



# A LITERATURE RESEARCH REGARDING FRACTAL AND CHAOTIC STRUCTURE OF BITCOIN

**Cumhur ŞAHİN \***

\* Doç. Dr., Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bozüyük Meslek Yüksekokulu Bankacılık ve Sigortacılık Programı, cumhur.sahin@bilecik.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8790-5851

Received Date:20.09.2022 Accepted Date:09.10.2022

Copyright © 2022 Cumhur ŞAHİN. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## ABSTRACT

The concept of cryptocurrency has entered to the World financial system since 2008, has reached an enormous trade volume and has become a very popular financial instrument in fourteen years which can be evaluated as a short time. The firstly generated and the most popular cryptocurrency with a highest trade volume is Bitcoin. It was developed by a person or persons whose name is Satoshi Nakamoto which has been thought as a fake name and it can be described as an electronic payment system based on cryptographic evidences instead of trust. In this study, the information was tried to be presented about the main academic studies which deal with the chaotic and fractal structure of Bitcoin which is the product firstly comes to mind as a cyrptocurrency.

**Keywords:** Digital money, Cryptocurrency, Bitcoin, Fractality, Chaotic structure

**JEL Classification:** G14, G15, G20

## BİTCOİN İÇİN FRAKTAL VE KAOTİK YAPIYA İLİŞKİN BİR LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### ÖZET

Dijital para kavramı 2008 yılından itibaren dünya finans sistemine girmiş olup, on dört yıl gibi kısa sayılabilecek bir zaman diliminde muazzam işlem hacmine ulaşmış ve son derece popüler bir finansal enstrüman haline gelmiştir. Dijital paraların ilki, en yaygın olanı ve en büyük işlem hacmine sahip olanı ise Bitcoin'dir. 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adı taşıdığı düşünülen kişi veya kişiler tarafından geliştirilmiş olup, güven yerine kriptografik kanıtlara dayalı elektronik ödeme sistemi olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada kripto para denince ilk akla gelen ürün olan Bitcoin'in fraktal ve kaotik yapısını ele alan başlıca akademik çalışmalar hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital para, Kripto para, Bitcoin, Fraktallık, Kaotik yapı

**Jel- Sınıflaması:** G14, G15, G20

### 1. GİRİŞ

Özellikle 1990'lı yıllarda ortaya çıkan küreselleşme olgusunun ve bu olgunun temel nedenlerinden biri olan bilgi ve iletişim teknolojilerindeki olağanüstü gelişmelerin de etkisiyle finansal ürün ve araçlarda da çeşitliliğin arttığı gözlenmektedir. Finansal yeniliklerden biri de kripto paralardır. Bir yenilik olarak kripto para kavramından bahsedildiğinde ilk olarak Bitcoin akla gelmektedir. Elbette tek kripto para Bitcoin değildir, farklı türleri de bulunmaktadır ancak, en çok bilinen ve işlem hacmi en yüksek olan kripto para Bitcoin'dir. Sanal, dijital, e-para gibi biçimlerde de anılan kripto para birimleri; kamu otoriteleri tarafından yönetilmediği için ek olarak maliyeti çok az olması nedeniyle büyük bir ilgiyle kullanılmaya başlanmıştır.



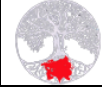
Bitcoin, 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adı altında bir kişi veya grup tarafından geliştirilmiş olup, güven yerine kriptografik kanıtlara dayalı elektronik ödeme sistemi olarak tanımlanabilir. Bitcoin'in yaratılmasındaki amaç, elektronik olarak emniyetli, teyit edilebilir ve dijital bir biçimde transfer edilebilecek herhangi bir merkezi otoriteye bağımlı olmaksızın bir mübadele aracı oluşturabilmektir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Bitcoin'in popülaritesindeki artışla birlikte bu konuyla ilgili olarak son yıllarda akademik çalışmaların arttığı gözlenmektedir. BitCoin fiyatlarındaki fraktal ve kaotik yapıyla ilgili olarak son derece sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların belli başlıları şunlardır:

Hacinliyan ve diğerlerinin (2013,354), finansal zaman serilerinin analizinde, R/S, DFA ve Lyapunov üsteli gibi kaotik ve fraktal analiz gibi doğrusal olmayan veri analiz metotları kullandıkları çalışmada, ekonomik zaman serilerinde sıkça görülen takma etkisine yönelik olarak Lyapunov üssü analizinin yeniden parametrelenmesi görülmüştür. Akkaya ve diğerleri (2015,70), 2011-2014 periyodu itibariyle günlük Euro ve Dolar cinsinden Bitcoin fiyatlarının kapanış değerlerinin kaotik davranışını incelemiştir. Hesaplanan pozitif Lyapunov üstelleri, olası bir kaotik davranış göstermektedir. Vidal ve Melendez'in (2016,73), Bitcoin tarihi getirileri üzerine sürekli dalgacık dönüşümü uyguladıkları çalışmada, sözkonusu varlığın çok yeni ve yüksek volatilitesine rağmen, dalga gücü spektrumu göstermiştir ki yüksek volatilitate periyotları süresince, özel yatırım ufuklarının açık bir üstünlüğü bulunmaktadır. Dalgacık analizi sayesinde varlık davranışındaki fraktal dinamiklerin varlığını gözlemlemek mümkündür. Dalgacık analizi, bir zaman serisini zaman ölçeğinin birkaç tabakasına ayırıştıran bir yöntem olup, lokal varyans veya dalgacık gücünün frekansta ve zaman aralığında nasıl değiştiğini analize imkân vermektedir. Bariviera ve diğerlerinin (2017,82), Bitcoin piyasasındaki uzun dönemli bağımlılığı, eğimden arındırılmış dalgalanma analizi (DFA) yöntemi aracılığıyla ve Urquhart'ın (2016,80), yeniden ölçeklendirilmiş Hurst üsteli (R/S) aracılığıyla inceledikleri çalışmalarda görüldüğü üzere, Bitcoin'in ilk ortaya çıktığı yıllar esnasında, eğimden arındırılmış dalgalanma analizi (DFA) temelli Hurst üsteli anlamlı bir şekilde değişmekte ve son yıllarda istikrarlı olma eğilimi göstermektedir. Bunun yanısıra R/S Hurst istatistiği, Bitcoin piyasasının getirilerine karşı güçlü bir kararsızlık (dayanıksızlık) göstermektedir. Urquhart'ın vardığı sonuçlardan biri de BitCoin getirilerinin etkin piyasalar hipotezine uymadığıdır. Nadarajah ve Chu'nun (2017,6), Urquhart'ın çalışmasının bir devamı olan makalede Bitcoin'in piyasa etkinliği araştırılmış olup Bitcoin getirilerinin bir güç dönüşümünün ilk kez zayıf etkinlikte olabileceği görülmüştür.

Kirichenko ve diğerlerinin (2017,456), Bitcoin dijital para kuru zaman serisi ile sosyal ağlardaki toplum etkinlikleri arasındaki karşılaştırmalı korelasyon ve fraktal analiz çalışmasında, Bitcoin oranı ile toplumsal faaliyetler arasında anlamlı bir korelasyon tespit edilmiştir. Zaman serisi fraktal analizi, özbenzeş (kendine benzer) ve çoklu fraktal özelliklerin olduğunu göstermektedir. Araştırma sonuçları ayrıca güçlü korelasyon bağımlılığı olan serilerin benzer çoklu fraktal yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Kayacan ve Anavatan (2018,141), çalışmalarında Bitcoin getirilerinin kaotik yapıya sahip olup olmadığını tespit etmek amacıyla Bitcoin getiri serisi kullanılarak ilk olarak BDS (Brock, Dechert ve Scheinkman) testi ile doğrusal olmayan bağımlılığı test etmiş, ardından serideki uzun dönemli bellek yapısını belirlemek için dönüştürülmüş genişlik (rescaled range-R/S) yöntemi uygulayarak Hurst üsteli elde etmişlerdir. Ardından, yanlış en yakın komşular yöntemi ile



uygun gömme boyutu belirlenmiştir. Serideki kaotik davranışı tespit etmek için korelasyon boyutu hesaplanmış ve Lyapunov üsteli değeri pozitif bulunmuştur. Sonuç olarak, serinin doğrusal olmayan dinamikler içerdiği, uzun belleğe sahip olduğu ve serinin kaotik özellikler taşıdığı bulgusu elde edilmiştir. Lahmire ve Bekiros (2018,28), Bitcoin fiyatları ve getirilerini alt ve üst rejim olarak ikiye ayırmıştır. En büyük Lyapunov üsteli, Shannon entropi ve çoklu fraktal eğimden arındırılmış dalgalanma analizini kullanarak bu serilerde kaos, rastsallık ve çoklu fraktallığı ortaya çıkarmıştır.

