

ENTROPİ-ARAS YAKLAŞIMIYLA KRIPTO PARA YATIRIM ALTERNATİFLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF CRYPTOCURRENCY INVESTMENT ALTERNATIVES WITH THE ENTROPY-ARAS APPROACH

Seher BULDUK¹

Prof. Dr. Fatih ECER²

ÖZ

2009 yılında piyasaya giriş yapan kripto paralar, âdemi merkeziyetçi bir yapıda mübadele işlevini yerine getiren sanal para birimleridir. Kripto paralar, blockchain teknolojisine bağlı olarak ticari işlemlere konu olması ve düşük transfer maliyeti ile hızlı işlemler gerçekleştirilmesi gibi niteliksel özelliklere sahiptir. Kripto paralar, bir yatırım aracı olarak son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, yatırımcıların yatırım kararı vermesini kolaylaştıracak bir karar destek mekanizması sunmaktır. Bu amaçla Entropi-ARAS çok kriterli modeli kullanılarak finansal piyasalarda en yüksek işlem hacmine sahip ilk on kripto para değerlendirilmiştir. Öncelikle Entropi yöntemi kullanılarak yıllık ortalama getiri, işlem hacmi, toplam piyasa değeri, işlem gördüğü borsa sayısı, işlem gördüğü yıl sayısı, işlem hızı, en yüksek değerden değişim ve volatilite kriterinin ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından ARAS yönteminde kullanılarak, kripto para alternatiflerinin performans sıralaması yapılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, işlem hacmi yatırım yaparken dikkate alınması gereken en önemli faktördür. Ayrıca, alternatif kripto paralar içinde ilk sırada Bitcoin, Tether ve Usd Coin yer alırken, Dogecoin son sırada yer almaktadır. Kripto paraların işlem hacmi ile performans sıralamalarının yüksek derecede pozitif korelasyona sahip olduğu sonucuna da ulaşılmıştır. Son olarak önerilen modelin sağlamlığı ve geçerliliği duyarlılık analiziyle de kontrol edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kripto Para, Kripto Para Seçimi, ÇKKV, Entropi, ARAS.

JEL Sınıflandırma Kodları: F65, G11, C19, C52.

ABSTRACT

Cryptocurrencies, which entered the market in 2009, are virtual currencies that perform the exchange function in a decentralized structure. The characteristics of cryptocurrencies include that they are subject to commercial transactions depending on blockchain technology, and they perform fast transactions with low transfer costs. Cryptocurrencies have attracted great interest in recent years as an investment tool. The primary purpose of the study is to provide a decision support mechanism that will facilitate investors' investment decisions. For this purpose, using the Entropi-ARAS multi-criteria model, the top ten cryptocurrencies traded in the financial markets are evaluated. Firstly, to determine the weights of the annual average return, trading volume, total market value, number of exchanges traded, number of years traded, transaction speed, change from the highest value, and volatility criteria the Entropy method is utilized in the study. Then, using the ARAS method, the performance ranking of crypto money alternatives is generated. According to the findings of the study, transaction volume is the most crucial factor to be considered when investing. In addition, among alternative cryptocurrencies, Bitcoin, Tether, and Usd Coin are in the top three, while Dogecoin is in the last place. It is also concluded that the trading volume of cryptocurrencies and their performance rankings have a highly positive correlation. Finally, the robustness and validity of the proposed model are also checked by sensitivity analysis.

Keywords: Cryptocurrency, Cryptocurrency Selection, MCDM, Entropy, ARAS.

JEL Classification Codes: F65, G11, C19, C52.

¹  Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Doktora Öğrencisi, seher.bulduk99@gmail.com

²  Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, fecer@aku.edu.tr

EXTENDED SUMMARY

Purpose and Scope:

The study evaluates the top ten crypto money alternatives traded in financial markets using Entropy and ARAS methods from MCDM methods. The characteristics of cryptocurrencies include that they are subject to commercial transactions depending on blockchain technology, and they perform fast transactions with low transfer costs. Cryptocurrencies other than Bitcoin are called altcoins. According to the latest data of CoinMarket Cap, a total of 16,319 cryptocurrencies are traded in the markets. For cryptocurrencies, whose number is increasing day by day, it is getting harder for investors to predict the market potential of each cryptocurrency and make an investment decision. Accordingly, it is essential that the study evaluates the criteria and alternatives to be considered in selecting cryptocurrencies based on appropriate models and presents a decision support system to investors. Therefore, the study is expected to contribute to future studies. Within the scope of the study, eight criteria and ten crypto money alternatives are evaluated. Criteria used in the entropy method include annual average return, trading volume, total market value, number of exchanges traded, number of years traded, transaction speed, change from the highest value, and volatility. The ARAS method is applied with the criteria weights obtained. In the study, the following cryptocurrencies were evaluated as investment alternatives: Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Binance Coin (BNB), Tether (USDT), Solana (SOL), Cardano (ADA), Ripple (XRP), Usd Coin (USDC), Polkadot (DOT), Dogecoin (DOGE).

Design/methodology/approach:

The primary purpose of the study is to evaluate the relative alternatives of the factors that can be considered while investing in cryptocurrencies traded in financial markets and to present a decision support system to investors who are considering investing. For this purpose, Entropy and ARAS methods are used. In the first stage, the criteria determined in line with the literature review and expert opinions are evaluated by applying the Entropy method, and their importance weights are obtained. In the second stage, the criteria weights are used in the ARAS method, and the crypto money alternatives are ranked.

Findings:

The study aims to evaluate the top ten cryptocurrencies traded in financial markets by using Entropy and ARAS methods from MCDM methods. For this purpose, a two-stage method is followed. First, the Entropy method is applied to the determined criteria, and the importance weights of the criteria are obtained. As a result of the weighting process, the most important evaluation criterion is the trading volume (0.2713), followed by total market value (0.2639), average return (0.1126), change from the highest value (0.1004), volatility (0.763), transaction speed (0.7041) and the number of exchanges traded (0.0504). The alternatives are evaluated by applying the ARAS method together with the criterion weights obtained in the second stage of the study. According to the results of the ARAS method, the first alternative is Bitcoin (BTC), followed by Tether (USDT), and USD Coin (USDC), Ethereum (ETH), Solana (SOL), Binance Coin (BNB), Ripple (XRP), Cardano (ADA) Polkadot (DOT) and Dogecoin (DOGE). In the study, sensitivity analysis is also conducted to observe the change order of crypto money alternatives when the importance of the criteria is changed. During the sensitivity analysis, five different scenarios are carried out. In the sensitivity analysis, Bitcoin performed the best in 3 different scenarios which is a result of the stability of the established model. In addition, the performance of Bitcoin has reached its highest value in all scenarios in the current situation. Ultimately, although the degree of importance of the criteria used in the analysis varies according to the sensitivity analysis, the ranking of crypto money alternatives generally remains the same. This result indicates the proposed model is a solid and strong model.

Conclusion and Discussion:

The findings of the study are in parallel with the studies conducted with MCDM methods of crypto money alternatives. As a result of the study, the most important reason behind Bitcoin's ranking in the first place according to the Spearman test is the high transaction volume. Tether's second rank contradicts previous studies. However, the fact that Tether is used in many cryptocurrencies' blockchain networks and the increase in the number of exchanges may be the reason for this contradiction. The main limitations of the study include the newness of the cryptocurrency market, the uncertainty due to the absence of any central bank or guarantor, and the lack of physical presence. The uncertainty of the crypto money market causes price fluctuations due to speculative movements. Therefore, the ranking of performance among cryptocurrencies changes. Undoubtedly, today, where technology is integrated into every field, it has become a necessity in accessing reliable and fast financial resources. Cryptocurrencies, as an innovation brought by digitalization, are used as an investment tool in the markets as well as a payment tool. Cryptocurrencies are very strong assets in portfolio diversification, especially for investors who are willing to take risks for high returns. Although there are criticisms that cryptocurrencies consist of a bubble, cryptocurrencies will continue to attract the attention of investors with the blockchain security technology behind it. In this study, the best ten cryptocurrencies were ranked within themselves by valuation over eight criteria. However, considering the reasons for preference and usage areas of crypto money, the barometers of the new criteria to be determined are beyond the limits.

1. GİRİŞ

Günümüzde her alanda kendini gösteren teknolojiye hızlı gelişmeler dijital çağın başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu hızlı gelişim ülkeler arası sınırların ortadan kalkmasına olanak tanıyarak, ülkelerin finansal sistemlerinde ve sermaye piyasalarında çeşitli enstrümanların bir yansıması olarak kendini göstermektedir. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak gelişen ve geleneksel anlayışta para yerine geçen sanal paralar, bu yansımanın en iyi örneğidir (Böyükaslan ve Ecer, 2021). Sanal ya da kripto paralar, tüm dünyadan finans piyasalarında yatırımcıların ilgisini çekmeyi başarmıştır. Özellikle 2009 yılında Bitcoin'in bir açık kodlu kaynak olarak piyasaya sürülmesinin ardından kripto paralar, popüler bir yatırım aracı haline gelmiştir.

Günümüzde ilk kripto para olan Bitcoin, 2008 yılının sonlarına doğru Satoshi Nakamoto tarafından yayımlanan "Bitcoin: A Peer-to Peer Electronic Cash System" isimli makale ile hayatımıza girmiştir. Makalenin içeriğinde; "Bitcoin, herhangi bir finansal kuruluşun aracılığına ihtiyaç duyulmaksızın, eşler arası (peer-to-peer) yani doğrudan işlem yapılabilen, merkezi olmayan dijital bir para birimidir" olarak tanımlanmıştır (Nakamoto, 2008, s. 26). Kripto paraların oluşmasındaki temel mantık blokzincir (blockchain) teknolojisine dayanmaktadır. Blokzincir sisteminin temel taşı ise kriptografi (şifreleme) tekniğidir. Şifreleme sayesinde bilginin sadece alıcılar tarafından görülmesi sağlanmaktadır ve şifrelenmiş matematiksel algoritmalar kullanılarak veriler gizli tutulur. Blokzincir teknolojisi kriptografiyi, kullanıcının hesap hareketlerini koruma altına alınması ve bu kayıtlara başkasının müdahalesinin kısıtlanması amacıyla kullanır (Kaya, 2021, s. 30; Aksoy vd., 2020, s.113).

Bitcoin dışındaki kripto para birimleri altcoin olarak adlandırılır. CoinMarket Cap'in 2022 verilerine göre Bitcoin, Ethereum ve Binance Coin başta olmak üzere piyasalarda toplam 16.319 kripto para işlem görmektedir (<https://coinmarketcap.com/>). Sayıları her geçen gün artan kripto paralar için yatırımcıların her bir kripto paranın piyasa potansiyelini tahmin etmesi ve yatırım kararı vermesi günden güne zorlaşmaktadır. Geleneksel yatırım araçlarına bir alternatif olarak kullanılan kripto paraların kendi aralarındaki üstünlük ve zayıflıkları ise yatırımcı açısından dikkat edilmesi gereken bir başka husustur. Bu motivasyonla hazırlanan bu çalışmanın temel amacı, kripto para piyasasında Ocak 2022 itibarıyla en yüksek işlem hacmine sahip ilk on kripto paranın, yatırım alternatiflerine göre sıralanmasıdır. Ayrıca diğer kripto para birimlerinin çalışmaya dahil edilmeme nedenlerinden biri de pek çok kripto paranın verilerine erişilememesidir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV), pek çok nitel ve nicel kriterin olması durumunda karar vericilere karar vermede destek sağlayan yöntemler topluluğudur (Aytekin vd., 2022). Bu amaçla çalışmada Entropi ve ARAS (Additive Ratio ASsessment) yöntemlerinden faydalanılmıştır. Entropi yöntemiyle kriter ağırlıkları objektif şekilde belirlenirken ARAS yöntemiyle ise kripto paralar sıralanmıştır. Entropi yöntemi verilerdeki düzensizliğe göre kriter ağırlıklarını belirler. Kripto paraların merkeziyetsiz bir yapıda olması fiyat oynaklıklarının yüksek olmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle Entropi yöntemi kriter ağırlıklarının belirlenmesine uygun bir yapıya sahiptir. ARAS, literatürde oldukça tercih edilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. En iyi alternatif, optimal kabul edilen alternatife en fazla benzerlik gösterendir. Literatür incelendiğinde ÇKKV yöntemleri ile kripto para piyasasına yönelik yapılmış az sayıda çalışma bulunurken Entropi ağırlıklı ARAS yöntemlerini kripto paralarda kullanan bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla çalışmanın bu boşluğu doldurarak literatüre katkı sağlaması düşünülmektedir.

