

**STOK AKIŞ MODELİ VE FACEBOOK PROPHET ALGORİTMASI  
İLE BİTCOİN FİYATI TAHMİNİ**Murat AKDAĞ<sup>1</sup>Gürkan BOZMA<sup>2</sup>**Öz**

Bir paranın sağlam olup olmadığı iki değere bakılarak anlaşılabilir. İlk arzını gösteren stok durumu, ikincisi ise devam eden süreçte üretilecek olan birimi gösteren akış değeridir. Stok ve akış arasındaki oran, para olarak tanımlanan malın sağlamlığının göstergesi olarak ifade edilebilmektedir. Bitcoin, toplam arzı 21.000.000 adet ile sınırlı olan bir kripto paradır. Arzının sınırlı olması, fiyatını yükseltecek bir etmen olarak düşünülmektedir. Stok Akış Modeli de arzı sınırlı olan varlıklar için kullanılabilir. Bu çalışmada zaman serisi analiz modellerinden Facebook Prophet algoritması kullanılarak Bitcoin fiyat tahmini yapılmıştır. 2013-2020 yılları arasındaki günlük verilerin kullanıldığı çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak Stok Akış Modeli'nden elde edilen Stok Akış Oranı da modele eklenmiştir. Doğruluk ölçüleri ile desteklenen çalışma sonuçlarına göre Stok Akış Oranı'nun modele dâhil edilmesi ile Facebook Prophet algoritması kullanıldığında modelin performansının arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak, Prophet yöntemi, ARIMA yöntemine göre daha etkin sonuçlar verdiği elde edilen bulgular arasındadır.

**Anahtar Kelimeler:** Bitcoin, Stok Akış Modeli, Facebook Prophet

**PREDICTION OF BITCOIN PRICE WITH STOCK TO FLOW MODEL  
AND FACEBOOK PROPHET ALGORITHM****Abstract**

Whether money is solid or not can be understood by looking at two values. The first is the stock status indicating the supply and the second is the flow value indicating the unit to be produced in the ongoing process. The ratio between stock and flow can be expressed as an indicator of the strength of the good defined as money. Bitcoin is a cryptocurrency whose total supply is limited to 21,000,000 units. The limited supply is considered as a factor that will increase its price. The Stock Flow Model can also be used for assets with limited supply. In this study, Bitcoin price prediction is made using the Facebook Prophet algorithm which is one of the time series analysis models. Bitcoin data between 2013-2020 were used, the Stock to Flow Rate obtained from the Stock Flow Model was also added to the model, unlike other studies. According to the results of the study supported by the accuracy measures, it was concluded that the performance of the model increased when the Facebook Prophet algorithm was used by including the Stock Flow Ratio in the model.

**Keywords:** Bitcoin, Stock to Flow Model, Facebook Prophet

<sup>1</sup> Dr., Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası, Erzurum Şubesi, [murat.akdag@tcmb.gov.tr](mailto:murat.akdag@tcmb.gov.tr)  
[orcid.org/0000-0003-3559-6177](https://orcid.org/0000-0003-3559-6177)

<sup>2</sup> Arş. Gör. Dr., Iğdır Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü,  
[gurkan.bozma@igdir.edu.tr](mailto:gurkan.bozma@igdir.edu.tr), [orcid.org/0000-0003-4047-9012](https://orcid.org/0000-0003-4047-9012)

**Extended Abstract**

**Aim:** Nakamoto pseudonym, with the work of one or more people, first a technical document called Bitcoin: Peer-to-Peer Electronic Cash Payment System was created in 2008, and then the first transfer trials were started in 2009 (Nakamoto, 2008). It has attracted the attention of investors with its transparent structure, increasing popularity, simplicity, and innovative approach, and sudden price increases. Although some evaluate it as money, it is thought that it should be evaluated in a speculative asset category instead of money (Glaser et al., 2014; Selgin, 2015; Baeck and Elbeck, 2015). The risk and return caused by the excessive volatility in the bitcoin price attracted the attention of researchers and they started to search methods to estimate the price.

The strength of money can usually be understood by looking at two separate values. The first is the stock status, which shows the current supply, and the second is the flow value, which shows the unit to be produced in the ongoing process. The ratio between stock and flow is an indicator of the strength of the good defined as money. If the current supply can be increased with the people starting to use the said good for value storage, it has a low stock to flow rate and in such a case it starts to lose its value. If the stock to flow rate is high, it will preserve the value of the commodity, which is considered as money, since it will be released in less amount (Ammous, 2018).

Bitcoin is a cryptocurrency whose total supply is limited to 21,000,000 units, where transactions are written on the blockchain and using a distributed ledger technology. The limited supply is considered as a factor that will increase its price. The Stock to Flow Model can also be used for assets with limited supply. Stock to Flow Model (SAM) is defined as the relationship between production and existing stock. The Stock to Flow Model is obtained by dividing the total stock amount by the annual production amount. It reveals how many years are required at the current production rate to produce what is in stock. In other words, it is a way of measuring the abundance of a particular resource. The higher the Stock / Flow ratio, the less new supply enters the market relative to the aggregate supply and can increase the value of the related asset in the long run. The Stock to Flow ratio shows that this is valuable as the annual production amount is relatively small and stable compared to the current stock situation. According to the Stock Flow Model, Bitcoin is also a value storage tool, like commodities such as gold, silver, or platinum, which are relatively scarce. It is difficult to significantly increase the supply of these commodities. For example, the process of gold prospecting and mining is expensive and time-consuming. Bitcoin is similar to these assets because it is produced by mining and its supply is limited.

