

Bütünleşik Centroidous-RAWEC Yaklaşımı ile Üst-Orta Gelir Grubu Avrupa Ülkelerinin Dijital Gelişme Performanslarının Analizi ^{1*}

An integrated Centroidous-RAWEC approach to analyzing digital development performance of upper-middle-income European countries

Tayfun ÖZTAŞ

Pamukkale Üniversitesi, toztas@pau.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8224-5092
Sorumlu yazar/Responsible author

Article Info: Research
Date Submitted: 28 November 2025
Date Revised: 10 December 2025
Date Accepted: 19 December 2025

Makale Bilgisi: Araştırma
Geliş Tarihi: 28 Kasım 2025
Düzeltilme Tarihi: 10 Aralık 2025
Kabul Tarihi: 19 Aralık 2025

Abstract

A country's digital development is influenced by multidimensional factors, ranging from Information and Communication Technologies (ICT) infrastructure to consumer behaviors. Digitalization and globalization enhance global efficiency and make a significant contribution to national economic growth. To remain competitive, countries need to regularly monitor their digital development performance and design policies consistent with their long-term development objectives. In this regard, Multi-Criteria Decision-Making methods serve as effective tools for addressing complex decision problems. In this study, an analysis was conducted to evaluate the digital development levels of upper-middle-income European countries with complete data, using the International Telecommunication Union's (ITU) ICT Development Index (IDI) 2025 with the integrated Centroidous-RAWEC approach. The analysis identified two criteria—population coverage by 3G and 4G/LTE mobile networks, characterized by low variability in the dataset—as the most significant factors. Among the evaluated countries, Türkiye achieved the highest overall performance and ranked first. Moreover, the findings highlight a digital divide between countries. Finally, the study offers strategic policy recommendations for countries.

Öz

Ülkelerin dijital gelişme düzeyleri, Bilgi ve İletişim Teknolojilerini (BİT) kapsayan altyapı ve tüketici davranışlarıyla ilişkili çok sayıda karmaşık faktörden etkilenmektedir. Dijitalleşme ve küreselleşme, dünya genelinde verimliliği artırarak ülke ekonomilerinin büyümelerine katkılar sağlamaktadır. Artan rekabette geride kalmak istemeyen ülkeler, dijital gelişim düzeylerini sürekli olarak takip ederek, kalkınmalarını en üst düzeye çıkaracak politikalar geliştirmek zorundadır. Bu noktada, Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri çok sayıda alternatifi ve kriterin olduğu performans değerlendirme problemlerinin çözümünde kullanılabilecek etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tarafından yayımlanan BİT Gelişim Endeksi (IDI) 2025 verileri kullanılarak, verileri eksiksiz olan üst-orta gelir grubu Avrupa ülkeleri için bütünleşik Centroidous-RAWEC yaklaşımıyla bir analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, veri setinde değişkenliğin düşük olduğu 3G ve 4G/LTE mobil ağları ile kapsanan nüfus oranı ile ilgili iki kriter en önemli kriterler olarak belirlenirken, ele alınan ülkeler arasında Türkiye en yüksek performansı göstermiştir. Ayrıca, ülkeler arasında performans farklılıkları nedeniyle dijital bölünme tespit edilmiştir. Bulgular ışığında ülkeler için politika önerileri geliştirilmiştir.

¹. Yazarlar bu çalışmanın tüm süreçlerinin araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu, etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine uyduğunu beyan etmişlerdir. Aksi bir durumda Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies Dergisi sorumlu değildir. İntihal raporu alınmıştır.

The authors declared that all processes of this study comply with research and publication ethics, and comply with ethical rules and scientific citation principles. Otherwise, Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies is not responsible. A plagiarism report is received.

Keywords: Digitalization, Digital Development, Digital Divide, MCDM, Performance Analysis.

JEL codes: C44, O33.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Dijital Gelişim, Dijital Bölünme, ÇKKV, Performans Analizi.

JEL kodları: C44, O33.

EXTENDED SUMMARY

Evaluating countries' access to and use of ICT (information and communication technology) enables the identification of regions affected by the digital divide and supports the implementation of appropriate remedial actions (Ziemba & Becker, 2019: 2). However, a country's level of digital development is influenced by multiple factors, ranging from ICT-related infrastructure to consumer behavior. The large number of interrelated and often conflicting factors makes determining a country's digital development level a complex task. Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods are widely used by researchers to solve such problems. MCDM methods assess problem criteria through approaches grounded in different theoretical frameworks and generate rankings according to the performance of the alternatives. Consequently, decision-makers can identify the most appropriate course of action and formulate policies to close the gap with better-performing competitors.

This study focuses on the comparison of digital development levels for selected countries which is an important phenomenon in the world. The integrated Centroidous-RAWEC (Ranking of Alternatives with Weights of Criterion) approach is proposed to handle this performance evaluation problem. To the best of our knowledge, Centroidous and RAWEC methods have been applied to compare the digital development performance of countries for the first time in the literature. Therefore, this study contributes to the literature both conceptually and practically. The study aims to find answers to the following questions:

- What are the importance levels of the criteria affecting the digital development levels of countries? Which criteria hold the highest and lowest importance?
- What are the digital development levels of the selected countries? Which countries exhibit the highest and lowest performance?
- What policy recommendations can be developed based on the findings?

The literature review indicates that Multi-Criteria Decision-Making methods are widely used to assess ICT maturity, readiness, development, and competitiveness. The findings of literature review show that Entropy and TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) methods are prominent techniques for determining criteria weights and ranking of alternatives, respectively. Additionally, it is seen that application areas of Centroidous and RAWEC methods have rapidly become widespread despite being introduced to the literature recently. The limited number of studies that use these methods in ICT or digital development topics emphasize the novelty and methodological contribution of the study.

This study adopts a three-stage process to evaluate countries' digital development levels using the International Telecommunication Union's (ITU) ICT Development Index (IDI) 2025. In the first stage, the criteria weights were objectively calculated using the Centroidous method. In the second stage, the alternatives were ranked using the RAWEC method, which employed the weights obtained from the first stage. Finally, in the third stage, the results obtained from the Centroidous method were compared with those of other well-known weighting methods in the literature.

The calculations performed using the Centroidous method to determine criteria weights identified two infrastructure-related criteria K5 (Population covered by at least a 4G/LTE

mobile network, $w_5 = 0.2150$) and K4 (Population covered by at least a 3G mobile network, $w_4 = 0.2096$) as the most influential. This finding indicates that the countries have reached a certain level of maturity regarding mobile network infrastructure, with minimal disparities observed among them. Conversely, K7 (Fixed broadband Internet traffic per subscription) ($w_7 = 0.0268$), K6 (Mobile broadband Internet traffic per subscription) ($w_6 = 0.0263$), and K8 (Mobile data and voice high-consumption basket price) ($w_8 = 0.0195$) were identified as the three least important criteria. The obtained low weight values for these criteria clue decision-makers in there are significant differences in terms of internet usage in selected countries due to high user costs.

The analyses conducted using the RAWEC method to compare digital development levels revealed that Türkiye ($S_7 = 0.5225$), Montenegro ($S_4 = 0.4646$), Georgia ($S_3 = 0.1619$), and Serbia ($S_6 = 0.1606$) obtained positive scores, whereas North Macedonia ($S_5 = -0.2223$), Bosnia and Herzegovina ($S_2 = -0.3454$), and Albania ($S_1 = -0.4213$) recorded negative scores. These scores indicate the existence of digital divide between top two ranked countries, i.e. Türkiye and Montenegro and the other countries.

The leading countries distinguish themselves by offering affordable services, which in turn promote higher usage levels, whereas the lowest-ranking countries lag due to higher costs. Overall, the substantial disparities in scores indicate that certain countries face challenges regarding meaningful connectivity.

GİRİŞ

Dijitalleşme, gerçek dünyada ortaya çıkan verilerin analog veya fiziksel biçimden bilgisayar ortamında işlenebilir dijital formata dönüştürülme sürecidir (Şişman vd., 2024: 364). Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) ise çeşitli biçimlerde ortaya çıkmış bilginin “işlenmesi, depolanması, iletilmesi ve sunulması” ile ilgili süreçleri kapsamaktadır (Kara, 2025: 173). Küreselleşme ve BİT alanındaki gelişmelerle birlikte dijitalleşme, toplumlar üzerinde dönüştürücü bir etkiye sahiptir. Örneğin, bulut bilişim, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi yeni ve popüler teknolojiler günlük yaşamlarımızı geri dönülmez şekilde değiştirmiştir. Bu durum, dünya genelinde internet kullanıcı sayısındaki artışa da yansımış olup, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union – ITU), 2025 yılı itibarıyla dünya nüfusunun %74’ünün internet kullanıcısı olduğunu tahmin etmektedir (ITU, 2025b).

Gelişen BİT, dünya genelinde bilginin ve yeniliklerin yayılmasını kolaylaştırmaktadır (Ivanová & Grmanová, 2023: 48). Bu durum, ülke ekonomilerinin büyümesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmaktadır (Ecemiş & Coşkun, 2022: 82; Göktaş, 2025: 521). Dijitalleşen hizmetler ve büyüyen ekonomiler, BİT’in sosyal ve ekonomik boyutlarıyla ilgilidir ve toplumların refah düzeyi ile yaşam kalitesini artırmaktadır. Bu nedenle, karar vericiler sürekli olarak farklı sektörlerin BİT altyapılarını iyileştirmeye yönelik planlamalar yaparak kalkınmayı en üst düzeyde tutmaya çalışmaktadır (Torkayesh & Torkayesh, 2021: 2). Örneğin, Avrupa Birliği Dijital On Yıl (Digital Decade) programı ile 2030 yılına kadar 20 milyon BİT uzmanının istihdamı ve yetişkin nüfusunun en az %80’inin temel dijital becerilere sahip olmasını hedeflemektedir (European Commission, 2025). Ancak tüm bu çabalara karşın, çeşitli nedenlerle dijital bölünme (digital divide) olarak adlandırılan BİT’e erişim eşitsizlikleri ortaya çıkabilmektedir. Dijital bölünme, erişimi kısıtlayan coğrafi, fiziksel ya da altyapıyla ilgili faktörlerle ilişkili olabileceği gibi kişilerin demografik özellikleriyle de bağlantılı

olabilmektedir (Dağlı, 2022: 360). Bu durumu aşmak amacıyla, herkesin ihtiyaç duyduğu zaman ve yerde internete en uygun ve en ekonomik biçimde erişebilmesiyle ilgili evrensel ve anlamlı bağlantı (universal and meaningful connectivity) kavramı ortaya çıkmıştır (ITU, 2025a: 1).

Ülkelerin BİT'e erişimlerini ve kullanım düzeylerini değerlendirmek, dijital bölünmeden etkilenen bölgelerin tespit edilmesini ve gerekli iyileştirici adımların atılmasını sağlayabilir (Ziemba & Becker, 2019: 2). Ancak bir ülkenin dijital gelişim düzeyi, BİT'i de kapsayan altyapı ve tüketici davranışlarıyla bağlantılı çok sayıda faktörle ilişkilidir. Faktör sayısının fazla olması ve bunların çoğu zaman birbiriyle çelişmesi, bir ülkenin dijital gelişim düzeyinin belirlenmesini karmaşık hale getirmektedir. Bu tür problemlerin çözümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri araştırmacılar tarafından yaygın biçimde kullanılmaktadır. ÇKKV yöntemleri, ele alınan problemdeki kriterleri farklı teorik temellere dayanan yaklaşımlarla değerlendirir ve alternatiflerin performanslarına göre bir sıralama oluşturur. Böylece karar vericiler en uygun kararı belirleyebilir ve daha iyi performans sergileyen rakiplerini yakalayabilmek için gerekli politikaları geliştirebilir.