Çalışmanın sonraki bölümü konuyla alakalı literatüre ayrılmıştır. Bu bölümde ayrıca Entropi ve ARAS ile yapılan çalışmalara ilişkin literatürden örnekler de sunulmuştur. Bölüm 3 araştırma metodolojisi olarak adlandırılmış ve Entropi ile ARAS yöntemleri tanıtılmıştır. Sonraki bölüm bulguları ve duyarlılık analizini kapsar. Son bölüm ise sonuçları özetleyerek önerilerde bulunur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Çalışmada literatür taraması üç gruba ayrılarak incelenmiştir. Öncelikle kripto paralara yönelik ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenmiştir. İkinci ve üçüncü alt bölümde ise sırasıyla Entropi ve ARAS yöntemlerine ilişkin çalışmalar özetlenmiştir.

2.1. Kripto Paralar Üzerine Yapılan Çalışmalar

Atik vd. (2015) Granger Nedensellik analizini kullandıkları çalışmalarında, Bitcoin para biriminin günlük getirileri ile dünya piyasalarında önde gelen çapraz kur fiyatları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırma neticesinde Japon Yen'inden Bitcoin'e doğru tek taraflı bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Güleç vd. (2018), Bitcoin fiyatları ile seçili finansal göstergeler arasındaki ilişkiyi geleneksel eşbütünleşme analizleriyle incelemişler ve Bitcoin fiyatlarının yüksek volatiliteye sahip olduğuna karar vermişlerdir. Aynı metodoloji yöntemlerini çalışmalarında

kullanan Karaağaç ve Altınırnak (2018), en yüksek işlem hacmine sahip 10 kripto paranın birbiriyle olan etkileşimi incelemişler ve kısa dönemde kripto para fiyat hareketlerinin birbirini etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Polat ve Gemici (2018), Bitcoin ve diğer kripto paralar; Ethereum, Ripple, Litecoin arasındaki ilişkiyi ele almışlar ve Bitcoin ve altcoinler arasında çift yönlü nedensellik ve eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Benzer şekilde Kaya (2021), çalışmasında 4 farklı kripto para (Binance Coin, Ripple, Ethereum, ve Tether) arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Toda-Yamamoto nedensellik testine göre seçili kripto paraların BNB'nin nedeni olduğu ve ARDL yöntemine göre uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu tespit etmiştir.

Katsiampa (2017), Şahin ve Özkan (2018) ve Koy vd. (2021) çalışmalarında Bitcoin günlük getirilerinde volatilité tahmininde bulunmuşlar ve en iyi modeli Katsiampa (2017) AR-CGARCH, Şahin ve Özkan (2018) TARARCH ve Koy vd. (2021) ise E GARCH olarak tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Chu vd. (2017), en popüler 7 kripto paranın volatilité tahminlemesini GARCH modelleriyle inceledikleri çalışmada, IGARCH ile GJRARCH modellerinin en iyi tahmini sağladıklarını bulmuşlardır. Kahraman vd. (2019), kripto para birimlerinin volatilitésini Tekil Oynaklık ve uzun hafıza modelleriyle incelemiştir. Analizler sonucunda Bitcoin ve Ethereum'daki şokların etkisi kalıcı iken Ripple için bu sonucun geçici olduğu bulunmuştur. Dyhrberg (2016), Bitcoin'in finansal varlık olarak altın ve döviz ile olan benzerliği GARCH modeliyle incelendiği çalışmada, Bitcoin'e yatırım yapmanın hem altın hem de dolar ile birçok benzerliğinin olduğu aynı zamanda Bitcoinin piyasa duyarlılığı daha hızlı olduğu için yatırımcılar için portföylerinde ideal bir varlık olabileceği tespitinde bulunmuştur. Ceylan vd. (2018) ve Hepkorucu ve Genç (2019), Bitcoin ve Ethereum üzerindeki fiyat hareketlerini GSADF birim kök testiyle incelemişler ve her iki para biriminin piyasadaki spekülâtif hareketlere karşı hassas olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Şahin ve Bağcı (2019), kripto para çeşitlerinden Bitcoin, Ethereum, IOTA ve Ripple'nin fiyat hareketlerinin tahminlemesi için Gri Sistem Teorisinin başarılı sonuçlar verdiğini tespit etmiştir. Benzer şekilde Fırat ve Daşdemir (2021), Bitcoin fiyatları için miktar teorisinin geçerli olduğunu tespit etmiştir.

Stavroyiannis (2017), kripto para çeşitleri ile S&P 500 endeksini VaR ve Expected Shortfall (ES) yöntemleriyle analiz etmiş ve kripto paraların yüksek risk taşıdığı sonucuna ulaşmıştır. Uyar vd. (2020), Bitcoin ve Ethereum fiyatlarını MACD, BBand, RSI yöntemleriyle incelemişler ve yöntemlerin birbiriyle çelişkili al/sat sinyalleri verdiğini gözlemlemişlerdir. Keçeci (2020), işlem hacmi en yüksek on kripto paranın, döviz kuru getirilerinin stokastik baskınlık kriteri ile birbirine olan ilişkisi incelendiği çalışmada, yatırımcıların kripto paraların etkinlik durumuna göre portföylerine dahil edilebileceği çıkarımı yapılmıştır. Benzer bir sonuca Gül (2020) tarafından ulaşılmıştır. Çalışmada, kripto para çeşitlerinin portföy çeşitlendirilmesinde iyi bir araç olabileceğini ve portföy performansını olumlu etkilediklerini tespit etmiştir.

Ciaian vd. (2018), Bitcoin+16 diğer kripto paranın 2013-2016 dönemi için uzun ve kısa dönemli ilişkisi ARDL incelendiği çalışmada, Bitcoin ve altcoin pazarlarının birbirine bağımlı oldukları aynı zamanda fiyat ilişkilerinin kısa dönemde çok daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Sovbetov (2018), çalışmasında 5 kripto paranın fiyat hareketlerine etki eden faktörleri ARDL modeliyle incelemiş ve piyasa betası, ticaret hacmi ve volatilitenin kısa ve uzun dönemde kripto paraları etkilediği bulunmuştur. Gonzalez vd. (2020), Bitcoin ve 10 kripto para getirileri arasındaki ilişki NARDL modeliyle incelemiş ve kripto paralar arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin anlamlı olduğu sonucuna ulaşmışlar. Kuzu ve Çelik (2020), Bitcoin'in alternatif yatırım araçları karşısında uzun dönemli ilişkisi uluslararası çerçevede incelenmiştir. Bu doğrultuda Bitcoin ile yüksek işlem hacmine sahip; S&P 500, Londra FTSE, Nasdaq, Tokyo NIKKEI 225, Dow 30 borsa endekslerinin yanı sıra çeşitli yatırım araçlarından ABD 10 Yıllık bono faizinin BTC/USD ilişkisi, BIST100 endeksi, Bloomberg Emtia Endeksi (BEE), Altın ve Petrol değişkenleri analize dahil edilmiştir. ARDL yöntemi sonucuna göre Bitcoin ile geleneksel yatırım araçları arasında herhangi bir ilişki bulunamaması sonucunda yazarlar, Bitcoin'in yüksek riskli varlıklar olması sebebiyle portföy çeşitlendirilmesinde kullanılamayacağı çıkarımını yapmışlardır.

Kristoufek (2013), Bitcoin'in, Google Trends ve Wikipedia'da ziyaret sıklığı ile fiyat hareketleri arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmada, arama hareketleri ile fiyatlar arasında güçlü bir ilişki olduğu ayrıca spekülâtif hareketlere bağlı olarak trend sayısı arttıkça Bitcoin'in getirilerindeki artışların da arttığı gözlemlenmiştir. Shen vd. (2020), üç faktörlü bir fiyatlama modeli ile 1700'den fazla kripto para birimini modelledikleri çalışmada, küçük kripto para birimlerinin daha yüksek getiri sağladıkları ve getirilerin büyük kripto paralardan küçük kripto para birimlerine doğru arttığını, aynı zamanda kullanılan modelin CAPM'den daha güçlü performans sergilediğine ulaşmışlardır. Yılmaz vd. (2020), en yüksek piyasa değerine sahip kripto paraları kümeleme analizleriyle incelemişlerdir. Veri setinin 3 döneme ayrıldığı çalışmada, kümeleme analizi için Ward, Tam Bağlantı ve Tek

bağlantı teknikleri kullanılmıştır. Bitcoin'in diğer gruplardan ayrı kümelendiği çalışmanın sonucunda, dönemler arasında önemli farklılık bulunamamıştır.

Genç vd. (2018), ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemini kullanarak piyasa kapitalizasyonu en yüksek ilk on kripto parayı (Bitcoin, Ethereum, Ripple, Bitcoin Cash, EOS, Litecoin, Cardona, Stellar, Iota, Tron) belirlenen kriterlere göre değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda toplam piyasa değerinin en önemli kriter derecesine sahip olduğu ve Bitcoin'in seçim yapılabilecek en iyi para olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Benzer bir çalışma Katrancı ve Kundakçı (2020), tarafından yapılarak, yatırımcılar için belirlenen en uygun on kripto para alternatifi ÇKKV yöntemlerinden bulanık CODAS yaklaşımıyla değerlendirilmek üzere, toplam piyasa değeri, ortalama getiri, coin ekibi/geliştiriciler, roadmap, işlem hızı, whitepaper, destekleyen kurum ve kuruluşlar, güvenlik, borsa sayısı ve en yüksek değerden değişim kriterlerini kullanmışlardır. En iyi kripto para alternatifinin değerlendirilmesi sonucunda ilk sırada Bitcoin bulunurken, son sırada USDT bulunmuştur. Van Heerden vd. (2021), dokuz kripto paranın göreceli önemlerini belirlemek için zaman serilerine dayalı altı kriter üzerinden inceleme yapılmıştır. Kriterlerin önem ağırlıkları ortalama getiri, standart sapma, bilgi entropisi ve CRITIC yöntemleriyle belirlenmiştir. Çalışmada, Topsis yöntemi kullanılarak kripto para çeşitlerinin performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Arıkan Kargı (2022), çalışmasında bulanık TOPSIS yönteminin kullanarak kripto paraları yatırım alternatiflerine göre sıralamıştır. Araştırmacı çalışmasında; ortalama getiri, toplam piyasa değeri, işlem hızı, güvenlik altyapısı, destekleyen kuruluşlar, işlem gördüğü borsa sayısı ve en yüksek değerden değişimi karar alternatifi olarak ele almıştır. Toplamda on kripto paranın değerlendirildiği çalışmanın neticesinde ilk sırada Bitcoin yer almıştır.

