

## FINANSAL VARLIK OLARAK BITCOIN'İN İNCELENMESİ VE BİRİM KÖK YAPISI ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Öğr. Gör. Atilla HEPKORUCU<sup>1</sup>  
Öğr. Gör. Sevdanur GENÇ<sup>2</sup>

### Özet

Günümüzde tüketicilerin gereksinimlerini, e-ticaret ve para transferleri gibi dijital ortamlardan karşılaması artmaktadır. Tüketicilerin gereksinimlerini daha hızlı ve daha uygun şartlarda karşılamak amacıyla, para yerine elektronik paranın kullanımının tercih edildiği gözlemlenmektedir. Bu haliyle elektronik para unsurlarının da finansal olarak incelenmesi gerekmektedir. Çalışmada arzu edilen e-para olarak adlandırılan ürünlerden bitcoin'i finansal olarak incelemek ve durağanlığı hakkında yargıya varmaktır. Finansal olarak incelenen bitcoin ürünün özellikleri literatürde yapılan çalışmalara bağlı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu haliyle ürünün durağanlığının doğrusal birim kök testleriyle incelenmiş olduğu görülmüştür. Ancak fiyatların durağanlığının doğrusal dışı etmenlerin varlığında incelenerek bu eksikliğin giderilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle Fourier ADF ve standart ADF metodları ile incelenmiş ve serinin durağan dışı olduğu kabul edilmiştir. Yapısal değişimlerin varlığını kabul eden ve gözardı eden birim kök testlerinin sonuçlarının benzer olması; serinin birim köke sahip olduğu göstermektedir. Bu haliyle bitcoin serisine uygulanan şok etkisinin azalmadan sonsuza kadar sürdüğü kabul edilmiştir. Bu haliyle ürünün fiyatının piyasaya giren şoklar tarafından belirlendiği ifade edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitcoin, Zaman serisi, Kriptoloji, Doğrusal olmayan birim kök testleri.

## EXAMINATION OF BITCOIN AS A FINANCIAL ASSET AND AN APPLICATION ON UNIT ROOT STRUCTURE

### Abstract

Today, consumers are increasingly meeting their needs from digital media such as e-commerce and money transfers. It has been observed that the use of electronic money instead of money has begun to be preferred to meet the needs of consumers at faster and more convenient conditions. In this way, the electronic money elements should also be examined financially. Bitcoin that is one of the products being called as e-money, is desired to examine in terms of financial view in the study and to reach a judgment about the stationary. The characteristics of financially studied bitcoin products have not been determined depending on the work done in the literature. As a result, it was observed that the stationarity of the product was examined by linear unit root tests. However, it has been aimed that the stationarity of the prices will be examined in the presence of nonlinear factors to eliminate these deficiencies. For this reason, Fourier ADF and standard ADF methods were used and it was accepted that the series was non-stationary. That the results of unit root tests accepting and ignoring the presence of structural changes are similar indicates that the series has unit root. It has been accepted that a shock effect applied to the bitcoin series lasts forever without diminishing. It has been figured out that the price determination of the product is by the shocks that enters the market.

**Keywords:** Bitcoin, Time Series, Cryptology, Non-linear unit root test.

<sup>1</sup> Kastamonu Üniversitesi, Taşköprü Meslek Yüksekokulu, ahepkorucu@kastamonu.edu.tr

<sup>2</sup> Kastamonu Üniversitesi, Taşköprü Meslek Yüksekokulu, sgenç@kastamonu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Paranın olmadığı devirlerde takas yoluyla istenilen nesneye ulaşmak için daha yüksek değerde bir nesne vermek zorunda kalınmış ve sonrasında metal ve kağıt paralar kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte finansal sistem de değişiklik yaratmış ve para yeni bir şekil alarak “Kripto Para Birimi” adı altında üretilmeye başlanmıştır. Kripto para birimlerinin paranın temel işlevlerini yerine getirip getirmemesi açısından bir tartışma konusu olmasına rağmen, ilerleyen teknoloji ile birlikte kullanımı da hızla artmaktadır. Ancak teknolojinin güvenilirliği aynı hızla azalmaktadır. Bu noktada, kullanıcı bilgilerinin korunması için pek çok çözüm ve algoritma geliştirilmektedir. Bunlardan biri olan Kriptoloji günümüze kadar en kabul görmüş çözüm yolu olarak bilinir ve bilgiye sahibi dışındaki ulaşımları engelleyebilmiştir (Yılmaz, 2007, s.137).

Bir şifre bilimi olan kriptolojinin esas amacı, verilerin gizliliğini ve değişmezliğini sağlamaktır. Bu gizlilik şifrelemede anahtar uzunluklarının artırılmasıyla çözülmektedir. Kimlik doğrulaması olarakta bilinen bu yöntem ile kişinin başka birinin yerine geçmesi önlenmiştir. Buna yardımcı olan unsurlar ise, elektronik sertifikalar ve elektronik imzalıdır (Yılmaz, 2007, s.137). Tüm bu sistem açık kaynak kodlu yazılımlarla desteklenmektedir.

İlk kripto para birimi olan Bitcoin, 2009 yılında Satoshi Nakamoto takma ismi olan kimler olduğu ispatlanmamış bir kişi veya bir gruptur. Satoshi Nakamoto tarafından Japonya’da ilk Bitcoin yazılımı yayınlanmıştır (Wallace, B., 2011). Kripto para biriminin en iyi örneği olan Bitcoin (Sembölü ₿, kısaltması : BTC), ihracı ve güvencesi resmi veya özel bir kurum tarafından gerçekleştirilmemektedir (Sönmez, A., 2014, s.10). Bir merkez bankası tarafından kontrol edilmediği gibi, geleneksel para birimlerinin kullanılmasının aksine elektronik ortamda yönetilebilen bir para birimidir. Bu sebepten dolayı, kripto para diğer paralarla karşılaştırıldığında en önemli özelliği P2P<sup>3</sup> teknolojisine dayalı ve tamamen dijital bir oluşumdur. Bununla birlikte sigortalanamaması, karmaşık bir ürün olması, sınırlı bir kullanım alanı olması ve üst limitlerinin olması da yine Bitcoin’in önemli özellikleri arasında bulunmaktadır.

