistem içinde ortaya çıkan ve değişime aracılık eden dijital bir araç; yani bir varlık-yükümlülük ilişkisine bağlı olarak gelişen finansal bir araç haline gelmiştir.

Bu nedenle kullanıcılar, bir para birimi olarak Bitcoin’in geçerliliğini kabul etmişlerdir. Aynı zamanda Bitcoin, yatırımcılar için gelecekte yaratabilecekleri mevcut değeri de ifade etmektedir. (Jaiswal, M., 2020.) Çünkü, dolaşımda olmayan nakit, belirli bir katılımcı kitlesinin gelecekte faydalanabileceği zenginliği veya değeri temsil etmektedir. Böylece, Bitcoin ve benzeri araçlar bir “ödeme sistemi” aracı olmanın ötesinde, “değer saklama” aracı haline gelerek varlık özelliği kazanmıştır. Bu açıdan değerlendirildiğinde Nakamoto, amacının da ötesine geçmiştir. Bu özellikler nedeniyle söz konusu bu dijital varlığın teknik altyapısının önemi ön plana çıkmıştır.

## 1.2. BİTCOİNİN TEKNİK ALTYAPISI

Günlük yaşamımızdaki dijital dönüşümün etkilerinden biri olması bakımından Bitcoin, en önemli finansal teknolojik bir yeniliktir. Bundan dolayı bu varlığın özelliğinin doğru anlaşılabilmesi için teknolojik altyapısının bilinmesi çok önemlidir. Bu bölümde; Bitcoin'in teknik altyapısı, uygulamaları ve kullanım alanları anlatılmıştır. Okuyucunun, kavramları zihninde canlandırabilmesi için; çeşitli kaynaklardan, makalelerden ve kitap içi bölümlerinden faydalanılması amaçlanmıştır.

### 1.2.1. Dijital Finansal Araçların Teknolojisi Olarak Blockchain Ve Hash

Blokzincir (blockchain), merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan çalışan dijital bir defterdir. Bu teknoloji, verilerin güvenli, şeffaf ve değiştirilemez bir yapıda saklanmasını sağlar. Veriler, "blok" adı verilen bilgi paketleri halinde organize edilir ve bu bloklar bir zincir oluşturarak birbirine bağlanır.

Blokzincir teknolojisi, verilerin merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymaksızın kriptografik kodlama tekniği ile şifreli metinlerin veya mesajların güvenli bir şekilde kaydedilmesini, doğrulanmasını ve okunmasını sağlayan modern bir sistemdir. Bu teknoloji, "blok" adı verilen veri kümelerini birbirine bağlı bir zincir şeklinde düzenler.

Blokların bu bağlantısını sağlayan en önemli unsurlardan biri ise hash teknolojisidir. Hash teknolojisi, bir veri setinin matematiksel bir işlemde geçirilerek sabit uzunlukta ve eşsiz bir dizi üreten, bir çeşit matematiksel fonksiyondur. Bloklar arasında veri zincir transferi yapan bu kriptografik matematiksel fonksiyona "SHA-256" denilmektedir. SHA-256, "Secure Hash Algorithm 256-bit" olarak da isimlendirilir. Buradaki 256-bit, Hash fonksiyonundan geçen verilerin uzunluğudur (64 karakter) ve sabittir. Bu değer, onaltılık (hexadecimal) sistemde her 4 bit, bir karakterle ifade edilerek gösterilir. Daha anlaşılır bir okuma sağlamak amacıyla, genellikle dörtlü gruplar halinde yazılır. Bu durumda, özetler ardışık 64 karakterle (0'dan 9'a ve A'dan F'ye kadar 16'lık sistemde.) temsil edilir. Teorik olarak, 256 bit uzunluğundaki bir özet ile  $2^{256} \approx 1.15 \times 10^{77}$  adet farklı kombinasyon oluşturabilir. (Çarkacıoğlu, A., 2016, ss.21-22)

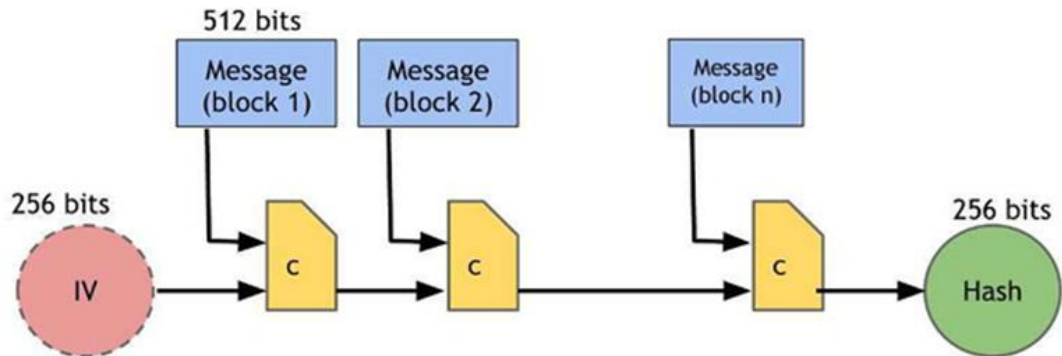


Şekil-2: Sha-256 özet fonksiyonu örneği. (Çarkacıoğlu, A., 2016: 21)

Blokzincir yapısının temel bileşenlerinden biri olan hash, bloklar arasında güvenli bir bağ oluşturur. Her blok, içeriğindeki verilerin özeti olarak oluşturulan hash değerine sahiptir ve bu değer, zincirdeki diğer bloklarla bağlantı kurulmasına olanak tanır.

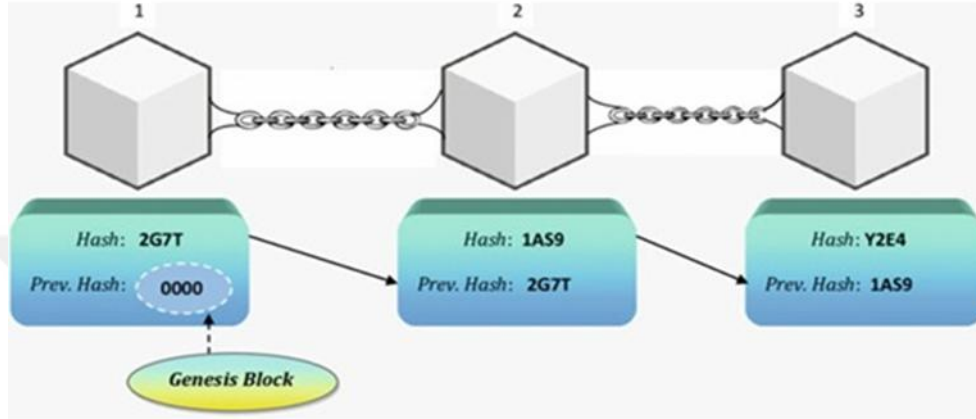
Blokzincirlerin hash fonksiyonları, en çok “Merkle-Damgard” dönüşümünü kullanır. 1979 yılında “Ralph Merkle” ve “Ivan Damgard” tarafından uygulanmış ve geliştirilmiştir. Bu dönüşüm, değişken uzunluktaki bir veriyi sabit uzunluğa çevirerek verilerin kopyalanmasını sağlayacak olan “**düğüm**” kayıtlarının tutulmasına olanak sağlar. Düğüm, Bitcoin ağına bağlı olan ve ağın işleyişine katkıda bulunan bir cihaz veya yazılımdır. Veri düğümleri ağda gerçekleşen birçok işlemi doğrulama, kaydını tutma ve blokları paylaşma gibi birçok görev üstlenir. Bu sayede uzun bloklu veri seti kümelerinin dışarıdan müdahalelere maruz kalma riski en düşük düzeye inmektedir.

Merkle-Damgard dönüşüm fonksiyonu şu şekilde çalışmaktadır; sıkılaştırma fonksiyonu, “m” uzunluğundaki girdileri alarak, “n” uzunluğunda daha kısa bir çıktı oluşturur. Örnek verecek olursak SHA-256 fonksiyonu 768 bit girdi alır ve bunu 256-bit çıktıya dönüştürebilir. ( Narayanan, A. ve diğerleri, s.31.)



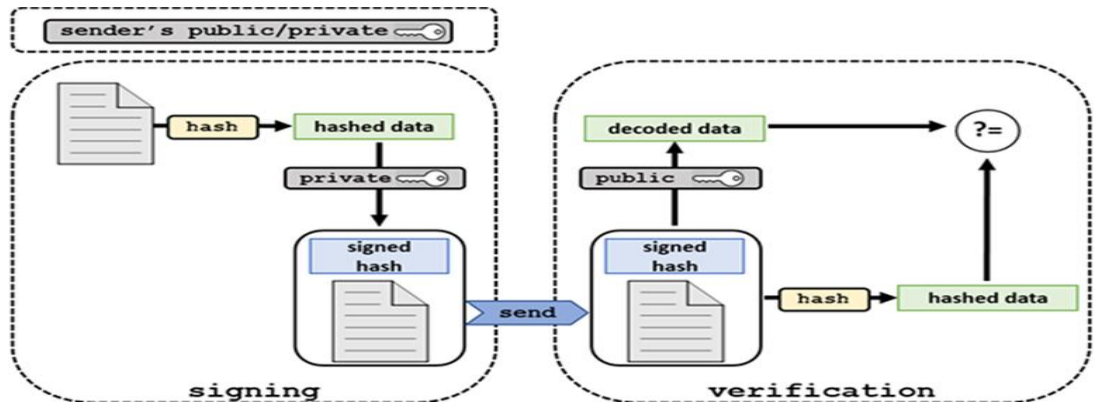
Şekil 3: SHA-256'nın çalışma prensibi. (Narayanan, A., ve diğerleri, 2016:31)

Her Bitcoin bloku, içinde yer alan işlemlerin hash değerini ve bir önceki blokun hash değerini barındırır. Bu yapı, bloklar arasında bir zincir oluşturur ve zincirin güvenliğini garanti eder. Şekil-4’de görüldüğü gibi, her blok, kendine ait bir hash değeri ve önceki blokun hash değeri ile bağlantılıdır. Blokzincirdeki ilk blok, "Genesis Block" olarak adlandırılır ve kendisinden önce bir blok olmadığı için herhangi bir hash değerine sahip değildir. (Saxena R. ve diğerleri 2021, s.55.)



Şekil-4: Blokların Yaratım Süreçleri.

Hash, bir veri kümesine ait dijital bir imza veya eşsiz bir kimlik gibidir. Hash Protokolü, bunu yaparken bir genel ve bir özel anahtar olmak üzere iki çift anahtar oluşturur. Bu özel anahtarlar biri açık diğeri açık olmayan anahtardır. Bu aşamada veriyi gönderenin özel anahtarı kullanılır ve “hash”lenerek dijital bir imza oluşturulur. Karşı taraftan(alıcı), veriyi gönderenin genel anahtarını kullanarak dijital imzasını çözer. Bu mekanizma, zincir protokolünün güvenliğini artırır ve önceki bloklarda yapılacak herhangi bir sızma girişimi engelleyerek, işlem yapan taraflar arasında dijital imzaların onaylanması sonucunda varlık transferlerinin gerçekleşmesine imkan tanımaktadır. (Belotti, M., Bozic, N., Pujolle, G., & Secci, S, 2019, s.29)

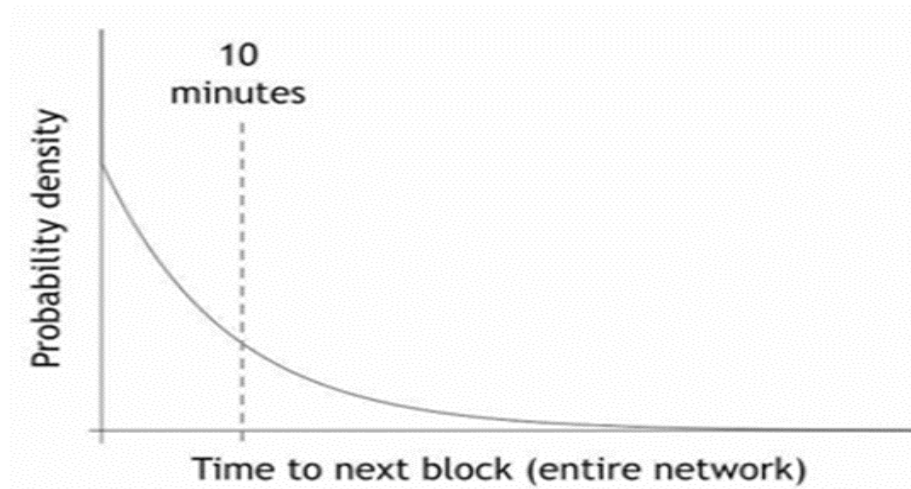


Şekil-5: Dijital İmza Protokol Aşamaları. (Belotti, M. ve diğerleri, 2019:29)

Bitcoin'de hash oranı (hash rate), ağın toplam madencilik gücünü ve güvenlik seviyesini belirlemek için kullanılan bir ölçüttür. Bu oran, Bitcoin ağındaki tüm madencilerin saniyede gerçekleştirdiği hash işlemlerinin toplamını ifade eder.

Hash bulmacalarının çözümü olasılıksaldır, çünkü hangi nonce değerinin bulmacayı çözeceği önceden tahmin edilemez. Nonce, (Number Only Used Once), Bitcoin madenciliğinde bir blok hash'i oluşturmak için kullanılan ve her denemede değiştirilen rastgele bir sayıdır. Nonce, yalnızca bir kez kullanılan bir sayı olup, her yeni denemede farklı bir değer alır. Bu nedenle, madenciler nonce değerlerini teker teker deneyerek doğru sonucu bulmayı umarlar. Matematiksel olarak bu süreç, her bir sonucun belirli bir olasılıkla gerçekleştiği ve ardışık denemeler arasında bu olasılığın sabit kaldığı Bernoulli denemeleri olarak tanımlanır. Buradaki iki olasılık, hash'in hedef aralığa düşüp düşmemesi ile ilgilidir. Hash fonksiyonunun, rastgele bir fonksiyon gibi davranması varsayıldığında, bu olasılıklar sabit kabul edilir.

Pratikte, madenciler çok sayıda 'nonce' dener ve bu süreç, Bernoulli denemelerinden hareketle Poisson süreci ile yaklaşık olarak modellenebilir. Poisson süreci, olayların sabit bir ortalama hızda ve birbirinden bağımsız olarak gerçekleştiği durumların analizinde kullanılmakta olup, istatistiksel dağılım olarak da bitcoin arzına yönelik bir olasılık modeli sunmaktadır. Bu olasılık modeliyle bir sonraki blokun bulunma süresini temsil eden bir olasılık yoğunluk fonksiyonu üretilir. Olasılık yoğunluk fonksiyonu Şekil-6'da gösterildiği gibidir: (Narayanan, A. ve diğerleri, ss. 31-66)



Şekil-6: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu.

Bitcoin ağı, her 2016 blokta bir (yaklaşık iki haftada bir), madencilik zorluğunu otomatik olarak yeniden ayarlar. Bu ayarlama madenciler arasındaki rekabeti teşvik eder. Örnek olarak bir Bitcoin madencisinin toplam hash gücünün % 0.1 olduğunu varsayalım. Madencilerin bir blok kazanmak için geçirdikleri standart ortalama süresinin Bitcoin ağında 10 dakika olduğunu belirtelim. Bu hesaplama sonucunda madenci her 10.000 dakikada (yaklaşık 1 hafta) 1 blok kazanmaktadır. İkinci bir örnekle devam edersek; bir bitcoin madencisi, toplam ağ hash gücünün % 0.2 oranına sahipse bu durumda yaklaşık her 5.000 dakikada, bir blok kazanacaktır; yani yaklaşık 3.5 gün gibi bir sürede bir blok üretme şansı vardır. Anlatımda görüldüğü üzere madencilerin matematiksel düşünme problemlerini çözme becerisi arttıkça, blok başına harcadıkları ortalama süre(gün) kısalmaktadır, ancak blok başına çözdükleri problemin zorluk gücünün her 2016 blokta arttığı unutulmamalıdır. Buradaki amaç, madencilerin işlemci gücü (hash rate) ne olursa olsun, yeni blokların elde edilme süresini 10 dakikaya sabitlemektir.(Narayanan A. ve diğerleri, ss.66-67)

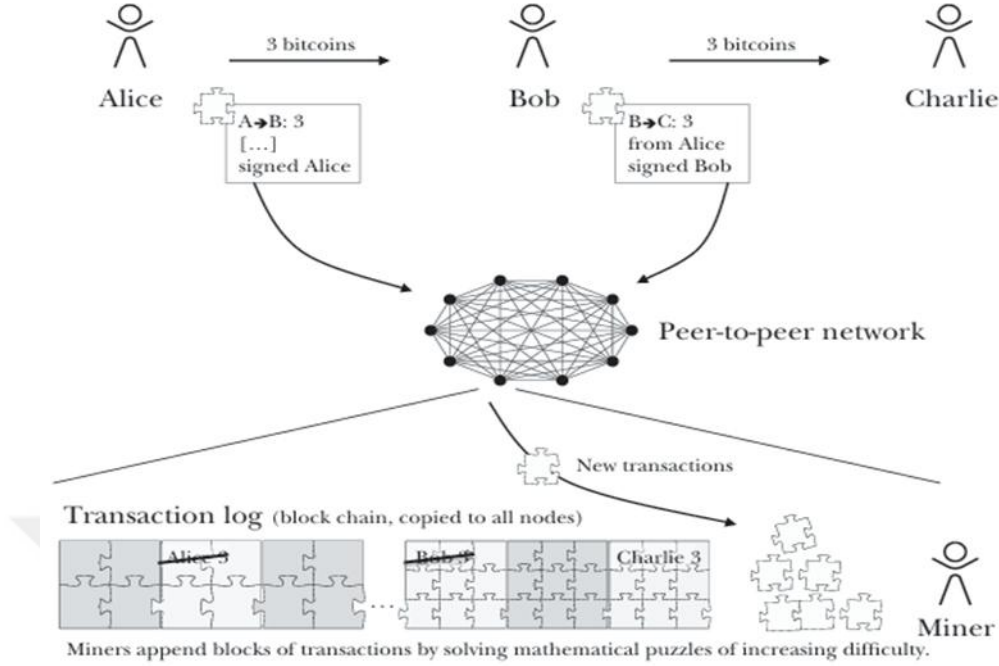
Bir Sonraki Ortalama Blok Süresi = 10 Dakika/Madencinin Hash Gücünün Bir Kısım

### 1.2.2. Bitcoinde İşlem(Transaction)

Bitcoin’de işlemler (transactions), ağ üzerinde yapılan değer transferlerini ifade eder. Bir işlem, bir kullanıcının sahip olduğu Bitcoin’leri başka birine göndermesini mümkün kılar ve bu transferler, blokzincirdeki defterlere kaydedilir. Bu işlemler, Bitcoin sisteminin ana yapı taşlarından biri olarak, blokzincirde sürekli olarak birbirine bağlanmış şekilde depolanır. Yapılan bu işlemleri, çift taraflı muhasebe defterlerine benzetilebilir.(Antonopoulos, A. M, 2014, s.19)



### Bitcoin's Approach to Transaction Flow and Validation



Şekil-8: Blokzincir Üzerinde Bitcoin Transfer İşlemi. (Böhme, R., ve diğerleri, 2015:216)

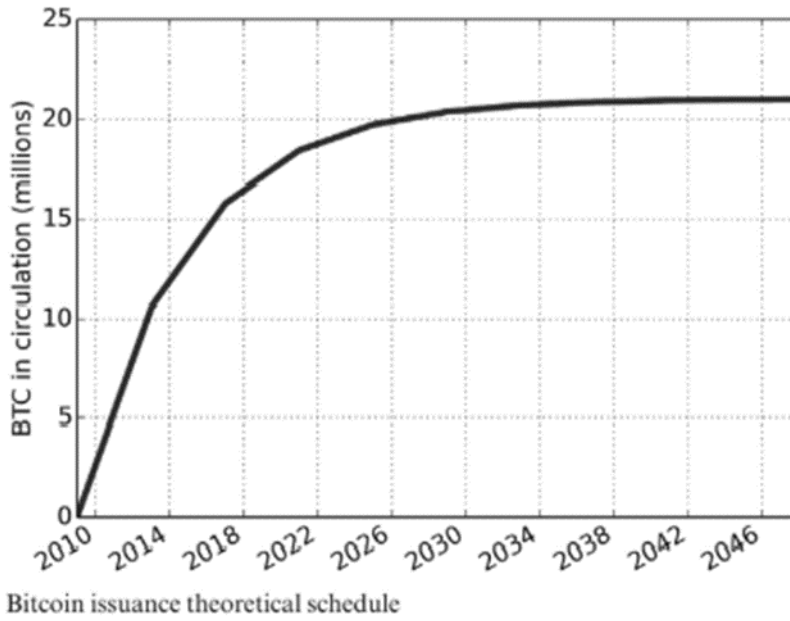
#### 1.2.3. Bitcoin Madenciliği Ve Proof-Of-Work- İş Kanıtı

Proof Of Work-“İş Kanıtı”, Bitcoin ve diğer altcoinlerde kurulan bir mutabakat mekanizmasıdır, madencilerin yeni bir blok açmadan önce son bloğu doğruladıkları bir etkinliktir. Bu doğrulama, çok sayıda deneme ve enerji gücü gerektirir. Bu sistem, blokzincir ağında işlemlerin teyit edilmesi ve yeni blokların eklenmesi için, madencilerin belirli bir zorluk seviyesine sahip matematiksel bir problemi çözmesini sağlar. Bu hesaplama gücü sayesinde saldırganlara karşı koruma sağlanır ve madenciler yeni kazıdıkları Bitcoinleri çıkararak ödüllendirilir. (Tommerdahl, J. 2024, 36(32): 20529.)

Madenciler bir blok hash üretmek için her bir denemede rasgele bir sayı üretirler. Satoshi Nakamoto tarafından 2009 yılında üretilen ilk blokun (Genesis Block)'un yaratılması ile birlikte 210.000'nci blokta madencilerin blok üretim ödülleri yarı yarıya düşer. Bu olaya “Bitcoin Yarılanması” (Halving) denilmektedir. Nisan

2024'te madenciler için Bitcoin ödülü, kazdıkları blok başına 6,25 Btc'den 3,125 BTC'ye düşürülmüştür. (Kaynak: Btctürk Bilgi Platformu, Halving Ne Zaman)

Bitcoin, dağıtık defter teknolojisi (blockzincir) üzerine kuruludur. Yeni blokların üretimi, madenci düğümlerinin yoğun bir şekilde hesaplama yapmasını ve farklı denemeler gerçekleştirmesini gerektirir. Bu süreç, açıklanan hesaplama gücünün kullanılmasıyla yeni Bitcoin'lerin oluşturulmasını sağlar. Bir blokun oluşturulmasını başaran madenci, ödül olarak belirli bir miktar yeni Bitcoin kazanır. Bitcoin Protokolü, madencilerin çıkarmış oldukları bitcoinleri, yaptıkları işlem gücü kadar (hash rate) oransal olarak dağıtır. Yerel bir para birimi, Bitcoin üretiminde, dağıtık defter sisteminin güvenliğini sürdürmek için hayati bir öneme sahiptir. Yeni Bitcoin'lerin madencilik yoluyla oluşturulması, blokların güvenliğini sağlamak adına gereken maliyetleri dengelemek için tasarlanmıştır. (Franco P, 2014, s.16)



Şekil-9: Bitcoin İhracı Teorik Takvimi. (Franco P, 2014: 16)

### 1.3. YENİ BİR FİNANSAL YENİLİK OLARAK BİTCOİNLER

Bitcoin'ler uygulama açısından artık finansal bir menkul kıymet olarak tanımlanmaktadır. Bunlar, ödeme aracı işlevine sahip olsalar bile, finansal araç bakımından “menkul kıymet” olarak nitelendirilmektedir. Her ne kadar SEC (American Security Commission), Bitcoin'i menkul kıymet olarak kabul etmese de; Bitcoin'in dijital bir varlık olarak kullanımı günden güne yayılmaktadır. Özellikle

Bitcoin Spot ETF'lerinin onaylanmasından sonra Bitcoin; hem bireysel hem de kurumsal yatırımcıların, banka ve finans kuruluşlarının ilgi odağı haline gelmiştir. Spot ETF'lerin varlığı ve teknolojik uygulamalarda getirdiği yenilikler sayesinde Bitcoin, finansal bir yenilik olarak yatırımcıların son zamanlarda tercih ettiği bir yatırım aracıdır.

### 1.3.1. Ödeme Sistemleri- Geleneksel Para Sistemlerinden Ayrılması

Bitcoin, geleneksel para sistemlerinden farklı olarak, merkezi otoritelerden bağımsız bir yapıda çalışır ve blokzincir teknolojisi sayesinde güvenli, hızlı ve sınır ötesi ödeme işlemlerine olanak tanır. Bu yenilikçi yaklaşım, finans dünyasında merkeziyetsizlik ve dijitalleşme açısından yeni bir dönemi başlatmıştır.

