

## Kripto Para Birimleri Arasındaki Dinamik İlişkiler

Selin ALICA<sup>1</sup>

Özge ÖZBEK<sup>2</sup>

Atilla GÖKÇE<sup>3</sup>

Geliş Tarihi (Received): 17.10.2022– Kabul Tarihi (Accepted): 02.02.2023

### Öz

Son yıllarda riskleri ve getirileri ile dikkat çeken yüksek oynaklık içeren kripto piyasasında, kripto paraların birbirleri ile olan etkileşimi yatırımcıların portföy kararları için önemli unsur olmuştur. Kripto paralar, yatırım portföyünde bir çeşitlendirme aracı ya da alternatif yatırımlara karşı hedge unsuru olarak görülmüştür. Bu makalede Bitcoin, Binance, Cardano, Dogecoin, Ripple, Ethereum ve IOTA para birimlerinin haftalık kapanış fiyatlarını içeren 231 gözlem kullanılarak, kripto paraların kendi aralarındaki doğrusal olmayan dinamik ilişkiler araştırılmıştır. Bu amaçla, kriptolar arasında doğrusal olmayan uzun dönemli ilişkiler ve nedensel ilişkiler sorgulanmıştır. Çoğu kripto paranın birbirleri ile yüksek ve pozitif korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Ekonometrik bulgular, Bitcoin ile Ethereum arasında uzun dönemli ilişkinin ve Bitcoin ile diğer para birimleri arasında karşılıklı etkileşimin olduğu yönündedir. Bulgular, kripto para piyasasının yüksek oynaklık içerdiği dönemlerde, yatırımcıların kripto para birimleri arasında riskten korunmada zorluk yaşayabileceği anlamına taşımaktadır. Diğer bir ifadeyle, kripto para piyasasının kendi içindeki çeşitlendirme çabasının yatırımcılara getireceği faydasının sınırlı kalacağı da bu çalışmanın diğer bir bulgusudur.

**Anahtar Kelimeler:** Kripto Paralar, Doğrusal Dışılık, KSS, Eşbütünleşme

## Dynamic Relationships Between Cryptocurrencies

### Abstract

In the highly volatile crypto market, which has attracted attention with its risks and returns in recent years, the interaction of cryptocurrencies with each other has been an important element for investors' portfolio decisions. Cryptocurrencies have been seen as a diversification tool in the investment portfolio or as a hedge against alternative investments. In this article, nonlinear dynamic relationships between cryptocurrencies are investigated using 231 observations including weekly closing prices of Bitcoin, Binance, Cardano, Dogecoin, Ripple, Ethereum and IOTA currencies. For this purpose, nonlinear long-term relationships and causal relationships between cryptos were questioned. It has been determined that most cryptocurrencies have a high and positive correlation with each other. Econometric findings indicate that there is a long-term relationship between Bitcoin and Ethereum and a mutual interaction between Bitcoin and other currencies. The findings imply that during periods of high volatility in the cryptocurrency market, investors may have difficulty hedging among cryptocurrencies. In other words, it is another finding of this study that the benefit of the diversification effort within the crypto money market will be limited to investors.

**Keywords:** Cryptocurrencies, Non-linearity, KSS, Cointegration

<sup>1</sup> YL Öğrencisi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ekonometri ABD, selin.alica@hbv.edu.tr., ORCID: 0000-0002-6134-1293.

<sup>2</sup> Arş. Gör., Uludağ Üniversitesi, Ekonometri Bölümü, ozgeozbek@uludag.edu.tr., ORCID: 0000-0002-2951-7631.

<sup>3</sup> Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Ekonometri Bölümü, atilla.gokce@hbv.edu.tr., ORCID: 0000-0001-8287-4278.

## Giriş

Günümüzde hızla ilerlemekte olan teknolojik gelişmelerin, ekonomiye ve finansal sektöre katkısı göz ardı edilemeyecek kadar büyük hale gelmekte ve teknolojik gelişmeler hız kesmeden devam ederken farklı uygulamaları da yanında getirmektedir. Bu uygulamalar insanların uzun yıllar boyunca süregelen alışkanlıklarını değiştirmekle birlikte, küreselleşen dünyaya kolay bir şekilde entegre olmaktadır. Son zamanlarda özellikle finansal sektörde görülen bu teknolojik gelişmelerin başında “kripto paralar” gelmektedir. Toplum hayatında önemli bir yere sahip olan “para” ilk defa Lidyalılar tarafından kullanılmaya başlanmış ve 18. ile 19. yy’da ise kâğıt para kullanılmaya başlanmıştır. Kâğıt para kullanımı ile birlikte 20. yy’ın sonlarına doğru kredi kartı kullanımı yaygınlaşmış ve toplumun ihtiyaçlarını karşılamak için en değerli olgu “para” olmuştur. Toplum tarafından önemli bir değer atfedilen parayı insanlar gün geçtikçe farklı yapılarda kullanmaya başlamıştır. Bu kullanımlardan biri ise kripto paralardır.

Kökeni Fransızcaya dayanan ‘kripto’ sözcüğü Türk Dil Kurumu tarafından “gizlenmiş, şifrelenmiş” olarak tanımlanmaktadır. Bu anlamda kripto para, para transferi işlemlerini daha güvenli hale getirmek amacıyla şifreleme kullanan dijital para birimlerine verilen genel bir isimdir (Sudheer vd., 2021). Kripto paralar, diğer para birimlerinden farklı olarak merkezi bir idareye bağlı değildir (Manohar & Gayathri, 2018). En eski kripto para birimi Bitcoin’dir ve Satoshi Nakamoto, 3 Ocak 2009’da ilk Bitcoin ağını harekete geçirmiştir. Bitcoin ve diğer kripto para birimleri blok zincir teknolojisi ile çalışır. Bir veri tabanı sistemi olan blok zincir teknolojisinde yapılacak işlemdeki her adım için bir blok oluşturulur ve bu adımlar şifrelenir.

Bitcoin hızla ilgi görürken altcoin olgusunun da oluşmasına olanak sağlamış ve kripto paraların günden güne gelişmesine olanak sağlamıştır. Kripto piyasası toplam işlem hacmi günümüzde 1,5 trilyon dolardan fazladır. Yatırımcılar ilgisini Bitcoin’in yanı sıra altcoinlere de odaklamış ve Bitcoin’den sonra önemli bir yere sahip olan Ethereum, Cardano gibi altcoinler her ne kadar Bitcoin’in işlem hacmine ulaşmasalar da arkası sıra gelmişlerdir.

