



Contents lists available at *Dergipark*

Journal of Scientific Reports-B

journal homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrb>



E-ISSN: 2717-8625

Sayı(Number) 8, Aralık(December) 2023

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi(Receive Date): 17.05.2023

Kabul Tarihi(Accepted Date): 21.18.2023

Rastgele orman regresyon algoritması ile bitcoin fiyat tahmini

Sümeyye ÇELİK^{1*}, Durmuş ÖZDEMİR²

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 43000, Kütahya, ORCID: 0009-0001-1135-976X

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 43000, Kütahya,, ORCID: 0000-0002-9543-4076

ÖZ

Günümüz teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ile insanlar artık ödeme ve alışveriş işlemlerini dijital platformlar üzerinden gerçekleştirebilmektedir. Ancak, e-hizmetlerdeki ödeme güvenliği sorunları, insanları alternatif ödeme yöntemleri arayışına yönlendirdi. Blokzincir teknolojisi sayesinde, merkezi otoriteye bağlı olmayan ve tamamen güvenli bir şekilde ödeme yapılabilen kripto paralar geliştirildi. Bitcoin, Satoshi Nakamoto'nun 2008 yılında yayınladığı "Bitcoin: Eşler Arası Elektronik Para Sistemi" adlı makalesiyle tanıtılan, merkezi bir otoriteye veya bankaya bağlı olmayan dijital bir para birimidir. Özellikle pandemi sürecinde finans dünyasında yatırımcıların dikkatini çeken Bitcoin, yüksek volatiliteye sahip bir piyasada işlem görmektedir. Bu nedenle, ileriye yönelik fiyat tahminleri yapmak isteyenler için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Bitcoin yatırımcılarının kâr payına olumlu bir katkı sağlayacak fiyat tahmini yöntemi geliştirilmek istenmiştir. Bitcoin'e sahip veriler bir zaman serisine ait olması ve zaman serilerinin tahminlemede kullanılan bir model olan Random Forest Regresyon kullanılmıştır. Model 2020-2022 yıllarına ait iki yıllık Bitcoin verilerine göre eğitilmiştir. Modele ait istatistiksel hata metrikleri ise MSE, R2, MAE ve RMSE sırasıyla %0,031, %99,39, %31,16 ve %55,33 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makine öğrenmesi, Finans, Bitcoin, Rastgele Orman Regresyon, Blokzincir

Bitcoin price prediction with random forest regression algorithm

ABSTRACT

With the rapid developments in today's technologies, people can now perform their payment and shopping transactions through digital platforms. However, payment security problems in e-services have led people to seek alternative payment methods. Thanks to blockchain technology, cryptocurrencies that are not dependent on the central authority and can be paid in a completely secure way have been developed. Bitcoin is a digital currency that is not tied to a central authority or bank, introduced

in Satoshi Nakamoto's 2008 article entitled "Bitcoin: The Peer-to-Peer Electronic Money System". Bitcoin, which attracts the attention of investors in the financial world, especially during the pandemic process, is traded in a market with high volatility. For this reason, it is of great importance for those who want to make forward price predictions. In this study, it is aimed to develop a price prediction method that will contribute positively to the profit share of Bitcoin investors. With Bitcoin, the data belongs to a time series, and Random Forest Regression, a model used to predict time series, was used. The model is trained on two years of Bitcoin data for the years 2020-2022. The statistical error measures of the model were calculated as MSE, R2, MAE and RMSE as 0.031%, 99.39%, 31.16% and 55.33%, respectively.

Keywords: Machine Learning, Finance, Bitcoin, Random Forest Regression, Blockchain

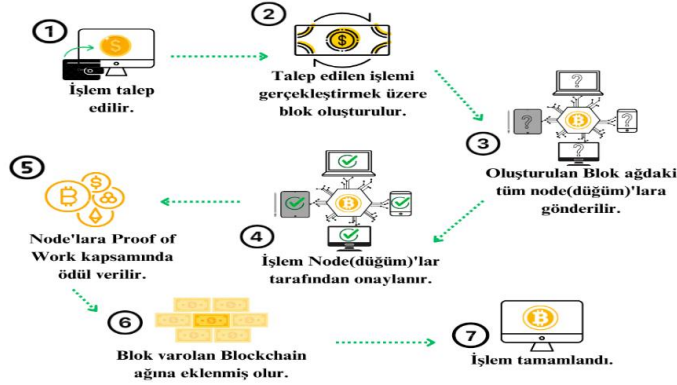
Corresponding Authors:

e-mail: e sumcelik960@gmail.com

© 2023 DPU All rights reserved.

