

*Hibrit bir ÇKKV modeli ile G20 ülkelerinin lojistik performansının ölçülmesi

Measuring the logistics performance of G20 countries with a hybrid MCDM model

Ebru Acar Akbulut¹ 

Alptekin Ulutaş² 

Ali Aygün Yürüyen³ 

Saime Balalan⁴ 

Öz

Lojistik, yatırım kârını azami seviyeye yükseltmek için bir ürünü depolayabilen veya stratejik olarak akışlarını belirli bir plan dahilinde kontrol edebilen bir yönetim kararı oluşturmaya yönelik sistemdir. Lojistik Performans Endeksi (LPI), ülkelerin lojistik alanında durum tespiti yapabilmeleri ve iyileştirmeleri gereken alanları belirlemede oldukça önemlidir. Bu makale G20 ülkelerinin lojistik performanslarını Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile değerlendirmektedir. Çalışmada kullanılan veriler Dünya Bankası'nın 2018 yılında yayınladığı LPI raporundan alınmıştır. ÇKKV yöntemleri, en iyi performans gösteren alternatifin seçimi veya istenilen hedef doğrultusunda performans ölçümleme ve sıralama ihtiyacı duyulan her alanda kullanılabilir. Çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemleri herhangi bir çalışmada birlikte daha önce kullanılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma özgün bir çalışmadır. Çalışmada kriter ağırlıklarının değerlendirilmesinde üç farklı yöntem (SD, PSI ve MEREC) bir arada kullanılmıştır. Bu üç farklı yöntemin bir arada kullanılmasıyla daha kesin ve güvenilir sonuçların elde edildiği düşünülmektedir.

Çalışmada alternatiflerin sıralanması için literatürde nadiren kullanılan MARA (Magnitude of the Area for the Ranking of Alternatives/Alternatiflerin Sıralanması için Alan Büyüklüğü) yöntemi uygulanmıştır. Literatürde MARA yöntemi kullanılarak yapılan Türkçe yayın bulunmamaktadır. Çalışma literatürde bulunan bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Uygulanan yöntemler ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda Almanya en iyi performans gösteren alternatif olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik Performans, ÇKKV, LPI, SD, PSI, MEREC, MARA

İel Kodları: C02, C60, C61, M11, L91

Abstract

Logistics is a system for creating a management decision to store a product or strategically control its flows within a certain plan to maximize investment profit. The Logistics Performance Index (LPI) is very important for countries to determine the situation in the field of logistics and to determine the areas that need improvement. This article evaluates the logistics performance of G20 countries with Multi-criteria decision-making (MCDM) methods. The data utilised in the study were taken from the LPI report published by the World Bank in 2018. MCDM methods can be used in any field where performance measurement and ranking are needed to select the best-performing alternative or the desired target. The MCDM methods used in the study have not been used together in any previous study. Therefore, this study is original. The study used three different methods (SD, PSI and MEREC) to evaluate the criteria weights. It is thought that more precise and reliable results can be obtained using these three methods together.

In the study, the MARA (Magnitude of the Area for the Ranking of Alternatives) method, seldom used in the literature, was used to rank the alternatives. There are no Turkish publications in the literature using the MARA method. The study aims to fill this gap in the literature. Germany was determined as the best-performing alternative in line with the methods applied and the results acquired.

Keywords: Logistics Performance, MCDM, LPI, SD, PSI, MEREC, MARA

İel Codes: C02, C60, C61, M11, L91

¹Bu çalışmada birinci yazarın 2023 yılında Doç.Dr. Alptekin Ulutaş'ın danışmanlığında Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı'nda yürüttüğü "Objektif Ağırlıklandırma Yöntemleri Tabanlı Yeni Bir Çok Kriterli Kara Verme Modeli İle G20 Ülkelerinin Lojistik Performansının Ölçülmesi" başlıklı yüksek lisans tezinin bir kısmı alınmıştır

²Yüksek Lisans Mezunlu, Sivas İŞGEM, Sivas, Türkiye,
ebruacarakbulut@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6056-2118

³Doç. Dr., İnönü Üniversitesi, İ.İ.B.F., Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik, Malatya, Türkiye,
alptekin.ulutas@inonu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-8130-1301

⁴Öğr. Gör., Ardahan Üniversitesi, Nihat Delibalta Göle Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Ardahan, Türkiye, aliaygunyuruyen@ardahan.edu.tr

ORCID: 0000-0002-0323-7789

⁵Yüksek Lisans Öğrencisi, İnönü Üniversitesi, İ.İ.B.F., Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik, Malatya, Türkiye,

saimebalalan@gmail.com

ORCID: 0009-0002-5205-7175

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Ebru Acar Akbulut

Yüksek Lisans Mezunlu, Sivas İŞGEM, Sivas, Türkiye,
ebruacarakbulut@gmail.com

Başvuru/Submitted: 26/09/2023

Revizyon/ Revised: 15/12/2023

Kabul/Accepted: 22/12/2023

Yayın/Online Published: 25/03/2024

Atıf/Citation: Akbulut Acar, E., & Ulutaş, A., & Yürüyen, A.A., & Balalan, S., Hibrit bir ÇKKV modeli ile G20 ülkelerinin lojistik performansının ölçülmesi, *bmij* (2024) 12 (1): 1-21 doi: <https://doi.org/10.15295/bmij.v12i1.2300>