Dünyada ve ülkemizde kripto piyasasının işleyişi ve fiyat dinamiklerinin oluşumu konusunda akademik ilginin zaman içinde arttığı görülmektedir. Zaman serilerinde doğrusallık dışılığı dikkate alan ekonometrik yöntemlerin kullanıldığı bu makale, diğer birçok çalışmadan ayrılmaktadır. Bu makalenin temel amacı, kripto paralar arasındaki nedensel ilişkileri incelemek ve bu ilişkileri dikkate alarak bir kripto paradaki fiyat hareketinin diğer kripto paranın/paraların fiyat hareketlerine etki edip edemeyeceğini ortaya koymaktır. Bu amaçla, yatırımcıların piyasa riskini minimize etmesine yardımcı olmaya çalışılmaktadır.

Makale üç ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Bitcoin ile aynı veya benzer blok zinciri teknolojisine dayanan altcoinler incelenmiştir. İkinci bölümde bölümde kripto para birimleri arasındaki nedensel ilişkilerin incelendiği literatür araştırması yapılmış ve önemli çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde makalede kullanılan veri seti, ekonometrik metodoloji ve araştırma bulgularına yer verilmiştir. Sonuç bölümü ise genel değerlendirmelerin yer aldığı bölümdür.

## 1. Altcoinler

Bitcoin'in başarısının ardından birçok alternatif sanal para biriminin (altcoinler) ortaya çıkmasına yol açmıştır. Altcoin'lerin çoğu, Bitcoin ile aynı veya benzer blok zinciri teknolojisine dayanır ve belirli Bitcoin özelliklerini tamamlayabilir veya geliştirebilir. Bu çalışmada kullanılan altcoinlerden bazıları şunlardır;

**XRP**, Ripple, esas olarak kurumsal işlem amacıyla kullanılan merkezi bir madeni paradır. Yönetim ve hızlı işlem onayları ile Ripple'ın bankalar arası akışlar için küresel erişim, erişilebilirlik ve hızlı ödeme kesinliği arayan finansal kurumlar ve likidite sağlayıcıları için en verimli ödeme seçeneği olduğu bilinmektedir. Başka bir örnek olarak, Ripple'in sistemi merkezi bir yapıya dayanmasına rağmen, Ripple uluslararası finans kurumları arasında işlem maliyetlerini azaltmak ve daha hızlı küresel ödemeleri kolaylaştırmak için bir ağ oluşturmayı hedeflemektedir. Diğer birçok alternatif para biriminden farklı olarak, Ripple hükümetler ve merkezi finans kurumları ile birlikte çalışmaktadır (Aysan, Khan, & Topuz, 2021).

**Ethereum**, 2013 yılının sonlarında dijital para bilimcisi olan Vitalik Buterin tarafından geliştirilmiştir. 2015 yılının ortalarında ise yayına girmiştir. Bitcoin'den sonra en yüksek hacme sahip olan kripto para birimi Ethereumdur.

**Binance Coin**, Binance platformunun kripto para birimidir. 2019 itibarıyla birçok işletme Binance'yi bir ödeme şekli olarak kabul etmektedir. Binance, kullanıcıları merkezi kuruluşlardan ve devlet düzenlemelerinden kurtararak bağımsız bir ekosistem oluşturmak için bir altcoin olmaya başlamıştır.

**Cardano**, güvenli ve ölçeklenebilir bir şekilde karmaşık programlanabilir değer aktarımlarına izin verecek merkezi olmayan bir platformdur.

**Dogecoin**, 2013 yılında piyasaya sürülen Dogecoin, büyük ölçüde Bitcoin protokolüne dayanmaktadır, ancak bazı değişiklikler yapılmıştır. Üretilen Dogecoin sayısında bir sınırlama yoktur. Dijital para birimi, bireysel olarak değeri daha düşük olan birçok madeni parayla

ilgilenir bu yüzden düşük giriş engeline sahiptir ve daha küçük işlemleri gerçekleştirmek için kullanışlıdır (Manohar & Gayathri, 2018).

**IOTA**, madenciliği yapılamayan bir madeni paradır ve 2015 yılında yaratılmıştır, Tangle adlı blok zinciri olmayan tamamen farklı bir yarı merkezi ağa sahiptir (Telli & Chen, 2020).

Nakamoto'nun Bitcoin girişiminden sonra yüzlerce altcoin ortaya çıkmış ve giderek popülerlik kazanmıştır. Araştırmada sadece altı altcoin yer alsa da piyasada yüzlerce altcoin bulunmaktadır ve gün geçtikçe mevcut sayısı artmaktadır. Bununla birlikte merkezi paraların bir piyasaya sahip olduğu gibi kripto paraların da bir piyasası vardır ve bu piyasalarda bir kripto para karşılığı bir diğer kripto para ya da bir kripto karşılığı döviz alınıp satılabilir.

Aslında oldukça riskli kabul edilen yüksek oynaklığa sahip kripto piyasası, içerdiği yüksek riskle beraber getirdiği yüksek getiriler nedeniyle son yıllarda yatırımcıların ilgisini çekmiştir. Piyasaya oluşan yatırımcı ilgisi ve yükselen işlem hacimleri, kripto para birimleri arasındaki etkileşimin sorgulanmasına neden olmuştur.

## 2. Literatür Araştırması

Bu bölümde kripto para birimleri arasında nedensel ilişkileri sorgulayan bazı önemli çalışmalar ve araştırma bulgularına yer verilmiştir.

