

Araştırma Makalesi / Research Article

KRİPTO PARA ALTERNATİFLERİNİN BULANIK TOPSIS YÖNTEMİYLE SIRALANMASI

Doç. Dr. V. Sinem ARIKAN KARGI 

Bursa Uludağ Üniversitesi, İİBF, Bursa, (vesa@uludag.edu.tr)

ÖZET

Teknolojinin hızlı gelişimi ile birlikte internet kullanımının da yaygınlaşmasıyla birçok alanda değişimler meydana gelmektedir. Bu değişim gösteren alanlardan birisi de yatırım araçlarından olan kripto paralarlardır. Kripto para, şifreleme sistemlerden yararlanan, merkezi otoriteden bağımsız ve diğer paralara göre güvenlik seviyesi daha fazla olan ve ayrıca sanal ortamda kullanım avantajı olan paralardır. Bu avantajları nedeniyle kripto paraların yatırım amacıyla kullanımları yaygınlaşmaya başlamaktadır. Bu çalışmada, yatırım amacıyla kripto paraları kullanmayı düşünen yatırımcılar için en çok işlem gören kripto para alternatifleri belirlenerek bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda yatırım yapmayı düşünen yatırımcılar için kripto para alternatiflerine ilişkin uygun sıralama belirlenmiştir. Literatürde kripto paralara ilişkin yapılmış çalışmalar incelendiğinde bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerini kullanan pek fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada piyasada en çok işlem gören on kripto para alternatifinin Bulanık TOPSIS yöntemi ile sıralama yapılması çalışmanın özgünlüğünü göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kripto Paralar, Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık TOPSIS.

RANKING OF CRYPTOCURRENCY ALTERNATIVES USING THE FUZZY TOPSIS METHOD

ABSTRACT

Changes have been occurring in many areas with the rapid technological development and the common use of internet. One of the changing areas is Cryptocurrencies which are the tools to invest in. Cryptocurrencies are types of digital currency that have several advantages such as having a higher security level, benefiting from cryptographic systems, and being independent of central authority. Because of these advantages, Cryptocurrencies have started to become more prevalent to invest in. In this study, cryptocurrency alternatives, which are intended to use for investment, have been determined and evaluated with the fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method. As a result of the study, the most appropriate ranking alternatives have been determined for investors who consider investing in crypto money. However, only a few studies have been conducted on cryptocurrency using fuzzy multi-criteria decision-making methods. The current research is a unique study, as it ranks the top ten traded cryptocurrencies in the market using the fuzzy TOPSIS method.

Keywords: Crypto Currencies, Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy TOPSIS.

1. Giriş

Dünyada bilim ve teknolojinin hızlı gelişimi birçok alanda değişimlere neden olmaktadır. Teknolojideki bu hızlı gelişme alışılan geleneksel düzenleri de değiştirerek yerini dijitalleşmeye bırakmıştır. Dijitalleşme nedeniyle birçok alanda olduğu gibi yatırım araçları da etkilenmektedir. Dijitalleşme ile geleneksel anlamda kullanılan paranın yerini kripto paralar almaya başlamaktadır. Kripto Para, kriptografinin kurallarının işlediği bir süreçte tamamen dijital ve takas işlemlerinin kullanılabilirdiği, yapılan işlemlerin güvenliği amacıyla şifrelemeyi kullanan sanal para birimi olarak tanımlanabilir (Graydon, 2014). Kripto paraların işlemleri blok zinciri adı verilen sistemde gerçekleştirilir. Blok zincirleri üzerinde yer alan kripto paralar geleneksel para birimlerinin tersine merkezi bir yapıları bulunmamaktadır. Bu nedenle kripto paralar geleneksel para birimleri gibi kontrol edilemezler. Bir başka ifadeyle; kripto paralar, geleneksel para gibi işlev görebilir, fakat merkez bankalarına bağımlılığı olmayan değişim araçlarıdır (Maese vd., 2016:133).

Kripto paraların spekülatif hareketlere açık olmasına, yasal olarak hiçbir kurumun arkasında bulunmamasına rağmen; yüksek getirisi, düşük transfer maliyetleri ayrıca vergi gibi yasal yaptırımlardan ve merkezi yapıdan uzak olması gibi nedenlerden dolayı son yıllarda popüleritesi artmaktadır. Kripto paralar, ticari işlemlerdeki kullanımının yanı sıra kişisel harcamalar, alışveriş gibi birçok alanda tercih edilmekle birlikte daha çok yatırım aracı olarak değerlendirilmektedir.

Dünya genelinde Kripto para denildiğinde akıllara ilk gelen kripto para Bitcoin'dir. Satoshi Nakamoto'nun 2008 yılında yayınladığı "Bitcoin: Eşten-Eşe Nakit Ödeme Sistemi" isimli çalışma ile bu paranın detaylarından bahsedilmiştir (Nakamoto, 2008:26). Bitcoin haricinde çeşitli kripto para birimleri de son yıllarda piyasada artmaya başlamıştır.

Literatürde, kripto para birimlerine ilişkin yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan bazılarını kısaca özetleyelim: Wu & Pandey (2014), Kripto para birimlerinden Bitcoin'in yatırım aracı olarak kullanılıp kullanılmayacağı üzerine araştırma yapmışlardır. Carpenter (2016), Ocak 2012-Mayıs 2016 dönemine ilişkin verileri inceleyerek, Bitcoin'in yüksek volatiliteye sahip olmasına rağmen, yüksek getiri sağladığını ve diğer varlıklarla düşük korelasyon gösterdiğini belirlemiş ve bu nedenle iyi bir yatırım aracı olarak değerlendirilebileceğini belirtmiştir. Genç vd. (2018), yaptıkları çalışmada piyasadaki ilk on kripto parayı ele alarak belirlemiş oldukları kriterlere göre Analitik Hiyerarşi Proses yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Yıldırım (2018), çalışmasında altın ile kripto para birimlerinden Bitcoin arasındaki ilişkiyi ekonometrik testler yardımıyla değerlendirmiştir. Chuen vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında kripto paralar ile geleneksel yatırım araçları arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Güleç (2018) çalışmasında kripto para birimleri ile döviz, hisse senetleri, faiz oranlarını kullanarak bunlar arasındaki ilişkiyi belirlemeye çalışmıştır. Oget & Kanat (2018) yaptıkları çalışmalarında, Bitcoin fiyatlarını kullanarak Türkiye ile G7 ülkelerinin borsa endeksleri arasındaki ilişkiyi analiz etmeye çalışmışlardır. Katrancı & Kundakçı (2020) çalışmalarında yatırım amacıyla belirledikleri on kripto para alternatifini bulanık CODAS yöntemi ile değerlendirmişlerdir.