Kristoufek'in Bitcoin piyasalarının etkinliği ya da etkinsizliği ile bu piyasaların evrimi üzerine olan çalışmasında (2018,257), fraktal boyut ve uzun vadeli bağımlılık temelli etkinlik endeksi kullanılmış olup 2010-2017 dönemi itibariyle Bitcoin piyasalarının etkin olmadığına dair bulgular elde edilmiştir. Stosic ve diğerleri (2018,1069), Bitcoin başta olmak üzere 20 dijital para için 2013'ten 2017'ye kadar analiz yapmış ve Bitcoin ve diğer dijital paraların kompleks ve oynak bir yapıya sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Alvarez- Ramirez ve diğerlerinin (2018,948), Bitcoin piyasasındaki uzun dönemli korelasyonları ve bilgisel etkinliği araştırdıkları çalışmada, eğimden arındırılmış dalgalanma analiz tekniği (DFA) uygulanmış, Hurst üstelinin yıl döngüsü gösterdiği, Bitcoin piyasasının gün, saat ve saniye gibi değişen periyotlara göre değişen etkinlik gösterdiği, ayrıca Bitcoin piyasasının artan ve azalan fiyat trendlerine göre asimetric korelasyon teşkil ettiği görülmüştür. Takaishi'nin (2018,507), Bitcoin fiyatlarının 1 dakikalık getirilerini kullanarak BitCoin zaman serisinin çoklu fraktallığını ve istatistiksel özelliklerini araştırdığı çalışmada, eğimden arındırılmış dalgalanma analiz (DFA) multifraktalite yönteminden yararlanılmış olup, Bitcoin zaman serilerinin çoklu fraktal bir yapı sergilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Gajardo ve diğerlerinin (2018,195), Bitcoin ile başlıca para birimleri, Dow Jones sanayi endeksi, altın fiyatı ve ham petrol piyasası arasındaki çapraz korelasyonları araştırdıkları çalışmada, her çapraz korelasyonda çoklu fraktallığın mevcut olduğu, farklı trendler altında çapraz korelasyon üstelinde bir asimetri olduğu görülmüştür. Ayrıca Bitcoin'in diğer başlıca para birimlerine göre daha büyük bir multifraktalite spektrumu gösterdiği saptanmıştır. Filho ve diğerlerinin (2018,954), Bitcoin zaman serilerinin çoklu fraktal yapısını araştırdıkları çalışmada, çoklu fraktal bir yapının bulunduğu MFDFA yöntemi ile kanıtlanmıştır. Çoklu fraktal yapı hem uzun dönemli korelasyonlardan hem de kalın kuyruk dağılımlarından ortaya çıkmaktadır. Al-Yahyaee ve diğerlerinin (2018,228), Bitcoin ile altın, hisse senedi ve döviz piyasaları arasındaki çoklu fraktal yapı özelliklerini araştırdıkları çalışmada, MF-DFA yaklaşımı kullanılmış olup, sonuçlar, tüm piyasalar için uzun soluklu bellek özelliği ve çoklu fraktal yapının var olduğunu göstermektedir. Ayrıca, tüm piyasalarda çoklu fraktal yapı kısa dalgalanmalarda uzun dalgalanmalara göre daha önemli olmaktadır. Bitcoin piyasası ise dört piyasa içinde en etkin olmayanıdır. Fang ve diğerlerinin (2018,109), ekonofizik kullanarak Çin ve ABD Bitcoin piyasaları arasında dalgalanma benzerlikleri ve farklılıklarını araştırdıkları çalışmada, BitCoin piyasalarının senkronizasyon ve çoklu fraktallığını araştırmada MCCS ve MFDFA uygulanmıştır. Küçük dalgalanmalar güçlü hafıza ve senkronizasyona sahipken, büyük dalgalanmalar daha zayıf hafıza ve senkronizasyona sahip bulunmaktadır. Bitcoin piyasasının senkronizasyonu hisse senedi piyasasından daha büyüktür. Çin piyasasındaki büyük dalgalanmalar kararlı iken, ABD piyasasındaki dalgalanmalar daha az kararlılık göstermektedir. Zhang ve diğerlerinin (2018,657), Google trendleri ile Bitcoin piyasası arasında çapraz korelasyonları ölçtükleri çalışmada, çoklu fraktal eğimden arındırılmış çapraz korelasyon analizi yöntemi (MF-DCCA) kullanılmış olup, Google trendleri ile Bitcoin piyasasında getiri ve işlem hacmi değişikliklerinin anlamlı olduğu belirlenmiştir. Özellikle ampirik sonuçlar göstermektedir ki, Google trendlerindeki değişim ile Bitcoin getirileri ve



işlem hacmi arasında güç kanunu çapraz korelasyonları vardır. Ayrıca, Google trendlerindeki değişim ile getiriler arasındaki çapraz korelasyonların uzun dönemde daha yüksek çoklu fraktal derecesi varken, kısa dönemde çoklu fraktal derecesi zayıflamaktadır.