Detaylı tarama neticesinde kripto paralarda nedensellik analizleri, volatilité değerlendirilmesi, uzun ve kısa dönemli eşbütünlük, kümeleme ve portföy çeşitlendirmesi gibi çalışmaların yapılmış olduğu ve incelenen çalışmalarda, kripto para çeşitlerinden daha çok Bitcoin'in baz alındığı sonucuna varılmıştır.

2.2. Entropi Yöntemiyle Yapılmış Çalışmalar

Kriter ağırlıklarının kişilerin yargılarından arındırılarak objektif şekilde belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden birisi Entropi yöntemidir (Torkayesh vd., 2021; Günay ve Ecer, 2020). Kökeni 1940'lı yıllara dayanan yöntemle bugüne kadar çok sayıda başarılı çalışma yapılmıştır.

Örneğin Akçakanat vd. (2017), çalışmalarını Türkiye'de yer alan bankaların performanslarına etki eden kriterleri Entropi yöntemiyle belirlemek ve bankaların performans analizini WASPAS yöntemiyle sıralamak amacıyla yapmışlardır. Çalışma sonucunda ölçeklerine göre (küçük, orta, büyük) ayrılan bankalar için şube sayısı üç ölçekte de en önemli kriter olmuştur. Ulutaş (2019), çalışmasında lojistik firmalarının performansını 2018 yılı için belirlenen 8 kriter üzerinden incelemiştir. Entropi ve EDAS yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada, Mars firması en iyi performansa sahip işletme olarak belirlenmiştir. Perçin ve Sönmez (2018), çalışmalarında, BİST kote edilmiş 5 Türk sigorta şirketinin finansal performanslarını bütünlük Entropi Ağırlık ve TOPSIS yöntemleriyle değerlendirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, kısa vadeli borçların aktiflere oranı en önemli kriter iken AK sigorta en iyi finansal performansa sahip işletme olarak belirlenmiştir. Chen vd. (2015), Çin'de yoksul olan 14 bölgeyi, Entropi yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Bölgelere ait ekonomik ve sosyal gelişme, üretim ve yaşam, yoksullukla mücadelede ilerleme süreçleri kriterlerin endeks oluşturularak değerlendirilmesi yapılmış ve yoksullukla mücadelede Liupan Mountain Area en iyi gelişmeyi gösteren bölge olarak tespit edilmiştir. Shemshadi vd. (2011), çalışmalarında tedarikçi seçimi için ÇKKV yöntemlerinden Entropi yöntemini kullandığı çalışmada ürün kalitesi, işbirliği kurma becerisi, tedarikçinin teknik düzeyi ve teslimatta gecikme süresi, fiyat ve maliyet kriterleri önem derecesine göre ağırlıklandırılmıştır. Organ ve Koçaroğlu (2020), Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin başarı sıralamasını Entropi ve TOPSIS yöntemleriyle yaptıkları çalışmada, tam bursluluk oranının en önemli kriter olduğu ve sıralamada Bilkent Üniversitesi'nin en yüksek skora sahip olduğu belirlenmiştir.

2.3. ARAS Yöntemiyle Yapılmış Çalışmalar

Yakın bir geçmişi olan ARAS yöntemi, ÇKKV metodolojisi içerisinde kısa sürede önemli bir yer edinmeyi başarmıştır. Ekonomiden mühendisliğe, çevreden sağlığa kadar çeşitli alanlarda ARAS'ın uygulandığı görülebilir. Örneğin Zavadskas ve Turkish (2010), ARAS yöntemiyle ofis odalarındaki iç atmosferi 14 oda üzerinden değerlendirdikleri çalışmada kriterler; bina içerisindeki hava sirkülasyonu, hava sıcaklığı, aydınlatma yoğunluğu ve hava akış hızı olarak belirlenmiştir. Reza ve Majid (2013), çalışmalarında, ÇKKV yöntemlerinden AHP ve ARAS yöntemleri yardımıyla bankaları, internet bankacılığına duyulan güven bağlamında değerlendirmişlerdir. İnceleme sonucunda, algılanan gizli riskin en önemli kriter olduğu bulunmuştur. Çalışmada aynı zamanda bankaların optimale yakınlık derecelerine göre sıralaması yapılmıştır. Ecer (2016), çalışmasında en iyi ERP

yazılım sistemini belirlemeyi hedeflemiş ve yazılım sistemi için gerekli olan kriterler ile farklı farklı ERP yazılım alternatiflerini ARAS yöntemiyle değerlendirmiştir. Analiz sonucunda ERP yazılım alternatiflerinin sıralaması en iyi seçimden en kötüye doğru yapılmıştır. Stanujkic vd. (2015) çalışmalarında ÇKKV yöntemlerini kullanarak personellerin işe alım sürecini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda SWARA yöntemine göre en iyi kriter iş deneyimi olmuştur. Alternatifler ise ARAS yöntemine göre değerlendirilerek işe alım sürecinde en iyi adayın A2 olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir çalışma Kenger ve Organ (2017) tarafından yapılmıştır. Hatay ilinde bir bankaya seçilecek personel için Entropi ve ARAS yöntemleri kullanılmış ve “D” adayının en uygun personel olduğu bulunmuştur. Elektrikli araçların değerlendirilmesi amacıyla yöntem, Ecer (2021a) tarafından kullanılmıştır. Aras ve Yıldırım (2020) çalışmalarında, Sosyo Ekonomik Refah düzeyi açısından G-20 ülkelerini ARAS yöntemiyle değerlendirilmiştir. 20 göstergenin baz alındığı çalışmada 2018 verileri kullanılarak geliştirilen endeks üzerinde inceleme yapılmış ve Avusturya, Kanada ve Amerika ülkelerinin sosyo-ekonomik refah düzeyi açısından ilk sırada olduğu bulunmuştur.

Literatür çalışmasında da görüldüğü üzere kripto para alternatiflerinin değerlendirilmesine yönelik ÇKKV yöntemleriyle yapılmış sadece birkaç çalışma (Genç vd., 2018; Katrancı ve Kundakçı, 2020; Van Heerden vd. 2021; Arıkan Kargı, 2022) bulunmaktadır. Bu çerçevede sağlıktan mühendisliğe, sosyal alanlardan tarıma kadar hemen hemen her yerde başarılı uygulamaları olan ÇKKV'nin bu alanda da uygulanması önem arz etmektedir. Literatürde Entropi-ARAS modelini kullanan çalışmalar mevcuttur. Örneğin Bakır ve Atalık (2018), çalışmalarında, 2016 yılında yolcu taşıma kapasitesi bakımından en yüksek performansa sahip 11 havayolu işletmesinin hizmet kalitesini Entropi ve ARAS yöntemleriyle değerlendirmişlerdir. ARAS yöntemine göre, ANA hava yolu işletmesinin en iyi hizmet kalitesi sunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ömürbek vd. (2017), çalışmalarında Entropi, ARAS ve MOOSRA yöntemlerini kullanmayı tercih ederek, yaşam kalitesi bakımından AB ülkelerinin değerlendirmesini yapmışlardır. 2016 yılı verilerinden faydalandığı çalışmada; güvenlik, satın alma gücü, sağlık, iklim, emlak fiyatları, yaşam maliyeti, trafikte harcanan süre ve kirlilik gibi kriterler incelenmiştir. Analiz sonucunda, Entropi yöntemine göre en önemli kriter kirlilik iken Finlandiya'nın yaşam kalitesi bakımından en iyi ülke olduğu tespit edilmiştir. Akbulut (2020) Türk mevduat bankalarının performans değerlendirmesini gri Entropi temelli PSI ve ARAS modeliyle yapmıştır. Akçakaya ve Akçakaya (2019) büyükşehirlerin çevresel performanslarını Entropi temelli ARAS ve COPRAS yaklaşımıyla belirlemişlerdir. Teknopark bölgesi seçimi amacıyla Arslan vd. (2021) Entropi-ARAS modelinden faydalanmışlardır. Arsu (2021) BIST'te işlem gören şirketleri Entropi-ARAS yaklaşımıyla değerlendirmiştir. Fakat Entropi ve ARAS yöntemlerini bir arada uygulayan bir araştırmaya kripto para seçiminde rastlanılmamıştır. Sonuç olarak çalışmanın literatürde bir boşluğu doldurması ve literatüre katkı sağlaması planlanmaktadır.

3. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Çalışmanın temel amacı, finansal piyasalarda işlem gören kripto paralara yatırım yapılırken dikkate alınabilecek faktörlerin, göreceli alternatiflerini değerlendirmek ve yatırım yapmayı düşünen yatırımcılara bir karar destek sistemi sunmaktır. Bu amaçla Entropi ve ARAS yöntemleri kullanılmıştır. Birinci aşamada, literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen kriterler Entropi yöntemi uygulanarak değerlendirilmiş ve önem ağırlıkları elde edilmiştir. İkinci aşamada, bulunan kriter ağırlıkları ARAS yönteminde kullanılarak, kripto para alternatiflerinin sıralaması yapılmıştır.

Bu bölümde, çalışmada kullanılan kriter ve alternatiflerin açıklaması yapıldıktan sonra Entropi ve ARAS yaklaşımlarının uygulama aşamasına ilişkin bilgiler verilecektir.

3.1. Çalışmada Kullanılan Kriterler ve Alternatifler

ÇKKV yöntemleri ile en iyi kripto para alternatiflerinin değerlendirilmesi için izlenilecek ilk aşama seçim kriterlerinin ve karar alternatiflerinin tespit edilmesidir. Bu kapsamda uzmanlara danışılarak ve ilgili literatür araştırması sonucunda 8 kriter tespit edilmiştir. En iyi kripto paranın seçiminde dikkate alınacak kriterler, kodlamaları ve açıklamalarıyla birlikte Tablo 1'de detaylı olarak gösterilmektedir.

Tablo 1. Yararlanılan Kriterler ve Açıklamaları

| Kod | Kriter | Açıklama | Referans |
|-----|--------------------------------------|---|--|
| K1 | Ortalama Getiri (1 Yıllık) | Kripto para yatırımının yıllık getireceği kazancın parasal değerini gösteren kriterdir (Katrancı ve Kundakcı, 2020, s.6). | Katrancı ve Kundakcı, 2020; Van Heerden vd. 2021; Arıkan Kargı, 2022 |
| K2 | İşlem hacmi | Kripto para alım satım işlemleri kapsamında miktarlarının belirli dönem aralığındaki değerlerinin toplamıdır. İşlem hacmi kriteri, kripto paranın popülerliği ve hangi sıklıkta değiştiği hakkında bilgi sağlar (Paribu, 2021). | |
| K3 | Toplam Piyasa Değeri | Kripto paranın piyasa olgunluğunu, pazar payını ve piyasa hakimiyetini ölçmek amacıyla kullanılan gösterge bir kriterdir (Genç vd., 2018, s. 5). | Katrancı ve Kundakcı, 2020; Genç vd., 2018; Arıkan Kargı, 2022 |
| K4 | İşlem Gördüğü Borsa Sayısı | Potansiyel olarak gelişen alt coinlerin alım-satım işlemlerinin yapıldığı platformları göstermektedir. | Katrancı ve Kundakcı, 2020; Genç vd., 2018 |
| K5 | İşlem Gördüğü Yıl Sayısı (ay olarak) | Kripto paraların dijital olarak alım-satım yapılmaya başlandığı tarihi gösteren kriter olup, çalışmada ay cinsinden baz alınmıştır. | |
| K6 | İşlem Hızı (saniye başına) | Finansal piyasalarda 7/24 aktif işlem gören kripto paraların saniye başına işlem hızının yüksek olması ve ağ güvenilirliğinin sağlanabilmesi amacıyla belirli bir sürede gerçekleştirilen işlem süresini ifade eden kriterdir (Katrancı ve Kundakcı, 2020, s. 6). | Katrancı ve Kundakcı, 2020; Arıkan Kargı, 2022 |
| K7 | En Yüksek Değere Değişim | Kripto para yatırımının uzun vadeli yönü ve kar marjının değerlendirilmesi hakkında bilgi veren göstergedir (Genç vd. 2018, s. 5). | Katrancı ve Kundakcı, 2020; Genç vd., 2018; Arıkan Kargı, 2022 |
| K8 | Volatilite | Kripto para borsalarında meydana gelen fiyat dalgalanmalarını yüzdelik olarak gösteren kriterdir. | |

Finansal piyasalarda işlem gören ve ilk on arasında yer alan kripto paralar daha önce de vurgulandığı gibi çalışma kapsamında yatırım alternatifleri olarak seçilmiştir. Yatırım alternatifi seçiminde dikkate alınan kripto para verileri ise Coinmarket, investing ve tradingview sitelerinden elde edilerek derlenmiştir. Böylelikle çalışmada; Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Binance Coin (BNB), Tether (USDT), Solana (SOL), Cardano (ADA), Ripple (XRP), Usd Coin (USDC), Polkadot (DOT), Dogecoin (DOGE) alternatif kripto paralar olarak belirlenmiştir.