Extended Abstract

Measuring the logistics performance of G20 countries with a hybrid MCDM model

Literature

There are many studies in the literature on logistics performance evaluation. Some studies on logistics performance evaluation using MCDM methods are as follows. Andrej ve Kilibarda (2014) calculated LPI component values for 10 countries in Central Europe between 2007 and 2014 using the data envelopment method. Uca, Civelek and Cemberci (2015) examined the relationship of LPI with the Gross National Product and used structural equation model analysis to determine the subcomponents' impact area. Cakir (2016), in 2014, OECD countries created a new hybrid model by proposing a new methodology for logistics performance measurement. Performance measurement was carried out using CRITIC, SAW, and Peter's fuzzy regression methods. Bayir and Yilmaz (2017) measured the logistics performance of 20 European Countries in 2016 by weighting criteria with the Analytical Hierarchy Process (AHP) method and ranking them with the VIKOR method. Using the static panel data approach, Wong and Tang (2017) selected how countries will increase their logistics performance and the criteria that will affect this measurement, and they determined the issues that are important to be at the top of the logistics performance index rankings. Ayaydin, Durmus and Pala (2017) used GIA to measure the performance of logistics companies in the 2011 FORTUNE 500 list and ranked the companies' financial performances. Ulutaş (2018) analyzed the performance of logistics companies using Entropy and EDAS methods. Oguz, Alkan and Yilmaz (2019) analyzed the logistics performance of 7 Asian countries according to 2018 LPI values. Yalcin and Ayvaz (2020) ranked the logistics performances of the determined countries using fuzzy AHP and TOPSIS methods. Yuruyen and Ulutas (2020) ranked the performance of third-party logistics companies using Fuzzy AHP and Fuzzy EDAS methods. Yildirim and Mercangoz (2020) evaluated the logistics performances of OECD countries using Fuzzy AHP and Gray ARAS methods. Altıntaş (2021) evaluated the LPIs of EU countries using the CRITIC, WASPAS and COPRAS methods. Mešić, Miškić, Stević and Mastilo (2022) evaluated the LPIs of the Western Balkan countries by integrating CRITIC and MARCOS methods. Yuruyen, Ulutas and Ozdagoglu (2023) evaluated the performance of the logistics companies in the 2021 FORTUNE 500 list.

Research subject

The subject of the study is the evaluation of the logistics performance of G20 countries according to the LPI report published by the World Bank in 2018.

Research purpose and importance

Formulating a scientific and effective basic performance measurement system is a complex problem. While measuring performance, more than one factor affects the analysis. For this reason, multi-criteria decision-making (MCDM) methods can be used when measuring performance. This study aims to evaluate the 2018 performance of G20 countries by integrating MCDM methods.

Contribution of the article to the literature

There are no Turkish publications in the literature using the MARA method. However, the number of studies using the MARA method in the literature is quite low. The study aims to fill this gap in the literature. The methods mentioned in this study have not been used in the literature. For these reasons, the study is original and contributes to the literature for these reasons.

Design and method

The objective weights of the evaluation criteria were determined by applying the PSI, SD and MEREC methods. Alternatives were ranked using the MARA method, using the weights of the determined criteria.

Findings and discussion

According to the results of the MARA method, countries are ranked according to their logistics performance as follows: Germany, United Kingdom, Japan, United States of America, France, Canada, Australia, Italy, South Korea, China, South Africa, Turkey, India, Indonesia, Saudi Arabia, Mexico, Brazil, Argentina and Russia. Depending on the ranking obtained, the country with the best logistics performance among the G20 countries was determined to be Germany, while the country with the worst logistics performance was determined to be Russia.

Conclusion, recommendation and limitations

The main purpose of this study is to analyze and rank the logistics performance values of G20 countries by integrating known and newly introduced methods in the literature. The study used three different methods (PSI, SD and MEREC) to evaluate the criterion weights. Results from three objective criterion weighting methods were combined for a more precise criterion weighting. The order of criteria from highest to lowest importance according to combined weights is as follows: K1 (customs), K5 (traceability), K2 (infrastructure), K3 (internal shipments), K4 (logistics adequacy) and K6 (timing). After combining the criteria weights, the MARA method was applied to rank the alternatives. Germany was determined as the best-performing alternative in line with the methods applied and the results obtained. Although this study is comprehensive in terms of method, it also has limitations.

As a first limitation, no expert opinion was sought in the study. The study was prepared based on completely objective data. Since no expert opinion was sought, no subjective weighting method was applied. Another limitation of the study is that only G20 countries were evaluated. Reports indicating the logistics performances of 140 countries are published every two years by the World Bank. A more detailed study could have been conducted if all the countries in the published report had been evaluated. Another limitation is the study's application of non-fuzzy MCDM methods. Solving this problem with fuzzy or grey MCDM methods can make the results more meaningful. The last limitation is that the logistics performances of G20 countries are evaluated concerning only one annual report. More detailed observations and conclusions could be reached using the data in all reports starting from 2007 in the study. Future studies can be conducted in more detail based on the abovementioned constraints. In particular, they can produce a more comprehensive study using fuzzy/grey MCDM methods. However, future studies can use the MCDM methods used in this study for different decision-making problems and integrate them with different MCDM methods.

Giriş

Lojistik, yatırım kârını azami seviyeye yükseltmek için bir ürünü depolayabilen veya stratejik olarak akışlarını belirli bir plan dahilinde kontrol edebilen bir yönetim kararı oluşturmaya yönelik sistemdir. Diğer bir deyişle lojistik; dünyanın herhangi bir bölgesinde bulunan müşteriye rakiplerden daha etkili ve süratli bir şekilde ulaşmanın ve yeni rekabetlerin kilit noktasıdır. Lojistiğin içeriğinde planlama, tahminleme, organize etme, örgütleme, koordinasyonu sağlama ve kontrolü sağlama unsurları bulunmaktadır (Şen, 2014: 85). Lojistik, geleneksel olmayan, en az kaynak ve zaman zayıyatı ile arzulan amaçlara varmak için, gerekli olan malzeme ve bilgi taşımalarının, tedarik zincirindeki aynı olmayan öğelerinin uyumu ile (teknolojik ve teknik bilgi) dolaysız müşterek bir sistem dâhiline teslimini kapsamaktadır (Parashkevova, 2007: 29-30).