Canh vd. (2019), en büyük yedi kripto para birimindeki yapısal kırılmalar ve oynaklık yayılımlarını dikkate alarak CUSUM, Granger nedensellik testi, MGARCH modeli kullanarak daha küçük kripto para birimlerinden daha büyük olanlara doğru da nedensel ilişkilerin olduğunu belirlemiştir. Özellikle yüksek oynaklık yayılmalarının olduğu dönemlerde kripto para birimleri arasında güçlü pozitif korelasyonlar görülmüştür. Ağustos 2014-Aralık 2018 dönemi günlük verilerinin kullanıldığı makalede, kripto para piyasasında görülen çift-yönlü nedensel ilişkiler nedeniyle, piyasanın kendi içindeki çeşitlendirme çabasının yatırımcılara getireceği faydasının sınırlı olduğu vurgulanmaktadır. Huynh (2019) VAR, SVAR modellerini kullanarak Granger nedenselliğini incelemiştir. Ek olarak  $t$  Kopulaları ile yayılım etkileri incelenmiştir. Makalede Bitcoin, Ethereum, Ripple, Litecoin ve Stellar para birimleri 8 Eylül 2015-4 Ocak 2019 dönemi günlük verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Nedensellik sınamaları para birimleri arasındaki güçlü ve karşılıklı ilişkiye işaret etmektedir.  $t$  Kopulaları ise tüm kripto para birimlerinin aşırı değerinde ortak dağılıma sahip olduğunu ve bunun 'kötü haber' ile eşzamanlı olarak aşağı yönlü eğilime neden olabileceğini ortaya çıkarmıştır. Sifat, Mohamad ve Shariff (2019), işlem hacmi en yüksek olan kriptolar Bitcoin ve Ethereum arasındaki fiyat

liderliğini belirlemek üzere VECM, Granger nedenselliği, ARMA, ARDL yaklaşımlarını kullanmış ve Ağustos 2017-Eylül 2018 dönemi saatlik ve günlük verilerle iki varlık arasında çift-yönlü nedensellik olduğunu belirlemiştir. Tu ve Xue (2019) 2013-2018 dönemi için farklı alt dönemler için kripto para getirileri ve oynaklık yayılımlarını incelediği araştırmasında, BEKK-MGARCH ve Granger nedenselliği kullanmıştır. Genel ampirik sonuçlar, getiri ve oynaklık yayılımlarının çatallanmadan (bifurcation) önce yalnızca tek bir yönde, yani Bitcoin'den Litecoin'e, çatallanmadan sonra şok iletim yönünün tersine döndüğünü göstermektedir. Çatallanmanın, Bitcoin'in kripto para birimi piyasalarındaki pazar konumunu ve fiyatlandırma etkisini önemli ölçüde zayıflattığı sonucuna varılmıştır. Çatallanma neredeyse tüm kripto para birimleri için geçerli olduğu için bir bütün olarak, kripto para piyasası için risk oluşturmaya devam edecektir. Bouri, Lucey ve Roubaud (2020), sekiz büyük kripto para birimi için (Bitcoin, Ethereum, Ripple, Stellar, Litecoin, Monero, Nem ve Dash) 8 Ağustos 2015-18 Şubat 2019 dönemi günlük kapanış fiyatları ile kripto fiyat oynaklıkları arasındaki nedensel ilişkileri araştırmıştır. 'Oynaklık sürprizi' olarak adlandırılan beklenmedik oynaklık bağlantılar hakkında nedensel kanıtlar bulmuştur. Kim, Canh ve Park (2021), kripto para birimleri arasındaki ilişkiyi kantil Granger nedenselliği ile araştırmıştır. Makalede sekiz büyük para birimi Temmuz 2017-Kasım 2019 dönemi günlük verileri ile incenmiştir. Ampirik bulgular bütün para birimleri arasında yüksek nedensel ilişkinin varlığı yönündedir. Yüksek kantil düzeylerinde Bitcoin ve Ethereum daha güçlü nedensellik bulunmuştur. Mensi vd. (2021) çalışmasında 15 dakikalık verilere doğrusal olmayan Granger nedensellik ve kayan pencere dalgacık korelasyonu (RWCC) yöntemi uygulayarak Bitcoin, Ethereum, Monero, Dash, Ripple ve Litecoin arasındaki yüksek frekanslı çok ölçekli ilişkiler ile doğrusal olmayan çok ölçekli nedenselliği araştırmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre, kripto para birimleri arasında özellikle Bitcoin, Ethereum ve Monero arasında çoğunlukla pozitif yönlü ortak hareketler ve uzun süreli hafızanın varlığı görülmüştür. Doğrusal olmayan Granger nedensellik analizi sonucuna göre ise kripto para birimi çiftlerinin çoğu arasında ikili nedensellik ilişkisi tespit edilmektedir.

### **3. Veri Seti ve Yöntem**

Bu çalışma kapsamında kripto paralar arasındaki nedensellik ilişkisi doğrusal olmayan nedensellik yöntemiyle incelenmiştir. Çalışmada yedi adet kripto para kullanılmıştır. Bunlar, Bitcoin (BTC), Binance (BNB), Cardano (ADA), Dogecoin (DOGE), Ripple (XRP), Ethereum (ETH) ve IOTA (IOTA) kripto paralarıdır. Kripto para birimlerinin ABD Doları karşısındaki

değerleri kullanılmıştır. Burada 02.01.2018-29.05.2022 dönemi haftalık kapanış fiyatlarını içeren 231 gözlem kullanılmıştır. Veri kaynağı investing.com'dur. Haftalık kapanış fiyatlarının doğal logaritmaları kullanılmış ve değişkenlerin kısaltmalarına L eklenmiştir. Bütün istatistiksel ve ekonometrik işlemler ve tahminlerde R yazılımı kullanılmıştır.

### 3.1 Kripto Paralara ait Korelasyon Matrisi ve BDS Testi

İlk aşamada kripto paralar arasındaki basit korelasyon katsayıları Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1. Kripto Paralar Arasındaki Korelasyon Matrisi**

	LADA	LBNB	LBTC	LDOGE	LIOTA	LETH	LXRP
LADA	1,0000						
LBNB	0,8754	1,0000					
LBTC	0,8966	0,9420	1,0000				
LDOGE	0,9338	0,9475	0,9065	1,0000			
LETH	0,9788	0,9001	0,9309	0,9319	1,0000		
LIOTA	0,6603	0,3906	0,4516	0,4912	0,6086	1,0000	
LXRP	0,5847	0,5847	0,4683	0,5259	0,5334	0,6148	1,0000

Tablo 1'deki korelasyon katsayılarının tümünün pozitif olduğu görülmektedir. Buna göre kripto paralar örnek dönemi boyunca aynı yönde hareket etmişlerdir ve bu korelasyon katsayıların tümü %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.<sup>4</sup> En büyük korelasyon katsayısı Ethereum ve Cardano arasındadır ve yaklaşık %97 olarak bulunmuştur. Binance ve Doge arasında ise korelasyon katsayısı yaklaşık %94 olarak bulunmuştur. En düşük korelasyon katsayısı ise Iota ve Binance arasındadır ve yaklaşık %39 olarak bulunmuştur.