3.2. Entropi Yöntemi

ÇKKV yöntemlerinin temel amaçlarından birisi kriterlerin önem ağırlıklarının bulunmasıdır. Bu amaçla literatürde sübjektif (öznel) ve objektif (nesnel) olarak iki farklı yaklaşım geliştirilmiştir. Sübjektif yöntemler (AHP, BWM, FUCOM, DEMATEL) tamamen karar vericilerin bilgi ve tecrübesine bağlı olarak kullanılırken, objektif yöntemler (Entropi, CRITIC, CILOS vb.) ise, karar vericilerin değerlendirmelerine bakılmaksızın, mevcut verilerin kendi özellikleri üzerine kurulmaktadır (Ecer, 2020).

Entropi kavramı, Rudolph Clausius (1865) tarafından literatüre kazandırılmış olsa da 1948 yılında Shannon tarafından enformasyon teorisine adapte edilmiştir. Entropi yaklaşımı, günümüzde başta fizik bilimi olmak üzere mühendislik ve matematik gibi farklı bilim dallarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhang vd. 2011, s. 444; Wu vd. 2011, s. 5163). Enformasyon teorisinde entropi, belirsizliğin bir ölçütüdür. Bu teoriye göre, karar verme ortamından sağlanan bilgilerin sayısı ve kalitesi, bir karar verme probleminin doğruluğunun ve güvenilirliğinin en önemli göstergesidir. Bu sebeple farklı karar verme süreçlerine uygulandığında faydalı bilginin miktarını ölçmede uygun bir ölçektir. Entropi aynı zamanda düzensizliği ifade eder. Bir ÇKKV probleminde bir kriterin entropi skoru ne kadar büyük olursa bu durum, düzensizliğin de o kadar fazla olduğu anlamına gelir ve kriterin ağırlığı daha büyük olur. Bu bağlamda enformasyon entropisi, bir sistemin düzensizlik derecesinin ölçütüdür (Ecer, 2020, s. 55).

Entropi yöntemine göre bir karar probleminin çözümü 4 aşamada gerçekleşmektedir (Wang ve Lee, 2009,s.8982; Wu vd., 2011, s. 5163-5164; Li ve Wang, 2011, s. 2087):

Adım 1. Karar matrisinin belirlenmesi: İlk adım karar matrisinin oluşturulmasıdır. Bu bağlamda m sayıda alternatif ile n sayıda kriterden meydana gelen karar matrisi Eşitlik (1)'de gösterildiği gibidir.

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada x_{ij} i alternatifinin j. kriterine göre aldığı değeri göstermektedir.

Ancak başlangıç karar matrisinde yer alan değerlendirme kriterlerine ait veriler arasında büyük farklılıklar, negatif veya sıfır gibi değerler mevcut ise ilerleyen aşamalarda logaritmik hesaplamaların uygulanmasına engel teşkil edeceği için bu değerlerin pozitif yönlü dönüştürülmesi gerekir. Başka bir ifadeyle, değerlendirme sırasında farklı indeks verileri arasında yer alan farklı boyutlar birbiriyle karşılaştırılmaz. İndeks verileri üzerinde standardizasyonu sağlamak için Zhang vd. (2014), çalışmalarında Z-skoru (standart skor) yöntemini entropi ağırlıklandırmasında önermişlerdir. Z-skoru standardizasyonunda, minimum ve maksimum değer netlik belirtmediği ya da indeksin belirli bir aralığı aştığı ayrık veriler için uyarlanmış ve denklemler şu şekilde ifade edilebilir;

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j} \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de yer alan x_{ij} ve σ_j değerleri sırasıyla j. kriterin ortalama ve standart sapmalarını ifade etmektedir. Bu işlemin ardından verilerdeki farklılık, negatif veya sıfır değerleri Eşitlik (3) yardımıyla pozitif hale dönüştürülür.

$$Z'_{ij} = Z_{ij} + A, A > |\min Z_{ij}| \quad (3)$$

Böylelikle karar matrisinde bulunan x_{ij} kriterleri yerine Z'_{ij} değerleri konularak diğer aşamalara düzeltilmiş karar matrisiyle devam edilir. Aynı zamanda "A, A" ile ifade edilen değer, söz konusu değerlerin tamamını pozitif hale getirmek için seriye eklenmesi gereken minimum sayısal değerdir.

Adım 2. Normalizasyon (Standartlaştırma): Farklı ölçü birimlerinin bir arada kullanılmasına olanak tanımak amacıyla, başlangıç karar matrisindeki tüm elemanlar standartlaştırılır. Fayda yönlü kriterlere Eşitlik (4) ile maliyet yönlü kriterlere ise Eşitlik (5) yardımıyla normalizasyon işlemi uygulanır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_j x_{ij}}, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$r_{ij} = \frac{\min_j x_{ij}}{x_{ij}}, \min_j x_{ij} \neq 0, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

Normalizasyon işleminin ardından $R = [r_{ij}]_{m \times n}$ standart karar matrisi elde edilir.

Adım 3. Entropinin hesaplanması. f_{ij} , bir önceki adımda bulunan standartlaştırılmış değerleri göstermek üzere,

$$f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (6)$$

formülüyle hesaplanır. Eşitlik (6) ile elde edilen değerler Eşitlik (7)'de kullanılarak tüm kriterlerin entropi değerleri elde edilir.

$$e_j = - \frac{\sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij}}{\ln m} \quad (7)$$

Adım 4. Entropi ağırlığının hesaplanması. Son adımda tüm kriterlerin entropi ağırlığı Eşitlik (8) yardımıyla bulunur.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{n - \sum_{j=1}^n e_j} \quad (8)$$

3.3. ARAS Yöntemi

ARAS yöntemi, Turskis ve Zavadskas (2010) tarafından geliştirilerek ÇKKV problemlerinin çözümüne farklı bir boyut kazandırmıştır. ARAS yöntemini diğer ÇKKV yaklaşımlarından ayıran nitelikse, değerlendirilen

alternatiflerin fayda fonksiyonu değerlerinin, çözüme dahil edilecek bir kukla (optimal) alternatifinin fayda fonksiyonu değerleriyle kıyaslanmasıdır (Yıldırım, 2015, s. 289).

ARAS yönteminin temel amacı mevcut alternatiflerden optimal alternatife en yakın olanı bulmaktır. Bu yaklaşıma göre karar probleminde muhtemel bir alternatifin üstünlük derecesini belirleyen fayda fonksiyonu, kriterlerin önem seviyesi ve değerlerinin göreceli etkisiyle doğrudan ilişkilidir (Ecer, 2020, s. 246). Örneğin bir kriterin optimal değerinin 100 varsayıldığı bir karar matrisinde, alternatifler içerisindeki en yüksek skor 80 ise bu durumda en iyi alternatifin optimalite değeri diğer ÇKKV yöntemlerinin aksine %100 (1) değil, %80 (0,80)'dir (Sliogeriene vd. 2013; Yıldırım, 2015, s. 289).

ARAS yönteminin aşamaları aşağıda gösterilmiştir (Turskis ve Zavadskas, 2010; Dadelo vd., 2012; Yıldırım, 2015; Ecer, 2019; Bayrakçı ve Aksoy, 2019):

Adım 1. Karar Matrisinin Oluşturulması: ARAS yönteminde değerlendirilmek için m tane alternatif (sıra) ile n tane kriter (sütun) değeri karar matrisini oluşturur. Bu yaklaşımın temel mantığını oluşturan kukla (optimal) değer ise her bir sütundaki en iyi değer hesaplanarak matrise eklenmesidir. m tane alternatifin ve n tane kriterin yer aldığı X matrisi Eşitlik 9'da gösterilmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & x_{02} & \dots & x_{0n} \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; i = 0,1, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \quad (9)$$

Karar matrisine göre x_{ij} j kriterine göre i alternatifinin performans değerini ve x_{0j} ise j kriterinin en iyi değerini göstermektedir. Eğer j kriterinin fayda ve maliyet yönlü olma durumuna göre en iyi değeri bilinmiyor ise (10) numaralı eşitlik kullanılır.

$$\begin{cases} \text{Eğer } \max_i x_{ij} \text{ ise } x_{0j} = \max_i x_{ij} \\ \text{Eğer } \min_i x_{ij} \text{ ise } x_{0j} = \min_i x_{ij} \end{cases} \quad (10)$$

Adım 2. Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması: Bu adımda \bar{X} normalize karar matrisi x_{ij} değerlerinden oluşmaktadır. x_{ij} değerleri kriterin fayda yönlü ve maliyet yönlü olup olmamasına göre iki şekilde hesaplanmaktadır. Kriter performans değerlerinin maksimum olması daha iyi kabul ediliyorsa Eşitlik (11) yardımıyla normalize değerler hesaplanır.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (11)$$

Kriter performans değerlerinin minimum olması daha iyi kabul ediliyorsa, normalizasyon işlemi iki adımda gerçekleştirilir. Önce performans değerleri kullanılarak fayda durumuna dönüştürülür, daha sonra ise normalize değerler hesaplanır

$$\bar{x}_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\sum_{i=0}^m 1/x_{ij}} \quad (12)$$

Veri setine uygulanan fayda ve maliyet yönlü dönüşüm işlemleri sonucunda oluşturulan karar matrisi Eşitlik (13)'te verilmiştir.

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \bar{x}_{02} & \dots & \bar{x}_{0n} \\ \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = 0,1, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \quad (13)$$

Adım 3. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Elde Edilmesi: Normalizasyon dönüşümünün ardından kriter ağırlıklandırma aşamasına geçilir. Bu aşamaya göre kriter ağırlıkları hem 0 ile 1 arasında olma koşulunu sağlamalı ($0 < w_{ij} < 1$) hem de ağırlıklar toplamı 1'e eşit olmalıdır. Normalize değerler kullanılarak \hat{x}_{ij} ağırlıklandırılmış normalize değerler elde edilir.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} w_{ij}; i = 0,1, \dots, m \quad (14)$$

Eşitlik (14) w_j , j kriterinin önem düzeyini \bar{x}_{ij} ise j kriterinin standartlaştırılmış değerini temsil etmektedir.