1. Giriş

Satoshi Nakamoto'nun Ekim 2008'de yayınladığı makaleyle tanıştığımız Blockchain ve Bitcoin kavramları, 2009 yılında ilk işlemi gerçekleştirerek hayata geçmiştir [2]. Blockchain teknolojisi, kripto para birimlerinin işleyiş prensibini kurarak işletmelerin çalışma şeklini devrimleştirebilmeyi iddia etmektedir. İş süreçlerinde aracılığı ortadan kaldırarak zaman ve maliyetleri azaltır [31]. Geleneksel finans sistemi merkezi bir yapıya sahipken, Bitcoin'in en önemli özelliklerinden biri merkeziyetsizlik ve sadece bir grup kod yazılımcısı tarafından desteklenmesidir. Bu kripto para birimi sayesinde, işlemler ve transferler aracısız olarak gerçekleştirilebilmektedir, böylece taraflar arasındaki güven ilişkisi artmaktadır. Bitcoin'in arkasındaki teknoloji, geleneksel finansal düzenlemelerin dışında bir alternatif sunmakta ve gelecekte finansal sistemlerin nasıl şekilleneceğine dair önemli ipuçları vermektedir. Merkeziyetsiz bir ağ üzerinde çalışıyor olması Bitcoin'i güvenli yapan unsurlardan biri olmak ile bu durum bazı sakıncalarda içerebilmektedir [3]. 2020'da pandeminin etkisiyle rekor yükseliş göstererek 63 bin dolar seviyesine ulaşan Bitcoin, kripto para madenciliğine olan ilgiyi önceki dönemlerde görülmemiş ölçüde artırdı. Günümüzde de popülerliği devam eden Bitcoin'in avantajları; dışarıdan müdahalenin oldukça maliyetli olması, basit kullanılabilirliği, güvenilirliği ve geleneksel yöntemlere nazaran hızlı ve ucuz transfer edilebilmesidir [3]. Dezavantajları ise fiyat oynaklığının yüksek ve risk oranının yatırım yapmak için yüksek olması, işlem hızı ve kapasitesinin rakiplerine göre oldukça düşük kalması, Bitcoin blokzincirinin çalışması için gereken yüksek enerji kullanımınıdır [3]. Alım satım yapan kişilerin üzerinde durması gereken bir diğer maddeler ise Bitcoin fiyatının nasıl belirlendiğidir. Teorik olarak arz ve talep ilişkisine göre belirlenmektedir. Bitcoin'in piyasadaki arz miktarı belirli olduğundan, fiyat dengesi risk iştahına ve talebe göre belirlenmektedir [5]. Genel talebi ise birçok unsur etkiler; merkez bankası faiz kararları, jeopolitik gerginlikler, global ekonomik krizler ve piyasalardaki risk iştahı gibi etkenler Bitcoin fiyatında oldukça etkilidir [3, 5].



Şekil 1. Blockchain Çalışma Mekanizması [24].

Literatürde bulunan birçok tahmin modeli arasından regresyon modeller incelenmiştir. Yapılan çalışmalara örneklerden biri olan Alex ve Benjamin (2015) [9] 3 çeşit regresyon modelini kullanarak ortalama kare hatalarını (MSE) hesaplamışlardır. Temel (Baseline) regresyon modelinde 2.02, Lineer (Linear) regresyon modelinde 1.94, Destek vektör makinesi (Support Vector Machine (SVM)) regresyon modeli ile 1.98 sonuçlarını elde etmişlerdir.

