

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANA BİLİM DALI
İSTATİSTİK PROGRAMI



**GEOMETRİK BROWNIAN HAREKETİ İLE BITCOIN
ENDEKSİNİN GELECEKTEKİ HAREKETLERİNİN
ÖNGÖRÜLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Yüksek Lisans Tezi

Uğur ALAKOÇ

Danışman

Prof. Dr. Vedat SAĞLAM

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Uğur ALAKOÇ tarafından, Prof. Dr. Vedat SAĞLAM danışmanlığında hazırlanan “GEOMETRİK BROWNIAN HAREKETİ İLE BITCOIN ENDEKSİNİN GELECEKTEKİ HAREKETLERİNİN ÖNGÖRÜLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 18.7.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Yüksel ÖNER Ondokuz Mayıs Üniversitesi İstatistik Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Vedat SAĞLAM Ondokuz Mayıs Üniversitesi İstatistik Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Erdiñç YÜCESOY Ordu Üniversitesi Matematik Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza
... / ... / 20...
Uğur ALAKOÇ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: GEOMETRİK BROWNIAN HAREKETİ İLE BITCOIN ENDEKSİNİN GELECEKTEKİ HAREKETLERİNİN ÖNGÖRÜLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 14.06.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 2

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

İmza
... / ... / 20...
Prof. Dr. Vedat SAĞLAM

ÖZET

GEOMETRİK BROWNIAN HAREKETİ İLE BITCOIN ENDEKSİNİN GELECEKTEKİ HAREKETLERİNİN ÖNGÖRÜLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Uğur ALAKOÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İstatistik Ana Bilim Dalı

İstatistik Programı

Yüksek Lisans, Temmuz/2022

Danışman: Prof. Dr. Vedat SAĞLAM

Bu çalışmada ilk olarak ulaşılmak istenen yatırım araçları arasında popülerliği gittikçe artan Bitcoin'in fiyat davranış hareketi analizinde Geometrik Brownian Hareketi simülasyon tekniğinin kullanılabilirliğini sorgulamaktır. Bununla birlikte çalışma sonucunda edinilen bilgi ve bulgular ile hem araştırmacılara hem de yatırımcılara kripto paraların gelecek fiyat tahmini ve fiyat hareketlerinin davranışsal özelliklerini anlama ve yorumlama amacıyla Geometrik Brownian Hareketi'nin kullanımı ile ilgili bilgi vermektir.

Finans piyasalarında yatırımcıların kararlarını etkileyen en önemli konu ilgili yatırım aracının fiyat hareketlerinin özellikleridir. Fiyat hareketlerinin fiyat kademelerine yayılımı, fiyatlardaki dalgalanmanın tahmini gibi bütün analizler daha mantıklı yatırım kararları alınmasına imkân verir. Bu çalışmada, Geometrik Brownian Hareket simülasyonu ile kripto paraların fiyat değişimini ifade eden fiyat hareketlerinin davranışsal özelliklerini gösteren fiyatlamalar kıyaslandığında yapılan istatistiksel testler sonucunda gerçek fiyata göre anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Geometrik Brownian Hareketi simülasyonunun gerçeğe yakın sonuçlar çıkardığı anlaşılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Geometrik Brownian Hareketi, Teknik analiz, Fiyat tahmini, Finansal modelleme, Kripto para.

ABSTRACT

A STUDY ON THE PREDICTABILITY OF THE FUTURE MOVEMENTS OF THE BITCOIN INDEX WITH THE GEOMETRIC BROWNIAN MOVEMENT

Uğur ALAKOÇ

Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Statistics

Statistics Programme

Master, July/2022

Supervisor: Prof. Dr. Vedat SAĞLAM

In this study, first of all, it is aimed to question the usability of the Geometric Brownian Motion simulation technique in the analysis of the Bitcoin price behavior movement, which is increasingly popular among the investment tools. However, with the information and findings obtained as a result of the study, it is to inform both researchers and investors about the use of Geometric Brownian Motion in order to understand and interpret the future price prediction of cryptocurrencies and the behavioral characteristics of price movements.

The most important issue affecting the decisions of investors in financial markets is the characteristics of the price movements of the relevant investment instrument. All analyzes such as the spread of price movements to price levels and the estimation of fluctuations in prices allow more rational investment decisions to be made. In this study, it has been determined that there is no significant difference with the real price as a result of the statistical tests when the Geometric Brownian Motion simulation and the pricing showing the behavioral characteristics of the price movements expressing the price change of cryptocurrencies are compared. It is understood that the simulation of Geometric Brownian Motion produces results close to reality.

Keywords: Geometric Brownian Movement, Technical analysis, Price prediction, Financial modelling, Crypto money.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması hazırlanırken sunduğu bilgi, destek ve yardımlarından, paylaştığı tecrübelerinden dolayı değerli hocam Prof. Dr. Vedat SAĞLAM' a teşekkür ederim.

Çeşitli bilimsel çalışmalara beni yönlendiren, her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Uğur ALAKOÇ

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Paranın Tanımı	1
1.2. Para Çeşitleri	2
1.2.1. Kıymetli Metal Sertifikaları	2
1.2.2. Banknot	2
1.2.3. Kâğıt Para	2
1.2.4. Madeni Para	3
1.2.5. Banka Parası	3
1.2.6. Kripto Para	3
1.2.7. Piyasa Değerlerine Göre Kripto Paralar	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM	8
2.1. Bitcoin Fiyat Hareketlerinin Öngörülmesinde Stokastik Süreçlerin Kullanımı Hakkında Genel Bilgiler	8
2.2. Brownian Hareketi	9
2.2.1. Markov Özelliği	10
2.3. Brownian Hareket Süreci (Wiener Süreci)	10
2.4. Geometrik Brownian Hareket Süreci	11
2.5. Bitcoin'in TL Cinsinden Fiyatı İçin GBM Simülasyon Uygulaması	13
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	14
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	20
5. KAYNAKLAR	22
ÖZ GEÇMİŞ	24

SİMGELER VE KISALTMALAR

GBM	: Geometrik Brownian Hareketi
BH	: Brownian Hareketi
ECB	: European Central Bank

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Bitcoin'in 2020 Yılına Ait TL Bazındaki Fiyatı.....	15
Şekil 3.2. GBM Simülasyonu ile Üretilen Bitcoin'in 2020 Yılına Ait TL Bazındaki Fiyatı. 17	
Şekil 3.3. 2020 Yılında Gerçekleşen Bitcoin'in TL Bazındaki Fiyatı ile GBM simülasyonu ile elde edilmiş Bitcoin'in TL Bazındaki Fiyatının Karşılaştırılması.....	18

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Bitcoin'in 2020 Yılına Ait TL Bazındaki Fiyatının Günlük Özet İstatistikleri	14
Tablo 3.2. Bitcoin'in 2020 Yılına Ait TL Bazındaki Fiyatı Günlük Getirilerinin Oran Özet İstatistikleri	15
Tablo 3.3. GBM ile TL Bazındaki Bitcoin'in Fiyat Tahminlerinin Günlük Getiri Oranı İstatistikleri	16
Tablo 3.4. GBM ile Bitcoin'in TL Bazındaki Tahmini Fiyatlarının İstatistikleri.....	17
Tablo 3.5. GBM Tahmini ile Bitcoin Fiyatları için Normallik Testi	19
Tablo 3.6. GBM Tahmini ve Bitcoin Fiyatları için Mann - Whitney U İstatistikleri	19

1. GİRİŞ

Dijital para birimi olarak bilinen kripto paralardan biri olan Bitcoin 2009 yılında ortaya çıkmış ve günümüzde halen varlığını sürdürmektedir. Bitcoin bu kripto paralardan piyasa değeri en çok olanıdır. Günümüze kadar yüzlerce kripto para üretilmiş olup piyasaya sürülmektedir. Bu dijital varlıklar elle tutulamayan ama bilgisayar sistemlerinde hesaplanarak kullanıcılara sanal para birimi olarak sunulmaktadır. Bu alanda yatırım yapmak isteyen insanlar için yeni ekonomik süreç olmuştur. Sadece yatırım için değil birçok alanda kullanılan dijital para sistemi alışverişlerde de kullanılması mümkün olan bir araç haline gelmiştir.