Serilerin doğrusal olup olmadığını test etmek amacıyla Brock vd. (1987) çalışmasında önerdiği BDS doğrusallık testi kullanılmıştır. BDS testi farklı boyutlardaki ( $m$ ) korelasyon integralini kullanır ve bu integral seride tekrar eden düzensiz hareketlerin sıklıklarını ölçmek için kullanılır. Testin temel işleyiş mantığı, veri setine ARMA sürecinin uygulanarak tüm doğrusal yapıların veri setinden temizlenmesi ve elde edilen hata terimlerinin " $H_0$ : Model

<sup>4</sup> İlgili  $t$  istatistikleri ve olasılık değerleri tabloda raporlanmamıştır.

doğrusal bağımlıdır (seri bağımsız ve özdeş dağılır)” diğer ifadeyle “seri doğrusaldır” sıfır hipotezi altında standart normal dağılıma uygun olarak sınanmasına dayanır.

BDS test istatistiği denklem (1)’de verilmiştir.

$$V_{m,\epsilon} = \sqrt{T} \frac{C_{m,\epsilon} - C_{1,\epsilon}^m}{S_{m,\epsilon}} \quad (1)$$

Burada  $S_{m,\epsilon}$ ,  $(C_{m,\epsilon} - C_{1,\epsilon}^m)$ ’nin standart sapmasıdır ve normal dağılım altında  $V_{m,\epsilon} \xrightarrow{d} N(0,1)$  özelliğine sahip olur. Burada  $x_t$ , normal ve özdeş dağılıyorsa,

$$C_{1,\epsilon}^m = \Pr(|x_t - x_s| < \epsilon)^m \quad (2)$$

limit fonksiyonuna eşit olacaktır.  $x_t$ ’ler ise  $m$  sayıdaki boyutta filtrelenmiş veriyi kapsamaktadır (Brock vd.,1987).

Tablo 2’de kripto paraların ve makro değişkenlerin doğrusallık sınaması yer almaktadır.

**Tablo 2. BDS (1987) Doğrusallık Testi Bulguları**

LBTC		LBNB		LETH		LDOGE		
Bo yut	BDS- İstatistiği	Olasılık	BDS- İstatistiği	Olasılık	BDS- İstatistiği	Olasılık	BDS- İstatistiği	Olasılık
2	0,2014	0,0000	0,2022	0,0000	0,2036	0,0000	0,2019	0,0000
3	0,3426	0,0000	0,3439	0,0000	0,3461	0,0000	0,3442	0,0000
4	0,4408	0,0000	0,4426	0,0000	0,4451	0,0000	0,4436	0,0000
5	0,5085	0,0000	0,5109	0,0000	0,5137	0,0000	0,5124	0,0000
6	0,5550	0,0000	0,5580	0,0000	0,5610	0,0000	0,5599	0,0000
LADA		LIOT		LXRP				
Bo yut	BDS- İstatistiği	Olasılık	BDS- İstatistiği	Olasılık	BDS- İstatistiği	Olasılık		
2	0,2056	0,0000	0,1951	0,0000	0,1919	0,0000		
3	0,3495	0,0000	0,3336	0,0000	0,3276	0,0000		
4	0,4492	0,0000	0,4284	0,0000	0,4219	0,0000		
5	0,5180	0,0000	0,4931	0,0000	0,4864	0,0000		
6	0,5651	0,0000	0,5370	0,0000	0,5310	0,0000		

BDS testi ile bütün kripto paralar tüm boyutlarda doğrusallıkları yönünden incelenmiştir. Test sonuçlarına göre bütün boyutlarda sıfır hipotezi %1 güven düzeyinde tamamında reddedilir ve ilgilenilen kriptoların doğrusal olmayan zaman serisi özelliklerine sahip olduğu sonucuna ulaşılır.

### 3.2 Birim Kök Sınamaları, Eşbütünleşme Testi ve Nedensellik Analizi

Bu aşamada, serilerin durağanlık yapıları doğrusal olmayan birim kök testleri ile sınanmaktadır. Kapetanios, Shin ve Snell (2003), serilerin birim kök içerdiğini iddia eden sıfır hipotezine karşılık, serilerin birim kök içermediği ve ESTAR bir sürece sahip olduğunu belirten alternatif hipotez ile serilere ait doğrusal olmayan yapıyı dikkate alan birim kök testi geliştirmişlerdir. KSS testi yapısal değişimin yumuşak geçişli olduğu STAR tipi bir birim kök testidir. KSS testinde birinci-sıra Taylor serisi ile hesaplanan yardımcı regresyon

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1}^3 + \varepsilon_t \quad (3)$$

şeklinde bulunur.  $\varepsilon_t$  serisinin otokorelasyonlu olduğu durumda denklem (3)

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^p \rho_j \Delta y_{t-j} + \delta y_{t-1}^3 + \varepsilon_t \quad (4)$$

olarak genişletilir. Burada  $\rho$  ile otokorelasyon düzeltmesi gerçekleşir. Denklemin gecikme uzunluğu AR modeli ile belirlenir (Kapetanios, Shin, & Snell, 2003).

Burada  $\varepsilon_t$ , sıfır ortalama ve varyansı  $\sigma^2$  olan birbirinden bağımsız ve özdeş dağılıma sahip hata terimi,  $\rho$  ve  $\delta$  ise modelin parametreleridir.

KSS testinde  $H_0: \delta = 0$  hipotezi seride birim kökün olduğu,  $H_0: \delta > 0$  hipotezi ise seride birim kökün olmadığını ifade etmektedir. Modelin istatistik değeri  $t$ -tipi dağılıma uygun olan asimptotik kritik tablo değerleri ile karşılaştırılır ve sıfır hipotezinin reddedilmesi durumunda serinin durağan olduğu sonucuna ulaşılır. KSS testi ham veri (burada logaritmik düzeyinde), ortalamadan arındırılmış veri ve trendden arındırılmış veriler için serinin yapısı dikkate alınarak uygulanır.