Bitcoin’in kullanılabilmesi için Bitcoin açık kaynak yazılımının da anonim veya gizli kullanıcı profilleri oluşturmaları gereklidir. Yazılım aracılığıyla satın alınan bu sanal paralar, oluşturulan profillerdeki dijital cüzdanlarda saklanmaktadır. Para transferi esnasında para sahibinin dijital imzası, işlem özetleri ve paranın gönderileceği kişinin açık kullanıcı bilgilerine ait imzalarının detayları yer almaktadır. Tüm bu detaylar sayesinde sonraki kullanıcıların geçmiş transferler hakkında daha iyi araştırma yapabilmesi sağlanmaktadır (Nakamoto, S., 2008). Bu detayların her bir kullanıcı bilgisiyle bağlantılı olarak saklandığı “Blockchain” adında bir tür sanal defter bulunmaktadır.

Gelişmiş dünya ülkelerinde kullanımı oldukça yaygın olan Bitcoin, Japonya ve İrlanda’da ATM üzerinden de işlem yapılabilmektedir. Dünya’da ilk Bitcoin ATM’si Kanada’da bulunurken Türkiye’de ise İstanbul Atatürk Havalimanı’nda faaliyete sunulmuştur<sup>4</sup>.

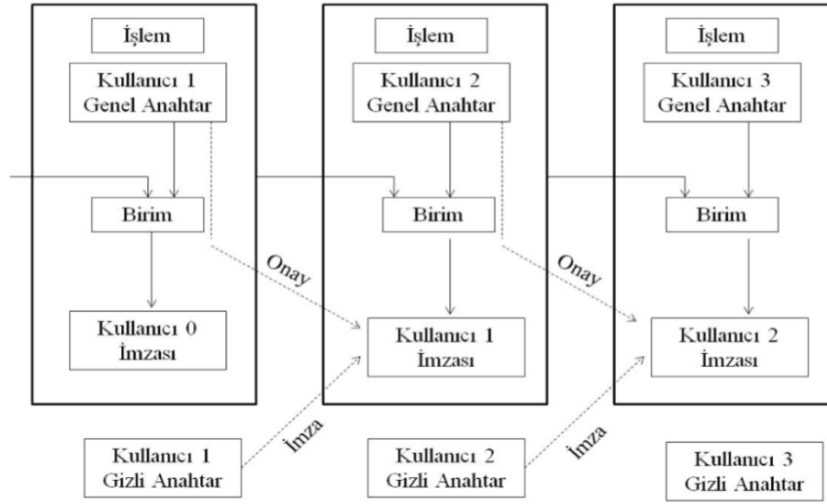
### 1.1. Bitcoin’in İşleyişi

<sup>3</sup> P2P (Peer to Peer - Eşten Eşe Bağlantı): Birbirine "eş" iki veya daha fazla istemci arasında haberleşmenin sağlanması, veri paylaşımı yapılmasını sağlamak amacıyla kullanılan bir ağ protokolüdür (<http://p2p.nedir.com/#ixzz3SzJACvQI>, Erişim Tarihi : 20.08.2017).

<sup>4</sup> “Türkiye’nin İlk Bitcoin ATM’si İstanbul Atatürk Havalimanı’nda Kullanıma Açıldı”, <http://eticaretmag.com/turkiyenin-ilk-bitcoin-atmsi-istanbul>, Erişim Tarihi : 20.08.2017

Para transferi yapmak isteyen bir Bitcoin kullanıcısı kullanılan Bitcoin yazılımı aracılığıyla ağı belli bir formata sahip mesaj bırakır. Eğer transfer işleminin gerçekleşmesi için gerekli koşulları sağlıyorsa işlem onaylanır. Tüm bu işlemler gerçekleşirken kullanıcıların gerçek kimlikleri diğer kullanıcılarla paylaşılmaz, bunun yerine Bitcoin adresleri arasındaki para akışı görülmektedir.

Bitcoin’le ilgili tüm işlem geçmişleri Block chain’de bulunmaktadır. Her yeni işlem ise onaylanmış işlemler zincirinin sonuna eklenmektedir. Block chain’in yapısı şekil 1’de verilmiştir (Nakamoto, S., 2008).



**Şekil 1:** Bitcoin işlem süreci (Nakamoto, S., 2008).

Bitcoin kullanıcılarına “miner”, onaylanmasını bekledikleri işlem süreçlerine ise “mining” denir<sup>5</sup>. Bu süreçte onaylanması gereken blok yapılar birikir ve karmaşıklığın çözümlenmesi için işlemsel güç harcamaları için miner’lara büyük rol düşer. Bunun karşılığında ilk blok yapısını çözen kişi hem block chain’in sonuna eklenir hem de ödül olarak blok başına tanımlanmış bitcoin kazanırlar.

## 1.2. Bitcoin Kullanımının Avantaj Ve Dezavantajı

Geçmişten günümüze kadar girişimci tarzı ve başarılı teknolojik tasarımıyla kullanıcılarına birçok yönden kazandıran Bitcoin, son zamanlarda Türkiye’de de kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sebebi şimdiye kadarki geliştirilen ödeme sistemlerinden daha iyi ve daha temiz bir mekanizmaya sahip olmasıdır. Herhangi bir merkez bankasına veya herhangi bir devlete bağlı olmadığından enflasyon gibi durumlarda etkinlenme, vergilendirilme veya izlenilme olasılığı bulunmamaktadır. Ayrıca, bir aracı kuruma ihtiyaç duyulmadan işlemlerin bağımsız bir şekilde gerçekleşmesiyle birlikte herhangi bir işlem maliyeti ya yok ya da yok denecek kadar azdır. İnternet sağlayıcıları tarafından çevrim içi yapılan tüm transfer işlemlerinde zamandan tasarruf edilmektedir. Sanal paralar hakkında herhangi bir hukuki düzenleme veya coğrafi bir sınır bulunmaması çok tercih edilme sebebinin tetiklemiştir (Merlonghi, G., 2010, s.206). Bitcoin yazılımı sahip olduğu kriptolu sistemi ile kullanıcı kimliklerini, dijital cüzdanlarını ve tüm transfer işlemlerini geniş bir güvenlik ağı altında tutmaktadır.