Günümüzde enflasyon, ekonomik kriz gibi dışsal etkenler ve ihtiyaçların karşılanması için daha fazla para sahibi olma isteği gibi içsel etkenlerin varlığı, insanları yatırım araçları arayışına ve finansal piyasalara yönlendirmektedir. İnsanlar gerek internet gerekse medya organları aracılığıyla finansal araçlar hakkında bilgi almakta ve bu doğrultuda yatırım yapmaya karar vermektedir. İnsanların bu davranışı akademik camiada da karşılığını bulmuş yatırım araçları ve getirileri üzerine sayısız çalışmalar yapılmıştır. Yatırım araçları deyince eskiden beri kullanılan hazine bonusu, hisse (pay) senedi piyasası, devlet tahvili, VİOP, eurobond, repo, forward, vadeli işlemler gibi araçlar akla gelirken son zamanlarda gelişen teknolojiyle yeni yatırım araçları da söz konusu olmuştur. Bunlardan bir tanesi de son zamanlarda insanların artan ilgisiyle karmaşık fiyat hareket davranışı sergileyen kripto paralar olarak karşımıza çıkmaktadır. Her ne kadar bazı ülkeler kripto paralardan olan Bitcoin'i kendi para birimleri olarak kabul etseler de bazı ülkeler yasaklama yoluna gitmeyi ya da kullanmamayı tercih etmektedir. Para birimi olarak kabul eden ülkeler vatandaşlarına küçük miktarlarda hediye ettiği Bitcoin ile halkı günlük hayatta Bitcoin kullanımına teşvik etmektedirler. Genel olarak baktığımızda kendine özgü altyapı sisteminde uluslararası aktarım yapılsa da kurallara uygun kabul edilmiş şekilde ödeme aracı olarak kullanılmamaktadır. Ama belli başlı kripto para alım satım imkânı sağlayan borsalarda yatırım aracı olarak kullanılmaya devam etmektedir.

1.1. Paranın Tanımı

Mal veya hizmetlerin karşılığının değerince değiştirilmesi sırasında herkes tarafından kabul görmüş şekilde bir mal ile takas edilirken kullanılan araca para denilmektedir. İlk zamanlarda mal veya hizmet ile takas esnasında kullanılan araçlar

çok ilkel olarak gerçekleşse de sonraki zamanlarda yerini altın gümüş gibi kıymetli madenlere bırakarak daha anlamlı hale gelmiştir. Para herkes tarafından kabul gören bir araç olmalıdır. Ve buna bağlı olarak her zaman kullanılabilir likit varlık olarak ürün değış tokuş esnasında kullanımına izin verilmelidir. Ülkesinde para kullanan devletler ekonomiye para araçlarını kullanarak müdahale edebilmektedir. Eski zamanlarda altın gümüş gibi değerli metaller kullanan ülkeler zamanla kâğıt para kullanmaya başladılar. Kâğıt paraların çoğaltılamayacak şekilde taklit edilemez olması kullanıcılarının güveni açısından önemlidir. Ülkeler eskiden beri ellerindeki değerli metal kadar para basarak ülke para biriminin diğer ülkelerin paralarına karşı değerini koruyorlardı. Para toplumdaki herkes tarafından bir mal veya hizmeti satın almak için kullanılır; kişi, bir satın alma işlemi için ne kadar para ödeyeceğini hesaplamak durumundadır. Bu hesaplama piyasa arz ve talepleriyle oluşacağından mal veya hizmetin para değeri ortaya çıkmaktadır. Bu değere göre para, bahsettiğimiz mal veya hizmetin fiyatının oluşmasını sağlamaktadır. Para, toplumun değer ölçüsü olmakla birlikte değış tokuş işlerini de kolaylaştıran bir araçtır ve fiyat oluşmasını sağlar, bunlara paranın asli fonksiyonları denilmektedir. Para toplumun değer ölçüsü olduğu için kullanılan bütün süreçlerinde birim değerinin azalmaması gerekmektedir. Para çeşitleri ve tanımları aşağıda verilmiştir:

1.2. Para Çeşitleri

Paranın icadı ile günümüze kadar çok sayıda para ortaya çıkmıştır. Öncesinde ise para yerine geçen mal değış tokuşuyla anlaşmalar yapıldığı için ilk para aslında insanların aralarında değerli kabul ettiği çeşitli eşyalar olmuştur. Bu eşyalardan sonra altın gümüş gibi değerli madenler para şeklinde kullanılmıştır. Bu dönem mal-para dönemi olarak adlandırılmaktadır.

1.2.1. Kıymetli Metal Sertifikaları

İnsanlar elinde altın, gümüş gibi kıymetli metalleri güvenilir buldukları bankerlere teslim edip karşılığında para yerine kullanabileceği sertifika almışlardır.

1.2.2. Banknot

Bankalar tarafından değerli metallerin tam karşılığı olmadan verilen kiralanan değerli maden sertifikasına banknot denilmektedir. Bankanın elinde bulunan değerli metallerin borç olarak başkasından geri alınacağına güvenilerek verildiği için banknot bu özelliği gereği bankalar için risk oluşturmaktadır.

1.2.3. Kâğıt Para

Ülke para birimleri olan kâğıt paralar tam altın karşılığı olmayan banknot sistemi ikinci dünya savaşı sonrası devam edemediği için ortaya çıkmıştır. Kâğıt paralar isminden anlaşılacağı üzere ham maddesi kâğıttan olan bir varlık ve paranın miktarı karşılığında altın olmadığı için zamanla değerlerini kaybetmektedir.

1.2.4. Madeni Para

Ürün, mal ve hizmet alışverişlerinde küçük tutarlı ödemelerin yapılabilmesi için üretilmiş metal paralardır. Ödeme yaparken kullanılan tutarın belirlenmiş olan limitlerin altında olması madeni paranın hesaplanabilirliği için önemlidir.

1.2.5. Banka Parası

Bankacılık sisteminde kullanılan bütün paralar banka parası olarak adlandırılır. Kişiler arası ödemelerde kullanılan defterde bulunan kâğıt çekler, elektronik ortamda banka sitesinden başka şubeye gönderilen, diğer bankaların hesaplarına gönderilen, hesaplar arası aktarılan para transferleri banka sistemi içerisinde dolaşan banka parasıdır. İnsanlar bankalar üzerinden para aktarma işlemleri sırasında internet bankacılığı ile paraya dokunmadan sadece rakamlarla işlem yapmaktadırlar. Aslında internet bankacılığı ile ödeme ve para yatırma yaparken dijital para sisteminin ilk adımları atılmış olmaktadır (Dinler, 2006).

1.2.6. Kripto Para

İlk kripto para Bitcoin'in resmî web sitesi olan bitcoin.org'da belirtildiği üzere 2008'de temelleri atılan Bitcoin'in 2009'da yayınlanmasıyla birlikte başlayan kripto para serüveni ile Bitcoin ve diğer kripto paralar günümüzde oldukça rağbet gören finansal araçlar haline gelmiştir. Kripto paralar yeni nesil ödeme sistemini kullanıcılarına sunan tam anlamıyla bir dijital para olarak tanımlanmaktadır. Bitcoin ağının belli bir sahibi olmadığı gibi kontrol edilmeyen, merkeziyetsiz ve sistem işleyiş performansını kullanıcılarından elde eden tarihteki ilk eşler (zincirler) arası ödeme sistemidir. Bitcoin yüksek işlem özelliği ile sanal para piyasası içerisinde en yüksek değere sahiptir (Bitcoin, 2022).

Bitcoin sistemi bitcoin.org'da belirtildiği üzere birlik ve uyum içinde çalıştığı zaman işleyişini devam ettirebilmektedir. Bitcoin ağını kimse tek başına kontrol edememektedir. Bitcoin dünyadaki bütün kullanıcılar ile kontrol edilebilir şekilde tasarlanmıştır. Bütün kullanıcıların aynı tür yazılım versiyonu tercihiyle Bitcoin ağının uyum içinde çalışması mümkündür.

Merkezi olmayan bu sanal para birimi şifrelenmiş mesajların değiş tokuşuna dayanmaktadır bu nedenle genellikle kripto para birimleri olarak adlandırılmaktadır. Merkezi olmamasıyla sağladığı anonimlik bir başka ifade ile hükümetlerden, belli kurumlardan, bankalardan bağımsız olacak şekilde oluşturulmuş olması ve kendine göre güvenlik sistemleri Bitcoin'in dayandığı en önemli kavramlardandır. Kripto paralar sanal para birimleridir. Sanal para birimleri terimi Avrupa Merkez Bankası'nın (ECB) 2012 yılındaki bir çalışmasında kullandığı terminolojide sanal para birimi olarak ifade edilmektedir. Sanal paralar ödeme, para aktarma, saklama olarak kullanılan bankaların sisteminin dışında sanal varlık olarak bütün bunları yapabilmeyi sağlayan dijital bir ödeme sistemidir. Bu sistem içerisindeki sanal paralar kullanılırken maliyet indirimleri ve hızlı para aktarımı sırasında zaman kazanımı elde eden kullanıcılar için kolaylık sağlamaktadır. Sanal para birimlerini ortaya çıkaran kişi finansal olmayan bir şirket ya da özel bir şahıs olabilir dolayısıyla bu şekilde üretim yapılabilen bir sistemdeki sanal paralar devlet otoritesinin altında ya da gözetiminde değildir. Ülkeler tam anlamıyla kurallar bütününde sanal para sistemlerini oturtamadığı için kripto paralar, kullanıcılar açısından riskli bir dijital para aktarım ve saklama yöntemi olarak görülmektedir. Bununla birlikte her sanal paranın hangi platformda, ne şekilde kullanılacağına belirtildiği kendi kuralları ile belirlenmekte ve buna göre ödeme sistemleri hazırlanmaktadır. Günümüz alışveriş sitelerinde ön ödeme ile satın alınan cüzdan paralarının başka web sitelerinde kullanılması mümkün değildir dolayısıyla tek yönlü işlem imkânına sahiptir. Bitcoin ile ödeme sistemleri ayarlanmış bütün web sitelerinde hem alım işlemi hem de satım işlemi yapılabilir. Bu durumda Bitcoin elektronik nakit gibi çalışan kapsamlı bir para çeşidi olarak çok yönlü kullanıma açık olmaktadır. Bitcoin ile işlem yapabilmek için belli borsalarda cüzdan hesabına sahip olmak gerekmektedir. Bilgisayarda ilgili web sitelerini ziyaret ederek veya akıllı telefonlarda çalışan gerekli uygulamaları kullanarak Bitcoin alım satım veya aktarma işlemleri yapılabilmektedir. Sahip olunan Bitcoin'lerin bir kullanıcıdan diğer bir kullanıcıya gönderimi için işlemi yapacak kişilerin aynı şekilde Bitcoin alım satımına imkân veren uygulamalara ve Bitcoin hesap cüzdanına sahip olmaları gerekmektedir (Segendorf, 2014).