Lojistik sektörünün ülke ekonomisine etkisi, rekabet edebilirliğe katkısı ve maliyetlerin en aza indirilmesine katkı sağlaması sebebiyle son zamanlarda bulunduğu konumdan daha önemli bir konuma gelmiştir. Daha yüksek lojistik performansa sahip olan ülkeler, küresel ticarete daha fazla pay elde etmiş ve hızlı ekonomik büyüme göstermişlerdir. Lojistik Performans Endeksi, Dünya Bankası'nın ulusların lojistik performanslarını değerlendirmek ve kıyaslamak, lojistik süreçlerde karşılaştıkları güçlükleri tespit etmek ve iyileştirmek için kullanılan ölçümlerden biridir (Bayraktutan ve Özbilgin, 2015). Küresel düzeyde ülkelerin diğer dünya ülkeleri ile arasındaki lojistik konumlarını belirlemeleri Lojistik performans değerlendirmesini oldukça önemli kılmaktadır. LPI (Lojistik Performans Endeksi) bu açıdan ülkelere yardımcı olmaktadır. Bir diğer ifade ile LPI ülkelerin lojistik açısından dünyadaki konumunu göstermektedir. Mevcut LPI ölçüm kriterleri altı adettir: altyapı, gümrük işlemleri, lojistik hizmetlerin kalitesi ve yetkinlik, uluslararası sevkiyatlar, zamanlama ve sevkiyatların takibi ve izlenebilmesi kriteridir. Bugüne kadar LPI değerleri 2007, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2023 yıllarında yayınlanmıştır ve 160 ülkeye ait LPI değerleri raporlanmıştır. Dünya Bankası'nın LPI değerlerini yayınladığı ilk yıl olan 2007 itibarıyla yapılan tüm değerlendirmelerde lojistiğin hem altyapıları bir araya getirdiğine hem de hizmetlerin sürdürülebilirliğinin ve esnekliğinin arttığına ayrıca ticaretin kolaylaştıran bir nizam oluşturulduğuna dikkat çekilmektedir (Arvis, Ojala, Wiederer, Shepherd, Raj, Dairabayeva ve Kiiski, 2018: 7).

Bu çalışma G20 ülkelerinin lojistik performanslarını ÇKKV yöntemleri ile değerlendirmektedir. Çalışmada kullanılan veriler Dünya Bankası'nın 2018 yılında yayınladığı LPI raporundan alınmıştır. Değerlendirme kriterlerinin objektif ağırlıkları PSI, SD ve MEREC yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerin ağırlıkları kullanarak MARA yöntemi ile alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Literatürde MARA yöntemi kullanılarak yapılan Türkçe yayın bulunmamaktadır. Çalışma literatürde bulunan bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Bununla birlikte çalışmada kullanılan yöntemler daha önce hiç, bir arada kullanılmamıştır. Bu sebeplerden dolayı çalışma özgündür ve literatüre katkı sunmaktadır.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Gelecek bölümde hem lojistik performans değerlendirmesi hem de yöntemlerin literatür incelemeleri sunulacaktır. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan yöntemler tanıtılacaktır. Dördüncü bölümde Dünya Bankası'nın 2018 yılında yayınladığı LPI raporundan alınan veriler doğrultusunda G20 ülkelerinin lojistik performansları analiz edilecektir. Son bölümde ise sonuçlara ve tartışmaya yer verilecektir.

Literatür taraması

Literatür incelemesi, (1) Lojistik performans değerlendirmesi ile ilgili çalışmalar, (2) Yöntemler açısından literatür incelemesi olmak üzere iki yönlü yapılmıştır.

Lojistik performans değerlendirmesi ile ilgili çalışmalar

Lojistik performans açısından literatürde birçok çalışma yer almaktadır. Çalışmaların bir kısmı Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Lojistik Performans ile İlgili Literatür Taraması

Yazarlar	Yıl	Yöntemler	Problem
Andrejic vd.	2014	Veri Zarflama	Orta Avrupa’da yer alan 10 ülkeye ait 2007-2014 yılları için LPI bileşen değerleri hesaplanmıştır.
Uca vd.	2015	Yapısal Eşitlik Modeli Analizi	LPI’nın Gayri Safi Milli Hasıla ile ilişki durumu incelenmiştir.
Çakır	2017	CRITIC, SAW ve Peter’s bulanık regresyon	2014 yılı OECD ülkelerinin lojistik performans ölçümü yapılmıştır.
Bayır vd.	2017	AHP ve VIKOR	20 Avrupa Ülkesinin 2016 yılı lojistik performans ölçümleri yapılmıştır.
Wong vd.	2017	Statik Panel Veri Yaklaşımı	Ülkelerin lojistik performanslarını nasıl arttıracaklarını ve bu ölçümü etkileyecek kriterleri seçmiş, lojistik performans endeksi sıralamasında üst sıralarda olmak için önem arz eden konuları belirlemişlerdir.
Ayaydın vd.	2017	GIA	2011 yılında yayınlanan FORTUNE 500 listesinde bulunan lojistik firmalarının performans ölçümlerini yapmışlardır.
Ulutaş	2018	Entropi ve EDAS	Lojistik işletmelerinin performansı analiz edilmiştir.
Pamucar, Chatterjee, ve Zavadskas,	2019	Aralıklı Kaba Küme Tabanlı BWM, WASPAS ve MABAC	Üçüncü parti lojistik firmalarının performanslarını değerlendirmişlerdir.
Oğuz vd.	2019	TOPSIS	2018 yılı LPI değerlerine göre 7 Asya ülkesinin lojistik performansı analiz edilmiştir.
Wen, Liao, Kazimieras Zavadskas ve Al-Barakati	2019	Tereddütlü Bulanık Dilsel CoCoSo	Üçüncü parti lojistik firmalarının performanslarını değerlendirmişlerdir.
Yıldırım ve Mercangöz	2020	Bulanık AHP ve Gri ARAS	OECD ülkelerinin lojistik performansları değerlendirilmiştir.
Yağın vd.	2020	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS	Belirlenen ülkelerin lojistik performanslarını sıralamışlardır.
Yürüyen vd.	2020	Bulanık AHP ve Bulanık EDAS	Üçüncü parti lojistik firmalarının performanslarını değerlendirmişlerdir.
Pamucar, Žižović, Biswas ve Božanić	2021	LMAW	Lojistik işletmelerin performanslarını belirlemişlerdir.
Altıntaş	2021	CRITIC, WASPAS ve COPRAS	AB ülkelerinin LPI’ları değerlendirilmiştir.
Stević, Tanackov, Puška, Jovanov, Vasiljević ve Lojaničić	2021	SERVQUAL ve FUCOM	Tersine lojistik hizmetlerinde kaliteyi belirlemişlerdir
Ulutaş ve Karaköy	2021	Gri SWARA ve Gri MOORA	Geçiş Ekonomi ülkelerinin LPI’ları değerlendirilmiştir.
Ersoy	2022	MEREC ve MARCOS	AB ve OECD üyesi ulusların yenilik performansları belirlenmiştir.
Nguyen, Wang, Dang, Dang ve Dang	2022.	Gri AHS ve Gri	Lojistik soğuk zincir alanında faaliyet gösteren firmaların performanslarını değerlendirmişlerdir.
Çalık vd.	2022	AHP, Bulanık AHP, Pisagor AHP, TOPSIS, VIKOR ve CODAS	Seçilmiş ülkelerin LPI’ları değerlendirilmiştir.
Mešić vd.	2022	CRITIC ve MARCOS	Batı Balkan ülkelerinin LPI’ları değerlendirilmiştir.
Yürüyen vd.	2023	SV, MEREC, CRITIC, LOPCOW, MACONT	2021 yılında yayınlanan FORTUNE 500 listesinde bulunan lojistik firmalarının performanslarını değerlendirmişlerdir.
Boakai ve Samanlıoğlu	2023	Bulanık BWM	Üçüncü parti lojistik firmalarının performanslarını değerlendirmişlerdir.

