



BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

Journal homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Bitcoin Fiyatlarının Gri Tahmin ile Modellenmesi

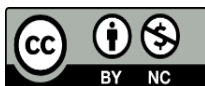
Yasemin YURTOĞLU  <https://orcid.org/0000-0001-9579-6133>

To cite this article: Yurtoğlu, Y. (2025). Bitcoin fiyatlarının gri tahmin ile modellenmesi. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 17-40.

Received: 26 Sep 2024

Accepted: 7 Nov 2024

Published online: 28 Feb 2025



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

©All right reserved



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 10, Issue 1, pp. 17-40, 2025

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 26.09.2024 Accepted / Kabul: 07.11.2024

Doi: <https://doi.org/10.25229/beta.1556616>

Bitcoin Fiyatlarının Gri Tahmin ile Modellenmesi

Yasemin YURTOĞLU^a

^aDr. Öğr. Üyesi, Ufuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

<https://orcid.org/0000-0002-7177-5116>

Öz

Tarihin başlangıcından itibaren sürekli evrim geçiren para, insanlık tarafından geliştirilen en önemli araçlardan biridir. Para, insanların gelecekteki ve anlık ihtiyaçlarını karşılamak için belirlenen bir değeri temsil eder. Para kavramı, dönemin koşullarına ve imkânlarına göre farklı şekillerde ortaya çıkar. Kripto paraların temelleri 1980'lerde atılmış olup, 2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından Bitcoin'in tanıtılmasıyla hayatımıza girmiştir. Geleneksel paralara alternatif olarak ortaya çıkan kripto paralar, teknolojik bir yenilik olup her geçen gün daha da popüler hale gelmektedir. Bitcoin, merkezi bir otorite tarafından yönetilmeyen ilk kripto paradır ve popülerliği ve başarısı diğer alternatif kripto paraların oluşmasına yol açmıştır. Julong Deng tarafından 1982 yılında geliştirilen "Gri Sistem Teorisi", belirsiz sistemlerin davranışlarını tahmin etmek için kullanılan bir yöntem olup GM (1,1) modeli en sıklıkla kullanılan gri modeldir. Bu çalışma, Bitcoin'in fiyatlarını GM (1,1) modeli kullanarak tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma sonucunda, modelin gelecek dönem tahminleri için uygun olduğu ve başarılı tahminler yaptığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Bitcoin,
Kripto Para,
Gri Sistem Teorisi,
Gri Modelleme

JEL Kodu

C02, C13, E37, E44, G17

İletişim Yasemin YURTOĞLU ✉ yaseminyurtoglu@gmail.com ☒ Ufuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

Atıf Yurtoğlu, Y. (2025). Bitcoin fiyatlarının gri tahmin ile modellenmesi. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 10(1), 17–40.



This manuscript is licensed under Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License ([CC BY NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Modelling Bitcoin Prices with Grey Forecasting

Abstract

Money, which has constantly evolved since the beginning of history, is one of the most important tools developed by humanity. Money represents a value determined to meet the future and immediate needs of people. The concept of money emerges in different ways according to the conditions and possibilities of the period. The foundations of cryptocurrencies were laid in the 1980s and entered our lives with the introduction of Bitcoin by Satoshi Nakamoto in 2008. Cryptocurrencies, which emerged as an alternative to traditional currencies, are a technological innovation and are becoming more and more popular every day. Bitcoin is the first cryptocurrency not managed by a central authority, and its popularity and success has led to the creation of other alternative cryptocurrencies. 'Grey System Theory', developed by Julong Deng in 1982, is a method used to predict the behavior of uncertain systems and the GM (1,1) model is the most frequently used grey model. This study aims to predict the prices of Bitcoin using the GM (1,1) model. As a result of the research, it was determined that the model is suitable for future forecasts and makes successful forecasts.

Keywords

Bitcoin,
Cryptocurrency, Grey
System Theory,
Grey Modelling

JEL Classification

C02, C13, E37, E44,
G17

1. Giriş

Günümüzde bilim ve teknolojinin hızla ilerlemesi, mobil kullanımın artması ve internetin her yerden erişilebilir olması, para kavramının değişmesine yol açmıştır. Geleneksel paraya alternatif olarak ortaya çıkan kripto paralar, önemli bir teknolojik gelişmedir ve her geçen gün daha da popüler hale gelmektedir. Kripto paralar, dijital varlıklar olarak bilinen ve şifrelenmiş işlemleri sağlayan sanal paralardır. Kripto para, geleneksel paranın yerine geçen ve dijital ortamda kullanılan bir para birimidir (Çarkacıoğlu, 2016).

Kripto paraların temeli 1980'li yıllara kadar uzanmaktadır, ancak en ünlüsü 2008 yılında gerçek kimliği belirsiz Satoshi Nakamoto takma isimli kişi tarafından oluşturulan Bitcoin'dir. Bitcoin, merkezi bir otorite tarafından yönetilmeyen ilk kripto para birimidir ve sektörün öncüsü olarak kabul edilmektedir. Bitcoin'in başarısı ve popülerliği arttıkça, birçok yeni kripto para ortaya çıkmıştır. Bu dijital para birimlerinin ayakta kalmasını sağlayan temel özellik blok zinciri adı verilen açık bir dijital defter teknolojisidir. Blok zincir, hesap hareketlerinin kaydedilmesini sağlayan güvenilir bir veri tabanıdır. Hesap hareketleri, dijital olarak imzalanarak gerçekliğini korumakta ve kimse bu kayda müdahale edememektedir (Şahin, 2016).

Kripto para birimleri, kriptografi temelli blok zinciri yapısını kullanarak oluşturulan, fiziksel bir karşılığı ve merkezi bir otoriteye bağlı olmayan, hızlı, düşük maliyetli ve güvenli bir şekilde işlem yapılabilen sanal para birimleridir. Bu tür paraların değeri, devlet itibarından veya

maden değerinden değil, piyasadaki arz ve talebe göre belirlenmektedir (Eğilmez, 2017). Kripto paraların geleceği hakkında farklı görüşler olmasına rağmen, avantajlarını ve dezavantajlarını açıklamak önemlidir. Kripto paraların bazı avantajları, enflasyon riski olmaması, eşler arası işlem ağı, sınırsız işlem imkânı, düşük işlem maliyeti, merkeziyetçilikten uzak olması, kullanım kolaylığı, hızlı işlem imkânı, anonimlik, şeffaflık, sahibine ait olma, kişisel bilgilerin korunması, düşük dolandırıcılık riski ve borç niteliği taşıyıp taşımadığıdır. Buna karşın dezavantajları ise güvenlik, kullanım alanının sınırlı olması, yasadışı kullanım riski, fiziksel bir karşılığının bulunmaması, fiyatlarında yüksek dalgalanma oranları, yüksek elektrik tüketimi ve depolama sorunudur.