Bitcoin kendine göre tanımlanmış şifreleme yöntemleriyle güvenli ödeme ya da aktarım yapabilme imkânı sağlamaktadır. Bu şifreleme kavramları şu şekilde açıklanabilir. A kişisi B kişisine Bitcoin göndermek istediğinde hesap cüzdanlarının

çalışmasını sağlayan asimetrik şifreleme anahtarı ile bu işlem gerçekleştirilebilir. Bu şifreleme sisteminde benzersiz olacak şekilde iki adet şifre vardır, biri genel diğeri ise sadece bir kullanıcıya aittir. Gönderilen mesajlar birbirlerinin anahtarları kullanılarak çözülmektedir. A kişisi B kişisine Bitcoin göndermek istediğinde cüzdan ve adres numaralarıyla bağlanmış genel şifreleme anahtarıyla işlem yapılabilmektedir. Alıcı, A kullanıcıya hesap numarasını göndermekle süreci başlatır. Belli miktarda Bitcoin gönderebilmek için B kişisine ödeme emri yazılmaktadır. A ve B'nin cüzdanları arasındaki işlemin geçerli olması için belli güvenlik adımlarının onaylanması gerekmektedir. Eğer bu süreçte hesap veya cüzdan numaraları yanlış girilirse geri dönüşü olmayacak şekilde Bitcoin başka bir kullanıcıya gönderilmiş olur ve takibi yapılamamaktadır. Bu süreçte katılımcıların oluşturduğu Bitcoin ağı, sürekli işlem zamanlaması olarak on dakikada bir işlem gerçekleştirir. Gerçekleşen işlem sonucu Bitcoin aktarımları toplanır ve bu toplanan işlemler onay sürecine girer bu işlem döngüsüne blok denir. İşlemler sonucunda onaylanmış Bitcoin kaydı ve listesi bloka yeni bir zincir olarak eklenir. Bu işlem doğrulama olarak kabul edilebilir. Bu noktada gönderilmiş Bitcoin'lerin sahipliği zaman geçtikçe onaylanan blok sayısınca kesinlik kazanmaktadır. Blok zinciri içeriği; hesap gönderme, hesap alma, mevcut hesapta bulunan Bitcoin miktarları hakkındaki bilgileri doğrulamak için kullanılmaktadır. Bahsettiğimiz blok zincire bütün işlemler eklendiğinden kayıtları tutulmuş bu sistem bilgilerine çevrimiçi olarak da erişilebilmektedir. İşlem yapılan cüzdanlar belirlenebilmektedir. Fakat hesap cüzdanlarını kullanıcıyla eşleştirmek mümkün değildir. Yapılan bu Bitcoin işlemleri anonim gibi görünse de bütünüyle anonim değildir. Bu sebeple zincire eklenen bilgilerin yapısının çoğu yerde anonim ancak birkaç noktada güvenlik adımlarından dolayı karmaşık bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bilgisayar sistemlerince uzun ve şifreli yapılar hesaplamalarla basit hale getirilerek işlemler doğrulama ile sonuçlanmaktadır. Bu basitleştirme işlemi en son yapılan işlemleri bir bloka dönüştürdükten sonra gerçekleşmektedir. Blok oluştuktan sonra doğrulama işlemleri kolayca yapılabilmektedir. Bitcoin üreticileri blok oluşumuna yardımcı oldukları için Bitcoin ile ödüllendirilmektedir. Dolayısıyla bütün bu işlemler arka planda yapılırken kullanıcı ara yüzünde bu işlem sonucunda A kişisinin bir miktar Bitcoin'i eksilmiş B kişisinin hesap cüzdanına bir miktar Bitcoin eklenmiş olduğu sistemdeki bütün bilgisayarlar tarafından doğrulanmış olmaktadır. Bu doğrulama ile bütün kullanıcıların hesap cüzdanlarındaki Bitcoin miktarları da belirlenmiş ve kayıt altına

alınmış olur. Bitcoin'ler sanal olarak oluşturulmuş olsa da şimdiye kadar bu sistemle çoğaltılması ve kopyalanması mümkün olmamıştır. Doğrulandığı ve kayıt altına alındığı için Bitcoin miktarı belli bir adetle sınırlıdır. Bitcoin oluşum şekli ve sistem kurallarıyla açıklandığına göre sonsuza kadar üretilmemektedir. Piyasada bulunan Bitcoin miktarı 21 milyon adetle sınırlı olacak şekilde ayarlanmıştır. 30 Haziran 2014 tarihine kadar yaklaşık 13 milyon Bitcoin üretilmiştir. Her dört yılda bir üretilen miktar yarıya indirgenmektedir. Bu şekilde üretilmesi azalacağından uzun yıllar boyunca toplam üretim miktarına ulaşamayacaktır. Bitcoin üretim miktarı azaldıkça bilgisayar ekipmanlarıyla sanal sistemde Bitcoin üreticileri olarak adlandırılan kişilere yapılan Bitcoin ödeme miktarları da azalmaktadır (Segendorf, 2014).

Blok zincir bir sahiplik tanımlamasıdır ve zincirler arası veri transferi sağlayan bir çeşit ağ olarak tanımlanmaktadır. Diğer para piyasalarında kontrol görevi gören merkez bankalarının kripto para sistemine müdahale edememesi kullanıcılar için önemli bir tercih sebebi olmuştur. Çünkü merkez bankalarının doğru ya da yanlış tutum ve kararları yüzünden ülke para birimleri üzerinde oluşan enflasyon baskısı para birimlerinin değerlerini etkilemektedir. Diğer para birimleri karşısında değer kaybeden para birimlerindeki oluşan alım gücü eksilmesi, ülke para birimlerini kullanan insanlar için büyük kayıplara neden olmaktadır. Alım gücü eksilmesi tüketicilerin yıl başında aldığı yüz birimlik ürünü yıl sonunda aynı miktarda para ile yüz birimlik ürün alamamasıyla açıklanabilir. Bu durum ülke para biriminde enflasyonun varlığını göstermektedir. Kripto paraların miktarına ve yapısına müdahale edilemiyor olması enflasyon etkisini önemli ölçüde azaltmıştır. Örneğin üretimi devam eden Bitcoin'in üretimi bittiğinde 21 milyon adet olacak şekilde tasarlanması bu durumun sonucudur. Yine Bitcoin bu sayılara ulaşması için yaklaşık olarak 2140 yılına kadar sistemin sürmesi tahmin edilmektedir (Zohar, 2015).

1.2.7. Piyasa Değerlerine Göre Kripto Paralar

Verilere göre 2022 yılı ilk beşte yer alan kripto paraların değerleri sırasıyla yaklaşık olarak şu şekildedir: Bitcoin piyasa değeri 574,95 milyar dolar, Ethereum piyasa değeri 220,09 milyar dolar, Tether piyasa değeri 72,47 milyar dolar, Usd Coin piyasa değeri 53,91 milyar dolar ve BNB piyasa değeri 49,44 milyar dolar. Bitcoin lider kripto para olarak listede birinci sırada 574,95 milyar dolar ile yerini koruyor.

Bitcoin diğer kripto paralar içerisinde günlük işlem hacmi olarak en çok kullanılan kripto paradır (Investing, 2022).

Kripto paraların terminolojisi, teknik analizi ve finansal yönden değerlendirilmesi amacıyla farklı bilim dallarında akademik çalışmalar da yapılmaktadır. Finansal araçlarda fiyat hareketleriyle ilgili yapılmış çalışmalar; ilgili finansal aracın fiyat değişimlerinin kademelerdeki dağılımı, farklı zaman dilimlerindeki değişimi ve bu değişimlerin tahmini üzerine yoğunlaşmıştır (Fama, 1965). Özellikle finansal araçlarda fiyat değişkenliği ile ilgili araştırmalar yatırım araçları piyasasında sık görülen oynaklık kümelenmesi, durgunluk ve dalgalanma hareketlerinin birbirini izleme yöneliminde olduğu bir çeşit davranış biçimini ifade etmektedir (Lux and Marchesi, 2000).