Bitcoin'de yeni kripto paraların üretimi, sistemin yazılımına önceden tanımlanmış bir süreçle gerçekleştirilir. Bu süreç, işlemlerin doğrulanması için merkezi bir otorite yerine, rekabet içinde çalışan bağımsız madenciler tarafından yürütülür. Bitcoin'in ödül sistemi, kötü niyetli kişilerin sistemi manipüle etmeye çalışmaktansa; işlem gücünü, ağın güvenliğini ve devamlılığını desteklemek için kullanmalarını daha kazançlı hale getirir. Başka bir deyişle, Bitcoin'in güvenliği, doğrudan ekonomik teşviklere dayanır ve bu teşvikler, düğümlerin dürüst kalmasını sağlar. Sisteme dışardan bir müdahalede, madencilerin toplam işlem gücü aşılsa, iki durumla karşı karşıya kalınır; saldırganlar ya bu gücü kötüye kullanarak ödemeleri geriye alır, ya da yeni kripto paralar üretmek arasında bir karar vermek durumuyla karşı karşıya kalır. Bu mekanizma sayesinde, ağın bütün güvenliği sağlanmış olup, kötü amaçlı kişilerin sisteme müdahale etmesinin önüne geçilerek kullanıcıların ekonomik çıkarları korunmuş olmaktadır. (Bjerg, O. 33(1), 2015b, s.13.)

Bitcoin, açık kaynak kodludur; anonim yapıdadır. Varlık transferlerinde merkezi bir otorite veya banka gibi aracı kurum ya da kuruluşlara ihtiyacı yoktur. Bitcoin, tamamen dağıtık bir ağ yapısına sahip, eşten eşe elektronik bir ödeme sistemidir. Sistem, ağdaki kullanıcı düğümlerinin büyük çoğunluğunun dürüst olacağı varsayımıyla çalışır ve çift harcama sorununu önlemek ve anlaşmazlıkları çözmek için bir nevi çoğunluk oyu mekanizmasına dayanır. Bu yönüyle Bitcoin, geleneksel elektronik para sistemlerinden ayrılmaktadır; çünkü, elektronik para sistemleri

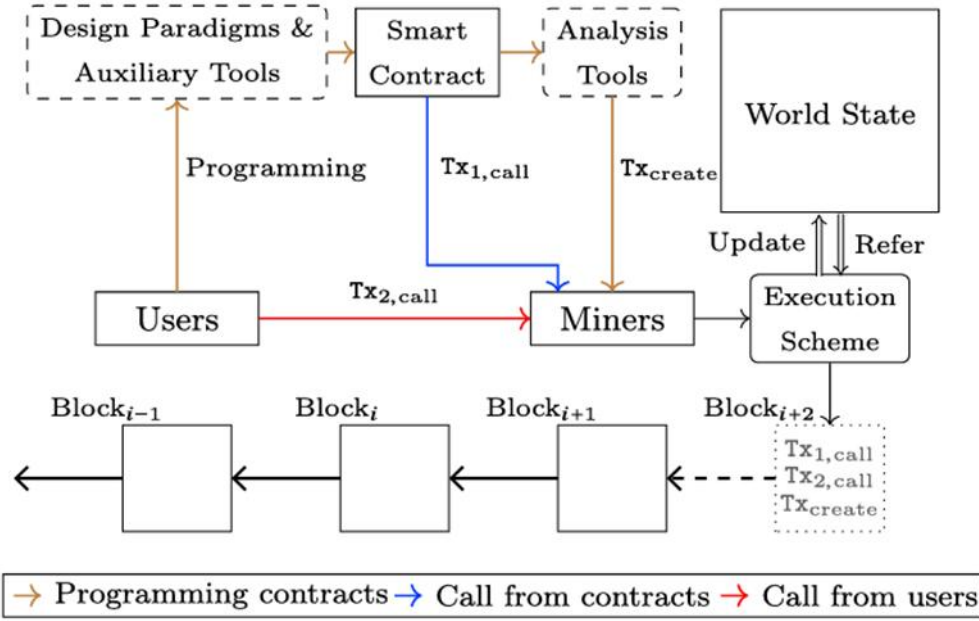
genellikle çift harcama kontrolü ve para arzı gibi süreçlerde merkezi bir otoriteye ihtiyaç duyar.( Barber, S. ve diğerleri, (2012), 399-414)

### 1.3.2 Akıllı Sözleşmeler (Smart Contracts)

Akıllı sözleşmeler (smart contracts), belirli şartlar yerine getirildiğinde otomatik olarak devreye giren programlanabilir anlaşmalardır. Bu kavram, 1996 yılında bilgisayar mühendisi ve hukukçu Nick Szabo tarafından yayımlanan bir makale ile tanıtılmıştır.(Szabo, N., 1996 ) Akıllı sözleşmeler, blokzincir teknolojisinin sağladığı altyapıyla aracı kurumlara gerek kalmadan taraflar arasındaki işlemlerin güvenli ve şeffaf bir şekilde gerçekleştirilmesini mümkün kılar.

Bitcoin, akıllı sözleşmelerin uygulanmasını sınırlı bir kapasiteyle desteklemektedir. Bu sözleşmeler, Bitcoin'e özgü bir komut dosyası dili olan Script kullanılarak hayata geçirilir. "Script", Bitcoin'in işlemleri yürütmesini ve akıllı sözleşmelerin çalışmasını sağlayan özel bir yazılım dilidir. Örneğin, bir işlem özel anahtarlar (private key) kullanılarak imzalandığında, ağdaki düğümler bu komutları çalıştırır ve işlemi onaylayarak blokzincire ekler.

Akıllı sözleşmeleri bir örnekle açıklayalım. Kullanıcılardan gelen akıllı sözleşmeler, Bitcoin'e özgü özel yazılım dili olan "script" ile çift taraflı analiz edilerek işlemlerin yürütücüleri tarafından(madenciler) ağın yürütme mekanizmasına uygun olarak bloklara eklenir.( Block i+2, Block i+1, Block i....) Akıllı sözleşmelerin nasıl uygulanacağı ve yapılandırılacağına dair tasarım paradigmasından (Şekil-9'da, "Design paradism Auxliary Tools") faydalanılır. Akıllı sözleşmeleri destekleyen bir blokzincirinin iş akışı,"Tasarım Paradigması ve Yardımcı Araçları"nın olduğu bölümden sağ oklarla gösterilen bir dizi işlem adımını içerir. Bu oklar, bir akıllı sözleşmenin oluşturulmasını ve Tx1,Tx2,Tx3 gibi işlemlerin sırasıyla gerçekleşmesini temsil eder. Geliştirme sürecinde, kullanıcılar(Users), tasarım yöntemlerini kullanarak bir prototip oluşturabilir ve bunları madencilere onaylattırabilir.(Tx2). Bu süreçte çeşitli yardımcı araçlardan da faydalanılır. (Hu, B. ve diğerleri, 2021)



Şekil-10: Akıllı Sözleşmeleri Destekleyen Blokzincir İş Akışı.(Hu, B., ve diğerleri, 2021,s.5)

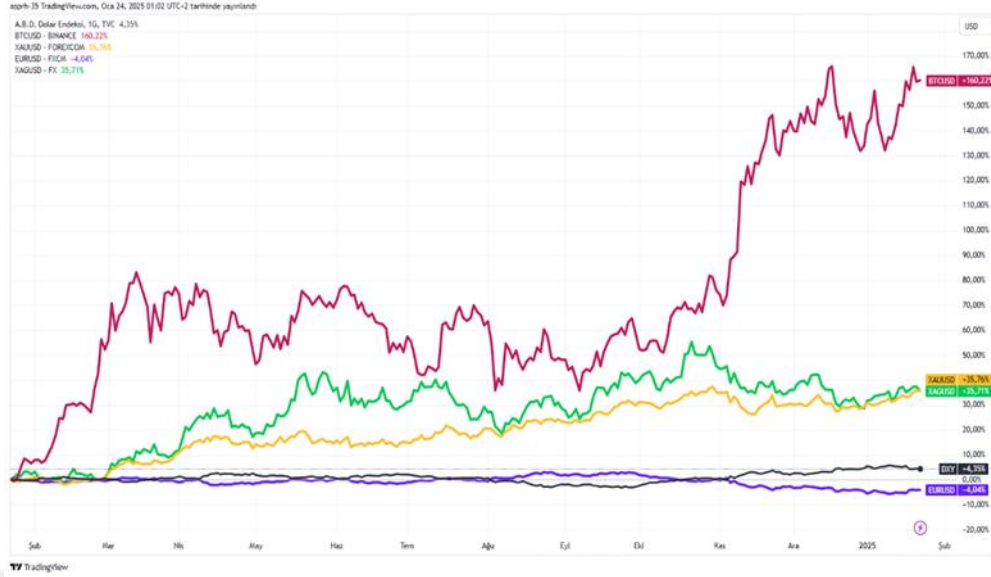
### 1.3.3. Yatırım Amaçlı(Değer Saklama)

David Yermack'a göre Bitcoin, geleneksel paranın temel fonksiyonlarını yerine getirmekte eksik kalmaktadır. Paranın başlıca görevlerinden biri olan takas, diğeri değer ölçme, sonuncusu ise değer saklama işlevidir. Ancak Bitcoin, bu özellikleri yerine getirememektedir.Yermack, Bitcoin'in sınırlı bir şekilde kabul görmesinin nedenlerini araştırır. Buna göre dayanak varlığın yani Bitcoin'in fiyatlarında meydana gelen aşırı volatilité (oynaklık) nedeniyle, mal ve hizmet değiş-tokuşlarında istikrar sağlanamamaktadır. Bu yüzden Bitcoin güvenilir bir ödeme aracı olarak kullanılamaz. (Yermack, D., 2024)

Florian Glaser, Zimmermann ve diğer analistler, Bitcoin'in genellikle bir para birimi olarak değiş-tokuş davranışını göstermesinden daha çok, spekülâtif amaçlı bir yatırım aracı olarak davrandığına işaret etmektedir. Analistler, Bitcoin'in, değişim aracı ve hesap birimi olma yeteneğini karşılayamadığını, bu yüzden yatırımcıların bu ürünü ileride değer artışı olabileceği beklentisiyle sakladıklarını söyler. Bu nedenle Bitcoin, yenilikçi bir teknoloji olmasına rağmen, geleneksel para birimi olma işlevinden daha çok, yüksek beklentilere bağlı olarak hareket ettiği için oldukça riskli bir yatırım aracı olarak düşünülür.( Glaser, F., ve diğerleri., 2014).

Geleneksel para politikaları, merkez bankalarına ve hükümet politikalarına ihtiyaç duymaktadır. Merkez bankalarının elindeki para basma yetkisini kullanması, hükümetlerin ise artan oranlarda borçlanma eğilimine girmesi, hane-halklarının ve üreticilerin fiyatlama davranışlarını bozmaktadır. Bununla birlikte ; enflasyon - faiz ve itibari para birimleri arasında yaşanan oynaklıklar, iktisadi olarak; hem parasal hem de gelir aktarım mekanizmasını bozmaktadır. Örnek verecek olursak; Amerikan Merkez Bankası (Fed), bazı belli dönemlerde içsel ve dışsal şoklara karşı birtakım düzenleyici para politikası tedbirleri uygulamıştır. Bu tedbirlerden bazıları başarılı bazıları ise başarısız olmuştur. 2008 yılında yaşanan Mortgage Krizi, artan jeopolitik ve küresel riskler, tedarik zincirinin bozularak navlun taşıma maliyetlerinin artması, Rusya-Ukrayna Savaşı, birinci Trump döneminde (2017-2021) ülkelere uygulanan gümrük kotaları ve 2020 yıllarında yaşanan pandemi gibi. birçok olay yatırımcıların davranışlarında değişikliklere neden olmuştur. Özellikle, kağıt paraların yarattığı enflasyonist etkilerden kaçınma davranışı olarak Bitcoin'in kullanım alanlarının genişlemesi ve borsalarda işlem görmesi, soğuk cüzdanlarda saklanabilmesi, finansal risklerden kaçmak isteyen uzun vadeli yatırımcıların pozisyon taşıma maliyetine katlanmadan bu varlığı taşıması vb. gibi birçok sebepten ötürü Bitcoin fiyatları yukarı gitmiştir. (Yılmaz,Y., 2021)

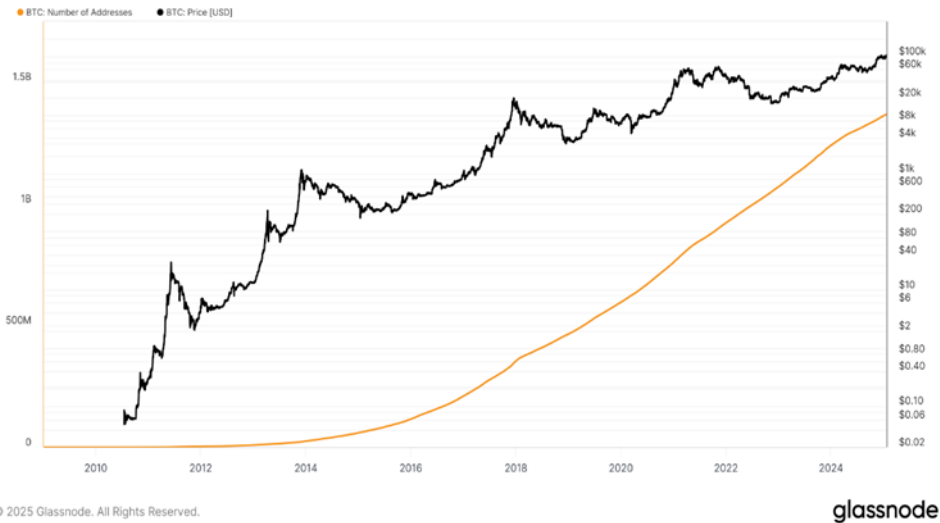
Aşağıdaki grafik Tradingview üzerinden alınmıştır. Bordo kırmızı renkle görülen grafik Bitcoinin 1 yıllık dolar bazındaki performansını göstermektedir. Dolar bazında %159'luk bir getiriye sahiptir. Onu sırasıyla takip eden altın ve gümüş %35'lik getiriyle takip etmektedir. Dolar Endeksi Dxy (Doların 6 büyük major para birimine göre değerini gösteren endeks.) %4'lük bir getiriye, Euro/Dolar paritesi ise yıllık bazda -%4,04' lük bir getiriye sahiptir.



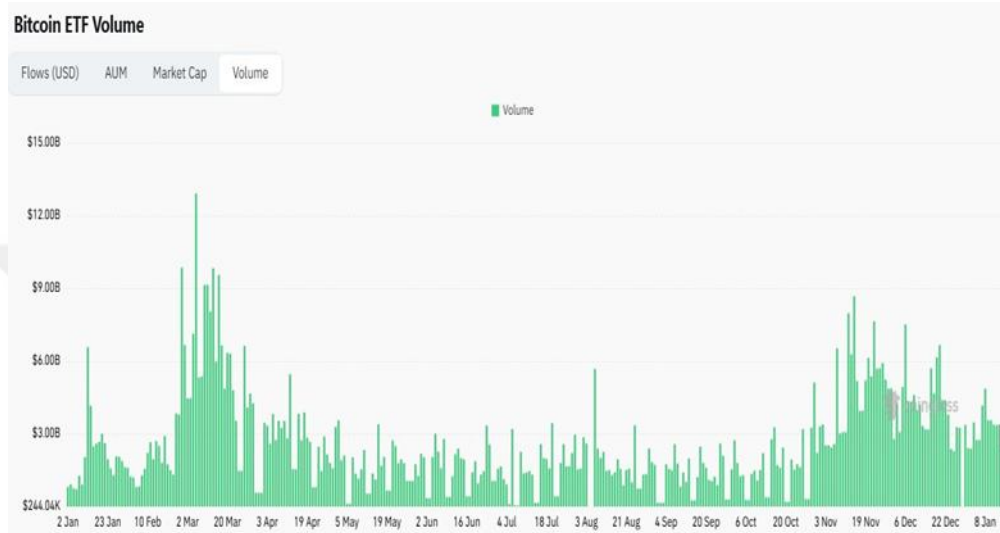
Şekil-11: Bitcoin-Altın-Gümüş-Euro/Dolar-Dolar Endeksi Fiyatları  
Kaynak: Tradingview’de oluşturulmuştur.(Ocak 2024-Ocak 2025)

2010-2025 yılları arasında Bitcoin adreslerinde meydana gelen artış ile kullanıcısı sayısı yıldan yıla artmaktadır.(Şekil-12: Glassnode Studio.) 2024 Ocak ayında Bitcoin Spot ETF’lerinin SEC (American Security Commision) tarafından onaylanması Bitcoin’e bağlı adres sayılarında artışa yol açmıştır.

Number of Addresses



Spot Bitcoin ETF, saklamacı kuruluşlar tarafından (bireysel yatırımcılar için) satın alınan finansal ürün türüdür. Bu finansal ürün; kullanıcıların, kripto para birimini satın almaları zahmetine katlanmadan, sadece saklamacı kuruluş aracılığı ile belli bir borsa fiyatı karşılığında satın aldıkları bir yatırım fonudur.(Kaynak:Btctürk Bilgi Platformu.)



Şekil-13: Ocak 2024-Ocak 2025, Bitcoin Spot ETF Girişleri,Coinglass.)

10 Ocak 2024'te SEC Başkanı Garry Gensler, Spot Bitcoin ETF'lerinin onaylanmasına ilişkin açıklamalarda bulunmuştur.Yapılan açıklamada; Komisyon Personeli, ETF ihraççıları için eşit bir oyun alanı yaratmaya, rekabeti teşvik etmeye, yatırımcılara daha geniş pazarda fayda sağlamaya yardımcı olacak 10 adet spot bitcoin ETF'inin incelemesini tamamlamıştır, denilmektedir. Gensler, G. (2024, Ocak 10)

## **İKİNCİ BÖLÜM**

### **BITCOİN PİYASASI VE FONLAMA ORANI**

#### **2.1. BITCOİN PİYASASI**

Bitcoin piyasasının büyüme sürecini hızlandıran temel belirleyici, dijital yeniliklerin internet teknolojisiyle birleştirilmesi olmasına karşın, küresel dünyada bu yeniliğin finansal bir araç olarak kabul görmesine yol açan olay, 2008 dünya ekonomik krizidir. Bitcoin'in gelişim süreci bu kısımda açıklanmıştır.

##### **2.1.1. Bitcoin Piyasasının Tarihsel Gelişimi**

2008 yılında yaşanan Mortgage Krizi ile beraber finansal piyasalara olan güven azalmış, merkez bankaları faiz oranlarını düşürme yoluna gitmişti. Finans sektöründe yaşanan dalgalanmalar reel sektöre de sıçramış kriz daha da derinleşmişti. Bunun sonucunda merkez bankaları genişletici yönde uygulamaya başladıkları “nicel kolaylaştırma politikası sonucunda yeni bir dönem başladı. Dönemin en önemli özelliği, finansal sistemde biriken likiditenin yeni bir arayışa girmesi ve ülkelerin bütününe düşük faiz politikasına geçmesi ile birlikte, dünya ekonomisinde fazla paranın nereye gideceği konusunda bir sorunun ortaya çıkmasıydı. Bu fazla likidite, kendisine yeni bir alan olarak dijital finansal piyasaların genişlemesine yol açacak etkilerin de temelidir. Literatürde Bitcoin piyasasının büyümesine bir neden olarak nicel genişlemenin etkisine vurgu yapılmamaktadır.

Şubat 2009'da Obama Hükümeti 1 trilyon dolarlık kurtarma paketini imzalayarak yürürlüğe koymuştur. Bu kurtarma paketiyle, düşük gelir gruplarına verilmiş olan “Subprime Mortgage” kredilerinden zarara uğramış finans ve sigorta şirketleri ile bankalar ve aracı kurumların batık kredilerinin maliyetleri, hükümet tarafından üstlenilmiştir.(Mahfi Eğilmez, İktisat Ve Toplum Dergisi, Sayı:120,ss. 92-102) Söz konusu büyük kurtarma paketi, aşırı derecede değerlendirilmiş olan ve balonlaşmış olan piyasanın reel ekonomiye olan olumsuz etkisini sınırlandırmış olmasına karşın uluslararası piyasalara yönelik olarak önemli bir dolar genişlemesine yol açmıştır. Bu durum piyasadaki fiyat düşüşleri ile birlikte birleşince olması

gerekenden daha yüksek oranda bir parasal genişlemenin olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Daha önce de belirttiğimiz gibi, bu genişleme dijital finansal araçlara olan talebin kaynağı haline gelmiştir. Nitekim, 2008 krizinin etkisinin en yoğun şekilde yaşandığı Eylül ayının hemen ardından Nakamoto'nun makalesinin yayınlanmış olması ve Obama'nın kurtarma paketinden sonra ise ortaya çıkan likidite ile birlikte, “dijital money” arkasından “kripto money” kavramlarının ardından söz konusu kripto piyasaları gelişmeye başlamıştır.

Yaşanan bu gelişmeler neticesinde, Satoshi'nin yaklaşımının uygulamaya geçirilmesi ile birlikte, yazılımsal algoritmalarla oluşturulan dijital bir metnin; hükümet ve merkez bankalarının para politikalarına bir başkaldırı olarak, uçtan uca eşlenik sistemle ağlar arasında kolayca transfer edileceğini ve bunun da hiçbir aracı kurum ya da banka olmadan kolayca saklanabileceğini ifade eden teknik eserle süreç başlamıştır. (Nakamoto, 2008.) Bu teknik yazının kaleme alınmasından önce Nick Szabo, “Bit-Gold” isimli makalesinde; değerli metallerin, koleksiyonluk eşyaların arzının sınırlı olmasından ve üretim maliyetlerinden dolayı üçüncü kişilerce sahteciliğe karşı korunamayacağını altını çizmiş; bunun yerine güvenilir, taraflarca kolayca taşınabilen, üretilip saklanılabilen, kandırma yapılamayacak kadar kazıma maliyeti olan bitlerin üretilmesinin mümkün olabileceğini ifade etmiştir. Kriptografik bilgisayar programcısı ve avukat olan Szabo, yaratılan bu bitlere; fiziki altın ve gümüş gibi kıymetli metallerin önünde ilerlemesinden dolayı, “Bit-Gold” ismini vermiştir. (Szabo, N. , 2005.)

Üretilen ilk Bitcoin'in piyasa değeri veya borsa fiyatı yoktu. Bitcoin, deneysel ve fikirsel çabaların toplamı olarak ifade edilmekteydi. Bu yüzden deneme amaçlı olarak Bitcoin'de yapılan ilk işlemsel transfer, Nakamoto ile bir bilgisayar yazılımcısı, kriptograf olan Hal Finney arasında gerçekleşmiştir. Bundan sonraki süreçte kayıt altına alınan ilk Bitcoin ticari işlemi Laszlo Hanyecz'in 2010 yılında 10.000 adet Bitcoin ile yaptığı 2 adet pizza satın alma işlemidir. Laszlo'nun pizzaları satın aldığı dönemde pizzalar için katlandığı maliyet 41 dolardı. (Cointelegraph, Bitcoin İle İlk Pizza Siparisi, 23 Kasım 2024)

Bitcoin'in erkenden çıkarıldığı bir dönemde, Bitcoin'in ilk piyasa fiyatının ne olduğu sorusu bazı tartışmalara sebep olmuştur. Bu tartışmaların önüne geçebilmek ve Bitcoin'i doğru bir şekilde analiz ederek gerçek fiyatını tesbit edebilmek için, “New

Liberty Standart” adlı bir platform, Bitcoin’in fiyatını, onun üretilmesi esnasında harcadığı enerji maliyeti üzerinden hesaplamıştır. (New Liberty Standart, Exchange Rate Bitcoin, 5 Ekim 2009.)

Aşağıda, New Liberty Standart Platformu’nda anlatılan Dolar/Bitcoin (1\$=1.309,03Bitcoin) paritesi hesaplanarak tablolaştırılmıştır. Bu hesaplamada;

-Bir yılda: 365 gün × 24 saat × 60 dakika = **525.600** dakika vardır.