Hesaplanan \hat{x}_{ij} değerleri Eşitlik (15)'te gösterilen matris formunda yazılarak \hat{X} normalize karar matrisi oluşturulur:

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \cdots & \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} ; i = 0, 1, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

Adım 4. S_i Optimallik Fonksiyonunun Hesaplanması: Eşitlik (16)'da S_i , i alternatifinin optimallik fonksiyonunu gösterir. S_i değerinin büyük olması, en iyi (optimal) alternatife yakınlığını gösterir. Bunun sebebi S_i 'nin son değerinin x_{ij} ve w_{ij} değerleriyle dolaysız ilintili olmasıdır. Dolayısıyla en büyük S_i değerine sahip alternatif daha fazla tercih edilmektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij} ; i = 0, 1, \dots, m \quad (16)$$

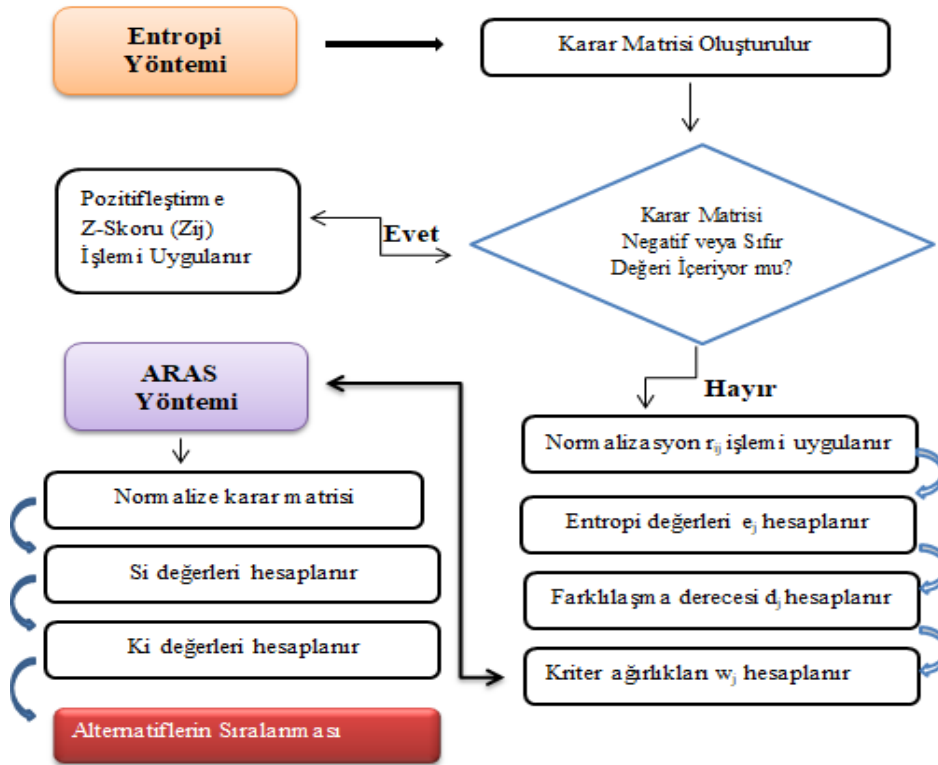
Adım 5. K_i Değerinin Hesaplanması ve Sıralamanın Oluşturulması: Bu aşamaya göre, alternatiflerin optimallik fonksiyon değerinin, kukla alternatifin optimallik fonksiyon değeriyle karşılaştırılmasıyla fayda derecesi elde edilir. S_i değerinin S_0 kukla alternatifine oranlandığı K_i fayda derecesi Eşitlik (17)'de gösterilmektedir;

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} ; i = 0, 1, \dots, m \quad (17)$$

0 ile 1 aralığında yer alan K_i değerleri, büyükten küçüğe doğru sıralanır ve böylelikle alternatif sıralama sonucuna ulaşırlar. Alternatifler arasında optimale en yakın olan uygun seçimdir.

Bu bölümde Entropi ve ARAS yöntemlerinin uygulama aşamaları denklemler yardımıyla açıklanmıştır. Şekil 1'de en iyi kripto para alternatifinin belirlenmesi için faydalanılan yöntemlerin uygulama aşamaları görsel olarak gösterilmekte olup, çalışmanın metodoloji bölümünün daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır.

Şekil 1. Entropi ve ARAS Yöntemi Uygulama Aşamaları



4. ARAŞTIRMANIN BULGULARI

4.1. Entropi Yönteminin Uygulanması

Çalışmada, kriterlerin önem ağırlıklarının tespit edilmesi için Entropi yöntemi kullanılmıştır. En iyi kripto para alternatifinin belirlenmesi için toplamda sekiz kriter için Ocak 2022 verileri dikkate alınmıştır. Aşağıda verilen Tablo 2’de farklı platformlardan sağlanan bilgiler doğrultusunda elde edilen başlangıç karar matrisi gösterilmektedir.

Tablo 2. Başlangıç Karar Matrisi

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|------|----------|--------|--------|--------|--------|-------|----------|--------|
| | (Maks) | (Maks) | (Maks) | (Maks) | (Maks) | (Min) | (Min) | (Min) |
| BTC | 42679,22 | 47731 | 1,032 | 66 | 144 | 600 | 53272,9 | 4,1700 |
| ETH | 2319,18 | 27077 | 0,485 | 47 | 79 | 14 | 4423,62 | 5,5800 |
| BNB | 308,6651 | 2766 | 0,094 | 15 | 54 | 14 | 664,42 | 5,9600 |
| USDT | 0,997907 | 93612 | 0,079 | 100 | 84 | 14 | 0,0381 | 0,1600 |
| SOL | 60,3085 | 1444 | 0,053 | 22 | 23 | 0,4 | 258,723 | 10,000 |
| ADA | 1,290179 | 4184 | 0,058 | 25 | 60 | 1,028 | 3,004 | 6,8500 |
| XRP | 0,793837 | 6574 | 0,084 | 33 | 120 | 4 | 1,78904 | 6,8600 |
| USDC | 0,997037 | 2657 | 0,041 | 53 | 39 | 4 | 0,0293 | 0,0200 |
| DOT | 30,87418 | 2397 | 0,03 | 27 | 16 | 4 | 44,62 | 8,4300 |
| DOGE | 0,173664 | 4038 | 0,022 | 27 | 85 | 60 | 0,735546 | 7,3000 |

Normalizasyon işlemine geçilmeden önce, karar matrisinde yer alan K1, K6 ve K7 kriterlerinde veriler arasında çok büyük farklılıkların bulunması elde edilecek olan kriter ağırlıklarının güvenilirliğini etkilemektedir. Diğer yandan K1, K6 ve K7 kriterlerinde uç değerler arasındaki oransal farklılıklar diğer kriterlere göre oldukça yüksektir. Bu sebeple, söz konusu kriterlere ilişkin serilere Z-skoru yöntemi uygulanmıştır. Buna göre, bu kriterlerin önce logaritması alınmış, daha sonra ise ortalama ve standart sapma değerleri elde edilmiştir. Sonrasında K1, K6 ve K7 serisinde yer alan her bir değerden serinin ortalaması çıkartılarak standart sapma değerine bölünür. Bir sonraki aşamada ise elde edilen yeni serilerin minimum değerleri tespit edilerek ilgili kriterlere (Eşitlik 3’te yer alan A_A değerleri) ilave edilir. Bu işleme göre K1 serisinde yer alan her hücreye en küçüğe en yakın değer olan 1,17 eklenirken, K6 serisine 1,5 ve son olarak K7 serisine 1,34 değeri ilgili hücredeki değerlere eklenir. Böylelikle K1, K6 ve K7 kriterlerinin serilerine Z- skoru yöntemi uygulanarak yeni karar matrisi oluşturulur ve normalizasyon işleminin diğer adımlarına geçilir. Yapılan transformasyon işleminin ardından hesaplanan karar matrisi değerleri Tablo 3’te gösterilmektedir.

Tablo 3. Düzeltilmiş Karar Matrisi

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | (Max) | (Max) | (Max) | (Max) | (Max) | (Min) | (Min) | (Min) |
| BTC | 3,0564 | 47731 | 1,0320 | 66 | 144 | 3,5531 | 2,9666 | 4,1700 |
| ETH | 2,3399 | 27077 | 0,4850 | 47 | 79 | 1,7287 | 2,4550 | 5,5800 |
| BNB | 1,8437 | 2766 | 0,0940 | 15 | 54 | 1,7287 | 2,0653 | 5,9600 |
| USDT | 0,4329 | 93612 | 0,0790 | 100 | 84 | 1,7287 | 0,0576 | 0,1600 |
| SOL | 1,4420 | 1444 | 0,0530 | 22 | 23 | 0,0027 | 1,8714 | 10,000 |
| ADA | 0,4961 | 4184 | 0,0580 | 25 | 60 | 0,4610 | 0,9554 | 6,8500 |
| XRP | 0,3766 | 6574 | 0,0840 | 33 | 120 | 1,1206 | 0,8489 | 6,8600 |
| USDC | 0,4326 | 2657 | 0,0410 | 53 | 39 | 1,1206 | 0,0036 | 0,0200 |
| DOT | 1,2772 | 2397 | 0,0300 | 27 | 16 | 1,1206 | 1,5101 | 8,4300 |
| DOGE | 0,0027 | 4038 | 0,0220 | 27 | 85 | 2,4352 | 0,6662 | 7,3000 |

Karar matrisine Entropi yöntemini uygulayabilmek için öncelikle maliyet ve fayda yönlü kriterleri aynı potada değerlendirebilmek amacıyla Eşitlik (4 ve 5) yardımıyla normalize karar matrisi oluşturulur. Bu işlemin ardından matriste yer alan her bir kriter değerinin (r_{ij}), doğal logaritma değerleri alınarak ($\ln ij$) bu değer ile her bir (r_{ij}) değeri çarpılır. ($r_{ij} \times \ln ij$). Sonrasında bu işleme göre elde edilen değerler toplanarak Eşitlik (7) yardımıyla e_j değerleri hesaplanır.

Eşitlik (7)'de yer alan "k" değeri entropi katsayısını ifade etmektedir. Bu değer aynı zamanda karar matrisinde bulunan toplam alternatif sayısının logaritmik halini gösterir. Çalışmada 10 kripto para alternatifi baz alındığı için "m" değeri 10 olarak hesaplanmış ve $k=1/\ln(10) = 0,4343$ değeri dikkate alınmıştır. Bu işleme göre hesaplanan e_j değerleri Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Kriterlere İlişkin Entropi Değerleri

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| e_j | 0,848594 | 0,635504 | 0,645385 | 0,932282 | 0,931757 | 0,900442 | 0,865039 | 0,897488 |

Farklılaşma derecesi d_j değerleri her bir kriter için hesaplanan e_j değerinin 1'den çıkartılması ile bulunur. Hesaplanan d_j değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Farklılaşma Derecesi D_j Değerleri

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| d_j | 0,151406 | 0,364496 | 0,354615 | 0,067718 | 0,068243 | 0,099558 | 0,134961 | 0,102512 |