Yöntemler açısından literatür incelemesi

Bu bölümde çalışmada yararlanılan ÇKKV yöntemlerine ait literatür incelemesi sunulmuştur.

PSI yöntemine ait literatür incelemesi

PSI yöntemi 2010 yılında Maniya ve Bhatt tarafından geliştirilmiştir (Maniya ve Bhatt, 2010). Alternatif sıralama yöntemi olan PSI, bazı çalışmalarda (Ulutaş, 2020) ağırlık bulma yöntemi olarak kullanılmıştır. Maniya vd. (2010), malzeme seçimi probleminde PSI yöntemi uygulanmış ve yöntemin geçerliliği ve tutarlılığı farklı yöntemlerle karşılaştırılarak test edilmiştir. Yazarlar, PSI metodunu diğer metodlar ile kıyasladığında en uygun çözümü sunduğu sonucuna varmışlardır. Vahdani, Mousavi ve Tavakkoli-Moghaddam (2011), yakıt türleri seçimi sorununda Bulanık TOPSIS ve Bulanık PSI metodlarından faydalanmışlardır. Khorshidi ve Hassani (2013), malzeme seçim probleminde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde AHP’yi, alternatiflerin sıralanması için TOPSIS ve PSI yöntemlerini kullanmışlardır. Sarı (2019), makinelerin performans değerlendirmesi probleminde ve toplam ekipman verimliliği

değerleri ile kıyaslama çalışmasında PSI yönteminden yararlanmıştır. Demir (2022), bir sigorta şirketinin performans ölçümünde PSI ve SD yöntemlerini entegre etmiştir. Çalışmada alternatiflerin sıralanmasında MABAC yöntemi kullanılmıştır.

SD yöntemine ait literatür incelemesi

SD yönteminde ağırlık istatistiksel standart sapma ile bulunmaktadır. Bu yöntemi Rao ve Patel (2010) çalışmalarında malzeme seçim sorununun çözümünde ve Rao, Patel ve Parnichkun (2011) ise endüstriyel robot seçim probleminin çözümünde kullanmışlardır. Başka bir çalışmada Krishankumar, Saranya, Nethra, Ravichandran ve Kar (2019) SD yönteminden, stratejik proje seçimi ile yeşil tedarikçi seçimi sorunlarının çözümünde yararlanmıştır. Ulutaş ve Karaköy (2019), SD ve WASPAS yöntemlerinden faydalanarak G20 ülkelerinin lojistik performansını değerlendirmişlerdir. SD yöntemi kriter ağırlıkları hesaplanmasında, WASPAS yöntemi ise ülkelerin sıralanmasında kullanılmıştır. Aydın (2021), hayat dışı sigorta firmalarının 2013-2019 yıllarındaki finansal performansını SD ve EDAS metodlarından faydalanarak analiz etmiştir. SD yöntemi kriterlerin ağırlıklarının bulunmasında, EDAS metodu ise alternatiflerin sıralanmasında kullanılmıştır.

MEREC yöntemine ait literatür incelemesi

MEREC, kriterlerin ağırlıklarının bulunmasında kullanılan bir metot olup Ghorabae ve meslektaşları tarafından 2021 yılında literatüre sunulmuştur (Ghorabae vd., 2021). Ghorabae (2021), MEREC, WASPAS ve modifiye edilmiş SWARA yöntemlerini entegre ederek, İran'da yer alan bir firmanın dağıtım merkezleri için yer seçeneklerini analiz etmiştir. Goswami, Mohanty ve Behera (2022), yenilenebilir enerji santrali seçim probleminde PIV ve MEREC yöntemlerini beraber kullanmışlardır Karakaş (2022), sürdürülebilir tedarikçi seçimi sorununu MEREC tabanlı MAIRCA tekniğinden faydalanarak çözümlenmiştir. Ulutaş, Stanujkic, Karabasevic, Popovic ve Novaković (2022), forklift seçimi probleminde WISP-S ve MEREC yöntemlerini entegre ederek kullanmışlardır.

MARA yöntemine ait literatür incelemesi

MARA yöntemi, alternatiflerin sıralanması için alanın büyüklüğüne dayanmaktadır (Gligorić, M., Gligorić, Z., Lutovac, Negovanović ve Langović, 2022). Bu yöntem Gligorić vd. (2022) tarafından geliştirilmiştir. Optimal alternatifin altındaki iki ana fonksiyon ve her bir alternatif, önerilen bu yöntemin ana kavramları olarak oluşturulmuştur. Optimumun altındaki alanın ve her alternatifin hesaplanması, bu çalışmanın temelini oluşturan alanın büyüklüğünün hesaplanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Alternatifin altındaki alan, doğrusal fonksiyonun 0-1 aralığında kesin entegrasyonu ile hesaplanır (Gligorić vd., 2022). Yeni geliştirilen bu yöntemle yapılan yayın Gligorić vd. (2022) sayısı sadece bir tanedir. Gligorić vd. (2022), yeraltı madeninde destek sistemi seçimi için MPSI-MARA yöntemlerinden oluşan karar verme modelini kullanmışlardır.

Metodoloji

Çalışmada kriter ağırlıklarının hesaplanmasında SD, PSI ve MEREC yöntemleri bir arada kullanılmıştır. G20 ülkelerinin lojistik performanslarının sıralanması için ise literatürde nadiren kullanılan MARA yöntemi uygulanmıştır.

PSI yöntemi

PSI yönteminin aşamaları şu şekildedir (Maniya ve Bhatt, 2011):

Adım 1-1: Karar matrisi (T) düzenlenir.

$$T = [t_{ij}]_{m \times n} \quad (1)$$

Yukarıda yer alan eşitlik 1' de belirtilen t_{ij} değeri i . alternatifin j . kriterdeki performansını belirtmektedir.