Kripto paraları yatırım aracı olarak kullanmayı düşünen yatırımcılara yönelik yapılan bu çalışmanın amacı ise belirlenen kriterlere göre piyasada en çok işlem gören kripto para

alternatiflerinin değerlendirilerek yatırımcılar için en uygun olan sıralamanın belirlenmesidir. Bu amaçla bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bulanık TOPSIS yöntemi, karar vericilerin sözel ifadelerinin baz alınarak karar verilen belirsizlik ortamlarında grup kararı verebilmeye olanak sağlaması nedeniyle bu yöntemin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada piyasada en çok işlem gören kripto para alternatiflerinin bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri ile sıralama yapılması çalışmanın özgünlüğünü göstermektedir.

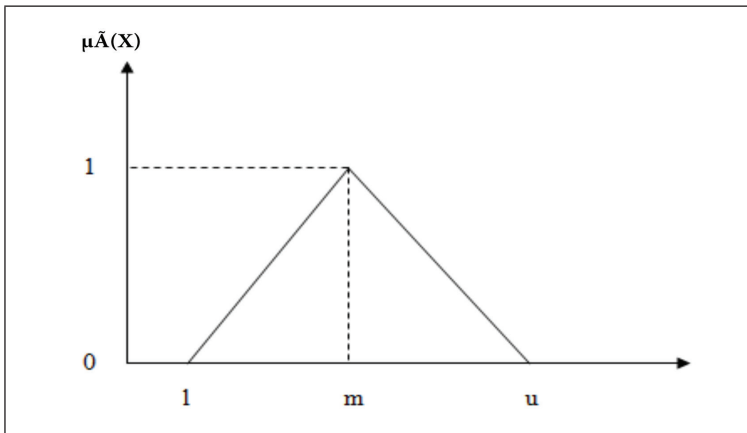
Çalışmanın giriş bölümünde, kripto para kavramına ilişkin bilgiler verilmiş ve daha sonra birinci bölümde, bulanık TOPSIS modelin anlaşılabilirliği için bulanık kümeler ve bulanık sayılar anlatılmıştır. İkinci bölümde, bulanık TOPSIS yöntemi anlatılarak yönteme ilişkin adımlara yer verilmiştir. Uygulamanın yer aldığı üçüncü bölümde ise bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak yatırım alternatifi olarak belirlenen kripto paralara ilişkin sıralama belirlenmiş ve yatırımcılara önerilerde bulunulmuştur.

2. Bulanık Kümeler Teorisi

Lotfi Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanmış olan “Bulanık Kümeler” isimli çalışmada ilk kez Bulanık Mantık kavramından söz edilmiştir (Zadeh, 1965:338). Zadeh Bulanık Kümeler isimli bu çalışmasında insan düşüncelerinin bulanıklığından, kesin olmayan yargıların içeriğinden bahsetmiştir. Bir bulanık kümede her bir elemanı 0 ile 1 gerçel sayılar arasında değişen üyelik derecesine sahip bir fonksiyon olarak belirtmiştir (Zadeh, 1965:338). Bir bulanık kümede üyelik derecesi devamlılık gösterir. \tilde{A} bulanık kümesi ne ilişkin üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}} : E \rightarrow [0,1]$ şeklinde ifade edilir (Hohle & Rodaugh, 1999:63).

Çalışılan alana göre farklı bulanık sayılar kullanılabilir. Önceki çalışmalar incelendiğinde, genellikle yamuk ya da üçgen bulanık sayıların kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada uygulama kısmında ele alınan bulanık TOPSIS yönteminde de üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Şekil 1’de gösterilen üçgensel bir bulanık sayıdır. Üçgensel bir bulanık sayı (l, m, u) şeklinde gösterilir. Bu ifadeler bulanık bir olay için ele alındığında l ifadesinin olası en düşük değeri, m ifadesinin olası değeri ve u ifadesinin de olası en yüksek değeri gösterdiği belirtilmiştir (Mahmoodzadeh vd., 2007:303).

Şekil 1: Üçgensel Bulanık Sayı



Üçgen bir üyelik fonksiyonu ve elemanları aşağıda verilen fonksiyon ile ifade edilmektedir.

$$\mu_{\tilde{A}} = \begin{cases} 0 & x < l \\ (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u \\ 0 & x > u \end{cases} \quad (1)$$

Vertex Yöntemi

İki bulanık sayı arasındaki uzaklığın hesaplanması için Vertex yöntemi kullanılır. $\tilde{A} = (m_1, m_2, m_3)$ ile $\tilde{B} = (n_1, n_2, n_3)$ iki üçgen bulanık sayıyı göstermek üzere, \tilde{A} ve \tilde{B} arasındaki uzaklığın hesaplanmasında kullanılan Vertex yöntemi için Denklem 2’de gösterilen formül yardımıyla hesaplanabilir (Chen, 2000:3).