Bu bilgiler işığında bu araştırmanın amacı kripto paraların fiyat-davranış özelliklerini ve değişkenliğinin Geometrik Brownian Hareketi (**GBM**) simülasyon tekniği kullanılarak tahmin edilebilirliğini incelemektir. Ayrıca araştırmada ulaşılan simülasyon bulguları hem yapılacak akademik çalışmalara hem de yatırım amacıyla yapılacak teknik analizlere farklı bir bakış açısı kazandıracaktır.

Literatürde bazı alanlarda Geometrik Brownian Hareket simülasyonu ile analiz yöntemleri kullanılmıştır. Shi, Brownian Hareketi ve birçok Stokastik Süreç konusunu ele alarak finans alanında insanların hisse senedi gibi riskli varlıklara ynelmelerinden, fonlarını daha yüksek kazanç amaçlı olarak bu araçlara aktarmalarından, yeni fon elde etmekten bahsetmiştir. Brownian Hareketi'nin yöntemi ve kullanılabilirliğini çalışmalarında incelemiştir ve en önemli alışmaları Black Scholes opsiyon fiyatlandırma modeli ile bir hisse senedinin sahip olduğu piyasa değeri hesaplamasına ve finansal aracın krlılığını açıklarken getiri oranlarına değinmiştir (Shi, 2010).

zkan ve Güngör, finans alanlarından Borsa İstanbul 30 ve 100 endekslerinde ve yurt dışı piyasalarında Geometrik Brownian Hareketi ile modelleme yapmışlardır. Buldukları sonuçlarda borsa endekslerinin tahmin edilebilmesi için **GBM** modelinin daha uygun olduğunu belirtmişlerdir (zkan ve Güngör, 2017).

Genel olarak baktığımız zaman Borsa İstanbul'da işlem gören şirket hisselerinin fiyat hareketlerindeki dalgalanmaların değerlendirilmesi üzerine yapılan

çalışmalarda, bankacılık sektöründe ileri dönemdeki değerlemelerin belirlenmesinde ve menkul kıymet fiyatlarının modellenmesi şeklinde birçok alanda kullanılmaktadır.

Araştırmanın ikinci kısmında fiyat değişiklikleri, davranış modellemesi, modelin özellikleri hakkında bilgi verilmektedir; Geometrik Brownian Hareketi simülasyonunun sanal paralardan biri olan Bitcoin'in fiyat değişikliği ve davranış özellikleriyle ne kadar benzeştiği üzerinde durulmaktadır. Sonuç kısmında ise genel değerlendirme yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Bitcoin Fiyat Hareketlerinin Öngörülmesinde Stokastik Süreçlerin Kullanımı Hakkında Genel Bilgiler

Stokastik süreç başka bir deyişle rastgele süreç, aynı olasılık uzayında belirlenmiş, sıralı kümenin kapsadığı elemanları tarafından indekslenen, rastgele değişkenlerden meydana gelen parametre bütünü şeklinde tanımlanabilir. Sıklıkla T , zaman aralığı olarak ele alınır ve $t \in T$ tarafından süreci tanımladığı söylenir. Daha öz bir ifadeyle stokastik süreçler, aynı olasılık uzayında bulunan rastgele değişkenler şeklinde tanımlanabilir (Todorovic, 2012). Yine rassal değişkenlerden oluşan herhangi bir topluluğa genel olarak stokastik süreç denilebilir (Önalın, 1996).

Tanım 2.1.1. $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$ olasılık uzayı olmak üzere

$$\begin{aligned} \xi: \Omega &\rightarrow \mathbb{R} \\ w &\rightarrow \xi(w) \end{aligned}$$

Fonksiyonuna $\forall x \in \mathbb{R}$ için, $\{w: \xi(w) \leq x\} \in \mathfrak{F}$ özelliğini taşıyorsa bu fonksiyon tesadüfi değişken olarak tanımlanır. Burada Ω örnek uzayı, \mathfrak{F} σ -cebir ve P olasılık ölçüsüdür (Sağlam vd., 2018).

Tanım 2.1.2. $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$ olasılık uzayında tanımlanan $\{\xi(t), t \geq 0\}$ tesadüfi değişkenler ailesine stokastik süreç denir. Bu denklemdeki t zamana ilişkin bir parametredir.

Tanım 2.1.3. $\xi(t)$ sürecinin alabileceği değerler kümesi Ω ya da \mathbb{R}_x ile t parametresinin alabileceği değerler kümesi de T ile gösterilir. Bu bağlamda \mathbb{R}_x 'e durum uzayı, T 'ye ise indis kümesi ya da parametre kümesi denir. $\mathbb{R}_x = (-\infty, \infty)$ ve $T = [0, \infty)$ ' dir. Eğer $T = (-\infty, \infty)$ ise $\xi(t)$ ye stokastik fonksiyon denir ve $\{\xi(t), T\}$ ile ifade edilir.

Bir değişkenin değer hareketleri ilerleyen zamanlarda belirsiz bir farklılık gösteriyor ise bu değişkenin stokastik süreç izlediği ifade edilir. Stokastik süreci sürekli değişken ya da kesikli değişken olarak iki başlığa ayırabiliriz. Sürekli değişken, incelemeye konu olan bu süreçte belirli bir aralıkta herhangi bir sayısal değeri alabilirken, bir kesikli değişken ayrık değerler almaktadır (Hull, 2014).

Bir başka ifade ile stokastik süreç, gözlenebilir rastgele bir durumun başlangıç zamanından sonraki herhangi bir zamanda ortaya çıkışını ifade eden matematiksel bir modeldir. Buradaki olayın rastgeleliği, $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$ olasılık uzayı kavramı ile modellenmektedir (Karatzas ve Shreve, 1988).

Başta Geometrik Brownian Hareketi olmak üzere stokastik süreçlerin tamamı, hisse senedi ve döviz kuru gibi fiyat oynaklığı yüksek finansal araçlarda gelecek fiyat tahmini modellemelerinde kullanılmaktadır. Geçmişte görülmüş bir fiyatlamamanın tekrar görölme ihtimali olmakla birlikte piyasayı etkileyen siyasi, ekonomik ve teknolojik gelişmeler de fiyatlamayı etkilemekte ve her halükârda bütün fiyatlar bir tesadüfîlik içermektedir. Bu sebeple hiçbir finansal modelleme ve getiri tahmini kesinlikle doğru tahmin garantisi verememektedir.

2.2. Brownian Hareketi

Polen ya da toz parçacıklarının sıvı içerisinde raslantısal bir hareketle birbirleriyle düzensiz şekilde çarpışması Brownian Hareketi olarak adlandırılmaktadır. Jan Ingenhousz bu düzensiz hareketleri ilk inceleyen bilim insanıdır (Önalın, 2010).

Brownian Hareketi, 1828'de botanikçi olarak bilinen Robert Brown'un sonradan Brownian Hareketi olarak adlandırılacak çalışmasında yapmış olduğu deneyler ve gözlemlerle elde ettiği suda asılı duran polenlerin yer değiştirme görüntüsüdür. Robert Brown incelediği polenlerin düzensiz rastgele hareketler yaparken birbirlerine dokunarak dolaşmakta olduğunu gözlemlemiştir. Bir yayılma ve difüzyonla sonuçlanan bu hareket polenlerin su molekülleri yardımıyla hareket etmesiyle oluşmuştur. Brownian Hareketi'nin uygulama alanı olarak mikroskopta görülebilen çok küçük parçacıkların incelenmesinin yanı sıra grafiklere yansıtılan veriler, elektrik devrelerindeki termal gürültünün incelenmesi, belirli sınırlayıcı davranışların rastgele modellenmesini içermektedir. Bununla birlikte biyolojik, ekonomik ve yönetim ile ilgili temsil edilen bu süreçler, kısmi diferansiyel olarak

adlandırılan denklemler teorisi ile aralarında anlamlı bir bağlantı görülmüştür (Karatzas ve Shreve, 1998).

Stokastik bir hesaplamanın $W(t)$ Brownian Hareketi $[0, T]$ anında sıralanan şartlar ile gösterilebilir.

$W(0)$ İfadesi sifira eşittir.

$W(t)$ Çoğunlukla sürekli rastgele değişkendir.

Rastgele bulunan t_1, t_2, \dots, t_n , 0 ile T arasında ($0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n < T$) $W(0), W(t_1) - W(0), W(t_2) - W(t_1), \dots, W(t_n) - W(t_{n-1})$ değişkenleri neredeyse kendilerinden bağımsızdırlar ve yükseliş gösterme eğilimindedirler.