The Stock to Flow Model used in Bitcoin price prediction is used in prediction studies. This study aims to contribute to the literature by using the historical data of the Bitcoin price and the data obtained from the Stock to Flow Model in the Prophet time series prediction algorithm produced by Facebook. Prophet, created by the Facebook data science team, is open-source software with Python and R support, used for the prediction of time series. Prophet, which is used in the prediction of different time series such as daily, weekly, monthly, or

---

yearly, produce efficient results in lost data, outlier data, or in predicting trend changes. Healthy results are obtained in linear or nonlinear time series applications (Yenidoğan et al.,2018).

**Methods:** In this study, 2,804 data between April 29, 2013, and December 31, 2020, where the first price data of Bitcoin was included among the information provided by Coinmarketcap, were included in the study. Bitcoin price data are used by taking its natural logarithm. In the application made within the scope of the research, the Stock to Flow Rate obtained from the Stock to Flow Model was obtained. Accordingly, the number of Bitcoins produced per day is divided by the number of current Bitcoins to find the Stock to Flow Rate. To add this ratio to the model, theoretical and actual Stock to Flow Ratios are compared. Bitcoin production is known theoretically. The Bitcoin system is designed to generate blocks every 10 minutes. In other words, 144 blocks can be produced daily. However, if more mining devices are placed in the Bitcoin network, fluctuations in block generation rate occur. The blocks are created faster when the overall mining hash rate of the Bitcoin network increases. However, the Bitcoin system optimizes the system to prevent faster block generation, bringing it back to the old production rate of 1 block per 10 minutes. If the mining devices leave the system, the difficulty of block production decreases. Thus, the block production rate remains constant (Akdağ, 2019).

**Findings:** With the theoretical Stock to Flow Rate obtained according to the Stock to Flow Model, Bitcoin prices are matched using 2,804 data between April 29, 2013, and December 31, 2020. As a result of the predictions made using the Facebook Prophet algorithm, the RMSE value was found to be 0.1551, the MAE value as 0.1138, and the MAPE value as 0.0155. It has been observed that the model in which the Stock to Flow Rate is added to the MAE and RMSE, which measure accuracy in terms of value, and the MAE values that measure the percentage, give better results. On the other hand, the results obtained from the Prophet model were compared with the ARIMA model. Findings obtained It is seen that the Prophet method gives more effective results in RMSE, MAE, and MAPE values compared to the ARIMA model. This result shows that the Prophet method is a usable method for return estimation.

**Conclusion:** According to the results of the study using the Facebook Prophet algorithm, the model including Stock to Flow Rate was more successful in predicting time series. The research conducted within the scope of the study aims to contribute to the literature by adding the Stock to Flow Rate obtained from the Stock to Flow Model to the model as an internal variable, unlike other studies. It is thought that the studies in which different variables are added together with the decrease in the volatility of Bitcoin by accepting it by the masses will be more successful in the estimation results.

## 1. Giriş

Nakamoto takma isimli bir veya birden fazla kişinin çalışması ile 2008 yılında önce Bitcoin: Eşten-eşe Elektronik Nakit Ödeme Sistemi isimli teknik doküman ortaya çıkarılmış, ardından 2009 yılında ilk transfer denemelerine başlanmıştır (Nakamoto, 2008). Transparan yapısı, artan popülaritesi, basitliği ve inovatif yaklaşımı ve fiyatındaki ani artışlar ile yatırımcıların ilgisini çekmiştir. Para olarak değerlendirilmeye başlanmakla birlikte, para yerine spekülasyon bir varlık kategorisinde değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Glaser vd., 2014; Selgin, 2015; Baeck ve Elbeck, 2015). Bitcoin fiyatındaki aşırı oynaklık ile oluşan risk ve getiri araştırmacıların ilgisini çekmiş ve fiyatını tahmin edecek yöntemler araştırmaya başlamışlardır.

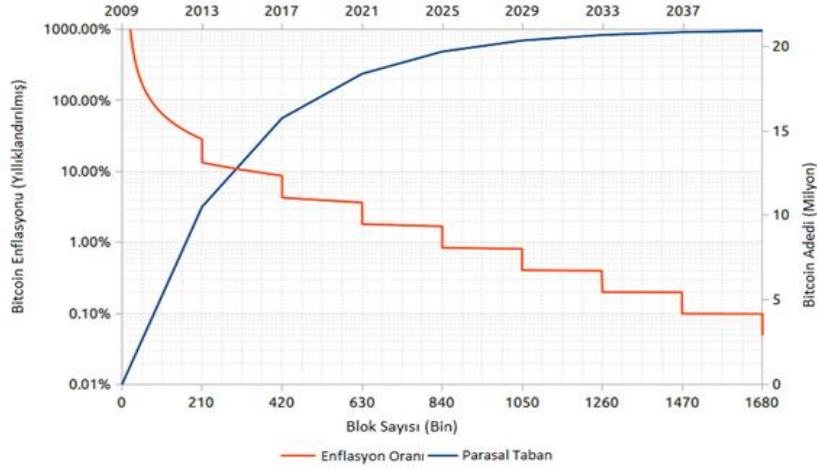
Yüksek volatilitesi nedeniyle şişme ve patlama döngüleri yaşayan Bitcoin için lale balonu değerlendirmeleri yapılmış ve gerçek bir hesap birimi veya değer saklama aracı olarak kullanılamayacağı ifade edilmiştir (Cheah ve Fry, 2015). Bitcoin'in aylık volatilitésinin altın veya döviz kurlarından yüksek olduğu (Dwyer, 2014) ve Bitcoin borsalarında kısa süreli balonların ortaya çıktığı gözlemlenmiştir (Cheung vd., 2015). Yatırımcılar açısından portföy çeşitlendirme amacıyla kullanılabilmesi (Brière vd., 2015), risk yönetimi alanında altın ve dolar gibi korunma amaçlı değerlendirilebileceği ifade edilmiştir (Dyhrberg, 2016a, b)