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (2)$$

3. Bulanık TOPSIS Yöntemi

1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi, çok kriterli karar verme yöntemlerindedir. TOPSIS yöntemi seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın olma ve negatif ideal çözüme en uzak olma esasına dayanmaktadır. TOPSIS yönteminde, performansın değerlendirilmesi ve kriterlere ilişkin önem ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kesin sayılar kullanılır. Ancak insanların seçim kararını içeren düşünceler genellikle belirsizdir ve bunu kesin bir şekilde sayısal değer ile belirlemek zordur. İnsan düşüncelerinin ölçülmesinde sayısal değerlerin yetersizliğinden dolayı TOPSIS yönteminin bulanık sayılarla kullanılmasını sağlayan yöntemler geliştirilmiştir. Bulanık TOPSIS yöntemi, dilsel belirsizliğin var olduğu ve grup olarak karar alınmasını gerektiren problemler söz konusu olduğunda bu problemin çözümü için yani, insan düşüncelerinden kaynaklı belirsizliği ortadan kaldırmak için geliştirilmiş karar verme yöntemlerindedir (Chen, 2000:1-9).

Bulanık TOPSIS yöntemine ilişkin uygulanma adımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Chen, 2000:6):

Adım 1: Karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulur. Oluşturulan komitede kriterler ve alternatifler belirlenir.

Adım 2: Kriterlerin ve alternatiflerin önem ağırlıklarında kullanılacak sözel değişkenler belirlenir.

Adım 3: Karar vericilerin belirledikleri sözel değişkenler bulanık sayılara dönüştürülür.

Adım 4: Bu dönüştürmeden sonra bulanık karar matrisi oluşturulur ve ardından normalize bulanık karar matrisi oluşturulur.

Adım 5: Ağırlıklı normalize karar matrisi bulunur.

Adım 6: Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenir.

Adım 7: Her bir alternatifin bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerden uzaklıkları hesaplanır.

Adım 8: Her alternatifin yakınlık katsayıları bulunur.

Adım 9: Yakınlık katsayıları incelenerek tüm alternatifler yakınlık katsayısına göre sıralanır. Yakınlık katsayısı en yüksek olan alternatif seçilir.

Adım 10: Yakınlık katsayı değerlerine göre seçilen alternatifin risk düzeyi kontrol edilir.

Bulanık TOPSIS yönteminde, karar kriterlerinin farklı önem ağırlığına sahip olabilmesi bu yöntemin en belirgin özelliğini yansıtır. Karar kriterlerine ilişkin önem ağırlıkları ve bu kriterlere göre alternatifleri değerlendirmek için karar vericiler uygun olan sözel değişkenleri kullanırlar. Kullanılan sözel değişkenlerin üçgen bulanık sayı olarak ifadeleri Tablo 1 ve Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Kriterlere İlişkin Sözel Değişkenler

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayı
Çok Düşük (ÇD)	(0.0, 0.0, 0.1)
Düşük (D)	(0.0, 0.1, 0.3)
Biraz Düşük (BD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1.0, 1.0)

Kaynak: Chen, C-T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems, 114, 6.

Tablo 2: Alternatiflere İlişkin Sözel Değişkenler

Sözel Değişken	Üçgen Bulanık Sayı
Çok Kötü (ÇK)	(0.0, 0.0, 1.0)
Kötü (K)	(0.0, 1.0, 3.0)
Biraz Kötü (BK)	(1.0, 3.0, 5.0)
Orta (O)	(3.0, 5.0, 7.0)
Biraz İyi (Bİ)	(5.0, 7.0, 9.0)
İyi (İ)	(7.0, 0.9, 10)
Çok İyi (Çİ)	(9.0, 10, 10)

Kaynak: Chen, C-T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems, 114, 6

Çalışmada ele alınan bulanık TOPSIS yöntemi için Chen'in geliştirdiği model esas alınmıştır. Bulanık TOPSIS yönteminin matematiksel ifadesi aşağıda verilmiştir (Chen, 2000:1- 9).

K tane karar vericiden oluşan \tilde{w}_j^K nın K'nıncı karar vericinin değerlendirdiği karar kriterinin önem ağırlığını \tilde{x}_{ij}^K nın ise i. alternatifin kriter değerini gösterdiği bir grupta, kriterlerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin kriter değerleri denklem 3 ve denklem 4' teki formüller ile hesaplanır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1(+) \tilde{x}_{ij}^2(+) \dots\dots\dots (+) \tilde{x}_{ij}^K] \tag{3}$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1(+) \tilde{w}_j^2(+) \dots\dots\dots (+) \tilde{w}_j^K] \tag{4}$$

n sayıda kritere sahip ve m tane alternatifi olan bir bulanık çok kriterli karar problemi matrisi ve kriter ağırlığı vektörü aşağıda verilmiştir.

$$\tilde{D} = \begin{matrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots\dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{21} & \dots\dots & \tilde{x}_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots\dots & \cdot \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots\dots & \tilde{x}_{mn} \end{matrix}, \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots\dots, \tilde{w}_n] \tag{5}$$

Burada $\forall_{i,j}$ için \tilde{x}_{ij} ve $j=1,2,\dots,n$ için \tilde{w}_j sözel değişkenler olup, bu sözel değişkenler $\tilde{x}_{ij}(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_j(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ gibi üçgensel bulanık sayılar ile tanımlanabilir. \tilde{D} bulanık karar matrisini, karar kriterlerine ilişkin önem ağırlıkları matrisini ise \tilde{W} göstermektedir. Bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonraki adım, karar matrisinin normalize edilmesidir. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi \tilde{R} ile gösterilir ve aşağıda verilen denklem 6 ile ifade edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2 \dots m \quad ; \quad j = 1, 2 \dots n \tag{6}$$

B fayda kriterleri kümesini C ise maliyet kriterleri kümesini göstermek üzere normalize edilmiş karar matrisi aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned} \tilde{r}_{ij} &= \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}, j \in B; \\ \tilde{r}_{ij} &= \frac{a_j^-}{c_{ij}^*}, \frac{a_j^-}{c_{ij}^*}, \frac{a_j^-}{c_{ij}^*}, j \in C; \\ c_j^* &= \max imum_i \quad c_{ij} \quad j \in B; \\ a_j^- &= \min imum_i \quad a_{ij} \quad j \in C. \end{aligned} \tag{7}$$

Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra, her kriterin farklı önem ağırlığına sahip olduğu düşünüldüğünde ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi 8 nolu denklemde verilen formül ile hesaplanır.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2 \dots m \quad j = 1, 2 \dots n \quad (8)$$

Bu matrisin elemanları ise $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\otimes) \tilde{w}_j$ formülüyle hesaplanır.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde \forall_{ij} için \tilde{x}_{ij} değerleri normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılardır ve değerleri $[0,1]$ aralığında yer alır.