$E_w(t) = 0$ Bekleneni bir başka değişle ortalamayı göstermektedir.

Ve $W(t)$ işleminin beklenen değer (ortalama değer) çevresinde normal dağılım yoğunluğu oluşturduğu anlamına gelir.

$$E[W(t_{k+1}) - W(t_k)]^2 = t_{k+1} - t_k \text{ 'dır (Shi, 2010).} \quad (2.2.1)$$

2.2.1. Markov Özelliği

Bu özelliğe göre rastgele oluşan bir durumun şartlı olasılığı bir önceki zaman diliminde oluşan durumdan bağımsızdır (Halaç, 2001). Buradan hareketle Markov özelliği, piyasa fiyatlarının geçmiş hareketlerinin analizinde kullanılmaktadır. Sonraki zaman diliminde oluşan fiyatın önceden oluşan fiyattan bağımsız oluşu teknik analiz kurallarını sorgulatmaktadır. Finansal piyasalarda fiyatlamanın oluşumuna baktığımız zaman geçmişteki ile gelecekteki fiyatlar arasında anlam bütünlüğü görülmemektedir. Geçmiş hareketlerine bakarak yatırım yapmak riskli sonuçlar doğurabilmektedir. Markov süreci geçmiş ile gelecek arasında bağlantının olmadığını söylemektedir. Son fiyat asıl yol gösterici olarak kullanılmalıdır (Önalın, 2004).

2.3. Brownian Hareket Süreci (Wiener Süreci)

İlk defa botanikçi Robert Brown 1773-1858 yılları arasında Wiener sürecini anlatmıştır. Brownian hareket süreci, Wiener süreci olarak da ifade edilebilir. L. Bachelier adlı matematikçi orijinal ismi "Théorie de la spéculation" olan Spekülasyon Teorisi adlı tezinde Brownian hareketi'nin matematiksel bilgi anlamında, fiyat değişimlerinin modellenmesi için kullanılabileceğini ortaya koyan bir çalışma yapmıştır. Wiener ise bu süreç için temel oluşturacak nitelikte

matematiksel alt yapıyı ortaya koyan ve ispatlayan bir çalışma yapmıştır (Dana and Jeanblanc, 2007).

Wiener süreci matematiksel olarak şöyle ifade edilebilir: dt zaman aralığındaki değişimi göstermek üzere

$$W(t) = \varepsilon\sqrt{dt} \quad (2.3.1)$$

yazılır. ε sayısı ise Standart Normal dağılıma uyar ($\varepsilon \sim N(0,1)$). Bu bağlamda $W(t)$ 'deki değişim miktarı da $dW(t)$ ile gösterilir ve herhangi iki farklı kısa zaman aralığı için $dW(t)$ değerlerinin değişimleri birbirinden bağımsızdır. Yani, $W(t)$ bağımsız artımlı bir süreçtir.

Tanım 2.3.1. $\{X_t(w): t \in T\}$ stokastik bir süreç olup $t_0 < t_1 < \dots$ değerler olacak şekilde $\{X_{t_i} - X_{t_j}, i \neq j\}$ bu kümede bulunan elemanlar birbirinden bağımsızsa burada ifade edilen stokastik süreci $\{X_t(w): t \in T\}$ bağımsız artımlı bir süreç olarak adlandırılmaktadır (İnal, 1988).

Bu göre $dW(t)$ de ortalaması 0 ve varyansı dt olan bir normal dağılıma sahip bir süreç olmaktadır. Bu da $W(t)$ 'nin bir markov süreci izlediğini gösterir (Cvitanic and Zapatero, 2004). T zaman sürecinde $W(t)$ 'nin değerlerindeki değişime bakalım, bu durumda $W(t)$ 'nin değerindeki değişme $W(T) - W(0)$ olur bu değer her biri dt uzunluğundaki N tane W artımının toplamı olarak hesaplanabilir.

$$N = T/dt \quad (2.3.2)$$

$$W(t) - W(0) = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i \sqrt{dt} \quad \varepsilon_i \sim N(0,1), i = 1, 2, \dots, N \quad (2.3.3)$$

$$E[W(T) - W(0)] = 0 \quad (2.3.4)$$

$$Var[W(T) - W(0)] = Ndt = T \quad (2.3.5)$$

$$std. sap[W(T) - W(0)] = \sqrt{T} \quad (2.3.6)$$

Parçacıkların bulunduğu pozisyondaki değişimlerin ortalaması 0, değişim katsayısı ise zaman ifadesi T 'ye eşittir (Wilmott et al., 1995).

2.4. Geometrik Brownian Hareket Süreci

Stokastik süreçlerden biri olan Geometrik Brownian Hareketi fiyatlama yapılan alanlarda, özellikle hisse senedi alanında ve genel olarak finansal araçlarında kullanılmıştır. Bu süreçte getiri miktarları log-normal dağılımlı olduğundan getiri oranları negatif değer almayacaktır. Ekonomi alanında yapılmış çoğu çalışmada

Geometrik Brownian Hareket süreci opsiyon fiyat değerlendirme teorisinin önemli kısmını belirlemiştir (Paul and Baschnagel, 2013).

$\{S_t, t \geq 0\}$ Geometrik Brownian Hareket sürecinde $S_0 > 0$, μ sapma terimi ve σ^2 varyans oranı, S_t rastlantı değişkeni olarak tanımlanır:

$$S_t = S_0 e^{X_t} = S_0 e^{\sigma B_t + \mu t} \quad (2.4.1)$$

$\{B_t, t \geq 0\}$ Standart Brownian hareket süreci ve $\{X_t, t \geq 0\}$ aritmetik Brownian hareket sürecidir. Aralarındaki bağlantı şu şekildedir:

$$X_t = \ln S_t - \ln S_0 = \ln \frac{S_t}{S_0} \sim N(\mu t, \sigma^2 t) \quad (2.4.2)$$

S_t , **GBM** sürecinde rastlantı değişkeni log-normal dağılımlıdır. **GBM** sürecinde beklenen değer ve varyans şu şekilde gösterilmektedir:

$$E(S_t) = E(S_0 e^{\sigma B_t + \mu t}) = S_0 e^{(\mu + \frac{1}{2}\sigma^2)t}, \quad (2.4.3)$$

$$V(S_t) = S_0^2 e^{2\mu t + \sigma^2 t} (e^{\sigma^2 t} - 1) \quad (2.4.4)$$

GBM süreci ile uyumlu ekonomi piyasalarındaki bir varlığın fiyatındaki değişim modelleme yaparken şu şekilde gösterilmektedir:

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dB_t \quad (2.4.5)$$

$\{B_t, t \geq 0\}$ Standart BH sürecini ifade etmektedir. Stokastik analizden yararlanılarak aşağıdaki şekilde yazılabilir (Özel Kadılar,2020).

$$d \log S_t = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dB_t \quad (2.4.6)$$

Piyasa koşullarına göre yatırım araçları arz talep sürecine bağlı olarak piyasa değerleri zaman içerisinde azalıp artmaktadır. Dolayısıyla finansal araçlar her an fiyatlamaya halindedirler. Bu değişen değerlendirme fiyatlara yansıdığına rastsal hareketler görüldüğü tespit edilir. Finansal araçların bu değişimi sürüklenme oranı μ , değerlendirme katsayısı oranı σ^2 olarak genelleştirilmiş Wiener ile belirlenebilir. Bir t zamanında finansal araç değerinin S olacağını ve çok kısa zamanda dt sonra finansal fiyat değişimi dS olacak şekilde $t + dt$ zamanındaki fiyatını $S + dS$ olacak şekilde yazalım. Daha sonra Bitcoin'in çok kısa dt zamanı sonunda getirisi dS/S 'yi belirleyelim. Genel olarak bu getiriye şöyle bakılır. İlk önce sürüklenme olarak μ oranına sahip bir finansal varlıkta dt zamandan sonra değerlendirme $\mu \cdot dt$ kadar olacaktır. Bazı modellerde μ sabit kabul edilebilir. Ama bazılarında da $\mu = \mu(S, t)$ olacak şekilde de modellenebilir. Bazı etkilerle oluşan fiyat farklılıkları şu şekilde belirtilir:

Ortalaması 0, değişim katsayısı 1 olan normal dağılım olarak tanımlanır. Bu farklı bilinmeyen etkinin fiyata yansiyacağı değer $\sigma.W(t)$ olarak belirtilir. $W(t)$ Wiener sürecidir (Wilmott et al., 1995).

$$dS_t/S_t = \mu \cdot dt + \sigma dW(t) \quad (2.4.7)$$

$$W(t) = \varepsilon\sqrt{dt} \quad (2.4.8)$$

$$\varepsilon_i \sim N(0,1) \quad (2.4.9)$$

Bu denklem finansal araçlarda getiri hesaplamasında veya fiyat modellenmesi yaparken en sık tercih edilen yöntemdir (Önalın, 2004).