Bitcoin ağındaki kullanıcıların yeni bir blok ortaya çıkarması ile Bitcoin oluşturulmaktadır. Blok oluşturma oranı, sabit ayarlama dönemini hedeflemek için her 2016 blokta tekrar ayarlanır. Blok başına üretilen Bitcoin sayısı ise her 210,000 blokta yani yaklaşık her dört yılda bir %50 azalma göstermektedir. Nakamoto (2008) makalesinde detaylı olarak açıklanmamış olsa bile 21.000.000 ile sınırlandırılmış Bitcoin için arz kısıtı Denklem 1'de gösterilmektedir.

$$\frac{\sum_{i=0}^{32} 210000 \left[ \frac{50 * 10^8}{2^i} \right]}{10^8} \quad (1)$$

Bitcoin arz kısıtının bu şekilde seçilmesinin nedeni, altına benzer biçimde sınırlı arza sahip olmasının istenmesidir. Böylece madenciler bilgisayarlarının hızlarına göre maden (BTC) arayarak üretim ekosistemine katkıda bulunacaklardır. Madenciler blok bulunduğunda Bitcoin ile bulunmadığında ise onayladıkları transferlerin komisyonları ödüllendirilmektedirler. Şekil 1'de görüleceği üzere Bitcoin adedi yıllar içerisinde azalan biçimde artarken, Bitcoin enflasyon oranı sürekli azalış trendindedir. Bu nedenle enflasyon oranı azalan bir metanın değerinin artacağı değerlendirilmektedir.

Şekil 1: Bitcoin Enflasyonu



**Kaynak:** <https://plot.ly/~BashCo/5.embed>

Bitcoin'deki sınırlı arz para olarak anılmasını sağlamaktadır çünkü paranın değerinin olması için kısıtlı ön şartı gerekmektedir. Genel olarak kısıtlı, para tabanının büyüme yolunu sınırlamakta ve fiyat istikrarını kolaylaştırmaktadır. Merkez bankaları, dolaşımdaki para miktarını ayarlama gücüne sahiptir. Bitcoin'de ise para arzının kısıtlılığını sağlamak için herhangi bir kuruma gerek yoktur. Merkezi otoriteye sahip olmayan Bitcoin'in para üretim ve doğrulama süreci, klasik defter tutma sistemlerinden farklı olarak dağıtık muhasebe sistemi ile yapılmaktadır. Buna göre işlemlerin geçerliliğini doğrulamak için Bitcoin ağında doğrulama yapanlara, defter tutma sistemini sürdürmeleri için teşvik sağlamak amacıyla kontrollü bir hızda yeni para birimi ihraç edilmektedir (Böhme vd., 2015).

İşlemlerin kayıt altına alındığı blokzincirini doğrulayan madenciler Bitcoin ile ödüllendirilmektedir. Halving adı verilen süreç ile her 210.000 blokta yarılanan ödül, ilk dört yıl için (2008-2012) 50 Bitcoin olmuştur. 2012 yılında 25 BTC'ye inen ödül, 2016 yılında 12,5 ve 2020 yılında 6,25'e inmiştir. Yaklaşık 2140 yılında 21 milyonluk BTC arzı sifıra inecek, ödül sifıra düşecek ve başka BTC üretilmeyecektir (Böhme vd., 2015; Ammous, 2018).

Literatürde Bitcoin fiyatını tahmin etmek için farklı senaryolar ifade edilmiştir. Bitcoin arz ve talebinin fiyata etkisi (Buchholz vd., 2012; Bouoiyour ve Selmi 2015), yatırımcılar için alternatif bir yatırım aracı olması (Kristoufek 2013; Bouoiyour ve Selmi 2015) ve uluslararası finansal alandaki gelişimi (Wijk 2013) incelenmiştir. Diğer taraftan, Bitcoin fiyatının tahmin edilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bunların çoğunluğunu makine öğrenmesine dayalı yaklaşımlar olduğu dikkat çekmektedir. Cavalli ve Amoretti (2021), Gupta ve Nain (2021), Awoke v.d (2021), Valenkar v.d (2018) çalışmaları bunlardan bazılarıdır. Wirawan v.d (2019) ise ARIMA yöntemi kullanarak Bitcoin'in fiyatını tahmin etmeye çalışmıştır. ARIMA yönteminden elde edilen bulgulara göre MAPE değerinin ARIMA (4,1,4) modelinde daha etkili sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Hua

(2020) ise benzer olarak Bitcoin fiyat tahmini için ARIMA ve LSTM (long short term memory) yöntemlerini kullanmıştır. Ali ve Shatabda (2020) zaman serisi yöntemleri kullanarak Bitcoin fiyatını tahmin etmişlerdir. Çolak ve Sandalcılar (2019) bir takım makro değişkenler ile bitcoin fiyatı arasındaki ilişkileri eşbütünleşme analizi çerçevesinde incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, USD ve Euro'nun bitcoin fiyat tahmininde kullanılabileceğini gösteren sonuçlara ulaşmışlardır.

Bitcoin fiyat tahmininde kullanılan Stok Akış Modeli tahmin çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu çalışma Bitcoin fiyatının geçmiş verileri ile Stok Akış Modeli'nden elde edilen verileri, Facebook tarafından üretilen Prophet zaman serisi tahmin algoritmasında kullanarak literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde Stok Akış Modeli hakkında bilgi verilmiş, üçüncü bölümünde veri seti ve metodoloji açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ampirik sonuçların açıklandığı çalışma, beşinci bölümde yer verilen sonuç ve değerlendirmeler ile sona ermektedir.