Google, kullanıcıların internet ortamındaki her hareketini kendine özgü bir internet sağlayıcısıyla izlemektedir. Bu sebeple, Bitcoin yatırımcılarının Google’da yaptıkları

<sup>5</sup> “Mining”, Bitcoin Developer Guide, <https://bitcoin.org/en/developer-guide#mining>, Erişim Tarihi : 20.08.2017

araştırmalar da takip edilmektedir. Yatırımcıların ilgisini çeken Bitcoin, dünyaca ünlü arama motoru Google'da arama trendlerindeki yükselişiyle de dikkat çekmiştir. Grafik 1'de görüldüğü gibi arama sonuçları son 5 yıl içerisinde farklı değişkenlikler göstererek yükselişe devam etmiştir.

**Grafik 1:** Bitcoin arama trendinin yıllara göre değişimi<sup>6</sup>



Günümüzde siber suç ve saldırıların artmasıyla birlikte bitcoin yazılımının da tehlike altında olması bir dezavantaj gibi görülmektedir. Sanal soygunlara ve dolandırıcılıklara karşı açık bir mekanizması vardır. Ancak, bunun için geliştirilmiş üstün algoritma ve güvenlik duvarları yardımıyla güvenlik üst düzeye alınarak Bitcoin kullanımının avantaj özelliği korunmaya devam etmiştir. Güvenlik için tasarlanan en güncel teknoloji ise Bitcoin Donanım Cüzdanlarıdır (Bitcoin hardware wallet). Bu cihazlar Bitcoin hesaplarını bilgisayar, internet ve borsadan bağımsız olacak şekilde şifrelenmiş taşınabilir bir bellekte saklamaktadır. Bitcoin, bir muhasebe birimi olarak kullanılması, bir defter sistemine aktarılması oldukça güç olmasının yanı sıra, yapılan işlemler kayıt altına alınır fakat geri alınamaz özellikte olması gibi önemli risklere de sahiptir.

### 1.3. Bitcoin Piyasası

Bitcoin piyasası, 2017 yılı Ağustos verilerine göre 68.4 milyar Amerikan doları civarında olduğu ve spekülatif bir piyasa olarak tanımlandığı bilinmektedir<sup>7</sup>. Bu halde yatırımcıların alım/satım kararlarını verirken bazı finansal unsurların incelenmesi gerekmektedir. Finansal bir varlık olarak değerlendirildiğinde oynaklık modellemesinin incelenmesi önemlidir. Özellikle, getiri unsurunda kümelenme etkisi gözlenmesi, yatırımcıların alım satım işlemlerini etkilemektedir. Katsiampa (2017), çalışmasında, finansal bir varlık olarak bitcoin varlığının fiyat oynaklığı modellemesini hedeflemiştir. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında, Bitcoin piyasasında uzun dönemli varyansın, sabit kalmadığını kısa dönemli varyans gibi zaman içinde farklılaştığı öngörülmektedir. Aynı zamanda portföy ve risk yöneticileri için makroekonomik bir indikatör olarak kullanılabilmesi ve endeks değerinin faydalı bir enstrüman olduğunu ifade etmiştir. Çalışmada asimetrik etkinin belirlenmesine yönelik modeller kullanılmış ancak pozitif ve negatif şoklara karşı benzer tepkiler verdiği görülmüştür. Dyhrberg (2016) çalışmasında da benzer sonuçlar görülmektedir. Bitcoin altın ve dolara birçok yönüyle benzemektedir. En önemli farklılığı ise, bu veri bazlı ürünün ülkesel bazlı davranmaması ve finansal regülasyonun neredeyse sıfır olduğudur. Bununla beraber hedge kabiliyetlerinin yüksek, ancak pozitif ve negatif şoklara karşı verdiği tepkinin simetrik oluşu, altın gibi bir varlığa benzediğini göstermiştir. Bununla beraber şoklara karşı daha hızlı tepki verdiği görülmüş ve federal fon rezervinin verdiği kararlarda dolara benzer bir finansal varlık gibi davranmıştır. Bitcoin tüm bu özellikleri ile yatırım ve tasarruf özelliklerini bünyesinde toplamaktadır. Özetlenirse; ürünün oynaklığına bakıldığında oynaklığının zamana karşı değiştiği ve bu değişimin uzun dönem için de geçerli olduğu kabul edilebilir.

<sup>6</sup> <https://www.google.com/trends/explore#q=bitcoin>, Erişim Tarihi : 20.08.2017

<sup>7</sup> <https://blockchain.info/markets/>, Erişim Tarihi : 20.08.2017

Bitcoin finansal bir varlık olarak incelendiğinde, önemli olan bir diğer unsur tek fiyat yasasının geçerli olup olmadığı ve arbitraj imkanı bulunması durumudur. Eğer arbitraj imkanı var ise, yatırımcı piyasalar arası işlemler ile elde edeceği karı oldukça arttırabilecektir. Pieters ve Vivanco (2017), çalışmalarında bitcoin fiyatlarını inceledikleri 11 market üzerinde % 26'lık bir değişim olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu farkın nedeni araştırılmış ve işlem yapan müşterilerin işlem maliyetlerinin farkı sebep olduğu görülmüştür. Çalışmada tek fiyat yasası ile yerel kur değeri üzerinden farklı piyasalardaki bitcoin fiyatları uzun ve kısa dönemli olarak karşılaştırılmıştır. Bu durumda yer arbitrajı olarak adlandırılan olgunun piyasada gözlemlendiği belirlenmiştir. Ancak fiyat sapmalarının zamanlamasında bu şekilde bir ayrışma belirlenmemiştir. Bu durum bitcoin piyasası için işlem ücreti üzerine finansal regülasyon zorunluluğuna işaret etmektedir. Benzer şekilde Dong ve Dong (2014), çalışmalarında bitcoin varlığını aşırı riskli fakat düşük getirili olarak nitelendirmişlerdir. Bitcoin para birimi olarak değerlendirildiğinde, yatırımcıların arbitraj imkanı yakaladıkları görülmüştür. Bir kısım yatırımcı da Bitcoin'i sabit getirili bir varlık ve uzun vadeli yatırım aracı olarak değerlendirmiştir. Tüm bunlara ek olarak finansal varlıklar için uygulanan performans analizlerinden Treynor analizi uygulandığında, elde edilen oran düşük bulunmuş ve katlanılan birim bazda sistematik risk için elde edilen getirinin düşük olduğu kabul edilmiştir.