Bu çalışmanın amacı, gri sistem teorisi kullanarak Bitcoin fiyatlarının değişimlerini tahmin etmektir. Çalışmada, kullanılan Bitcoin günlük kapanış fiyatları investing.com web adresinden alınmıştır. Günlük kapanış verileri, kripto para piyasasındaki önemli değişimleri yansıttığı için tercih edilmiştir. Bitcoin fiyatlarının tahmini için GM (1,1) modeli kullanılmış ve sadece yirmi bir gözlem üzerinde çalışma yapılmıştır. Örneklem, 01/07/2024 - 21/07/2024 tarihleri arasında ABD doları cinsinden gerçekleşmiştir. Çalışmadan elde edilecek sonuçlar bir yatırım tavsiyesi olmamakla birlikte yatırımcıların gelecek ile ilgili karar almalarında yol gösterici olması açısından önemlidir. Ayrıca, çalışmada son dönem verilerini kullandığı için güncel bir nitelik taşımaktadır. Çalışma sırası ile giriş, kripto para kavramı ve Bitcoin, literatür taraması, ekonometrik yöntem ve bulguları bölümlerini takiben sonuç ve değerlendirmelerin yer aldığı sonuç bölümünden oluşmaktadır.

2. Kripto Para Kavramı ve Bitcoin

Kripto para birimlerinin piyasaya sürülmesi, fiyatlarda dalgalanmalara yol açabilmektedir. Yeni bir kripto para piyasaya sürüldüğünde, fiyatlar genellikle yüksek volatilité göstermekte ve yatırımcılar tarafından hızlıca alınıp satılmaktadır. Fiyatlar, kripto paranın toplam arzından da etkilenmektedir. Arz sınırlı ve talep yüksekse fiyatlar yükselebilmektedir. Arz fazla ve talep düşükse fiyatlar da düşebilmektedir (White, 2015). Kripto para yatırım zirvesi 2022'nin ilk çeyreğinde 11,1 milyar dolar olarak kaydedilmiş, ancak 2023'ün dördüncü çeyreğinde sadece 1,7 milyar dolara düşmüştür. Kripto para yatırımları 2024'ün başında 2,4 milyar dolara yükselmiştir.

Kripto paraların piyasa değeri birçok faktöre bağlıdır ve kripto paralar piyasada hızla popüler hale gelmiştir. Ekonomideki yeri ise giderek artan kabul görme eğilimindedir ve

yatırımcılar tarafından da tercih edilmektedir. Ancak, kripto paraların hala belirsizlikler ve riskler taşıdığı unutulmamalıdır (Özuysal, 2023).

Kripto para birimlerinin tam sayısı bilinmemekle birlikte, şu anda binlerce farklı türü bulunmaktadır. Genellikle merkez bankaları tarafından çıkarılmayan, onaylanmayan ve düzenlemeye tabi tutulmayan varlıklardır. Bilgisayarlarda matematiksel algoritmaların çalıştırılmasını içeren madencilik yoluyla üretilmektedir. Bu süreç genellikle bireyler, şirketler ve akademik kurumlar tarafından yürütülmekte, ancak kripto paraların çoğu bireyler tarafından üretilmektedir. Büyük teknoloji şirketleri de kripto para birimleri yaratmak için çeşitli çabalar göstermiş olsa da sektör daha kurumsal hale geldikçe yenilerine talep olup olmayacağı belirsizliğini korumaktadır. Kripto paralar hükümetlere bağlı olmadıkları ve fiziksel olarak var olmadıkları için, eşler arası ödeme sistemleri olarak işlev görmektedirler. Sonuç olarak, kullanıcıların anonimliklerini korumalarına izin verirken sınır ötesi işlemler için uygun bir araç sağlamaktadırlar (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Kripto Para Araştırma Raporu, 2020).



Grafik 1. Kripto Paralar için Toplam Piyasa Değeri

(<https://www.tradingview.com/markets/cryptocurrencies/global-charts/> Erişim Tarihi: 22/07/2024).

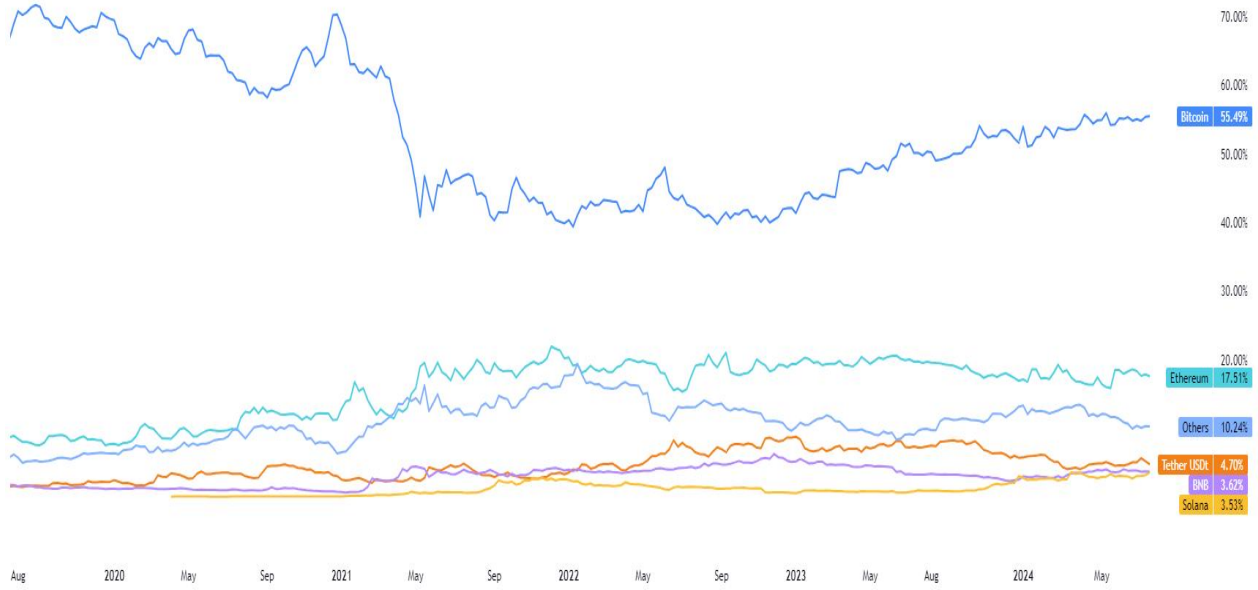
Grafik 1 incelendiğinde; toplam kripto piyasası değeri 2,382 Trilyon \$'dır. Altcoinler, Bitcoin dışındaki diğer kripto paraları ifade etmektedir. Altcoinler, Bitcoin ve diğer kripto paralar gibi Amerikan dolarının (\$) çok küçük bir parçasından bile oluşturulabilen bir kripto para çeşididir.

Altcoinler içinde en popüler olanlar Ethereum (ETH), Tether (USDT), BNB (BNB), Solana (SOL), Dogecoin (DOGE), Ripple (XRP) ve Cardano (ADA) yer almaktadır. Her altcoinin kendine has özellikleri ve potansiyel kullanım alanları vardır. Altcoinlerin piyasa değeri bugün itibarıyla 240,766 milyar \$'dır.

Bitcoin, kripto para dünyasında 2009 yılında yaratılmıştır ve 2011 yılında piyasaya sürülmüştür. Bu olayın ardından, diğer kripto para birimleri de dikkat çekmeye başlamıştır. Bazıları Bitcoin'in bir kopyası olarak tasarlanırken, bazıları teknik ayrıntılarda farklılık göstermiş ve bazıları ise kripto para ekonomisini değiştirme potansiyeli taşımıştır. Kripto para birimleri dünya genelinde yaygınlaşarak birçok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Bitcoin, dijital bir varlık olarak tasarlanmış bir değişim aracıdır (Ali, Barrdear, Clews, & Southgate, 2014; Nakamoto, 2008).