## 2.Stok Akış Modeli

Paranın sağlamlığı genellikle iki ayrı değere bakılarak anlaşılabilir. Birincisi mevcut arzını gösterir stok durumu, ikincisi ise devam eden süreçte üretilecek olan birimi gösterir akış değeridir. Stok ve akış arasındaki oran, para olarak tanımlanan malın sağlamlığının göstergesidir. İnsanların söz konusu malı değer saklama amaçlı kullanmaya başlaması ile mevcut arzı artırılabilir ise düşük stok akış oranına sahiptir ve böyle bir durumda değerini kaybetmeye başlamaktadır. Stok akış oranının yüksek olması durumunda para olarak düşünülen mal değerini koruyacaktır (Ammous, 2018).

Bitcoin, toplam arzı 21.000.000 adet ile sınırlı olan, işlemlerin blok zincirine yazıldığı ve dağıtık muhasebe sistemi kullanan bir kripto paradır. Arzının sınırlı olması, fiyatını yükseltecek bir etmen olarak düşünülmektedir. Stok Akış Modeli de arzı sınırlı olan varlıklar için kullanılabilir. Stok Akış Modeli (SAM), üretim ile mevcut stok arasındaki ilişki olarak tanımlanmaktadır.

Stok Akış Modeli'nin Bitcoin fiyatını tahmin amaçlı kullanılması ilk olarak "PlanB" mahlaslı, Hollandalı bir yatırım danışmanı tarafından ortaya çıkarılmıştır.<sup>3</sup> Bu modele göre stok akış, mevcut stok değerine ulaşmak için mevcut üretim oranında kaç yıl gerektiğini göstermektedir. Modele göre sayı ne kadar yüksek ise, fiyat o kadar yüksek olur.

$$SAM = \text{Stok} / \text{Akış} = \text{Çıkarılan Toplam Stok} / \text{Her Yıl Çıkarılan Yeni Arz}$$

Stok Akış Modeli, toplam stok miktarının yıllık üretim miktarına bölünmesi ile elde edilmektedir. Mevcut stokta olanı üretmek için mevcut üretim oranında kaç yıl gerektiğini ortaya koymaktadır. Diğer bir deyişle belirli bir kaynağın bolluğunu ölçmenin bir yoludur. Stok / Akış oranı ne kadar yüksekse, toplam

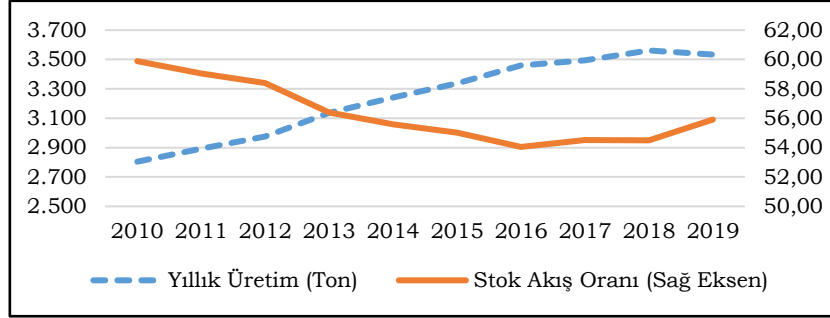
<sup>3</sup> <https://100trillionusd.github.io/>

arza göre piyasaya daha az yeni arz girer ve ilgili varlığın değerini uzun vadede yükseltebilir. Stok-Akış oranı, mevcut stoka kıyasla yıllık üretim nispeten küçük ve sabit olduğu için bunun değerli olduğunu göstermektedir.

Stok Akış Modeli'ne göre Bitcoin de görece kıt olan altın, gümüş veya platin gibi emtialar gibi bir değer saklama aracıdır. Söz konusu metallerin arzlarını önemli ölçüde artırmak zordur. Örneğin altın arama ve madencilik yapılması süreci pahalı ve zaman almaktadır. Bitcoin'de madencilik yapılarak üretilmesi ve arzının sınırlı olması nedeniyle söz konusu varlıklara benzerlik göstermektedir.

Dünya Altın Konseyi'nin tahminlerine göre tarih boyunca 197,576 ton, 2019 yılında ise 3,533.74 ton altın madencilik ile ortaya çıkarılmıştır.<sup>4</sup> Buradan hareketle Stok Akış Modeli'ne göre altın için Stok Akış Oranı 55,91 bulunmaktadır. Yani bütün altın rezervini ortaya çıkarmak için 55,91 yıl gerekmektedir. Oran büyüdükçe kıtlık artmaktadır.

Şekil 2: Altın Üretimi ve Stok Akış Oranı



**Kaynak:** Dünya Altın Konseyi, Yazarın Hesaplamaları

Şekil 2'de dünya yıllık altın üretimi ile buna bağlı olarak altına ait stok akış oranı görülmektedir. 2010 yılında yıllık altın üretimi 2,804.31 ton iken, 2017 yılı ile birlikte üretim artış hızı trendi düşüş göstermiş ve yıllık 3,493.60 ton olarak gerçekleşmiştir. Altına ait stok akış oranı ise 2010 yılında 59.89 ile çok kıt görülmekle birlikte devam eden yıllarda 54.05'e düşmüştür. 2016 yılında trend değişmiş ve 2019 yılında 55.91 ile tekrar kıtlık derecesi artmıştır. Altının önümüzdeki yıllarda ne kadar çıkarılacağı bilinmediği için Stok Akış Modeli altına ait kıtlık oranını göstermede yetersiz kalabilmektedir.