Bu çalışma, ülkelerin çok sayıda karmaşık faktöre bağlı olan dijital gelişim düzeylerini belirlemeyi ve seçilen ülkelerin dijital gelişim performanslarını ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, çalışmada ITU tarafından yayımlanan BİT Gelişim Endeksi (The ICT Development Index - IDI) 2025 verileri (ITU, 2025a) kullanılmıştır. Endekste yer alan kriterlerin önem düzeylerini belirlemek için Centroidous yöntemi; ülkeleri performanslarına göre sıralamak için ise RAWEC (Ranking Alternatives with Weights of Criterion) yöntemi literatürde ilk kez bir araya getirilmiştir. Centroidous yöntemi, bir kriter grubunun ağırlık merkezine yakın olan kriterlerin daha önemli olduğu varsayımına dayanan, kriterlerdeki varyansa karşı dirençli (robust) olan ve yakın dönemde önerilmiş bir objektif ağırlık belirleme yöntemidir (Vinogradova-Zinkevič, 2024). RAWEC yöntemi ise problemleri çözmek için karmaşık aşamalara sahip diğer ÇKKV yöntemlerinin aksine, basit ve az sayıda işlemle alternatifleri sıralamayı amaçlayan en güncel ÇKKV yöntemlerinden biridir (Puška vd., 2024). Ülkelerin dijital gelişim düzeylerini değerlendirmek amacıyla önerilen ve çalışmanın özgün yönünü oluşturan Centroidous-RAWEC yaklaşımı, verideki değişkenliğe karşı dirençli, hesaplama karmaşıklığı düşük ve az sayıda hesaplama aşamasına sahip bir yöntemdir. Günümüz dünyasının önemli bir konusu olan dijital gelişim düzeylerinin karşılaştırılması problemini literatürde ilk kez kullanılan Centroidous-RAWEC yaklaşımıyla ele alan bu çalışma, alana hem kavramsal hem de uygulama yönünden katkı sunmaktadır. Bu çalışma, geliştirilen çözüm yaklaşımıyla aşağıdaki araştırma problemlerine yanıt aramaktadır:

- Ülkelerin dijital gelişim düzeyleri üzerinde etkili olan kriterlerin önem düzeyleri nelerdir? En yüksek ve en düşük öneme sahip olan kriterler hangileridir?
- Seçilen ülkelerin dijital düzeyleri nasıldır? En yüksek performans gösteren ve en düşük performans gösteren ülkeler hangileridir?
- Bulgulara dayalı olarak hangi politika önerileri geliştirilebilir?

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde yapılandırılmıştır: Literatür taraması bölümünde, BİT ile ilgili değerlendirmelerde ÇKKV yaklaşımlarını kullanan araştırmalar ile Centroidous ve RAWEC yöntemlerini uygulayan çalışmalara ilişkin ilgili literatür sunulmuştur. Materyal ve

yöntem bölümünde veri seti ile önerilen yöntem tanıtılmış; kriter ağırlıklarını hesaplamak ve sıralamaları elde etmek için gerekli işlem adımlarına yer verilmiştir. Uygulama ve bulgular bölümünde, kriter ağırlıkları belirlendikten sonra ülkelerin dijital gelişim düzeylerine bağlı olarak sıralamaları oluşturulmuş ve bulgular değerlendirilmiştir. Tartışma ve sonuç bölümünde ise, sonuçlar irdelenmiş ve politika önerileri sunulmuştur. Son olarak, çalışmanın sınırlıklarına ve gelecekteki araştırmalara yönelik olası konulara yer verilmiştir.

1. LİTERATÜR TARAMASI

1.1. BİT ile İlgili Performans Değerlendirmeleri ve ÇKKV Yöntemleri

Ülkeler arasındaki dijital bölünmeyi belirlemek amacıyla ÇKKV yöntemlerinden yararlanan bazı çalışmalar şunlardır: Petrović vd. (2012), Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası'nın faaliyet gösterdiği 29 ülkede dijital bölünmeyi ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) temelli bir yaklaşımla karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Bu amaçla, çalışmada ülkeler önce performans düzeylerine göre sınıflandırılmış; ardından düşük performans gösteren ülkeler için karşılaştırma ölçütleri geliştirilmiştir. Banihashemi & Rejaei (2015), Asya'daki Müslüman ülkelerde dijital bölünmeyi ölçmek için TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemini kullanmış ve hesaplamalar sonucunda Malezya'nın ilk, Afganistan'ın ise son sırada yer aldığını tespit etmiştir. Ziemba & Becker (2019), eski Doğu Bloku ülkelerinde dijital bölünmeyi ölçmek için bulanık sayılara dayalı NEAT (New Easy Approach To)-Bulanık PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemini önermiştir. Çalışmanın bulguları, Estonya'nın lider konumda; Romanya'nın ise son sırada yer aldığını göstermiştir. Dağlı (2022), EDAS (Evaluation based on Distance from Average Solution) ve MAIRCA (Multi Attributive Ideal-Real Comparative Analysis) yöntemlerini kullanarak TR Düzey 1 bölgelerini dijital bölünme açısından analiz etmiş; İstanbul'un ilk, Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi'nin ise son sırada yer aldığını tespit etmiştir.

Ülkelerin BİT gelişim düzeylerini karşılaştırmak amacıyla ÇKKV yöntemlerinden yararlanan bazı çalışmalar şunlardır: Bahnamiri vd. (2015) ITU tarafından yayımlanan IDI verilerini kullanarak 2007, 2008 ve 2010 yıllarına ait verilerle 69 ülkeyi kapsayan bir analizi, Bulanık Entropi ve Bulanık TOPSIS yöntemleriyle gerçekleştirmiştir. Yakut (2020), OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) ülkelerinin BİT gelişmişlik düzeylerini 2017-2019 döneminde MOORA (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis) ve WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) yöntemleriyle ölçmüş; sonuçları ise Copeland yöntemiyle karşılaştırmıştır. Torkayesh & Torkayesh (2021), OECD verilerini kullanarak G7 ülkelerinin BİT gelişmişlik düzeylerini LBWA (Level Based Weight Assessment) ve MARCOS (Measurement of Alternatives and Ranking according to Compromise Solution) bütünleşik yöntemiyle karşılaştırmıştır. Analizler, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Japonya'nın yüksek düzeyde performans sergilediğini; buna karşın İtalya ve Kanada'nın daha zayıf bir performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Ersoy (2022), G7 ülkelerinin BİT düzeylerini karşılaştırmada Entropi, PIV (Proximity Indexed Value), ROV (Range of Value) ve COPRAS (Complex Proportional Assessment) yöntemlerini kullanmıştır. Ayrıca, kriter ağırlıklandırma objektif ve sübjektif yöntemlerin etkisini de ölçebilmek amacıyla LBWA ve MARCOS yöntemleriyle bir karşılaştırma yapılmış; sübjektifliğin etkisinin sınırlı olduğu belirlenmiştir. Ecer & Güneş (2023), OECD verilerini kullanarak G7 ülkelerinin

BİT gelişmişlik düzeylerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında, kritik ağırlıklarını CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) ve MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria) yöntemleriyle hesaplamış ve ülkeleri CoCoSo (Combined Compromise Solution) yöntemiyle sıralamıştır. Şahin Macit (2024), Avrupa ve Orta Asya'dan seçilen 14 ülkenin BİT gelişmişlik düzeylerini IDI 2023 verileri ve MPSI (Modified Preference Selection Index)-RAPS (Ranking the Alternatives by Perimeter Similarity) bütünleşik yöntemiyle incelemiştir. Analiz sonucunda, sabit geniş bant internet sepet fiyatı en önemli; en az 3G mobil ağının kapsadığı nüfus kriteri ise en düşük öneme sahip kriter olarak belirlenmiştir. Keleş (2024), 33 OECD ülkesinin BİT gelişmişlik düzeylerini karşılaştırmak amacıyla, kriter ağırlıklarını belirlemede LOPCOW (Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting) ve CRITIC yöntemlerini; ülkeleri sıralamada ise ARAS (Additive Ratio Assessment), EDAS ve COPRAS yöntemlerini kullanmıştır. Göktaş (2025), 9 OECD ülkesini kapsayan çalışmada, önerilen U-SAW (Simple Additive Weighting) yöntemiyle belirsiz kriter ağırlıkları altında ülkelerin dijital gelişim düzeylerini değerlendirmiştir. Bu bulgular, dijital gelişim düzeyine ilişkin araştırmalarda OECD verilerinin en yoğun ilgiyi gördüğünü göstermektedir. Veri kaynağına göre sınıflandırılan çalışmalar, Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: Veri kaynağına göre çalışmaların sınıflandırılması

Veri Kaynağı	Çalışma	Yöntemler
OECD	Torkayesh & Torkayesh (2021)	LBWA, MARCOS
	Ersoy (2022)	Entropi, PIV, ROV ve COPRAS
	Ecer & Güneş (2023)	CRITIC, MEREC, CoCoSo
	Keleş (2024)	LOPCOW, CRITIC, ARAS, EDAS, COPRAS
	Göktaş (2025)	U-SAW
IDI	Bahnamiri vd. (2015)	Bulanık Entropi ve Bulanık TOPSIS
	Şahin Macit (2024)	MPSI, RAPS
Eurostat	Yakut (2020)	MOORA, WASPAS, Copeland

Daha önce ele alınan dijital bölünme ve dijital gelişme konularında farklı olarak, ÇKKV yöntemleriyle BİT'e ilişkin diğer konuları inceleyen bazı çalışmalar şu şekildedir: Özmen (2020), SMAA (Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis) ve EDAS yöntemlerini kullanarak OECD ülkelerini telekomünikasyon sektörü, geniş bant altyapısı ve yapısal hizmetler açısından değerlendirmiştir. Stankovic vd. (2021), Avrupa ülkelerinin dijital rekabetçiliğini ölçmek için CRITIC ve TOPSIS yöntemlerinden yararlanmıştır. Analiz sonuçları, İskandinav ülkelerinin genel olarak yüksek düzeyde performans sergilediğini ortaya koymuştur. Altıntaş (2021), G20 ülkelerinin dijital hazırlık düzeylerini ölçmek amacıyla Entropi ve VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemlerini birlikte kullanarak bir analiz gerçekleştirmiştir. Ecemiş & Coşkun (2022), 2014-2021 döneminde Türkiye'deki bölgelerin BİT kullanım performanslarını PSI ve WEDBA (Weighted Euclidean Distance Based Approach) yöntemleriyle ölçmüş ve İstanbul ile Doğu Marmara Bölgesi'nin en yüksek performansı gösterdiğini belirlemiştir. Brodny & Tutak (2022a), Avrupa Birliği-27 ülkelerinde işletmelerin dijitalleşme düzeylerini ölçmek amacıyla Entropi ve MOORA yöntemlerini kullanmıştır. Brodny & Tutak (2022b) ise benzer bir yaklaşımla, Orta ve Doğu Avrupa ülkelerindeki işletmelerin dijitalleşme düzeylerini ölçmek için ise Entropi,

CRITIC, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinden yararlanmıştır. Özkan & Atan (2023), DESI 2021 endeksi verilerini kullanarak AB ülkelerinin dijital performanslarını ölçmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla CRITIC ve CoCoSo yöntemleriyle bir analiz gerçekleştirilmiş; İsveç'in en yüksek, Romanya'nın ise en düşük performansa sahip olduğu belirlenmiştir. Şişman vd. (2024), ülkelerin dijital rekabet düzeylerini belirlemek amacıyla Entropi ve TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Göktaş (2024), İskandinav ülkelerinin dijital toplum düzeylerini değerlendirmek amacıyla TOPSIS yönteminin norm minimizasyonuna dayalı bir uzantısını önermiştir. OECD verileri kullanılarak yürütülen analiz, Norveç'in en yüksek dijital toplum düzeyine sahip olduğunu ortaya koymuştur.