Kriptografiye dayanması nedeniyle güvence altına alınmış işlemler yapmakta ve merkezi olmayan bir ağ üzerinde faaliyet göstermektedir. Bitcoin, madencilik süreciyle oluşturulmakta ve merkezi bir otorite tarafından verilmemektedir. Bu nedenle, internet üzerinde yönetilen merkezi olmayan bir para birimidir (Pagliery, 2014; Vigna & Casey, 2016).

Bitcoin, dijital bir para birimi olarak tanımlanabilmekte ve sadece sahibi tarafından bir kez harcanabilmektedir (Hall, 2013). Bitcoin, merkezi olmayan bir ağ üzerinde çalışarak doğrudan iletişime olanak tanımaktadır. Yaratılış işlemi, merkezi olmayan bir şekilde kriptografi ilkelerine dayanan bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bitcoin, sanal bir para birimi olarak tanımlanabilmekte ve internet üzerinden yönetilmektedir. Altın gibi, Bitcoin de çaba ve emek yoluyla kazılabilmektedir. Bitcoin'in yaratıcıları, Bitcoin'in çıkarılmasını altın madenciliği gibi bir sürece benzetmişlerdir. Bitcoin'in oluşturulması enerji yoğun bir sürece dayanmaktadır (James, 2018).



Grafik 2. Piyasa Değerine Göre Hakimiyet

(<https://www.tradingview.com/markets/cryptocurrencies/global-charts/> Erişim Tarihi:

22/07/2024)

Grafik 2 incelendiğinde; toplam kripto piyasası içinde Mayıs 2024 itibari ile piyasanın yüzde 55,49'u Bitcoin'dir. Bunu yüzde 17,51 oranla Ethereum izlemektedir. Sırasıyla; yüzde 4,70 oranla Tether, yüzde 3,62 oranla BNB, yüzde 3,53 oranla Solana ve yüzde 10,24 oranla diğer coinler gelmektedir.

3. Literatür Taraması

Çalışmanın bu bölümünde, gri modelleme yöntemi ile yapılmış tahminleme çalışmaları hem yerli ve hem de yabancı çalışmalar olmak üzere incelenmiştir. Çalışmalar yıl sıralamasına göre aşağıda özetlenmiştir.

Hsu & Chen (2003), çalışmalarında bütünleşik devre sistemleri taleplerinin tahmini için gri sistem tahmini ve geleneksel tahmin yöntemlerini karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışma sonucunda, kısa dönemli tahminlerde gri sistem tahmininin daha iyi tahmin sonucu verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Akay & Atak (2007), çalışmasında Türkiye için elektrik talep değerini yuvarlanma mekanizmalı GM (1,1) modeli ile tahminlemişlerdir. Sonuçta gerçeğe yakın, iyi tahmin sonuçlarına ulaşılmıştır.

Askari & Askari (2011), temel GM (1,1) ve dönüştürülmüş GM (1,1) modellerinin doğruluklarını Fourier serileri ile karşılaştırmalı incelemişlerdir. Modellerin performanslarını, altın fiyatının veri setini kullanarak ARIMA modeli ile karşılaştırmışlardır. Sonuçta, dönüştürülmüş GM (1,1) modelinin ARIMA modeline göre daha iyi performansa sahip olduğunu sonucuna ulaşılmıştır.

Rathnayaka & Seneviratna (2014), çalışmalarında 1998 - 2015 dönemleri için Sri Lanka'nın yıllık elektrik tüketimi GM (1,1) ve ARIMA (1,1) modelleri ile tahmin edilmiştir. Modellerin performansı MAD, MSE ve MAPE istatistikleri ile test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, GM (1,1) modelinin ARIMA (1,1) modeline göre daha iyi tahminler sonucu verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Köse vd. (2015), çalışmalarında, gri tahmin yönteminin etkinliğini test etmiştir. Üniversitede dört yıllık eğitimlerini bitiren öğrencilerin, ilk beş dönemlik başarı ortalamaları ile mezuniyet ortalamalarını, gri tahmin yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Buna göre gri tahmin yönteminin kısıtlı veri ile oldukça iyi performans sağladığı görülmüştür.

Oruç & Eroğlu (2017), çalışmalarında Isparta'nın doğalgaz talebini belirlemek için GM (1,1), Box-Jenkins ve üstel düzleştirme yöntemlerini kullanarak karşılaştırma yapmışlardır. Tahmin için konut sektörüne ait Ocak 2010 - Nisan 2016 tarihlerini kapsayan 76 aylık veri seti kullanmışlardır. Mayıs 2016 - Aralık 2017 tarihlerini kapsayan 20 ay için ise tahmin yapılmıştır. Sonuçta üç modelin tahmin performansı RMSE, MSE, MAE - MAD ve MAPE istatistikleri ile değerlendirilmiştir. GM (1,1) modeli en iyi tahmin sonuçlarını vermiştir: Box-Jenkins yöntemi ise en kötü tahmin sonuçlarını veren modeldir.

Khadijeh (2019) çalışmasında Türkiye'nin yıllık CO2 emisyonu miktarı klasik GM (1,1) modeli, yuvarlanma mekanizmalı GM (1,1) modeli, Doğrusal olmayan Gri Bernoulli modeli (DOGBM (1,1)) ve yuvarlanma mekanizmalı Doğrusal olmayan gri Bernoulli modelleri kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin için kullanılan tüm modellerinin performansını belirlemek için ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) ölçütü kullanılmıştır. En iyi tahmin sonuçlarını Genetik algoritma esaslı yuvarlanma mekanizmalı doğrusal olmayan gri Bernoulli modeli vermiştir.

Oruç & Başağaoğlu Fındık (2020), çalışmalarında Süleyman Demirel Üniversitesi Ağız ve Diş Sağlığı Merkezinde yatan hastaların 2015 Ocak - 2019 Ağustos için yataklı servisine ait 56 aylık veriler kullanılarak 2019 Eylül - 2021 Aralık için 28 aylık hasta sayıları tahmini Gri Tahminleme Yöntemi ile tahmin edilmiştir. Modelin öngörü başarısını ölçmek için MAPE, doğruluk (p) ve hata oranı (C) ölçütleri kullanılmıştır. Sonuçlarda kısmen başarılı olunmuştur. Doğruluk (p) değeri 0,82; hata oranı (C) değeri 0,46 ve MAPE değeri ise yüzde 21 olarak hesaplanmıştır.

Sayım & Ömürbek (2021) çalışmalarında, 2019 - 2023 yılları için bir büyükşehir belediyesinin gelirleri GM (1,1) yöntemi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çözüm sonucunda; “Vergi Gelirleri, Teşebbüs ve Mülkiyet Gelirleri, Alınan Bağış ve Yardımlar, Diğer Gelirler ve Gelirlerin Toplamı” için model 2019 - 2023 gelecek dönem tahmin değerlerinde bir artış eğilimi gösterirken “Sermaye Gelirleri” için 2019 - 2023 gelecek dönem tahmini değerlerinde bir azalış eğilimi göstermektedir sonucuna ulaşılmıştır.

Akyüz & Birgil (2022), 2011- 2020 yıllarını kapsayan Türkiye verilerine dayanarak 2021- 2030 yılları arasındaki Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) harcamalarını tahmin etmek için Standart Gri Model (GM (1,1)) ve Üstel Gri Model (EXGM (1,1)) kullanmışlardır. Çalışmada, gerçekleşen ve tahmin edilen değerler arasındaki yüzde bağıl hata (RPE) ve ortalama yüzde bağıl hata (MAPE) hesaplanmıştır. Bulgular, Türkiye'deki Ar-Ge harcamalarının katlanarak artmasının beklendiğini göstermiştir.