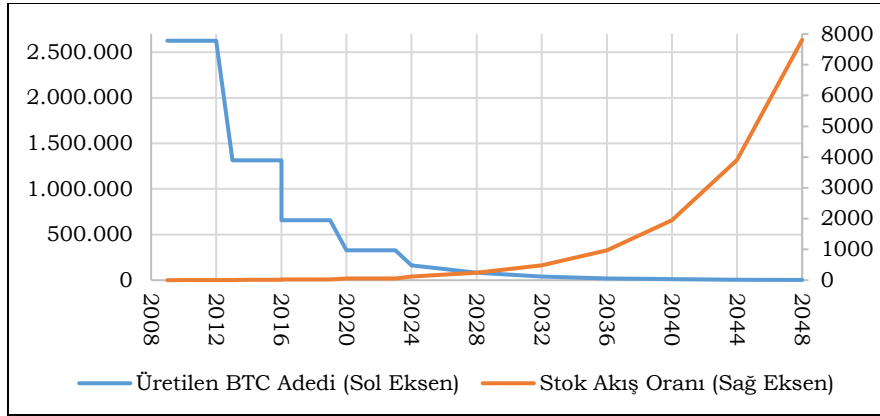
Stok Akış Modeli'ne göre stok, mevcut rezervlerin büyüklüğü olarak adlandırılmaktadır. Modele göre akış ise yıllık üretim miktarıdır. Blockchain.com adresinden alınan veri setlerine göre 2019 yılında 18,130,000 adet, 26 Kasım 2020 tarihi itibarıyla 18,555,000 BTC üretilmiştir.<sup>5</sup> Bitcoin madencilik ağında 2019 yılında toplam 675,425 BTC üretilmiştir. Buna göre Bitcoin için 2019 yılı Stok Akış Oranı 27 olmaktadır.

<sup>4</sup> <https://www.gold.org/goldhub/data/above-ground-stocks>

<sup>5</sup> <https://www.blockchain.com/charts/total-bitcoins>

Bitcoin için hesaplanan 27 SAO değeri, altının 57 değerine kıyasla daha küçük durumdadır. Altın için geleceğe yönelik Stok Akış Oranı hesaplanamamasına rağmen Bitcoin için hesaplanabilmektedir. 2012, 2016 ve 2020 yıllarındaki Bitcoin ödül yarılanması (halving) sonucu Bitcoin arzında yaşanan düşüş Şekil 2’de sunulmaktadır. Şekil 3’te görüleceği üzere Bitcoin’in Stok Akış Oranı 2020 yılı itibariyle 57’ye ulaşmakta, 2024 yılında ise 121 değerine yükselmektedir. 2048 yılında ise Stok Akış Oranı 7,807’ye ulaşarak Bitcoin’in oldukça kıt olacağını göstermektedir.

Şekil 3: Bitcoin Üretimi ve Stok Akış Oranı



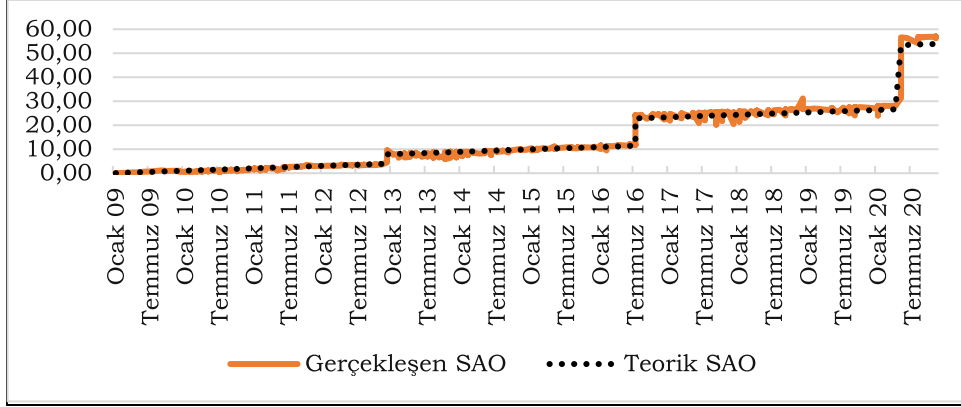
**Kaynak:** Blockchain.com, yazarın hesaplamaları.

### 3. Veri Seti ve Metodoloji

Coinmarketcap tarafından sunulan bilgiler arasından Bitcoin’e ait ilk fiyat verisinin olduğu 29 Nisan 2013 ile 31 Aralık 2020 tarihleri arasındaki 2,804 adet veri araştırmaya dahil edilmiştir. Bitcoin fiyat verileri doğal logaritması alınarak kullanılmıştır. Araştırma kapsamında yapılan uygulamada Stok Akış Modeli’nden elde edilen Stok Akış Oranı elde edilmiştir. Buna göre günlük üretilen Bitcoin sayısı, mevcut Bitcoin sayısına bölünerek Stok Akış Oranı bulunmuştur. Söz konusu oranın modele eklenmesi için teorik ve gerçekleşen Stok Akış Oranları karşılaştırılmıştır. Bitcoin üretimi teorik olarak bilinmektedir. Bitcoin sistemi 10 dakikada bir blok üretecek şekilde tasarlanmıştır. Yani günlük 144 blok üretilebilmektedir. Ancak Bitcoin ağına daha fazla madencilik cihazı yerleştirildiği takdirde blok üretim hızında dalgalanmalar oluşmaktadır. Bitcoin ağının toplam madencilik kazı hızı (hashrate) arttığında bloklar daha hızlı oluşturulur. Ancak Bitcoin sistemi daha hızlı blok üretilmesini engellemek için sistemi optimize ederek, tekrar eski üretim hızı olan 10 dakikada 1 blok hızına geri getirir. Madencilik cihazlarının sistemden çıkması halinde ise blok üretim zorluğu azalmaktadır. Böylece blok üretim hızı sabit kalmaktadır (Akdağ, 2019). Şekil 3’te teorik ve gerçekleşen Stok Akış Oranları belirtilmiştir.