Jiang ve diğerlerinin (2018,280), haddeleme penceresi yaklaşımı ve yeni bir etkinlik endeksi kullanarak Bitcoin piyasasında zamanla değişen uzun dönemli bellek yapısını araştırdığı çalışmada, Bitcoin piyasasındaki genelleştirilmiş Hurst üstellerinin tamamının 0.5'in üzerinde olduğu, Bitcoin piyasasında uzun dönemli belleğin olduğu, yüksek derecede etkinsizlik (verimsizlik) oranı olduğu, Bitcoin piyasasının zaman ilerledikçe daha etkin olmadığı ve haddeleme penceresi yaklaşımının daha güvenilir sonuçlar elde etmeye yardımcı olabileceği belirlenmiştir. Garnier ve Solna'nın (2019,708) çalışmasında, dijital para piyasasının ne ölçüde yarı etkin veya klasik bir piyasa görünümünde olduğu araştırılmıştır. Çoklu fraktal özelliklerin kullanıldığı çalışmada Bitcoin fiyatı çok ilginç çok ölçekli korelasyon yapısı sergilemektedir. Bu yapı, getirilerin zaman artış fonksiyonu olarak varyansının güç kanunu davranışı ile iki parametre olan volatilité ve Hurst üsteli ile tanımlanabilir. Bu güç kanunu parametreleri zamanla değişmektedir. Yeni bir kavram olarak genelleştirilmiş Hurst üsteli, temel işaretin çoklu fraktal karakterini yakalama imkânı vermektedir.

Stavroyiannis ve diğerlerinin (2019,62), Bitcoin'in yüksek frekanslı multifraktal özellikleri ile ilgili makalelerinde, dalgacık modülünün yeni bir hibriti ile eğimden arındırılmış dalgalanma analizi kullandığı çalışmada tüm zaman aralıklarında fraktallık gözlenmiştir. Günay ve Kaşkaloglu'nun (2019, 36) küresel kripto para piyasasında kaos olup olmadığını araştırdıkları makalelerinde, kaotik düzenin parametreleri, lineersizlik, başlangıç koşullarına duyarlılık, tekli fraktallık ve çoklu fraktallık analiz edilmiştir. Bu amaçla Brock–Dechert–Scheinkman testi, Lyapunov üsteli, fraktal boyut için monogram analizi ile Peng, Higuchi, R/S analizi ve MFDFA analizi gibi çoklu testler kullanılmıştır. Ampirik sonuçlar, kripto para piyasasındaki kaotik yapının varlığını desteklemektedir.

### 3. SONUÇ

En yeni finansal enstrümanlardan biri olan dijital paralar, oldukça yaratıcı bir ürün olarak ortaya çıktıkları zamanlarda sanal para gibi adlandırmaya sahip olmuşlardır. Zaman geçtikçe ilk ve en bilinen, en büyük işlem hacmine sahip türü olan Bitcoin öncülüğünde blockchain alt yapısını kullanan ve günümüzde sayıları binlerle ifade edilen yazılımlara kripto para adı verilmiştir. Nevi şahsına münhasır bir teknolojik donanım gerektiren bu yazılımların kripto para olarak isimlendirilmelerinin nedeni, kuvvetli bir şifreleme alt yapısından oluşmalarının yanı sıra sistemin bağımsız ve esnek özelliklere sahip olmasıdır. Bitcoin; ilk kez Satoshi Nakamoto takma adını kullanan kişi ya da kişilerce "Bitcoin: Eşler Arası Elektronik Nakit Sistemi" (Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System) adlı makalede tanıtılmıştır. Bu makalede Bitcoin'in çalışma felsefesi anlatılarak sanal ortamda merkezi bir otoriteye ihtiyaç duyulmadan uluslar ve devletler üstü bir para birimi oluşturabileceği fikri ortaya atılmıştır.

Bu çalışmada kripto para denince ilk akla gelen ürün olan Bitcoin'in fraktal ve kaotik yapısını ele alan başlıca akademik çalışmalar hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır. Bu açıdan literatürde önemli bir boşluğun doldurulduğu ve bu konu hakkında araştırma yapacak olanlara fayda sağlayacak bir çalışma olduğu düşünülmektedir.