Kısaca, alım/satım fiyatının belirlenmesi sadece yerel piyasa üzerinden değil tüm bitcoin piyasa bilgisinden oluşmalıdır. Bu durum Bitcoin ürünün fiyatının sadece arz ve talep tarafından belirlenmediğini, farklı etmenlerin de fiyatları sürüklediğini işaret etmektedir. Frascaroli ve Pinto (2016), çalışmalarında Bitcoin piyasasının günlük getiri oynaklığını incelemişler ve siber saldırıların yanında karaborsa e-ticaret yapan kurumların da fiyat değişkenliğini etkileyerek, fiyatları olumsuz etkilemekte olduğunu belirtmişlerdir. İlave olarak fiyatların, siyasi ve ekonomik krizlerden etkilendiğini ve bu sayede ekonomik krizlerin önceden tahmin edilebileceği sonucuna varmışlardır. Georgoula ve diğ. (2015), uzun dönem ilişkileri incelenmiş ve dolaşımdaki bitcoin miktarının artmasıyla, fiyatının arttığını saptamıştır. Fakat S&P 500 borsa endeksiyle negatif ilişkide olduğunu da ortaya koymuştur. Bu durum küresel ekonomi verileri daralırken fiyatın da arttığını göstermiştir. Kısa dönem ilişkileri incelendiğinde ise Twitter trendleri, başlık etiketi (hashtag) ve Wikipedia aranması ile doğru orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Bitcoin ürünü finansal varlık olarak değerlendirildiğinde fiyat kriterleri farklılaşmakta ve alışageldik finansal ürün fiyatlama teorisinden daha farklı değişkenler ile açıklanabilmektedir. Ciaian, Rajcaniova ve Kancs (2016), yatırımcılar açısından Bitcoin çekiciliğini araştırmışlar ve zamanla değişen bir etkinin varlığını kabul etmişlerdir. Bununla beraber makro-f finansal değişimlerin fiyatlar üzerine herhangi bir etkisi olmadığı kabul edilmiştir.

Bu durum fiyat balonlarının veya fiyat kopuşlarının oluşmasına sebep olabilmektedir. MacDonell (2014), Bitcoin varlığı için fiyat balonu araştırması yapmış ve 2013 yılında varlığını tespit etmiştir. Genel olarak fiyat aykırılıklarının sebebi, güvenilir Bitcoin platformlarının sayısının az olmasıyla birlikte, ürünün karaborsada da işlem gördüğünü iletmiştir. Bunun yanında ürünün oynaklığını, piyasanın spekülasyona açık olmasıyla ilişkilendirmiştir. Hencic ve Gourieroux (2015) çalışmalarında seçtikleri 2013 yılının şubat - temmuz ayları arasını zaman aralığı olarak seçmişler ve fiyatlar üzerinde araştırma yapmışlardır. Fiyatlar üzerinde spekülasyon balon bulunduğunu saptamışlar ve gelişmekte olan bitcoin piyasasının yüksek derecede spekülasyon işlemlere maruz kaldığını belirtmişlerdir. Bunun yanında Bitcoin yatırımcılarına ait kullanıcı hesaplarının çalınması ve e-ticaret yapan platformların kapatılması veya piyasanın regüle edilmesi gerektiğini işaret etmişlerdir. Finansal denetleme ve düzenleme eksikliği piyasalar arası arbitraj imkanını arttırmaktadır.

Cheung, Roca ve Su (2015), çalışmalarında büyük bir satış hacmine sahip olan Mt. Gox adındaki platformun bitcoin fiyatlarını incelemişler ve fiyat balonu saptamaya çalışmışlardır. İnceledikleri dönem olan 2010-2014 arasında 3 (üç) adet büyük balon tespit edilmiştir. Balon oluşumunun temel nedeni olarak fiyatlama dinamiklerinin, finansal varlıklardan farklı olarak herhangi bir baz mal veya dayanağa sahip olmadığını belirtmişlerdir.

Bunlara ek olarak piyasada fiyatların şeffaf ve güvenilirlikten uzaklaşmasının bir diğer sebebi de piyasanın homojen koşullarından uzaklaştırılmasıdır. Arz sayısındaki eksiklik piyasada oluşan fiyatı saptırmaktadır. MacDonell (2014), genel olarak fiyat aykırılıklarının sebebini, güvenilir bitcoin platformlarının sayısının az olmasına ve ürünün karaborsada da işlem görmesine bağlamıştır. Bunun yanında ürünün oynaklığını, piyasanın spekülasyona açık olmasıyla ilişkilendirmiştir.