Şekil 4. Stok Akış Oranları



**Kaynak:** Blockchain.com, yazarın hesaplamaları.

Şekil 4'te görüleceği üzere Bitcoin madencilik hızında artışlar ve azalışlar olmasına rağmen, sistem kendisini eski üretim hızına getirmekte ve teorik üretim hızı ile gerçekleşen üretim hızı benzer seviyelerde ilerlemekte, böylece Stok Akış Oranı'nın teorik ve gerçekleşen değerleri aynı seviyelerde oluşmaktadır. Teorik Stok Akış Oranı verisinin daha fazla olması nedeniyle bu veri seçilmiştir.

### 3.1. Facebook Prophet Algoritması

Facebook veri bilimi ekibi tarafından üretilen Prophet, zaman serilerinin tahmininde kullanılan, Python ve R destekli, açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Günlük, haftalık, aylık veya yıllık gibi farklı zaman serilerinin tahmininde kullanılan Prophet, kayıp verilerde, aykırı verilerde veya trend değişikliklerinin tahmininde verimli sonuçlar üretmektedir. Doğrusal veya doğrusal olmayan zaman serileri uygulamalarında sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir (Yenidoğan vd.,2018).

$$Y_t = g_t + s_t + h_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Prophet algoritmasının ana bileşenleri Denklem 2'de görüleceği üzere trendler  $g_t$ , mevsimsellik  $s_t$ , tatil günleri  $h_t$  ve hata terimi  $\varepsilon_t$  den oluşmaktadır.  $s_t$  esnek periyodik değişiklikleri gösterirken,  $h_t$  düzensiz hareketleri yakalamakta,  $\varepsilon_t$  hata terimi ise modelde yer almayan bilgilere yer vermektedir (Oo ve Phyu, 2020).

Prophet algoritması ile değişim noktalarındaki global trend ölçümü, yıllık mevsimsellik, haftalık mevsimsellik, günlük mevsimsellik ve varsa tatil günleri etkisi hesaplanabilmektedir. ARIMA ve ARMA modelleri gibi zaman serisi modellerinde durağanlık önemli iken, Prophet algoritmasında serilerin durağan olmasına veya durağanlaştırma işlemi yapılmasına gerek yoktur. Aynı zamanda Prophet algoritması ile eksik verilere sahip olan zaman serileri ile tahmin yapılabilmektedir.

### 3.2. Doğruluk Ölçümleri

Tahmin modellerinin performans ölçümleri için üç parametre kullanılmıştır. Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE) ve Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE) parametreleri sırasıyla Denklem 3,4 ve 5'te verilmiştir.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

$$MAPE = \left( \frac{100}{N} \right) \sum_{i=1}^N \left| \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} \right| \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2}{N}} \quad (5)$$

Yukarıdaki denklemlerde  $N$  örneklem kümesini,  $y_i$  gözlemlenen değeri,  $\hat{y}_i$  tahmin edilen değeri göstermektedir. MAE, tek başına ortalama hatayı tanımlar ve tek bir zaman serisine uygulanan tahmin yöntemlerini karşılaştırmak için kullanışlıdır (Hyndman ve Athanasopoulos 2018). MAPE tahminlerin mutlak yüzde hatalarının ortalamasıdır. Gözlemlenen değerden tahmin edilen değer çıkarılarak hata değerine ulaşılır. Yüzde hataları işaretine bakılmadan toplanarak MAPE'ye ulaşılır. Mutlak yüzde hataları kullanıldığı için, birbirini iptal eden pozitif ve negatif hatalar sorunu önlenir. RMSE ise büyük hatalara nispeten daha yüksek bir ağırlık verir. Tahminlerde sıklıkla kullanılan MAE, MAPE ve RMSE değerleri ne kadar küçükse tahmin o kadar iyidir denilebilir (Swamidass, 2000).