4. Ekonometrik Yöntem ve Bulgular

Geçmiş verileri kullanarak gelecek ile ilgili bilgi oluşturma aksiyonuna tahmin denilmektedir. Tahmin edilecek sistem / veri hakkında istenilen düzeyde bilgi sahibi olunamadığında ve az sayıda veri seti olması durumunda başarılı bir tahmin yapabilmek için gri sistem tahmin yöntemleri tercih edilmektedir. Özellikle GM (1.1) tahmin yöntemi bu amaçla sıklıkla kullanılmaktadır.

Veri seti üzerinde bir GM (1,1) gri tahmin modeli oluşturulmaktadır. Modelin doğruluk testleri yapılmaktadır. Bu testlerde başarılı olan model, gelecek değerleri tahmin amacıyla kullanılmaktadır (Liu & Lin, 2006).

Tahmin yapmak için kullanılan geleneksel yöntemlerde geniş veri setlerine ve belirli dağılımlara uygun olması gibi gerekliliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Oysaki gri tahmin yöntemleri çok az veri ve dağılım uygunluğu olmayan hallerde kullanılabilir (Sümer, 2022: 38). Aşağıda yer alan Tablo 1’de geleneksel tahmin yöntemleri ile gri sistem tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 1

Geleneksel Tahmin Yöntemleri ile Gri Sistem Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Yöntem	Gerekli Veri Sayısı	Veri Türü	Tahmin Dönemi
Gri Tahmin	4	Eşit ve Eşit Olmayan Aralıklı	Kısa, Orta, Uzun
Basit Üstel	5 - 10	Eşit Aralıklı	Kısa
Winter’s	5	Aynı Trendde ve Düzenli	Kısa, Orta
Holt’s	10 - 15	Aynı Trendde ve Düzenli	Kısa, Orta
Regresyon	10 - 20	Aynı Trendde ve Düzenli	Kısa, Orta
Box-Jenkins	50	Eşit Aralıklı	Kısa, Orta, Uzun

Kaynak. Sümer (2022: 38).

Temel gri tahmin yöntemi GM (1,1) modelinin çözümü için aşağıda tanımlanan sekiz adımlı sürecin izlenmesi gerekmektedir (Liu & Lin, 2006).

Birinci adım: N gözlemlilik yeni bir zaman serisi verisi $[X^{(0)}]$ ve bu veri seti içinde negatif değer içermeyecek şekilde başlangıç verisi oluşturulmalıdır.

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(N)) = (x^{(0)}(k); k = 1, 2, 3, \dots, N \text{ ve } N \geq 4) \quad (1)$$

Yukarıda tanımlanan (1) numaralı eşitlikte üst simge (0) ham veriyi temsil etmektedir. Tüm ham verilerin pozitif olduğu varsayılmaktadır. Gri sistem modellemesinde veri setinde negatif değer kullanılmasına izin verilmemektedir.

İkinci adım: (1) numaralı eşitlikte oluşturulan yeni zaman serisine $[X^{(0)}]$ birikimli üretim işlemi (ham veri setini monoton artan hale dönüştürme) uygulanarak yeni birikimli bir zaman serisi $[X^{(1)}]$ oluşturulmaktadır.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(N)) = (x^{(1)}(k) = \sum_{k=1}^N x^{(0)} \text{ ve } k = 2, 3, \dots, N; N \geq 4) \quad (2)$$

Üçüncü adım: Yeni oluşturulan birikimli zaman serisi $[X^{(1)}]$ ile katsayı değerlerini bulabilmek için birinci dereceden gri diferansiyel denklem oluşturulmaktadır.

$$x^{(1)}(k) + \alpha z^{(1)}(k) = b, \quad k = 1, 2, 3, \dots, N \quad (3)$$

$$z^{(1)} = \alpha x^{(1)}(k) + (1 - \alpha)x^{(1)}(k - 1), \quad k = 1, 2, 3, \dots, N \quad (4)$$

Eşitlik (3) ve (4)'te özel bir durum olmadığı sürece eşit ağırlıklı beyazlaştırma fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu nedenle de α değeri 0,5 olarak alınmaktadır.

Dördüncü adım: Bu aşamada katsayı değerlerini hesaplamak için aşağıda matris notasyonu ile tanımlanmış olan En Küçük Kareler yöntemi ile a ve b katsayıları hesaplanmaktadır.

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}(N) & 1 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} x^{(1)}(2) \\ x^{(1)}(3) \\ \dots \\ x^{(1)}(N) \end{bmatrix} \text{ ve } A = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \text{ kullanılarak } Y = BA \text{ bulunur.} \quad (5)$$

Eşitlik (5) kullanılarak a ve b katsayı değerleri aşağıdaki şekilde bulunur.

$$A = (B^T B)^{-1} B^T Y = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (6)$$

Eşitlik (6)'da “ a ” gelişme katsayısı ve “ b ” ise sürücü katsayısı / gri etki miktarı parametreleri olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik (6)'da görüldüğü gibi gri sistem modelinde sadece iki parametre değeri bulunduğu için ihtiyaç duyulan veri sayısı azdır.

Beşinci adım: Yeni oluşturulan birikimli zaman serisi $[X^{(1)}]$ serisi kullanılarak GM(1,1) modeli ve katsayıları hesaplamak için birinci dereceden gri diferansiyel denklemi oluşturulmaktadır.

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b \quad (7)$$

Altıncı adım: Eşitlik (7)'de tanımlanan birinci dereceden diferansiyel denklem kullanılarak birikimli zaman serisinin $[X^{(1)}]$ tahmini değerleri hesaplanmaktadır.

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a}, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

Yedinci adım: Bir önceki adımda $[X^{(1)}]$ 'in tahmini değerleri ile ters birikimli üretim işlemi yapılarak yeni tahmin değerleri hesaplanmaktadır.

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k), \quad (9)$$

Bu aşamada Eşitlik (9), Eşitlik (8)'de yerine konularak denklem yeniden düzenlenmektedir. Böylece Eşitlik (8)'de $\hat{x}^{(0)}(k+1)$ değeri yeni konulmuş olmaktadır. Daha sonra bu süreç oluşturulan bu denklemin tahmini ile devam etmektedir. $\hat{x}^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$ olmak üzere aşağıdaki eşitliğe ulaşılmaktadır.

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (1 - e^a) \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak}, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

Sekizinci adım: Bu aşamada son olarak GM (1,1) modelinin hata payı hesaplanmaktadır.