Ürün fiyatlarının durağanlığı incelenerek, fiyatların veri üretme mekanizması açıklanmaya çalışılmıştır. Durağanlığın incelenmesi ile amaçlanan, şokların fiyatlar üzerindeki etkisinin kalıcı veya geçici olduğunun belirlenmesidir. Yapılan çalışmalarda genel olarak elde edilen sonuç serinin durağandıışı olduğu ve sisteme giren şok etkisinin kalıcı olduğudur. Kristoufek (2013), Bitcoin serisinin durağanlık analizini ADF ve KPSS testlerini uygulayarak çözümlenmiştir. Ulaştığı sonuçlar; Bitcoin serisinin durağandıışı olduğu ancak birinci farkı alındığında durağan bir yapıya geçtiği yönündedir. Google ve Wikipedia kaynaklarındaki aranma sayısı ile birlikte uzun dönem ilişkisi olduğu kabul edilmiştir. Çalışmanın ilgi çekici sonuçlarından biri Bitcoin fiyatları yüksek iken, artan ilgi ile fiyatları daha da hızlı tırmanmaktadır. Tam tersi durumda ise, fiyatlar düşük ise azalan ilgiden dolayı daha da hızlı düşmektedir. Bu durum da seride oluşan fiyat kopuşlarının nedenini açıklayabilir. Phillips, Shi ve Yun (2014), bitcoin serisine sağ kuyruklu birim kök analizi uygulamıştır. Bu sayede fiyat balonlarını dikkate alan durağanlık analizi uygulanmış ve sabit terim uzaklaştırıldığında bile kalıcı bir şekilde fiyat balonu varlığı tespit edilmiştir. Malhotra ve Maloo (2014), Bitcoin serisine; ADF birim kök testi, Perron yapısal kırılmalı birim kök testi, Ardışık ADF birim kök testi ve Genelleştirilmiş Ardışık ADF birim kök testi uygulamışlardır. Perron testine göre yapıda 2013 yılında tek bir yapısal kırılma olduğu ve bu varsayım altında serinin durağan olduğu kabul edilmiştir. ADF test sonuçlarına göre ise seri durağan değildir. Bu durum yapısal kırılmanın varlığının kabulünü güçlendirmiştir. Bunun yanında SADF ve GSADF test sonuçları da yapıda Bitcoin değişim değerlerinin fiyat balonu yapısı içerdiğini göstermektedir. Tüm bu incelenen özellikler altında Bitcoin ürününün riskli bir finansal varlık olduğu kabul edilmiştir.

## **2. VERİ KÜMESİ VE YÖNTEM**

Çalışmada kullanılan veri kümesine ait tüm veriler bitcoincharts.com sitesinden elde edilmiştir. Avrupanın en büyük kripto para ve Bitcoin borsası olan Amerikan doları bazında incelenen Bitstamp değerleri kullanılmıştır. Bu veriler, Eylül 2011 ve Ağustos 2017 tarih aralığında bulunan tüm günlük kapanış değerlerine ait toplam 2135 veriyi içermektedir.

Christopoulos ve Leon-Ledesma (2010) tarafından geliştirilen yöntem ile bilinmeyen sayıda yapısal kırılma altında ve bilinmeyen fonksiyon formunda iken serilerin birim kök analizi yapılabilmektedir. Burada fourier yaklaşımının kullanılma nedeni ise tahmin denkleminde zaman faktörü yerine frekans faktörünün kullanılmasıdır. Bu değişimin ana sebebi modelin doğru tanımlama probleminin ortadan kaldırılmasını sağlayarak, sadece frekans bileşeninin tahmin edilmesi boyutuna indirgenmesini sağlamaktadır. Katkı olarak bakıldığında geliştirdikleri bu yöntemin; kırılma sayısının bilinmediği durumlarda Bai-Perron (1998) testinden güçlü olduğunu belirtmişlerdir.

Standart Perron kırılma testlerinde (1989), kırılma kukla değişkenler ile modellenmektedir. Bu haliyle kırılmanın yeri bilindiği ve hangi parametrede kırılma gerçekleştiği bilindiği sürece Dickey-Fuller testlerinin kırılma altındaki uzantısı gibi çalışmaktadır. Bazı çalışmalarda ise; bilinmeyen kırılma tarihi, modeldeki diğer parametrelerin değişmesinden dolayı tahmin edilebilmektedir (Montanes ve Reyes (1998), Vogelsang ve Perron (1998), Lee ve Straizich (2003)...). Ek olarak; yapısal kırılmaların kendiliğinden gerçekleştiği ve serinin kendisi tarafından türetildiği varsayılmaktadır. Eğim ve/veya sabit terim parametrelerinin ani sıçramalarla değiştiği kabulü altında; seride meydana gelen kopma durumları açıklanamamaktadır. Kapetanios, Shin ve Snell (2003) bu durumu, eşikli geçiş modelleri ile açıklanmaya çalışılmış ve kırılma tarihi bilinen ve tek bir kırılmaya izin veren durumlar için açıklayıcı olmuştur.

Pratikte; herhangi bir zaman serisi için seçilen zaman aralığında ikiden fazla yapısal kırılma gözlemlenmesi mümkündür. Ancak birim kök testleriyle ikiden fazla kırılma olması durumunda birim kök tespiti giderek maliyetli bir hale gelmektedir. Bununla beraber elde edilmesi gereken asimptotik dağılımların ve farklı kırılma bölgeleri için farklı kombinasyonların denenmesi gerekecektir. Çünkü yapısal birim kök testlerinin performansı; kırılmaların bulunduğu zaman aralıklarına ve kırılma sayısına bağlı olarak belirlenir. Standart birim kök testlerinde kırılma tarihlerinin ve kırılma sayısının bilinmediği de bir gerçektir.