Seriler için KSS birim kök sınaması sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır.

**Tablo 3. KSS Birim Kök Testi**

Değişkenler	Logaritmik Düzeyinde	Ortalamadan Arındırılmış Veri	Trendden Arındırılmış Veri
LBNB	-1,3433	-1,4554	-1,9730
$\Delta$ LBNB	-2.3880**	-2.2756	-2.1875
LBTC	-0,6551	-1,5047	-0,5187
$\Delta$ LBTC	-2.9698*	-2.9598*	-2.9821*



LXRP	-1,9024	-1,8976	-1,5805
$\Delta$ LXRP	-3.9635*	-4.1367*	-4.3324*
LDOGE	-0,4452	-1,4311	-1,3125
$\Delta$ LDOGE	-2.2873**	-2.2914	-2.3096
LIOT	-1,4315	-1,4934	-1,4781
$\Delta$ LIOT	-5.0282*	-1.2299	-5.3932*
LETH	-0,7748	-1,5267	-0,5334
$\Delta$ LETH	-2.0156***	-2.0435	-2.0475
LADA	-1,0917	-1,3689	0,4680
$\Delta$ LADA	-2.7215**	-2.7143***	-2.7569
Kritik Değerler			
%1	-2,82	-3,48	-3,93
%5	-2,22	-2,93	-3,40
%10	-1,92	-2,66	-3,13

Test sonuçları bütün kripto para serilerinin birinci farklarında birim kök içermediği yönündedir.

Bu aşamada Bitcoin ile altcoinler arasında uzun dönemli ilişki olup olmadığını tespit etmek için doğrusal olmayan KSS eşbütünleşme yöntemi kullanılmıştır. Kapetanios, Shin ve Snell (2006) makalesinde Engle-Granger eşbütünleşme testini geliştirerek yeni bir doğrusal olmayan eşbütünleşme testi öne sürülmüştür. KSS eşbütünleşme yönteminde  $\hat{u}_t = y_t - \beta x_t$  olmak üzere, modele dahil edilen doğrusal dışılık için geliştirilen fonksiyonel form denklem (5)'te verilmiştir (Kapetanios vd., 2006).

$$\Delta \hat{u}_t = F(u_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (5)$$

ESTAR modeli için hata düzeltme modeli ise

$$\Delta u_t = \gamma u_{t-1} (1 - e^{-\theta u_{t-1}^2}) + \alpha' \Delta x_t + \sum_{j=1}^p \varphi_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=1}^p \lambda_j' \Delta x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Denklem (6)'da  $H_0: \theta = 0$  sıfır hipotezine karşı  $H_0: \theta > 0$  alternatif hipotezi sınanmaktadır. Taylor açılımı ile genelleştirilmiş doğrusal olmayan ESTAR hata düzeltme modeli denklem (7) ile verilmiştir (Kapetanios, Snell, & Yongcheol, 2006).

$z_t$ ,  $I(1)$  stokastik sürecin  $n \times 1$  vektörü,  $\delta$ ,  $w$  ve  $\varphi$  ise parametreler olmak üzere,

$$\Delta y_t = \delta u_{t-1}^3 + w \Delta x_t + \sum_{x=1}^p \varphi_i \Delta z_{t-i} + e_t \quad (7)$$

elde edilir. KSS eşbütünlük testi,

$H_0: \delta = 0$  Eşbütünlük yoktur.

$H_1: \delta < 0$  Doğrusal olmayan ESTAR eşbütünlük vardır.

hipotezleri  $t$ -tipi dağılıma uygun olarak sınanır. Burada sıfır hipotezinin reddedilmesi durumunda modelde doğrusal olmayan ESTAR bir eşbütünlüğün varlığı kabul edilmektedir.  $t$  istatistiği asimptotik olarak normal dağılıma uygun olmadığı için test kritik değerleri Kapetanios, Shinn ve Snell (2006) tarafından simülasyonla bulunmuştur. KSS eşbütünlük testi lojistik fonksiyon olarak kullanılarak değişkenlerin modele uyumu yumuşak geçişli yapıya uygun olarak modellenmektedir. KSS testi ham veri, ortalamadan arındırılmış veri ve ortalama ile trendden arındırılmış veriler için modelin deterministik yapısı dikkate alınarak uygulanır.

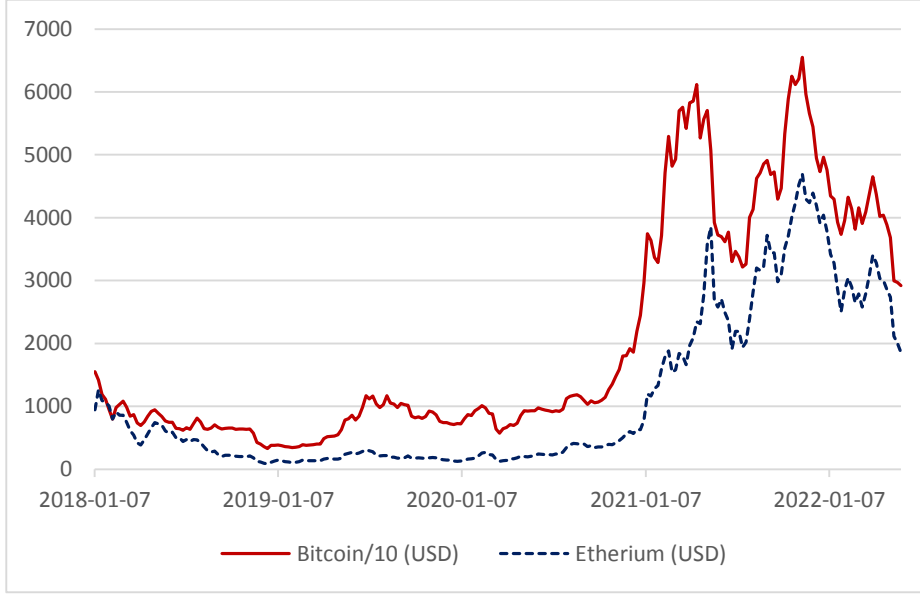
Tablo 4'te Bitcoin ile diğer para birimleri arasındaki eşbütünlük testi sonuçlarına yer verilmiştir.