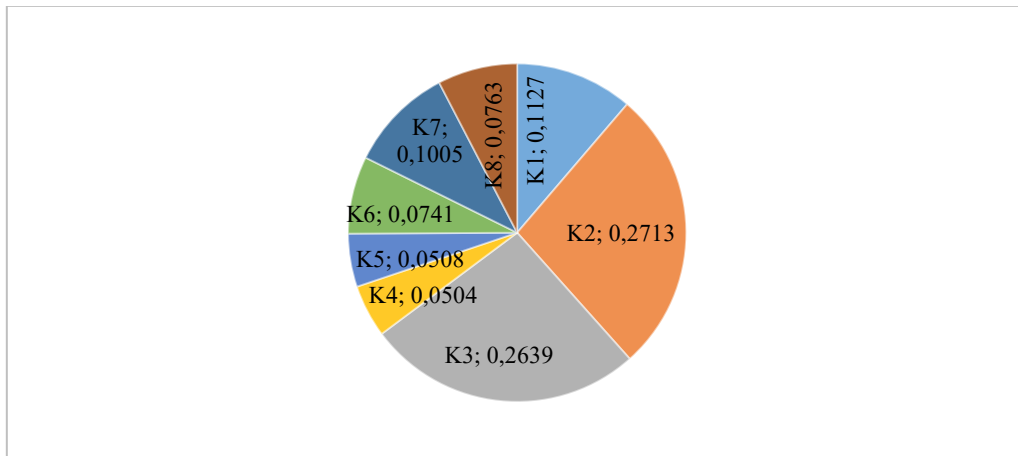
Entropi yönteminin son aşamasında kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi için Eşitlik (8)'den faydalanılmış ve w_j değerleri elde edilmiştir. 10 kritere ilişkin hesaplanan w_j değerlerinin toplamı 1'e eşit olmalıdır. Elde edilen w_j değerleri ARAS yönteminde kullanılarak alternatiflerin seçimi belirlenecektir. Tüm kriterlere ilişkin w_j değerleri Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Kriterlerin Nihai Entropi Ağırlıkları

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| w_j | 0,1127 | 0,2713 | 0,2639 | 0,0504 | 0,0508 | 0,0741 | 0,1005 | 0,0763 |

Yukarıda verilen Tablo 6 çalışmada kullanılan kriterlerin önem ağırlıklarına göre sıralamasını göstermektedir. Bu sonuca göre; en yüksek önem derecesine sahip kriterin (K2) işlem hacmi, ikinci olarak ise (K3) toplam piyasa değeri olduğu görülmektedir. En düşük ağırlık derecesine sahip olan (K4) işlem gördüğü borsa sayısını temsil eden kriterdir. Aşağıda verilen Şekil 2 ise kriter önem ağırlıklarını ve kriter sıralamasını daha ayrıntılı olarak göstermektedir.

Şekil 2. Kriterlerin Önem Ağırlıkları



4.2. ARAS Yönteminin Uygulanması

Kripto para yatırım alternatiflerinin değerlendirildiği bu çalışmada, yukarıda da vurgulandığı gibi alternatiflerin sıralanması ARAS yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. ARAS yönteminin ilk aşamasını oluşturan karar matrisi, Entropi yöntemi hesaplamalarında kullanılan karar matrisinin aynısıdır. Başlangıç karar matrisine ARAS yönteminin de mantığını oluşturan kukla (optimal) alternatif Eşitlik (10) yardımıyla hesaplanarak eklenmiştir. Tablo 7’de yer alan A_0 satırındaki değerler, her bir sütunda yer alan kriterlerin fayda ve maliyet özelliklerine göre hesaplanmıştır. Fayda yönlü olanlar için en yüksek değer, maliyet yönlü olanlar içinse en düşük değer alınmıştır. Dolayısıyla A_0 matriste optimum değerleri temsil etmektedir. Aras yönteminde kullanılmak üzere oluşturulan karar matrisi aşağıda verilen Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7. Karar Matrisi

| Optimizasyon | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | Max | Max | Max | Max | Max | Min | Min | Min |
| Kriter Ağırlıkları (w_j) | 0,1127 | 0,2713 | 0,2639 | 0,0504 | 0,0508 | 0,0741 | 0,1005 | 0,0763 |
| A_0 (Optimal) | 3,0564 | 93612 | 1,0320 | 100 | 144 | 0,0027 | 0,0036 | 0,0200 |
| A1 | 3,0564 | 47731 | 1,0320 | 66 | 144 | 3,5531 | 2,9666 | 4,1700 |
| A2 | 2,3399 | 27077 | 0,4850 | 47 | 79 | 1,7287 | 2,4550 | 5,5800 |
| A3 | 1,8437 | 2766 | 0,0940 | 15 | 54 | 1,7287 | 2,0653 | 5,9600 |
| A4 | 0,4329 | 93612 | 0,0790 | 100 | 84 | 1,7287 | 0,0576 | 0,1600 |
| A5 | 1,4420 | 1444 | 0,0530 | 22 | 23 | 0,0027 | 1,8714 | 10,0000 |
| A6 | 0,4961 | 4184 | 0,0580 | 25 | 60 | 0,4610 | 0,9554 | 6,8500 |
| A7 | 0,3766 | 6574 | 0,0840 | 33 | 120 | 1,1206 | 0,8489 | 6,8600 |
| A8 | 0,4326 | 2657 | 0,0410 | 53 | 39 | 1,1206 | 0,0036 | 0,0200 |
| A9 | 1,2772 | 2397 | 0,0300 | 27 | 16 | 1,1206 | 1,5101 | 8,4300 |
| A10 | 0,0027 | 4038 | 0,0220 | 27 | 85 | 2,4352 | 0,6662 | 7,3000 |

Optimum değerlerin veri setine eklenmesiyle oluşan karar matrisindeki değerleri standart hale dönüştürmek için normalizasyon işlemi yapılır. Burada fayda ve maliyet yönlü kriterler sırasıyla Eşitlik (11 ve 12) yardımıyla dönüşüm işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamadan sonra diğer ÇKKV yöntemlerinde olduğu gibi ARAS yönteminde de ağırlıklandırma işlemi yapılır. Karar matrisinin ilgili sütununda bulunan her bir alternatifin kriter değeri ile Entropi yöntemiyle hesaplanan önem ağırlıkları (w_j) değerleriyle çarpılır. Böylelikle Eşitlik (14) kullanılarak hesaplanmış “ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi” elde edilerek optimalite fonksiyon değerlerinin hesaplamasına geçilir.

Eşitlik (16) denklemi kullanılarak her bir kripto para alternatifinin optimalite fonksiyon değeri S_i hesaplanabilmektedir. Bu işlemde optimal ve alternatif satırların tüm değerleri toplanarak S_i değerleri elde edilerek, değerler Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Optimalite Fonksiyon Değerleri

| Alternatif | S_i |
|--------------|--------|
| A0 (Optimal) | 0,3414 |
| BTC | 0,1744 |
| ETH | 0,0957 |
| BNB | 0,0299 |
| USDT | 0,1213 |
| SOL | 0,0574 |
| ADA | 0,0194 |
| XRP | 0,0273 |
| USDC | 0,1007 |
| DOT | 0,0185 |
| DOGE | 0,0139 |

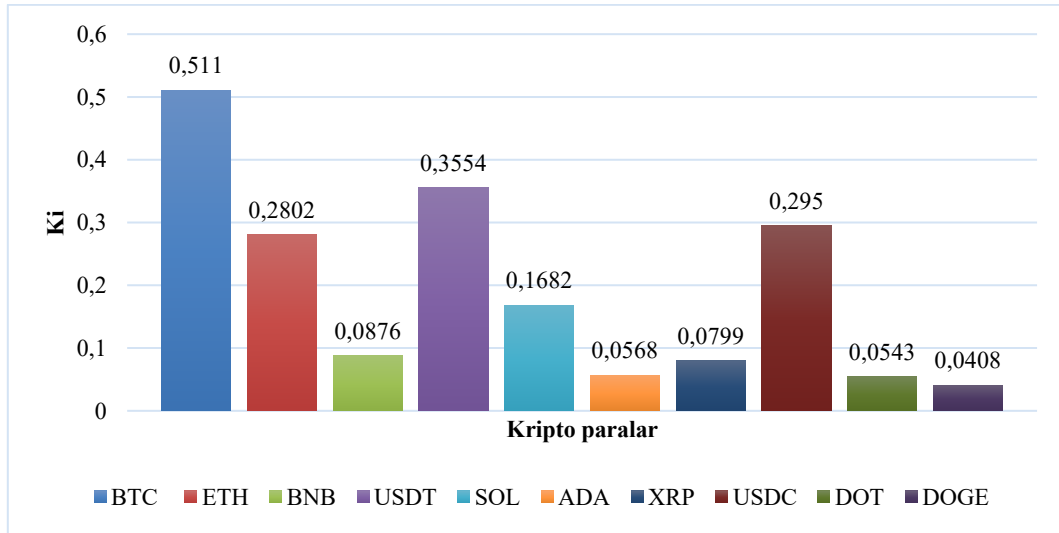
ARAS yönteminin son aşamasında Eşitlik (17) kullanılarak S_i değerleri S_0 kukla alternatifine kıyaslanır ve K_i değerleri hesaplanmış olur. Tablo 9'da kripto para alternatiflerinin fayda dereceleri ile sıralamaları gösterilmektedir.

Tablo 9. Fayda Dereceleri ve Sıralama

| | K_i | Sıralama |
|--------------|--------|----------|
| A0 (Optimal) | 1 | |
| BTC | 0,5110 | 1 |
| ETH | 0,2802 | 4 |
| BNB | 0,0876 | 6 |
| USDT | 0,3554 | 2 |
| SOL | 0,1682 | 5 |
| ADA | 0,0568 | 8 |
| XRP | 0,0799 | 7 |
| USDC | 0,2950 | 3 |
| DOT | 0,0543 | 9 |
| DOGE | 0,0408 | 10 |

Tablo 9'da görüldüğü üzere en iyi kripto para alternatifi BTC (Bitcoin) olarak bulunmuştur. Elde edilen sıralamaya göre; BTC para birimi optimal alternatifine (A_0) %51 oranında benzer olduğu söylenebilir. Kripto paraların sıralaması ise BTC>USDT>USDC>ETH>SOL>BNB>XRP>ADA>DOT>DOGE olarak gerçekleşmiştir. Şekil 3 yardımıyla alternatiflerin sıralamaları daha kolay görülebilir.

Şekil 3. Kripto Paraların Sıralaması



Çalışmada ayrıca Spearman'ın sıra korelasyon analizi yapılarak elde edilen sıralamayla kripto paraların işlem hacmi sıralaması incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre iki sıralama arasında yüksek olarak nitelendirilebilecek %72,1'lik pozitif yönlü bir korelasyon vardır. Buna göre kripto paraların işlem hacmi ile performansları yakından ilişkidir.