1.2. Centroidous Yöntemi ile Kriter Ağırlığı Belirleyen Çalışmalar

ÇKKV yöntemleri, ele alınan problemin çözüme ulaştırılabilmesi için kriter ağırlıklarına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle araştırmacılar, kriter ağırlıklarını belirlemek için hem öznel değerlendirmelere hem de nesnel (objektif) yaklaşımlara dayanan çok sayıda ÇKKV yöntemi geliştirmektedir. Vinogradova-Zinkevič (2024) tarafından geliştirilen Centroidous yöntemi de yakın dönemde literatüre kazandırılan objektif kriter ağırlığı belirleme yöntemlerinden biridir. Yöntemin yeni olması nedeniyle literatürdeki uygulamaları sınırlı olmakla birlikte, farklı alanlarda kullanımı mevcuttur. Mao vd. (2025), mikroalg tabanlı karbon tutma projelerinin risklerini analiz etmek için Centroidous ve RANCOM (Ranking Comparison) yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Rasoanaivo (2025), eğitim alanında gerçekleştirdiği bir uygulamada, Madagaskar'daki liselerdeki kaynak dağılımını Centroidous ve CoCoFISO (Combined Compromise For Ideal Solution) yöntemleriyle incelemiştir. Mohamed vd. (2025), insansız hava araçları destekli akıllı ulaşım sistemlerinin değerlendirilmesinde Centroidous ve MOOSRA (Multi-Objective Optimization on the basis of Simple Ratio Analysis) yöntemlerinden yararlanmıştır. Öztaş (2025) ise Türkiye'deki illerin yol güvenliği düzeylerini Centroidous ve RAM (Root Assessment Method) yöntemiyle karşılaştırmıştır.

1.3. RAWEC Yöntemiyle Sıralama Yapan Çalışmalar

RAWEC yöntemi, Puška vd. (2024) tarafından yakın dönemde literatüre kazandırılan ÇKKV yöntemlerinden biridir. Yöntem, kısa sürede araştırmacının ilgisini çekmeye başlamış olup, uygulama alanlarından bazıları şunlardır: RAWEC yöntemi, finans alanında çok sayıda uygulamaya sahiptir. Örneğin, Akbulut & Aydın (2024) Türk bankacılık sektöründeki mevduat bankalarının sürdürülebilirlik performanslarını; Karadağ (2025) Borsa İstanbul'da işlem gören dört büyük futbol kulübünün finansal performanslarını; Aydın (2025) ise bir hayat dışı sigorta şirketinin performansını değerlendirmiştir. Enerji ve madencilik alanında; Alrashdi vd. (2025), yenilenebilir enerji projelerinde risk analizi ve yıkıcı teknolojilerin etkisini ölçmek; Demir (2025), sürdürülebilir enerji üretimi için biyokütle seçimini yapmak; Shamsi vd. (2025) ise çamur atıklarının geri dönüşümünde uygun teknolojiyi belirlemek amacıyla RAWEC yönteminin uzantılarından faydalanmıştır. Bunun dışında, kırsal yerleşimlerin ekoturizm potansiyelinin belirlenmesi (Puška vd., 2025), Endüstri 5.0 çerçevesinde depo performans yönetimi (Mohammed vd., 2025), eczanelerde kuyruk sistemlerindeki verimsizliklerin analizi (Badi vd., 2025), şehirlerin rekabetçilik düzeylerinin ölçülmesi (Yürüyen & Ulutaş, 2024) ve sürdürülebilir kent hareketliliği performans analizi (Öztaş, 2026) gibi çalışmalarda da RAWEC yöntemi uygulanmıştır. Bu çalışmalara ilişkin ayrıntılar, Tablo 2'de sunulmuştur.

Literatür taraması bulguları, BİT'e ilişkin olgunluk, hazırlık, gelişmişlik ve rekabetçilik gibi ölçümlerde ÇKKV yöntemlerinin yaygın biçimde kullanıldığını göstermektedir. Bu çalışmalarda, genel olarak kriter ağırlıklarının belirlenmesinde Entropi yönteminin; alternatiflerin sıralanmasında ise TOPSIS yönteminin öne çıktığı görülmektedir. Öte yandan, yakın dönemde literatüre kazandırılan Centroidous ve RAWEC yöntemlerinin uygulama alanlarının giderek genişlediği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, bu yöntemlerin BİT ya da dijital gelişmişlik konularına odaklanan çalışmalarda henüz kullanılmamış olması, bu çalışmanın özgün yönünü ve literatüre metodolojik katkısını doğrudan ortaya koymaktadır.

Tablo 2: RAWEC yöntemini kullanan bazı çalışmalar

Alan	Çalışma	Yöntemler
Finans	Akbulut & Aydın (2024)	MSD, MPSI, RAWEC
	Karadağ (2025)	Entropi, FUCA, SAW
	Aydın (2025)	LOPCOW, RANCOM; RAWEC
Enerji ve Madencilik	Alrashdi vd. (2025)	Nötrosofik Entropi, Nötrosofik RAWEC
	Demir (2025)	Bulanık WENSLO, Bulanık RAWEC
	Shamsi vd. (2025)	Z-FSIWEC, Z-RAWEC
Ekoturizm	Puşka vd. (2025)	Bulanık CAWBOM, Bulanık RAWEC
Depo Yönetimi	Mohammed vd. (2025)	Gri DEMATEL, Bulanık RAWEC
Kuyruk Analizi	Badi vd. (2025)	Kesikli Olay Simülasyonu, RAWEC
Kent Araştırmaları	Yürüyen & Ulutaş (2024)	LOPCOW, RAWEC
	Öztaş (2026)	MEREC, RAWEC

MSD (Modified Standard Deviation Method), **FUCA** (Faire Un Choix Adéquat), **WENSLO** (Weight by Envelope and Slope), **FSIWEC** (Fuzzy-Simple Weight Calculation), **CAWBOM** (Calculation Of Weights With Bonferroni Mean), **DEMATEL** (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory)

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Veri Seti

Bu çalışmada, ITU tarafından yayımlanan IDI 2025 verileri kullanılmıştır. Endeks, ülkelerin performanslarını *evrensel ve anlamlı bağlantı* kavramı çerçevesinde on gösterge üzerinden değerlendirmektedir (ITU, 2025a: 1). Çalışmada kriter olarak kullanılan faktörler ve bunların yönleri, Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3'te yer alan kriterlerin özellikleri kısaca şu şekildedir (ITU, 2025a: 35-36):

- İnterneti kullanan bireyler (K1): Son üç ay içerisinde herhangi bir konumda internet kullananların oranıdır.
- Evde internet erişimi olan hane halkları (K2): Hane halkı üyelerinin kullanabildikleri internet erişimi olan evlerin oranıdır.
- Her 100 kişi için aktif mobil-geniş bant abonelikleri (K3): Fiili aboneleri kapsar ve internete erişimi sağlayan aboneliklerin toplamını ifade eder.
- En az 3G mobil ağı ile kapsanan nüfus (K4): Abonelikten bağımsız olarak 3G sinyali kapsama alanında olan nüfusun oranını ifade eder.

- En az 4G/LTE mobil ağı ile kapsanan nüfus (K5): Abonelikten bağımsız olarak LTE ve daha ileri teknolojilerin kapsama alanında olan nüfusun oranını ifade eder.
- Abonelik başına mobil geniş bant internet trafiği (K6): 3G ve üzeri teknolojilerle sağlanan veri trafiğinin abone sayısına oranıdır.
- Abonelik başına sabit geniş bant internet trafiği (K7): Sabit geniş aboneleri tarafından sağlanan veri trafiğinin abone sayısına oranıdır (IPTV ve kablo TV gibi trafikler hariç).
- Mobil veri ve ses yüksek tüketimli sepet fiyatı (K8): En az 3G teknolojisi ile sağlanan en az 2GB internet, 140 dk konuşma süresi ve 70 SMS sunan en ucuz paketin Gayri Safi Yurt İçi Hasılaya (GSYİH) oranıdır.
- Sabit geniş bant internet sepeti fiyatı (K9): Piyasadaki payı en büyük operatör tarafından sunulan giriş seviyedeki aylık en az 5 GB veri sağlayan geniş bant paket fiyatının GSYİH'a oranıdır.
- Cep telefonu sahibi bireyler (K10): Kişisel amaçla kullanılan ve içinde en az bir aktif SIM kart bulunan cep telefonuna sahip bireylerin oranıdır.

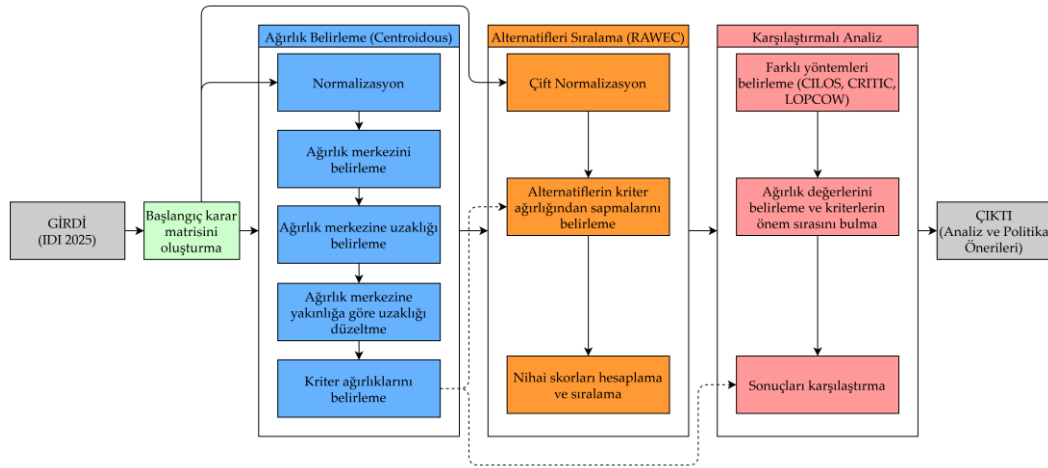
Tablo 3: Çalışmada kullanılan kriterler

Ana Faktör	Alt Faktör (Kriter Yönü)
Evrensel Bağlantı	• K1: İnterneti kullanan bireyler (%) (Fayda) • K2: Evde internet erişimi olan hane halkları (%) (Fayda) • K3: Her 100 kişi için aktif mobil-geniş bant abonelikleri (Fayda)
Anlamlı Bağlantı	• K4: En az 3G mobil ağı ile kapsanan nüfus (%) (Fayda) • K5: En az 4G/LTE mobil ağı ile kapsanan nüfus (%) (Fayda) • K6: Abonelik başına mobil geniş bant internet trafiği (GB) (Fayda) • K7: Abonelik başına sabit geniş bant internet trafiği (GB) (Fayda) • K8: Mobil veri ve ses yüksek tüketimli sepet fiyatı (kişi başına GSYİH'nin %'si olarak) (Maliyet) • K9: Sabit geniş bant internet sepeti fiyatı (kişi başına GSYİH'nin %'si olarak) (Maliyet) • K10: Cep telefonu sahibi bireyler (%) (Fayda)

Kaynak: ITU (2025a)

2.2. Önerilen Yöntem

Bu çalışmada, ülkelerin dijital gelişme düzeylerini belirlemek amacıyla üç aşamalı bir süreç tasarlanmıştır. Birinci aşamada, Centroidous yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları objektif bir biçimde belirlenmiştir. İkinci aşamada ise, birinci aşamada belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak RAWEC yöntemiyle alternatifler sıralanmıştır. Üçüncü aşamada ise, Centroidous yönteminin sonuçları, literatürde kabul görmüş diğer ağırlık belirleme yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. Kullanılan metodolojiyi gösteren süreç diyagramı Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1: Makalede kullanılan metodoloji