Köksal vd. [8] tarafından yapılan çalışmada Bitcoin fiyat tahmini için Lojistik Regresyon ve Naive Bayes algoritmaları kullanılarak oluşturulan modellerin başarı oranları karşılaştırılmıştır. Bu modeller, Bitcoin kelimesini içeren günlük pozitif tepkili tweet oranı ve Bitcoin günlük açılış değeri gibi verileri kullanarak Bitcoin'in kapanış değerini tahminlemektedir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, Doğrusal Regresyon modeli R^2 değeri %88,97 ile, Rastgele Orman Regresyonu modeli R^2 değeri ise %94,16 ile daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Metin [26] tarafından yapılan çalışmada üç farklı kripto para için Çoklu Lineer Regresyon, Gradient-Boosted Trees, Polynomial Regresyon modelleri incelenmiştir. Bitcoin için modellerin R^2 değerleri Çoklu Lineer Regresyon için %99,99, Gradient-Boosted Trees için %99,97, Polynomial Regresyon modelinde ise bu oran %100 olarak hesaplanmıştır. İncelediği diğer kripto para ve modellerine göre Bitcoin'in Polynomial Regresyon modeliyle daha uyumlu olduğu görülmüştür.

Literatür de bulunan araştırmaların yanı sıra bu çalışmada kullanılan iki yıllık verinin pandemi dönemi sonlarını ve sonrasında içermektedir. Tüm dünyayı etkisi altına almış bir pandemi döneminin dijital talebin artmasına neden olmuş ve bu dönem içerisinde de Bitcoin üzerinde yükseliş trendinde olduğu gözlemlenmiştir.

2. Materyal Ve Method

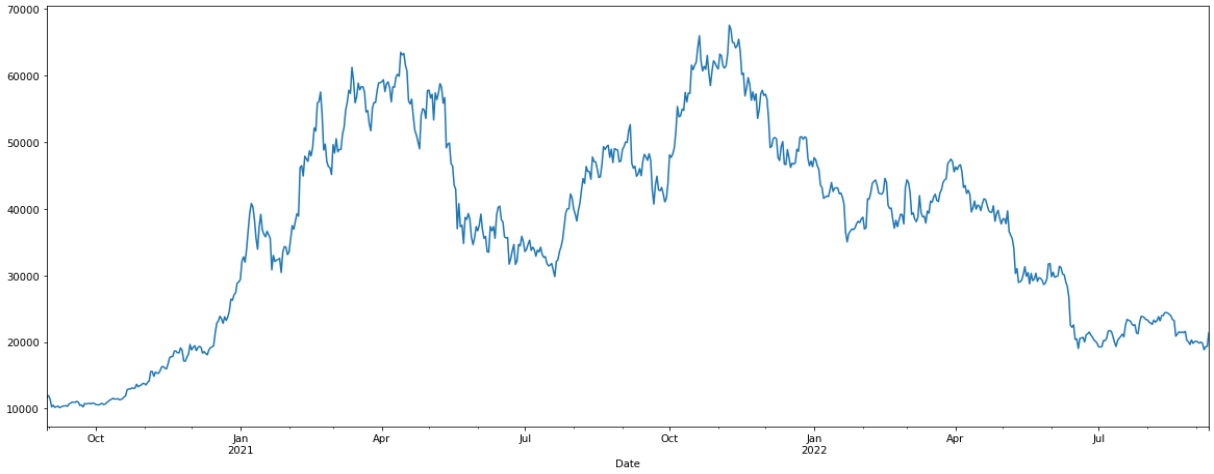
2.1. Veri Seti

Bir medya mülkü olan Yahoo ağının bir parçası olan Yahoo Finans [16]; piyasa özetleri, finansal raporlar, tarihsel alıntılar ve haber akışları dahil olmak üzere diğer finansal bilgileri sağladığı için bir dizi kitaplık, API veya yöntem olarak adlandırılabilir güvenilir bir borsa verileri kaynağıdır [15]. Tüm bunlar, finansal piyasalar için gerçek zamanlı veya tarihsel verilerin elde edilmesine yardımcı olur. Manuel hisse kodu belirtmektense, KAP (Kamuyu Aydınlatma Platformu)' dan aldığımız ve sürekli güncellenen hisse kodları sayesinde, yfinance

modülünden verileri otomatize ederek alınmıştır. Ulaştığım verilerde veri analizinde kullanılan başlıca komutlarla veri setinin ilk 10 verisine, boş bir veri girdisi olup olmadığı gibi temel işlemlerle kontrolü yapılmıştır. Ardından veri setinin hangi trende sahip olduğunun tespit edilebilmesi amacıyla bir grafiği çizdirilmiştir.