$$Y(t) = \log S(t) \quad (2.4.10)$$

Geometrik Brownian Hareketi aşağıdaki gibi yazılır (Tavella, 2002).

$$S(t) = S(0) \exp((\mu - (1/2)\sigma^2)t + \sigma W(t)) \quad (2.4.11)$$

Denklemden $W(t)$ Wiener süreci olarak belirtilir. Ortalaması 0, standart sapması 1 olan ε (epsilon) standart normal dağılımdan elde edilen rastsal sayıdır.

$$W(t) = \varepsilon\sqrt{dt}, \varepsilon_i \sim N(0,1) \quad (2.4.12)$$

2.5. Bitcoin'in TL Cinsinden Fiyatı İçin GBM Simülasyon Uygulaması

Bu araőtırmada Bitcoin verileri kullanılarak **GBM** simülasyon tekniği yardımıyla Bitcoin fiyat tahmini için bir uygulama yapılmıştır. Bitcoin fiyatı ve oranlar hesaplamasında Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) programı kullanılmıştır. Buradan hesaplanan sonuçlar tablo halinde gösterilmiőtir. Sonuçlarda sabit parametre olan ortalama (μ) ve standart sapma (σ) elde edilmiştir. Ve zaman periyotlarına göre ayarlanıp geniőletilerek yıllık oranlar hesaplanmıştır. Simülasyonda kullanılmak üzere SPSS programı ile denklemden epsilon değeri için 365 adet olmak üzere ortalaması sıfır, standart sapması bir olan sayılar üretilmiştir. Üretilen bu rastgele sayılarla her gün için bir adet değer elde edilmek üzere tahmin denkleminde kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan veriler investing.com adlı web sitesinden 2021 yılında alınmış olup 01.01.2020 ile 31.12.2020 tarihleri arasındaki günlük Bitcoin değerlerinden oluőmaktadır (Investing, 2021). Bu araőtırmada, Bitcoin'in gelecekteki fiyatının tahmin edilmesinde **GBM** simülasyon tekniğinin kullanılabilirliği test edilmiştir. Günlük değerlerden oluşan Bitcoin fiyatlarına Kolmogorov Smirnov normallik testi yapıldığında verilerin normal olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Dağılım özellikleri yönünden günlük Bitcoin fiyatları normal dağılmadığından karşılaőtırma yaparken non-parametrik test olan Mann-

Whitney U testi tercih edilmiştir. Araştırmanın amacı, **GBM** simülasyonu sonucunda elde edilen veriler ile Bitcoin fiyatları arasında istatistiksel olarak fark olmadığını incelemektir. Çalışmanın yokluk ve alternatif hipotezleri şu şekildedir:

H_0 : Bitcoin fiyatları ve GBM simülasyon verileri aynı medyanlı dağılıma sahiptir.

H_1 : Bitcoin fiyatları ve GBM simülasyon verileri aynı medyanlı dağılıma sahip değildir.

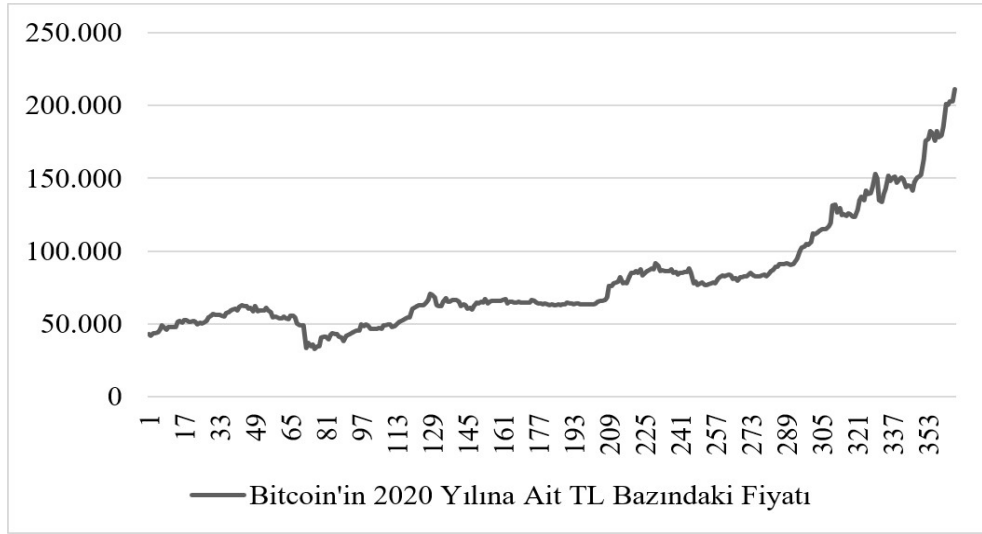
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada 2020 yılında gerçekleşen 365 günlük TL bazındaki Bitcoin fiyatları **GBM** simülasyon tekniği kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçları tablolar ve şekiller halinde aşağıda sergilenmiştir.

Tablo 3.1. Bitcoin'in 2020 Yılına Ait TL Bazındaki Fiyatının Günlük Özet İstatistikleri

Gün Sayısı	365
Açıklık İstatistiği	178685
En Küçük	32515
En Yüksek	211200
Ortalama	79669,92
Standart Sapma	36050,75
Varyans	1299657155
Çarpıklık	1,485
Basıklık	1,762

Tablo 3.1'de Bitcoin fiyatları günlük özet istatistikleri 365 günlük veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu zaman aralığında Bitcoin fiyatı değişim olarak 178685 TL bulunmuştur. En düşük 32515 TL ile en çok 211200 TL aralığında sonuçlanmıştır. Ortalama 79669,92 TL ve standart sapma ise 36050,75 TL olarak bulunmuştur. Çarpıklık değeri 1,485 ile basıklık değeri 1,762 bulunarak verimiz normal dağılım eğrisinden daha sivri oluşmuş ve sağa doğru çarpık veri yapısı bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Bitcoin'in 2020 Yılına Ait TL Bazındaki Fiyatı

Şekil 3.1'de 01.01.2020 ile 31.12.2020 tarihleri arasında gerçekleşmiş Bitcoin fiyat değişimleri gözlenmektedir. Grafiğin eksenleri düşeyde TL cinsinden fiyatı, yatayda ise 2020 yılının günlerini göstermektedir. 2020 yılının ilk 7 ayında Bitcoin fiyatı olarak yatay hareket ederken yılın kalan aylarında ortalama fiyat hareketinden ayrılarak yükselen grafik çizmiştir.

Tablo 3.2. Bitcoin'in 2020 Yılına Ait TL Bazındaki Fiyatı Günlük Getirilerinin Oran Özet İstatistikleri

Gün Sayısı	365
Açıklık İstatistiği	0,53
En Küçük	-0,38
En Yüksek	0,15
Toplam	1,61
Ortalama	0,0044
Standart Sapma	0,03593
Varyans	0,001
Çarpıklık	-3,189
Basıklık	37,859

Tablo 3.2 Bitcoin fiyatının günlük oran hesaplama verileri değerlendirildiğinde yılın 365 günü için baz alınan değişim olarak en küçük -0,38 oranı ile en yüksek 0,15 aralığında sonuçlanmıştır. Ortalama oran 0,0044 ve standart sapma ise 0,03593 şeklinde bulunmuştur.

Çarpıklık değeri -3,189 ile basıklık değeri 37,859 bulunarak verimiz normal dağılım eğrisinden daha sivri oluşmuş ve sola doğru çarpık veri yapısı bulunmaktadır.

Tablo 3.3. GBM ile TL Bazındaki Bitcoin'in Fiyat Tahminlerinin Günlük Getiri Oranı İstatistikleri

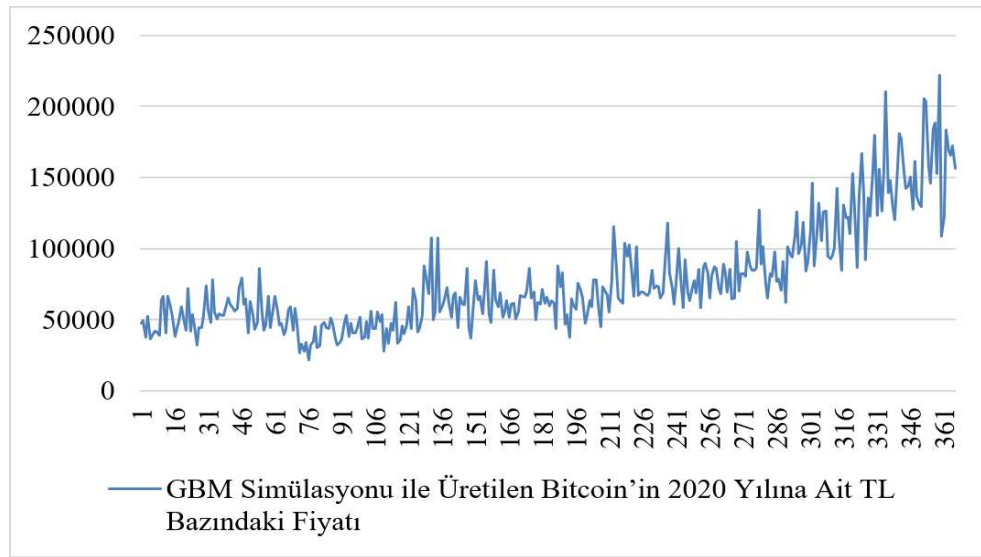
Gün Sayısı	365
Açıklık İstatistiği	5,29
En Küçük	-2,90
En Yüksek	2,38
Toplam	0,02
Ortalama	0,0001
Standart Sapma	0,8932
Varyans	0,798
Çarpıklık	-0,150
Basıklık	-0,057