Karşılaştırmalı analizde CILOS (Criterion Impact Loss) (Zavadskas & Podvezko, 2016), CRITIC (Diakoulaki vd., 1995) ve LOPCOW (Ecer & Pamucar, 2022) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerle kriterlerdeki değişkenliğin kriter ağırlıkları üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2.3. Centroidous Yöntemi

Centroidous yöntemi, ÇKKV literatürüne son dönemde kazandırılan objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden biridir. Yöntemin temel prensibi, kriterler kümesinin merkezine daha yakın konumlanan kriterlerin daha yüksek; daha uzakta bulunan kriterlerin ise ters orantılı biçimde daha düşük ağırlığa sahip olmasıdır. Bu yaklaşım, yöntemin aynı zamanda kriterlerin değişkenliğine (varyansına) karşı dirençli olmasını da sağlamaktadır (Vinogradova-Zinkevič, 2024: 4)

Centroidous yönteminin kullanılarak kriter ağırlıklarının hesaplanması için izlenmesi gereken aşamalar şu şekildedir (Vinogradova-Zinkevič, 2024: 4-5):

Aşama 1: Başlangıç karar matrisi (X) oluşturulur. Bu matriste m adet alternatif ve n adet kriter ($x_{ij} \in X (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n)$) bulunmaktadır. Oluşturulan X , matrisi Eşitlik (1)'de gösterildiği gibidir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Aşama 2: Bir ÇKKV problemine dahil edilen kriterler farklı ölçeklerde değerlere sahiptir. Bu nedenle, X matrisindeki ölçeklerden kaynaklanan birim farklılıklarını yok etmek için normalizasyon işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu işlem ile normalize edilmiş karar matrisinin elemanları ($\tilde{x}_{ij} \in \tilde{X}$), Eşitlik (2) yardımıyla elde edilmektedir.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2)$$

Aşama 3: Ele alınan problemdeki kriterin grubunun ağırlık merkezi, normalize edilmiş karar matrisinin elemanları kullanılarak Eşitlik (3) ile hesaplanır. Bir kriter grubunun ağırlık

merkezi, ilgili j kriterinin, $\tilde{x}_{ij} \in \tilde{X}$ normalize karar matrisinin bütün i satırı için hesaplanan ortalaması olan m elemanlı g_i vektörüdür.

$$g_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij} \quad (3)$$

Aşama 4: Bir kriterin, grubun merkezine olan Öklid uzaklığı (d_j) Eşitlik (4) yardımıyla elde edilir.

$$d_j = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\tilde{x}_{ij} - g_i)^2} \quad (4)$$

Aşama 5: Centroidous yöntemi, bir kriterin ağırlık merkezine olan uzaklığının büyüklüğü ile ters orantılı şekilde bir ağırlığa (önem düzeyine) sahip olmasını fikrine dayanmaktadır. Bir kriter için bu durum Eşitlik (5) kullanılarak matematiksel olarak ifade edilmektedir.

$$\tilde{d}_j = \frac{\min_j(d_j)}{d_j} \quad (j = 1, \dots, n, \tilde{d}_j \in [0; 1]) \quad (5)$$

Aşama 6: Bir kriterin ağırlık merkezine olan uzaklığına bağlı olarak ağırlığı (w_j), Eşitlik (6) ile hesaplanır.

$$w_j = \frac{\tilde{d}_j}{\sum_{j=1}^n \tilde{d}_j} \quad (6)$$

2.4. RAWEC Yöntemi

RAWEC yöntemi, son dönemde literatüre kazandırılan ÇKKV yöntemlerinden biridir. Yöntemin temel prensibi, gerçek dünya problemlerinin çözümünü karmaşıklaştıran adımlara sahip ÇKKV yöntemlerinin aksine, az sayıda hesaplama adımıyla kolayca çözüm üretebilmektir (Puška vd., 2024: 5).

İlk iki aşaması diğer yöntemlerle ortak olan ve sadece dört aşamada alternatif sıralamalarını elde edebilen RAWEC yönteminin aşamaları aşağıda sunulmuştur (Puška vd., 2024: 5-6):

Aşama 1: Centroidous yönteminin ilk aşamasında olduğu gibi m adet alternatif ve n adet kriterden oluşan Başlangıç Karar Matrisi ($x_{ij} \in X$ ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$)) oluşturulur.

Aşama 2: Farklı ölçekler nedeniyle kriterlerin ölçüm değerlerindeki farklılıkları yok etmek için çift normalizasyon işlemi uygulanır. Çift normalizasyon işlemi sonucunda ($\tilde{X}$) ve ($\tilde{X}'$) şeklinde iki normalize karar matrisi elde edilir. Kriterlerin yönüne bağlı olarak fayda yönlü kriterler için Eşitlik (7); maliyet yönlü kriterler için ise Eşitlik (8) kullanılarak $\tilde{x}_{ij} \in \tilde{X}$ ile $\tilde{x}'_{ij} \in \tilde{X}'$ elde edilir.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_j x_{ij}} \text{ ve } \tilde{x}'_{ij} = \frac{\min_j x_{ij}}{x_{ij}} \quad (7)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\min_j x_{ij}}{x_{ij}} \text{ ve } \tilde{x}'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_j x_{ij}} \quad (8)$$

Çift normalizasyon işlemi sonucunda $\tilde{x}_{ij} \in \tilde{X}$ matrisinde kriterler fayda yönlü kriterlere dönüşür ve maksimum değere sahip alternatifler bu matristeki olabilecek en yüksek değer olan 1 değerini alır. Bu işlem sonucunda $\tilde{x}'_{ij} \in \tilde{X}'$ matrisindeki kriterler ise maliyet yönlü kriterlere dönüşür ve minimum değere sahip alternatifler benzer şekilde 1 değerini alır.

Aşama 3: Alternatiflerin kriter ağırlığından sapma değerleri hesaplanır. Sapma değerleri (d_i ve d'_i) normalize karar matrisleri ve kriter ağırlıkları kullanılarak Eşitlik (9) ve Eşitlik (10) yardımıyla hesaplanır.

$$d_i = \sum_{j=1}^n w_j (1 - \tilde{x}_{ij}) \quad (i = 1, \dots, m) \quad (9)$$

$$d'_i = \sum_{j=1}^n w_j (1 - \tilde{x}'_{ij}) \quad (i = 1, \dots, m) \quad (10)$$

Aşama 4: Alternatiflerin performanslarını gösteren nihai skorları (S_i) hesaplanır. Bu skorlar Eşitlik (11) kullanılarak -1 ile 1 arasında elde edilir. En yüksek skorlu alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

$$S_i = \frac{d'_i - d_i}{d'_i + d_i} \quad (11)$$

3. UYGULAMA VE BULGULAR

Bu çalışmada, ülkelerin dijital gelişme düzeylerini *evrensel ve anlamlı bağlantı* kavramına dayalı olarak ölçen IDI 2025 verileri kullanılmıştır (ITU, 2025a). Çalışmanın temel amacı, ülkelerin dijital gelişme düzeylerini Centroidous-RAWEC yöntemi aracılığıyla karşılaştırmaktır. Bu amaçla, Avrupa'da yer alan ve Dünya Bankası'nın gelir sınıflandırmasına göre üst-orta gelir grubunda bulunan verisi eksiksiz olan ülkelerin performansları incelenmiştir. Bu kapsamda, çalışmaya dahil edilen alternatifler Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4: Analize dahil edilen ülkeler

Alternatif	Kod
Arnavutluk	A1
Bosna Hersek	A2
Gürcistan	A3
Karadağ	A4
Kuzey Makedonya	A5
Sırbistan	A6
Türkiye	A7

IDI 2025'te yer alan ve çalışmanın kapsamına dahil edilebilecek ülkelerden Moldova ile Ukrayna, verilerdeki eksiklikleri nedeniyle analize dahil edilememiştir. Analize dahil edilen ülkelerin performansları, Tablo 3'te yer alan kriterler kapsamında incelenmiştir. Bu ülkelere ilişkin temel makroekonomik göstergeler Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5'te yer alan veriler, Türkiye'nin birçok göstergede öne çıktığını göstermektedir. Türkiye 85,5 milyonluk nüfusu ile 0,6-6,5 milyon arasında değişen diğer ülkelerden ayrılmaktadır. Bu durum, nüfusun geneline hizmet edecek altyapı yatırımlarının büyüklüğü arasındaki önemli bir farka işaret etmektedir. Benzer şekilde, kişi başına düşen GSYİH açısından Türkiye ve Sırbistan öne çıkarken, aynı gelir grubundaki ülkeler arasında dikkat çekici farklılıklar

görülmektedir. Bu farklılıklar, altyapı yatırımları için gerekli finansal kapasiteyi doğrudan etkilemektedir. Yıllık enflasyon oranları incelendiğinde, Türkiye'nin dijital altyapı yatırımları ve hizmet maliyetleri açısından olumsuz etkilenebileceği değerlendirilmektedir. İşsizlik oranları incelendiğinde ise Sırbistan ve Türkiye'nin diğer ülkelere kıyasla daha iyi bir konumda olduğu görülmektedir.

Tablo 5: Ülkelere ilişkin temel makroekonomik göstergeler

Alternatif	Nüfus	GSYİH (Kişi başı \$)	Enflasyon (%)	İşsizlik (%)
Arnavutluk	2.714.620	10.011,60	2,2	10,7
Bosna Hersek	3.164.250	8.957,40	1,7	10,7
Gürcistan	3.673.850	9.193,70	1,1	11,7
Karadağ	623.830	12.935,50	3,3	13,1
Kuzey Makedonya	1.792.180	9.310,00	3,5	12,3
Sırbistan	6.587.200	13.523,70	4,7	7,2
Türkiye	85.518.660	15.473,30	58,5	8,7

Kaynak: Dünya Bankası (World Bank, 2025)

3.1. Centroidous Yöntemiyle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Centroidous-RAWEC yaklaşımıyla ülkelerin performanslarını karşılaştırabilmek için öncelikle kriter ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir. Bu amaçla oluşturulan başlangıç karar matrisi, Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6: Başlangıç karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	83,1	96,7	74,1	99,6	99,6	93,0	1993,9	2,1	2,1	86,4
A2	83,4	81,6	69,9	99,0	99,0	83,4	4798,0	1,9	1,7	87,9
A3	81,9	89,0	113,4	99,9	99,7	126,5	4122,1	1,0	2,5	93,9
A4	88,2	81,0	111,8	98,0	98,0	214,0	3498,2	0,9	1,5	94,8
A5	87,2	83,8	85,3	99,9	99,9	131,0	2478,5	2,0	2,9	91,6
A6	85,4	85,6	112,0	99,5	98,8	143,8	2051,4	0,8	2,2	95,7
A7	86,0	95,5	84,5	99,8	99,7	181,8	2790,8	0,7	1,5	96,1
Minimum	81,9	81,0	69,9	98,0	98,0	83,4	1993,9	0,7	1,5	86,4
Maksimum	88,2	96,7	113,4	99,9	99,9	214,0	4798,0	2,1	2,9	96,1
Std. Sapma	2,3	6,4	18,9	0,7	0,7	46,4	1071,7	0,6	0,5	3,9
Ortalama	85,0	87,6	93,0	99,4	99,2	139,1	3104,7	1,3	2,1	92,3

Kaynak: (ITU, 2025a)

Tablo 6'daki başlangıç karar matrisinde, alternatiflerin on kriter kapsamında değerlendirilen performans değerleri yer almaktadır. K1, K2 ve K3 kriterleri, evrensel bağlantı kapsamında kullanıcıların teknolojiyi benimseme düzeyleri ve tüketici davranışlarıyla ilgilidir. K4-K10 kriterleri ise, anlamlı bağlantı kapsamında altyapı unsurlarıyla ilişkilidir. Bu kriterlerden K8

ve K9 maliyet yönlü; diğer kriterler ise fayda yönlüdür. Tablo 6, aşağıdaki şekilde yorumlanabilir:

- K1 kriteri, internet kullanan birey oranlarının %81,9 (A3) ile %88,2 (A4) arasında değiştiğini göstermektedir.
- K2 kriteri, evlerinde internete erişimi olan hane halklarının oranının %81 (A4) ile %96,7 (A1) olduğunu ifade etmektedir.
- K3 kriteri, mobil-geniş bant aboneliklerinin (her 100 kişi için) 69,9 (A2) ile 113,4 (A3) arasında olduğunu ve bazı ülkelerde kişilerin birden fazla aboneliğinin olduğunu işaret etmektedir.
- K4 ve K5 kriterleri, 3G ve 4G/LTE kapsama oranlarının oldukça yüksek olduğunu ve %98 (A4) ile %99,9 (A5) arasında değiştiğini ifade etmektedir.
- K6 ve K7 kriterleri, mobil ve sabit geniş bant internet trafiklerinin yüksek değişkenlik gösterdiğine işaret etmektedir. Abonelik başına mobil geniş bant internet kullanımı 83,4 GB (A2) ile 214 GB (A4) arasında; sabit geniş bant internet kullanımı ise 1993,9 GB (A1) ile 4798 GB (A2) arasındadır.
- K8 ve K9 kriterleri maliyet yönlü olduğundan, diğer kriterlerin aksine bir ülkenin düşük değerlere sahip olması avantajlı bir durumu ifade etmektedir. Mobil veri ve ses için en düşük fiyatı (%0,7) A7 sunarken, A1 en yüksek fiyatı (%2,1) sunmaktadır. Sabit geniş bant servislerinde ise en düşük fiyatlı hizmeti A7 (%1,5) sunarken; en yüksek fiyatlı hizmeti ise A5 (%2,9) sunmaktadır.
- K10 kriteri, cep telefonuna sahip bireylerin oranının en yüksek %96,1 (A7), en düşük ise %86,4 (A1) olduğunu göstermektedir.

Tablo 6'da yer alan başlangıç matrisinin elemanları, Eşitlik (2) kullanılarak normalize edilmiştir. Böylece, kriterlerin ölçeklerinden kaynaklanan değer farklılıkları ortadan kaldırılarak, tüm değerler [0,1] aralığına dönüştürülmüştür. Normalize edilmiş karar matrisi, Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7: Normalize edilmiş karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1	0,1396	0,1577	0,1138	0,1432	0,1434	0,0955	0,0917	0,2234	0,1458	0,1337
A2	0,1401	0,1331	0,1074	0,1423	0,1425	0,0857	0,2208	0,2021	0,1181	0,1360
A3	0,1376	0,1451	0,1742	0,1436	0,1435	0,1299	0,1897	0,1064	0,1736	0,1453
A4	0,1482	0,1321	0,1717	0,1409	0,1411	0,2198	0,1610	0,0957	0,1042	0,1467
A5	0,1465	0,1367	0,1310	0,1436	0,1438	0,1346	0,1140	0,2128	0,2014	0,1417
A6	0,1435	0,1396	0,1720	0,1430	0,1422	0,1477	0,0944	0,0851	0,1528	0,1481
A7	0,1445	0,1557	0,1298	0,1435	0,1435	0,1867	0,1284	0,0745	0,1042	0,1487

Tablo 7'de yer alan değerlerin hesaplanışına örnek olarak, matrisin elemanlarından $\tilde{x}_{11}$ şu şekilde hesaplanmıştır: Başlangıç karar matrisinde yer alan $x_{11} = 83,1$ değeri, birinci sütundaki tüm x_{i1} elemanlarının toplamı olan 595,2 değerine bölünmüş ve böylece $\tilde{x}_{11} = 0,1396$ değeri elde edilmiştir. Matrisin diğer elemanları da aynı yöntemle hesaplanmıştır.

Normalize edilmiş karar matrisinin elemanları kullanılarak, Eşitlik (3) aracılığıyla her bir alternatif için kriterlerin ağırlık merkezi g_i hesaplanmıştır. Elde edilen ağırlık merkezi değerleri, Tablo 8'de verildiği şekilde elde edilmiştir.

Tablo 8: Ağırlık merkezi

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
Grubun Merkezi	0,1388	0,1428	0,1489	0,1461	0,1506	0,1368	0,1359

Tablo 8'de yer alan değerlerden g_2 şu şekilde hesaplanmıştır: A2 alternatifi için kriter grubunun ağırlık merkezi, normalize edilmiş karar matrisinin ikinci satırındaki değerlerin toplamının kriter sayısına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Buna göre, $g_2 = (0,1401 + 0,1331 + \dots + 0,1360)/10 = 0,1428$ olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde, diğer ağırlık merkezlerinin hesaplanmasının ardından, her bir kriterin ağırlık merkezine olan Öklid uzaklığı Eşitlik (4) ile; bu uzaklıkların büyüklüğüyle ters orantılı olarak hesaplanan $\tilde{d}_j$ değerleri ise Eşitlik (5) ile belirlenmiştir. Hesaplanan uzaklık değerleri, Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9: Uzaklık değerleri

d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}
0,0165	0,0355	0,0695	0,0148	0,0144	0,1178	0,1156	0,1592	0,0829	0,0213
$\tilde{d}_1$	$\tilde{d}_2$	$\tilde{d}_3$	$\tilde{d}_4$	$\tilde{d}_5$	$\tilde{d}_6$	$\tilde{d}_7$	$\tilde{d}_8$	$\tilde{d}_9$	$\tilde{d}_{10}$
0,8725	0,4069	0,2075	0,9752	1,0000	0,1225	0,1248	0,0906	0,1740	0,6780

Tablo 9'da yer alan uzaklık değerlerinden d_3 Eşitlik (4) kullanılarak şu şekilde hesaplanmıştır: Tablo 7'deki normalize edilmiş karar matrisi değerleri ile Tablo 8'deki ağırlık merkezi değerleri birlikte kullanılarak $d_3 = \sqrt{(0,1138 - 0,1388)^2 + \dots + (0,1298 - 0,1359)^2} = 0,0695$ olarak elde edilmiştir. Diğer kriterlerin Öklid uzaklıkları da aynı yöntemle hesaplanmıştır. Tüm kriterlerin uzaklık değerleri belirlendikten sonra, en küçük d_j değeri 0,0144 ve d_4 değeri 0,0148 olmak üzere, Eşitlik (5) kullanılarak $\tilde{d}_4 = 0,0144/0,0148 = 0,9752$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, K4 kriterinin ağırlık merkezine yakın olduğunu ve dolayısıyla yüksek bir önem düzeyi taşıdığına işaret etmektedir.

Hesaplanan $\tilde{d}_j$ değerleri ile Eşitlik (6) kullanılarak elde edilen kriter ağırlıkları, Tablo 10'da sunulmuştur.

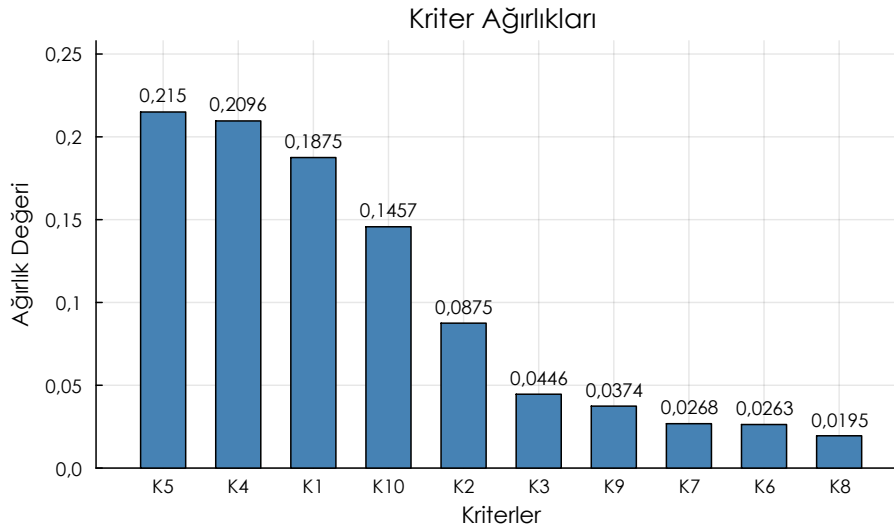
Tablo 10: Kriterlerin ağırlıkları

	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9	w_{10}
Ağırlık	0,1875	0,0875	0,0446	0,2096	0,2150	0,0263	0,0268	0,0195	0,0374	0,1457
Önem Sırası	3	5	6	2	1	9	8	10	7	4

Tablo 10'da yer alan ağırlık değerlerinden $w_5 = 1,000/(0,8725 + 0,4069 + \dots + 0,6780) = 0,2150$ olarak hesaplanmıştır. Diğer kriter ağırlıkları da aynı yöntemle hesaplanmıştır. Kriter ağırlıkları incelendiğinde, K5 ($w_5 = 0,2150$), K4 ($w_4 = 0,2096$) ve K1 ($w_1 = 0,1875$) kriterlerinin en yüksek öneme sahip üç kriter; K7 ($w_7 = 0,0268$), K6 ($w_6 = 0,0263$) ve K8 ($w_8 = 0,0195$) kriterlerinin ise en düşük öneme sahip üç kriter olduğu görülmektedir.

Değişkenliğin düşük olduğu ve verinin kriter ağırlık merkezine yakın bulunduğu daha homojen kriterler (örneğin K4 ve K5) daha yüksek ağırlıklara sahipken; değişkenliğin yüksek olduğu ve verinin kritik ağırlık merkezinden uzak bulunduğu daha heterojen yapıya sahip kriterler (örneğin K6 ve K8) daha düşük ağırlıklara sahiptir. Kriter sayısının fazla olması ve ağırlık değerleri arasındaki farkın yüksekliği nedeniyle, kriter ağırlıkları görselleştirilmiş ve sonuçlar Şekil 2’de sunulmuştur.

Şekil 2, kriter ağırlıkları arasındaki önem düzeyi farklılıklarını açık biçimde ortaya koymaktadır. Önem düzeyine göre ilk üç sırada yer alan kriterler, toplam kriter ağırlığının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Bu durum, ülkeler açısından politikalar geliştirme süreçlerinde dikkate alınması gereken önemli bir husustur. Kısıtlı kaynakların hedef odaklı biçimde yatırımlara dönüştürülmesi durumunda, kısa sürede önemli sonuçlar elde edilebilecektir.



Şekil 2: Kriterlerin önem düzeyleri

3.2. Alternatiflerin Sıralamalarının RAWEC Yöntemiyle Elde Edilmesi

Çalışmanın ikinci aşamasında, Centroidous yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak alternatifler sıralanmıştır. Tablo 6’da verilen başlangıç karar matrisi aynı şekilde kullanılmış; matrisin elemanları, kriterlerin fayda veya maliyet yönlü olmasına göre Eşitlik (7) ve Eşitlik (8) kullanılarak normalize edilmiştir. Elde edilen normalize karar matrisi, Tablo 11’de verilmiştir.