Daha sonra, bulanık pozitif ideal çözüm (A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (A^-) belirlenmelidir. Bu durum denklem 9 ve 10 da ifade edilmektedir.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^* \dots \tilde{v}_n^*) \quad (9)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^- \dots \tilde{v}_n^-) \quad (10)$$

Burada $i = 1, 2, \dots, m$ ve $j = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere $\tilde{v}_j^* = \max_i (v_{ij})$ formülü ile ve aynı şekilde $\tilde{v}_j^- = \min_i (v_{ij})$ formülü ile bulunur.

Her alternatifin (A^*) ve (A^-) ile olan uzaklıklarının hesaplanması aşağıdaki denklem 11 ve 12 de gösterilmektedir.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2 \dots m \quad (11)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2 \dots m \quad (12)$$

Burada $d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*)$ ve $d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$ ifadeleri bulanık iki sayı arasındaki uzaklığı vermektedir. Bu uzaklıklar Vertex yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır.

Vertex yöntemiyle alternatiflerin sıralamasını bulabilmek için, pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar belirlenir. Belirtilen bu uzaklıklar bulunduktan sonra alternatiflerin sıralaması için her alternatife ilişkin yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Her alternatifin yakınlık katsayısı aşağıda verilen formül yardımıyla belirlenebilir.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i = 1, 2 \dots m \quad (13)$$

$A_i = A^*$ ise $CC_i = 1$ ve $A_i = A^-$ ise $CC_i = 0$ olacağı açıktır. Diğer bir ifadeyle CC_i değeri 1'e yaklaştıkça alternatif A_i pozitif ideal çözüme daha yakın olduğu ve negatif ideal çözüme ise daha uzak olduğunu ifade eder. Tüm alternatiflerin sıralaması CC_i nin dereceli sıralamasına göre belirlenebilir. Her bir alternatife ilişkin değerlendirme yapılabilmesi için $[0,1]$ aralığında ve beş alt aralığa bölünerek her bir alt aralık için tanımlanmış sözel değişkenler mevcuttur. Bu beş sınıfa ilişkin belirlenen kabul koşulları ise Tablo3'de gösterilmektedir.

Tablo 3: Kabul Koşulları

Yakınlık Katsayısı (CC_i)	Değerlendirme Durumu
$CC_i \in [0.0,0.2)$	Tavsiye edilmez
$CC_i \in [0.2,0.4)$	Yüksek risk ile tavsiye edilir.
$CC_i \in [0.4,0.6)$	Düşük risk ile tavsiye edilir.
$CC_i \in [0.6,0.8)$	Kabul edilir.
$CC_i \in [0.8,1.0)$	Kabul edilir ve tercih edilir.

4. Uygulama

Bireyler, aldıkları yatırım kararlarında beklenen getiri ve risk bileşenlerini birlikte değerlendirir. Her iki bileşen birbiriyle ilişkilidir. Buna bağlı olarak yapılan yatırımdan ne kadar çok getiri bekleniyorsa o kadar çok riske girilmesi ve ne kadar az riske girmek istenmekte ise o kadar az getiriye razı olunması gerekmektedir. Bireylerin aldıkları yatırım alternatifleri altın, döviz, hisse senedi gibi yatırım araçları olabileceği gibi arsa, arazi gibi taşınmaz mallar da tercih edilebilir. Belirttiğimiz bu yatırım alternatiflerine ilaveten son yıllarda kripto para piyasalarının gösterdiği büyüme ile bireylerin, kripto paraları yeni bir alternatif yatırım aracı olarak değerlendirmeye başladığı görülmektedir. Bu çalışmada, Kripto paraları yatırım amacıyla kullanmayı düşünen yatırımcılar için en çok işlemde olan kripto para alternatifleri değerlendirilerek en uygun olan sıralama belirlenmiştir. Bunun için öncelikle kripto paralar hakkında bilgi birikimine sahip 3 karar verici ile görüşülerek belirlenen 7 kriter ele alınmış ve kripto para alternatifleri çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık TOPSIS yöntemi uygulanarak değerlendirilmiştir.

Kripto para yatırımında en uygun olan alternatifin seçimi için belirlenen alternatif kripto paralar (<https://tr.investing.com>) sırasıyla: Bitcoin(BTC), Ethereum(ETH), Ripple(XRP), Litecoin(LTC), Cardano(ADA), Biancaecoin(BNB), Polkadot(DOT), Dogecoin(DOGE), Chainlink(LINK) ve Tether(USDT) dir. Karar vericiler ile yapılan görüşmeler sonrasında ele alınan kriterler ise; Yıllık Ortalama Getirisi(K1), Toplam Piyasa Değeri (K2), Güvenlik Altyapısı(K3), İşlem Hızı(K4), Destekleyen Kuruluşlar(K5), En Yüksek Değerdan Değişim(K6) ve İşlem Gördüğü Borsa Sayısı(K7) olarak belirlenmiştir.

Yapılan görüşmenin ardından belirlenen 7 kriter altında 10 kripto para alternatifini Bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirilerek yatırımcılar için en uygun olan kripto para alternatifini belirlemeye çalışılmıştır. Karar vericiler Tablo 1’de verilen sözel değişkenler yardımıyla kriterlerin önem ağırlıklarını değerlendirmektedirler. Tablo 4’te karar vericilerin değerlendirme sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4: Karar Kriterlerinin Sözel Değişkenlerle Değerlendirilmesi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
KV1	ÇY	O	ÇY	Y	BY	BY	Y
KV2	ÇY	BY	Y	BY	Y	BY	ÇY
KV3	ÇY	Y	ÇY	Y	BY	BY	Y

Karar vericiler, Tablo 2’de gösterilen sözel değişkenler yardımıyla her bir kritere göre kripto para alternatiflerini değerlendirmektedirler. Tablo 5’te ise her bir kritere göre alternatiflerin karar vericiler tarafından sözel değişkenler ile verilen değerlendirme sonuçları yer almaktadır.