Fourier ADF testi olarak adlandırılan birim kök testinde amaçlanan, bilinmeyen fonksiyon yapısına ait ve bilinmeyen sayıda yapısal kırılma içeren serilerde birim kök analizini tayin etmektir. Fourier serisinin kullanılma nedeni ise seri yapısındaki doğrusal olmayan kısmı açıklamaya çalışarak, bilinmeyen sayıdaki kırılmalara izin vermektir. Temelde doğrusal olmayan kısmı sinüs ve cosinüs fonksiyonlarının doğrusal bileşenleri ile açıklamayı baz almıştır. Test bunun yanında; sert şekilde oluşan kırılmaları, kısmi kırılmaları, kırılmaların yumuşak geçişli olmasını ve seriden kopmaları açıklayabilmektedir. Yöntemin bir başarısı da önbilgi olarak kırılmaların incelenmesinin gerekmemesidir. Amaçlanan: doğrusal olmayan deterministik parametrelerin altında birim kök incelenmesinin yapılmasıdır. Bununla beraber kırılmalar ani ve beklenmedik şekilde gerçekleşiyor ise; klasik yaklaşımda kukla kullanarak kırılmaların tespiti daha uygun olacaktır. Yöntemin uygulanması için kırılma aralıkları, kırılma sayıları, kırılma tipleri farklılaştırılarak simüle edilen serilerde güç veya boyut problemi bulunmadığı kabul edilmiştir (Enders ve Lee, 2004, s.17). Standart Dickey-Fuller test modelinin yapısını değiştirerek, sabit terimin zamana bağlı değiştiği varsayalım.

$$y_t = \alpha(t) + \beta y_{t-1} + \gamma \cdot t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Elde edilen modelde  $\varepsilon_t$  teriminin sabit bir varyansa sahip olduğu ve  $\alpha(t)$  zamana bağlı deterministik bir fonksiyon olduğu kabul edilsin. Bu halde  $\alpha(t)$  fonksiyonunun yapısı belirli değilse; (1) denklemden direkt olarak tahmin edilmesi mümkün olmayacaktır. Bu halde fonksiyon yapısı fourier yaklaşımı ile açıklanabilir.

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \sum_{k=1}^n \alpha_k \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{k=1}^n \beta_k \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right); \quad n < T/2 \quad (2)$$

(2) nolu denklem için;  $n$  yaklaşımda kullanılan frekans sayısını,  $k$  yaklaşım için seçilen frekansı ve  $T$  gözlem sayısını ifade etmektedir. Çok fazla frekans bileşeninin bulunması aşırı belirleme problemine sebep olabilmektedir. Ayrıca, frekans bileşenlerinin sayısının belirlenmesi için geçerli testlerin düzenlenmesi zor olduğundan, bu problemi gidermek adına; yöntemde tek frekans bileşenine sahip fourier yaklaşımı ele alınmaktadır.

$$\alpha(t) \cong \alpha_0 + \alpha_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (3)$$

Burada  $\alpha_1$  ve  $\alpha_2$  katsayıları, deterministik terimlerin sinüsoidal bileşeninin genişlik ve yer değiştirmesini ifade etmektedir. Eğer seri; doğrusal olmayan trend veya yapısal kırılma içeriyor ise; veri üretme sürecinde en az bir fourier frekansı bulunmalıdır. Tam tersi durumda  $\alpha_1$  ve  $\alpha_2$  katsayıları eğer sifıra eşitse;  $\alpha(t) = \alpha_0$  halini alarak, standart Dickey Fuller yöntemine dönecektir.

Yöntemde  $k$  bileşeni birden beşe kadar değerleri yerine konarak; hata kareleri toplamını minimize edilecek şekilde seçilmektedir. Bunun metodolojinin yanında hata karelerini minimize eden, seçilen frekans değerinin kesirli değerler de elde edilebilmektedir ve bu şekilde başlangıç veya bitiş bölgelerine yakın kırılmaların tespitinde daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir (Davies 1987). Belirlenen frekans değişkeninin bir diğer özelliği ise, trend kırılmalarına iyi bir şekilde yakınsaması ve  $k$  değerinin düşük olması sabit terimde kırılma olduğunu göstermektedir.

### 3. BULGULAR

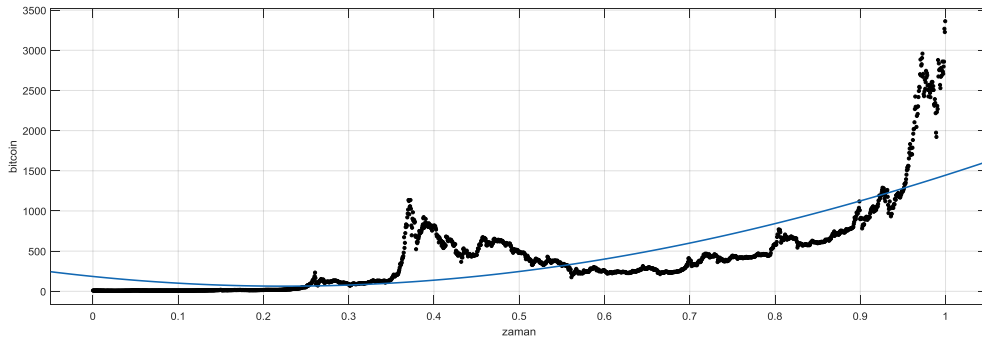
Yaklaşım için en uygun frekansı belirleyebilmek adına birden beşe kadar  $k$  denenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda tablo.1’de verilmiştir.

**Tablo 1:** Uygun frekans değerinin belirlenmesi.

	$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$	$k = 4$	$k = 5$
<i>Hata Kareleri Toplamı</i>	2.5166e+08	2.6641e+08	2.9400e+08	3.3937e+08	4.0865e+08
<i>R<sup>2</sup> değeri</i>	0.5850	0.5606	0.5151	0.4403	0.3261
<i>Serbestlik Derecesi</i>	2132	2132	2132	2132	2132
<i>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></i>	0.5846	0.5602	0.5147	0.4398	0.3254
<i>Ortalama Hata Kareleri Kökü</i>	343.5710	353.4921	371.3441	398.9718	437.8040

Elde edilen sonuçlara göre; hata kareleri toplamını minimize eden, frekans değeri  $k = 1$  olarak seçilmiştir. Bunun yanında modelin uyumunun ölçüsü olan  $R^2$  ve düzeltilmiş  $R^2$  değerleri, seçilen frekans değeri için maksimize edilmiştir. Doğrusal olmayan trend veya yapısal kırılma bileşenlerinin, Bitcoin fiyat serisinin açıklanabilen kısmını göstermektedir. Elde edilen doğrusal olmayan bileşenler grafik.2’de gösterilmiştir.