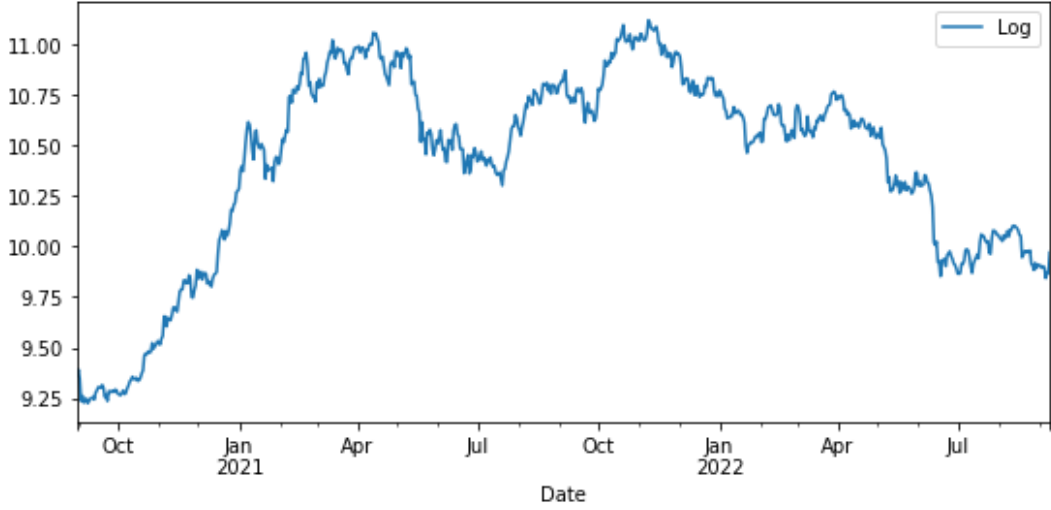
2.2. Veri Görselleştirilmesi ve Normalizasyonu

2 yıllık Bitcoin verisine göre fiyat oynaklığının ve 2021'in Ocak ve Nisan ayları arasında belirgin bir şekilde artış yaşadığı görülmüştür.



Şekil 2. Bitcoin Kapanış Fiyatları.

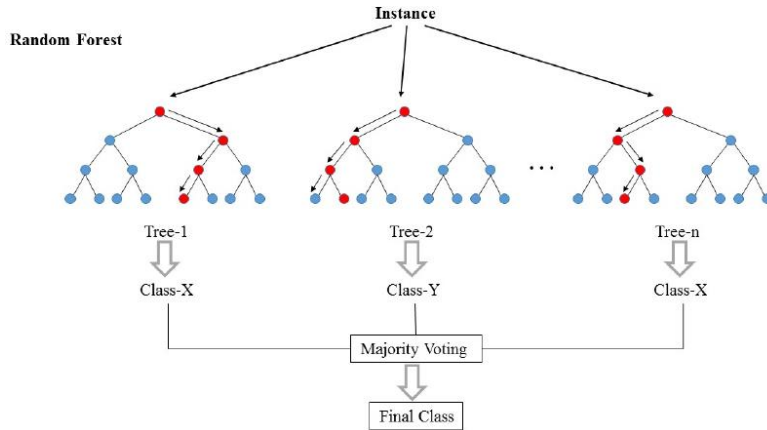
Makine öğrenmesi algoritmalarında bu oynaklık ve geniş fiyat skalası ile doğru bir tahminleme yapılamamaktadır. Tahminlemenin daha tutarlı olabilmesi adına verilerin daha dar bir skala içerisinde yer almasını sağlamak için normalizasyon işlemlerinin gerçekleştirilmelidir. Verilerin normalizasyonu için kullanılan istatistiksel ve matematik yöntemlerinden biri olan logaritma alınarak normalize edilmiştir.



Şekil 3. Normalize Edilmiş Bitcoin.