Tablo 5: Alternatiflerin Sözel Değişkenlerle Değerlendirilmesi

	Alternatifler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
	BTC	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ
	ETH	İ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	İ	Çİ
	XRP	Çİ	İ	İ	Çİ	İ	İ	İ
KV1	LTC	İ	Bİ	Çİ	İ	İ	Çİ	İ
	ADA	İ	Bİ	İ	İ	Çİ	Çİ	İ
	DOT	İ	Çİ	İ	İ	İ	Çİ	Bİ
	BNB	Çİ	İ	İ	Çİ	Çİ	İ	Bİ
	LINK	Bİ	İ	Bİ	O	İ	İ	İ
	DOGE	İ	İ	İ	Bİ	Bİ	İ	İ
	USDT	O	İ	İ	Bİ	Bİ	BK	Bİ
	BTC	İ	Çİ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ
	ETH	Çİ	İ	İ	İ	İ	İ	İ
	XRP	İ	İ	İ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ
KV2	LTC	İ	Bİ	İ	Çİ	İ	İ	İ
	ADA	İ	İ	Bİ	İ	Çİ	Çİ	Çİ
	DOT	İ	Çİ	İ	İ	Bİ	Çİ	O
	BNB	İ	İ	İ	Çİ	Bİ	Bİ	İ
	LINK	İ	O	Bİ	İ	İ	İ	İ
	DOGE	Bİ	Bİ	İ	Bİ	Bİ	İ	İ
	USDT	BK	İ	İ	İ	Bİ	O	Bİ
	BTC	Çİ	İ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	İ
	ETH	Çİ	Bİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ	İ
	XRP	Çİ	İ	İ	Çİ	İ	Çİ	İ
KV3	LTC	İ	İ	Bİ	İ	İ	Bİ	Çİ
	ADA	İ	İ	Bİ	Bİ	Çİ	Çİ	Bİ
	DOT	Bİ	O	İ	Çİ	İ	İ	Bİ
	BNB	Çİ	İ	Bİ	Çİ	Çİ	BK	İ
	LINK	İ	İ	Bİ	İ	İ	Bİ	Bİ
	DOGE	İ	İ	İ	Bİ	Bİ	İ	O
	USDT	BK	İ	İ	İ	Bİ	O	Bİ

Sözel değişkenler yardımıyla kriterler ve alternatifler karar vericiler tarafından değerlendirildikten sonra, karar vericilerin kriterleri değerlendirme sonuçları (3) numaralı denklem kullanılarak kriterlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenir.

Tablo 6: Karar Kriterlerinin Üçgen Bulanık Sayılar Şeklinde İfadesi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
KV1	(0,9,1,0,1,0)	(0,3,0,5,0,7)	(0,9,1,0,1,0)	(0,7,0,9,1,0)	(0,5,0,7,0,9)	(0,5,0,7,0,9)	(0,7,0,9,1,0)
KV2	(0,9,1,0,1,0)	(0,5,0,7,0,9)	(0,7,0,9,1,0)	(0,5,0,7,0,9)	(0,7,0,9,1,0)	(0,5,0,7,0,9)	(0,9,1,0,1,0)
KV3	(0,9,1,0,1,0)	(0,7,0,9,1,0)	(0,9,1,0,1,0)	(0,7,0,9,1,0)	(0,5,0,7,0,9)	(0,5,0,7,0,9)	(0,7,0,9,1,0)

Tablo 7: Karar Kriterlerinin Önem Ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
Yıllık Ortalama Getiri(K1)	(0,9,1,0,1,0)
Toplam Piyasa Değeri (K2)	(0,50,0,70,0,90)
Güvenlik Altyapısı(K3)	(0,83,0,97,1,0)
İşlem Hızı(K4)	(0,63,0,83,0,97)
Destekleyen Kuruluşlar(K5)	(0,57,0,77,0,93)
En Yüksek Değerden Değişim(K6)	(0,50,0,70,0,90)
İşlem Gördüğü Borsa Sayısı(K7)	(0,77,0,93,1,0)

Tablo 8’de verilen bulanık karar matrisi, karar vericilerin sözel değişkenler ile yaptıkları değerlendirmeler sonrasında bu değişkenlerin üçgen bulanık sayılara dönüştürülmesi, (2) numaralı denklem kullanılarak elde edilir.

Tablo 8: Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
BTC	(8,33,9,67,10)	(8,33,9,67,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,67,9,33,10)	(9,10,10)	(8,33,9,67,10)
ETH	(8,33,9,67,10)	(7,8,67,9,67)	(8,33,9,67,10)	(8,33,9,67,10)	(8,33,9,67,10)	(7,67,9,33,10)	(7,67,9,33,10)
XRP	(8,33,9,67,10)	(6,33,8,33,9,67)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,67,9,33,10)	(8,33,9,67,10)	(7,67,9,33,10)
LTC	(7,9,10)	(5,67,7,67,9,33)	(7,8,67,9,67)	(7,67,9,33,10)	(7,9,10)	(7,8,67,9,67)	(7,67,9,33,10)
ADA	(7,67,9,33,10)	(6,33,8,33,9,67)	(5,67,7,67,9,33)	(6,33,8,33,9,67)	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,67,9,33,10)
DOT	(6,33,8,33,9,67)	(7,9,10)	(7,9,10)	(8,33,9,67,10)	(6,33,8,33,9,67)	(8,33,9,67,10)	(4,33,6,33,8,33)
BNB	(8,33,9,67,10)	(7,9,10)	(6,33,8,33,9,67)	(9,10,10)	(7,67,9,33,10)	(4,33,6,33,8,33)	(6,33,8,33,9,67)
LINK	(6,33,8,33,9,67)	(5,67,7,67,9,33)	(5,7,9)	(5,67,7,67,9,33)	(7,9,10)	(6,33,8,33,9,67)	(6,33,8,33,9,67)
DOGE	(6,33,8,33,9,67)	(6,33,8,33,9,67)	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(5,67,7,67,9,33)
USDT	(1,67,3,67,5,67)	(7,9,10)	(7,9,10)	(6,33,8,33,9,67)	(5,7,9)	(2,33,4,33,6,33)	(5,7,9)

Bulanık karar matrisi denklem (6) da verilen formül kullanılarak normalize bulanık karar matrisi oluşturulur. Normalize edilen bulanık karar matrisi aşağıdaki Tablo 9’da görülmektedir.