**Tablo 4. KSS Eşbütünlük Testi**

Kripto Çiftleri	Logaritmik Düzeyinde	Ortalamadan Arındırılmış Veri	Ortalama ve Trendden Arındırılmış Veri
LBitcoin = f(LBinance)	-1,8073	-1,7730	-1,7722
LBitcoin = f(LDogecoin)	-1,7451	-1,7388	-1,7268
LBitcoin = f(LIOTA)	-0,5015	-0,4854	-0,5172
LBitcoin = f(LEthereum)	-3,3490**	-3,3267**	-3,7296**
LBitcoin = f(LRipple)	-0,8827	-0,8687	-0,9308
LBitcoin = f(LCardano)	-1,0519	-1,0504	-1,0502
Kritik Değerler			
%1	-3,38	-3,84	-4,26
%5	-2,85	-3,28	-3,71
%10	-2,59	-2,98	-3,41

*Not:* 1. Optimum gecikme uzunluğu 1'dir. \*, \*\* ve \*\*\* eşbütünlüğün olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin, sırasıyla %1, 5 ve %10 güven düzeyinde reddildiği anlamına gelir.

KSS eşbütünlük testi %5 anlamlılıkla, üç veri grubu için, Bitcoin-Ethereum kripto çifti arasında doğrusal olmayan ESTAR eşbütünlük belirlemiştir, diğer ifadeyle Bitcoin ile Ethereum arasında uzun dönemli bir ilişki vardır.



**Grafik 1. Bitcoin ve Ethereum Fiyat Hareketleri<sup>5</sup>**

İki kripto arasında zaman içindeki uzun dönemli birlikte hareket grafikten izlenebilmektedir.

Araştırmanın bu aşamasında, kripto çiftleri arasında nedensel ilişkiler incelenecektir. Doğrusal olmayan kısa dönem nedensellik ilişkisini tespit etmek amacıyla denklem (5)'te yer alan ESTAR ECM modelinden kısa dönemli nedensellik ilişkisinin de araştırılması mümkündür (Güriş, 2020, s. 215). Değişkenler arasındaki nedensel ilişkiler Tablo 5'te yer almaktadır.

**Tablo 5. KSS ECM Kısa Dönem Nedensellik Analizi**

Nedenselliğin Yönü	F-İstatistiği	Olasılık	Nedenselliğin Yönü	F-İstatistiği	Olasılık
LBNB → LBTC [2]	80,784	2,2e-16	LIOTA → LXP [12]	128,62	2,2e-16
LBTC → LBNB [2]	82,942	2,2e-16	LXP → LIOTA [12]	93,497	2,2e-16
LBNB → LDOGE [4]	18,636	2,272e-15	LIOTA → LADA [2]	41,761	2,2e-16
LDOGE → LBNB [4]	10,986	1,972e-09	LADA → LIOTA[2]	13,351	4,851e-08

<sup>5</sup> Temel fiyat standardizasyonu için Bitcoin fiyatı 1/10 oranı ile çarpılmıştır.

LBNB → LIOT [10]	2,882	0,0015	LIOTA → LDOGE [2]	38,341	2,2e-16
LIOT → LBNB [10]	5,0175	6,972e-07	LDOGE → LIOTA [2]	14,118	1,88e-08
LBNB → LXR [4]	6,1914	2,196e-05	LIOTA → LETH [2]	38,765	2,2e-16
LXR → LBNB [4]	14,608	2,516e-12	LETH → LIOTA [2]	9,6852	4,951e-06
LBNB → LADA [1]	63,082	2,2e-16	LXR → LADA [12]	33,529	2,2e-16
LADA → LBNB [1]	81,42	2,2e-16	LADA → LXR [12]	6,1289	0,000506
LBNB → LETH [1]	131,79	2,2e-16	LXR → LDOGE [12]	35,291	2,2e-16
LETH → LBNB [1]	148,34	2,2e-16	LDOGE → LXR [12]	11,174	7,425e-07
LBTC → LIOTA [2]	8,4488	2,44e-05	LXR → LETH [12]	35,141	2,2e-16
LIOTA → LBTC [2]	43,056	2,2e-16	LETH → LXR [12]	7,9932	4,409e-05
LBTC → LADA [1]	127,28	2,2e-16	LDOGE → LADA [1]	51,039	2,2e-16
LADA → LBTC [1]	150,88	2,2e-16	LADA → LDOGE [1]	51,365	2,2e-16
LBTC → LDOGE [1]	43,044	2,2e-16	LDOGE → LETH [1]	61,496	2,2e-16
LDOGE → LBTC [1]	57,733	2,2e-16	LETH → LDOGE [1]	50,889	2,2e-16
LBTC → LETH [1]	233,73	2,2e-16	LADA → LETH [1]	136,14	2,2e-16
LETH → LBTC [1]	236,2	2,2e-16	LETH → LADA [1]	118,62	2,2e-16
LBTC → LXR [1]	11,839	1,296e-05			
LXR → LBTC [1]	100,65	2,2e-16			

**Not:** Köşeli parantez içindekiler optimum gecikme uzunluklarıdır ve AIC bilgi kriterine göre belirlenmiştir..

Kripto paralar arasındaki nedensellik ilişkisi KSS hata düzeltme modelinden yararlanılarak elde edilmektedir. Tablo 5'te özetlenen bulgulara göre tüm kripto paralar arasında kısa dönemde %5 güven düzeyinde çift-yönlü nedensellik olduğu bulunmuştur. Kripto çiftleri arasındaki güçlü dinamik ilişkiler, bu para birimleri arasındaki yoğun sinerjiden kaynaklanmaktadır. Bu bulgu, kripto para piyasasının yüksek oynaklık içerdiği dönemlerde, yatırımcıların kripto para birimleri arasında riskten korunmada zorluk yaşayabileceği anlamına geleceği için önemlidir.

### Sonuç ve Öneriler

Son yıllarda yatırımcıların büyük bir ilgiyle takip ettikleri ve yatırım aracı olarak kullanılan kripto paralar arasındaki ilişki yatırımcılar için oldukça önem taşımaktadır. Yatırımcılar için dönemsel olarak alternatif yatırımlara göre karlı bir yatırım aracı olarak görülen kripto paralar, diğer yandan yüksek oynaklıkları nedeniyle riskli bir yatırım aracı olarak da görülebilir. Bu nedenle kripto yatırımcılarının para birimleri arasındaki ilişkiyi de takip

etmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada 31.12.2017-29.05.2022 dönemi haftalık verileri kullanarak Bitcoin, Binance, Cardano, Dogecoin, Ripple, Ethereum ve IOTA arasındaki uzun dönemli ilişkiler ve nedensellik ilişkisi doğrusal olmayan yöntemlerle sınanmıştır.