4.3. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi bir araştırmada önerilen modelin kararlılık ve sağlamlığını göstermek için kullanılır (Pamucar vd., 2020). Duyarlılık analizi yapmak için kullanılan yaklaşımlardan biri, kriter ağırlıkları farklılaştığında sıralamalardaki değişikliği belirlemektir (Günay ve Ecer, 2022). Böylece bu çalışmada esas alınan kriterlerin önem derecesi değiştirildiğinde, kripto para alternatiflerindeki değişim sıralamasını gözlemlemek amacıyla duyarlılık

analizinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda, farklı kriter ağırlık değerleri için elde edilen sıralamalar incelenmiştir. Böylelikle çalışmada önerilen modelin önem derecesi değişimlerine karşı hassasiyeti ve kararlılığı incelenmiştir. Duyarlılık analizi süresince beş farklı senaryo gerçekleştirilmiştir. İlk senaryoya tüm ağırlıklara eşit önem atanmıştır. İkinci senaryoda ilk iki kriter eşit önemde ve 0,2 önem ağırlığına sahipken geriye kalanlar eşit ve 0,1 önem ağırlığına sahiptir. Sonraki senaryoda K3 ve K4 eşit ve 0,2 iken diğerleri eşit ve 0,1 önem düzeyine sahiptir. Dördüncü senaryoda bu kez K5 ve K6 0,2 iken geriye kalanlar 0,1 önem düzeyindedir. Son senaryoda ise K7 ve K8 0,2, diğerleri 0,1 olacak şekilde ağırlıklandırılmıştır. Senaryoların literatürde olduğu gibi sezgisel bir anlayışla kriter ağırlıkları toplamının 1 olacak şekilde belirlendiğini belirtmekte yarar vardır (Ecer vd., 2019, Hashemkhani Zolfani et al., 2021; Ecer, 2021b). Tablo 10'da farklı senaryolar kapsamında ulaşılan performans sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 10. Duyarlılık Analizi Sonuçları

| | | Kripto Para Alternatiflerini Belirleyen Kriterler | | | | | | | |
|---------|----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Senaryo | | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| | Mevcut w | 0,1126 | 0,2713 | 0,2639 | 0,0504 | 0,0507 | 0,0741 | 0,1004 | 0,0763 |
| | Sıralama | BTC>USDT>USDC>ETH>SOL>BNB>XRP>ADA>DOT>DOGE | | | | | | | |
| 1 | w | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 |
| | Sıralama | USDC>BTC>USDT>SOL>ETH> XRP>BNB>ADA>DOT>DOGE | | | | | | | |
| 2 | w | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Sıralama | BTC> USDC>USDT> ETH> SOL> BNB>XRP> DOT> ADA>DOGE | | | | | | | |
| 3 | w | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Sıralama | BTC> USDC>USDT> ETH> SOL> XRP> BNB> ADA>DOT> DOGE | | | | | | | |
| 4 | w | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| | Sıralama | SOL> USDC>BTC>USDT> ETH> XRP> BNB> DOGE> ADA>DOT | | | | | | | |
| 5 | w | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| | Sıralama | USDC>BTC>USDT> SOL> ETH> XRP> BNB> ADA> DOGE >DOT | | | | | | | |

* ">" Sembolü kripto paraların birbirine olan göreceli üstünlüğünü ifade etmektedir.

Yapılan Spearman sıra korelasyon analizine göre mevcut sıralama ile oluşturulan senaryolar arasında sırasıyla %93,9; %97,6; %97,6; %79,4 ve %92,79 benzerlik olduğu görülmüştür. Böylesi bir sonuç mevcut sıralamanın güvenilirliğini vurgular. Duyarlılık analizinde farklı senaryolardan elde edilen sonuçlarda Bitcoin'in mevcut duruma beraber 3 farklı senaryoda en yüksek performans göstermesi, kurulan modelin istikrarlı olduğunun bir sonucudur. Ayrıca Bitcoin'in performansı tüm senaryolar içerisinde en yüksek değerine mevcut durumda ulaşmıştır. Analiz sonucunda dikkat çeken bir husus, kriterlerin önem sıralaması değiştirildiğinde USD Coin'in Senaryo 1 ve 2 sıralamasında gösterdiği performans değeriyle Bitcoin'in önüne geçmektedir. Bu duruma sebep olarak USD Coin'in en yüksek değerden değişim ve volatilité değerlerinde en iyi değerlere sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Dolayısıyla USD Coin değerlendirilen kripto paralar içerisinde tercih edilebilecek üstün yönle sahiptir. Bir başka husus ise Solona'nın Senaryo 5 sıralamasında performans değerinin, USDC Coin ve Bitcoin'e çok yakın olarak ilk sırada yer almasıdır. Nihayetinde, duyarlılık analizine göre analizde faydalanılan kriterlerin önem dereceleri değişse de kripto para alternatiflerinin sıralaması genel olarak aynı kalmaktadır. Elde edilen bu sonuç, önerilen modelin sağlam ve güçlü bir model olduğunun işaretidir.

5. SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Kripto para, şifreleme tekniğine dayalı herhangi bir merkezi kuruluşa veya otoriteye bağlı olmaksızın dijital ortamda mübadele işlevini yerine getiren sanal bir para birimidir. Bir yatırım alternatifi olarak finansal piyasalarda işlem gören kripto para çeşitleri ise piyasaya hızla entegre olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ÇKKV yöntemlerinden Entropi ve ARAS yöntemleri kullanılarak finansal piyasalarda işlem gören kripto para yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesidir. Bu amaçla iki aşamalı bir prosedür izlenmiştir. İlk olarak, Entropi yöntemi kullanılarak kriterlerin önem ağırlıkları elde edilmiştir. Ağırlıklandırma işlemi sonucunda en önemli değerlendirme kriterinin işlem hacmi (0,2713) olduğu ve işlem hacmi kriterini sırasıyla toplam piyasa değeri (0,2639), ortalama getiri (0,1126), en yüksek değerden değişim (0,1004), volatilité (0,763), işlem hızı (0,7041) ve

işlem gördüğü borsa sayısı (0,0504) kriterlerinin izlediği belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ARAS yöntemi uygulanarak alternatiflerin performans değerlendirilmesi yapılmış ve sıralamalara ulaşılmıştır. ARAS yöntemi sonucuna göre ilk sırada Bitcoin (BTC) yer alırken ikinci sırada Tether (USDT) yer almıştır. Bu kripto paraları sırasıyla USD Coin (USDC), Ethereum (ETH), Solana (SOL), Binance Coin (BNB), Ripple (XRP), Cardano (ADA), Polkadot (DOT) ve Dogecoin (DOGE) izlemiştir. Çalışmanın önemli bir diğer bulgusu ise elde edilen sıralamalarla kripto paraların işlem hacmi sıralamasının yüksek derecede pozitif bir ilişkiye sahip olmasıdır.

Çalışmadan elde edilen bulgular, kripto para alternatiflerinin ÇKKV yöntemleri ile değerlendirildiği; Genç vd. (2018); Katrancı ve Kundakçı (2020), Van Heerden vd. (2021) ve Arıkan Kargı (2022) çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir. Bu çalışma neticesinde de Bitcoin'in ilk sırada yer almasının altında yatan en önemli sebep işlem hacminin yüksek olmasıdır. Tether'in ikinci sırada yer alması önceki çalışmalarla çelişmektedir. Fakat Tether'in birçok kripto paranın blokzincir ağlarında işlem yapması ve borsa sayısının artmasıyla kullanımının yaygınlaşması bu çelişkiye sebep gösterilebilir.

Şüphesiz ki teknolojinin her alana entegre olduğu günümüzde, güvenilir ve hızlı finansal kaynaklara erişimde bir gereksinim haline gelmiştir. Kripto paralar dijitalleşmenin getirdiği bir yenilik olarak, ödeme aracı olmasının yanı sıra piyasalarda yatırım aracı olarak da kullanılmaktadır. Özellikle riskli ve yüksek getiri elde etmek isteyen yatırımcılar için kripto paralar, portföy çeşitlendirilmesinde oldukça güçlü varlıklardır. Her ne kadar kripto paraların bir balondan ibaret olduğu yönünde eleştiriler olsa da kripto paralar, arkasındaki yüksek algoritma hesaplamalarına dayalı blok zincir güvenlik teknolojisiyle yatırımcıların ilgisini çekmeye devam edecektir. Bu çalışmada sekiz kriter üzerinden değerlendirilerek en iyi on kripto paranın kendi içerisindeki sıralaması yapılmıştır. Ancak kripto paranın tercih sebepleri ve kullanım alanları göz önünde bulundurulursa belirlenecek yeni kriterlerin barometreleri sınırların ötesindedir.

Çalışmanın temel kısıtları, kripto para piyasasının yeni oluşu, herhangi bir merkez bankası veya garantörün olmamasından kaynaklı belirsizlik ve fiziksel varlığının olmaması sayılabilir. Kripto para piyasasının belirsiz oluşu ise spekülasyon hareketlere bağlı olarak fiyat dalgalanmalarına neden olmaktadır. Dolayısıyla kripto paralar arasındaki performans sıralaması değişmektedir. Aynı zamanda diğer karar verme yöntemleri kullanıldığında, her yöntemin kendine göre üstünlük ve zayıflıklarının olması nedeniyle sonuçların kısmen değişimi söz konusu olabilir. İleride yapılacak çalışmalarda, bu çalışmada yararlanılan kriterlere farklı kriterler eklenebilir. Ayrıca ağırlık belirlemek amacıyla CRITIC, SD, CILOS ve IDOCRIW gibi objektif yöntemler ve EDAS, WASPAS, MARCOS, CODAS, MAIRCA ve COCOSO gibi sıralama yöntemleri kullanılabilir.

YAZARLARIN BEYANI

Katkı Oranı Beyanı: Çalışmaya birinci yazar %60 oranında, ikinci yazar %40 oranında katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

Çatışma Beyanı: Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

KAYNAKÇA

Akbulut, O. Y. (2020). Gri Entropi temelli PSI ve ARAS ÇKKV yöntemleriyle Türk mevduat bankalarının performans analizi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 171-187.

Akçakanat, Ö., Hande, E., Aksoy, E. ve Ömürbek, V. (2017). Bankacılık sektöründe Entropi ve WASPAS yöntemleri ile performans değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 285-300.

Akçakaya, O. ve Akçakaya, E. D. U. (2019). Türkiye'deki büyükşehirlerin çevresel performanslarının Entropi temelli COPRAS ve ARAS yöntemleri ile değerlendirilmesi. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 11(18), 1437-1473.

Akdeniz, E. G. (2020). *Geleneksel finansal oranlar ve nakit akış oranları ile finansal performansın ölçülmesi: borsa İstanbul sürdürülebilirlik endeksi firmalarında Entropi temelli ARAS yöntemi ile bir uygulama*. [Yüksek Lisans Tezi]. Balıkesir Üniversitesi.

- Aksoy, E., Teker, T., Mazak ve Kocabıyık, T. (2020). Kripto paralar ve fiyat ilişkileri üzerine bir analiz: Toda-Yamamoto nedensellik analizi ile bir inceleme. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (37), 110-129.
- Aras, G. ve Yıldırım, F. M. (2020). Sosyo-Ekonomik refah düzeyinin belirlenmesinde alternatif bir endeks çalışması: ARAS yöntemi ile G-20 ülkeleri uygulaması. *Business and Economics Research Journal*, 11(3), 735-751.
- Arıkan Kargı, S. (2022). Kripto para alternatiflerinin bulanık TOPSIS yöntemiyle sıralanması. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 18(1), 391-406.
- Arslan, H. M., Durak, İ. ve Özdemir, Y. (2021). Entropi-ARAS hibrit yöntemi ile bilişim işletmeleri için en uygun teknopark bölgesinin belirlenmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(3), 734-753.
- Arzu, T. (2021). Finansal performansın entropi tabanlı ARAS yöntemi ile değerlendirilmesi: BIST elektrik, gaz ve buhar sektöründeki işletmeler üzerine bir uygulama. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 39(1), 15-32.
- Atik, M., Köse, Y., Yılmaz, B. ve Sağlam, F. (2015). Kripto para: Bitcoin ve döviz kurları üzerine etkileri. *Bartın Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6(11), 247-262.
- Aytekin, A., Ecer, F., Korucuk, S. ve Karamaşa, Ç. (2022). Global innovation efficiency assessment of EU member and candidate countries via DEA-EATWIOS multi-criteria methodology. *Technology in Society*, 68, 101896.
- Bakır, M. ve Atalık, Ö. (2018). Entropi ve Aras yöntemleriyle havayolu işletmelerinde hizmet kalitesinin değerlendirilmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 617-638.
- Bayrakçı, E. ve Aksoy, E. (2019). Bireysel emeklilik şirketlerinin ENTROPİ ağırlıklı ARAS ve COPRAS yöntemleri ile karşılaştırmalı performans değerlendirmesi. *Business and Economics Research Journal*, 10(2), 415-434.
- Böyükaslan, A. ve Ecer, F. (2021). Determination of drivers for investing in cryptocurrencies through a fuzzy full consistency method-Bonferroni (FUCOM-F^B) framework. *Technology in Society*, 67, 101745.
- Ceylan, F., Ekinci, R., Tüzün, O. ve Kahyaoglu, H. (2018). Kripto para piyasasında balonların tespiti: Bitcoin ve Ethereum örneği. *Business & Management Studies: An International Journal*, 6(3), 263-274.
- Chen, W., Feng, D. ve Chu, X. (2015). Study of poverty alleviation effects for Chinese fourteen contiguous destitute areas based on Entropy method. *International Journal of Economics and Finance*, 7(4), 89-98.
- Chu, J., Chan, S., Nadarajah, S. ve Osterrieder, J. (2017). GARCH modelling of cryptocurrencies. *Journal of Risk and Financial Management*, 10(4), 17.
- Ciaian, P. ve Rajcaniova, M. (2018). Virtual relationships: short-and long-run evidence from Bitcoin and altcoin markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 52, 173-195.
- CoinMarket Cap. (2022). <https://coinmarketcap.com/> adresinden 5 Ocak 2022 tarihinde alınmıştır.
- Dadelo, S., Turskis, Z., Zavadskas, E. K. ve Dadelienė, R. (2012). Multiple criteria assessment of elite security personal on the basis of ARAS and expert methods. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 46(4), 65-87.
- Dyhrberg, A. H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar —A Garch volatility analysis. *Finance Research Letters* 16: 85–92.
- Ecer, F. (2016). ARAS yöntemi kullanılarak kurumsal kaynak planlaması yazılımı seçimi. *Journal of Alanya Faculty of Business/Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 8(1).
- Ecer, F. (2019). Özel sermayeli bankaların kurumsal sürdürülebilirlik performanslarının değerlendirilmesine yönelik çok kriterli bir yaklaşım: Entropi-ARAS bütünleşik modeli. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(2), 365-390.