Tablo 9: Normalize Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
BTC	(0.83, 0.97, 1)	(0.83, 0.97, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.77, 0.93, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.83, 0.97, 1)
ETH	(0.83, 0.97, 1)	(0.7, 0.87, 0.97)	(0.83, 0.97, 1)	(0.83, 0.97, 1)	(0.83, 0.97, 1)	(0.77, 0.93, 1)	(0.77, 0.93, 1)
XRP	(0.83, 0.97, 1)	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.77, 0.93, 1)	(0.83, 0.97, 1)	(0.77, 0.93, 1)
LTC	(0.7, 0.9, 1)	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.7, 0.87, 0.97)	(0.77, 0.93, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.87, 0.97)	(0.77, 0.93, 1)
ADA	(0.77, 0.93, 1)	(0.77, 0.93, 1)	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.77, 0.93, 1)
DOT	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.83, 0.97, 1)	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.83, 0.97, 1)	(0.43, 0.63, 0.83)
BNB	(0.83, 0.97, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.9, 1, 1)	(0.77, 0.93, 1)	(0.43, 0.63, 0.83)	(0.63, 0.83, 0.97)
LINK	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.7, 0.9, 1)	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.63, 0.83, 0.97)
DOGE	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)	(0.57, 0.77, 0.93)
USDT	(0.17, 0.37, 0.57)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.23, 0.43, 0.63)	(0.5, 0.7, 0.9)

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi ise Normalize bulanık karar matrisinde yer alan değerlerin her birinin ilgili kriter ağırlığı ile çarpımından elde edilir. Bu matris de Tablo 10’da yer almaktadır.

Tablo 10: Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
BTC	(0.75, 0.97, 1)	(0.41, 0.68, 0.90)	(0.75, 0.97, 1)	(0.57, 0.83, 0.97)	(0.44, 0.72, 0.93)	(0.45, 0.7, 0.90)	(0.64, 0.90, 1)
ETH	(0.75, 0.97, 1)	(0.35, 0.61, 0.87)	(0.69, 0.94, 1)	(0.52, 0.80, 0.97)	(0.47, 0.75, 0.93)	(0.38, 0.65, 0.90)	(0.59, 0.86, 1)
XRP	(0.75, 0.97, 1)	(0.31, 0.58, 0.87)	(0.58, 0.87, 1)	(0.57, 0.83, 0.97)	(0.44, 0.72, 0.93)	(0.41, 0.68, 0.90)	(0.59, 0.86, 1)
LTC	(0.63, 0.9, 1)	(0.28, 0.54, 0.84)	(0.58, 0.84, 0.97)	(0.48, 0.77, 0.97)	(0.40, 0.69, 0.93)	(0.35, 0.61, 0.87)	(0.59, 0.86, 1)
ADA	(0.69, 0.93, 1)	(0.38, 0.65, 0.90)	(0.47, 0.75, 0.93)	(0.40, 0.69, 0.94)	(0.51, 0.77, 0.93)	(0.45, 0.7, 0.90)	(0.59, 0.86, 1)
DOT	(0.57, 0.83, 0.97)	(0.35, 0.63, 0.90)	(0.58, 0.87, 1)	(0.52, 0.80, 0.97)	(0.36, 0.64, 0.90)	(0.41, 0.68, 0.90)	(0.33, 0.58, 0.83)
BNB	(0.75, 0.97, 1)	(0.35, 0.63, 0.90)	(0.52, 0.80, 0.97)	(0.57, 0.83, 0.97)	(0.44, 0.72, 0.93)	(0.21, 0.44, 0.75)	(0.48, 0.77, 0.97)
LINK	(0.57, 0.83, 0.97)	(0.28, 0.54, 0.84)	(0.41, 0.68, 0.90)	(0.36, 0.64, 0.90)	(0.40, 0.69, 0.93)	(0.31, 0.58, 0.87)	(0.48, 0.77, 0.97)
DOGE	(0.57, 0.83, 0.97)	(0.31, 0.58, 0.87)	(0.58, 0.87, 1)	(0.31, 0.58, 0.87)	(0.28, 0.54, 0.84)	(0.35, 0.63, 0.90)	(0.44, 0.72, 0.93)
USDT	(0.15, 0.37, 0.57)	(0.35, 0.63, 0.90)	(0.58, 0.87, 1)	(0.40, 0.69, 0.94)	(0.28, 0.54, 0.84)	(0.11, 0.30, 0.57)	(0.38, 0.65, 0.9)

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde her bir kriterin sütunlarda sahip olduğu en yüksek değerler ile en düşük değerler kullanılarak, bulanık pozitif ideal çözüm (\tilde{A}^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (\tilde{A}^-) değerleri belirlenir. Aşağıda uygulamaya ilişkin pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri verilmiştir.

$$\tilde{A}^* = [(1,1,1), (0.90,0.90,0.90), (1,1,1), (0.97,0.97,0.97), (0.93,0.93,0.93), (0.90,0.90,0.90), (1,1,1)]$$

$$\tilde{A}^- = [(0.15,0.15,0.15), (0.28,0.28,0.28), (0.41,0.41,0.41), (0.31,0.31,0.31), (0.28,0.28,0.28), (0.11,0.11,0.11), (0.33,0.33,0.33)]$$

Daha sonra Vertex yöntemi ile her alternatifin tüm kriterler için pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır. Yedi kriterin on alternatifine göre pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları Tablo11'de verilmektedir.