2.3. Rastgele Orman Regresyonu

Bu projede Python'un açık kaynak kodlu kütüphanelerinden scikit-learn içerisindeki makine öğrenimi modellerinden biri olan Rastgele orman modeli kullanılmıştır. Rastgele orman modeli, denetimli makine öğrenmesinin bir yöntemi olarak kullanılan bir ağaç tabanlı topluluktur [19, 20]. Bu yöntem, rastgele değişkenler topluluğuna bağlı ağaçlardan oluşmaktadır. Leo Breiman, bu yöntemi 1997'de Amit ve Geman'ın çalışmalarından esinlenerek tanıtmıştır. Rastgele orman modeli, Breiman'ın Bagging fikrinin bir uzantısıdır ve boosting yöntemine alternatif bir yöntem olarak geliştirilmiştir [21]. Bu model, sınıflandırma ve regresyon problemlerinde kullanılabilir, diğer yöntemlere göre daha hızlı eğitilmesi ve tahmin yapması, az sayıda düzenleme parametresi gerektirmesi ve çok boyutlu problemlere doğrudan uygulanabilmesi gibi özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Rastgele orman, bankacılık, borsa, tıp ve e-ticaret gibi birçok farklı sektörde kullanılmaktadır [28,29,30]. Rastgele Orman Regresyonu İşleyişi Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. Rastgele Orman Regresyonu İşleyişi [23].

3. İstatiksel Hata Metrikleri

3.1. Ortalama Kare Hata

Ortalama kare hata, özellikle regresyon modellerinde sıklıkla kullanılan bir performans metriğidir. MSE, gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki farkların karelerinin ortalamasıdır. Ortalama kare hata daha yüksek hataların daha fazla ağırlığına sahip olduğu bir ölçüttür. Bu nedenle, büyük hataların model performansını daha fazla düşüreceği durumlarda kullanılır. Ortalama kare hata değeri sifıra yaklaştıkça, modelin tahminleri gerçek değerlere daha yakın hale gelir ve modelin performansı artar. Ancak, ortalama kare hatanın yorumlanması için gerçek değerlerin aralığına ve veri kümesinin özelliklerine göre değerlendirme yapılması gerekmektedir.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (1)$$

3.2. Kök Ortalama Kare Hata

Ortalama kare hatanın karekökü alınarak elde edilir ve gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkların büyüklüklerinin ortalamasını verir. RMSE, Ortalama kare hatadan farklı olarak büyük hataların daha fazla cezalandırılmasını sağlar. Bu özellik, özellikle büyük hataların önemli olduğu durumlarda daha uygun bir metrik haline gelmesini sağlar. Ayrıca, RMSE değeri, tahminlerin gerçek değerlere ne kadar yakın olduğunu gösterir ve farklı modellerin performanslarını karşılaştırmak için kullanılabilir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (2)$$

3.3. Ortalama Mutlak Hata

Ortalama mutlak hata (MAE), regresyon ve zaman serisi problemlerinde sıklıkla kullanılan bir performans metriğidir ve gerçek ile tahmin edilen değerler arasındaki mutlak farkların ortalamasını hesaplamaktadır. Ortalama mutlak hata, her bir veri noktasının model performansına eşit ağırlık verdiği bir ölçüttür. Bu nedenle, küçük hataların da büyük hatalar kadar önemli olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Ortalama mutlak hata değeri sifıra yaklaştıkça, modelin tahminleri gerçek değerlere daha yakın hale gelir ve modelin performansı artar. Ortalama mutlak hata, kolay yorumlanabilir bir metrik olduğu için özellikle endüstriyel ve ticari uygulamalarda tercih edilir.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x| \quad (3)$$

3.4. Düzeltilmiş R Kare (R^2)

Düzeltilmiş R kare hata metriği, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki varyasyon oranını ölçerek modelin doğruluğunu belirler. R^2 hata metriği, aşırı uyum sorununu göz ardı ettiği için modelin test verilerinde başarısız olma olasılığını artırabilir. Bu sorunu önlemek için, düzeltilmiş R kare hata metriği, modele eklenen ek bağımsız değişkenleri cezalandırarak aşırı uyum sorununu azaltır. R^2 değeri, deneysel verilerin doğrusal bir eğriye ne kadar iyi uydurulduğunu gösterir ve 1'e yakın olması tercih edilmektedir.