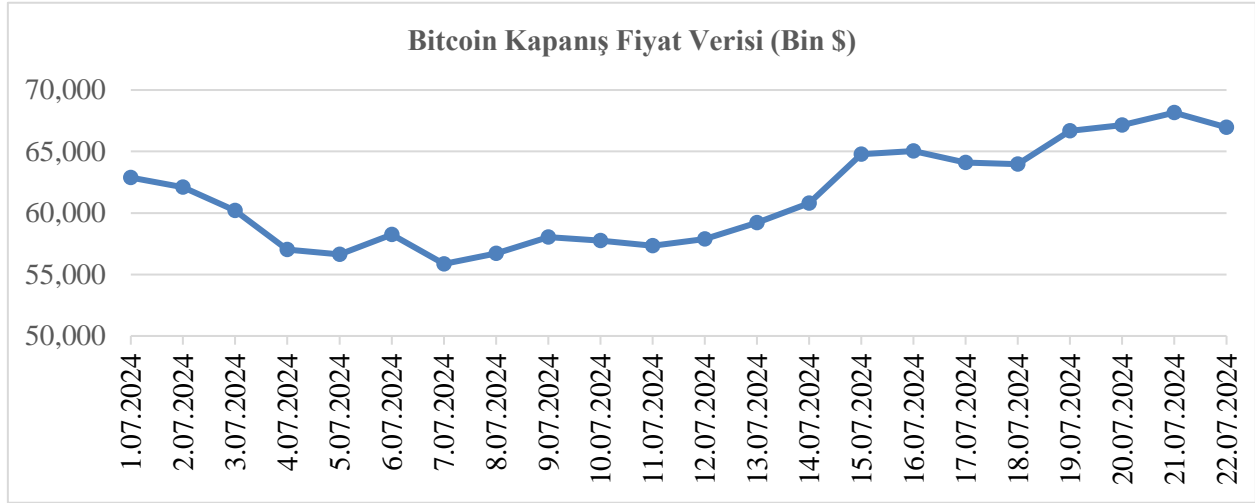
$$\text{Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)} = \frac{\sum \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)}}{N} \times 100 \quad (11)$$

Ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değeri, hesaplanan tahmin değerlerinin hatalarını yüzde olarak vermektedir. Bir tahmin sonucunun hata değerlerinin geçerli kabul edilmesi için MAPE değerinin yüzde 10'dan düşük olması istenmektedir. Yüzde 10'un altındaki hata değerleri "yüksek doğruluk" düzeyine sahip olarak kabul edilmektedir (Eren & Kaçtıoğlu, 2017).

Bu çalışmada, kripto para piyasasında en büyük paya sahip Bitcoin fiyatlarındaki değişim gri sistem tahmin yöntemi GM (1,1) ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

4.1. Veri Seti ve Model

Bu çalışmada, Bitcoin fiyat verisi 01 Temmuz – 22 Temmuz 2024 dönemini kapsayan günlük veriler kullanılarak araştırılmıştır. Kullanılan veriler investing.com web adresinden alınmıştır. Modelde ilk on dört veri (01/07 - 14/07) eğitim verisi ve geriye kalan yedi veri (15/07 - 21/07) test verisi olarak kullanılmıştır. Gri tahmin modeli GM (1,1) uygulaması MATLAB R2018b versiyon paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tahmin edilen modelin Matlab kodları Ek 1'de verilmiştir. Tahmin modelinin performans yeterliliği için ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ölçütü kullanılmıştır.



Grafik 3. Bitcoin'e ait Zaman Serisi Grafikleri (<https://tr.investing.com/crypto/bitcoin/historical-data>, Erişim Tarihi: 25/07/2024).

Grafik 3'te çalışmada tahmin edilmeye çalışılan bitcoin fiyatları için kullanılan veri setinin değerleri verilmiştir. İlgili dönem aralıklarında ilk gün fiyat 62,890.1 bin \$ iken son gün 66,961.8 bin \$ olduğu görülmektedir. Ortalama olarak ilgili dönemde yüzde 0.33 artış olmuştur.

4.2. Yöntem ve Bulgular

Çalışmada, bir önceki bölümde detayları verilen temel gri sistem GM (1,1) modeli kullanılarak bitcoin fiyatları günlük olarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Modelde ilk 14 veri seti eğitim amaçlı ve son yedi veri ise test amaçlı olarak sabitlenmiştir.

Tahmin değerlerinin ve modelin doğruluğunu test etmek için ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) değerine bakılmıştır.

$$\text{Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left| \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right| \times 100 \quad (12)$$

Bu model, Ek 1'de yer alan MATLAB paket programı fonksiyonu kullanılarak Bitcoin fiyat tahminine uygulandığında MAPE değeri yüzde 2,28 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak oluşturulan gri sistem tahmin modeli GM (1,1) yüzde 10'un altında MAPE değeriyle "yüksek doğruluk" düzeyine sahip olduğu söylenebilir. Tahmin değerleri ve hata yüzdeleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Bitcoin için $X^{(1)}$ ve $z^{(1)}$ Değerleri

Gözlem	$X^{(1)}$	Gözlem	$Z^{(1)}$
$X^{(1)}(1)$	62,890.1	$Z^{(1)}(1)$	94,441.75
$X^{(1)}(2)$	125,993.4	$Z^{(1)}(2)$	156,593.05
$X^{(1)}(3)$	187,192.7	$Z^{(1)}(3)$	215,705.85
$X^{(1)}(4)$	244,219.0	$Z^{(1)}(4)$	272,539.90
$X^{(1)}(5)$	300,860.8	$Z^{(1)}(5)$	330,490.40
$X^{(1)}(6)$	359,120.0	$Z^{(1)}(6)$	389,050.55
$X^{(1)}(7)$	415,981.1	$Z^{(1)}(7)$	446,431.00
$X^{(1)}(8)$	472,705.8	$Z^{(1)}(8)$	503,151.45
$X^{(1)}(9)$	530,745.2	$Z^{(1)}(9)$	560,418.55
$X^{(1)}(10)$	588,491.9	$Z^{(1)}(10)$	617,660.85
$X^{(1)}(11)$	645,829.2	$Z^{(1)}(11)$	674,244.85
$X^{(1)}(12)$	703,714.5	$Z^{(1)}(12)$	731,319.40
$X^{(1)}(13)$	762,924.3	$Z^{(1)}(13)$	789,314.20
$X^{(1)}(14)$	823,704.1	$Z^{(1)}(14)$	848,694.40
$X^{(1)}(15)$	885,487.7	$Z^{(1)}(15)$	909,031.30
$X^{(1)}(16)$	948,576.9	$Z^{(1)}(16)$	970,787.30
$X^{(1)}(17)$	1,013,316.1	$Z^{(1)}(17)$	1,034,333.10
$X^{(1)}(18)$	1,086,996.6	$Z^{(1)}(18)$	1,104,762.25
$X^{(1)}(19)$	1,162,523.9	$Z^{(1)}(19)$	1,177,230.15
$X^{(1)}(20)$	1,239,674.4	$Z^{(1)}(20)$	1,255,999.15
$X^{(1)}(21)$	1,317,721.6	$Z^{(1)}(21)$	1,333,698.00

İlk olarak gerçek değerler kullanılarak bir zaman serisi ($X^{(0)}$) oluşturulmuştur. Daha sonra bu değerlere Eşitlik (2) tanımlanan birikimli üretim işlemi uygulaması ile monoton artan bir birikimli zaman serisi [$X^{(1)}$] elde edilmiştir. Yeni oluşturulan birikimli seri [$X^{(1)}$] değerleri kullanılarak Eşitlik (4)'de verilen formül aracılığıyla $z^{(0)}$ serisi oluşturulmuştur. Daha sonra birinci dereceden gri diferansiyel denklem kullanılarak oluşturulan [$z^{(0)}$] serisinin değerleri, $X^{(1)}$ birikimli seride art arda gelen verilerin ortalaması alınarak tahmin edilmiştir. Bu aşamadan sonra en küçük kareler yöntemiyle $a = 0.987$ ve $b = 34,294.42$ katsayı değerleri bulunmuştur. Bitcoin için oluşturulan GM (1,1) tahmin modeli ile elde edilen tahmin değerleri ve hatası aşağıdaki Tablo 3'te gösterilmiştir.