## REFERENCES

- Akkaya, E. E.; Yildirim, A. H. ve Hacinliyan, A. S. (2015). “Chaos in Digital Currency Markets”, *Chaotic Modeling and Simulation (CMSIM)*, 1(July 2014), 65–71.
- Alvarez-Ramirez, J.; Rodriguez, E. ve Ibarra-Valdez, C. (2018). “Long-range correlations and asymmetry in the Bitcoin market”, *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 492, 948-955.
- Al-Yahyaee, K.H.; Mensi, W. ve Yoon, S.M. (2018). “Efficiency, multifractality, and the long-memory property of the Bitcoin market: A comparative analysis with stock, currency, and gold markets”, *Finance Research Letters*, <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.03.017>
- Bariviera, A.F.; Basgall, M.J.; Hasperue, W. ve Naiouf, M. (2017). “Some stylized facts of the Bitcoin market”, *Physica A*: 484, 82-90.
- Fang, W.; Tian, S. ve Wang, J. (2018). “Multiscale fluctuations and complexity synchronization of Bitcoin in China and US markets”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 512, 109-120.
- Filho, A.C.S.; Maganini, N.D. ve Almeida, E.F. (2018). “Multifractal analysis of Bitcoin market”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 512, 954-967.
- Gajardo, G.; Kristjanpoller, W.D. ve Minutolo, M. (2018). “Does Bitcoin exhibit the same asymmetric multifractal cross-correlations with crude oil, gold and DJIA as the Euro, Great British Pound and Yen?”, *Chaos, Solitons & Fractals*, 109, 195-205.
- Garnier J. ve Solna, K. (2019). “Chaos and Order in the Bitcoin Market”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 524, 708-721.
- Günay, S ve Kaşkaloğlu, K. (2019). “Seeking a Chaotic Order in Cryptocurrency Market”, *Mathematical and Computational Applications*, 24(2).
- Hacinliyan, A. S.; Aybar, O. O.; Aybar I. K.; Kulali, M. Ve Karaduman, S. (2013). “Signals of Chaotic Behavior in Middle Eastern Stock Exchanges, Chaos and Complex Systems”, Springer, 353-356, ISBN 978-3-642-33913-4
- Jiang, Y.; Nie, H. ve Ruan, W. (2018). “Time-varying long-term memory in Bitcoin market”, *Finance Research Letters*, Volume:25, 280-284.
- Kayacan, E. Y. ve Anavatan, A. (2018). “BİTCOİN GETİRİLERİNİN KAOTİK YAPISININ İNCELENMESİ”, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD)*, 5(7), 135-142.
- Kirichenko, L.; Bulakh, V. ve Radivilova, T. (2017). “Fractal time series analysis of social network activities”, *Conference Paper, Conference: 2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*
- Kristoufek, L. (2018). “On Bitcoin markets (in)efficiency and its evolution”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 503, 257-262.
- Lahmiri, S. ve Bekiros, S. (2018). “Chaos, randomness and multi-fractality in Bitcoin market”, *Chaos, Solitons and Fractals*, 106, 28–34.
- Nadarajah, S. ve Chu, J. (2017). “On the inefficiency of Bitcoin”, *Economics Letters*, Volume:150, 6-9.
- Nakamoto, S. (2009). “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>





- Stavroyiannis, S.; Babalos, V.; Bekiros, S.; Lahmiri, S. ve Salahuddin, G. (2019). “The high frequency multifractal properties of Bitcoin”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 520, 62-71.
- Stosic, D.; Stosic, D.; Ludermir, T. B. ve Stosic, T. (2018). “Nonextensive triplets in cryptocurrency exchanges”, *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 505, 1069– 1074.
- Takaishi, T. (2018). “Statistical properties and multifractality of Bitcoin”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 506, 507-519.
- Urquhart, A. (2016). “The inefficiency of Bitcoin”, *Economics Letters*, 148, 80-82.
- Vidal, R. D. ve Melendez, G.R. (2016). “The Fractal Nature of Bitcoin: Evidence from Wavelet Power Spectra”, *Trends in Mathematical Economics*, Springer, Cham,73-98.
- Zhang, W.; Wang, P.; Li, X., ve Shen, D. (2018). “Quantifying the cross-correlations between online searches and Bitcoin market”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Volume:509, 657-672.