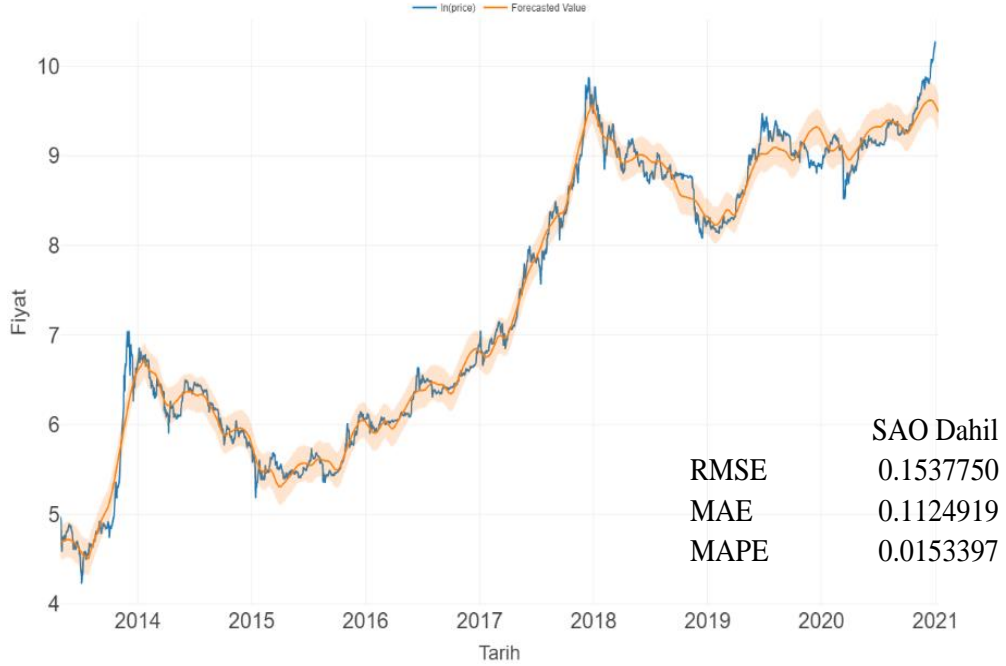
### 4. Ampirik Sonuçlar

Stok Akış Modeli'ne göre elde edilen teorik Stok Akış Oranı ile Bitcoin fiyatları 29 Nisan 2013 ile 31 Aralık 2020 tarihleri arasındaki 2,804 adet veri kullanılarak eşleştirilmiştir. Facebook Prophet algoritması kullanılarak yapılan tahminler sonucunda RMSE değeri 0,1551, MAE değeri 0,1138 ve MAPE değeri 0,0155 olarak bulunmuştur. Değer açısından doğruluk ölçümü yapan MAE ve RMSE ile yüzdesel ölçüm yapan MAPE değerlerinde Stok Akış Oranı'nın eklendiği modelin daha iyi sonuçlar verdiği Şekil 5 ve 6'da görülmektedir.

Şekil 5: Prophet ile Bitcoin Fiyat Tahmini (Stok Akış Oranı Hariç)



Şekil 6. Prophet ile Bitcoin Fiyat Tahmini (Stok Akış Oranı Dahil)



Diğer taraftan, Prophet modelinden elde edilen sonuçlar ARIMA modeliyle karşılaştırılmıştır. İlk olarak Bitcoin fiyatının doğal logaritması alınmış model için tahmin edilen ARIMA (11,1,11)<sup>6</sup> modelinde elde edilen RMSE, MAE ve MAPE değeri sırasıyla 2.037, 1.700 ve 20.878 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuca göre Facebook

<sup>6</sup> ARIMA modellerinin tahmin edilmesinde Akaike bilgi kriteri kullanılmıştır.

Prophet yöntemi ARIMA yöntemine daha iyi sonuçlar verdiği ifade edilebilmektedir. İkinci olarak ARIMA (11,1,12) modelinin içerisine Stok akış oranı dahil edilmiş ve RMSE, MAE ve MAPE sonuçları sırasıyla 0.931, 0.694 ve 8.994 olarak elde edilmiştir. Elde edilen bulgular Prophet yönteminin ARIMA modeline göre RMSE, MAE ve MAPE değerinde daha etkin sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu sonuç Prophet yönteminin getiri tahmin edilmesinde kullanılabilir bir yöntem olduğunu göstermektedir.

### 5. Sonuç ve Değerlendirme

Stok Akış Modeli, bir varlığın mevcut stoku ile üretim hızı arasındaki ilişkiyi inceleyerek, arzı sınırlı olan varlıkların fiyatlarının artacağı varsayımına dayanması nedeniyle fiyat hareketlerini kısıtlı biçimde açıklayabilir. Kıt kaynağa sahip olan dijital varlık Bitcoin bu nedenle uzun vadede değerini koruyan bir yatırım aracı olarak görülmektedir.

Bu çalışmada Bitcoin fiyatında yaşanan değişimler, Stok Akış Modeli ve Bitcoin geçmiş fiyat hareketleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Literatürde Bitcoinin fiyatını tahmin eden çalışmalar yoğunlukla bulunmaktadır. Çalışmalar genel itibarıyla makine öğrenmesine dayalı metotları kullanarak fiyat tahmini yapmışlardır. Alan yazını tarandığında ARIMA ve Facebook Prophet yöntemini kullanarak fiyat tahmini yapan çalışmaların makine öğrenmesi yöntemlerine göre daha az olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın ana amacı Bitcoin fiyatının stok akış modeli kullanılarak tahmin edilmesinin önemini ortaya koymaktır. ARIMA yöntemine kıyasla Facebook Prophet algoritmasının kullanıldığı çalışma sonuçlarına göre Stok Akış Oranı'nın dahil edildiği model, zaman serilerini tahmin etmede daha başarılı olmuştur. Çalışma kapsamında yapılan araştırma, diğer çalışmalardan farklı olarak Stok Akış Modeli'nden elde edilen Stok Akış Oranı'nı içsel değişken olarak modele ekleyerek literatüre katkı sunmayı amaçlamıştır. Bitcoin'in geniş kitlelerce kabul edilerek volatilitésinin düşmesi ile birlikte farklı değişkenlerin eklendiği çalışmaların tahmin sonuçlarında daha başarılı olacağı düşünülmektedir.

**Destek ve Teşekkür Beyanı:** Bu çalışmada ifade edilen görüşler yazarlara ait olup, çalıştıkları kurumların görüşleri olarak yorumlanmamalıdır. Stok Akış Modeli uygulamalarına ilham veren PlanB (@100trillionUSD) ile veri setinin elde edilmesinde yardımcı olan Rob Wolfram'a (@hamal03) saygılarımızı sunarız.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı:** Araştırmada birinci yazar ekonometrik yöntem, tartışma, düzenleme; ikinci yazar motivasyon, literatür, düzenleme katkısı sağlamıştır.

**Çıkar Çatışma Beyanı:** Araştırmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışma beyanımız bulunmamaktadır.

**Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı:** Bu araştırmanın her aşamasında "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi"nde belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirini gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmanın yazım sürecinde etik kurallarına uygun alıntı yapılmış ve kaynakça oluşturulmuştur. Çalışma intihal denetimine tabi tutulmuştur.

**Kaynakça**

Akdağ, M. (2019). Kripto Paralizasyon ve Türkiye Ekonomisi için bir Uygulama. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Erzurum.

Ali, M., & Shatabda, S. (2020). A Data Selection Methodology to Train Linear Regression Model to Predict Bitcoin Price. In 2020 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technology (ICAICT) (pp. 330-335). IEEE.