Tablo 3.3'te tahmini yapılmış Bitcoin simülasyon verilerinin istatistikleri değerlendirildiğinde yılın 365 günü için baz alınan verilerde değişim olarak en küçük -2,9 oranı ile en yüksek 2,38 oranı aralığında veriler seyredilmiştir. Toplam getiri oranı 0,02 ile simülasyon verileri bulunmuştur. Diğer istatistikler ise ortalama getiri oranı 0,0001 olarak hesaplanmış olup verilerdeki standart sapma ise 0,8932 bulunmuştur. Çarpıklık değeri -0,150 ile basıklık değeri -0,057 bulunarak verimiz normal dağılım eğrisinden daha basık oluşmuş ve sola doğru çarpık veri yapısıyla oluşmuştur.

Tablo 3.4. GBM ile Bitcoin'in TL Bazındaki Tahmini Fiyatlarının İstatistikleri

Gün Sayısı	365
Açıklık İstatistiği	200310,00
En Küçük	21590,00
En Yüksek	221900,00
Ortalama	76712,27
Standart Sapma	37023,42
Varyans	1370734183
Çarpıklık	1,39
Basıklık	1,75

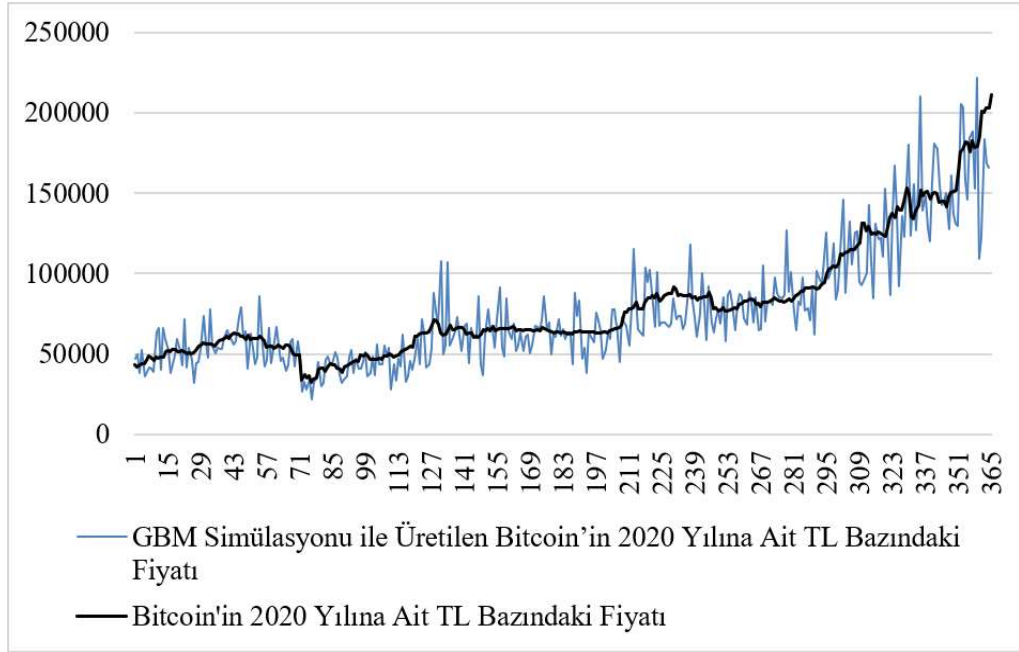
Tablo 3.4'te tahmini yapılmış Bitcoin simülasyon verilerinin fiyat istatistikleri değerlendirildiğinde yılın 365 günü için baz alınan verilerde değişim olarak en küçük 21590,00 TL fiyatı ile en yüksek 221900,00 TL fiyatı aralığındaki veriler tahmin olarak çıkmıştır. Ortalama fiyat 76712,27 TL olarak hesaplanmış olup verilerdeki standart sapma ise 37023,42 TL bulunmuştur. Çarpıklık değeri 1,39 ile basıklık değeri 1,75 bulunarak verimiz normal dağılım eğrisinden daha sivri oluşmuş ve sağa doğru çarpık veri yapısıyla oluşmuştur.



Şekil 3.2. GBM Simülasyonu ile Üretilen Bitcoin'in 2020 Yılına Ait TL Bazındaki Fiyatı

Yapılan bir yıllık simülasyonda ortaya çıkan grafik Şekil 3.2'de sergilenmiştir.

Günlük fiyat hareketlerinin yılın ortasından sonra geniş tahmin aralıklarına yayılımı görülmektedir. Bu tahmin fiyatlamalarına yönelik genişleme yükselen fiyat hareketleriyle yıl boyunca sürmektedir.



Şekil 3.3. 2020 Yılında Gerçekleşen Bitcoin'in TL Bazındaki Fiyatı ile GBM simülasyonu ile elde edilmiş Bitcoin'in TL Bazındaki Fiyatının Karşılaştırılması

Şekil 3.3'te 01.01.2020 ile 31.12.2020 tarihleri arasında gerçekleşmiş Bitcoin fiyat değişimleri ile Geometrik Brownian Hareketi yöntemiyle üretilmiş fiyat tahminleri kıyaslanmıştır. Şekil 3.3 incelendiğinde Bitcoin, 43000 TL fiyatla başladığı 2020 yılını 211000 TL fiyat seviyelerinde tamamlamıştır. Geometrik Brownian Hareketi ile oluşturulan tahminlerin yılın ilk aylarında piyasa koşullarının daha sakin seyir izlemesiyle oluşturduğu fiyat hareketinin tahmini daha düşük sapma değerli sonuçlar çıkarmıştır. Yılsonunda gözlemlenen yüksek piyasa hacmiyle oluşan hareketle artan fiyat değişimleri sonucunda yüksek sapmalara sahip tahminler elde edilmiştir. Dolayısıyla tahminlerin gerçek değerlerden ayrıştığı zamanlar grafikte bulunmaktadır. Tüm yıl değerlendirildiğinde gerçek fiyatların ortalamasına yakın değerler verdiği gözlenmektedir.

GBM tahminine yapılan Normallik testi için yokluk ve alternatif hipotezler aşağıdadır:

H_0 : GBM Tahmini normal dağılıma sahiptir.

H_1 : GBM Tahmini normal dağılıma sahip değildir.

Bitcoin fiyatlarına yapılan Normallik testi için yokluk ve alternatif hipotezler aşağıdadır:

H_0 : Bitcoin fiyatları normal dağılıma sahiptir.

H_1 : Bitcoin fiyatları normal dağılıma sahip değildir.

Tablo 3.5. GBM Tahmini ile Bitcoin Fiyatları için Normallik Testi

Tests of Normality	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
Bitcoin Endeksi	.191	365	.000
GBM Tahmini	.153	365	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Test istatistiği sonucundaki $p < 0,05$ değeri anlamlı kabul edilmiştir. Buna göre Tablo 3.5'te Bitcoin fiyat endeksi $p(=0,000) < 0,05$ olduğu için ve GBM tahmin değerleri için $p(=0,000) < 0,05$ olduğu için H_0 hipotezleri reddedilir. Bu ifadeyle verilerin normal olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Veriler normal dağılım göstermediği için kullanacağımız test istatistiği non-parametrik testlerden Mann -Whitney U testi olacaktır. Bu testin sonuçları aşağıdaki gibi bulunmuştur: Mann - Whitney U testi için yokluk ve alternatif hipotezleri:

H_0 : Bitcoin fiyatları ve GBM simülasyon verileri aynı medyanlı dağılıma sahiptir.

H_1 : Bitcoin fiyatları ve GBM simülasyon verileri aynı medyanlı dağılıma sahip değildir.

GBM tahmini ve Bitcoin fiyatlarıyla birlikte iki gruptan oluşan veriler için Mann - Whitney U test sonuçları aşağıdadır.