**Grafik 2:** Bitcoin serisi ve seçilen doğrusal olmayan deterministik yapı.

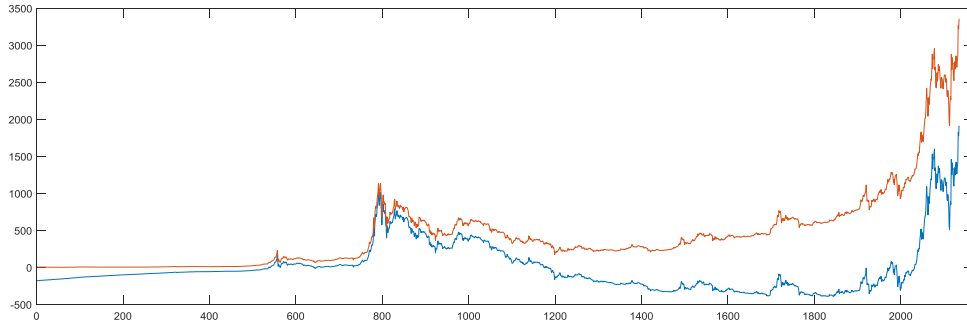


Fiyat serisi, doğrusal olmayan kısımdan ayrıştırıldığında elde edilen kısmın doğrusal bileşenlerin bir bütünü olduğu kabul edilebilir. Elde edilen bu kısım grafik.2’de serinin



doğrusallaştırılmış yapısı adı altında gösterilmiştir. Görsel olarak incelendiğinde iki seri arasındaki temel farkın, değişen trend yapısından kaynaklandığı düşünülmüştür. Ancak serinin başlangıç kısmında trend yapısı bulunmadığı için verinin düzeltilme işlemi, daha sonraki zaman aralıklarında net olarak gözlemlenebilmektedir. Elde edilen deterministik doğrusal olmayan parametreler için katsayılar,  $a_0 = 4891$ ,  $a_1 = -4707$  ve  $b_1 = -1073$  olarak elde edilmiştir.

**Grafik 3:** Bitcoin serisi ve serinin doğrusallaştırılmış yapısı.



İlerleyen kısımda fiyat serisine ADF ve Fourier ADF testi uygulanmıştır. Test sonuçları aşağıda tablo 2’de verilmiştir. ADF test sonuçları altında yapısal değişimler dikkate alınmamış ve tablo sonuçları Mac Kinnon (1996) tarafından düzenlenen, sabit terim ve trend içermeyen ( $\tau$ ), sabit terim içeren ( $\tau_\mu$ ) ve sabit terim ile trend içeren ( $\tau_\tau$ ) model yapıları için kritik değerler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yapısal değişimler dikkate alınmadığında serinin durağan olmadığı kabul edilmiştir. Fourier ADF testi için elde edilen sonuçlar, Enders ve Lee (2004) tarafından hazırlanan ( $\tau_{DF}$ ) kritik tablo değerleri karşılaştırıldığında seri durağandıışı olarak belirlenmiştir. Akaike Bilgi Kriteri altında uygun gecikme sayısı belirlenmiştir. Fiyat serisinin doğrusal olmayan parametrik terimlerin varlığının kabulü altında dahi durağan olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak yapısal değişimin varlığının doğrusal olmayan bir şekilde dikkate alınması, test sonuçları arasında bir fark yaratmamıştır. Testte bakılması gereken bir diğer kısım ise eklenen deterministik doğrusal olmayan parametrelerin anlamlılığını değerlendirmek için kullanılan F testi sonuçları olmuştur. Söz konusu parametre, eklenmesi halinde hata terimlerinin karelerini azaltmaktadır ve doğrusal olmayan parametrenin modele açıklayıcı etkisinin olduğunu göstermektedir.

**Tablo 2:** ADF ve Fourier ADF test sonuçları.

Fourier ADF Sonuçları	$\beta$ değeri	Standart Hata	t istatistiği	F(k) istatistiği
$\tau_{DF}$	-0.002442	0.002819	-0.866444	6.345979
ADF Sonuçları	$\rho$ değeri	Standart Hata	t istatistiği	
$\tau$	0.004385	0.001786	2.454533	
$\tau_\mu$	0.006030	0.002569	2.347093	
$\tau_\tau$	0.005586	0.003753	1.488331	

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Bitcoin olarak adlandırılan sanal para biriminin finansal varlık olarak özelliklerinin incelenmesine çalışılmıştır. Literatürde dikkati çeken noktalar sıralanırsa, aşırı risk taşıyan bir varlık olduğu, fiyatlamaya mekanizmasının arz/talep koşullarının yanında farklı