Analizin ilk aşamasında kripto paraların korelasyon ilişkisi incelenmiş ve çoğu kripto paranın birbirleri ile yüksek ve pozitif korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Serilerdeki doğrusal dışılık BDS testi ile sınanmış ve kripto para serilerinin doğrusal olmadığı bulunmuştur. Doğrusal olmayan KSS birim kök testi sonucunda kripto paraların düzeyde birim köke sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bitcoin ile kripto paralar arasında uzun dönemli ilişkinin olup olmadığını tespit etmek amacıyla KSS eşbütünleşme testinden faydalanılmaktadır. KSS eşbütünleşme sonucuna göre Bitcoin ile Ethereum arasında uzun dönemli ESTAR eşbütünleşik bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Kripto paralar arasındaki nedenselliği tespit etmek amacıyla KSS hata düzeltme modelinden yararlanılmıştır. Buna göre tüm kripto para çiftleri arasında çift-yönlü nedensellik tespit edilmektedir. Ekonometrik bulgular kripto piyasasında en büyük işlem hacmine sahip iki para birimi arasında uzun dönemli ilişki olduğu yönündedir. Kripto çiftleri arasındaki bulunan güçlü nedensel ilişkiler, bu para birimleri arasındaki yoğun sinerjiden kaynaklanmaktadır. Bu bulgu, kripto para piyasasının yüksek oynaklık içerdiği dönemlerde, yatırımcıların kripto para birimleri arasında riskten korunmada zorluk yaşayabileceği anlamına geleceği için önemli görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, kripto para piyasasının kendi içindeki çeşitlendirme çabasının yatırımcılara getireceği faydasının sınırlı kalacağı da bu çalışmanın diğer bir bulgusudur.

İlgili literatür incelendiğinde örnek dönemde, veri frekansında ve seçilen ekonometrik metodolojideki farklılıklar nedeniyle araştırma bulgularında küçük farklılıklar görülse de, kabul görmüş ortak kanı, kripto piyasasının kendi içindeki yüksek dinamik ilişkilerdir.

Sonuç olarak yatırımcıların karar alırken genel makroekonomik konjonktürle birlikte kripto para piyasasındaki genel eğilimleri, yatırımcı beklentilerini (iyimser/kötümser) ve kriptolar arasındaki ilişkiyi takip ederek yatırımların planlamalarını yapmaları akla uygun strateji olacaktır. Diğer yandan Bitcoin'in emtia mı yoksa bir itibari para mı olduğu yönünde literatürde mevcut olan ve henüz sonuçlanmamış tartışmalarla birlikte kripto piyasası hız kesmeden gündem olmaya devam etmektedir.

## KAYNAKÇA

- Aysan, A., Khan, A., & Topuz, H. (2021). Bitcoin and Altcoins Price Dependency: Resilience and Portfolio Allocation in COVID-19 Outbreak. *Risks*, 2-13.
- Bouri, E., Lucey, B., & Roubaud, R. (2020). The volatility surprise of leading cryptocurrencies Transitory and permanent linkages. *Finance Research Letters*, 33.
- Brock, W., Dechert, W., & Scheinkman, J. (1987). A test for independence based on the correlation dimension. *Working Paper*.
- Canh, N. P., Wongchoti, U., Thanh, S. D., & Thong, N. T. (2019). Systematic risk in cryptocurrency market: Evidence from DCC-MGARCH model. *Finance Research Letters*, 29, 90-100.
- Güriş, B. (2020). *R Uygulamalı Doğrusal Olmayan Zaman Serisi Analizi*. İstanbul: DER Yayınları.
- Huynh, T. H. (2019). Spillover Risks on Cryptocurrency Markets: A Look from VAR-SVAR Granger Causality and Student's-t Copulas. *Journals of Risk and Financial Management*, 12(52).
- Kapetanios, G., Snell, A., & Yongcheol, S. (2006). Testing for cointegration in nonlinear smooth transition error correction models. *Econometric Theory*, 22(2), 279-303.
- Kapetanios, G., Shin, Y., & Snell, A. (2003). Testing for a Unit Root against Nonlinear STAR Models. *Journal of Econometrics*, 112(2), 359–379.
- Kim, M., Canh, N., & Park, S. (2021). Causal relationship among cryptocurrencies: A conditional quantile approach. *Finance Research Letters*, 42.
- Manohar, H. L., & Gayathri, G. (2018). A Conceptual Study About Cryptocurrent Types and Its Traits. *Asia Pacific Journal of Research*, 94-97.
- Mensi, W., Rehman, M., Shafiullah, M., Al-Yahyaee, K., & Sensoy, A. (2021). High frequency multiscale relationships among major cryptocurrencies: portfolio management implications. *Financial Innovation*.
- Sifat, I., Mohamad, A., & Shariff, M. (2019). Lead-Lag relationship between Bitcoin and Ethereum: Evidence from hourly and daily data. *Research in International Business and Finance*, 50, 306-321.
- Sudheer, B., Praneeth, C., Sarada, K., & Madhavi, P. (2021). Cryptocurrency and Blockchain: A Comparative Study and Analysis. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*(25), 2616-2624.
- Telli, Ş., & Chen, H. (2020). Structural breaks and trend awareness-based interaction in crypto markets. *Physica A*, 1-15.

Tu, Z., & Xue, C. (2019). Effect of bifurcation on the interaction between Bitcoin and Litecoin. *Finance Research Letters*, 31.

## **Extended Summary**

In the crypto market, which has attracted attention with its risks and returns in recent years, the interaction of cryptocurrencies with each other has been an important element for investors' portfolio decisions. In this article, nonlinear dynamic relationships between cryptocurrencies are investigated using 231 observations including weekly closing prices of Bitcoin, Binance, Cardano, Dogecoin, Ripple, Ethereum and IOTA currencies. For this purpose, nonlinear long-term relationships and causal relationships between cryptos were questioned.