-Yılda Oluşturulan Blok Sayısı = Toplam Dakika (Yılda) / Bir Blok Oluşturma Süresi

= 525.600 dakika / 10 dakika = **52,560** bloktur.

| İsim                              | Hesaplama Açıklaması                                                  | Sonuç                                         |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1-Elektrik Enerjisi Tüketimi      | Elektrik Tüketimi: Bir bilgisayarın yıllık tüketimi                   | 1.500 kWh                                     |
| 2-Elektrik Fiyatı (1 kWh Başına)  | Elektrik Fiyatı: 1 kWh elektrik maliyeti                              | 0.10 USD/kWh                                  |
| 3-Toplam Elektrik Maliyeti        | Toplam Elektrik Maliyeti: Yıllık elektrik tüketimi * kWh başına fiyat | 1.500 kWh * 0.10 USD/kWh = 150 USD            |
| 4-Yıllık Üretilen Bitcoin Miktarı | Üretilen Bitcoin Miktarı: Yılda üretilen toplam Bitcoin               | 50 BTC/blok * 52.560 blok = 2.628.000 BTC     |
| 5- Bitcoin’in Birim Fiyatı        | Bitcoin'in Birim Fiyatı: Elektrik maliyeti / Üretilen Bitcoin         | 150 USD / 2.628.000 BTC ≈ 0.000057077 USD/BTC |
| 6-Dolar Başına Bitcoin Sayısı     | Dolar Başına Bitcoin: 1 USD / Bitcoin'in birim fiyatı                 | 1 USD / 0.000057077 USD/BTC ≈ 1.309,03 BTC    |

Tablo-1: New Liberty Standart hesaplama mantığına bakılarak tarafımızca oluşturulmuştur.

Bitcoin piyasasının gelişim ve evrimsel sürecinde, Bitcoin piyasası tarihinde atılan diğer ilk en önemli adım, Mart 2010 yılında olmuştu. “Bitcoinmarket.com” adlı internet sitesinde ‘dwdollar’ isimli bir kullanıcı, yatırımcıların ve kullanıcıların, tek bir platformda birbirleriyle Bitcoin alım-satım ticareti yapabileceklerini duyurdu. 17 Mart 2010’da Bitcoinmarket.com sistem platformu, kullanıcılarına Paypal ödeme sistemi ile Bitcoin sattı; ancak, bu platform, bilançosunu yeteri kadar döndürecek sermaye rasyosuna sahip değildi. Çünkü, satılan Bitcoin’lerin ödemesi kullanıcılar tarafından Paypal aracılığı ile iptal edilerek yapılan işlemin tersine dönmesi sağlanıyordu. Ayrıca,

bütün bu faaliyetler sahtekarlıkların da önünü açarak Bitcoinmarket.com platformunun maddi açıdan zarar görmesine neden olmuştur. (Kılıc, M., 2023, s. 326)

Bitcoinmarket.com' un iflas etmesinden sonra Temmuz 2010 yılında ilk Bitcoin borsası Mt. Gox kuruldu. Merkezi Tokyo'da bulunan Mt. Gox, Jed McCaleb tarafından kurularak daha sonra Mark Karpeles'e devredilmiştir. Kullanıcı sayısını kısa sürede arttıran Mt. Gox borsası, bir süre sonra platformda bulunan güvenlik açıkları ve dışardan gelen siber saldırılar yüzünden olumsuz etkilenmiştir. Bu borsanın akıbeti de Bitcoinmarket.com gibi olmuş, teknik altyapısının yetersizliğinden dolayı artan talabe cevap verememiştir.(<https://buraktamac.medium.com/mt-gox-nedir-hack-olayi-2024-86c38ee539ed>)

Mt. Gox borsası Şubat 2014'te iflas ettiğini, müşterilerine ait 850.000 BTC'nin siber saldırılar sonucu kaybolduğunu duyurmuştur. Bu olayla birlikte Bitcoin borsalarının sıkı düzenlemelere ve regülasyonlara tabi olması gerektiği fikri ortaya çıkmıştır. Mt. Gox borsası kripto yatırımcıları, zararlarını ancak yıllar sonra telafi etmek durumunda kalmışlardır. (Koçoğlu, Ş. ve diğerleri, 2016, s.83)

Bitcoin platformlarında yaşanan onca acı tecrübe ve bilgi birikiminden sonra Bitcoin borsaları, ciddi düzenlemelere ve regülasyonlara tabi olmuştur. Bu süreçlerden başarılı bir şekilde çıkan, ciddi düzenlemelere tabi olan, teknolojik altyapısını yenileyen ve sermaye piyasalarındaki muhasebe uygunluk denetim standartlarına sahip olmayı başaran başarılı platformlar, etkin bir şekilde bugün de varlıklarını sürdürmektedir. Bu borsa platformlarından biri de Coinbase'tir. Coinbase etkili bir biçimde teknolojik arayüzünü yenilemiş, tüm kullanıcılarına 2FA (İki Faktörlü Kimlik Doğrulama), çoklu onaylı para çekme/yatırma, kripto cüzdanı yaratma vb. işlemleri yönetebilecekleri ortamı sağlamıştır. (<https://www.coinbase.com/en-gb/security>)

**Kripto Para Borsaları Değerlendirme Tablosu**

| Borsa Adı | Hacim      | Güvenlik   | Popülerlik     | Ücretler | Müşteri Hizmetleri | Kullanım  | Uygulama       | Desteklenen Ülkeler      |
|-----------|------------|------------|----------------|----------|--------------------|-----------|----------------|--------------------------|
| Binance   | Çok Yüksek | Çok Yüksek | Çok Yüksek     | Orta     | Yüksek             | Çok Kolay | İos ve Android | Çoğu Ülke                |
| Bidget    | Yüksek     | Çok Yüksek | Oldukça Yüksek | Orta     | Yüksek             | Çok Kolay | İos ve Android | Çoğu Ülke                |
| Coinbase  | Yüksek     | Çok Yüksek | Çok Yüksek     | Yüksek   | Yüksek             | Çok Kolay | İos ve Android | Çoğu Batı Ülkeleri       |
| Okx       | Çok Yüksek | Yüksek     | Yüksek         | Orta     | Yüksek             | Kolay     | İos ve Android | Çoğu Ülke                |
| Bybit     | Yüksek     | Yüksek     | Oldukça Yüksek | Orta     | Yüksek             | Kolay     | İos ve Android | Çoğu Ülke                |
| Kucoin    | Yüksek     | Yüksek     | Orta           | Orta     | Yüksek             | Kolay     | İos ve Android | Çoğu Ülke                |
| Kraken    | Yüksek     | Çok Yüksek | Yüksek         | Orta     | Yüksek             | Kolay     | İos ve Android | Çoğu Ülke                |
| Bitstamp  | Yüksek     | Çok Yüksek | Orta           | Orta     | Yüksek             | Kolay     | İos ve Android | Avrupa ve Abd            |
| Gate.io   | Orta       | Yüksek     | Orta           | Orta     | Orta               | Kolay     | İos ve Android | Çoğu Ülke                |
| Gemini    | Orta       | Çok Yüksek | Orta           | Yüksek   | Yüksek             | Kolay     | İos ve Android | Abd,Bazı Avrupa Ülkeleri |

Tablo-2: En İyi Kripto Borsaları.

(<https://www.ogocer.com/blog/guvenilir-ve-en-iyi-kripto-para-borsalari/>)

### 2.1.2. Bitcoin Piyasasını Etkileyen Faktörler

Bitcoin, açık kaynak kodlu, merkezi bir otorite tarafından kontrol edilemeyen yenilikçi ve teknolojik bir uygulamadır. Her ne kadar Bitcoin spot ETF’leri onaylanmış olsa da; SEC, Bitcoin’i bir menkul kıymet olarak görmemektedir. SEC’e göre, Bitcoin, “emtia” olarak kabul edilmektedir. (Securities İ.o, Gary Gensler Kripto Perspektifi.)

Bitcoin’in; bir emtia gibi hareket etmesi, arz ve talebe bağlı olarak işlem görmesi, fiyatının balinalar tarafından speküle edilmesi, piyasa değerinin makro iktisadi değişkenlerde yaşanan içsel-dışsal şoklara bağlı olarak değişmesi, enflasyona karşı korunmak için uzun vadeli yatırım aracı olarak tercih edilmesi, medya ve toplumsal algı vb. birçok faktör ve değişkenlerden etkilendiği düşünülmektedir.

İlk çıktığı yıllarda Bitcoin, dijital bir metnin veya bir verinin, blok zincirler arasında güvenilir bir şekilde eşten eşe (P2P) transfer edilmesi işlemiydi. Bitcoin yaratıcılarının attıkları bu cesur adımlar, madencileri daha çok blok kazımaya teşvik etmiş arz bolluğu yüzünden uzunca bir süre fiyatı 1 doların altında kalmıştı. Nakamoto'nun kurmuş olduğu yazılımsal mekanizma, Bitcoin'in her 4 yılda bir (halving etkisiyle) madencilik blok çıkarma ödüllерinin yarı yarıya düşmesine dayanmaktaydı. Bu mekanizma ile Bitcoin'in toplam arzı 21.000.000 adet ile sınırlandırılmaktadır.

Hayes, A., (2017), kripto varlıkların üretilmesi aşamasında, harcanılan enerji miktarının ve maliyetinin de bilgisini içeren; bu varlıkların üretilmesi sırasında madencilerin katlandıkları zorluk oranlarını da dikkate alan bir çalışma yapmıştır. Hayes, 66 farklı kripto para birimine ilişkin yaptığı bu analizde, çapraz kesit verilerinden (OLS) çoklu regresyon modeli denklemi elde etmiştir. Modelden elde edilen deneysel sonuçlara göre, madencilerin bir Bitcoin blokundaki problemleri çözmek için harcadıkları enerji miktarının ve zorluk güç oranının (hash rate) artması sonucunda, rekabet teşvik güçlerinin arttığı ve bu durumun daha az enerji sarfiyatına katkıda bulunarak uzun dönem Bitcoin üretim maliyetlerini düşürttüğü gözlemlenmiştir.

Bitcoin Dominansı (Piyasa Hakimiyeti), Bitcoin piyasasını etkileyen diğer önemli faktörlerden biridir. Bitcoin hakimiyeti, Bitcoin'in piyasa değerinin tüm kripto para birimlerinin toplam piyasa değerine bölünmesi ile elde edilir. (CoinmarketCap)

Bitcoin'in hakimiyetini açıklayabilmek için, Bitcoin'in pazar fiyatını kullanan analistler (ElBahrawy, A., vd., 2017), yapmış oldukları bir çalışmada Bitcoin'in pazar değerini (marketcap) bağımlı değişken olarak atmışlardır. Modelde kullanılan bağımsız değişkenler; yeni kripto para birimlerinin Bitcoin pazarına girme potansiyelini temsil eden “Doğuş Hızı” ile kripto para birimlerinin piyasadan çıkış hızını temsil eden “Ölüm Hızı” parametreleridir. Doğum ve Ölüm Hızları Poisson dağılımına göre rasgele atanmıştır. Modelin ekonometrik sonuçlarına göre; en büyük pazar değerine sahip krito para birimleri; Bitcoin ile, onun arkasından gelen ikinci en büyük blokzincir katman tabanına sahip olan Eteryum'dur. Bu iki kripto para biriminin pazar payı düşse dahi, toplam kripto pazarındaki konumlarını domine etmektedirler.

Akkaya, M. (2022), Bitcoin piyasasında, Bitcoin getiri oynaklıklarını uzun ve kısa dönem makro ekonomik değişkenlerle birlikte incelemiştir. Bitcoin fiyatı, yapılan araştırmada bağımlı değişkendir. Bitcoin'in fiyatını açıklamak için modele makro finansal göstergeler eklenmiştir. Bu değişkenler, sırasıyla; Altın fiyatları, Dolar Endeksi (Dxy), Abd 10 yıllık faizleri, Euro/Dolar paritesi, Petrol fiyatları, Nasdaq Endeksi, Tokyo Menkul Kıymetler Borsası'dır. Araştırmada, değişkenlere, birim kök testleri uygulandıktan sonra uzun dönem Johansen Eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, Bitcoin fiyatlarıyla makro ekonomik göstergeler arasında uzun dönemde kuvvetli bir ilişki vardır. Ancak, kısa dönemde Bitcoin fiyatlarıyla diğer makro ekonomik göstergeler arasında iktisadi bir ilişki bulunmamaktadır.

Çalışmamızın esas unsurlarından biri olan; "Bitcoin fonlama oranının, Bitcoin'in getiri oynaklıkları üzerindeki etkisini" incelememizin esas bir nedeni de fonlama oranının, Bitcoin piyasasının kendi **iç dinamiklerine** göre, oynaklığı hangi yönde arttırdığı veya düzelttiği şeklindedir. Çünkü, fonlama oranı, Bitcoin vadeli işlem sözleşme fiyatlarında yukarı veya aşağı yönlü pozisyon alan piyasa karar vericilerinin katlandıkları **risk iştahı** ile de yakından ilgilidir. Bu pozisyonlanmalar bize, Bitcoin fiyatlarında meydana gelen oynaklıkların asimetrik etkilerinin uzun dönemde mi; yoksa kısa dönem için mi fiyatlanmış olduğunun tesbitine bağlı olarak piyasanın dinamiği hakkında bir bilgi sağlayacaktır.

## 2.2. FONLAMA ORANI

Fonlama oranı, kripto para borsalarında vadeli işlem fiyatları ile (futures price) dayanak varlık fiyatları (spot price) arasındaki dengeyi korumak için tarafların birbirlerine yaptıkları ödeme veya ücret şeklinde tanımlanabilir. Bu ücret Bitcoin borsaları tarafından alınmaz. Buradaki asıl amaç piyasanın likiditesinin sağlanmasıdır; yani, Bitcoin sözleşme fiyatlarını Bitcoin'in spot endeks fiyatına yaklaştırmaktır. Fonlama oranları her 8 saatte 1 yenilenmektedir. (Bidget.)

### 2.2.1. Fonlama Oranının Hesaplanması

$$\text{Fonlama Oranı} = \text{Faiz Oranı} + \text{Pirim Endeksi (Premium Index)}$$

Faiz oranı sabittir, piyasanın işleyişine göre belirlenmektedir. Genellikle bu oran % 0.01'dir.

$$\text{Pirim Endeksi} = (F - I) / I$$

Burada:

F: Vadeli İşlem Sözleşmesi Fiyatı (Futures Price)

I: Spot Piyasa Endeks Fiyatı (Index Price)

Örneğin; Bitcoin vadeli işlem sözleşme fiyatı 21.950 \$, spot piyasa fiyatı 21.850 \$ olsun. Bu durumda Pirim Endeksimiz,

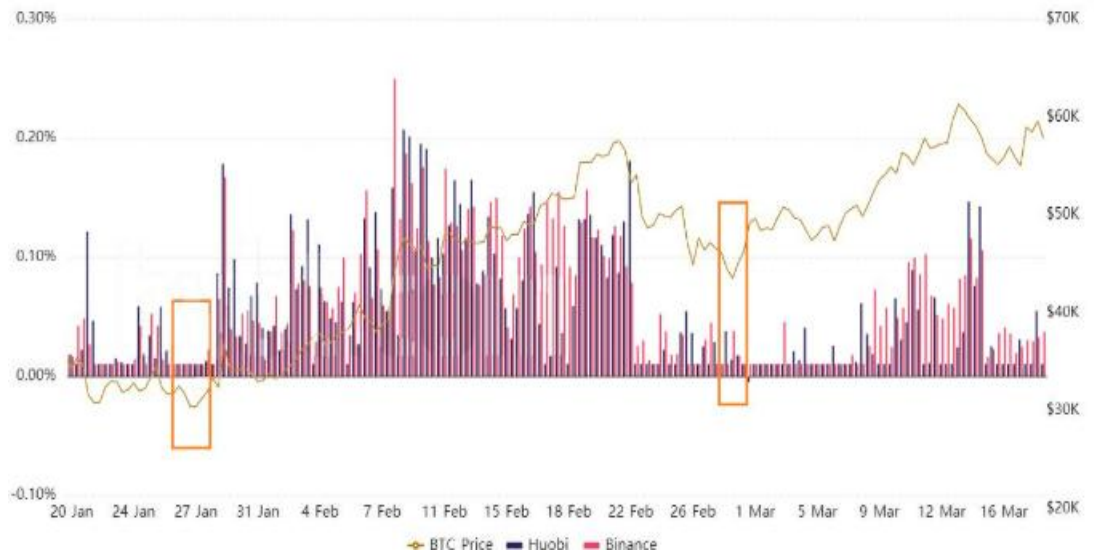
$$\text{Pirim Endeksi} = (F - I) / I$$

$$(21.950 - 21.850) / 21.850 = 0.0045 \text{ tir.}$$

$$\text{FO} = \text{Faiz Oranı} + \text{Pirim Endeksi} = 0.0001 + 0.0045 = \mathbf{0.01457}$$

Bitcoin piyasalarında uzun (long) pozisyonda bulunan tüccarlar, kısa (short) pozisyon tutan tüccarlara % 0.01457 oranında ödeme yapar.

Boğa piyasalarında uzun yönlü pozisyon alan tüccarlar, aşırı agresif olduklarında pozitif fonlama oranlarına neden olur. Bu durum **açığa satış** yapanların eline büyük bir fırsatın geçmesi demektir, çünkü dayanak varlık olan spot Bitcoin'in fiyatında meydana gelebilecek %5'lik bir fiyat düzeltmesi 20 kat kaldıraç kullanan uzun pozisyonları **likidasyona** sürükleyecektir. Bu nedenle piyasa analistleri, boğa koşusu sırasında, piyasa satışa döndüğünde kademeli likidasyonların nedeni olarak genellikle **aşırı fonlama** oranlarını gösterirler. (Tradingview, Bitcoin Fonlama Oranı Neden Takip Edilmeli.)



Şekil-14: Tradingview, Fonlama Oranı - Yerel Diplerin Tespit Edilmesi.

**Açığa satış:** Yatırımcının belli bir finansal varlığı piyasadan ödünç alarak satıp, daha sonra da bu varlığı düşük fiyattan tekrar geriye alması işlemi.

**Likidasyon:** Finansal piyasalarda kaldıraçlı işlem yapan tüccarların varlıklarının oluşan zararlar nedeniyle erimesi sonucunda tuttukları pozisyonları zararla kapatmaları durumudur.

### 2.2.2. Fonlama Oranının Bitcoin Piyasasındaki Rolü Ve İşleyişi

Bitcoin vadeli işlem ve opsiyon sözleşmeleri, Foreks piyasalarında kullanılan klasik sözleşmelerden farklıdır. Bitcoin piyasalarında yatırımcılar düşük işlem maliyetlerine fonlama oranı sayesinde katlanmaktadır. Bu yüzden Bitcoin piyasalarında yatırımcılar, pozisyonlarını süresiz tutabilme özelliğine sahiptir; aynı zamanda sözleşmelerini ileri bir vadeye taşımak için de borsa platformlarına herhangi bir ücret ödememektedirler. Bu mekanizma ile, Bitcoin piyasalarının sağlıklı işleyebilmesi için gerekli olan likiditenin ve finansmanın iç piyasada döndürülmesine olanak sağlanmaktadır.

Klasik sözleşmelerin hakim olduğu Foreks piyasalarında ise bir yatırımcı pozisyonu elde tutabilmenin ek maliyetine katlanmaktadır; çünkü, Foreks piyasalarında, sözleşmesi yapılan dayanak varlıkların belirli bir süreden sonra sözleşme tarihi bitmektedir. Genellikle klasik sözleşmelerdeki vade sonlarının süresi, Foreks piyasasında 1 ile 3 ay arasındadır. Yatırımcılar sözleşmelerini bir sonraki aya uzatmak istiyorsa, ellerindeki sözleşmeleri vade sonunda değiştirmek durumunda kalacaklardır. Sözleşmeyi ileri bir tarihe taşıma işlemine finansal piyasalarda “Rollover” denilmektedir. Örnek verecek olursak 1 Lotluk (1 Lot = 1000 varildir.) işlem yapan bir petrol tüccarı varil başına 35 dolardan pozisyona girmiş olsun. Ham petrol sözleşme fiyatının vade sonunda 36 dolar olduğunu varsayalım. Bu durumda petrol tüccarının vade sonunda kazanacağı tutar 1000 dolardır. Ancak, petrol tüccarı, sözleşmesini bir sonraki vadeye kadar uzatmak istemektedir. Sözleşmenin bittiği tarihte yeni açılan ham petrol sözleşme fiyatlarının 38 dolara yükseldiğini düşünelim. Sözleşmenin alım-satım (spread) farkı da 40 dolar olsun. Bu durumda petrol yatırımcısının rollover’da taşımış olduğu pozisyonun yeni vadedeki hesabına yansması, kazancına spread farkının eklenmesi sonucunda 2040 dolardır ve bu tutar

hesabına negatif olarak yansıtılır. Bu şekilde yatırımcıların, “rollover mekanizması” sayesinde, pozisyonlarına devam etmesi sağlanmaktadır. (Kaynak: GcmYatırım, Rollover İşlem Koşulları.)

Yatırımcının ilk işlemten itibaren kazandığı tutar(Rollover): **3000 \$**

$$[(38 \$ - 36 \$) * \text{İşlem miktarı}(\text{lot}) + \text{Spread farkı}] = -2040$$

Ham petrol yatırımcısının yeni vade ile pozisyona başlayacağı tutar 960\$



Bitcoin piyasalarında, piyasa yapıcıları (market maker), kurumsal platformlar ve bireylerdir. Piyasa yapıcıların temel görevi; Bitcoin piyasasındaki likiditeyi sağlayarak, alımlar ve satımlar arasındaki makasları daraltmak ve piyasa yatırımcıları için daha düşük maliyetli işlemler sunabilmektir. İşte bu noktada piyasanın likiditesini sağlamak için kullanılan en önemli araç olarak karşımıza fonlama oranı/maliyeti çıkmaktadır. Bitcoin piyasalarındaki kontrol mekanizması bu şekilde sağlanmakta olup; ayrıca, Bitcoin piyasasının son derece volatil olduğu, dışsal ve içsel şoklardan etkilendiği; bu yüzden de yatırımcıların, bu piyasada yatırım kararları alırken de son derece dikkatli olmaları gerektiği gerçeği de unutulmamalıdır.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### BITCOİN FONLAMA ORANININ BITCOİN VADELİ İŞLEM TAKAS SÖZLEŞMELERİNİN GETİRİ OYNAKLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

#### 3.1. LİTERATÜR TARAMASI

Bu çalışmada, Bitcoin fonlama oranının Bitcoin vadeli işlem sözleşme fiyatlarındaki oynaklığı üzerine etkisi incelenmiştir. Özellikle finansal zaman serilerindeki oynaklıkların yüksek derecede olması, varyansının sabit olmaması, model parametrelerinin sağlıklı sonuçlar üretmemesi gibi problemlere neden olmaktadır. Literatür çalışmasında, finansal zaman serilerindeki oynaklıkların, negatif ve pozitif şok etkilerini yakalayan ve istatistiki anlamda model katsayıları için en iyi sonuçları veren asimetrik GARCH oynaklık modelleri kullanılmıştır. Bu bölümde, araştırmacıların; araştırma konusu, kullandıkları oynaklık modeli metodları ve bu araştırmalardan elde ettikleri ekonomik bulgulara yer verilmiştir.

Bunlardan ilki, “Bitmex Fonlama Oranı İle Bitcoin Kuru Arasındaki İlişki” çalışmasıdır. Araştırmacılar, yaptıkları “Granger Nedensellik Testi” sonucunda, Bitmex fonlama oranı ile Bitcoin fiyatları arasında karşılıklı nedensellik ilişkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmışlar; fonlama oranının model tahminindeki isabetliliğini geliştirmek için GARCH tipi oynaklık modellerinden yararlanmışlardır. Araştırma sonucuna göre, karar birimleri, fonlama oranına bakarak pozisyonlarını ayarlarlar ve yatırım yapmak için en uygun doğru zamanı beklerler. (Nimmagadda, S.S. ve P.S., Ammanamanchi, 2019)

Aharon, D.Y., ve diğerleri, (2023), kripto para piyasasındaki yapısal kırılmaları ICSS (Iterative Cumulative Sum Of Squares) algoritması ile açıklamışlardır. Çalışmada, Bitcoin, Eteryum, Ripple, Dogecoin ve Monero gibi farklı kripto para birimlerinin asimetrik oynaklıkları incelenmiştir. Araştırmada yapısal kırılmalar tespit edilip simetrik ve asimetrik GARCH oynaklık modellerine dahil edilmiştir. Bu araştırmanın konusu, piyasadaki kripto varlıkların oynaklıklarının asimetrik etkilerini açıklamaktır. Modele daha sonradan yapısal kırılmaların da dahil edilmesiyle piyasadaki şokların oynaklıklar üzerindeki etkisi ortaya çıkarılmaktadır.

Dirk G. Baur'un ve Thomas Dimpfl'nin (2018), "Kripto Paraların Asimetrik Oynaklığı" makalesinde, kripto paralardaki oynaklığın asimetrik etkileri incelenmiştir. Söz konusu bu çalışmada, en büyük 20 kripto para biriminin getirileri, logaritmik cinsinden farkları alındıktan sonra, oynaklıklarının, dışardan gelebilecek haberlere karşı etkisini ölçmek için "TGARCH" modeli kullanılmıştır. Analistler, bu çalışmada, kripto para piyasalarındaki kripto para birimlerinin oynaklık getirilerindeki pozitif şokların, negatif şoklara oranla daha baskın olduklarını gözlemlemiştir. Bu durum, pozitif şoklar sırasında bilgisiz tüccarların yoğun bir şekilde alım yapmasına, negatif şoklarda ise bilgili tüccarların satış pozisyonu almasına bağlanmıştır. Özellikle, kripto para piyasalarındaki karar birimleri, kripto para fiyatlarının agresif bir şekilde yukarı gitmesiyle fırsatın kaçacağı endişesi ile vadeli işlem pozisyonlarındaki teminat büyüklüklerini arttırmaktadırlar. Özetle; bu makale, yatırımcıların işlem psikolojisini analiz etmiştir.