Normalize edilmiş karar matrisinin elemanlarının hesaplanışına örnek olarak $\tilde{x}_{11}$ şu şekilde hesaplanmıştır. K1 fayda yönlü bir kriter olduğundan, Eşitlik (7)’de gösterildiği gibi $x_{11} = 83,6$ elemanı sütunun maksimum değeri olan 88,2’ye bölünmüş ve $\tilde{x}_{11} = 0,9422$ değeri elde edilmiştir. Benzer şekilde, $\tilde{x}'_{18}$ de K8 kriterinin maliyet yönlü olması nedeniyle Eşitlik (8)’de gösterildiği üzere $x_{18} = 2,1$ değerinin sütunun maksimum değeri olan 2,1’e bölünmesiyle $\tilde{x}'_{18} = 1,000$ olarak hesaplanmıştır. Hem $\tilde{X}$ hem de $\tilde{X}'$ matrisinin diğer elemanları da aynı şekilde, kriter yönü dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 11: RAWEC normalize matrisler

		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
$\tilde{X}$	A1	0,9422	1,0000	0,6534	0,9970	0,9970	0,4346	0,4156	0,3333	0,7143	0,8991
	A2	0,9456	0,8438	0,6164	0,9910	0,9910	0,3897	1,0000	0,3684	0,8824	0,9147
	A3	0,9286	0,9204	1,0000	1,0000	0,9980	0,5911	0,8591	0,7000	0,6000	0,9771
	A4	1,0000	0,8376	0,9859	0,9810	0,9810	1,0000	0,7291	0,7778	1,0000	0,9865
	A5	0,9887	0,8666	0,7522	1,0000	1,0000	0,6121	0,5166	0,3500	0,5172	0,9532
	A6	0,9683	0,8852	0,9877	0,9960	0,9890	0,6720	0,4276	0,8750	0,6818	0,9958
	A7	0,9751	0,9876	0,7451	0,9990	0,9980	0,8495	0,5817	1,0000	1,0000	1,0000
$\tilde{X}'$	A1	0,9856	0,8376	0,9433	0,9839	0,9839	0,8968	1,0000	1,0000	0,7241	1,0000
	A2	0,9820	0,9926	1,0000	0,9899	0,9899	1,0000	0,4156	0,9048	0,5862	0,9829
	A3	1,0000	0,9101	0,6164	0,9810	0,9829	0,6593	0,4837	0,4762	0,8621	0,9201
	A4	0,9286	1,0000	0,6252	1,0000	1,0000	0,3897	0,5700	0,4286	0,5172	0,9114
	A5	0,9392	0,9666	0,8195	0,9810	0,9810	0,6366	0,8045	0,9524	1,0000	0,9432
	A6	0,9590	0,9463	0,6241	0,9849	0,9919	0,5800	0,9720	0,3810	0,7586	0,9028
	A7	0,9523	0,8482	0,8272	0,9820	0,9829	0,4587	0,7145	0,3333	0,5172	0,8991

Normalize edilmiş karar matrisi elde edildikten sonra, Eşitlik (9) ve Eşitlik (10) kullanılarak kriter ağırlıklarından sapmalar hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler, Tablo 12'de sunulmuştur.

Tablo 12: Kriter ağırlığından sapma değerleri

d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7
0,0965	0,0900	0,0595	0,0365	0,0856	0,0587	0,0329
d'_1	d'_2	d'_3	d'_4	d'_5	d'_6	d'_7
0,0393	0,0438	0,0824	0,0998	0,0544	0,0811	0,1050

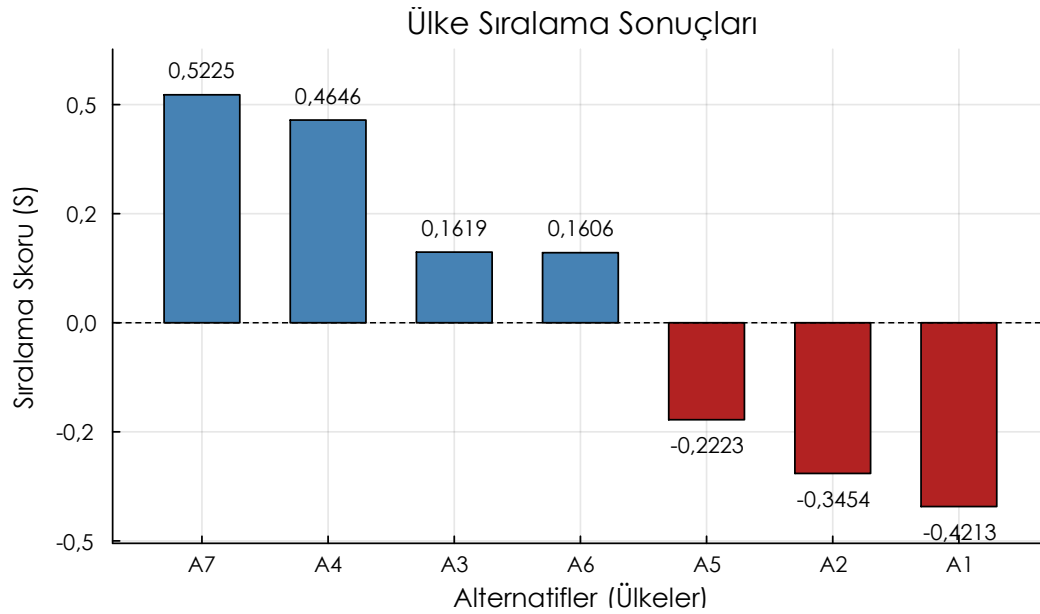
Kriter ağırlığından sapma değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: Örneğin A2 alternatifinin, kriter ağırlıklarından sapma değeri hesaplanmak isteniyorsa, öncelikle Centroidous yöntemiyle elde edilen w_j değerleri alınır ve sırasıyla tüm kriterler için $\tilde{x}_{2j}$ değerleri kullanılarak, Eşitlik (9) yardımıyla $d_2 = (0,1875(1 - 0,9456) + 0,0875(1 - 0,8438) + \dots + 0,1457(1 - 0,9147)) = 0,0900$ olarak hesaplanmıştır. Aynı alternatif için d'_2 değeri de benzer şekilde w_j değerleri ve $\tilde{x}'_{2j}$ değerleri kullanılarak, Eşitlik (10) yardımıyla $d'_2 = (0,1875(1 - 0,9820) + 0,0875(1 - 0,9926) + \dots + 0,1457(1 - 0,9829)) = 0,0438$ olarak hesaplanmıştır. Diğer alternatifler için sapma değerleri de aynı yöntemle hesaplanmıştır.

Alternatiflerin sapma değerleri hesaplandıktan sonra, RAWEC yöntemiyle sıralamaların elde edilebilmesi için öncelikle Eşitlik (11) kullanılarak alternatiflerin nihai skorları hesaplanmıştır. Elde edilen skorlar -1 ile 1 arasında olup, en yüksek skora sahip alternatif en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Hesaplanan nihai skorlar ve alternatiflerin sıralamaları Tablo 13'te sunulmuştur.

Tablo 13: Nihai skorlar ve sıralamalar

Alternatif	Skor	Sıra
A1	-0,4213	7
A2	-0,3454	6
A3	0,1619	3
A4	0,4646	2
A5	-0,2223	5
A6	0,1606	4
A7	0,5225	1

Tablo 12’de verilen sapma değerleri kullanılarak, A7 alternatifi için nihai skor Eşitlik (11) yardımıyla $S_7 = (0,1050 - 0,0329)/(0,1050 + 0,0329) = 0,5225$ olarak hesaplanmıştır. Bu skor, gözlemlenen en yüksek değer olduğu için A7 alternatifi en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Elde edilen skorlara göre alternatiflerin sıralaması $A7 > A4 > A3 > A6 > A5 > A2 > A1$ şeklinde belirlenmiştir. Bu sıralama, görsel olarak Şekil 3’te sunulmuştur.



Şekil 3: Ülkelerin skorları

Şekil 3 incelendiğinde, dört ülkenin pozitif; üç ülkenin ise negatif skora sahip olduğu görülmektedir. Pozitif skor elde eden ve ilk iki sırayı alan A7 ve A4 ülkeleri, sırasıyla 0,5225 ve 0,4646 skor değerleriyle diğer ülkelerden önemli ölçüde ayrılmaktadır. Bu durumun temelinde, mobil ağ altyapısı ile ilişkili ve en yüksek ağırlığa sahip K5 ($w_5 = 0,2150$) ile K4 ($w_4 = 0,2096$) kriterlerindeki yüksek performans yatmaktadır. Pozitif skora sahip olan diğer ülkelerden A3 ve A6’nın sırasıyla 0,1619 ve 0,1606 skorlarıyla birbirlerine oldukça yakın performans sergilediği, dolayısıyla herhangi bir kriterdeki küçük performans değişiminin sıralamada değişikliğe yol açabileceği görülmektedir. A5, A2 ve A1 ülkeleri ise sırasıyla -0,2223, -0,3454 ve -0,4213 skorlarıyla en zayıf performansı göstermiş ve sıralamanın son üç basamağında yer almıştır. Bu sonuç, söz konusu ülkelerde yüksek fiyatlı hizmet sunulması ve mobil/sabit geniş bant internet kullanım miktarlarının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla bu ülkelerin, altyapı yatırımlarından ziyade uygun fiyatla hizmetlere erişime odaklanmaları gerekmektedir.

3.3. Karşılaştırmalı Analiz

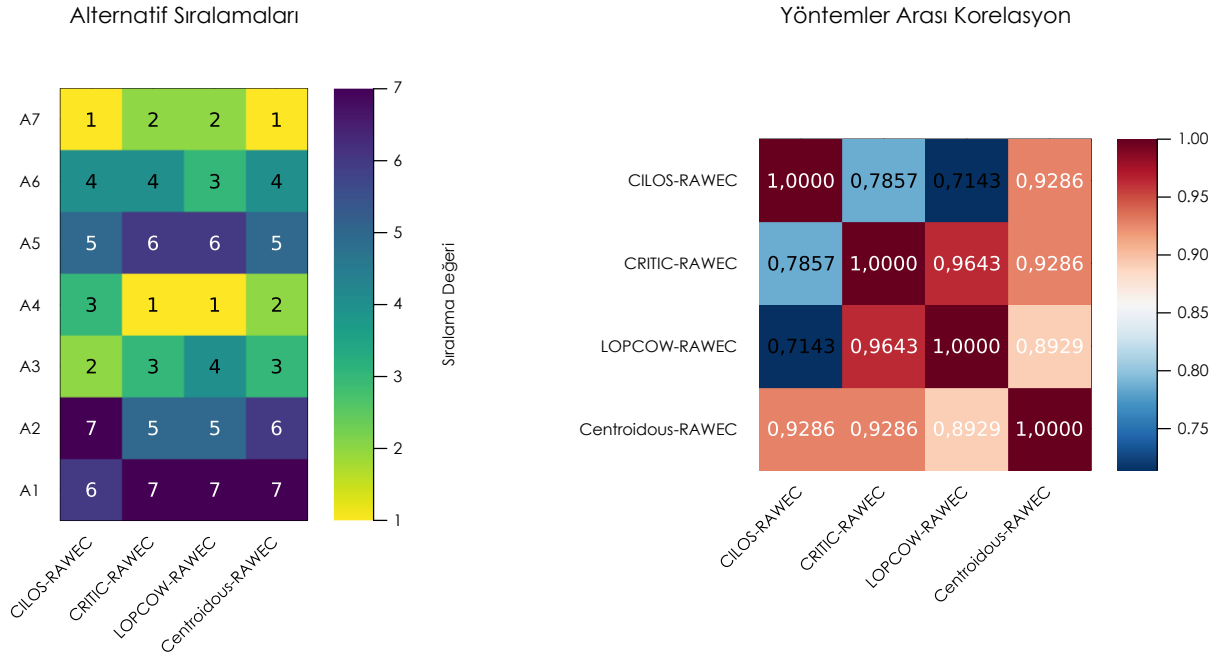
Bu çalışmada, kriter ağırlıkları Centroidous yöntemiyle belirlenmiş; ardından alternatifler RAWEC yöntemi kullanılarak sıralanmıştır. Çalışmanın bu bölümünde Centroidous yönteminden elde edilen sonuçlar, literatürde yer alan diğer objektif ağırlık belirleme yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, Tablo 14'te sunulmuştur.