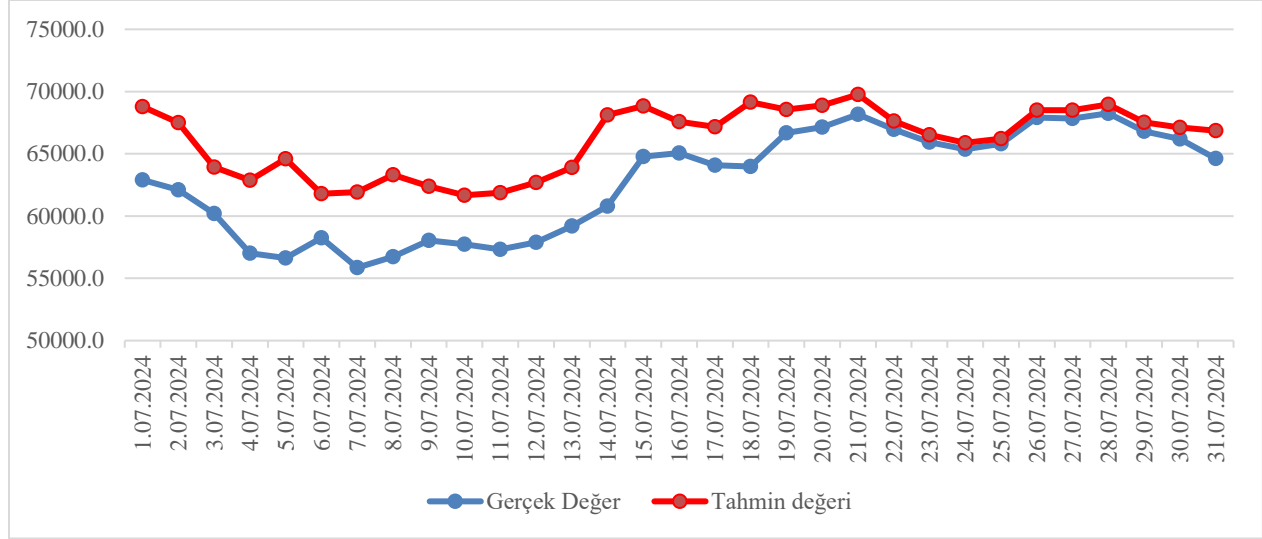
Tablo 3

Bitcoin için Tahmin Değerleri, MAPE Değeri, Hata Oranları Değerleri

Tarih	Gerçek Değer	Tahmin Değeri	Hata Oranı
1.07.2024	62,890.1	68,781.6	-
2.07.2024	62,103.3	67,513.5	0.1233
3.07.2024	60,199.3	63,920.8	0.1215
4.07.2024	57,026.3	62,866.7	0.1209
5.07.2024	56,641.8	64,603.6	0.1099
6.07.2024	58,259.2	61,788.0	0.1089
7.07.2024	55,861.1	61,915.0	0.1061
8.07.2024	56,724.7	63,303.6	0.0915
9.07.2024	58,039.4	62,378.0	0.0907
10.07.2024	57,746.7	61,672.0	0.0802
11.07.2024	57,337.3	61,867.6	0.0756
12.07.2024	57,885.1	62,709.1	0.0688
13.07.2024	59,209.8	63,907.6	0.0591
14.07.2024	60,794.9	68,131.7	0.0512
15.07.2024	64,782.4	68,829.1	0.0517
16.07.2024	65,049.7	67,569.2	0.0581
17.07.2024	64,089.2	67,173.1	0.0543
18.07.2024	63,980.5	69,137.8	0.0499
19.07.2024	66,677.4	68,558.6	0.0369
20.07.2024	67,148.5	68,894.8	0.0210
21.07.2024	68,158.7	69,760.6	0.0108
MAPE Değeri			0.0745

Tablo 3'te verilen sonuçlar incelendiğinde; gri sistem GM (1,1) tahmin modeli kullanılarak 1 Temmuz 2024 - 21 Temmuz 2024 günleri arasında Bitcoin için yapılan tahminler sonucunda MAPE hata oranı yüzde 7.45 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda oluşturulan model yüzde 10'dan küçük olduğu için MAPE değeriyle “yüksek doğruluk” düzeyine sahip olduğu söylenebilir. Hata oranının düşük değerli olması modelin tahmin kesinliğinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Tahmin değerleri ile gerçek değerleri arasında pozitif ve güçlü bir korelasyon vardır. Korelasyon değeri 0.77'dir. Gri tahmin modellerin az sayıda veri ile çalışabilme özelliği ile ön plana çıktığı bu çalışmada da üstünlük olarak gözükmektedir.

Aşağıda yer alan Grafik 4'te 1 Temmuz 2024 - 21 Temmuz 2024 günleri arasında Bitcoin için GM (1,1) tahmin modeli kullanılarak yapılan tahminleme sonucunda Bitcoin tahmin değerleri ve piyasa gerçek değerleri verilmiştir. Sonrasında 22 Temmuz 2024 – 31 Temmuz 2024 günleri için ise kurulan model ile tahmin serisi genişletilmiştir.



Grafik 4. Bitcoin'e ait Gerçek ve GM(1,1) Modeli ile Tahmin Zaman Serisi Grafikleri

Grafik 4'te verilen değerler incelendiğinde GM(1,1) Modeli ile yapılan modellemenin tahmin değerlerinin başlangıçtan model sonucuna doğru ilerledikçe hata oranlarının giderek azaldığı gözlemlenmektedir. Modelin kestirim başarısı artarak ilerlemektedir. Örneklem dışı dönemde yapılan kestirimlerin hata oranlarının örneklem içi döneme kıyasla çok daha düşük olduğu gözlemlenmektedir.

5. Sonuç

Kripto paralar, merkezi bir otoriteye bağlı olmadan işlem yapma imkânı sağlayan, yüksek işlem hızı, düşük maliyet ve yüksek kazanç potansiyeli gibi avantajlarıyla bireysel ve kurumsal yatırımcıların ilgisini çeken bir varlık sınıfı haline gelmiştir. Bitcoin, 2008 yılında ortaya çıkan ve kripto para kavramının popülerleşmesine öncülük eden bir dijital para birimidir. Bitcoin'in piyasa değeri yüksek olduğu için bu çalışmada Bitcoin'in fiyatları tahmin edilmiştir.