"Bitcoin Vadeli İşlemlerinin Getirisi, Oynaklığı (Volatilitesi) Ve İşlem Hacmi Arasındaki Asimetrik İlişkiler" adlı çalışmada, (Kao, Y.-S., ve diğerleri, 2024) Bitcoin vadeli işlem fiyatlarının getirisi, fiyat getirilerinin varyansı ve işlem hacimleri arasındaki ilişkilerin gecikmeleri alınarak yumuşak geçiş regresyonu modeli (LSTR) oluşturulmuştur. Bu model, doğrusal olmayan zaman serilerinde farklı rejimler arasındaki hızlı ve sert geçişleri yumuşatarak, şokların finansal sistemdeki etkisini ayırtmak için kullanılmaktadır. Analistler, modeldeki rejim geçişkenliklerinin hızlı etkilerini yumuşattıktan sonra, elde ettikleri modeli yeniden tanımlamışlardır; Bitcoin vadeli işlem getirilerindeki oynaklığı, piyasadaki bilgi akışı ve işlem miktarına bağlı olarak "Dağılım Karışımı Hipotezi" ne (Mixture of Distributions Hypothesis) göre yeniden düzenlemişlerdir. Araştırmacılar, elde ettikleri bu verileri, Bitcoin'in vadeli işlem getirilerindeki oynaklığının asimetrik etkilerini ölçmede, "GJR-GARCH" yönteminde kullanmışlardır. Özetle, bu çalışmada, vadeli işlem piyasalarında işlem yapan tüccarlar için "arbitraj" yakalama fırsatı anlatılmıştır.

Bitcoin fiyat getirilerindeki oynaklığın asimetrik etkilerine göre analizinde, yapılan bir diğer araştırma, Apostolakis'in yapmış olduğu çalışmadır. Çalışmada, Bitcoin vadeli işlemler sözleşme fiyatları (futures) ile Bitcoin'in spot fiyatı arasındaki oynaklık etkileşimi incelenmiştir. (G. N., Apostolakis, 2024) Yapılan araştırmanın verileri 2017- 2023 dönemini kapsamakta olup, araştırmanın konusu; 2020 yılında

yaşanan küresel salgın (pandemi), 2021 yılında Çin ve Abd'nin kripto para birimlerine yönelik yaptıkları açıklamalar, Rusya-Ukrayna savaşı, Terra-Luna'nın çöküşünü ve küresel finans sistemindeki değişimlerdir. Apostolakis çalışmasında, asimetrik etkileri araştırmak için Standart VEC-BEKK-GARCH modelinin kapsamını genişletmiştir. Araştırmacı bu modele, hata teriminin negatif olduğu durumları içeren varyans-kovaryans matrisinden elde ettiği parametreyi de eklemiştir.(MGARCH) Apostolakis modelden elde ettiği parametrelerin varyans-kovaryans etki ve tepki dinamiklerini araştırmak için Volatilite Darbe-Tepki Fonksiyonu (Volatilité Impuls Response Funtions) oluşturmuştur. Amprik çalışma sonucunda Covid-19'un, Bitcoin'in vadeli işlemler piyasasındaki oynaklığı üzerine yarattığı şok etkisi, diğer değişkenlerin Bitcoin oynaklıkları üzerinde yarattığı şok etkisinden daha büyüktür. Ayrıca araştırmada, Bitcoin spot piyasasından vadeli işlem piyasasına şok transfer edildiği de vurgulanmıştır.

### 3.2. VERİ SETİ

Çalışmada, uzun dönem Bitcoin vadeli işlem sözleşme fiyatları 17.08.2017-05.11.2024 tarihleri arasını kapsamakta olup, "Tradingview" platformu üzerinden alınmıştır. Bitcoin fonlama oranı verileri ise, 4 büyük bitcoin borsasından (Binance, Bybit, Coinbase, OKX.) biri olan "Binance" üzerinden temin edilip, günlük formata dönüştürülmüştür. (Bitcoin borsalarında 8 saatte 1 fonlama oranı değişir.) Bitcoin vadeli işlem sürekli sözleşmeleri (Bitcoin futures perpetual contracts) verileri de günlük kapanış fiyatlarıdır. Bu uygulamada "R Programı" kullanılarak, model tanımlanması, modellerin karşılaştırılması ve model tanı testlerinin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu veri seti içinde yer alan ilgili tarih aralığına ait vadeli işlem sözleşme fiyatı kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla söz konusu fiyat serisine ait getiri serisi elde edilmiştir. Getiri serisi için kullanılan formül

$$r = \ln\left(\frac{P_t}{P_t - 1}\right) = \ln(P_t) - \ln(P_t - 1)$$

dür.

Aynı tarih aralığına ait serinin birinci dereceden farkı alınmış olduğundan dolayı, fonlama maliyeti 18.08.2017’ den itibaren alınmıştır. Bu veriler kullanılarak tezimize ait olan temel hipotez test edilmiştir.

Söz konusu modelimize ait Birim Kök Testleri ve Jarque Bera Testi sonuçları Rugarch paket programından elde edilmiş olup, katsayıların tablosu ve yorumu aşağıdaki gibidir:

| Test Adı                            | Test İstatistiği | (Gecikme) | p-Değeri | Hipotez                |
|-------------------------------------|------------------|-----------|----------|------------------------|
| Augmented Dickey-Fuller (ADF) Testi | -13.17*          | 13        | 0.01     | Birim kök yoktur,Kabul |
| Phillips-Perron (PP) Testi          | -2939.4*         | 9         | 0.01     | Birim kök yoktur,Kabul |
| KPSS Testi                          | 0.065685**       | 9         | 0.1      | Durağanlık,Kabul       |

Tablo-3: Birim Kök Testleri Sonuçları. ( Rugarch)

ADF VE PP %1 anlamlılık düzeyine göre birim kök olmadığını ifade etmektedir. Analizler R’ın ilgili paketi kullanılarak yapılmıştır. KPSS testi %10’dan büyük anlamlılık düzeyine göre Ho hipotezi red edilemez. Bu nedenle söz konusu seri durağandır. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistiksel analizlerin sonuçları aşağıda sunulmuştur.

### İstatistiksel Değerler ve Jarque-Bera Test Sonuçları

Bu belge, istatistiksel analiz sonuçlarını ve Jarque-Bera testinin değerlendirmesini içermektedir.

| En düşük değer | En büyük değer | Ortalama | Standart Sapma | Skewness (Çarpıklık) | Kurtosis (Basıklık) |
|----------------|----------------|----------|----------------|----------------------|---------------------|
| -0.474         | 0.404          | 0.00407  | 0.0290         | -0.595               | 108                 |

### Jarque-Bera Normal Dağılım Test Sonuçları

| Bitcoin getirisi | Serbestlik derecesi | p-Değeri  | Sonuç                     |
|------------------|---------------------|-----------|---------------------------|
| 1,279,217        | 2                   | < 2.2e-16 | Normal dağılım reddedildi |

Tablo-4: İstatistiksel Değerler ve Jarque-Bera Test Sonuçları. (Rugarch)

Minimum değer, “-0.474” ve maksimum değer “0.404” olarak ölçülmüştür. Bu, veri setinin gözlemlerinin hangi aralıkta değiştiğini gösterir.

Mean (Ortalama) değer, “0.00407” olarak hesaplanmıştır. Ortalama sıfıra oldukça yakın olup, verinin genel olarak dengeli bir dağılıma sahip olabileceğini göstermektedir.

Standart sapma, “0.0290” olarak hesaplanmıştır. Bu, verinin ortalama etrafında ne kadar değişkenlik gösterdiğini belirtir. Küçük bir değer olması, veri dağılımının fazla yayılmadığını gösterir.

Skewness (Çarpıklık Katsayısı), “-0.595” olarak hesaplanmıştır. Negatif olması, dağılımın sola çarpık olduğunu gösterir. Bu, veride daha düşük değerlere doğru bir eğilim olduğu anlamına gelir.

Kurtosis (Basıklık Katsayısı), “108” olarak hesaplanmıştır. Bu çok yüksek bir değer olup, verinin aşırı uç değerlere sahip (keskin zirveleri olan) bir dağılım gösterdiğini belirtir.

Jarque-Bera Testi anlamlılık sonuçları aşağıdaki gibidir:

$$X\text{-squared} = 1,279,217, df = 2, p\text{-value} < 2.2e-16$$

p-değeri çok küçük olduğundan, normal dağılım hipotezi reddedilir.

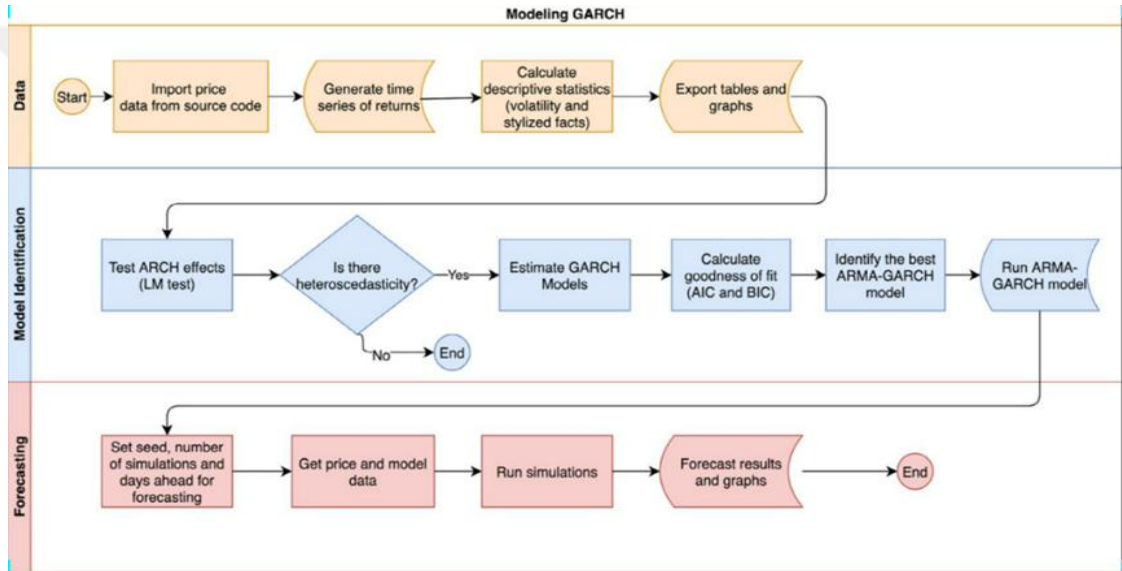
Bu, verinin normal dağılmadığını ve büyük olasılıkla aşırı uç değerlere sahip olduğunu gösterir.

### 3.3. KULLANILAN ANALİZ YAKLAŞIMI

“Bitcoin Fonlama Oranının Bitcoin Vadeli İşlem Takas Sözleşmelerinin Getiri Oynaklığı Üzerindeki Etkisi” adlı çalışmamızda, literatür taraması ve çeşitli kaynaklardan edindiğimiz bilgiler neticesinde, Bitcoin piyasasındaki fonlama oranının Bitcoin getiri oynaklıklarına asimetrik etkisi, incelenmeye karar verilmiştir. Pratikte, sistemin iç dinamiklerinden biri olan fonlama oranının, Bitcoin vadeli işlem takas sözleşmelerinin getiri oynaklıklarına etkisi araştırılmıştır. Fonlama oranının uygulanmasının ana nedenlerinden biri, söz konusu piyasada likiditenin sürekliliğini sağlamaktır. Ancak, söz konusu bu araçların veya uygulamaların bunu yerine getirip getiremediğinin ise araştırılması gerekmektedir; çünkü, Bitcoin piyasası, yapısı gereği

ve önemi ile birlikte regülasyona tabi tutulan bir özelliğe sahiptir. Bu durum da, piyasa katılımcıları açısından yeni bir güvenlik ve risk yönetimi aracını gerekli kılmıştır. Bu yüzden piyasanın içsel dinamiği çerçevesinde, içsel bir düzenlemenin gerekliliğine bağlı olarak, fonlama oranı aracı kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında söz konusu fonlama oranının oynaklık üzerindeki etkisi kadar, haber etkilerinin ve dışsal şokların; oynaklığı asimetrik ya da simetrik hale getirip getirmediği de araştırılmaktadır. Piyasanın **yapıcı** bir spekülasyona açık olması; Bitcoin fiyatlarındaki oynaklığın, şoklar karşısında simetrik olup olmadığına bağlıdır.

Araştırma yöntemi olarak; en iyi oynaklık modelini seçmeden önce izlediğimiz adımlar “R Kodunun Akış Şeması” olarak gösterilmiştir:



Şekil-16: R Kodunun Aşamaları. ARCH etkilerinin test edilmesine, tahmine ve modellerin seçimine ve sonuçların sunumuna kadar gösterilmektedir. (Perlin, M. S., ve diğerleri, 2021)

Finansal piyasalarda kötü haberler, iyi haberlerden daha fazla oynaklık etkisi yaratabilmektedir. Bu nedenle analistler, fiyat hareketlerindeki uyumsuzlukları tespit etmek ve yakalamak için asimetrik GARCH modelleri geliştirmişlerdir. Bilinen ilk GARCH modeli Tim Bollerslev tarafından uygulanmıştır. Bu GARCH modeline “Standart GARCH” (SGARCH) da denilmektedir. (Bollerslev, T., 2008.) Koşullu Varyans olarak da bilinen bu modelin yapısı şu şekildedir:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

Burada;

$\sigma_t^2$  : t-dönemindeki koşullu varyanstır. (oynaklık)

$\omega$ : Sabit terim; uzun dönemdeki ortalama varyans seviyesini temsil eder.

$\alpha$ : Bir önceki dönemdeki hata teriminin karesinin mevcut volatilité üzerindeki etkisini gösterir.

$\beta$ : Bir önceki dönemdeki koşullu varyansın mevcut volatilité üzerindeki etkisini ölçer.

$\varepsilon_{t-1}$ : Bir önceki dönemdeki hata terimidir.

SGARCH modelinde parametrelerin oynaklık üzerindeki etkilerini açıklamak için iki önemli özellik vardır:

1-) Volatilité kalıcılığının ön koşulu, aşağıdaki parametrelerin toplamına bağlıdır:

$\alpha + \beta < 1$ : Volatilité zamanla azalarak sabit bir seviyeye ulaşır.

$\alpha + \beta = 1$ : Volatilité kalıcıdır ve etkisi sonsuza kadar devam eder.

2-) SGARCH modelinin pozitif tanımlılık durumu 3 şarta bağlıdır:

$\omega > 0$ : Sabit terim pozitif olmalıdır.

$\alpha \geq 0$ : Hata teriminin karesiyle ilişkili parametre pozitif olmalıdır.

$\beta \geq 0$ : Geçmiş volatilitéyle ilişkili parametre pozitif olmalıdır.

Çalışmamızda, şokların asimetrik etkilerinin oynaklıklar üzerindeki etkisini incelemek adına kullanacağımız analiz yöntemi EGARCH'tır. Bu yöntem, Daniel B. Nelson tarafından geliştirilmiştir. Bu model; bir yandan logaritmik varyans kullanımı sayesinde **negatif varyans** sorununu ortadan kaldırırken, diğer taraftan da **asimetrik** şok etkilerini de dikkate alarak finansal piyasaların oynaklık yapısını tahminlemeye çalışmaktadır. (Nelson, D. B., 1991) Modelde tanımlanan varyans regresyon denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\log(\sigma_t^2) = \omega + \beta \log(\sigma_{t-1}^2) + \alpha (\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}) + \gamma (|\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}| - E [|\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}|])$$

Formüldeki katsayıların açılımı şu şekildedir:

- $\log(\sigma_t^2)$ : t zamanındaki koşullu varyansın logaritmasıdır.

- $\omega$ : Sabit terim, uzun dönemde ortalama oynaklık düzeyini gösterir.

-  $\beta$ : Geçmiş oynaklıkların mevcut oynaklıklar üzerindeki etkisini ölçen katsayıdır.

-  $\alpha$ : Standartlaştırılmış hata teriminin mevcut oynaklık üzerindeki etkisini ölçen parametredir.

-  $\gamma$ : Asimetrik etki parametresi; negatif ve pozitif şokların volatiliteye olan etkisini ayırır.

-  $\varepsilon_{t-1}$ : Bir önceki dönem hata terimidir.

-  $\sigma_{t-1}$ : Önceki dönemin koşullu standart sapmasıdır.

-  $E [|\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}|]$ : Standartlaştırılmış hata teriminin beklenen mutlak değeridir.

Nelson, D.B., (1991), EGARCH modelindeki dışsal değişkenlerin oynaklığa etkisini ölçen bir değişken daha eklemiştir. Modelin diğer notasyonu, bu değişkenin eklenmesi ile aşağıdaki gibidir:

$$\log(\sigma_t^2) = \omega + \beta \log(\sigma_{t-1}^2) + \alpha (\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}) + \gamma (|\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}| - E [|\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}|]) + \delta x_t$$

$\delta x_t$ : vxreg-1 dışsal değişkeninin oynaklık üzerindeki etkisini gösteren katsayıdır.

Duro, G., (2020), oynaklığın borsa getirilerine olan etkisini araştırmak için; DAX-30, S&P500 ve NIKKE225'in açılış ve kapanış fiyatlarını dikkate alan bir çalışma yapmıştır. Bu araştırmada, borsaların; bir önceki işlem günü kapanış fiyatlarıyla ilk işlem günü açılış fiyatları arasındaki farkın logaritması ile, günlük işlem hacimlerinin farklarının logaritmaları alınmıştır. Araştırmacı, söz konusu bu değişkenlerdeki değişimin piyasa fiyatlarının oynaklığı üzerindeki etkisine bakmıştır. Burada önemli olan diğer bir nokta; dışsal değişkenlerin içerdiği bilginin piyasa üzerindeki etkisinin, oynaklığı azaltıp azaltmadığıdır.

Oynaklık tahmin yaklaşımlarının temeli olan GARCH yaklaşımına dayalı geliştirilen teknikler, finansal piyasaların yüksek frekanslı göstergelerinin analizinde içsel dinamiği dikkate almaktadır. Bu dinamiklerin tahminine yönelik olarak, tekniklerin gelişim sürecinde; gerçekleşen ve beklenen şoklar, şokların kalıcılığı ile şokların oynaklığa geçiş hızı konusundaki parametreleri de kapsayan çok sayıda yeni yöntem üretilmiştir. Bununla birlikte, bu tekniklerin içine dışsal değişkenlerin dahil edilmesine imkan veren, modellerin tahminleme aşamasında kullanılan açık kaynak kodlu programların kullanımı, bu değişkenlerin kuyruk risklerinin tahmininde ve finansal teorilerin testinde önemli bir aşama olmuştur.

Bu çalışmada, Bitcoin piyasalarında gösterge niteliğinde olan ve söz konusu piyasada arz ve talebe bağlı olarak oluşan Bitcoin piyasa fiyatlarının oynaklığına yönelik olarak fonlama oranının etkisi araştırılmaktadır. Fonlama oranının, Bitcoin piyasalarında istikrarı sağlayıcı bir araç olarak kullanılmasından kast edilen, ortaya çıkan spekülasyon hareketlerinin etkisini yumuşatma potansiyeline sahip olmasıdır.

Çalışmamızda, fonlama oranının oynaklık üzerindeki etkisini, tahmin eşitliğimizdeki 'Vxreg1' katsayısı temsil etmektedir. Modelin tahminleme sürecinde en uygun teknik olarak EGARCH seçilmiştir. Bu tekniğin en önemli özelliği; beklenen ve gerçekleşen şokların etkisi bağlamında bizi, söz konusu bu aracın oynaklık üzerindeki etkisi konusunda bir bulguya ulaştırmış olmasıdır. Sonuç olarak 'Vxreg1' katsayısı **pozitif** ve **anlamlıysa**, dışsal faktörlerin volatilitiyi **artırdığı; negatif** ve **anlamlı** olması durumundaysa da volatilitiyi **azalttığı** sonucuna ulaşılmaktadır.

Uygulamamızda, temel hipotezimizin testine yönelik olarak GARCH modellerinin farklı varyasyonlarından yararlanılmıştır. Söz konusu bu oynaklık modelleri sırasıyla; GARCH, EGARCH, GJR-GARCH, TGARCH ve FGARCH'tır. Oynaklık modellerinin en iyi tahmin dağılım sonuçlarını verebilmesi için 'Rugarch' paket programlama dilinden istifade edilmiştir. Bu paket programında belirtilen modellerin doğru bir biçimde istatistiksel kodlarla çalıştırılabilmesi içinse, bazı kaynaklardan yararlanılmıştır. (Ghalanos, A., 2020) Söz konusu literatürdeki kaynaklardan bazıları, çalışmamızın son derece teknik bir konu olmasından dolayı internet tabanlıdır. Araştırma sonuçlarının Rugarch paket programındaki detaylı çıktıları, EK-1 Tablo ve EK-2 Şekiller kısmına eklenmiştir.

Bilgi kriterleri, bir modelin veriyle ne kadar iyi örtüştüğünü değerlendirirken, aynı zamanda modelin karmaşıklığını da dikkate alarak en uygun seçimi yapmamıza yardımcı olur. Aşağıda seçtiğimiz GARCH modellerinden; en iyi bilgi kriterine sahip oynaklık modeli EGARCH'tır; modelin en uygun istatistiki dağılımı ise SSTD'dir. (Skewed Student-t Dağılımı) Aşağıdaki tabloda, çıktıları Rugarch paket programından elde edilen, en uygun dağılım özelliğine ve bilgi kriterine sahip olan oynaklık modelinin, seçim kriter sonuçları bulunmaktadır.

| Bilgi Kriteri | SGARC n   | SGARC sstd | SGARC ged | SGARC sged | GJR n     | GJR sstd  | GJR ged   | GJR sged  | EGARC n   | EGARC sstd | EGARC ged | EGARC sged |
|---------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
| Akaike        | -3.8474   | -4.0980    | -4.0934   | -4.092951  | -3.853774 | -4.092750 | -4.091796 | -4.090411 | -3.850419 | -4.103159  | -4.096670 | -4.097211  |
| Bayes         | -3.831885 | -4.077972  | -4.080067 | -4.077349  | -3.840401 | -4.074919 | -4.078423 | -4.072580 | -3.839275 | -4.085328  | -4.083297 | -4.079381  |
| Shibata       | -3.847501 | -4.098055  | -4.093450 | -4.092965  | -3.853784 | -4.092768 | -4.091806 | -4.090429 | -3.850426 | -4.103177  | -4.096681 | -4.097230  |
| Hannan-Quinn  | -3.841838 | -4.090769  | -4.088598 | -4.087302  | -3.848932 | -4.086294 | -4.086954 | -4.083955 | -3.846384 | -4.096703  | -4.091829 | -4.090755  |

Tablo-5: En Uygun Kriterlere Göre Oynaklık Modelinin Seçilmesi. (n-normal dağılım, ged-generalized error distribution, sged-skewed generalized error distribution)

Modelimize ait diğer parametre tablolarının anlamlılık ve katsayı testleri de Rugarch paket programından üretilmiştir. Şekillerin görsel sonuçlarının detaylı kısımları EK-2 Tablosundadır. Aşağıda, modelimize ait parametrelerin anlamlılık test sonuçları ve model katsayılarının karşılaştırmalı analiz raporları verilmiştir.

### EGARCHsstd Modeli Tahmin Sonuçları

Bu belge, EGARCH(1,1) modeli ile yapılan tahmin sonuçlarını içermektedir. Modelin varyans dinamikleri, parametre tahminleri, bilgi kriterleri ve hata testi değerleri aşağıda verilmiştir.