Adım 1-2: Eşitlik 1'de sunulan T matrisi normalize edilir. Bu işlem faydalı kriterlerin normalize işleminde Eşitlik 2 kullanılırken, maliyet (faydasız) kriterlerin normalize işlemlerinde Eşitlik 3 kullanılır.

$$t_{ij}^* = \frac{t_{ij}}{\max(t_{ij})} \quad (2)$$

$$t_{ij}^* = \frac{\min(t_{ij})}{t_{ij}} \quad (3)$$

Adım 1-3: Normalize değerlerin ortalaması Eşitlik 4 yardımıyla bulunur.

$$\bar{t}_{ij}^* = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ij}^*}{m} \quad (4)$$

Adım 1- 4: Tercih varyans değeri (PV_j) hesaplanır.

$$PV_j = \sum_{i=1}^m (t_{ij}^* - \bar{t}_{ij}^*)^2 \quad (5)$$

Adım 1-5: Genel tercih değeri (∇_j) ve PSI yöntemine göre kriter ağırlıkları (w_{jPSI}) belirlenir.

$$\nabla_j = |1 - PV_j| \quad (6)$$

$$w_{jPSI} = \frac{\nabla_j}{\sum_{j=1}^n \nabla_j} \quad (7)$$

SD yöntemi

Standart sapma olarak tanınan SD yöntemi, kriterlerin ağırlıklarını standart sapmalarına göre belirler. Bu yöntemin aşamaları aşağıda belirtilmiştir (Diakoulaki, Mavrotas ve Papayannakis, 1995):

Adım 2-1: Karar matrisi düzenlenir. Karar matrisine Eşitlik 1' de yer verilmiştir.

Adım 2-2: Karar matrisi normalize edilir. Faydalı kriterlerin normalize işleminde Eşitlik 8' den yararlanılırken, maliyet (faydasız) kriterlerin normalize işlemlerinde Eşitlik 9' dan yararlanılır.

$$v_{ij} = \frac{t_{ij} - \min(t_{ij})}{\max(t_{ij}) - \min(t_{ij})} \quad (8)$$

$$v_{ij} = \frac{\max(t_{ij}) - t_{ij}}{\max(t_{ij}) - \min(t_{ij})} \quad (9)$$

Adım 2-3: Eşitlik 10 yardımıyla kriterlerin ağırlığı (w_{jSD}) bulunur.

$$w_{jSD} = \frac{\sigma_j}{\sum_{j=1}^n \sigma_j} \quad (10)$$

Eşitlik 10' da gösterilen σ_j değeri j . ölçütünün standart sapmasını belirtmektedir. Performans ölçütlerine ilişkin hesaplanan w_{jSD} değerleri yorumlanırken en yüksek değere haiz kriter performans üzerinde en önemli, en önemsiz kriter en düşük skora sahip kriter olarak değerlendirilir.

MEREC yöntemi

MEREC yöntemi literatüre ilk kez Ghorabae vd. vasıtasıyla 2021 yılında tanıtılmıştır (Ghorabae vd., 2021). Bu metodun adımları aşağıda sunulmuştur (Ghorabee vd., 2021).

Adım 3-1: Karar matrisi düzenlenir. Karar matrisine Eşitlik 1' de yer verilmiştir.

Adım 3-2: Normalize karar matrisinin oluşturulması. Faydalı kriterler Eşitlik 11 vasıtasıyla, faydasız (maliyet) kriterler ise Eşitlik 12 vasıtasıyla normalize edilir.

$$d_{ij} = \frac{\min(t_{ij})}{t_{ij}} \quad (11)$$

$$d_{ij} = \frac{t_{ij}}{\max(t_{ij})} \quad (12)$$

Adım 3-3: Toplam performans değerinin (S_i) elde edilmesi. Eşitlik 13 ile her bir alternatifin toplam performans değeri hesaplanır.

$$S_i = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_j |\ln(d_{ij})| \right) \right) \quad (13)$$

Adım 3-4: Alternatiflerin performansının (S'_{ij}) bulunması. Bu işlemde her bir kritere ait değer ayrı ayrı çıkartılar böylece alternatiflerin performansındaki değişiklikler elde edilir. Bu işlem Eşitlik 14 ile yapılır.

$$S'_{ij} = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_{k,k \neq j} |\ln(d_{ik})| \right) \right) \quad (14)$$

Adım 3-5: Mutlak sapmaların (E_j) toplamının bulunması. Eşitlik 15 ile her bir kriterin kendisi üzerindeki çıkarılma etkisinin ölçülür.

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i| \quad (15)$$

Adım 3-6: MEREC yöntemine göre kriterlerin ağırlıklarının (w_{jMER}) hesap edilmesi. Eşitlik 16 ile her bir kriterin ağırlığı hesaplanır.

$$w_{jMER} = \frac{E_j}{\sum_k E_k} \quad (16)$$

Yöntemlere göre hesaplanan kriterlerin objektif ağırlıkları Eşitlik 17 ile bir araya getirilir (Zavadskas ve Podvezko, 2016).

$$w_{jB} = \frac{w_{jPSI}w_{jSD}w_{jMER}}{\sum_{j=1}^n w_{jPSI}w_{jSD}w_{jMER}} \quad (17)$$

Eşitlik 17’de gösterilen w_{jB} j . kriterin birleşik ağırlığıdır.

MARA yöntemi

Alternatif seçiminde kullanılan MARA yönteminin aşamaları aşağıda sıralanmaktadır (Gligorić vd.,2022).

Adım 4-1: Karar matrisi düzenlenir. Karar matrisine Eşitlik 1’de yer verilmiştir.

Adım 4-2: Karar matrisi normalize edilir. Faydalı kriterlerin normalize işleminde Eşitlik 2’den yararlanılırken, maliyet (faydasız) kriterlerin normalize işlemlerinde Eşitlik 3’ten yararlanılır.

Adım 4-3: Normalize edilmiş değerler Eşitlik 18 yardımıyla ağırlıklandırılır.