Tablo 11: Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözümünden Uzaklıklar

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
d(BTC, A*)	0.14	0.31	0.14	0.25	0.33	0.32	0.21
d(ETH, A*)	0.14	0.36	0.18	0.28	0.3	0.37	0.25
d(XRP, A*)	0.14	0.39	0.25	0.25	0.33	0.34	0.25
d(LTC, A*)	0.22	0.41	0.26	0.31	0.36	0.4	0.25
d(ADA, A*)	0.18	0.33	0.34	0.38	0.28	0.32	0.25
d(DOT, A*)	0.27	0.35	0.25	0.28	0.39	0.34	0.47
d(BNB, A*)	0.14	0.35	0.3	0.25	0.33	0.53	0.33
d(LINK, A*)	0.27	0.41	0.39	0.41	0.36	0.42	0.33
d(DOGE, A*)	0.27	0.39	0.25	0.46	0.47	0.39	0.36
d(USDT, A*)	0.66	0.35	0.25	0.38	0.47	0.66	0.41
d(BTC, A-)	0.76	0.43	0.51	0.51	0.46	0.53	0.54
d(ETH, A-)	0.76	0.39	0.48	0.49	0.47	0.5	0.51
d(XRP, A-)	0.76	0.38	0.44	0.51	0.46	0.52	0.51
d(LTC, A-)	0.71	0.36	0.42	0.47	0.45	0.47	0.51
d(ADA, A-)	0.73	0.42	0.36	0.43	0.49	0.53	0.51
d(DOT, A-)	0.66	0.41	0.44	0.49	0.42	0.52	0.32
d(BNB, A-)	0.76	0.41	0.4	0.51	0.46	0.34	0.46
d(LINK, A-)	0.66	0.36	0.32	0.39	0.45	0.45	0.46
d(DOG, A-)	0.66	0.38	0.44	0.36	0.36	0.49	0.42
d(USDT, A-)	0.27	0.41	0.44	0.43	0.36	0.2	0.38

Alternatiflerin uzaklıkları hesaplandıktan sonra 10 alternatif için yakınlık katsayıları bulunur. Yakınlık katsayıları Tablo 12’de görülmektedir.

Tablo 12: Yakınlık Katsayıları ve Alternatiflerin Sıralaması

	d_i^+	d_i^-	CC_i	Sıralama
BTC	1.7	3.74	0.688	1
ETH	1.88	3.6	0.657	2
XRP	1.95	3.58	0.647	3
LTC	2.21	3.39	0.605	5
ADA	2.08	3.47	0.625	4
DOT	2.35	3.26	0.581	7
BNB	2.23	3.34	0.600	6
LINK	2.59	3.09	0.544	9
DOGE	2.59	3.11	0.546	8
USDT	3.18	2.49	0.439	10

Kripto para alternatifleri, en büyük yakınlık katsayısından başlayarak BTC, ETH, XRP, ADA, LTC, BNB, DOT, DOGE, LINK ve USDT şeklinde sıralanır. Ayrıca Tablo 12’de gösterilen alternatiflerin kabul koşulları değerlerine bakarak BTC, ETH, XRP, ADA, LTC ve BNB kripto para alternatiflerinin değerlendirme durumlarının “Kabul edilir” olduğu DOT, DOGE, LINK ve USDT alternatiflerin ise yakınlık katsayısı değerlerine göre “Düşük risk ile tavsiye edilir” olduğu belirlenmiştir.

5. Sonuç

İnternetin yaygın kullanımıyla finansal piyasalarda yeni bir yatırım aracı olarak ortaya çıkan kripto paralar son yıllarda yatırımcıların dikkatini çekmektedir. Yatırımcılar, tasarruflarını para piyasalarında değerlendirebilecekleri gibi sermaye piyasalarında ya da son zamanlarda popüleritesi artan kripto para piyasalarında değerlendirebilmektedirler.

Araştırma ve yayın etiğine uyularak yapılan çalışmada, kripto paraları yatırım aracı olarak kullanmayı düşünen yatırımcıların piyasada en çok işlem gören 10 kripto para alternatiflerinin değerlendirilmesi yapılmış ve en uygun olan sıralama belirlenmiştir. Bu amaçla bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bunun için öncelikle kripto paralar hakkında bilgi birikimine sahip 3 karar verici ile görüşülmüş ve bu görüşme sonucunda yatırım için yedi kriter belirlenmiştir. Karar vericilerin görüşlerine göre, belirlenen karar kriterlerinin önem ağırlıkları büyükten küçüğe doğru; yıllık ortalama getirisi, güvenlik altyapısı, işlem gördüğü borsa sayısı, işlem hızı, destekleyen kuruluşlar ve eşit önemde toplam piyasa değeri ile en yüksek değerden değişim olarak bulunmuştur. Uygulamada yer alan alternatifler için yakınlık katsayıları incelendiğinde; BTC (0.69), ETH (0.66), XRP (0.65), ADA (0.62), LTC (0.60) ve BNB (0.60) kripto para alternatiflerinin değerlendirme durumlarının kabul edilir olduğu aralıkta; DOT (0.58), DOGE (0.55), LINK (0.54) ve USDT (0.44) alternatiflerin ise yakınlık katsayısı değerlerine göre düşük risk ile tavsiye edilen aralıkta olduğu belirlenmiştir. Bulanık TOPSIS yöntemiyle yapılan değerlendirmeye göre, kripto

paralara yatırım yapmayı düşünen yatırımcılara öncelikle BTC'e ve BTC' i sırasıyla ETH, XRP, ADA, LTC ve BNB para birimlerine yatırım yapması tavsiye edilmiştir. DOT, DOGE, LINK ve USDT ise tavsiye edilmemiştir. İleride yapılacak çalışmalarda piyasada işlem gören kripto paralara ilişkin farklı alternatifler veya belirlenecek yeni kriterler ile uygulama yeniden yapılabileceği gibi ele alınan yöntem de değiştirilerek sonuçlar karşılaştırılabilir.