bilgi faktörlerine dayandığı, getirilerinin spekülative olduğu, oynaklığının zamana bağlı değişmesi, piyasalar arası arbitrajın gözlemlenmesi, işlem gördüğü piyasaların denetleme/düzenleme eksikliği ve fiyatlarının durağan olmaması durumlarıdır. Çalışmada arzu edilen, fiyatların durağanlığının doğrusal olmayan etmenlerin varlığının kabulü altında incelenmesidir. Bu nedenle Fourier ADF ve standart ADF metodları ile incelenmiş ve her iki metodda da serinin durağan olmadığı kabul edilmiştir. Yapısal değişimlerin varlığını kabul eden Fourier ADF ve gözardı eden ADF sonuçlarının benzer olması; serinin bu koşullar altında durağan olmadığı kabulünü güçlendirmiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre ilerleyen çalışmalarda incelenmesi gereken noktalardan birincisi; Fourier ADF modelinde, uygun frekans denemelerinin daha serbest bırakılmasının gerekliliğidir. Örneğin ele alınan seride uygun frekans kısıtlama olmadan  $k = 11,57$  olarak bulunmuştur. Ancak bu frekansa uygun kritik değer tablosu bulunmamaktadır. İkincil önem taşıyan kısım ise; fourier dönüşümü ile tanımlanmaya çalışılan doğrusal olmayan kısmın sadece birinci dereceden denklem yapısı yerine daha yüksek dereceden denklemler ile açıklanması gerekebilir. Üçüncü dereceden fourier denklemi ile tanımlandığında hem hata kareleri toplamının azaldığı ve modelin anlamlılığını inceleyen  $R^2$  değerinin yükseldiği, hem de görsel olarak daha iyi açıkladığı tespit edilmiştir. Üçüncüsü ise, Fourier ADF uygulanan modelin gözlem sayısıdır. Seri izlendiğinde, bazı kısımlarda yapısal değişimin hızlandığı gözlemlenmektedir. Bu nedenle veri setinin hangi kısmına uygulanması gerektiği konusunda seçici bir metodoloji eksikliği bulunmaktadır. Bir diğer konu ise sanal para birimlerinin fiyatlarına etki eden unsurların incelenmesidir. Bu unsurların başında, siber güvenlik alanında sanal para birimlerine ait hukuki çalışmaların eksikliğinden yansıyan sorunların giderilmesi yer almaktadır. Bunun sebebi, güvenlik eksikliğinden dolayı kaynaklanan siber saldırıların söz konusu varlığın işlem hacmini daraltması ve yatırımcıları uzaklaştırmasıdır. Siber saldırıların yanında fiyatları olumsuz etkileyen diğer bir unsur olan karaborsa e-ticaret yapan kurumların ani spekülative hareketlerle piyasayı aşırı derecede etkilemesidir.

## KAYNAKLAR

Bai, J. and P. Perron (1998). “Estimating and testing linear models with multiple structural changes, *Econometrica*”, Vol. 66, pp. 47 - 78.

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), ss: 2348-2358.

Christopoulos, D. K., & León-Ledesma, M. A. (2010). Smooth breaks and non-linear mean reversion: Post-Bretton Woods real exchange rates. *Journal of International Money and Finance*, 29(6), 1076-1093.

Dong, H., & Dong, W. (2014). “Bitcoin: Exchange Rate Parity, Risk Premium, and Arbitrage Stickiness”, *British Journal of Economics, Management & Trade*, 5(1).

Dyhrberg, A. H. (2016). “Bitcoin, gold and the dollar—A GARCH volatility analysis.”, *Finance Research Letters*, 16, 85-92.

Enders, W., & Lee, J. (2004, April). “Testing for a unit root with a nonlinear Fourier function.”, In *Econometric Society 2004 Far Eastern Meetings* (Vol. 457).

Frascaroli, B. F., & Pinto, T. C. (2016). “The Innovative Aspects Of Bitcoin, Market Microstructure And Returns Volatility: An Approach Using Mgarch.”

- Georgoula, I., Pournarakis, D., Bilanakos, C., Sotiropoulos, D. N., & Giaglis, G. M. (2015). "Using Time-Series and Sentiment Analysis to Detect the Determinants of Bitcoin Prices."
- Hencic, A., & Gouriéroux, C. (2015). "Noncausal autoregressive model in application to bitcoin/usd exchange rates.", In *Econometrics of Risk* (pp. 17-40). Springer International Publishing.
- Kapetanios, G., Shin, Y., & Snell, A. (2003). "Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework.", *Journal of econometrics*, 112(2), 359-379.
- Katsiampa, P. (2017). "Volatility estimation for Bitcoin: A comparison of GARCH models.", *Economics Letters*, 158, 3-6.
- Kristoufek, L. (2013). "BitCoin meets Google Trends and Wikipedia: Quantifying the relationship between phenomena of the Internet era.", *Scientific reports*, 3, 3415.
- Lee, J., & Strazicich, M. C. (2003). "Minimum Lagrange multiplier unit root test with two structural breaks.", *The Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1082-1089.
- MacDonell, A. (2014). "Popping the Bitcoin bubble: An application of log-periodic power law modeling to digital currency.", University of Notre Dame working paper.
- Malhotra, A., & Maloo, M. (2014). "Bitcoin—is it a Bubble? Evidence from Unit Root Tests."
- Merlonghi, G., (2010). "Fighting Financial Crime in the Age of Eletronic Money: Opportunities and Limitations.", *Journal of Money Laundering Control*, Volume 13, Issue 3, s.206 (Naklen, Brisson, s.3).
- Montañés, A., & Reyes, M. (1998). "Effect of a shift in the trend function on Dickey–Fuller unit root tests.", *Econometric Theory*, 14(3), 355-363.
- Nakamoto, S., (2008). "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.", <http://www.bitcoin.org/bitcoin.pdf>, Erişim Tarihi : 20.08.2017
- Pavel, C., Miroslava, R., & d'Artis, K. (2014). "The Economics of BitCoin Price Formation.", *EERI Research Paper Series*.
- Perron, P. (1989). "The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis.", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1361-1401.
- Phillips, P. C., Shi, S., & Yu, J. (2014). "Specification Sensitivity in Right- Tailed Unit Root Testing for Explosive Behaviour.", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 76(3), 315-333.
- Pieters, G., & Vivanco, S. (2017). "Financial regulations and price inconsistencies across Bitcoin markets.", *Information Economics and Policy*, 39, 1-14.
- Sönmez, A., (2014). "Sanal Para Bitcoin.", *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication - TOJDAC*, July, Volume 4, Issue 3, No: 1-14.
- Vockathaler, B. (2015). "The Bitcoin Boom: An In Depth Analysis Of The Price Of Bitcoins."
- Vogelsang, T. J., & Perron, P. (1998). "Additional tests for a unit root allowing for a break in the trend function at an unknown time.", *International Economic Review*, 1073-1100.

Wallace, B., (2011). "The Rise and Fall of Bitcoin.", Wired Magazine, 19.12, [http://www.wired.com/2011/11/mf\\_bitcoin/all/](http://www.wired.com/2011/11/mf_bitcoin/all/), Erişim Tarihi : 20.08.2017

Yılmaz, Y., (2007), "Kriptoloji Uygulamalarında Hukuki Boyut.", Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi, Cilt: 13, Sayı: 1-2.