Ağırlıklı normalizasyon, w_{jB} kriter ağırlığına karşılık gelen normalleştirilmiş değer t_{ij}^* ile çarpımına dayanır:

$$g_{ij} = w_{jB} * t_{ij}^*, \quad \forall i \in [1,2, \dots, m], \forall j \in [1,2, \dots, n] \quad (18)$$

Adım 4-4: Optimal alternatif belirleme

Optimal alternatif aşağıdaki şekilde belirlenen unsurlardan oluşur:

$$s_j = \max (g_{ij} | 1 \leq j \leq n), \quad \forall i \in [1,2, \dots, m] \quad (19)$$

Optimal alternatifin son seti aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_j\}, \quad j = 1,2, \dots, n \quad (20)$$

Adım 4-5: Optimal alternatif eşitlik 21 yardımı ile ayrıştırılır.

Optimal alternatifin ayrıştırılması, optimal alternatifin iki alt küme veya iki kısma bölünmesini temsil eder. S kümesi iki alt kümenin birleşimi olarak gösterilebilir:

$$S = S^{max} \cup S^{min} \quad (21)$$

Eğer k toplam fayda kriteri sayısını karakterize ediyorsa, o zaman $l = n - k$ toplam faydasız (maliyet) kriteri sayısını gösterir. Buna göre optimal alternatif Eşitlik 22 yardımıyla belirlenir:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\} \cup \{s_1, s_2, \dots, s_l\}; k + l = j \quad (22)$$

Adım 4-6: Her alternatif eşitlik 23 ve 24 yardımıyla ayrıştırılır.

$$R_i = R_i^{max} \cup R_i^{min}, \quad \forall i \in [1,2, \dots, m] \quad (23)$$

$$R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ik}\} \cup \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{il}\}, \quad \forall i \in [1,2, \dots, m] \quad (24)$$

Adım 4-7: Optimal alternatif için kriterin yoğunluğu Eşitlik 25 ve 26 yardımı ile hesaplanır.

$$S_k = s_1 + s_2 + \dots + s_k \quad (25)$$

$$S_l = s_1 + s_2 + \dots + s_l \quad (26)$$

Her alternatifin yoğunluğu, optimal alternatifle aynı şekilde hesaplanır:

$$R_{ik} = r_{i1} + r_{i2} + \dots + r_{ik}, \quad \forall i \in [1,2, \dots, m] \quad (27)$$

$$R_{il} = r_{i1} + r_{i2} + \dots + r_{il}, \quad \forall i \in [1,2, \dots, m] \quad (28)$$

Adım 4-8: MARA yöntemi aşağıdaki iki ana doğrusal fonksiyonun oluşturulmasına dayanmaktadır.

Birinci fonksiyon en iyi alternatifi dikkate alır ve aşağıdaki iki nokta $(0, S_k)$ ve $(1, S_l)$ üzerinden oluşturulur. Fonksiyon aşağıdaki gibi doğrusal formdadır.

$$f^{opt}(S_k, S_l) = \frac{S_l - S_k}{1 - 0} (x - S_k) + S_k = (S_l - S_k)x + S_k \quad (29)$$

Benzer şekilde, i 'inci alternatifi dikkate alarak ikinci fonksiyonu aşağıdaki şekilde oluşturulur.

$$f^i(R_{ik}, R_{il}) = \frac{R_{il} - R_{ik}}{1 - 0} (x - R_{ik}) + R_{ik} = (R_{il} - R_{ik})x + R_{ik} \quad (30)$$

Optimal alternatifin altındaki alan eşitlik 31 yardımıyla hesaplanır:

$$F^{opt} = \int_0^1 f^{opt}(S_k, S_l) dx = \int_0^1 ((S_l - S_k)x + S_k) dx = \frac{S_l - S_k}{2} + S_k \quad (31)$$

i 'inci alternatifin altındaki alan eşitlik 32 yardımıyla hesaplanır:

$$F^i = \int_0^1 f^i(R_{ik}, R_{il}) dx = \int_0^1 ((R_{il} - R_{ik})x + R_{ik}) dx = \frac{R_{il} - R_{ik}}{2} + R_{ik}; \forall i \in [1, 2, \dots, m] \quad (32)$$

i 'inci alternatifin Alanının büyüklüğü eşitlik 33 yardımıyla hesaplanır.

$$M_i = \int_0^1 f^{opt}(S_k, S_l) dx - \int_0^1 f^i(R_{ik}, R_{il}) dx; \forall i \in [1, 2, \dots, m] \quad (33)$$

Alternatiflerin nihai sıralaması M_i 'nin artan sırasına göre belirlenir.

Uygulama

Çalışmada incelenen problemin amacı, literatürde bilinen ve yeni tanıtılan yöntemleri entegre ederek G20 ülkelerinin lojistik performans değerlerinin analiz edilmesi ve sıralanmasıdır. Çalışmada kullanılan veriler Dünya Bankası'nın 2018 yılında yayınladığı LPI raporundan alınmıştır. G20 ülkelerinin analizi için Dünya Bankası'nın 'Rekabete Bağlanma Raporu' olarak da bilinen LPI her bir kriterin beş puanlık bir ölçek kullanılarak değerlendirildiği ve LPI değerleri hesaplanırken altı kriter göz önünde bulundurulduğu bir rapordur. Bu kriterler; gümrükler (KRT1), altyapı (KRT2), iç sevkiyatlar (KRT3), lojistik yeterlilik (KRT4), takip edilebilirlik (KRT5) ve zamanlamadır (KRT6). Çalışmada kullanılan kriterlerin hepsi faydalı kriterlerdir. Kriterlerinin ağırlıklandırılmasında 3 farklı (SD, PSI ve MEREC) ÇKKV yönteminden faydalanılmış ve bir araya getirilmiştir. G20 ülkelerinin sıralanması için ise MARA yönteminden faydalanılmıştır.

Bütün yöntemlerde ilk olarak kullanılacak G20 ülkelerinin LPI kriterlerindeki değerlerinin yer aldığı karar matrisi Tablo 2'de belirtilmiştir. Tablo 2'de yer alan değerler <https://lpi.worldbank.org/> adlı siteden alınmıştır.