Katkı Oranı Beyanı

Çalışmanın yazarı olarak çalışmanın tüm aşamalarına tarafımdan katkı sağlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışmada çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

Kaynakça

- Carpenter, A. (2016). Portfolio diversification with Bitcoin. *Journal of Undergraduate Research in Finance*, 6(1), 1-27
- Chen, C-T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- Chuen, D. L. K, Guo, L. & Wang, Y. (2017). Cryptocurrency: A new investment opportunity?. *The Journal of Alternative Investments*, 20(3), 16-40.
- Elmas, Ç. (2011). Yapay zekâ uygulamaları. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Güleç, Ö.F. (2018). Bitcoin ile finansal göstergeler arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18-37.
- Genç, U. C., Ayberkin, D., Karaman, E. & Özen, Ü. (2018). Analitik hiyerarşi prosesi kullanarak kripto para seçimindeki faktörlerin belirlenmesi. 5. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı, Ankara.
- <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, Erişim Tarihi: 07.04.2021
- <https://www.investing.com>, Erişim Tarihi: 01.02.2021
- Hohle, U. & Rodaugh, S. E. (1999). *Mathematics of fuzzy sets: Logic, topology and measure theory*. USA: Kluwer Academic Publishers.
- Katranç, A. & Kundakçı, N. (2020). Bulanık CODAS yöntemi ile kripto para yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(4), 958-973.
- Maese, V. A., Avery, A. W., Naftalis, B. A., Wink, S. P. & Valdez, Y. D. (2016). *Cryptocurrency: A primer*. *Banking LJ*, 133, 468.
- Öget, E. & Kanat, E. (2018). Bitcoin ile Türkiye ve G7 ülke borsaları arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkilerin incelenmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(3), 601-614.
- Wu, C. Y. & Pandey, V. K. (2014). The value of bitcoin in enhancing the efficiency of an investor's portfolio. *Journal of Financial Planning*, 27(9), 44-52.
- Yıldırım, H. (2018). Günlük bitcoin ile altın fiyatları arasındaki ilişkinin test edilmesi: 2012-2013 yılları arası johansen eşbütünleşme testi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(4), 2328-2343.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zimmermann, H. J. (2001). *Fuzzy set theory and its applications*. Kluwer Academic Publishers.

EXTENDED SUMMARY

Research Questions & Purpose

Globally, the rapid development of science and technology has caused significant changes in several fields. This rapid development in technology has changed traditional layouts, replacing them with digitalization. As in many areas, investment instruments are also affected by digitalization. With digitalization, cryptocurrencies have started to substitute for the money used in the traditional sense. Cryptocurrency can be defined as a virtual currency that uses encryption for the security of transactions, where fully digital and exchange transactions can be made according to the process through which the rules of cryptography operate (Graydon, 2014). Cryptocurrency transactions are carried out in a system called the blockchain. Unlike traditional currencies, cryptocurrencies on blockchains do not have a centralized structure. This study, which is conducted for investors who are considering using cryptocurrency as an investment tool, aims to determine the most suitable ranking of cryptocurrency alternatives for investors by considering the most traded cryptocurrencies in the market according to the criteria established.

Literature Review

In recent years, several studies have been conducted on cryptocurrencies. Wu & Pandey (2014) conducted a study on whether Bitcoin, one of the cryptocurrencies, can be used as an investment tool. By examining data from January 2012 to May 2016, Carpenter (2016) concluded that Bitcoin can be considered a good investment tool. Based on the criteria they established, Genç et al. (2018) assessed the top ten cryptocurrencies in the market using the analytical hierarchy process method. Yıldırım (2018) evaluated the relationship between gold and Bitcoin by conducting econometric tests. Chuen et al. (2018) analyzed the relationship between cryptocurrencies and traditional investment instruments. Güleç (2018) determined the relationship between cryptocurrencies and foreign exchange rates, stock exchange securities, and interest rates. Katrancı & Kundakçı (2020) evaluated ten cryptocurrency alternatives, which they determined for investment purposes, using the fuzzy CODAS method. However, only a few studies have been conducted on cryptocurrency using fuzzy multi-criteria decision-making methods. The current research is a unique study, as it ranks the top ten traded cryptocurrencies in the market using the fuzzy TOPSIS method.

Methodology

This study is a research article. In this study fuzzy TOPSIS method, which is one of the multiple-criteria fuzzy decision-making methods is used. The TOPSIS method is based on the chosen alternative being closest to the positive ideal solution and furthest from the negative ideal solution. In the TOPSIS method, crisp numbers are used in performance analysis and for the weight of importance of criteria. However, human thinking in decision making is uncertain in general, and preferences can not be estimated with crisp values. Therefore, in measuring human decisions, new methods using TOPSIS with fuzzy numbers were developed when numerical values failed. The fuzzy TOPSIS method was developed to eliminate the uncertainty in human decision making and is also one of the multiple-criteria, decision-making methods that are used in solving problems with linguistic uncertainty and which require a group decision (Chen, 2000:1-9).

Results and Conclusions

This study evaluates the ten most traded cryptocurrencies and determines their most appropriate ranking. To achieve this purpose, the fuzzy TOPSIS method, one of the fuzzy multi-criteria decision-making methods, was used in the study. First, a total of three decision-makers with knowledge about cryptocurrencies were interviewed. Based on their opinions, seven criteria were established for cryptocurrency investments, and the significance of these criteria was determined from high to low as follows: annual average return, security infrastructure, the number of exchanges traded, transaction speed, supporting institutions, equally important total market value, and the highest value of the exchange. According to the proximity coefficients determined for various cryptocurrencies using the fuzzy TOPSIS method, BTC (0.69), ETH (0.66), XRP (0.65), ADA (0.62), LTC (0.60), and BNB (0.60) are acceptable, while DOT (0.58), DOGE (0.55), LINK (0.54), and USDT (0.44) are in the recommended interval with low risk. BTC is primarily recommended to investors who consider investing in cryptocurrencies, followed by ETH, XRP, ADA, LTC, and BNB respectively. DOT, DOGE, LINK, and USDT are not recommended for investors who consider investing in cryptocurrencies. Future studies can assess this subject using different cryptocurrencies traded in the market, adopting new criteria, or changing the method.