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{Regression}}{SS_{Total}} = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

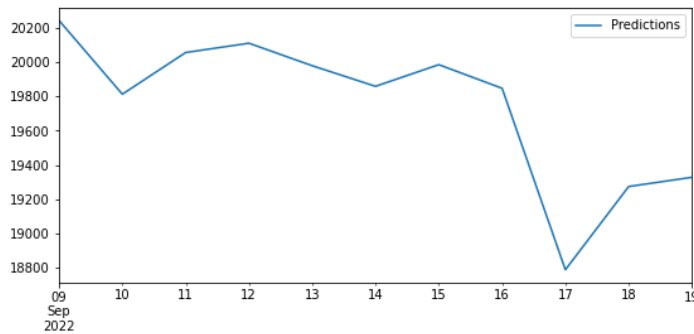
4. Bulgular

Yahoo finanstan alınan 2 yıllık verinin seçilen model ile fiyat tahminlemesi yapılmış ve hata ölçütleri incelenmiştir. Tablo 1' de seçilen modele ait kesinlik değerleri yer almaktadır. Tahmin için rastgele orman regresyonu modeli seçilmiştir. Bu modele ait R^2 değeri 0.9939, MAE değeri 0.0031, RMSE değeri 0.0055, MSE değeri 0.000031 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Seçilen Modele Ait Hata Ölçütleri

Hata Ölçütleri	RFR Modeli
R^2	0.9939
MAE	0.0031
RMSE	0.0055
MSE	0.000031

Elde edilen bu sonuçlarla beraber tahminleme işlemimizi tamamlayabilmek adına en son logaritmasını aldığımız verilerin eksponansiyel değerine çevirerek aşına olduğumuz fiyat tahminlerini elde edilmiştir. Tahmin edilen fiyatların Şekil 5.' te mevcuttur.



Şekil 5. Tahmin Edilen Fiyatlar (BTC-USD).

5. Sonuçlar ve Tartışma

Nakamoto'nun yapmış olduğu "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system," adlı çalışmasıyla gündeme gelen sanal para mekanizması olan Bitcoin, herhangi bir otorite olmadan bağımsız yapıda olan dijital para birimidir. Pandemi döneminde alış-satış faaliyetlerinin artması ile popülerliğini arttırmış olan Bitcoin yeni kriptoloji yöntemlerinin denenmesini ve gelecek fiyat tahminlerinin yapılmasını tetiklemiştir. Kripto para birimlerinin fiyatları, diğer menkul değerlerden farklı olarak bağımsız bir fiyatlandırma yapısına sahiptir. Bitcoin de dahil olmak üzere kripto varlıklarının fiyatları oldukça dalgalıdır ve farklı faktörlerin etkisiyle hızlı değişiklikler gösterebilir. Bu nedenle, kripto paraları gelecekte tahmin ederken, ülkelerin kripto para birimlerine olan tutumlarının da göz önünde bulundurulması faydalı olacaktır. Ülkelerin kripto para birimlerine olan tutumları, fiyat dalgalanmalarına neden olabilecek önemli bir faktördür.

Bu çalışmada regresyon modellerinden birini kullanarak 2020'den 2022'ye kadar olan ve pandemi sürecini de içinde barındıran veri setiyle Bitcoin için tahmin yapılmıştır. Literatürde incelenen diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında kullanılan modelin R^2 değeri %99.39 ile oldukça yüksek bir sonuca sahip olduğu ve modelin verilerle iyi bir uyum sağladığı görülmüştür. Elde edilen bulgulardan biri olan MSE değerinin de çok düşük olması, modelin düşük hata ile tahminler yapabildiğini söyleyebiliriz [22]. Bu çalışmayla seçilen model rastgele orman regresyonu ve literatür genelinde üzerinde çalışılmış olan regresyon çeşitlerinin Bitcoin tahmin çalışmalarında başarılı olduğu ve kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir.