Today, the contribution of rapidly advancing technological developments to the economy and the financial sector becomes too great to be ignored, and while technological developments continue without slowing down, they bring different applications with them. While these applications change the habits of people for many years, they easily integrate into the globalizing world. "Cryptocurrencies" come first among these technological developments, especially seen in the financial sector recently. "Money", which has an important place in social life, was first used by the Lydians and paper money began to be used in the 18th and 19th centuries. Along with the use of paper money, towards the end of the 20th century, the use of credit cards became widespread and the most valuable phenomenon to meet the needs of the society was "money". People have started to use money, which is given an important value by the society, in different ways day by day. One of these uses is cryptocurrencies.

The word 'crypto', originating from French, is defined by the Turkish Language Association as "hidden, encrypted". In this sense, crypto money is a general name given to digital currencies that use encryption to make money transfer transactions more secure (Sudheer et al., 2021). Unlike other currencies, cryptocurrencies are not dependent on a central administration (Manohar & Gayathri, 2018). The oldest cryptocurrency is Bitcoin, and Satoshi Nakamoto launched the first Bitcoin network on January 3, 2009. Bitcoin and other cryptocurrencies work with blockchain technology. In blockchain technology, which is a database system, a block is created for each step in the transaction and these steps are encrypted.

While Bitcoin was rapidly attracting attention, it also allowed the altcoin phenomenon to occur and allowed cryptocurrencies to develop day by day. The total trading volume of the crypto market is more than \$1.5 trillion today. Investors focused their attention on altcoins as well as Bitcoin, and altcoins such as Ethereum and Cardano, which have an important place after Bitcoin, came after Bitcoin, although they could not reach the transaction volume.

It is seen that academic interest in the functioning of the crypto market and the formation of price dynamics in the world and in our country has increased over time. This article, which uses econometric methods taking into account nonlinearity in time series, differs from many other studies. The main purpose of this article is to examine the causal relationships between cryptocurrencies and to reveal whether the price movement of a crypto currency can affect the price movements of other cryptocurrencies by considering these relationships. For this purpose, it is tried to help investors minimize market risk.

The article consists of three main parts. In the first part, altcoins based on the same or similar blockchain technology as Bitcoin are examined. In the second part, a literature research was conducted in which the causal relationships between cryptocurrencies were examined and important studies were included. In the third part, the data set used in the article, econometric methodology and research findings are included. The conclusion section is the section where the general evaluations are included.

To give brief information about the relevant altcoins:

XRP, Ripple, is a centralized coin used mainly for institutional transaction purposes. With governance and fast transaction approvals, Ripple is known to be the most efficient payment option for financial institutions and liquidity providers seeking global access, accessibility and fast payment certainty for interbank flows. As another example, although Ripple's system is based on a centralized structure, Ripple aims to create a network between international financial institutions to reduce transaction costs and facilitate faster global payments.

Ethereum is developed by Buterin, a 2013 Vita digital currency scientist. Released for publication in 2015. The cryptocurrency with the highest volume after Bitcoin is Ethereum.

Binance Coin is the cryptocurrency of the Binance platform. In 2019 economic terms, the business accepts Binance as a form of payment. Binance began creating an altcoin to independently create it, freeing it from system institutions and government regulations.



Cardano is a decentralized platform that will allow detailed programmable assessments in a comprehensive and scalable manner.

Dogecoin Launched in 2013, Dogecoin can be made with a big draw. There is not one in the produced Dogecoin.

IOTA is a non-minable coin and was created in 2015, it has a completely different semi-centralized network without blockchain called Tangle (Telli & Chen, 2020).

Within the scope of this study, the causality relationship between cryptocurrencies was examined with the nonlinear causality method. Seven cryptocurrencies were used in the study. These are Bitcoin (BTC), Binance (BNB), Cardano (ADA), Dogecoin (DOGE), Ripple (XRP), Ethereum (ETH), and IOTA (IOTA) cryptocurrencies. The values of cryptocurrencies against the US Dollar are used. Here, 231 observations including the weekly closing prices for the period 02.01.2018-29.05.2022 were used. The data source is investing.com. The natural logarithms of the weekly closing prices are used and L is added to the abbreviations of the variables. R software was used for all statistical and econometric operations and forecasts.

With the BDS test, all cryptocurrencies were examined for linearity in all dimensions. According to the test results, the null hypothesis in all dimensions is rejected at 1% confidence level and it is concluded that the cryptos of interest have nonlinear time series properties.

In the KSS test, the  $H_0: \delta = 0$  hypothesis states that there is a unit root in the series, and the  $H_0: \delta > 0$  hypothesis states that there is no unit root in the series. The statistical value of the model is compared with the asymptotic critical table values suitable for the t-type distribution, and it is concluded that the series is stationary if the null hypothesis is rejected. The KSS test is applied for raw data (here at the logarithmic level), mean-free data and trend-free data, taking into account the structure of the series. The test results are that all crypto currency series contain unit root.

At this stage, nonlinear KSS cointegration method was used to determine whether there is a long-term relationship between Bitcoin and altcoins. KSS cointegration test determined nonlinear ESTAR cointegration between Bitcoin-Ethereum crypto pair for three datasets with 5% significance, in other words, there is a long-term relationship between Bitcoin and Ethereum. The causality relationship between cryptocurrencies is obtained by using the KSS error correction model. According to the findings summarized in Table 5, it was found that there is bi-directional causality at the 5% confidence level in the short run among all cryptocurrencies. The strong dynamic relationships between crypto pairs are due to the intense

synergy between these currencies. This finding is significant as it will mean that during periods of high volatility in the cryptocurrency market, investors may have difficulty hedging among cryptocurrencies. The strong causal relationships found between crypto pairs are due to the intense synergies between these currencies. This finding is significant as it would mean that investors may have difficulty hedging among cryptocurrencies during periods of high volatility in the cryptocurrency market. In other words, it is another finding of this study that the benefit of the diversification effort within the crypto money market will be limited to investors.

As a result, it would be a reasonable strategy for investors to plan their investments by following the general macroeconomic conjuncture, general trends in the crypto money market, investor expectations (optimistic/pessimistic) and the relationship between cryptos while making decisions. On the other hand, the crypto market continues to be on the agenda without slowing down, with the unfinished debates in the literature about whether Bitcoin is a commodity or a fiat currency.