- Ecer, F. (2021a). A consolidated MCDM framework for performance assessment of battery electric vehicles based on ranking strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110916.
- Ecer, F. (2021b). Sustainability assessment of existing onshore wind plants in the context of triple bottom line: a best-worst method (BWM) based MCDM framework. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(16), 19677-19693.
- Ecer, F., Pamucar, D., Zolfani, S. H. ve Eshkalag, M. K. (2019). Sustainability assessment of OPEC countries: Application of a multiple attribute decision making tool. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118324.
- Ecer, F. (2020). *Çok kriterli karar verme geçmişten günümüze kapsamlı bir yaklaşım*. Seçkin Yayınevi.
- Fırat, S. ve Daşdemir, E. (2021). Kripto paralarda miktar teorisi uygulaması: Bitcoin örneği ve Covid-19 salgının etkisi. *İstanbul İktisat Dergisi*, 71(1), 81-102.
- Genç, U. C., Ayberkin, D., Karaman, E. ve Özen, Ü. (2018). Analitik hiyerarşi prosesi kullanarak kripto para seçimindeki faktörlerin belirlenmesi. *5. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara*.
- Gonzalez, M. D. L. O., Jareño, F. ve Skinner, F. S. (2020). Nonlinear autoregressive distributed lag approach: an application on the connectedness between Bitcoin returns and the other ten most relevant cryptocurrency returns. *Mathematics*, 8(5), 810.
- Gül, Y., (2020). Kripto paralar ve portföy çeşitlendirmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (65), 125-141.
- Güleç, Ö. M., Çevik, E. ve Bahadır, N. (2018). Bitcoin ile finansal göstergeler arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 18-37.
- Günay, F. ve Ecer, F. (2020). Cash flow based financial performance of Borsa İstanbul tourism companies by Entropy-MAIRCA integrated model. *Journal of Multidisciplinary Academic Tourism*, 5(1), 29-37.
- Günay, F. ve Ecer, F. (2022). A comparative analysis of the real sector in Turkey from the economic and financial perspectives with the CRITIC-MAIRCA method. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 186-219.
- Hashemkhani Zolfani, S., Ebadi Torkayesh, A., Ecer, F., Turskis, Z. ve Šaparauskas, J. (2021). International market selection: a MABA based EDAS analysis framework. *Oeconomia Copernicana*, 12(1), 99-124.
- Hepkorucu, A. ve Genç, S., (2019). Kripto para değerleri için spekülasyon fiyat balonlarının test edilmesi: Bitcoin üzerine bir uygulama. *Veri Bilimi*, 2(1), 44-50.
- Kahraman, İ. K., Küçükşahin, H. ve Çağlak, E. (2019). Kripto para birimlerinin volatilité yapısı: GARCH modelleri karşılaştırması. *Fiscaoeconomia*, 3(2), 21-45.
- Karaağaç, G. A. ve Altınırnak, S. (2018). En yüksek piyasa değerine sahip on kripto paranın birbirleriyle etkileşimi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (79), 123-138.
- Katranç, A. ve Kundakç, N. (2020). Bulanık CODAS yöntemi ile kripto para yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(4), 958-973.
- Katsiampa, P. (2017). Volatility estimation for Bitcoin: a comparison of GARCH Models. *Economics Letters*, 158, 3-6.
- Kaya, M., (2021). Seçili kripto para birimleri arasındaki eşbütünlük ve nedensellik ilişkisinin analizi, *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 13(2), 28-50.
- Kececi, N. F. (2020). Kriptopara döviz kuru getirileri üzerine karşılaştırmalı nonparametrik bir analiz. *PressAcademia Procedia*, 12(1), 35-39.
- Kenger, M. D. ve Organ, A. (2017). Banka personel seçiminin çok kriterli karar verme yöntemlerinden entropi temelli ARAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(4), 152-170.

- Koy, A., Yaman, M. ve Mete, S. (2021). Kripto paraların volatilité modelinde ABD borsa endekslerinin yeri: Bitcoin üzerine bir uygulama. *Journal of Financial Researches & Studies/Finansal Arastirmalar ve Calismalar Dergisi*, 13(24).
- Kristoufek, L. (2013). *BitCoin meets google trends and Wikipedia: quantifying the relationship between phenomena of the internet era*. Scientific Reports, 3, 3415.
- Kuzu, S. ve Çelik, İ. E. (2020). Bitcoin alternatif yatırım aracı ya da hedge enstrümanı olarak düşünülebilir mi?. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 603-613.
- Li, X., Wang, K., Liu, Xin, J., Yang, H. ve Gao, C. (2011), Application of the Entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines, *Procedia Engineering*, 26, 2085-2091.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System. *Decentralized Business Review*, 21260.
- Organ, A. ve Kaçaroğlu, M. O. (2020). Entropi Ağırlıklı TOPSIS yöntemi ile Türkiye'deki Vakıf Üniversiteleri'nin değerlendirilmesi. *Pamukkale İşletme ve Bilişim Yönetimi Dergisi*, 7(1), 28-45.
- Ömürbek, N., Eren, H. ve Dağ, O. (2017). Entropi-Aras ve Entropi-Moosra yöntemleri ile yaşam kalitesi açısından AB Ülkelerinin değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 29-48.
- Pamucar, D., Ecer, F., Cirovic, G. ve Arlasheedi, M. A. (2020). Application of improved best worst method (BWM) in real-world problems. *Mathematics*, 8(8), 1342.
- Paribu. (2022). <https://www.paribu.com/blog/sozluk/kripto-para-islem-hacmi-nedir/> adresinden 2 Ocak 2022 tarihinde alınmıştır.
- Perçin, S. ve Sönmez, Ö. (2018). Bütünleşik Entropi ağırlık ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak Türk sigorta şirketlerinin performansının ölçülmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 565-582.
- Polat, M. ve Gemici, E. (2018). Bitcoin ve Altcoinler arasındaki ilişki. 22. *Finans Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 22. *Finans Sempozyumunda sunulan bildiri*, Mersin Üniversitesi, 83-90.
- Reza, S. ve Majid, A. (2013). Ranking financial institutions based on of trust in online banking using ARAS and ANP method. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 6(4), 415-423.
- Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M. ve Tarokh, M. J. (2011). A Fuzzy VIKOR method for supplier selection based on Entropy measure for objective weighting. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12160-12167.
- Shen, D., Urquhart, A. ve Wang, P. (2020). A three-factor pricing model for cryptocurrencies. *Finance Research Letters*, 34, 101248.
- Sliogeriene, J., Turskis, Z. ve Streimikiene, D. (2013). Analysis and choice of energy generation technologies: The multiple criteria assessment on the case study of Lithuania. *Energy Procedia*, 32, 11-20.
- Sovbetov, Y. (2018). Factors influencing cryptocurrency prices: Evidence from Bitcoin, Ethereum, Dash, Litecoin, and Monero. *Journal of Economics and Financial Analysis*, 2(2), 1-27.
- Stanujkic, D., Djordjevic, B. ve Karabasevic, D. (2015). Selection of candidates in the process of recruitment and selection of personnel based on the Swara and ARAS methods. *Quaestus*, 7, 53-64.
- Stavroyiannis, S. (2017). Value-At-Risk and expected shortfall for the major digital currencies. arXiv preprint arXiv:1708.09343.
- Şahin, E. E. ve Özkan, O. (2018). Asimetrik volatilitenin tahmini: Kripto para Bitcoin uygulaması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 240-247.
- Şahin, E. E. ve Bağcı, B. (2020). Kripto para fiyatlarının tahmininde gri sistem teorisi: Yöntemsel karşılaştırma. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(1), 219-232.

- Torkayesh, A. E., Ecer, F., Pamucar, D. ve Karamaşa, Ç. (2021). Comparative assessment of social sustainability performance: Integrated data-driven weighting system and CoCoSo model. *Sustainable Cities and Society*, 71, 102975.
- Ulutaş, A. (2019). Entropi tabanlı EDAS yöntemi ile lojistik firmalarının performans analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (23), 53-66.
- Uyar, U., Kelten, G. S. ve Morali, T. (2020). Yatırımcılar için teknik analiz: Bitcoin ve Ethereum uygulamaları. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 12(23), 669-687.
- Van Heerden, N. A., Cabral, J. B. ve Luczywo, N. (2021). Evaluation of the importance of criteria for the selection of cryptocurrencies. *arXiv preprint arXiv:2109.00130*.
- Wang, T. C. ve Lee, H. D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert systems with applications*, 36(5), 8980-8985.
- Wu, Z., Sun, J., Liang, L. ve Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon Entropy, *Expert Systems with Applications*, 38, 5162–5165.
- Yavuz, H. ve Öztel, A. (2017). Entropi tabanlı COPRAS Yöntemi ile ölçek bazında finansal performans analizi: bilgi ve iletişim sektöründe bir uygulama. 1. *Uluslararası Ekonomi Araştırmaları ve Finansal Piyasalar Kongresi*, 122-141.
- Yıldırım, B. F. (2015). Çok kriterli karar verme problemlerinde ARAS yöntemi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(9), 285-296.
- Yılmaz, M., Dağ, O. ve Kocabıyık, T. (2020). Güncel gelişmeler ışığında kripto paraların kümelenmesi. *Turkish Studies - Economy*, 15(3), 1753-1773.
- Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2), 159-172.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z. ve Vilutiene, T. (2010). Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10(3), 123-141.
- Zhang, H., Gu, C. L., Gu, L. W. ve Zhang, Y. (2011). The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy–A case in the Yangtze River Delta of China. *Tourism Management*, 32(2), 443-451.
- Zhang, X., Wang, C., Li, E. ve Xu, C. (2014). Assessment model of ecoenvironmental vulnerability based on improved Entropy weight method. *The Scientific World Journal*, 1-7.