Tablo 14'te yer alan her bir yöntemin kriter ağırlığı hesaplama yaklaşımı farklı olduğundan, elde edilen ağırlık değerleri de birbirinden önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle, doğrudan ağırlık değerleri yerine bu değere bağlı olarak hesaplanan kriter önem sıraları üzerinden bir karşılaştırma yapılmıştır. Tablonun son satırında, yöntemlerin önem sıraları arasındaki uyumu ölçmek için hesaplanan Spearman korelasyon katsayıları yer verilmiştir. Tablodaki sonuçlar, Centroidous yöntemiyle CILOS yönteminin tam uyumlu ($\rho = 1,0000$), LOPCOW yöntemiyle orta-yüksek uyumlu ($\rho = 0,6485$) ve CRITIC yöntemiyle ise düşük uyumlu ($\rho = 0,3091$) olduğunu göstermektedir. Bu durum, yöntemlerin hesaplama yaklaşımlarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Tablo 14: Kriterlerin önem sıraları

	CILOS	CRITIC	LOPCOW	Centroidous
K1	3	7	5	3
K2	5	2	10	5
K3	6	5	6	6
K4	2	4	1	2
K5	1	3	2	1
K6	9	10	8	9
K7	8	1	9	8
K8	10	8	7	10
K9	7	6	3	7
K10	4	9	4	4
ρ	1,0000	0,3091	0,6485	1,0000

CILOS, LOPCOW ve Centroidous yöntemleri, homojenliği yüksek kriterlere daha yüksek önem derecesi atarken; CRITIC yöntemi ise verideki kontrast yoğunluğu ve çelişkiyi dikkate aldığı için değişkenliği yüksek olduğu kriterlere daha yüksek önem derecesi vermektedir. Benzer şekilde, değişkenliği dikkate alan diğer yöntemlerle Centroidous yöntemi arasında düşük ya da negatif korelasyonların elde edilmesi beklenen bir durumdur. Bu yöntemlerle elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak alternatifler, RAWEC yöntemiyle sıralanmış ve sonuçlar Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4: Farklı yöntemlerin sıralamaları ve korelasyonlar

CILOS, CRITIC, LOPCOW ve Centroidous yöntemlerinden elde edilen kriter ağırlıklarıyla yapılan RAWEC sıralamaları genel olarak tutarlılık göstermiştir. Örneğin, A7 bütün yaklaşımlarda istikrarlı biçimde üst sıralarda yer alırken, A1 ise alt sıralarda kalmıştır. Buna karşın A3, A4 ve A6'da ise sınırlı farklılıklar görülmektedir. Bu durum sıralama sonuçları için hesaplanan Spearman korelasyon katsayılarına da yansımıştır. Centroidous-RAWEC yönteminin, diğer yöntemlerle en az $\rho = 0,8929$ düzeyinde korelasyona sahip olması, RAWEC yönteminin kriter ağırlıklarındaki değişime karşı dirençli olduğunu göstermektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Avrupa'da yer alan ve Dünya Bankası sınıflandırmasına göre üst-orta gelir grubunda bulunan ülkelerin dijital gelişme düzeylerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, ITU (2025a) tarafından yayımlanan IDI 2025 verileri kullanılmıştır. Verisinde eksiklikler bulunan Moldova ve Ukrayna'nın çıkarılmasıyla, analize dahil edilebilecek yedi ülke (Arnavutluk, Bosna Hersek, Gürcistan, Karadağ, Kuzey Makedonya, Sırbistan ve Türkiye) belirlenmiştir. IDI 2025 raporunda yapılan sınıflandırmalara göre ülkeler arasındaki benzerlikleri ve dolayısıyla karşılaştırılabilirliği korumak için farklı bir bölge ya da gelir grubundan farklı ülkeler analize dahil edilmemiştir.

Analize dahil ülkelerin dijital gelişme düzeyleri, önerilen Centroidous-RAWEC yaklaşımı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Önerilen yaklaşımda kullanılan yöntemler, literatüre son dönemde kazandırılmış güncel ÇKKV yöntemlerindendir. Centroidous yöntemi, analizde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmış olup; yöntemin temel fikri, kriter grubunun ağırlık merkezine daha yakın olan kriterin daha yüksek önem değerine (ağırlığa) sahip olmasıdır. RAWEC yöntemi ise alternatiflerin sıralanmasında kullanılan ve temel fikri, karmaşık problemlerin basit bir yaklaşımla çözülebilmesine dayanan bir yöntemdir. Benimsenen Centroidous-RAWEC yaklaşımıyla değişkenliği düşük ve daha homojen yapıya sahip kriterlere, ağırlık merkezine daha yakın olmaları nedeniyle, daha yüksek ağırlık

değerleri atanmış; böylece düşük hesaplama karmaşıklığıyla az sayıda işlem adımı üzerinden sıralama sonuçları elde edilmiştir.

Kriter ağırlıklarını belirlemek amacıyla Centroidous yöntemiyle yapılan hesaplamalar sonucunda, altyapı ile ilişkili K5 (En az 4G/LTE mobil ağ ile kapsanan nüfus) ($w_5 = 0,2150$) ve K4 (En az 3G mobil ağ ile kapsanan nüfus) ($w_4 = 0,2096$) kriterlerinin en yüksek öneme sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, ülkelerin mobil ağ altyapısı konusunda belirli bir olgunluk düzeyine ulaştığını ve ülkeler arasındaki farklılıkların düşük olduğunu göstermektedir. Öte yandan, K7 (Abonelik başına sabit geniş bant internet trafiği) ($w_7 = 0,0268$), K6 (Abonelik başına mobil geniş bant internet trafiği) ($w_6 = 0,0263$) ve K8 (Mobil veri ve ses yüksek tüketimli sepet fiyatı) ($w_8 = 0,0195$) kriterleri, en düşük öneme sahip üç kriter olarak belirlenmiştir. Bu kriterlerin düşük ağırlık değerlerine sahip olması, yüksek hizmet maliyetlerinin kullanıcı davranışlarını etkilediğini ve internet kullanım düzeylerinde ülkeler arasında belirgin farklılıklar bulunduğunu göstermektedir.

BİT altyapısı, dijitalleşme ile birlikte ortaya çıkan ürün ve hizmetlere erişim ve kullanım açısından hayati bir öneme sahiptir (ITU, 2010: 53). Dijital bölünmenin birinci düzey etkisi BİT'e erişim, ikinci düzey etkisi ise kullanım ile ilgilidir (Dewan & Riggins, 2005: 3). Bu nedenle altyapı, ürün ve hizmetlerin kullanılabilmesi için olmazsa olmaz bir niteliğe sahiptir. Ülkelerin yeterli altyapı yatırımları yaptıktan sonra ekonomik açıdan ulaşılabilir hizmetler sunması gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmanın bulguları yalnızca yöntemsel bir sonuç olmanın ötesinde teorik açıdan da anlamlıdır.

Centroidous yöntemi, ele alınan ülkeler arasında belirli bir standarda ulaşmış olan K4 ve K5 kriterlerine daha yüksek öncelik verirken; ülkelerin farklı fiyatlandırma politikalarından kaynaklanan yüksek değişkenliğe sahip maliyet temelli kriterlere ise daha düşük öncelik tanımaktadır. Bu bulgu, Vinogradova-Zinkevič (2024: 4) tarafından da vurgulandığı üzere, Centroidous yönteminin varyansa karşı dirençli (robust) olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca, objektif ağırlık belirleme yöntemleriyle yapılan karşılaştırmalı analiz sonucunda, Centroidous yönteminin kriterlerin öncelik sıraları açısından CILOS ve LOPCOW yöntemleriyle sırasıyla çok yüksek ve orta-yüksek düzeyde uyum gösterdiği; buna karşın, değişkenliği dikkate alan CRITIC yöntemiyle ise düşük uyum sergilediği belirlenmiştir. Benzer şekilde, değişkenliği dikkate alan diğer yöntemlerle Centroidous yöntemi arasında kriterlerin öncelik sıraları açısından düşük veya negatif korelasyonların elde edilmesi beklenen bir durumdur. Bu nedenle, IDI 2023 verilerini ve MPSI yöntemini kullanarak kriter ağırlıklarını hesaplayan Şahin Macit (2024)'in bulgularıyla ortaya çıkan uyumsuzluk şaşırtıcı değildir. Buna karşın, RAWEC yöntemi ve farklı yöntemlerden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak sıralama yapıldığında elde edilen sonuçların tutarlı olduğu gözlemlenmiştir.

Ülkelerin dijital gelişme düzeylerini karşılaştırmak amacıyla RAWEC yöntemiyle yapılan analizler, Türkiye ($S_7 = 0,5225$), Karadağ ($S_4 = 0,4646$), Gürcistan ($S_3 = 0,1619$) ve Sırbistan'ın ($S_6 = 0,1606$) pozitif; Kuzey Makedonya ($S_5 = -0,2223$), Bosna Hersek ($S_2 = -0,3454$) ve Arnavutluk'un ($S_1 = -0,4213$) ise negatif skorlar elde ettiğini göstermektedir. Skor değerleri, özellikle Türkiye ve Karadağ ile diğer ülkeler arasında belirgin bir dijital bölünme bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu ülkeler, uygun maliyetli hizmet sunumları ve bunun doğal bir sonucu olan yüksek kullanım düzeyleriyle öne çıkarken; son sıralarda yer alan ülkeler yüksek maliyetler nedeniyle geride kalmaktadır. Genel olarak

değerlendirildiğinde, skorlar arasındaki yüksek farklılıklar bazı ülkelerin anlamlı bağlantı konusunda sorunlar yaşadığını ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin özellikle maliyet ile ilgili olan kriterlerde en düşük değerlere, cep telefonu sahipliği kriterinde ise en yüksek değere ve diğer kriterlerde ise istikrarlı biçimde iyi performansa sahip olması sonucunda ilk sırayı alması tesadüf değildir. Bununla birlikte, mobil geniş bant abonelikleri (K3) ile mobil ve sabit geniş bant internet trafikleri (K6, K7) kriterlerinde yapılacak iyileşmeler, Türkiye'nin liderlik pozisyonunu daha da güçlendirebilir. Centroidous-RAWEC yaklaşımının sonuçları, ülkelerin kapsama alanıyla ilişkili altyapılar açısından belirli bir olgunluk düzeyine ulaştığını ve birbirine yakın performans sergilediklerini göstermektedir. Bununla birlikte, sunulan hizmetlerin maliyetlerinin düşürülmesi, kullanıcıların dijital okuryazarlık düzeylerinin ve buna bağlı veri kullanımlarının artırılması gerekmektedir. Sıralamada alt sıralarda yer alan ülkelerin maliyet ile ilgili kriterlerde iyileşme sağlaması, bu kriterlerin ağırlıkları düşük olsa bile abonelik ve veri kullanımı gibi daha ekonomik erişimle ilişkili göstergelerde dolaylı iyileşmelere yol açacaktır. Bu durum, ülkelerin sınırlı iyileşmelerle dahi dijital performanslarında kayda değer artışlar elde edebileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada, ITU (2025a) tarafından yayımlanan IDI 2025 verileri kullanılarak ülkelerin dijital gelişme düzeyleri analiz edilmiştir. Bu kapsamda, dijital gelişme düzeyini ölçmekte kullanılan kriterler ile alternatiflere ait verilerdeki eksiklikler çalışmanın temel sınırlılığını oluşturmaktadır. Ayrıca, endeksin güncel olmasına karşın hazırlanmasında kullanılan veriler aynı ölçüde güncel olmadığından yapılan değerlendirmeler, mevcut durumu tam olarak yansıtmayabilir. Bu nedenle, dijital gelişmeyle ilgili farklı kriterlerin analize dahil edilmesi, alternatiflerin eksik verilerinin tamamlanması ve daha sık güncellenen veri setlerinin kullanılması, gelecekteki çalışmaların bu sınırlılıkları aşmasına katkı sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, dijital gelişme ile ilgili alanında uzman kişilerin bilgi birikimini içeren öznel değerlendirmeleri de kapsayacak farklı ÇKKV yaklaşımlarının analize dahil edilmesi, gelecekteki çalışmaları zenginleştirecektir.