Tablo 3.6. GBM Tahmini ve Bitcoin Fiyatları için Mann - Whitney U İstatistikleri

Test Statistics ^a	
Mann-Whitney U	62201,000
Wilcoxon W	128996,000
Z	-1,549
Asymp. Sig. (2-tailed)	,121

a. Grouping Variable: gruplar

$p(= 0,121) > 0,05$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilemez, bir başka ifadeyle Bitcoin fiyatları ve **GBM** tekniği ile üretilen simülasyon verileri arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde ekonomik sebepler insanları daha fazla kazanç sağlama amacıyla yatırım araçları arayışına ve finansal piyasalara yönlendirmektedir. İnsanlar bu yönelimle birlikte yatırım araçları hakkında farklı kaynaklardan bilgi almakta ve bu doğrultuda yatırım yapmaya karar vermektedirler. Son zamanlarda alışlagelmiş yatırım araçlarının düşük getiriye sahip olması daha doğrusu makro ekonomik sebeplerle gerçek anlamda negatif getiriye sahip olması insanları yeni yatırım araçlarına yöneltmiştir. Son zamanlarda yeni ve gelişen teknolojiyle yatırım araçlarının en önemlisi ve en çok taleple karşılaşanlardan biri kripto paralardır. Bu sanal varlıklar yüksek risk oranı içermekle birlikte yüksek kazanç imkânı da sağlamaktadır. Bu yüzden gelecek fiyat tahmini büyük önem arz etmektedir.

Kripto paralardan ilki ve en büyük ekonomik değere sahip olan Bitcoin artan ilgi ve taleple oluşan dalgalı fiyat hareketleriyle birlikte incelenmiştir. Bu çalışmada, Bitcoin'in 2020 yılına ait günlük fiyat değişimleri kullanılmıştır. Sanal para olarak görülen Bitcoin'in gelecek fiyat tahmini yapmak için **GBM** simülasyonu kullanılmıştır. Bitcoin fiyatlarına, Geometrik Brownian Hareketi'yle yapılan bir yıllık modelleme ile Bitcoin'in bir yıllık gerçekleşen fiyat hareketleri arasında yakın sonuçlar gözlemlenmiştir. **GBM** ile oluşturulan tahminler yılın ilk aylarında durgun piyasa hareketleriyle birlikte düşük standart sapmalara sahiptir ve gerçeğe yakın tahminler elde edilmiştir. Kripto paralara ilginin artmasıyla oluşan dalgalı ve hızlı fiyat hareketleri tahmini zorlaştırmıştır ve yüksek sapmalara neden olan bu hareketlerin davranışıyla fiyatın grafik üzerinde gerçek değerlerden ayrıştığı gözlemlenmektedir. Kısa dönemli çalışmalarda tahminlerin daha tutarlı ve gerçek değerlere yakın sonuçlar verdiğini ifade etmek mümkündür.

Çalışmamıza 2020 yılı başından itibaren baktığımızda 43000 TL ile başlayan Bitcoin en düşük 32515 TL seviyesine gerilemiştir. Yıl ortalarında kısa dönemli düşüşler yaşasa da yılı artan fiyat hareketleriyle 211000 TL fiyatla kapatmıştır. Bu hareketin yıl boyunca pozitif olması bu şekilde devam edeceği anlamına gelmemektedir. Yatırımcılar açısından pozitif sonuçlar elde edilmiş olsa da bu fiyat

hareketinin etkisi katlanarak artmıştır. Tahminlerimiz artan etkiyi daha geniş sapma değerleriyle tahmin sonuçlarına yansıtmıştır. Veriler yatırımcılar açısından önemli bir nokta olan Bitcoin'in zaman içerisinde ne kadar kazançlı veya riskli bir yatırım aracı olduğunu belirtmektedir. Zaman ilerledikçe yatırımların çok kısa dönemde bu kadar artış kaydetmesi yatırımcılar açısından pozitif gibi görünse de aslında oluşabilecek büyük düşüşlerle fiyatların azalış gösterebileceği, yıl içerisinde yaşanan bazı fiyat düşüş hareketleriyle görülmektedir. Yatırımların kısa zaman içerisinde yatırım değerlerinin küçülebilmesi ihtimaliyle kullanıcıların aşırı riskle karşı karşıya olduklarını bu piyasalarda işlem yaparken unutmamaları gerekmektedir.

Tüm yıl değerlendirildiğinde gerçek fiyatların ortalamasına yakın fiyatlar elde edildiği, çalışmamızda yapılan testler sonucunda görülmektedir. **GBM** Tahmini ile Bitcoin fiyatları için yapılan Mann -Whitney U testinde **GBM** simülasyonu ile Bitcoin fiyatlarının aralarında istatistiksel olarak fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu alanda çalışma yapmayı düşünen araştırmacılar daha verimli sonuçlar elde etmek için kullanılan formülleri geliştirebilir ve farklı stokastik süreçlerle birleştirebilir.

5. KAYNAKLAR

- Bitcoin (2022). "Sıkça Sorulan Sorular". <https://bitcoin.org/tr/sss#bitcoin-nedir> (Erişim tarihi: 05.05.2022)
- Cvitanic, J., & Zapatero, F. (2004). *Introduction to the economics and mathematics of financial markets*. MIT press.
- Dana, R. A., & Jeanblanc, M. (2007). *Financial markets in continuous time*. Springer Science & Business Media. Second Printing.
- Dinler, Z. (2006). *İktisada Giriş*, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa.
- European Central Bank, (2012). "Virtual Currency Schemes". October 2012. <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemes201210en.pdf> (Erişim tarihi: 05.04.2022)
- Fama, E. F. (1965). The Behavior of Stock-Market Prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34–105. <http://www.jstor.org/stable/2350752> (Erişim tarihi: 05.10.2021)
- Halaç, O. (2001). *Kantitatif karar verme teknikleri: (Yöneylem araştırması)*. Alfa Basım Yayım Dağıtım, 5.Baskı.
- Hull, J.C. (2014). *Options, Futures & Other Derivatives*, Ninth Edition, Pearson.
- İnal, C. (1988). *Olasılıksal Süreçlere Giriş*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Investing (2022). "Kripto Paralar". <https://tr.investing.com> (Erişim tarihi: 15.05.2022)
- Investing (2021). "Bitcoin". <https://tr.investing.com/crypto/bitcoin/btc-try> (Erişim tarihi: 20.10.2021)
- Karatzas, I., & Shreve, S. E. (1988). *Brownian Motion and Stochastic Calculus* Springer Verlag, New York. MR917065.
- Karatzas, I., & Shreve, S. E. (1998). Brownian motion. *In Brownian Motion and Stochastic Calculus* (pp. 47-127). Springer, New York, NY.
- Lux, T., & Marchesi, M. (2000). Volatility clustering in financial markets: a microsimulation of interacting agents. *International journal of theoretical and applied finance*, 3(04), 675-702.
- Önalın, Ö. (2004). *Finans Mühendisliğinde Matematiksel Modelleme*, Avcıol Basım Yayın, İstanbul.
- Önalın, Ö. (1996). *Hisse Senedi Fiyat Değişimlerinin Stokastik Süreç Olarak Analizi* (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- Önalın, Ö. (2010). *Stokastik Süreçler*, Avcıol Basım Yayın, İstanbul.
- Özkan, T., & Güngör, B. (2017). Geometrik Brownian Hareketi Modeli İle Endeks Dalgalanmalarını Değerlendirme: BIST-30, BIST-100 VE S&P 500 Endeksleri Üzerine Bir Uygulama. *Ataturk University Journal of Economics & Administrative Sciences*, 31(2).
- Özel Kadılar, Gamze. (2020). *Stokastik Süreçler ve R Uygulamaları*.
- Paul, W., & Baschnagel, J. (2013). *Stochastic processes. From Physics to finance. Second Edition*, ISBN 978-3-319-00326-9
- Sağlam V., Sağır M. ve Yücesoy E. (2018). *Olasılığa Giriş*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Segendorf, B. (2014). What is bitcoin. *Sveriges Riksbank Economic Review*, 2014, 2-71.

- Shi, A. (2010). *Stochastic Processes and their Applications in Financial Pricing*. Washington: University of Washington, 3.
- Tavella, D. (2002). *Quantitative Methods in Derivatives Pricing: An Introduction to Computational Finance*, John Wiley & Sons.
- Todorovic, P. (2012). *An introduction to stochastic processes and their applications*. Springer Science & Business Media.
- Wilmott, P., Howson, S., Howison, S., & Dewynne, J. (1995). *The mathematics of financial derivatives: a student introduction*. Cambridge university press.
- Zohar, A. (2015). Bitcoin: under the hood. *Communications of the ACM*, 58(9), 104-113.

ÖZ GEÇMİŞ

Uğur Alakoç, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümü'nden 2017 yılında mezun oldu. 2019 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Bölümü Yüksek Lisans programını kazandı. Uğur Alakoç orta derecede İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları arasında istatistik, finans ve matematik bilimleri yer almaktadır.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0003-2671-2666

Yayınlar:

1. Alakoç, U. (2022, Mart). *Geometrik Brownian Hareket Simülasyonu ile Enflasyon Değişikliklerin Tahmin Çalışması*, Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Sempozyumu, Uluslararası Balkan Üniversitesi, Üsküp.