Çalışmada, geleneksel tahmin yöntemlerine göre daha iyi performans gösterdiği bilinen Gri Sistem Teorisi kullanılmıştır. Gri Tahmin Yöntemi, küçük örneklemle pratik ve doğru tahminler yapabilen bir yöntemdir. Çalışmada, 1 Temmuz 2024 - 21 Temmuz 2024 tarihleri arasındaki

günlük veriler kullanılarak sadece 21 gözlem seçilmiştir. Uygulamada, Bitcoin'in fiyat verilerinden ayrı ayrı zaman serileri oluşturulmuş ve bu serilere birikimli üretim işlemi uygulanarak monoton bir şekilde artan birikimli zaman serisi elde edilmiştir. Daha sonra, elde edilen birikimli zaman serisindeki verilerin ortalaması alınarak yeni zaman serileri oluşturulmuştur. Tahmin işlemi için "a" geliştirme katsayısı ve "b" sürücü katsayısı / gri etki miktarı parametreleri en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmıştır. GM (1,1) modeli için tanımlanan değişkenlere ait gri diferansiyel eşitlikler çözülerek kümülatif tahmin değerleri elde edilmiştir. Bu tahminlere ters birikimli üretim işlemi uygulanarak değişkenlere ait tahmin değerlerine ulaşılmıştır. Tahmin performansını ölçmek için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) yöntemi kullanılmıştır. GM (1,1) modeliyle yapılan tahminler sonucunda Bitcoin için MAPE değeri yüzde 7,45 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, yüksek doğruluk düzeyine sahip olduğunu göstermektedir ve gelecek tahminleri için kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Çalışmada Bitcoin fiyat tahmini için tercih edilen GM(1,1) modeline benzer sonuçlar veren çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Bu bağlamda, öne çıkan çalışmalar: Es (2020) çalışmasında Türkiye toplam enerji talebinin tahmininde GM (1,1) ve GM (1,6) modellerinin en iyi tahmin performansını verdiğini belirtmiştir. Sayım & Ömürbek (2021) çalışmalarında gri tahmin GM (1,1) modeli ile bir büyükşehir belediyesinde gelir kalemlerini sadece beş yıllık veri ile tahmin etmişler ve modelleri başarılı bulmuşlardır. Akyüz & Bilgil (2022) çalışmalarında Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarının tahminlenmesinde GM (1,1) modeli ile EXGM (1,1) modeli için hata oranlarını yüzde 10'un altında bularak modellerin tahmin başarısının olduğunu göstermişlerdir.

Sonuç olarak, kısıtlı veriyle oluşturulan GM (1,1) modeli başta ekonomi olmak üzere birçok farklı alanda ve sektörde geleceği/yarını tahmin etmek için kullanılan önemli bir araçtır. Geleceğin belirsizlik içermesi nedeniyle az veri kullanılarak güvenilir bir tahminleme elde etmek için son dönemlerde sıkça başvurulan yöntemlerden biri olmuştur. Bu çalışmada da özellikle fiyat hareketlerinde yüksek dalgalanmalar gösteren bir spekülative yatırım aracı olan coin tahmininde GM (1,1) modelinin Bitcoin fiyatları örneği üzerinden tahmininde düşük hata oranlarıyla kullanılabilir olduğu gösterilmiştir. Az veri ile yüksek belirsizlik ve yüksek hareket dalgası gösteren değişkenlerin tahmini için uygun bir model olmasının gösterimi açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırma ve Yayın EtiĐi Beyanı

Etik komite onayı ve/veya yasal/özel izin gerektirmeyen bu çalışma, araştırma ve yayın etiğine uygundur.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyanı

Yazar makalenin tek yazarı olduğu için katkı oranı %100'dür.

Araştırmacının çıkar atışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar atışması yoktur.

Kaynakça

- Akay, D., & Atak, M. (2007). Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey. *Energy*, 32, 1670-1675.
- Akyüz L., & Bilgil H. (2020). GM (1,1) ve EXGM (1,1) Tahmin modellerinin Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarına uygulanması. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 6 (2), 95-106.
- Ali, R., Barrdear, J., Clews, R., & Southgate, J. (2014). The economics of digital currencies. *Bank of England Quarterly Bulletin*, Q3.
- Askari, M., Askari, H. (2011). Time series grey system prediction - based models: Gold price forecasting. *Trends in Applied Sciences Research*, 6(11), 1287-1292.
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Kripto Para Araştırma Raporu, (2020). <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/arastirma-raporlari/kripto-para-raporu-5f11dfe709c25.pdf> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 10.04.2024
- Çarkacıoğlu, A. (2016). Kripto para-bitcoin. *SPK Araştırma Dairesi, İstanbul*.
- Deng, J. (1982). Control problems of grey systems. *Systems and Control Letters*, 1(5), 288-294.
- Eğilmez, M. (2017). Kendime yazılar: kripto paralar, bitcoin ve blockchain. <http://www.mahfiegilmez.com/2017/11/kripto-paralar-Bitcoin-ve-blockchain.html>, sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 02.04.2024
- Eren, T., & Kaçtıoğlu, S. (2017). Türkiye'deki doğal gaz tüketimi ve gri tahmin metoduyla tahmin edilmesi. *İstanbul Commerce University Journal of Science*, 16 (31), 23 - 41.
- Es, A., H. (2020). Gri Tahmin Modelleri ile Toplam Enerji Talep Tahmini: Türkiye Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (3): 771 - 782.
- Hall, M. (2013). Bitcoin: Change you can believe in? *PC Magazine*, June, 10 - 14.
- Hsu, C. C., & Chen, C. Y. (2003). Applications of improved grey prediction model for power demand forecasting. *Energy Conversion and Management*, 44 (14), 2241 - 2249.
- <https://tr.investing.com/crypto/bitcoin/historical-data> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 21.07.2024
- James, H. (2018). Lucre's allure. *Finance & Development*, 55(2). <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2018/06/bitcoin-blockchain-history-of-money/james.htm> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 11.03.2024
- Khadijeh M., (2019). Gri sistem teorisi ile tahminleme ve bir uygulama. İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Köse, E., Aplak, H. S. & Kabak, M. (2015). Yetersiz veri ortamında tahminler için örnek bir uygulama: gri tahmin yöntemi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31 (1), 82-88.
- Liu, S. & Lin, Y. (2006). Grey information theory and practical applications. United States of America.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 21.05.2024
- Oruç, K. O. & Eroğlu Çelik, Ş. (2017). Isparta ili için doğal gaz talep tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22 (1), 31 - 42.
- Oruç, K. O. & Fındık, Başağaoğlu, A. (2020). Gri tahminleme ile Süleyman Demirel Üniversitesi Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nde yatan hasta sayılarının tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt (2), Sayı :37, 193 - 212.
- Özuysal, H., (2023). Veri madenciliği yaklaşımı ile kripto paraların ölme riskinin hesaplanması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Pagliery, J. (2014). *Bitcoin: and the future of money*. Triumph Books.
- Rathnayaka, R. M. K. T. & Seneviratna, D. M. K. N. (2014). GM (1,1) Analysis and forecasting for efficient energy production and consumption. *International Journal of Business, Economics and Management Works*, 1 (1), 6-11.
- Sayım, S., & Ömürbek, V., (2021). Gri tahmin GM (1,1) modeli ile bir büyükşehir belediyesinde gelir tahmini. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8 (3), 1782 – 1805.
- Sümer, C., (2022). Gri sistem teorisi ve bir uygulama. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Hacı bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, H. (2016). Paranın doğası ve türleri üzerine bir inceleme. *Liberal Düşünce Dergisi*, 21 (84), 93 - 102.
- Vigna, P., & Casey, M. J. (2016). *The age of cryptocurrency: how bitcoin and the blockchain are challenging the global economic order*. Macmillan.
- White, L. H. (2015). The market for cryptocurrencies. *Cato J.*, 35, 383.