#### GARCH Model Fit

Model: EGARCH(1,1)

Ortalama Modeli: ARFIMA(0,0,0)

Dağılım: sstd (Skewed Student-t)

#### Optimal Parametreler

| Parametre | Tahmin (Estimate) | Standart Hata (Std. Error) | t-istatistiği (t-value) | p-değeri (Pr(> t )) |
|-----------|-------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| mu        | 0.001053          | 0.000435                   | 2.4243                  | 0.01502             |
| omega     | -0.004643         | 0.002266                   | -17.9343                | 0.00000             |
| alpha1    | -0.03457          | 0.012050                   | -0.28689                | 0.774198            |
| beta1     | 0.994545          | 0.006193                   | 130.8117                | 0.000000            |
| gamma1    | 0.172740          | 0.040072                   | 12.5973                 | 0.000000            |
| vxreg1    | 0.756106          | 0.245774                   | 3.0764                  | 0.002095            |
| vxreg2    | 0.511011          | 0.022343                   | 25.41956                | 0.000000            |
| skew      | 1.051011          | 0.224946                   | 4.92655                 | 0.000000            |
| shape     | 2.844861          | 0.183498                   | 15.0346                 | 0.000000            |

#### Bilgi Kriterleri

|              |         |
|--------------|---------|
| Akaike       | -4.1032 |
| Bayes        | -4.0853 |
| Shibata      | -4.1032 |
| Hannan-Quinn | -4.0967 |
|              |         |

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

Lag[1]: İstatistik = 0.450, p-değeri = 0.5024

Lag[2+(p+q)-(p+q-1)/2]: İstatistik = 3.473, p-değeri = 0.1046

#### Sonuç ve Değerlendirme

EGARCHsstd modeli, yüksek volatilité kalıcılığı ( $\beta_1 = 0.994545$ ) ve önemli asimmetrik etkileri ( $\gamma_1 = 0.172740$ ) göstermektedir. Modelin bilgi kriterleri açısından düşük Akaike (-4.1032) ve Bayes (-4.0853) değerleri, bu modelin veri uyumu açısından uygun olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte,  $\alpha_1$  katsayısının anlamsız çıkması ( $-0.28689$ ,  $p = 0.774198$ ), modelin bazı iyileştirmelere ihtiyaç duyabileceğini göstermektedir. Dışsal değişkenler (vxreg1 ve vxreg2) anlamlı ve yüksek etkiye sahip olup, volatilitéyi modellemede etkili faktörler olarak değerlendirilmiştir.

Tablo-6: EGARCH SSTD MODEL TAHMİNİ. (Rugarch paket programından elde edilmiştir.)

### EGARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

Bu belge, EGARCH(1,1) modeli ile yapılan tahmin sonuçlarını içermektedir. Modelin varyans dinamikleri, parametre tahminleri, bilgi kriterleri ve hata testi değerleri aşağıda verilmiştir.

#### GARCH Model Fit

Model: EGARCH(1,1)

Ortalama Modeli: ARFIMA(0,0,2)

Dağılım: sstd (Skewed Student-t)

#### Optimal Parametreler

| Parametre | Tahmin (Estimate) | Standart Hata (Std. Error) | t-istatistiği (t-value) | p-değeri (Pr(> t )) |
|-----------|-------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| mu        | 0.001114          | 0.000544                   | 2.04924                 | 0.040439            |
| ma1       | -0.069678         | 0.016741                   | -4.16206                | 0.000032            |
| ma2       | 0.033934          | 0.016088                   | 2.10930                 | 0.034918            |
| omega     | -0.034422         | 0.002586                   | -13.31325               | 0.000000            |
| alpha1    | -0.001015         | 0.012523                   | -0.08109                | 0.935370            |
| beta1     | 0.994970          | 0.000761                   | 1308.11536              | 0.000000            |
| gamma1    | 0.171591          | 0.008172                   | 20.99812                | 0.000000            |
| vxreg1    | 0.737318          | 0.237954                   | 3.09857                 | 0.001945            |
| skew      | 1.014468          | 0.024196                   | 41.92655                | 0.000000            |
| shape     | 2.792754          | 0.173873                   | 16.06203                | 0.000000            |

#### Robust Standard Errors

| Parametre | Tahmin (Estimate) | Standart Hata (Std. Error) | t-istatistiği (t-value) | p-değeri (Pr(> t )) |
|-----------|-------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| mu        | 0.001114          | 0.000636                   | 1.751852                | 0.079799            |
| ma1       | -0.069678         | 0.017165                   | -4.059311               | 0.000049            |
| ma2       | 0.033934          | 0.015416                   | 2.201307                | 0.027714            |
| omega     | -0.034422         | 0.006664                   | -5.165271               | 0.000000            |
| alpha1    | -0.001015         | 0.013573                   | -0.074813               | 0.940363            |
| beta1     | 0.994970          | 0.000915                   | 1087.042161             | 0.000000            |
| gamma1    | 0.171591          | 0.007634                   | 22.478608               | 0.000000            |
| vxreg1    | 0.737318          | 0.209653                   | 3.516840                | 0.000437            |
| skew      | 1.014468          | 0.024523                   | 41.368867               | 0.000000            |
| shape     | 2.792754          | 0.161646                   | 17.276963               | 0.000000            |

#### LogLikelihood

Değer: 5427.948

Tablo-7: EGARCH ARFIMA (0,0,2) TAHMİN SONUÇLARI. (Rugarch paket programından elde edilmiştir.)

Tablo-8: EGARCH ARFIMA (0,0,2) Katsayıların Yorumlanması. (Rugarch)

| Parametre | Tahmin<br>(Estimate) | Std. Hata | t-Değeri  | p-Değeri | Yorum                                                                       |
|-----------|----------------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Mu        | 0.001114             | 0.000544  | 2.04942   | 0.040439 | Anlamlı,<br>ortalama<br>getiri pozitif<br>ama<br>küçük değere<br>sahip.     |
| ma1       | -0.605978            | 0.016741  | -4.16206  | 0.000032 | Anlamlı,<br>getiri<br>serisinde<br>otoregresif<br>süreçlerin<br>etkisi var. |
| ma2       | 0.033934             | 0.016088  | 2.10930   | 0.034918 | Anlamlı,<br>ikinci<br>dereceden<br>otoregresif<br>süreç var.                |
| omega     | -0.034422            | 0.002586  | -13.31325 | 0.000000 | Anlamlı,<br>volatilitenin<br>temel<br>seviyesi<br>düşük,<br>negatif.        |
| alpha1    | -0.001015            | 0.012523  | -0.08109  | 0.935370 | Anlamsız,<br>asimetrik<br>volatilitite<br>etkisi yok.                       |

|        |          |          |            |          |                                                                           |
|--------|----------|----------|------------|----------|---------------------------------------------------------------------------|
| beta1  | 0.994079 | 0.000761 | 1308.11536 | 0.000000 | Çok Anlamlı, volatilitenin büyük ölçüde kalıcı olduğunu gösteriyor.       |
| gamma1 | 0.171591 | 0.008712 | 20.99812   | 0.000000 | Çok Anlamlı, pozitif şokların volatilitte üzerindeki etkisini gösteriyor. |
| vxreg1 | 0,737138 | 2.37954  | 3.25271    | 0.001945 | Anlamlı, fonlama maliyeti oranı volatilitteyi artırıyor.                  |
| skew   | 1.014468 | 0.224196 | 4.98557    | 0.000000 | Anlamlı, veri seti sağa çarpık olabilir.                                  |
| shape  | 2.792754 | 0.173873 | 16.06203   | 0.000000 | Anlamlı, kuyrukların kalın olduğunu gösteriyor.                           |

### 3.4. EKONOMİK BULGULAR

Modelde, dışsal değişkenimiz olan fonlama oranının katsayısı, istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, gerçekleşen şokların etkisi, beklenen şoklara göre daha büyük olmaktadır. Buradaki önemli nokta, fonlama oranının katsayısının sıfırdan büyük olmasıyla birlikte; oynaklığı **yüksek** oranda artırmasıdır. Bu durum, opsiyon ve vadeli işlem piyasalarında uzun pozisyonların artmasıyla birlikte ortaya çıkan fonlama oranındaki artışın, Bitcoin fiyatlarında oynaklık artışına yol açtığı yönünde önemli bir bilgidir. Bu münasebetle, fonlama oranlarındaki artışın Bitcoin piyasalarındaki risk düzeyini artırdığı söylenebilir. Bu kanıt, piyasanın zayıf formda bir etkinliğe sahip olduğu yönünde bilgi sağlamaktadır; kısacası, ‘piyasaya yansımayan bir işlem bilgisinin’ var olduğunu bize göstermektedir. Bulgu, **manipülasyon** etkisinin **spekülasyon** etkisinden daha önemli olduğudur.

Piyasaya yansımayan bir işlem bilgisinin olması, oynaklıkların yüksek ve modelde tahmin edilen katsayılardaki şokların kalıcılık süresini artıracak olmasına yol açacak bir etkidir. Nitekim, şokların kalıcılık özelliğine yönelik değeri aşağıdaki yaklaşımla hesaplanmıştır. (Ural, M., ve diğerleri, 2024:12)


$$t_{1/2} = \ln(0.5) / \ln(0.994970) = 137 \text{ gün}$$

Şokun Oynaklıkta Kalma Süresi (Halflife Shock)

Modelimize ait katsayılarla ilişkin eşitliğimiz aşağıda verilmiştir.

$$\log(\sigma_t^2) = \omega + \beta \log(\sigma_{t-1}^2) + \alpha (\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}) + \gamma (|\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}| - E[|\varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1}|]) + \delta x_t$$

Eşitlikte yer alan parametrelere ait tahmin edilen katsayılar Tablo 8’de sunulmuştur. Beta parametresi, ( $\beta = 0.994970$ ) oynaklığın **kalıcılığı** hakkında bilgi verirken; bir dönem önceki oynaklığın, bir dönem sonraki oynaklık üzerindeki etkisini göstermektedir. Gamma ( $\gamma = 0.171591$ ), gerçekleşen ve beklenen şokların asimetrik etkisini ölçen bir parametredir. Katsayının **pozitif** olması, **gerçekleşen şokların beklenen şoklara** göre daha büyük olduğunu göstermektedir. Mutlak hata etkisi ( $\alpha_1 = -0.001015$ ) anlamsız çıkmış olup, ilk şok etkisinin güçlü olmadığı yönünde bir bulgu olarak bulunmuştur. Vxreg1’in katsayısı 0,73 çıkmıştır. Bitcoin fonlama oranında %1’lik bir değişim, oynaklığı %0,73 arttırmaktadır. Vxreg1 katsayısı, piyasada risk düzeyini artıran bir bilgi olarak nitelendirilmiştir.

## SONUÇ

2008-2009 yılları arasında yaşanan finansal ekonomik kriz sonrasında, dünya ekonomisindeki ülkeler arasında hızlı bir şekilde hareket eden likidite, yeni bir arayış içerisine girerek dijital varlıklara yönelmiştir. Bu yöneliş ile birlikte, bugün kripto para piyasasında “menkul kıymet” olarak gösterilen, ancak ülkelerin düzenleyici otoriteleri tarafından “dijital bir emtia” olarak tanımlanan bu yeni ürünlerin piyasası çok hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. Ülkelerin merkez bankaları ve finansal düzenleyici kurumlarının yeni kararlarıyla birlikte, bu piyasayı düzenlemeye çalışmalarına karşın, işin işleyişi açısından kendi dinamikleriyle çalışan bir piyasa yapısı söz konusudur.

Bitcoin vadeli işlem takas sözleşmelerinde fonlama oranının uygulamaya konulmasıyla, bu uygulamanın piyasa tarafından kabul edilerek ek bir gösterge olarak kullanılması, kendi iç dinamikleriyle işleyen bir piyasanın doğal bir sonucudur. Bu nedenle, piyasada oluşturulan her aracın etkinliği ve etkisi ise, bilimsel araştırmalarla ortaya konacak bir araştırma sürecidir. Finansal teorik bilgiye dayalı olarak üretilen bu araçların amaca yönelik olup olmadığı ise, ancak ampirik araştırmaların sonucunda belirlenebilir. Bu durum, Bitcoin vadeli işlem piyasalarında uygulamaya konan “fonlama oranı/maliyeti” uygulamasının etkisinin araştırılmasındaki en önemli nedendir.

Fonlama oranı, Bitcoin piyasasındaki spekülative faaliyetlerin yıkıcı etkisini azaltan ve bu piyasadaki asimetrik etkileri azaltmak amacıyla bir araç olarak uygulamaya sokulmuştur. Bu nedenle, fonlama oranı/maliyeti uygulamasının esas nedeni, piyasanın, aşırı dalgalanmalara yol açacak etkilerinin, piyasanın kendi iç dinamiğinde oluşacak fiyat oluşumlarına bağlı olarak, ortaya çıkarılmış olmasıdır.

Literatürde, söz konusu piyasaların oynaklığı üzerine çok sayıda araştırma vardır. Ancak, piyasaların kendi iç dinamiğinde uygulamaya konan söz konusu bu araçların etkisi konusunda çalışma sayısı da azdır. Bu durum, bu çalışmanın yapılmasındaki en önemli bilgidir.

Çalışmanın temel amacı, Bitcoin fonlama oranının, Bitcoin’in getiri oynaklığı üzerindeki etkisini araştırmaktır. Söz konusu bu etki, piyasadaki oynaklık yapısının simetrik ve asimetrik özelliği dikkate alınarak yapılmıştır. Bundan dolayı, bu etkiler

bağlamında, fonlama oranı uygulamasının etkinliği konusunda da değerlendirme yapılabilmektedir.

Kripto borsaları 7/24 açık olan piyasalardır. Bu nedenle, fonlama oranlarının belirlenmesi sürecinde her sekiz saatte bir oran yenilenmesi konusunda bir uygulama kabul edilmiştir. Bitcoin'de (ve diğer kripto para birimlerinde) fonlama oranı (funding rate), Bitcoin piyasalarında kullanılan bir mekanizma olup; bu sayede, Bitcoin borsalarında vadeli işlem pozisyonu alan karar birimlerinin; birbirlerine ödeme yapmaları sağlandığından dolayı, spekülatif işlemlerde kayıp sınırlandırılmaktadır. Fonlama oranı uygulamasında, oran pozitifse sözleşmede uzun pozisyon olan taraf kısa pozisyon alan tarafa; negatifse, kısa olan taraf uzun olan tarafa ödeme yapmaktadır. Bunun sonucunda piyasanın kendi iç dinamikleriyle hareket edeceği bir likidite ortamı yaratılmıştır.

Burada belirtmemiz gereken bir diğer önemli husus, Bitcoin borsalarındaki oynaklıkların yüksek olmasıdır. Bu tür piyasalarda, oynaklıklar o kadar yüksektir ki; piyasanın gideceği yön hakkında kısa dönemde analiz yapmak hemen hemen imkansızdır. Ayrıca, bu tür borsalarda, “balina” denilen, karar birimlerinin oynaklıkları arttıracak etkileri de bulunmaktadır. Çalışmamızda, fonlama oranının Bitcoin piyasasındaki oynaklığı üzerindeki etkisi, söz konusu bu değişkenin dışsal bir değişken olarak uygulanmasından dolayı modelimize eklenmiştir. Yapılan analizler sonucunda asimetrik etkiler bağlamında en iyi model tahmininin dağılım sonuçlarından biri olan, ‘**Skewed Student-T**’ dağılımının **EGARCH** sonuçlarına ulaşılmıştır. Söz konusu sonuçlar, EGARCH tahmin yaklaşımında negatif ve pozitif haber etkilerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Analiz sonuçlarımıza göre, piyasadaki pozitif haberlerin, Bitcoin’in oynaklığı üzerinde arttırıcı etkisinin olduğu görülmektedir. Bu durum, piyasadaki fiyatların daha da yükseleceği beklentisine paralel olarak, piyasadaki yatırımcıların **uzun pozisyonda** kalma eğiliminde olduğunun bir göstergesidir. Genel anlamda, uzun pozisyon alımına bağlı olarak; fonlama oranı maliyeti pozitif olduğunda, oynaklık artmaktadır. Piyasanın bir dönem önceki oynaklığının, bir dönem sonraki oynaklığına göre elastikiyeti dikkate alındığında ise; piyasadaki **şokların** uzun bir süre daha **kalıcılık** gösterdiği bulunmuştur.

Bu çalışma; Bitcoin piyasalarında, **fiyatların yükseliş beklentisini etkileyen faktörlerin** incelenmesine yönelik bir uygulama olarak da ifade edilebilir. Fonlama oranı(maliyeti) arttığı zaman oynaklığın azalacağı yönündeki beklentiye karşılık, uygulamamızda söz konusu katsayı **pozitif ve anlamlı** çıkmış; bu durum, piyasada yüksek kaldıraçla pozisyon almanın **fırsat maliyetinin** daha düşük olacağı yönündeki beklentiye karşılık, risk düzeyinin daha yüksek olacağı yönünde bir bilgi sağlamaktadır. Bu açıdan bakıldığında, karar birimleri için fonlama oranının, piyasada temel bir gösterge niteliği kazandığı ifade edilebilir.

Bu çalışmamızda, Bitcoin'in kısa ve uzun dönemdeki fiyatlama davranışlarının Bitcoin'in getiri oynaklıklarına etkisini inceledik. "Bitcoin Fonlama Oranının Bitcoin Vadeli İşlem Takas Sözleşmelerinin Getiri Oynaklığı Üzerindeki Etkisi" adlı çalışmamızın hem bireysel hem de kurumsal yatırımcılar ve aynı zamanda araştırmacılar için faydalı olması en büyük temennimizdir.

## KAYNAKÇA

Antonopoulos, A. (2014) Mastering Bitcoin, Unlocking Digital Cryptocurrencies “O’Reilly Media, Inc.” <https://books.google.com.tr/books?id=IXmrBQAAQBAJ>

Aharon, D. Y., Butt, H. A., Jaffri, A., ve Nichols, B. (2023). Asymmetric volatility in the cryptocurrency market: New evidence from models with structural breaks. *International Review of Financial Analysis*, 87, 102651. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102651>

Apostolakis, G. N. (2024). "Bitcoin price volatility transmission between spot and futures markets." *International Review of Financial Analysis* 94: 103251. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103251>

Asymmetric GARCH Models Research Articles. <https://discovery.researcher.life/topic/asymmetric-garch-model/22885052?page=5>

Bugár, G., ve Somogyvári, M. (2020). Bitcoin: digital illusion or a currency of the future? *Financial and Economic Review*, 19(1), 132–153. <https://doi.org/10.33893/fer.19.1.132153>

Belotti, M., Bozic, N., Pujolle, G., & Secci, S. (2019b). A Vademecum on blockchain Technologies: when, which, and how. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(4), 3796–3838. <https://doi.org/10.1109/comst.2019.2928178>

Böhme, R., Christin, N., Edelman, B., & Moore, T. (2015b). Bitcoin: Economics, Technology, and Governance. *The Journal of Economic Perspectives*, 29(2), 213–238. <https://doi.org/10.1257/jep.29.2.213>

Btctürk Bilgi Platformu, Halving Ne Zaman  
(<https://bilgiplatformu.btcturk.com/bitcoin/2024-halving-ne-zaman/>)

Bjerg, O. (2015b). How is Bitcoin Money? *Theory Culture & Society*, 33(1), 53–72.  
<https://doi.org/10.1177/0263276415619015>

Barber, S., Boyen, X., Shi, E., & Uzun, E. (2012). Bitter to better - how to make bitcoin a better currency. *Financial Cryptography and Data Security*, 399-414)  
[http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-32946-3\\_29](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-32946-3_29)

Bitcoin Dominansı Nedir

<https://coinmarketcap.com/tr/charts/bitcoin-dominance/>

Baur, D.G., Dimpfl, T. (2018b). Asymmetric volatility in cryptocurrencies. *Economics Letters*, 173, 148–151. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.10.008>

Bollerslev, T. (2008). "Glossary to arch (garch)." *SSRN Electronic Journal*.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.1263250>

CoinGlass, Bitcoin Spot ETF Girişleri, (Ocak 2024- Ocak 2025)  
<https://www.coinglass.com/tr/bitcoin-etf?ref=observers.com>

Cointelegraph, “Bitcoin İle Pizza Siparişi”, (23 Kasım 2024)  
<https://cointelegraph.com/news/two-papa-john-s-pizzas-ordered-2014-1-b-mistake>

Duro, G. M. C. (2020). Modelling Daily Volatility with External Regressors, ISCTE-Instituto Universitario de Lisboa (Portugal).

Demireli, E., Ural, M., & Aydın, Ü. (2024). Asymmetric Garch-Type And Half-Life Volatility Modelling In Exchange Rates of Eurasian Economic Union Members. *Eurasian Research Journal*, 6(1), 7-24.

ElBahrawy, A., ve diğerleri. (2017). "Evolutionary dynamics of the cryptocurrency market." *Royal Society open science* 4(11): 170623.

<https://doi.org/10.1098/rsos.170623>

Franco, P. (2014), Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics. John Wiley & Sons.

Fonlama Oranı Nedir

<https://www.bitget.com/academy/12560603812528>

Fonlama Oranı Neden Takip Edilmeli

<https://tr.tradingview.com/news/cointelegraph%3Ab704f7041d9e8%3A0/>

Glaser, F., ve diğerleri, (2014). "Bitcoin-asset or currency? revealing users' hidden intentions." Revealing Users' Hidden Intentions (April 15, 2014). ECIS.

Glassnode Studio

<https://studio.glassnode.com/charts/addresses.NewNonZeroCount?zoom=all>

Gensler, G. (10 Ocak 2024)

<https://www.sec.gov/newsroom/speeches-statements/gensler-statement-spot-bitcoin-011023>

GcmYatırım, Rollover İşlem Koşulları

<https://www.gcmyatirim.com.tr/forex/islem-kosullari/rollover-tarih-ve-kosullari>

Ghalanos, A. (2020). "Introduction to the rugarch package. (Version 1.3-1)."

Manuscript, <http://cran.r-project.org/web/packages/rugarch>. Accessed 11.

Hossaion, S., Bairagi, M., Aktar, J., Honey, U., & Mithy, S. A. (2023). The evolution of Bitcoin: A historical analysis and future prospects. iRASD Journal of Economics, 5(2), 241–252. <https://doi.org/10.52131/joe.2023.0502.0124>

Hu, B., et al. (2021). "A comprehensive survey on smart contract construction and execution: paradigms, tools, and systems." Patterns 2(2).

<https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100179>

Hayes, A. S. (2017). "Cryptocurrency value formation: An empirical study leading to a cost of production model for valuing bitcoin." Telematics and informatics 34(7): 1308-1321.

<https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.05.005>

İlk Blokun Yaratılması, Genesis Block

(<https://www.getmidas.com/kripto-sozluk/genesis-block>)

İdriss., tsafack, 25 Ocak, 2021. GARCH models with R programming: A practical Example with TESLA Stock (<https://www.idrisstsafack.com/post/garch-models-with-r-programming-a-practical-example-with-tesla-stock>)

Jaiswal, M. (2020). CRYPTOCURRENCY AN ERA OF DIGITAL CURRENCY. IJCRT - International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), 8(1), 60–70. <https://www.ijcrt.org/download1.php?file=IJCRT2001010.pdf>

Kılıç, M. (2023). Crypto Currency Exchanges (Development and Comparison). In: Buğan, M. F. & Tuna, İ. (eds.), Evolution of Financial Markets IV. Özgür Publications

Koçoğlu, Ş., ve diğ. (2016). "Bitcoin piyasalarının etkinliği, likiditesi ve oynaklığı." İşletme Araştırmaları Dergisi 8(2): 77-97.

Kripto Para Borsa Platformları

(<https://www.ogocer.com/blog/guvenilir-ve-en-iyi-kripto-para-borsalari/>)

Kao, Y.-S., ve diğerleri. (2024). "The asymmetric relationships between the Bitcoin futures' return, volatility, and trading volume." *International Review of Economics & Finance* 89: 524-542.

Lin, C., He, D., Huang, X., Khan, M. K., & Choo, K. R. (2020). DCAP: a secure and efficient decentralized conditional anonymous payment system based on blockchain. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 15, 2440–2452.  
<https://doi.org/10.1109/tifs.2020.2969565>

Linh Đan Phạm, “GARCH family || Bitcoin and S&P 500 Correlation.”  
<https://www.kaggle.com/code/linhanphm/garch-family-bitcoin-and-s-p-500-correlation/notebook>

Mahfi Eğilmez, *İktisat Ve Toplum Dergisi*, Sayı:120  
(<https://iktisatvetoplum.com/2008-krizi-uzerine-mahfi-egilmez-itd-120/>)

Mt. Gox Borsasının Çöküşü  
<https://buraktamac.medium.com/mt-gox-nedir-hack-olayi-2024-86c38ee539ed>

Mai, F., et al. (2018). "How does social media impact Bitcoin value? A test of the silent majority hypothesis." *Journal of management information systems* 35(1): 19-52.

“Measuring Volatility”  
<https://bookdown.org/wfoote01/faur/measuring-volatility.html#>

Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., ve Goldfeder, S, (2016), *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*.  
<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2994437>

New Liberty Standard, "Exchange Rate Bitcoin", 5 Ekim 2009.  
<https://web.archive.org/web/20131031064421/http://newlibertystandard.wikifoundry.com/page/2009+Exchange+Rate>

Nimmagadda, S. S., P. S. Ammanamanchi (2019). "BitMEX Funding Correlation with Bitcoin Exchange Rate." arXiv preprint arXiv:1912.03270.

Nelson, D. B. (1991). "Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach." *Econometrica: Journal of the econometric society*: 347-370.