Tablo 2: Karar Matrisi

Kriterler	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6
Ülkeler						
Almanya	4,09	4,38	3,83	4,26	4,22	4,40
Birleşik Krallık	3,85	4,09	3,69	4,04	4,10	4,32
Japonya	3,91	4,19	3,61	4,03	4,03	4,24
Amerika Birleşik Devletleri	3,76	4,10	3,54	3,93	4,13	4,14
Fransa	3,63	4,00	3,60	3,82	3,99	4,17
Kanada	3,70	3,91	3,45	3,90	3,91	4,03
Avustralya	3,76	3,92	3,40	3,76	3,83	4,00
İtalya	3,44	3,82	3,55	3,68	3,84	4,09
Güney Kore	3,43	3,75	3,43	3,63	3,75	3,96
Çin	3,28	3,73	3,57	3,58	3,63	3,86
Güney Afrika	3,29	3,39	3,53	3,42	3,56	3,85
Türkiye	2,94	3,36	3,19	3,23	3,37	3,68
Hindistan	2,97	3,01	3,24	3,18	3,33	3,57
Endonezya	2,69	2,81	3,08	3,07	3,23	3,59
Suudi Arabistan	2,70	3,18	3,05	2,94	3,19	3,43
Meksika	2,78	2,90	3,09	3,06	3,14	3,49
Brezilya	2,52	2,99	2,89	3,10	3,17	3,47
Arjantin	2,49	2,81	2,91	2,82	3,13	3,41
Rusya	2,25	2,64	2,59	2,74	2,67	3,23

Kriterlerin ağırlıklarının bulunması

Değerlendirme kriterlerinin objektif ağırlıkları PSI, SD ve MEREC yöntemi uygulanarak belirlenmiştir.

PSI yöntemi uygulama

Çalışmada kullanılan kriterlerin hepsi faydalı kriter olduğundan Eşitlik 2 yardımıyla karar matrisi normalize edilir. Normalizasyon işleminden sonra Eşitlik 4 yardımıyla ortalama değerler hesaplanır. Ardından Eşitlik 5 kullanılarak PV_j değeri, Eşitlik 6 kullanılarak V_j değeri ve son olarak Eşitlik 7 kullanılarak kriterlerin PSI yöntemine göre ağırlıkları (w_{jPSI}) hesaplanır. PSI yöntemine göre hesaplanan kriter ağırlıkları Tablo 3'te bulunmaktadır.

Tablo 3: PSI Yönteminin Sonuçları

Kriterler \ Sonuçlar	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6
PV_j	0,3321	0,2837	0,1290	0,2088	0,1905	0,1130
V_j	0,6679	0,7163	0,8710	0,7912	0,8095	0,8870
w_{jPSI}	0,1408	0,1510	0,1836	0,1668	0,1707	0,1870

Tablo 3'te yer alan kriter ağırlıklarının en önemliden başlamak üzere en önemsiz doğru sıralanması şu şekildedir: K6, K3, K5, K4, K2 ve K1. Böylece PSI metodunun sonuçlarına binaen en önemli kriter olarak K6 (zamanlama) kriteri belirlenirken yine aynı yöntemin sonuçlarına göre en önemsiz kriter olarak K1 (gümrükler) kriteri belirlenir.

SD yöntemi uygulama

İlk aşamada karar matrisini düzenlenir. Tablo 2'de karar matrisi sunulmuştur. Çalışmada kullanılan kriterlerin hepsi faydalı kriter olduğundan Eşitlik 8 yardımıyla karar matrisi normalize edilir. Son adımda Eşitlik 10'dan faydalanılarak her bir kriterin ağırlığı hesaplanır. Kriter ağırlığının hesaplanması için kriterlerin standart sapma değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. SD yöntemine göre hesaplanan kriter ağırlıkları (w_{jSD}) ve standart sapma değerleri (σ_j) Tablo 4'te belirtilmiştir.

Tablo 4: SD Yönteminin Sonuçları

Kriterler \ Sonuçlar	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6
σ_j	0,2939	0,3077	0,2546	0,2938	0,2727	0,2900
w_{jSD}	0,1716	0,1796	0,1487	0,1715	0,1592	0,1693

Tablo 4'e göre kriter ağırlıklarının en önemliden başlamak üzere en önemsiz doğru sıralanması şu şekildedir: K2, K1, K4, K6, K5 ve K3. SD metodunun sonuçlarına binaen en önemli kriter K2 (altyapı) kriteri olarak belirlenirken en önemsiz kriter K3 (iç sevkiyatlar) kriteri olarak belirlenir.

MEREC yöntemi uygulama

İlk aşamada Tablo 2'de bulunan karar matrisine Eşitlik 11 uygulanarak karar matrisi MEREC yöntemine göre normalize edilir. Normalizasyon işleminin ardından Eşitlik 13 yardımıyla her bir ülke için toplam performans değeri (S_i) hesaplanır. Ülkelerin toplam performans değerlerinin bulunmasının ardından ülkelerin performans değerleri hesaplanır. Her bir kritere ait değer ayrı ayrı çıkartılarak alternatiflerin performansındaki değişiklikler hesaplanır. Bu işlem Eşitlik 14 ile yapılır. Her bir kritere ait mutlak sapma değeri Eşitlik 15 ile bulunurken Eşitlik 16 ile de MEREC yöntemine göre kriter ağırlıkları bulunur. Tablo 5 kriterlerin mutlak sapma değerlerini ve ağırlıklarını gösterilmektedir.

Tablo 5: Kriterlerin Mutlak Sapma Değerleri ve Ağırlıkları

Kriterler	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6
Sonuçlar						
E_j	0,8630	0,6787	0,6105	0,5652	0,7170	0,4105
w_{jMEREC}	0,2245	0,1765	0,1588	0,1470	0,1865	0,1068

Tablo 5'e göre kriter ağırlıklarının en önemliden başlamak üzere en önemsiz doğru sıralanması şu şekildedir: K1, K5, K2, K3, K4 ve K6. MEREC metodunun sonuçlarına binaen en önemli kriter K1 (gümrükler), en önemsiz kriter de K6 (zamanlama) kriteri olarak belirlenmiştir.