Ek 1. Gri Sistem GM (1,1) Tahmin Modelinin MATLAB Fonksiyonu

```

function MAPE=GM1
data=[62890.1;62103.3;60199.3;57026.3;56641.8;58259.2;55861.1;56724.7;58039.4;57746.7;57
337.3;57885.1;59209.8;60794.9;64782.4;65049.7;64089.2;63980.5;66677.4;67148.5;68158.7];
K=length(data);
for i=1:K-21
X0(1)=data(1);
X0(2)=data(2);
X0(3)=data(3);
X0(4)=data(4);
X0(5)=data(5);
X0(6)=data(6);
X0(7)=data(7);
X0(8)=data(8);
X0(9)=data(9);
X0(10)=data(10);
X0(11)=data(11);
X0(12)=data(12);
X0(13)=data(13);
X0(14)=data(14);
X0(15)=data(15);
X0(16)=data(16);
X0(17)=data(17);
X0(18)=data(18);
X0(19)=data(19);
X0(20)=data(20);
X0(21)=data(21);
X1(1)=X0(1);
for j=2:20+i
X1(j)=X1(j-1)+X0(j);
end
for j=1:19+i
Z(j)=(0.5*(X1(j+1)+X1(j)));
end
for j=1:20+i
B(j,1)=-Z(j);
B(j,2)=1;
end
for j=2:21+i
Y(j-1)=X0(j);
end
V=((B'*B)^-1)*B'*Y';
U=V';
XP1(1)=X0(1);

```

```
for j=2:21+i
XP1(j)=((X1(1)-U(2)/U(1))*exp(-U(1)*(j-1))+ (U(2)/U(1)));
end
for j=2:21+i
P(1)=X0(1);
P(j)=XP1(j)-XP1(j-1);
end
Predict(i)=P(end);
Actual(i)=data(i+21);
MAPE(i)=abs(Predict(i)-Actual(i))/Actual(i);
data(i+21)=P(end);
X0(21+i)=P(end);
end
MAPE=mean(MAPE);
end

MAPE = GM1();
X1_değerleri = X1(1:21)';
Z1_değerleri = Z(1:21)';
Tahmin_değerleri = Predict';
Tahmin_hata_yüzdeleri = MAPE';
MAPE_değeri = MAPE;
End
```

EXTENDED ABSTRACT

The cryptocurrency market has rapidly expanded in recent years due to advancements in technology and the digital economy. Bitcoin, introduced by Satoshi Nakamoto in 2008, is the first cryptocurrency to operate independently of any central authority and exist entirely within the digital sphere. This digital currency has not only provided a financial innovation but has also highlighted the importance of concepts such as decentralization and security in financial systems. Bitcoin, which pioneered other cryptocurrencies, is built on blockchain technology, characterized by transparency, security, and anonymity. Due to its high market value and volatility, Bitcoin attracts large investors and speculators alike. Consequently, modeling Bitcoin prices and forecasting future price movements has become a significant area of research in finance.

The emergence of cryptocurrencies is a result of digitization and advances in information technology. Although rooted in technology from the 1980s, cryptocurrencies became widely popular with the introduction of Bitcoin. Cryptocurrencies are virtual, digital assets that are not tied to any physical counterpart and can operate without a central authority. Blockchain is the underlying technology for Bitcoin and other cryptocurrencies, providing a decentralized, secure infrastructure for transactions. Each transaction is encrypted and added to blocks, which are linked in a chain. This technology ensures transaction security and immutability.

Unlike traditional currencies backed by state endorsement or physical assets, the value of cryptocurrencies is determined by supply and demand dynamics. Bitcoin and similar cryptocurrencies operate independently of central banks, offering investors privacy and anonymity. These digital assets have certain advantages over traditional currencies, including high transaction speeds, low costs, ease of cross-border transactions, decentralized structures, and low fraud risk. However, cryptocurrencies also have drawbacks, such as security risks, limited usage, potential for illegal activities, and high price volatility.

Bitcoin has a fixed supply, with only 21 million Bitcoins ever to be mined. This limited supply is one of the factors driving Bitcoin's value. It is created through digital mining, where users solve complex mathematical problems to earn Bitcoin rewards. As Bitcoin's popularity and demand have grown, its price has also seen significant increases. These price fluctuations draw the

interest of speculative investors and have necessitated modeling Bitcoin prices to predict future movements.

The Grey System Theory is a forecasting method designed to predict the behavior of uncertain systems with limited data, yielding reliable results. Developed by Julong Deng in 1982, this theory stands out because it works effectively with small datasets. Grey System Theory provides a model capable of generating rapid and accurate predictions using minimal data. The GM(1,1) model, commonly known as the "Grey Model," is the most widely used in Grey System Theory and is effective at short, medium, and long-term forecasting with limited data. Unlike traditional forecasting methods, the GM(1,1) model requires less data and does not rely on specific distributions.

The GM(1,1) model is an effective method for forecasting future price changes in volatile markets like Bitcoin. Based on past data, the model uses differential equations to make forward-looking predictions. Its success is typically measured using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) method, with low MAPE values indicating high accuracy. Due to its reliable results in data-limited environments, the GM(1,1) model is valuable for predicting Bitcoin prices.

In this study, the GM(1,1) model was used to predict Bitcoin prices. The daily Bitcoin closing prices between July 1, 2024, and July 21, 2024, were analyzed, with data obtained from the reliable source, investing.com. The data selection focused on current data due to the high volatility of the cryptocurrency market, and daily closing prices were chosen for their relevance in capturing sharp and sudden changes in Bitcoin prices. The dataset was split into training and testing sets: the first 14 days for training and the remaining 7 days for testing.

The GM(1,1) model generates predictions by applying a cumulative generation operation on past data, creating a monotonically increasing time series. This cumulative series produces average values used to form new series, defining parameters for the model. In forecasting Bitcoin prices, the growth coefficient "a" and the driving coefficient "b" were calculated using the least squares method. These parameters were then incorporated into differential equations to calculate predicted values within the model.

The findings indicate that the GM(1,1) model produced accurate results in forecasting Bitcoin prices. A strong, positive correlation was observed between the predicted and actual values,

with a MAPE value of 7.45%, which falls below the 10% threshold for high accuracy. This confirms the GM(1,1) model's effectiveness in predicting Bitcoin prices with high accuracy and shows its potential for forecasting applications. The model's accuracy also improved as error rates decreased over time. Particularly in out-of-sample predictions, error rates were lower than in-sample predictions, indicating the model's reliability and stability as a forecasting tool.

A key advantage of the GM(1,1) model is its ability to operate with limited data. This model yielded high accuracy in Bitcoin price prediction even with minimal data. Additionally, the correlation between the model's forecasted value and actual market value was 77%, demonstrating the model's efficacy in accurately predicting price movements.

Bitcoin holds a significant place in the digital finance world, distinguished by high transaction volumes and volatility. Forecasting Bitcoin prices is crucial for investors and financial analysts alike. This study demonstrated that it is possible to achieve high-accuracy predictions with limited data by using the GM(1,1) grey system forecasting model. The GM(1,1) model yielded a MAPE value of 7.45% in Bitcoin price forecasting, underscoring the model's high accuracy and its applicability in predicting Bitcoin price movements.

This model offered by Grey System Theory is regarded as an effective method for making reliable predictions, particularly in volatile cryptocurrency markets. The study results indicate that the GM(1,1) model's high accuracy and ability to function with small datasets make it an invaluable tool for cryptocurrency forecasting. Its ability to predict future price movements provides significant contributions to developing investment strategies and managing financial risks. This model is expected to be applicable to other cryptocurrencies and financial instruments.

In conclusion, the GM(1,1) model is effective in predicting volatile assets like Bitcoin due to its ability to forecast with limited data, yield reliable results in uncertain environments, and deliver high accuracy. This study contributes to the literature on Bitcoin price forecasting based on Grey System Theory and demonstrates the potential of this approach for other financial analyses.