Gelecekteki çalışmalarda elde edilen bulguların güvenilirliğini garanti etmek ve modelin genel performansını daha iyi değerlendirmek için çeşitli veri kümeleri ve değerlendirme teknikleri kullanılabilir. Böylece modelin çeşitli piyasa koşullarında ve farklı zaman aralıklarında nasıl çalıştığını anlamamıza yardımcı olabilir ve tahminlerin genel geçerliliğini artırabilir. Bitcoin fiyat tahmini alanında daha derinlemesine bir bakış elde etmek için ise bir dizi regresyon modeli ve tahmin yöntemi değerlendirilmesi gerekebilir. Bu, gelecekteki araştırmalarda farklı veri setleri (borsa verileri vb.) kullanarak kıyaslamalar yapmak ve daha kapsamlı araştırmalar yapmak için çeşitli tekniklerin kullanılmasına olanak sağlayabilir. Bu çalışmanın sonuçlarını daha derinlemesine inceleyerek ve Bitcoin fiyat tahminini geliştirmek için çeşitli teknikler geliştirerek araştırmacılar, Bitcoin fiyat tahminine önemli bir katkı sağlayabilirler.

Teşekkür

Bu çalışmanın tamamlanması için tavsiyesini esirgemeyen ve emeği geçen herkese teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] S. Nakamoto- Bitcoin' i Tanıtan İlk Makale. "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 3 Ocak 2009, 28 Aralık 2022, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [2] BtcTurk Bilgi Platformu. "Bitcoin (BTC) Nedir?", 1 Temmuz 2013, 31 Aralık 2022, <https://www.btcturk.com/bilgi-platformu/bitcoin-btc-nedir/>
- [3] Bitlo Rehber Portalı. "Bitcoin (BTC) Nedir?", 31 Aralık 2022, <https://www.bitlo.com/rehber/bitcoin-nedir>
- [4] Khakikhouei, R. (2020). Makine Öğrenme Yöntemleriyle Bitcoin Fiyat Analizi (Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, 2020), IV. Uluslararası Battalgazi Bilimsel Çalışmalar Kongresi Özet Kitabı, 25.
- [5] Böhme, R., Christin, N., Edelmann, B., Moore T., (2015) Bitcoin: Economics, Technology and Governance. *Journal of Economic Perspectives*, 29(2), 213 – 238.