Panda, S. K., Elngar, A. A., Balas, V. E., & Kayed, M. (2020), Bitcoin and blockchain: History and Current Applications. CRC Press.  
<https://books.google.com.tr/books?id=iYr1DwAAQBAJ>

Perlin, M. S., et al. (2021). "A GARCH Tutorial with R/Um Tutorial sobre Modelos Garch no R." *RAC-Revista de Administracao Contemporanea* 25(1)  
<https://www.redalyc.org/journal/840/84064925005/html/>

Robinaiqbal, 4 Kasım 2022, "Volatility Modeling with R ARCH and GARCH Models." <https://blog.devgenius.io/volatility-modeling-with-r-arch-and-garch-models-11fde2d7ac38>

Saxena, R., ve diğerleri, (2021). Bitcoin: A Digital Cryptocurrency. Intelligent systems reference library, e.g., Grove Press. 203: 13-28.

"Smart Contracts: Building Blocks for Digital Free Markets." Szabo, N., 1996)  
(<https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/548/469>)

Szabo, N. (2005), "Bit gold."  
<https://nakamotoinstitute.org/bit-gold/>TVer página: 251-260.

SEC, Bitcoin’i Neden Emtia Olarak Kabul Etmiştir

<https://www.securities.io/tr/gary-gensler-kripto-perspektifi-bitcoin%27in-neden-bir-menkul-k%C4%B1ymet-olmad%C4%B1%C4%9F%C4%B1-halde-bir-emtia-oldu%C4%9Funu-s%C3%B6ylemeyi-reddetti%C4%9Fi/>

Tommerdahl, J. (2024c). Introduction to the blockchain, Bitcoin, and other cryptocurrencies for educators. *Neural Computing and Applications*, 36(32), 20527–20536. <https://doi.org/10.1007/s00521-024-10209-y>

Yermack, D. (2024). Is Bitcoin a real currency? An economic appraisal. *Handbook of digital currency*, Elsevier: 29-40. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98973-2.00014-9>

Yılmaz, Y. (2021). "Blokzincir Teknolojisi Ve Kripto Paraların Finansal Piyasalar Üzerine Muhtemel Etkileri." *Turkish Business Journal* 2(4): 1-26

Yas Suttakulpiboon, 30 Mayıs 2023, “Volatility Risk1”  
<https://rpubs.com/yasutta/VF1>



**EKLER**

EK-1: EKONOMETRİK ANALİZ TABLOLARI (EGARCH SSTd)

EK-2: MODEL SONUÇLARI (EGARCH SSTd)

EK-1: EKONOMETRİK ANALİZ TABLOLARI

EGARCH (sttd) Modeli, diğer oynaklık modellerine göre en iyi sonucu vermiştir.

```
## [1] "eGARCHssttd"
```

```
> sGARCHN <- ugarchspec(mean.model = list(armaOrder = c(0,2)),
+                          variance.model = list(model = "sGARCH",
+ external.regressors = ext.reg),
+                          distribution.model = 'norm')
> sGARCHN <- ugarchfit(data = ret.btc, spec = sGARCHN)
> sGARCHN <- ugarchfit(data = ret.btc, spec = sGARCHN)
Error in UseMethod("ugarchfit") :
  'ugarchfit' için uygulanabilir bir metod yok ("c('uGARCHfit',
'GARCHfit', 'rGARCH')" sınıfının bir nesnesine uygulanan)
> sGARCHN <- ugarchspec(mean.model = list(armaOrder = c(0,2)),
+                          variance.model = list(model = "sGARCH",
+ external.regressors = ext.reg),
+                          distribution.model = 'norm')
> sGARCHN <- ugarchfit(data = ret.btc, spec = sGARCHN)
> sGARCHN
```

```
*-----*
*          GARCH Model Fit          *|
*-----*
```

Conditional Variance Dynamics

```
-----
GARCH Model : sGARCH(1,1)
Mean Model  : ARFIMA(0,0,2)
Distribution: norm
```

Optimal Parameters

```
-----

```

|       | Estimate  | Std. Error | t value   | Pr(> t ) |
|-------|-----------|------------|-----------|----------|
| mu    | 0.001543  | 0.000642   | 2.403344  | 0.016246 |
| ma1   | -0.040313 | 0.022633   | -1.781185 | 0.074882 |
| ma2   | 0.054583  | 0.022606   | 2.414537  | 0.015755 |
| omega | 0.000062  | 0.000011   | 5.540025  | 0.000000 |



|        |          |          |           |          |
|--------|----------|----------|-----------|----------|
| alpha1 | 0.101401 | 0.015356 | 6.603282  | 0.000000 |
| beta1  | 0.863208 | 0.018033 | 47.867708 | 0.000000 |
| vxreg1 | 0.000000 | 0.000435 | 0.000023  | 0.999981 |

#### Robust Standard Errors:

|        | Estimate  | Std. Error | t value   | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-----------|----------|
| mu     | 0.001543  | 0.000685   | 2.252789  | 0.024272 |
| ma1    | -0.040313 | 0.032183   | -1.252623 | 0.210343 |
| ma2    | 0.054583  | 0.023096   | 2.363358  | 0.018110 |
| omega  | 0.000062  | 0.000025   | 2.430647  | 0.015072 |
| alpha1 | 0.101401  | 0.044941   | 2.256343  | 0.024049 |
| beta1  | 0.863208  | 0.043614   | 19.791922 | 0.000000 |
| vxreg1 | 0.000000  | 0.000778   | 0.000013  | 0.999990 |

LogLikelihood : 5079.911

#### Information Criteria

-----

|              |         |
|--------------|---------|
| Akaike       | -3.8475 |
| Bayes        | -3.8319 |
| Shibata      | -3.8475 |
| Hannan-Quinn | -3.8418 |

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

-----

|                            | statistic | p-value   |
|----------------------------|-----------|-----------|
| Lag[1]                     | 4.134     | 0.0420193 |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5]    | 5.360     | 0.0009241 |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9]    | 7.177     | 0.1119201 |
| d.o.f=2                    |           |           |
| H0 : No serial correlation |           |           |

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

-----

|                         | statistic | p-value |
|-------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                  | 0.006539  | 0.9356  |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 2.477500  | 0.5107  |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 3.803084  | 0.6224  |
| d.o.f=2                 |           |         |

#### Weighted ARCH LM Tests

-----

|             | Statistic | Shape | Scale | P-Value |
|-------------|-----------|-------|-------|---------|
| ARCH Lag[3] | 0.9613    | 0.500 | 2.000 | 0.3269  |
| ARCH Lag[5] | 3.7885    | 1.440 | 1.667 | 0.1940  |
| ARCH Lag[7] | 4.0773    | 2.315 | 1.543 | 0.3356  |

#### Nyblom stability test

-----

Joint Statistic: 2.0175

Individual Statistics:

|     |         |
|-----|---------|
| mu  | 0.09994 |
| ma1 | 0.12279 |

```

ma2      0.19452
omega    0.88780
alpha1   0.33252
beta1    0.71924
vxreg1   0.16534

Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)
Joint Statistic:      1.69 1.9 2.35
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

Sign Bias Test
-----

Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:
-----
  group statistic p-value(g-1)
1     20      370.7   5.277e-67
2     30      388.1   1.877e-64
3     40      410.2   1.943e-63
4     50      417.1   7.741e-60

Elapsed time : 0.558347

> sGARCHNsstd <- ugarchspec(mean.model = list(armaOrder =
+ c(0,2)),
+                               variance.model = list(model =
+ "sGARCH", external.regressors = ext.reg),
+                               distribution.model = 'sstd')
> sGARCHNsstd <- ugarchfit(data = ret.btc, spec = sGARCHNsstd)
> sGARCHNsstd

*-----*
*              GARCH Model Fit              *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model : sGARCH(1,1)
Mean Model  : ARFIMA(0,0,2)
Distribution : sstd

Optimal Parameters
-----
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
mu      0.000999  0.000521  1.917259 0.055205
ma1     -0.065291  0.016836 -3.878063 0.000105
ma2      0.030052  0.016606  1.809669 0.070347
omega    0.000007  0.000025  0.292533 0.769879
alpha1   0.092240  0.064439  1.431420 0.152310
beta1    0.934822  0.031424 29.748345 0.000000
vxreg1   0.000000  0.001663  0.000007 0.999994
skew     1.007911  0.021736 46.369960 0.000000

```

```
shape 2.759682 0.280386 9.842427 0.000000
```

#### Robust Standard Errors:

|        | Estimate  | Std. Error | t value   | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-----------|----------|
| mu     | 0.000999  | 0.001437   | 0.695097  | 0.486995 |
| ma1    | -0.065291 | 0.019859   | -3.287695 | 0.001010 |
| ma2    | 0.030052  | 0.018176   | 1.653426  | 0.098244 |
| omega  | 0.000007  | 0.000136   | 0.052652  | 0.958009 |
| alpha1 | 0.092240  | 0.365255   | 0.252536  | 0.800627 |
| beta1  | 0.934822  | 0.177237   | 5.274421  | 0.000000 |
| vxreg1 | 0.000000  | 0.009388   | 0.000001  | 0.999999 |
| skew   | 1.007911  | 0.060948   | 16.537266 | 0.000000 |
| shape  | 2.759682  | 1.835912   | 1.503167  | 0.132796 |

LogLikelihood : 5412.255

#### Information Criteria

-----

|              |         |
|--------------|---------|
| Akaike       | -4.0980 |
| Bayes        | -4.0780 |
| Shibata      | -4.0981 |
| Hannan-Quinn | -4.0908 |

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

-----

|                         | statistic | p-value   |
|-------------------------|-----------|-----------|
| Lag[1]                  | 11.78     | 5.975e-04 |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 15.12     | 0.000e+00 |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 17.70     | 1.405e-06 |

d.o.f=2  
H0 : No serial correlation

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

-----

|                         | statistic | p-value |
|-------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                  | 0.1721    | 0.6782  |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 2.1072    | 0.5933  |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 3.2759    | 0.7127  |

d.o.f=2

#### Weighted ARCH LM Tests

-----

|             | Statistic | Shape | Scale | P-Value |
|-------------|-----------|-------|-------|---------|
| ARCH Lag[3] | 0.763     | 0.500 | 2.000 | 0.3824  |
| ARCH Lag[5] | 3.265     | 1.440 | 1.667 | 0.2536  |
| ARCH Lag[7] | 3.501     | 2.315 | 1.543 | 0.4242  |

#### Nyblom stability test

-----

Joint Statistic: 6.1644  
Individual Statistics:  
mu 0.18163

```

ma2      0.18417
omega    0.14839
alpha1   0.19049
beta1    0.17182
vxreg1   2.69241
skew     0.55735
shape    0.24053

Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)
Joint Statistic:      2.1 2.32 2.82
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

Sign Bias Test
-----
                t-value  prob  sig
Sign Bias      1.3964 0.1627
Negative Sign Bias 0.5639 0.5729
Positive Sign Bias 1.4444 0.1487
Joint Effect    2.7266 0.4357

Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:
-----
  group statistic p-value(g-1)
1     20      32.63      0.02650
2     30      46.49      0.02095
3     40      52.59      0.07178
4     50      55.47      0.24391

Elapsed time : 1.147106

> sGARCHNged <- ugarchspec(mean.model = list(armaOrder = c(0,0)),
+                           variance.model = list(model =
+ "sGARCH", external.regressors = ext.reg),
+                           distribution.model = 'ged')
> sGARCHNged <- ugarchfit(data = ret.btc, spec = sGARCHNged)
>
> sGARCHNsged

*-----*
*          GARCH Model Fit          *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model : sGARCH(1,1)
Mean Model  : ARFIMA(0,0,0)
Distribution : sged

Optimal Parameters
-----
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
mu      0.000792   0.000161   4.9119 0.000001

```

|        |          |          |          |          |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| omega  | 0.000012 | 0.000006 | 1.9044   | 0.056857 |
| alpha1 | 0.059279 | 0.010628 | 5.5774   | 0.000000 |
| beta1  | 0.931923 | 0.007238 | 128.7511 | 0.000000 |
| vxreg1 | 0.000827 | 0.000177 | 4.6875   | 0.000003 |
| skew   | 1.017391 | 0.014228 | 71.5044  | 0.000000 |
| shape  | 0.917089 | 0.026100 | 35.1371  | 0.000000 |

Robust Standard Errors:

|        | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |
|--------|----------|------------|---------|----------|
| mu     | 0.000792 | 0.000078   | 10.0947 | 0.000000 |
| omega  | 0.000012 | 0.000012   | 1.0363  | 0.300056 |
| alpha1 | 0.059279 | 0.016181   | 3.6634  | 0.000249 |
| beta1  | 0.931923 | 0.023385   | 39.8512 | 0.000000 |
| vxreg1 | 0.000827 | 0.000500   | 1.6533  | 0.098279 |
| skew   | 1.017391 | 0.014889   | 68.3323 | 0.000000 |
| shape  | 0.917089 | 0.043170   | 21.2439 | 0.000000 |

LogLikelihood : 5403.556

Information Criteria

|              |         |
|--------------|---------|
| Akaike       | -4.0930 |
| Bayes        | -4.0773 |
| Shibata      | -4.0930 |
| Hannan-Quinn | -4.0873 |

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

|                            | statistic | p-value |
|----------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                     | 0.1843    | 0.66773 |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][2]    | 3.0057    | 0.13982 |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][5]    | 6.3964    | 0.07245 |
| d.o.f=0                    |           |         |
| H0 : No serial correlation |           |         |

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

|                         | statistic | p-value |
|-------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                  | 0.1362    | 0.7121  |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 1.5050    | 0.7387  |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 2.3367    | 0.8612  |
| d.o.f=2                 |           |         |

Weighted ARCH LM Tests

|             | Statistic | Shape | Scale | P-Value |
|-------------|-----------|-------|-------|---------|
| ARCH Lag[3] | 0.5939    | 0.500 | 2.000 | 0.4409  |
| ARCH Lag[5] | 2.3704    | 1.440 | 1.667 | 0.3950  |
| ARCH Lag[7] | 2.5499    | 2.315 | 1.543 | 0.6022  |

Nyblom stability test

Joint Statistic: 3.5389

```

Individual Statistics:
mu      0.35792
omega   1.02141
alpha1  0.54804
beta1   0.53266
vxreg1  0.08382
skew    0.54455
shape   0.22309

```

```

Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)
Joint Statistic:      1.69 1.9 2.35
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

```

Sign Bias Test

Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:

| group | statistic | p-value(g-1) |
|-------|-----------|--------------|
| 1     | 20        | 30.77        |
| 2     | 30        | 41.53        |
| 3     | 40        | 58.71        |
| 4     | 50        | 59.38        |

Elapsed time : 5.014895

> gjrGARCHsged

```

*-----*
*          GARCH Model Fit          *
*-----*

```

Conditional Variance Dynamics

```

GARCH Model : gjrGARCH(1,1)
Mean Model  : ARFIMA(0,0,0)
Distribution : sged

```

Optimal Parameters

|        | Estimate | Std. Error | t value   | Pr(> t ) |
|--------|----------|------------|-----------|----------|
| mu     | 0.000633 | 0.000224   | 2.829634  | 0.004660 |
| omega  | 0.000017 | 0.000007   | 2.376692  | 0.017469 |
| alpha1 | 0.068756 | 0.014121   | 4.868979  | 0.000001 |
| beta1  | 0.920888 | 0.015292   | 60.221245 | 0.000000 |
| gamma1 | 0.003186 | 0.011555   | 0.275762  | 0.782731 |
| vxreg1 | 0.000000 | 0.000483   | 0.000022  | 0.999982 |
| skew   | 1.008752 | 0.017162   | 58.779688 | 0.000000 |
| shape  | 0.919512 | 0.031190   | 29.480809 | 0.000000 |

Robust Standard Errors:

| Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |
|----------|------------|---------|----------|
|----------|------------|---------|----------|

|        |          |          |           |          |
|--------|----------|----------|-----------|----------|
| mu     | 0.000633 | 0.000103 | 6.123681  | 0.000000 |
| omega  | 0.000017 | 0.000009 | 1.827536  | 0.067619 |
| alpha1 | 0.068756 | 0.016390 | 4.195072  | 0.000027 |
| beta1  | 0.920888 | 0.019783 | 46.548560 | 0.000000 |
| gamma1 | 0.003186 | 0.009537 | 0.334131  | 0.738281 |
| vxreg1 | 0.000000 | 0.000589 | 0.000018  | 0.999986 |
| skew   | 1.008752 | 0.021202 | 47.577046 | 0.000000 |
| shape  | 0.919512 | 0.042682 | 21.543198 | 0.000000 |

LogLikelihood : 5401.206

Information Criteria

|              |         |
|--------------|---------|
| Akaike       | -4.0904 |
| Bayes        | -4.0726 |
| Shibata      | -4.0904 |
| Hannan-Quinn | -4.0840 |

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

|                            | statistic | p-value |
|----------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                     | 0.2419    | 0.62286 |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][2]    | 3.0056    | 0.13983 |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][5]    | 6.3002    | 0.07638 |
| d.o.f=0                    |           |         |
| H0 : No serial correlation |           |         |

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

|                         | statistic | p-value |
|-------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                  | 0.07749   | 0.7807  |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 1.97638   | 0.6240  |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 3.12002   | 0.7390  |
| d.o.f=2                 |           |         |

Weighted ARCH LM Tests

|             | Statistic | Shape | Scale | P-Value |
|-------------|-----------|-------|-------|---------|
| ARCH Lag[3] | 0.7702    | 0.500 | 2.000 | 0.3802  |
| ARCH Lag[5] | 3.2186    | 1.440 | 1.667 | 0.2596  |
| ARCH Lag[7] | 3.4663    | 2.315 | 1.543 | 0.4301  |

Nyblom stability test

Joint Statistic: 3.0625

Individual Statistics:

|        |        |
|--------|--------|
| mu     | 0.4314 |
| omega  | 0.5909 |
| alpha1 | 0.4201 |
| beta1  | 0.4267 |
| gamma1 | 0.2498 |
| vxreg1 | 1.3645 |
| skew   | 0.6511 |

```

shape 0.2320
Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)
Joint Statistic:      1.89 2.11 2.59
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

Sign Bias Test
-----

Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:
-----
  group statistic p-value(g-1)
1     20      26.75    0.11069
2     30      41.30    0.06475
3     40      59.08    0.02053
4     50      61.08    0.11529

Elapsed time : 4.287377

> eGARCHN

*-----*
*          GARCH Model Fit          *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model : eGARCH(1,1)
Mean Model  : ARFIMA(0,0,0)
Distribution: norm

Optimal Parameters
-----
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
mu      0.000473  0.000340   1.3911 0.164192
omega   -0.343394  0.076326  -4.4991 0.000007
alpha1  -0.049351  0.009051  -5.4527 0.000000
beta1    0.945227  0.012026  78.5988 0.000000
gamma1   0.183059  0.025398   7.2077 0.000000

Robust Standard Errors:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
mu      0.000473  0.000198   2.3890 0.016896
omega   -0.343394  0.190348  -1.8040 0.071226
alpha1  -0.049351  0.031603  -1.5616 0.118377
beta1    0.945227  0.029425  32.1230 0.000000
gamma1   0.183059  0.069266   2.6429 0.008221

LogLikelihood : 5081.777

Information Criteria
-----

```

```

Akaike      -3.8504
Bayes       -3.8393
Shibata     -3.8504
Hannan-Quinn -3.8464

```

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

```

-----
                        statistic p-value
Lag[1]                0.2664 0.60577
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][2] 2.8784 0.15138
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][5] 6.1705 0.08199
d.o.f=0
H0 : No serial correlation

```

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

```

-----
                        statistic p-value
Lag[1]                0.05171 0.8201
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] 1.71870 0.6862
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] 2.57438 0.8266
d.o.f=2

```

#### Weighted ARCH LM Tests

```

-----
Statistic Shape Scale P-Value
ARCH Lag[3]    0.7278 0.500 2.000 0.3936
ARCH Lag[5]    2.6516 1.440 1.667 0.3444
ARCH Lag[7]    2.7963 2.315 1.543 0.5528

```

#### Nyblom stability test

```

-----
Joint Statistic: 1.9724

```

#### Individual Statistics:

```

mu      0.26880
omega   0.88078
alpha1  0.06679
beta1   0.89258
gamma1  0.68429

```

#### Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)

```

Joint Statistic:      1.28 1.47 1.88
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

```

#### Sign Bias Test

#### Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:

```

-----
group statistic p-value(g-1)
1    20      356.2    5.462e-64
2    30      365.4    7.202e-60
3    40      386.1    1.086e-58

```

```

4      50      407.4      5.536e-58

Elapsed time : 0.7692101

> eGARCHsstd

*-----*
*              GARCH Model Fit              *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model : eGARCH(1,1)
Mean Model  : ARFIMA(0,0,0)
Distribution : sstd

Optimal Parameters
-----

```

|        | Estimate  | Std. Error | t value    | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|------------|----------|
| mu     | 0.001053  | 0.000435   | 2.42043    | 0.015502 |
| omega  | -0.040643 | 0.002266   | -17.93445  | 0.000000 |
| alpha1 | -0.003457 | 0.012050   | -0.28689   | 0.774198 |
| beta1  | 0.994054  | 0.000707   | 1405.57739 | 0.000000 |
| gamma1 | 0.177240  | 0.014070   | 12.59705   | 0.000000 |
| vxreg1 | 0.756106  | 0.245774   | 3.07642    | 0.002095 |
| skew   | 1.015011  | 0.022347   | 45.41956   | 0.000000 |
| shape  | 2.844861  | 0.183498   | 15.50346   | 0.000000 |

```

Robust Standard Errors:

```

|        | Estimate  | Std. Error | t value   | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-----------|----------|
| mu     | 0.001053  | 0.000451   | 2.33574   | 0.019505 |
| omega  | -0.040643 | 0.007507   | -5.41416  | 0.000000 |
| alpha1 | -0.003457 | 0.012204   | -0.28327  | 0.776970 |
| beta1  | 0.994054  | 0.001060   | 938.01116 | 0.000000 |
| gamma1 | 0.177240  | 0.016435   | 10.78399  | 0.000000 |
| vxreg1 | 0.756106  | 0.217478   | 3.47669   | 0.000508 |
| skew   | 1.015011  | 0.020014   | 50.71413  | 0.000000 |
| shape  | 2.844861  | 0.174418   | 16.31063  | 0.000000 |

```

LogLikelihood : 5418.015

Information Criteria
-----
Akaike          -4.1032
Bayes           -4.0853
Shibata         -4.1032
Hannan-Quinn   -4.0967

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals
-----

```

|        | statistic | p-value |
|--------|-----------|---------|
| Lag[1] | 0.450     | 0.5024  |

```
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][2]    3.473  0.1046
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][5]    7.539  0.0383
d.o.f=0
H0 : No serial correlation
```

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

```
-----
                        statistic p-value
Lag[1]                  0.4367  0.5087
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5]  1.5309  0.7323
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9]  2.4777  0.8410
d.o.f=2
```

#### Weighted ARCH LM Tests

```
-----
Statistic Shape Scale P-Value
ARCH Lag[3]    0.4812 0.500 2.000 0.4879
ARCH Lag[5]    2.2296 1.440 1.667 0.4227
ARCH Lag[7]    2.4519 2.315 1.543 0.6223
```

#### Nyblom stability test

```
-----
Joint Statistic: 1.7797
```

#### Individual Statistics:

```
mu      0.19090
omega   0.09292
alpha1  0.07704
beta1   0.07718
gamma1  0.28277
vxreg1  0.14147
skew    0.51247
shape   0.20653
```

#### Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)

```
Joint Statistic:    1.89 2.11 2.59
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75
```

#### Sign Bias Test

#### Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:

```
-----
group statistic p-value(g-1)
1    20      33.72    0.01980
2    30      40.99    0.06906
3    40      50.80    0.09773
4    50      74.51    0.01087
```

```
Elapsed time : 3.294535
```

```
> eGARCHged
```

```

*-----*
*          GARCH Model Fit          *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model : eGARCH(1,1)
Mean Model   : ARFIMA(0,0,0)
Distribution : ged

Optimal Parameters
-----

```

|        | Estimate  | Std. Error | t value   | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-----------|----------|
| mu     | 0.000306  | 0.000140   | 2.18256   | 0.029068 |
| omega  | -0.122966 | 0.016391   | -7.50186  | 0.000000 |
| alpha1 | -0.006109 | 0.012033   | -0.50774  | 0.611637 |
| beta1  | 0.981821  | 0.002405   | 408.19101 | 0.000000 |
| gamma1 | 0.158783  | 0.020090   | 7.90339   | 0.000000 |
| shape  | 0.920027  | 0.030343   | 30.32138  | 0.000000 |

```

Robust Standard Errors:

```

|        | Estimate  | Std. Error | t value   | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-----------|----------|
| mu     | 0.000306  | 0.000050   | 6.11837   | 0.000000 |
| omega  | -0.122966 | 0.009483   | -12.96768 | 0.000000 |
| alpha1 | -0.006109 | 0.013662   | -0.44718  | 0.65475  |
| beta1  | 0.981821  | 0.001505   | 652.51245 | 0.000000 |
| gamma1 | 0.158783  | 0.023327   | 6.80684   | 0.000000 |
| shape  | 0.920027  | 0.041706   | 22.05986  | 0.000000 |

```

LogLikelihood : 5407.46

Information Criteria
-----
Akaike          -4.0967
Bayes           -4.0833
Shibata         -4.0967
Hannan-Quinn    -4.0918

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals
-----

```

|                         | statistic | p-value |
|-------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                  | 0.2146    | 0.64320 |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][2] | 3.0114    | 0.13932 |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][5] | 6.6437    | 0.06322 |

```

d.o.f=0
H0 : No serial correlation

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals
-----

```

|                         | statistic | p-value |
|-------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                  | 0.2246    | 0.6356  |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 1.5236    | 0.7341  |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 2.3519    | 0.8591  |

d.o.f=2

#### Weighted ARCH LM Tests

|             | Statistic | Shape | Scale | P-Value |
|-------------|-----------|-------|-------|---------|
| ARCH Lag[3] | 0.5871    | 0.500 | 2.000 | 0.4436  |
| ARCH Lag[5] | 2.2400    | 1.440 | 1.667 | 0.4206  |
| ARCH Lag[7] | 2.4056    | 2.315 | 1.543 | 0.6319  |

#### Nyblom stability test

Joint Statistic: 1.2982

Individual Statistics:

mu 0.30540  
omega 0.46672  
alpha1 0.05862  
beta1 0.43084  
gamma1 0.05599  
shape 0.14880

Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)

Joint Statistic: 1.49 1.68 2.12

Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

#### Sign Bias Test

#### Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:

|   | group | statistic | p-value(g-1) |
|---|-------|-----------|--------------|
| 1 | 20    | 30.34     | 0.04761      |
| 2 | 30    | 42.97     | 0.04586      |
| 3 | 40    | 47.00     | 0.17743      |
| 4 | 50    | 68.02     | 0.03729      |

Elapsed time : 2.301637

```
tgarch_spec_n <- ugarchspec(  
+   variance.model = list(model = "fGARCH", submodel =  
"TGARCH", garchOrder = c(1, 1), external.regressors = ext.reg),  
+   mean.model = list(armaOrder = c(0, 2)),  
+   distribution.model = "norm"  
+ )  
>  
> tgarch_fit_n <- ugarchfit(spec = tgarch_spec_n, data = ret.btc)  
> tgarch_fit_n
```

```
*-----*  
*          GARCH Model Fit          *  
*-----*
```

```
Lag[1] 0.1822 0.6695
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] 1.9214 0.6371
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] 2.8102 0.7899
d.o.f=2
```

#### Weighted ARCH LM Tests

```
-----
Statistic Shape Scale P-Value
ARCH Lag[3] 0.7837 0.500 2.000 0.3760
ARCH Lag[5] 2.7357 1.440 1.667 0.3305
ARCH Lag[7] 2.8938 2.315 1.543 0.5338
```

#### Nyblom stability test

```
-----
Joint Statistic: 2.2302
```

#### Individual Statistics:

```
mu 0.2835
ma1 0.1062
ma2 0.1556
omega 0.8936
alpha1 0.5887
beta1 0.8016
eta11 0.1150
vxreg1 0.1578
```

#### Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)

```
Joint Statistic: 1.89 2.11 2.59
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75
```

#### Sign Bias Test

```
-----
t-value prob sig
Sign Bias 1.5623 0.1183
Negative Sign Bias 0.7105 0.4774
Positive Sign Bias 0.9547 0.3398
Joint Effect 2.4892 0.4772
```

#### Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:

```
-----
group statistic p-value(g-1)
1 20 357.3 3.223e-64
2 30 363.6 1.691e-59
3 40 382.9 4.646e-58
4 50 411.5 9.024e-59
```

```
Elapsed time : 1.353993
```

```
>
>
>
> tgarch_spec_sstd <- ugarchspec(
```

```

+   variance.model = list(model = "fGARCH", submodel =
"TGARCH", garchOrder = c(1, 1), external.regressors = ext.reg),
+   mean.model = list(armaOrder = c(0, 2)),
+   distribution.model = "sstd" # Skewed Student-t dağılımı
+ )
>
> tgarch_fit_sstd <- ugarchfit(spec = tgarch_spec_sstd, data =
ret.btc)
> tgarch_fit_sstd

*-----*
*           GARCH Model Fit           *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model : fGARCH(1,1)
fGARCH Sub-Model : TGARCH
Mean Model : ARFIMA(0,0,2)
Distribution : sstd

Optimal Parameters
-----

```

|        | Estimate  | Std. Error | t value   | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-----------|----------|
| mu     | 0.000977  | 0.000669   | 1.462014  | 0.143737 |
| ma1    | -0.069855 | 0.016413   | -4.256167 | 0.000021 |
| ma2    | 0.034782  | 0.016973   | 2.049260  | 0.040437 |
| omega  | 0.000289  | 0.000179   | 1.613791  | 0.106573 |
| alpha1 | 0.101022  | 0.018014   | 5.607960  | 0.000000 |
| beta1  | 0.933431  | 0.011587   | 80.557317 | 0.000000 |
| eta11  | -0.048108 | 0.082110   | -0.585897 | 0.557945 |
| vxreg1 | 0.000000  | 0.007764   | 0.000013  | 0.999990 |
| skew   | 1.006983  | 0.026360   | 38.200828 | 0.000000 |
| shape  | 2.811602  | 0.186634   | 15.064824 | 0.000000 |

```

Robust Standard Errors:

```

|        | Estimate  | Std. Error | t value   | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-----------|----------|
| mu     | 0.000977  | 0.000983   | 0.994613  | 0.319925 |
| ma1    | -0.069855 | 0.016251   | -4.298399 | 0.000017 |
| ma2    | 0.034782  | 0.017727   | 1.962147  | 0.049745 |
| omega  | 0.000289  | 0.000240   | 1.201974  | 0.229373 |
| alpha1 | 0.101022  | 0.027554   | 3.666274  | 0.000246 |
| beta1  | 0.933431  | 0.017176   | 54.345067 | 0.000000 |
| eta11  | -0.048108 | 0.098898   | -0.486439 | 0.626656 |
| vxreg1 | 0.000000  | 0.009245   | 0.000011  | 0.999992 |
| skew   | 1.006983  | 0.032561   | 30.925703 | 0.000000 |
| shape  | 2.811602  | 0.198938   | 14.133047 | 0.000000 |

```

LogLikelihood : 5422.19

Information Criteria
-----
Akaike          -4.1048

```

```

Bayes          -4.0825
Shibata        -4.1048
Hannan-Quinn  -4.0967

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals
-----
              statistic    p-value
Lag[1]          11.70 6.262e-04
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] 14.88 0.000e+00
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] 17.84 1.176e-06
d.o.f=2
H0 : No serial correlation

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals
-----
              statistic    p-value
Lag[1]          0.6513 0.4197
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] 2.0811 0.5994
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] 3.1926 0.7268
d.o.f=2

Weighted ARCH LM Tests
-----
              Statistic Shape Scale P-Value
ARCH Lag[3]    0.5129 0.500 2.000 0.4739
ARCH Lag[5]    2.7451 1.440 1.667 0.3289
ARCH Lag[7]    2.9908 2.315 1.543 0.5153

Nyblom stability test
-----
Joint Statistic: 4.1895
Individual Statistics:
mu      0.20622
ma1     0.07740
ma2     0.21067
omega   0.08855
alpha1  0.17549
beta1   0.12582
eta1    0.09671
vxreg1  2.12805
skew    0.58258
shape   0.21257

Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)
Joint Statistic: 2.29 2.54 3.05
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

Sign Bias Test
-----
              t-value    prob sig
Sign Bias      1.6223 0.1049
Negative Sign Bias 0.7217 0.4706
Positive Sign Bias 1.6835 0.0924 *
Joint Effect    3.7358 0.2914

```

Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:

|   | group | statistic | p-value(g-1) |
|---|-------|-----------|--------------|
| 1 | 20    | 37.26     | 0.007364     |
| 2 | 30    | 55.94     | 0.001924     |
| 3 | 40    | 66.51     | 0.003919     |
| 4 | 50    | 70.34     | 0.024467     |

Elapsed time : 1.859392

```
>
> tgarch_spec_ged <- ugarchspec(
+   variance.model = list(model = "fGARCH", submodel =
+ "TGARCH", garchOrder = c(1, 1), external.regressors = ext.reg),
+   mean.model = list(armaOrder = c(0, 2)),
+   distribution.model = "ged" # Skewed Student-t dağılımı
+ )
>
> tgarch_fit_ged <- ugarchfit(spec = tgarch_spec_ged, data =
ret.btc)
> tgarch_fit_ged
```

```
*-----*
*               GARCH Model Fit               *
*-----*
```

Conditional Variance Dynamics

```
-----
GARCH Model : fGARCH(1,1)
fGARCH Sub-Model : TGARCH
Mean Model : ARFIMA(0,0,2)
Distribution : ged
```

Optimal Parameters

|        | Estimate  | Std. Error | t value     | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-------------|----------|
| mu     | 0.001052  | 0.000000   | 8.5849e+03  | 0.00000  |
| ma1    | -0.050055 | 0.000006   | -8.5845e+03 | 0.00000  |
| ma2    | 0.049308  | 0.000006   | 8.5846e+03  | 0.00000  |
| omega  | 0.000001  | 0.000000   | 1.4209e+01  | 0.00000  |
| alpha1 | 0.050000  | 0.000005   | 1.0161e+04  | 0.00000  |
| beta1  | 0.900000  | 0.000084   | 1.0744e+04  | 0.00000  |
| eta11  | 0.050000  | 0.000006   | 8.4071e+03  | 0.00000  |
| vxreg1 | 0.000000  | 0.000000   | 8.4218e-02  | 0.93288  |
| shape  | 2.000000  | 0.000167   | 1.2012e+04  | 0.00000  |

Robust Standard Errors:

|     | Estimate  | Std. Error | t value | Pr(> t ) |
|-----|-----------|------------|---------|----------|
| mu  | 0.001052  | NaN        | NaN     | NaN      |
| ma1 | -0.050055 | NaN        | NaN     | NaN      |
| ma2 | 0.049308  | NaN        | NaN     | NaN      |

|        |          |     |     |     |
|--------|----------|-----|-----|-----|
| omega  | 0.000001 | NaN | NaN | NaN |
| alpha1 | 0.050000 | NaN | NaN | NaN |
| beta1  | 0.900000 | NaN | NaN | NaN |
| eta11  | 0.050000 | NaN | NaN | NaN |
| vxreg1 | 0.000000 | NaN | NaN | NaN |
| shape  | 2.000000 | NaN | NaN | NaN |

LogLikelihood : -4334.215

Information Criteria

|              |        |
|--------------|--------|
| Akaike       | 3.2941 |
| Bayes        | 3.3141 |
| Shibata      | 3.2940 |
| Hannan-Quinn | 3.3013 |

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

|                         | statistic | p-value   |
|-------------------------|-----------|-----------|
| Lag[1]                  | 11.62     | 6.518e-04 |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 14.09     | 0.000e+00 |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 17.36     | 2.152e-06 |
| d.o.f=2                 |           |           |

H0 : No serial correlation

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

|                         | statistic | p-value |
|-------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                  | 0.0613    | 0.8045  |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 1.3303    | 0.7815  |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 2.3755    | 0.8558  |
| d.o.f=2                 |           |         |

Weighted ARCH LM Tests

|             | Statistic | Shape | Scale | P-Value |
|-------------|-----------|-------|-------|---------|
| ARCH Lag[3] | 0.7681    | 0.500 | 2.000 | 0.3808  |
| ARCH Lag[5] | 2.2356    | 1.440 | 1.667 | 0.4215  |
| ARCH Lag[7] | 2.5139    | 2.315 | 1.543 | 0.6096  |

Nyblom stability test

Joint Statistic: NaN

Individual Statistics:

|        |     |
|--------|-----|
| mu     | NaN |
| ma1    | NaN |
| ma2    | NaN |
| omega  | NaN |
| alpha1 | NaN |
| beta1  | NaN |
| eta11  | NaN |
| vxreg1 | NaN |
| shape  | NaN |

```

Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)
Joint Statistic:      2.1 2.32 2.82
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

Sign Bias Test
-----
          t-value      prob sig
Sign Bias      1.2606 0.20755
Negative Sign Bias 0.4783 0.63245
Positive Sign Bias 2.0143 0.04408 **
Joint Effect      4.6458 0.19965

Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:
-----
  group statistic p-value(g-1)
1     20      3342           0
2     30      4737           0
3     40      5914           0
4     50      7065           0

Elapsed time : 0.2602081

>
> ag1 <- ugarchspec(variance.model = list(model = "apARCH",
garchOrder = c(1, 1), external.regressors = ext.reg),
+                   mean.model = list(armaOrder = c(0,0)),
+                   distribution.model = "norm")
> ag1fit <- ugarchfit(spec=ag1, data = ret.btc)
> ag1fit

*-----*
*          GARCH Model Fit          *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model : apARCH(1,1)
Mean Model  : ARFIMA(0,0,0)
Distribution: norm

Optimal Parameters
-----
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
mu      0.000919   0.000668   1.3771 0.168485
omega    0.000303   0.000238   1.2767 0.201723
alpha1   0.102020   0.014850   6.8699 0.000000
beta1    0.870278   0.019179  45.3770 0.000000
gamma1   0.230434   0.054236   4.2487 0.000021
delta    1.541278   0.235391   6.5477 0.000000
vxreg1   0.001542   0.001881   0.8197 0.412389

```

```

Robust Standard Errors:
      Estimate   Std. Error   t value   Pr(>|t|)
mu      0.000919    0.000717    1.28233   0.199725
omega   0.000303    0.000663    0.45743   0.647366
alpha1  0.102020    0.032903    3.10062   0.001931
beta1   0.870278    0.053125   16.38175   0.000000
gamma1  0.230434    0.119401    1.92993   0.053616
delta   1.541278    0.735205    2.09639   0.036047
vxreg1  0.001542    0.004553    0.33869   0.734841

LogLikelihood : 5088.777

Information Criteria
-----

Akaike      -3.8542
Bayes       -3.8386
Shibata     -3.8542
Hannan-Quinn -3.8486

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals
-----
                        statistic p-value
Lag[1]                        0.339 0.56041
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][2]      2.992 0.14101
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][5]      6.174 0.08182
d.o.f=0
H0 : No serial correlation

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals
-----
                        statistic p-value
Lag[1]                        0.02693 0.8697
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5]      2.04899 0.6069
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9]      3.09154 0.7438
d.o.f=2

Weighted ARCH LM Tests
-----
      Statistic Shape Scale P-Value
ARCH Lag[3]    0.9585 0.500 2.000 0.3276
ARCH Lag[5]    3.2204 1.440 1.667 0.2594
ARCH Lag[7]    3.4112 2.315 1.543 0.4395

Nyblom stability test
-----
Joint Statistic: 2.3822
Individual Statistics:
mu      0.23858
omega   0.99394
alpha1  0.46233
beta1   0.84926
gamma1  0.05183
delta   0.88305

```

```

vxreg1 0.16058

Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)
Joint Statistic:      1.69 1.9 2.35
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

Sign Bias Test
-----
          t-value      prob sig
Sign Bias      1.7560 0.07921 *
Negative Sign Bias 0.5917 0.55412
Positive Sign Bias 1.2417 0.21446
Joint Effect      3.2604 0.35319

Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:
-----
  group statistic p-value(g-1)
1     20      341.9  4.758e-61
2     30      361.9  3.688e-59
3     40      389.2  2.676e-59
4     50      425.4  1.866e-61

Elapsed time : 3.909451

>
>
>
> tgarch_spec_sged <- ugarchspec(
+   variance.model = list(model = "fGARCH", submodel =
"TGARCH", garchOrder = c(1, 1), external.regressors = ext.reg),
+   mean.model = list(armaOrder = c(0, 2)),
+   distribution.model = "sged" # Skewed Student-t dağılımı
+ )
>
>
> tgarch_fit_sged <- ugarchfit(spec = tgarch_spec_sged, data =
ret.btc)
> tgarch_fit_sged

*-----*
*              GARCH Model Fit              *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model : fGARCH(1,1)
fGARCH Sub-Model : TGARCH
Mean Model : ARFIMA(0,0,2)
Distribution : sged

Optimal Parameters
-----

```

|        | Estimate  | Std. Error | t value     | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-------------|----------|
| mu     | 0.001052  | 0.000000   | 8.5852e+03  | 0.00000  |
| ma1    | -0.050055 | 0.000006   | -8.5849e+03 | 0.00000  |
| ma2    | 0.049308  | 0.000006   | 8.5850e+03  | 0.00000  |
| omega  | 0.000001  | 0.000000   | 1.3227e+01  | 0.00000  |
| alpha1 | 0.050000  | 0.000005   | 9.7863e+03  | 0.00000  |
| beta1  | 0.900000  | 0.000096   | 9.4014e+03  | 0.00000  |
| eta11  | 0.050000  | 0.000006   | 8.0637e+03  | 0.00000  |
| vxreg1 | 0.000000  | 0.000000   | 8.0783e-02  | 0.93561  |
| skew   | 1.000000  | 0.000119   | 8.4166e+03  | 0.00000  |
| shape  | 2.000000  | 0.000180   | 1.1116e+04  | 0.00000  |

#### Robust Standard Errors:

|        | Estimate  | Std. Error | t value | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|---------|----------|
| mu     | 0.001052  | NaN        | NaN     | NaN      |
| ma1    | -0.050055 | NaN        | NaN     | NaN      |
| ma2    | 0.049308  | NaN        | NaN     | NaN      |
| omega  | 0.000001  | NaN        | NaN     | NaN      |
| alpha1 | 0.050000  | NaN        | NaN     | NaN      |
| beta1  | 0.900000  | NaN        | NaN     | NaN      |
| eta11  | 0.050000  | NaN        | NaN     | NaN      |
| vxreg1 | 0.000000  | NaN        | NaN     | NaN      |
| skew   | 1.000000  | NaN        | NaN     | NaN      |
| shape  | 2.000000  | NaN        | NaN     | NaN      |

LogLikelihood : -4329.366

#### Information Criteria

|              |        |
|--------------|--------|
| Akaike       | 3.2911 |
| Bayes        | 3.3134 |
| Shibata      | 3.2911 |
| Hannan-Quinn | 3.2992 |

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

|                         | statistic | p-value   |
|-------------------------|-----------|-----------|
| Lag[1]                  | 11.62     | 6.518e-04 |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 14.09     | 0.000e+00 |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 17.36     | 2.152e-06 |

d.o.f=2  
H0 : No serial correlation

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

|                         | statistic | p-value |
|-------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                  | 0.0613    | 0.8045  |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 1.3303    | 0.7815  |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 2.3755    | 0.8558  |

d.o.f=2

#### Weighted ARCH LM Tests

|             | Statistic | Shape | Scale | P-Value |
|-------------|-----------|-------|-------|---------|
| ARCH Lag[3] | 0.7681    | 0.500 | 2.000 | 0.3808  |
| ARCH Lag[5] | 2.2356    | 1.440 | 1.667 | 0.4215  |
| ARCH Lag[7] | 2.5139    | 2.315 | 1.543 | 0.6096  |

#### Nyblom stability test

Joint Statistic: NaN  
Individual Statistics:

mu NaN  
ma1 NaN  
ma2 NaN  
omega NaN  
alpha1 NaN  
beta1 NaN  
eta11 NaN  
vxreg1 NaN  
skew NaN  
shape NaN

Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)  
Joint Statistic: 2.29 2.54 3.05  
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

#### Sign Bias Test

|                    | t-value | prob    | sig |
|--------------------|---------|---------|-----|
| Sign Bias          | 1.2606  | 0.20755 |     |
| Negative Sign Bias | 0.4783  | 0.63245 |     |
| Positive Sign Bias | 2.0143  | 0.04408 | **  |
| Joint Effect       | 4.6458  | 0.19965 |     |

#### Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:

|   | group | statistic | p-value(g-1) |
|---|-------|-----------|--------------|
| 1 | 20    | 3342      | 0            |
| 2 | 30    | 4737      | 0            |
| 3 | 40    | 5914      | 0            |
| 4 | 50    | 7065      | 0            |

## EN İYİ TAHMİN

### eGARCHsstd

```
*-----*
*          GARCH Model Fit          *
*-----*
```

#### Conditional Variance Dynamics

```
-----
GARCH Model : eGARCH(1,1)
Mean Model  : ARFIMA(0,0,0)
Distribution : sstd
```

#### Optimal Parameters

```
-----
      Estimate Std. Error   t value Pr(>|t|)
mu      0.001053   0.000435    2.42043 0.015502
omega   -0.040643   0.002266   -17.93445 0.000000
alpha1  -0.003457   0.012050    -0.28689 0.774198
beta1    0.994054   0.000707  1405.57739 0.000000
gamma1   0.177240   0.014070   12.59705 0.000000
vxreg1   0.756106   0.245774    3.07642 0.002095
skew     1.015011   0.022347   45.41956 0.000000
shape    2.844861   0.183498   15.50346 0.000000
```

#### Robust Standard Errors:

```
      Estimate Std. Error   t value Pr(>|t|)
mu      0.001053   0.000451    2.33574 0.019505
omega   -0.040643   0.007507   -5.41416 0.000000
alpha1  -0.003457   0.012204    -0.28327 0.776970
beta1    0.994054   0.001060  938.01116 0.000000
gamma1   0.177240   0.016435   10.78399 0.000000
vxreg1   0.756106   0.217478    3.47669 0.000508
skew     1.015011   0.020014   50.71413 0.000000
shape    2.844861   0.174418   16.31063 0.000000
```

LogLikelihood : 5418.015

#### Information Criteria

```
-----
Akaike      -4.1032
Bayes       -4.0853
Shibata     -4.1032
Hannan-Quinn -4.0967
```

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

```
-----
              statistic p-value
Lag[1]              0.450  0.5024
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][2] 3.473  0.1046
```

Lag[4\*(p+q)+(p+q)-1][5] 7.539 0.0383

d.o.f=0

H0 : No serial correlation

Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

|                         | statistic | p-value |
|-------------------------|-----------|---------|
| Lag[1]                  | 0.4367    | 0.5087  |
| Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] | 1.5309    | 0.7323  |
| Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] | 2.4777    | 0.8410  |

d.o.f=2

Weighted ARCH LM Tests

|             | Statistic | Shape | Scale | P-Value |
|-------------|-----------|-------|-------|---------|
| ARCH Lag[3] | 0.4812    | 0.500 | 2.000 | 0.4879  |
| ARCH Lag[5] | 2.2296    | 1.440 | 1.667 | 0.4227  |
| ARCH Lag[7] | 2.4519    | 2.315 | 1.543 | 0.6223  |

Nyblom stability test

-----

Joint Statistic: 1.7797

Individual Statistics:

mu 0.19090

omega 0.09292

alpha1 0.07704

beta1 0.07718

gamma1 0.28277

vxreg1 0.14147

skew 0.51247

shape 0.20653

Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)

Joint Statistic: 1.89 2.11 2.59

Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

Sign Bias Test

-----

Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:

-----

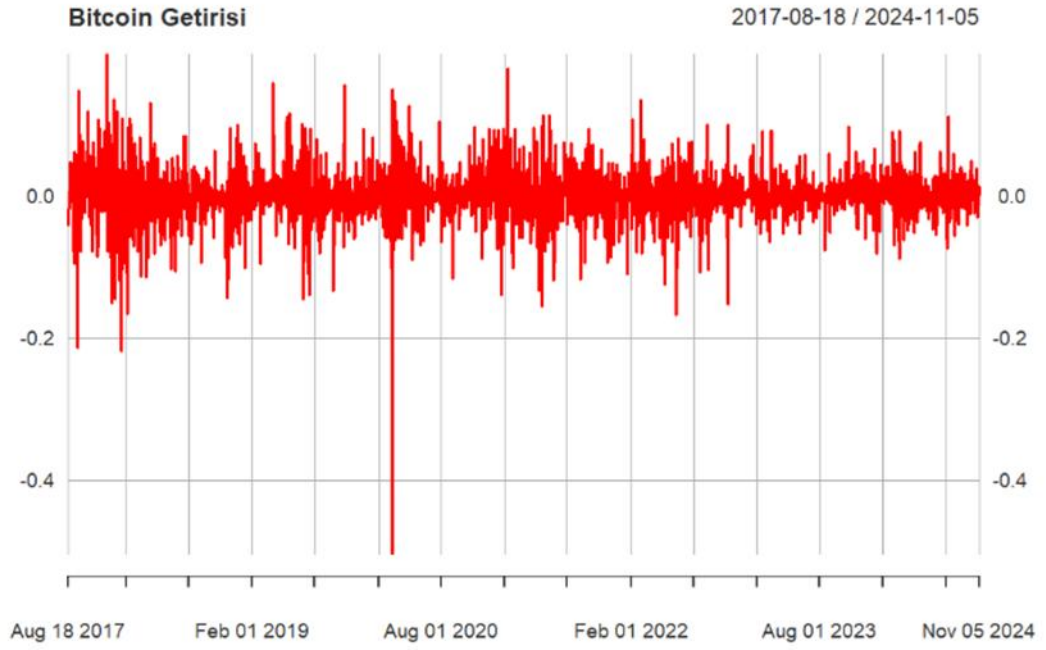
| group | statistic | p-value(g-1) |
|-------|-----------|--------------|
| 1 20  | 33.72     | 0.01980      |
| 2 30  | 40.99     | 0.06906      |
| 3 40  | 50.80     | 0.09773      |
| 4 50  | 74.51     | 0.01087      |