Beyan ve Açıklamalar

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazar, bu çalışmaya %100 oranında katkı sağladıklarını beyan etmiştir.

Araştırmacıların Çatışma Beyanı

Yazar, bu çalışmada potansiyel bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Araştırmacıların Etik Beyanı

Yazar, bu çalışmanın tüm süreçlerinin araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu, etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine uyduğunu beyan etmiştir.

KAYNAKÇA

Akbulut, O. Y., & Aydın, Y. (2024). A hybrid multidimensional performance measurement model using the MSD-MPSI-RAWEC model for Turkish banks. *Mehmet Akif Ersoy*

- Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(3), 1157-1183.
<https://doi.org/10.30798/makuiibf.1464469>
- Alrashdi, I., Ali, A. M., Sallam, K. M., & Abdel-Basset, M. (2025). Assessment and analysis of development risks under uncertainty: The impact of disruptive technologies on renewable energy development. *Energy Nexus*, 17, 100371.
<https://doi.org/10.1016/j.nexus.2025.100371>
- Altıntaş, F. F. (2021). G20 ülkelerinin dijital hazırlık performanslarının analizi: Entropi tabanlı VIKOR yöntemi ile bir uygulama. *Akademik Hassasiyetler*, 8(17), 401-427.
<http://link.springer.com/10.1007/s12633-019-00110-y>
- Aydın, Y. (2025). LOPCOW-RANCOM-RAWEC modeli yardımıyla sigortacılık sektöründe kurumsal finansal performans analizi: Sompo Sigorta örneği. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 17(2), 1273-1287. <https://doi.org/10.20491/isarder.2025.2031>
- Badi, I., Bouraima, M. B., & Maraka, N. D. (2025). A Hybrid Simulation and the RAWEC model for performance evaluation of pharmacy service strategies. *Decision Making Advances*, 1-11. <https://doi.org/10.31181/dma412026127>
- Bahnamiri, M. V., Khademabbasi, S., & Valinataj, M. (2015). A multi-criteria decision method using fuzzy TOPSIS technique for ranking countries based on ICT development index (IDI). *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 13(6), 3851-3869.
- Banihashemi, S. A., & Rejaei, Z. (2015). Analysis of the digital divide in Asia-Islamic countries: A TOPSIS approach. *Journal of Asian Scientific Research*, 5(4), 165-176.
<http://www.aessweb.com/journals/5003>
- Brodny, J., & Tutak, M. (2022a). Analyzing the level of digitalization among the enterprises of the European Union member states and their impact on economic growth. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2), 70.
<https://doi.org/10.3390/joitmc8020070>
- Brodny, J., & Tutak, M. (2022b). The level of digitization of small, medium and large enterprises in the central and eastern European countries and its relationship with economic parameters. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(3), 113. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030113>
- Dağlı, İ. (2022). Türkiye’de bölgesel düzeyde dijital bölünme: EDAS ve MAIRCA yöntemleri ile ampirik bir çalışma. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 24(2), 359-386.
- Demir, G. (2025). Selection of biomass resources with fuzzy multi-criteria decision-making methods: Alternatives for sustainable energy production. *Journal of Operations Intelligence*, 3(1), 156-174. <https://doi.org/10.31181/jopi31202537>
- Dewan, S., & Riggins, F. J. (2005). The Digital Divide: Current and Future Research Directions. *Journal of the Association for Information Systems*, 6(12), 298–337.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)00059-H](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H)

- Ecemiş, O., & Coşkun, A. (2022). Türkiye’de bilişim teknolojileri kullanımının ÇKKV yöntemleriyle incelenmesi: 2014-2021 dönemi. *European Journal of Science and Technology*, 37(37), 81-89. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1134753>
- Ecer, F., & Güneş, E. (2023). G7 ülkelerinin bilgi iletişim teknoloji düzeylerini belirleme: MEREC-CRITIC entegre ağırlıklı CoCoSo metodolojisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 219-242. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.1281607>
- Ecer, F., & Pamucar, D. (2022). A novel LOPCOW-DOBI multi-criteria sustainability performance assessment methodology: An application in developing country banking sector. *Omega*, 112, 102690. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102690>
- Ersoy, N. (2022). Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of ICT development in G7 countries. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(25), 55-73. <https://doi.org/10.36543/kauibfd.2022.003>
- European Commission. (2025). Digital decade - Policy programme. Erişim Tarihi: 25 Kasım 2025, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-decade-policy-programme>
- Göktaş, F. (2024). İskandinav ülkelerinin dijital toplum seviyelerinin yeni bir TOPSIS uzantısı ile karşılaştırılması. *Journal of Innovative Engineering and Natural Science*, 4(2), 482-494. <https://doi.org/10.61112/jiens.1461755>
- Göktaş, F. (2025). Belirsiz kriter ağırlıkları altında OECD ülkelerinin dijital gelişmelerinin değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 28(2), 521-530. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1447229>
- ITU. (2010). Measuring the information society report 2010. Erişim Tarihi: 09 Aralık 2025, <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2010.aspx>
- ITU. (2025a). Measuring digital development: The ICT Development Index 2025. İndirilme Tarihi: 18 Kasım 2025, <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/idi2025/>
- ITU. (2025b). Statistics - Individuals using the internet. Erişim Tarihi: 25 Kasım 2025, <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/pages/stat/default.aspx>
- Ivanová, E., & Grmanová, E. (2023). Digital transformation and ICT sector performance in EU countries. *Problems and Perspectives in Management*, 21(1), 48-58. [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(1\).2023.05](https://doi.org/10.21511/ppm.21(1).2023.05)
- Kara, M. A. (2025). Evaluating information and communication technology (ICT) levels in Visegrad countries: A performance analysis using MPSI-LOPCOW-BSS framework. *International Journal of Business and Economic Studies*, 7(3), 172-187. <https://doi.org/10.54821/uiecd.1727403>
- Karadağ, M. M. (2025). An in-depth evaluation of the financial performance of Turkish Football Clubs using entropy-based RAWEC, FUCA, and SAW Methodologies. *Journal of Physical Education and Sport ® (JPES)*, 25(3), 661-671. <https://doi.org/10.7752/jpes.2025.03071>

- Keleş, N. (2024). Comparison of information and communication technologies used in OECD countries by multi-criteria decision making methods. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 10(2), 215-229. <https://doi.org/10.30855/gjeb.2024.10.2.002>
- Mao, Q., Dong, G., Xiao, Y., Wu, H., Gao, Y., & Fan, J. (2025). Risk assessment of microalgae carbon sequestration projects under hesitant fuzzy linguistic environment. *Sustainability*, 17(16), 7259. <https://doi.org/10.3390/su17167259>
- Mohamed, M., Abdelmouty, A. M., Mohamed, K., & Smarandache, F. (2025). SuperHyperSoft-driven evaluation of smart transportation in Centroidous-MOOSRA: Real-world insights for the UAV era. *Neutrosophic Sets and Systems*, 78(1), 149-163.
- Mohammed, A., Rahman, M., Demir, G., Shah, B., & Alaya, A. (2025). When warehouses dream: a systems-informed exploration of Industry 5.0 principles in warehousing performance management. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/23302674.2025.2559257>
- Özkan, Ö., & Atan, M. (2023). Avrupa Birliği dijital ekonomi ve toplum indeksinin çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile incelenmesi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 58(4), 3113-3134. <https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.23.11.2182>
- Özmen, M. (2020). OECD Ülkelerinin telekomünikasyon sektörü açısından SMAA-EDAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 224-237. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.611987>
- Öztaş, T. (2025). Türkiye’de yol güvenliği performansının çok kriterli değerlendirilmesi: bütünleşik Centroidous-RAM yaklaşımı. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(4), 1928-1948. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1747389>
- Öztaş, T. (2026). Sürdürülebilir kent hareketliliği performans değerlendirmesi için yeni bir çok kriterli karar verme yaklaşımı: MEREC-RAWEC uygulaması. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 9(1). <https://doi.org/10.34248/bsengineering.1790371>
- Petrović, M., Bojković, N., Anić, I., & Petrović, D. (2012). Benchmarking the digital divide using a multi-level outranking framework: Evidence from EBRD countries of operation. *Government Information Quarterly*, 29(4), 597-607. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2012.05.008>
- Puška, A., Nedeljković, M., Štilić, A., Pamučar, D., & Božanić, D. (2025). Assessment of ecotourism potential in rural settlements in the function of rural development. *Cogent Social Sciences*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2025.2569756>
- Puška, A., Štilić, A., Pamučar, D., Božanić, D., & Nedeljković, M. (2024). Introducing a novel multi-criteria ranking of alternatives with weights of criterion (RAWEC) model. *MethodsX*, 12, 102628. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102628>
- Rasoanaivo, R. G. (2025). Decision support system using Centroidous and CoCoFISo methods for analyzing resource availability in high schools. *Journal of Operations Intelligence*, 3(1), 197-226. <https://doi.org/10.31181/jopi31202546>
- Shamsi, M., Zakerinejad, M., & Zareifard, M. R. (2025). Waste to emerging and sustainable wealth: An integrated mining 4.0-recycling 4.0-decision making 4.0 framework

- overcoming greener red mud recycling technologies promotion. *Environmental Technology & Innovation*, 40, 104440. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104440>
- Stankovic, J. J., Marjanovic, I., Drezgic, S., & Popovic, Z. (2021). The digital competitiveness of european countries: a multiple-criteria approach. *Journal of Competitiveness*, 13(2), 117-134. <https://doi.org/10.7441/joc.2021.02.07>
- Şahin Macit, N. (2024). Avrupa ve Orta Asya ülkelerinde BİT gelişmişlik düzeyinin entegre MPSI-RAPS yöntemi ile ölçülmesi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(29), 24-53. <https://doi.org/10.36543/kauibfd.2024.002>
- Şişman, S., Keskin, T., & Nebati, E. E. (2024). Küresel dijital rekabet edebilirlik endeksi analizi: Entropi tabanlı TOPSIS yaklaşımı. *Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi*, 6(16), 363-391. <https://doi.org/10.47994/usbad.1510869>
- Torkayesh, A. E., & Torkayesh, S. E. (2021). Evaluation of information and communication technology development in G7 countries: An integrated MCDM approach. *Technology in Society*, 66, 101670. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101670>
- Vinogradova-Zinkevič, I. (2024). Centroidous method for determining objective weights. *Mathematics*, 12(14), 2269. <https://doi.org/10.3390/math12142269>
- Yakut, E. (2020). OECD ülkelerinin bilgi ve iletişim teknolojileri gelişmişliklerinin MOORA ve WASPAS yöntemiyle değerlendirilerek kullanılan yöntemlerin Copeland yöntemiyle karşılaştırılması. *Journal of Graduate School of Social Sciences*, 24(3), 1275-1294. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ataunisobil/issue/57299/770658>
- Yürüyen, A. A., & Ulutaş, A. (2024). Assessing the urban competitiveness of European cities using LOPCOW-RAWEC methodologies. *International Journal of Knowledge and Innovation Studies*, 2(3), 179-189. <https://doi.org/10.56578/ijkis020305>
- Zavadskas, E. K., & Podvezko, V. (2016). Integrated determination of objective criteria weights in mcdm. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(2), 267-283. <https://doi.org/10.1142/S0219622016500036>
- Ziemba, P., & Becker, J. (2019). Analysis of the digital divide using fuzzy forecasting. *Symmetry*, 11(2), 166. <https://doi.org/10.3390/sym11020166>
- World Bank. (2025). World Bank Open Data. Erişim Tarihi: 08 Aralık 2025, <https://data.worldbank.org/>