- [6] Şengül, Z. (2022). Makine Öğrenmesi Algoritmalarını Kullanarak Bitcoin Fiyat Tahmini. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, T.C. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- [7] Yavuz, U., Özen, Ü., Taş, K., Çağlar, B. (2020) Yapay Sinir Ağları ile Blockchain Verilerine Dayalı Bitcoin Fiyat Tahmini. *Bilişim Sistemleri ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2 (1), 1-9.
- [8] Köksal, B., Erdem, G., Türkeli, C., Öztürk, Z., K. (2021) Twitter’da Duygu Analizi Yöntemi Kullanılarak Bitcoin Değer Tahminlemesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9 (2021) 280-297.
- [9] Greaves, A., AU, B. (2015). Using the Bitcoin Transaction Graph to Predict. *CS224W: Social and Information Network Analysis*, 1-8.
- [10] Evcı, S. (2020). Bitcoin Piyasasında Haftanın Günü Anomalisi. *Alanya Akademik Bakış*, 4(1), 53-61.
- [11] Demir, A., Akılotu, B., N., Kadıroğlu, Z., Şengür, A. (2019) Bitcoin Price Prediction Using Machine Learning Methods. 2019 1st International Informatics and Software Engineering Conference (UBMYK), 1-4.
- [12] Phaladisailoed, T., Numnonda, T. (2018). Machine Learning Models Comparison for Bitcoin Price Prediction. 2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), 506-511.
- [13] Auti, A., Patil, D., Zagade, O., Bhosale, P. (2022). Bitcoin Price Prediction Using SVM. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 226 – 229.
- [14] Roy, S., Nanjiba, S., Chakrabarty, A. (2018). Bitcoin Price Forecasting Using Time Series Analysis. 2018 21st International Conference of Computer and Information Technology (ICIT), 1 – 5.
- [15] Businessyield Finans ve Muhasebe Sayfası. “Yahoo Finance: Haberler, Net değer, nasıl başladıkları ve API Kılavuzu”, 5 Aralık 2022. Ocak 1, 2023. <https://businessyield.com/tr/finance-accounting/yahoo-finance/#:~:text=Yahoo%20Finance%20API%2C%20piyasa%20C3%B6zetleri,g%C3%BCvenilir%20bir%20borsa%20verileri%20kayna%C4%9F%C4%B1d%C4%B1r>.
- [16] Yahoo Finans Günlük BTC Fiyat Listesi. “Bitcoin USD”, 31 Aralık 2022. 31 Aralık 2022. <https://finance.yahoo.com/quote/BTC-USD?p=BTC-USD>.
- [17] Günel, A. (2003). Regresyon Denklemine Başarısını Ölçmede Kullanılan Belirleme Katsayısı ve Kritiği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 133-140.
- [18] BitDegree Eğitici Yazılar Portalı. “Python Kütüphaneleri: Hangisi Ne İşe Yardımcı Olur?”, 07 Aralık 2022. 1 Ocak 2023. <https://tr.bitdegree.org/tutorial/python-kutuphaneleri/#heading-13>.
- [19] Demirezen, S., Çetin, M. (2021). Rassel Orman Regresyonu ve Destek Vektör Regresyonu ile Piyasa Takas Fiyatının Tahmini. *Nicel Bilimler Dergisi*, 3(1), 1 - 15.
- [20] Devhunter Kişisel Bloğu. “Rastgele Orman (Random Forest) Algoritması”, 20 Eylül 2018. 1 Ocak 2023. <https://devhunteryz.wordpress.com/2018/09/20/rastgele-ormanrandom-forest-algoritmasi/comment-page-1/>.
- [21] Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5–32.
- [22] Medium Buse Köseoğlu Bloğu. “Model Performansını Değerlendirmek: Regresyon.”, 11 Şubat 2011. 1 Ocak 2023. <https://medium.com/yaz%C4%B1%C4%B1m-ve-bili%C5%9Fim-kul%C3%BCb%C3%BC/model-performans%C4%B1n%C4%B1-de%C4%9Ferlendirmek-regresyon-48b4afec8664>.
- [23] Nomidl Machine Learning. “Random Forest algorithm for Machine Learning”, 25 Eylül 2022. 1 Ocak 2023. <https://www.nomidl.com/machine-learning/random-forest-algorithm-for-machine-learning/>.
- [24] Yaparimben Blog Portalı. “Blockchain İşletim Sistemi Nedir?”, 30 Ekim 2019. 31 Aralık 2022. <https://www.yaparimben.com/blockchain-isletim-sistemi-nedir/>
- [25] Gültepe, Y. (2019). Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Hava Kirliliği Tahmini Üzerine Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 8-15.
- [26] Orte, F., Mira, J., Sanchez, M., J., Solana, P. (2022). A Random Forest-Based Model For Crypto Asset Forecasts In Futures Markets With Out-Of-Sample Prediction. *Research in International Business and Finance*, Elsevier, vol. 64(C).

- [27] Metin, S. (2021). Kripto Para Fiyatlarının Regresyon Analizi Yöntemleri ile Tahmini: Bitcoin, Ethereum ve Ripple. 2. Uluslararası Sosyal Bilimler ve İnovasyon Kongresi, 591-606.
- [28] Sarı, S. S. (2021). Amerikan 10 Yıllık Tahvil Faiz Oranlarına Dayanılarak BİST 100 Endeks Tahmininde Ağaç Tabanlı Regresyon Modelleri Uygulaması. Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 25(2), 225-238.
- [29] Başer, B., Yangın, M., Sarıdaş, E., S. (2021). Makine Öğrenmesi Teknikleriyle Diyabet Hastalığının Sınıflandırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25(1), 112-120.
- [30] Kazan, S., Karakoca, H. (2019). Makine Öğrenmesi ile Ürün Kategorisi Sınıflandırma. Sakarya University Journal Of Computer And Information Sciences, 2(1), 18 – 27.
- [31] Günek, B., Yurttakal, A., H. (2022). Bibliometric Analysis of Research Papers on Blockchain Technologies. IEEE Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference, 1-5.