## EK-2: MODEL SONUÇLARI (EGARCH SSTD)

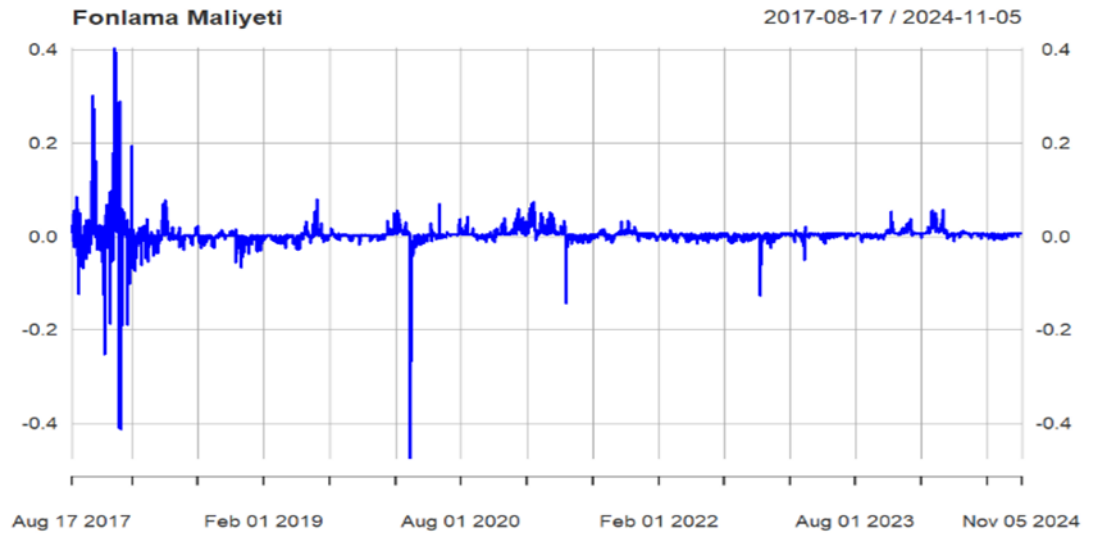
```
library(zoo)
library(xts)
lnst<- as.xts(zoo(Btc[,2], tar))
lnst<-log(lnst)
ret.btc<- diff(lnst)
ret.btc<-ret.btc[-1,]

lnxr<- as.xts(zoo(Btc[,3], tar))
lnxr
```

```
plot(ret.btc, col="red", main="Bitcoin Getirisi")
```



```
plot(lnxr, col="blue", main="Fonlama Maliyeti")
```



# Conditional Variance Dynamics

GARCH Model : eGARCH(1,1)  
Mean Model : ARFIMA(0,0,2)  
Distribution : sstd

## Optimal Parameters

|        | Estimate  | Std. Error | t value    | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|------------|----------|
| mu     | 0.001114  | 0.000544   | 2.04924    | 0.040439 |
| ma1    | -0.069678 | 0.016741   | -4.16206   | 0.000032 |
| ma2    | 0.033934  | 0.016088   | 2.10930    | 0.034918 |
| omega  | -0.034422 | 0.002586   | -13.31325  | 0.000000 |
| alpha1 | -0.001015 | 0.012523   | -0.08109   | 0.935370 |
| beta1  | 0.994970  | 0.000761   | 1308.11536 | 0.000000 |
| gamma1 | 0.171591  | 0.008172   | 20.99812   | 0.000000 |
| vxreg1 | 0.737318  | 0.237954   | 3.09857    | 0.001945 |
| skew   | 1.014468  | 0.024196   | 41.92655   | 0.000000 |
| shape  | 2.792754  | 0.173873   | 16.06203   | 0.000000 |

## Robust Standard Errors:

|        | Estimate  | Std. Error | t value     | Pr(> t ) |
|--------|-----------|------------|-------------|----------|
| mu     | 0.001114  | 0.000636   | 1.751852    | 0.079799 |
| ma1    | -0.069678 | 0.017165   | -4.059311   | 0.000049 |
| ma2    | 0.033934  | 0.015416   | 2.201307    | 0.027714 |
| omega  | -0.034422 | 0.006664   | -5.165271   | 0.000000 |
| alpha1 | -0.001015 | 0.013573   | -0.074813   | 0.940363 |
| beta1  | 0.994970  | 0.000915   | 1087.042161 | 0.000000 |
| gamma1 | 0.171591  | 0.007634   | 22.478608   | 0.000000 |
| vxreg1 | 0.737318  | 0.209653   | 3.516840    | 0.000437 |
| skew   | 1.014468  | 0.024523   | 41.368867   | 0.000000 |
| shape  | 2.792754  | 0.161646   | 17.276963   | 0.000000 |

LogLikelihood : 5427.948

## Information Criteria

Akaike -4.1092  
Bayes -4.0869  
Shibata -4.1092  
Hannan-Quinn -4.1011

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Residuals

```

-----
                        statistic  p-value
Lag[1]                  12.92 3.250e-04
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] 16.41 0.000e+00
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] 19.68 1.119e-07
d.o.f=2
H0 : No serial correlation

```

#### Weighted Ljung-Box Test on Standardized Squared Residuals

```

-----
                        statistic p-value
Lag[1]                  0.6025  0.4376
Lag[2*(p+q)+(p+q)-1][5] 1.7959  0.6674
Lag[4*(p+q)+(p+q)-1][9] 2.7638  0.7972
d.o.f=2

```

#### Weighted ARCH LM Tests

```

-----
           Statistic Shape Scale P-Value
ARCH Lag[3]    0.4977 0.500 2.000  0.4805
ARCH Lag[5]    2.3284 1.440 1.667  0.4031
ARCH Lag[7]    2.5511 2.315 1.543  0.6020

```

#### Nyblom stability test

```

-----
Joint Statistic:  2.0726
Individual Statistics:
mu      0.24583
ma1     0.06242
ma2     0.18575
omega   0.08712
alpha1  0.07614
beta1   0.07346
gamma1  0.30281
vxreg1  0.10539
skew    0.58320
shape   0.22039

```

```

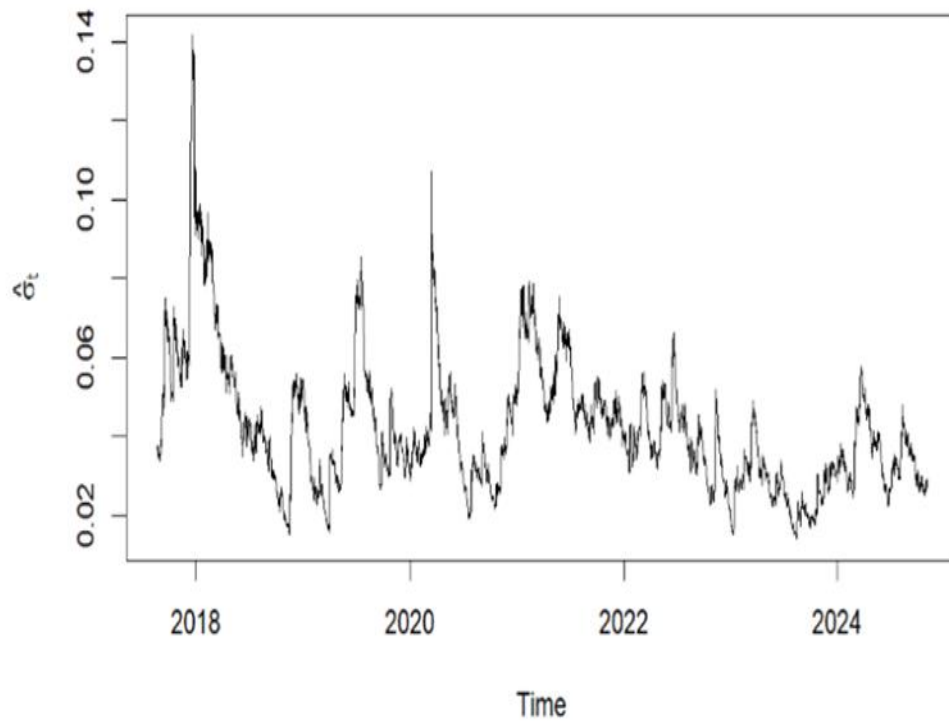
Asymptotic Critical Values (10% 5% 1%)
Joint Statistic:      2.29 2.54 3.05
Individual Statistic:  0.35 0.47 0.75

```

# Sign Bias Test

|                    | t-value<br><dbl> | prob sig<br><dbl> <chr> |
|--------------------|------------------|-------------------------|
| Sign Bias          | 1.7035119        | 0.08859036 *            |
| Negative Sign Bias | 0.6439449        | 0.51966729              |
| Positive Sign Bias | 1.6113362        | 0.10722637              |
| Joint Effect       | 3.6776805        | 0.29843810              |

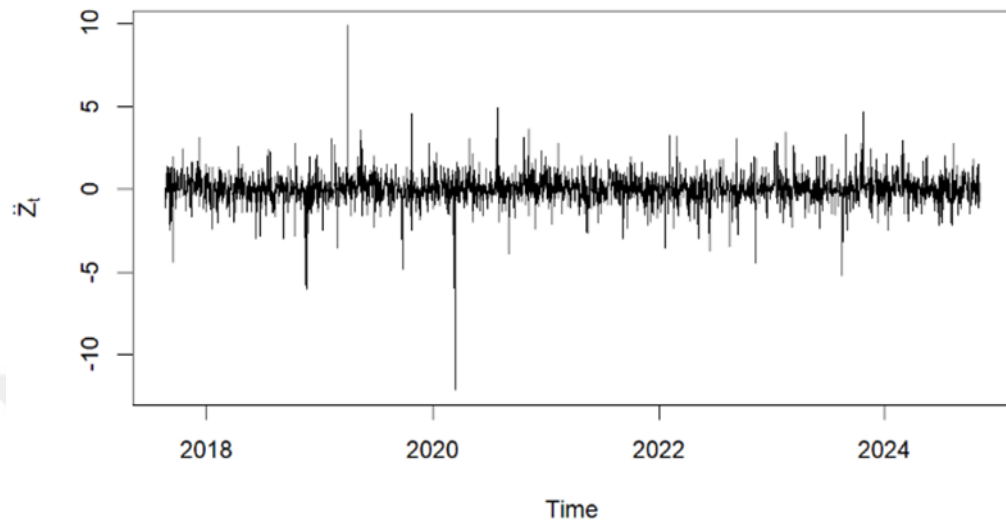
4 rows



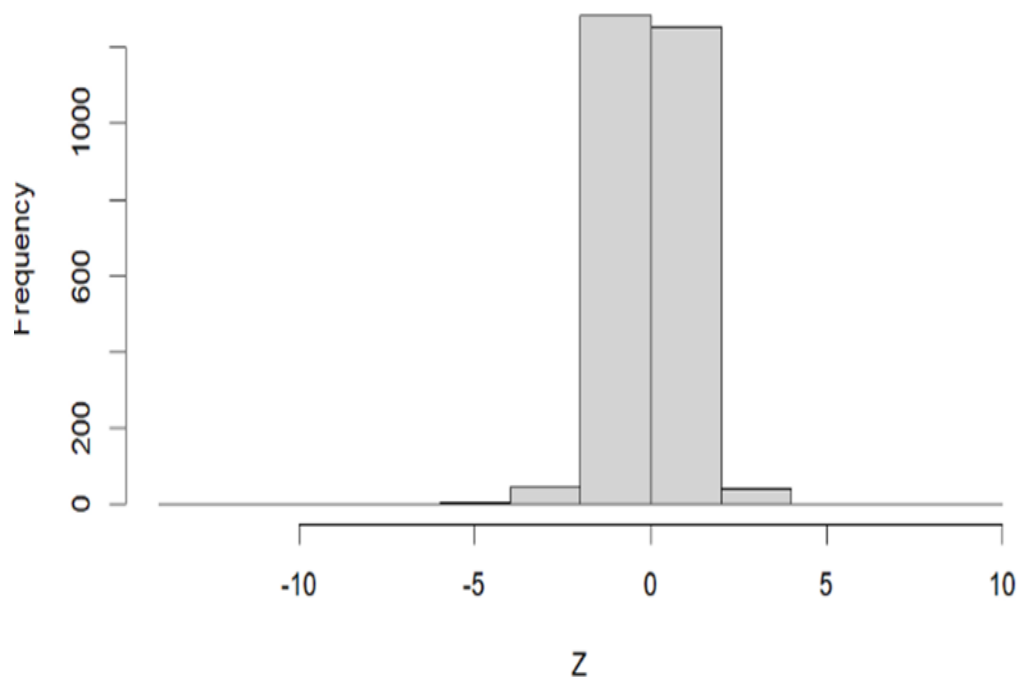
Hide

```
plot.zoo(VaR.99, xlab = "Time", ylab = expression(widehat{VaR}[0.99]))
```

```
plot.zoo(Z, xlab = "Time", ylab = expression(hat{Z}[t]))
```

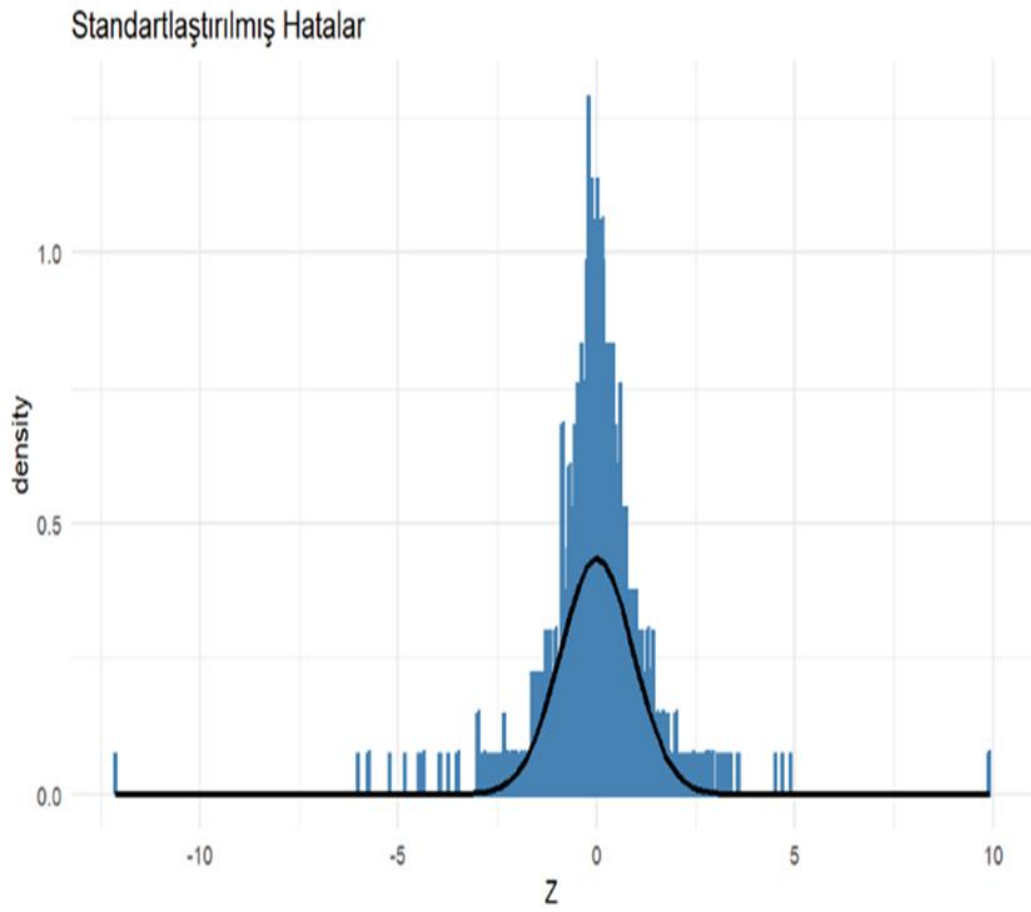


**Histogram of Z**

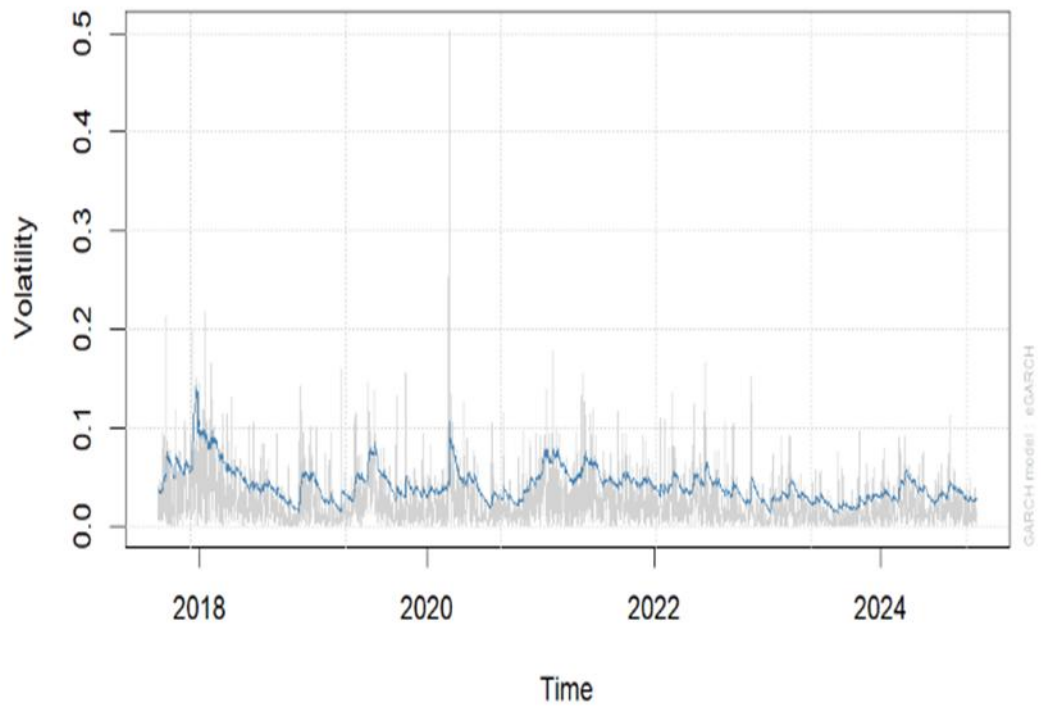


```
library(ggplot2)
p2 <- ggplot(data = data.frame(Z), aes(x = Z)) +
  geom_histogram(aes(y = ..density..), binwidth = 0.005, color = "steelblue", fill = "grey", size = 1) +
  stat_function(fun = dnorm, args = list(mean = mean(Z, na.rm = TRUE), sd = sd(Z, na.rm = TRUE)), size = 1) +
  ggtitle("Standartlaştırılmış Hatalar") +
  theme_minimal()

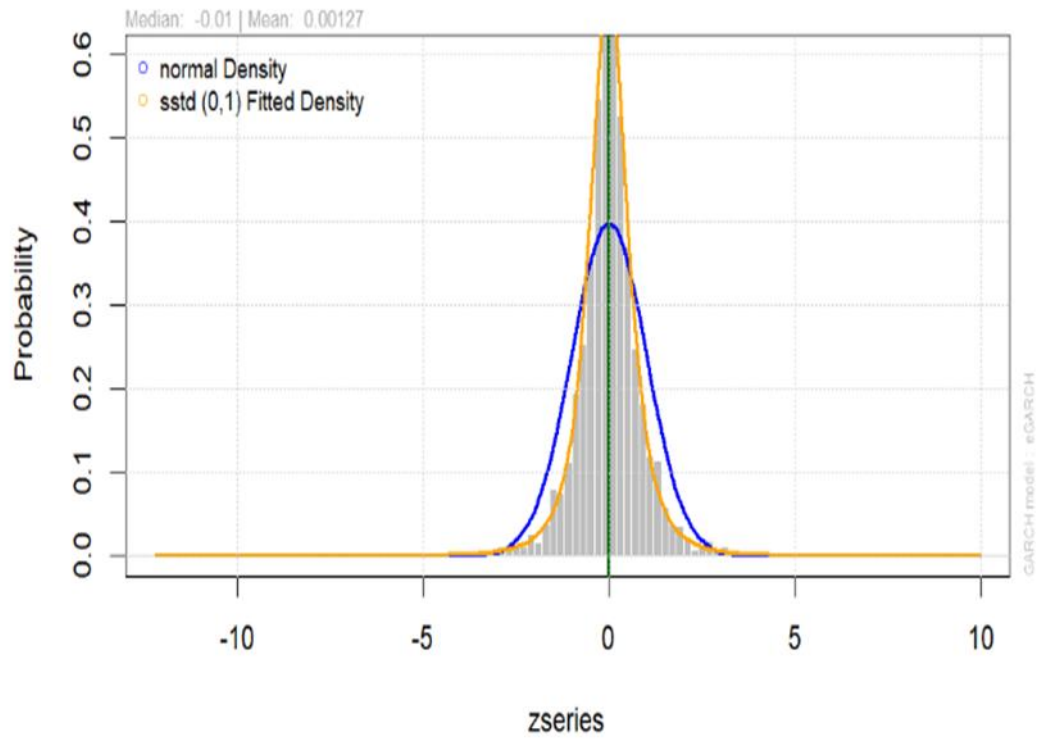
# Grafiği göstermek için
print(p2)
```



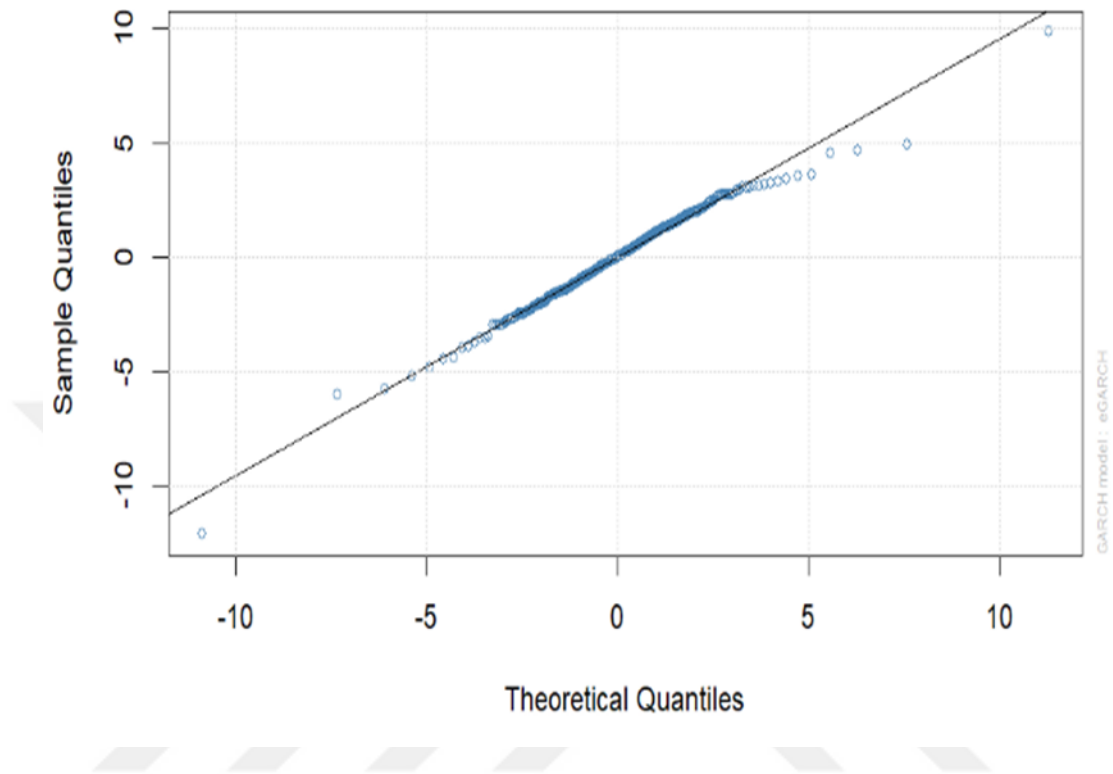
Conditional SD (vs |returns|)



Empirical Density of Standardized Residuals



sstd - QQ Plot



News Impact Curve