Ammous, S. (2018). *The Bitcoin Standard: The Decentralized Alternative To Central Banking*. John Wiley & Sons.

Awoke, T., Rout, M., Mohanty, L., & Satapathy, S. C. (2021). *Bitcoin Price Prediction And Analysis Using Deep Learning Models*. In Communication Software and Networks (pp. 631-640). Springer, Singapore.

Baek, C., & Elbeck, M. (2015). Bitcoins As An Investment Or Speculative Vehicle? A First Look. *Applied Economics Letters*, 22(1), 30-34.

Bouoiyour, J., & Selmi, R. (2015). What does Bitcoin look like?. *Annals of Economics and Finance*, 16(2), 449-492.

Böhme, R., Christin, N., Edelman, B., & Moore, T. (2015). Bitcoin: Economics, Technology, And Governance. *Journal Of Economic Perspectives*, 29(2), 213-38.

Buchholz, M., Delaney, J., Warren, J., & Parker, J. (2012). Bits And Bets, Information, Price Volatility, And Demand For Bitcoin. *Economics*, 312, 2-48.

Cavalli, S., & Amoretti, M. (2021). CNN-Based Multivariate Data Analysis For Bitcoin Trend Prediction. *Applied Soft Computing*, 101, 107065.

Cheung, A., Roca, E., & Su, J. J. (2015). Crypto-Currency Bubbles: An Application Of The Phillips-Shi-Yu (2013) Methodology On Mt. Gox Bitcoin Prices. *Applied Economics*, 47(23), 2348-2358.

Çolak, Y, Sandalcılar, A. (2019). Türkiye’de Sanal Para Değerinin Belirleyicileri: Bitcoin Üzerine Bir Uygulama. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5 (10), 205-232.

Garcia, D., Tessone, C. J., Mavrodiev, P., & Perony, N. (2014). The Digital Traces Of Bubbles: Feedback Cycles Between Socio-Economic Signals In The Bitcoin Economy. *Journal of the Royal Society Interface*, 11(99).

Glaser, F., Zimmermann, K., Haferkorn, M., Weber, M. C., & Siering, M. (2014). Bitcoin-Asset Or Currency? Revealing Users' Hidden Intentions. Revealing Users' Hidden Intentions (April 15, 2014). ECIS.

Gourieroux, C., & Hencic, A. (2014). *Noncausal Autoregressive Model In Application To Bitcoin/USD Exchange Rate*. *Econometrics Of Risk*, Series: Studies in Computational Intelligence, Springer.

Gupta, A., & Nain, H. (2021). *Bitcoin Price Prediction Using Time Series Analysis and Machine Learning Techniques*. In *Machine Learning for Predictive Analysis* (pp. 551-560). Springer, Singapore.

Hua, Y. (2020). *Bitcoin Price Prediction Using ARIMA and LSTM*. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 218). EDP Sciences.

Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles And Practice*. OTexts.

Kondor, D., Pósfai, M., Csabai, I., & Vattay, G. (2014). *Do The Rich Get Richer? An Empirical Analysis Of The Bitcoin Transaction Network*. *PloS One*, 9(2).

Kristoufek, L. (2013). *BitCoin Meets Google Trends And Wikipedia: Quantifying The Relationship Between Phenomena Of The Internet Era*. *Scientific Reports*, 3(1), 1-7.

Kristoufek, L. (2015). *What Are The Main Drivers Of The Bitcoin Price? Evidence From Wavelet Coherence Analysis*. *PloS One*, 10(4).

Moore, T., & Christin, N. (2013). *Beware The Middleman: Empirical Analysis Of Bitcoin-Exchange Risk*. In *International Conference On Financial Cryptography And Data Security* (pp. 25-33). Springer, Berlin, Heidelberg.

Nakamoto, S., & Bitcoin, A. (2008). *A peer-to-peer electronic cash system*. Bitcoin.–URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 4.

Oo, Z. Z., & Sabai, P. H. Y. U. (2020). *Time Series Prediction Based on Facebook Prophet: A Case Study, Temperature Forecasting in Myintkyina*. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 8(4), 263-267.

Sapuric, S., & Kokkinaki, A. (2014). *Bitcoin is volatile! Isn't that right?*. In *International Conference on Business Information Systems* (pp. 255-265). Springer, Cham.

Selgin, G. (2015). *Synthetic Commodity Money*. *Journal of Financial Stability*, 17, 92-99.

Shen, J., Valagolam, D., & McCalla, S. (2020). *Prophet Forecasting Model: A Machine Learning Approach To Predict The Concentration Of Air Pollutants (PM2. 5, PM10, O3, NO2, SO2, CO) in Seoul, South Korea*. *PeerJ*, 8, e9961.

Swamidass, P. M. (Ed.). (2000). *Encyclopedia Of Production And Manufacturing Management*. Springer Science & Business Media.

Van Wijk, D. (2013). *What Can Be Expected From The BitCoin*. Erasmus Universiteit Rotterdam.

Velankar, S., Valecha, S., & Maji, S. (2018). *Bitcoin Price Prediction Using Machine Learning*. In *2018 20th International Conference On Advanced Communication Technology (ICACT)* (pp. 144-147). IEEE.

Wirawan, I. M., Widiyaningtyas, T., & Hasan, M. M. (2019). *Short Term Prediction on Bitcoin Price Using ARIMA Method*. In *2019 International Seminar on*

Application for Technology of Information and Communication (iSemantic) (pp. 260-265). IEEE.

Yenidoğan, I., Çayır, A., Kozan, O., Dağ, T., & Arslan, Ç. (2018). *Bitcoin Forecasting Using ARIMA And Prophet*. In 2018 3rd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK) (pp. 621-624). IEEE.