PSI, SD ve MEREC yöntemleri ile bulunan kriter ağırlıkları Eşitlik 17 ile birleştirilir. PSI, SD ve MEREC yöntemlerine göre kriter ağırlıkları ve birleşik ağırlıklar Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6: PSI, SD ve MEREC Yöntemlerine Göre Kriter Ağırlıkları ve Birleşik Ağırlıklar

Kriterler	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6
Ağırlıklar						
w_{jPSI}	0,1408	0,151	0,1836	0,1668	0,1707	0,187
w_{jSD}	0,1716	0,1796	0,1487	0,1715	0,1592	0,1693
w_{jMER}	0,2245	0,1765	0,1588	0,147	0,1865	0,1068
w_{jB}	0,1994	0,176	0,1594	0,1546	0,1863	0,1243

Tablo 6'da gösterilen birleşik kriter ağırlıklarının artan sırasına göre sıralanması şu şekildedir: K1 (gümrükler), K5 (takip edilebilirlik), K2 (altyapı), K3 (iç sevkiyatlar), K4 (lojistik yeterlilik) ve K6 (zamanlama). Birleştirilmiş kriter ağırlıkları incelendiğinde en önemli kriter K1 (gümrükler) kriteri, en önemsiz kriter K6 (zamanlama) olarak belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklarının birleştirilmesinin ardından alternatiflerin sıralanması için MARA yöntemine geçilir.

Ülkelerin sıralanması

G20 ülkelerinin sıralanmasında MARA yönteminden faydalanılmıştır.

MARA yöntemi uygulama

İlk aşamada Tablo 2'de bulunan karar matrisine Eşitlik 2 uygulanarak karar matrisi MARA yöntemine göre normalize edilir. Tablo 7 Normalize edilmiş karar matrisini belirtmektedir.

Tablo 7: Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Kriterler	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6
Ülkeler						
Almanya	1	1	1	1	1	1
Birleşik Krallık	1,0623	1,0709	1,0379	1,0545	1,0293	1,0185
Japonya	1,046	1,0453	1,0609	1,0571	1,0471	1,0377
Amerika Birleşik Devletleri	1,0878	1,0683	1,0819	1,084	1,0218	1,0628
Fransa	1,1267	1,095	1,0639	1,1152	1,0576	1,0552
Kanada	1,1054	1,1202	1,1101	1,0923	1,0793	1,0918
Avusturya	1,0878	1,1173	1,1265	1,133	1,1018	1,1
İtalya	1,189	1,1466	1,0789	1,1576	1,099	1,0758

Güney Kore	1,1924	1,168	1,1166	1,1736	1,1253	1,1111
Çin	1,247	1,1743	1,0728	1,1899	1,1625	1,1399
Güney Afrika	1,2432	1,292	1,085	1,2456	1,1854	1,1429
Türkiye	1,3912	1,3036	1,2006	1,3189	1,2522	1,1957
Hindistan	1,3771	1,4551	1,1821	1,3396	1,2673	1,2325
Endonezya	1,5204	1,5587	1,2435	1,3876	1,3065	1,2256
Suudi Arabistan	1,5148	1,3774	1,2557	1,449	1,3229	1,2828
Meksika	1,4712	1,5103	1,2395	1,3922	1,3439	1,2607
Brezilya	1,623	1,4649	1,3253	1,3742	1,3312	1,268
Arjantin	1,6426	1,5587	1,3162	1,5106	1,3482	1,2903
Rusya	1,8178	1,6591	1,4788	1,5547	1,5805	1,3622

Normalize edilmiş karar matrisine Eşitlik 18 uygulanarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi hesaplanır. Tablo 8 ağırlıklandırılmış normalize karar matrisini göstermektedir.

Tablo 8: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

Kriterler Ülkeler	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6
	max	max	max	max	max	max
Almanya	0,1994	0,176	0,1594	0,1546	0,1863	0,1243
Birleşik Krallık	0,2118	0,1885	0,1654	0,163	0,1918	0,1266
Japonya	0,2086	0,184	0,1691	0,1634	0,1951	0,129
Amerika Birleşik Devletleri	0,2169	0,188	0,1725	0,1676	0,1904	0,1321
Fransa	0,2247	0,1927	0,1696	0,1724	0,197	0,1312
Kanada	0,2204	0,1972	0,1769	0,1689	0,2011	0,1357
Avustralya	0,2169	0,1966	0,1796	0,1752	0,2053	0,1367
İtalya	0,2371	0,2018	0,172	0,179	0,2047	0,1337
Güney Kore	0,2378	0,2056	0,178	0,1814	0,2096	0,1381
Çin	0,2487	0,2067	0,171	0,184	0,2166	0,1417
Güney Afrika	0,2479	0,2274	0,1729	0,1926	0,2208	0,1421
Türkiye	0,2774	0,2294	0,1914	0,2039	0,2333	0,1486
Hindistan	0,2746	0,2561	0,1884	0,2071	0,2361	0,1532
Endonezya	0,3032	0,2743	0,1982	0,2145	0,2434	0,1523
Suudi Arabistan	0,3021	0,2424	0,2002	0,224	0,2465	0,1595
Meksika	0,2934	0,2658	0,1976	0,2152	0,2504	0,1567
Brezilya	0,3236	0,2578	0,2113	0,2125	0,248	0,1576
Arjantin	0,3275	0,2743	0,2098	0,2335	0,2512	0,1604
Rusya	0,3625	0,292	0,2357	0,2404	0,2944	0,1693

Eşitlik 19 yardımı ile her bir kriter için optimal alternatif belirlenir. Tablo 9 optimal alternatifleri göstermektedir.

Tablo 9: Optimal Alternatifleri Belirleme

Kriterler Optimal Alternatif	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6
	max	max	max	max	max	max
	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
s	0,3625	0,292	0,2357	0,2404	0,2944	0,1693

Tablo 10 optimal alternatiflerin ayrıştırılmasını göstermektedir.

Tablo 10: Optimal Alternatiflerin Ayrıştırılması

Kriterler Optimal Alternatif	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6
	max	max	max	max	max	max
	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
s^{max}	0,3625	0,292	0,2357	0,2404	0,2944	0,1693

Tablo 11 alternatiflerin ayrıştırılmasını göstermektedir.

Tablo 11: Alternatiflerin Ayrıştırılması

Kriterler Ülkeler	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6	
	max	max	max	max	max	max	
	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	
Almanya	R_1^{max}	0,1994	0,176	0,1594	0,1546	0,1863	0,1243
Birleşik Krallık	R_2^{max}	0,2118	0,1885	0,1654	0,163	0,1918	0,1266
Japonya	R_3^{max}	0,2086	0,184	0,1691	0,1634	0,1951	0,129
Amerika Birleşik Devletleri	R_4^{max}	0,2169	0,188	0,1725	0,1676	0,1904	0,1321
Fransa	R_5^{max}	0,2247	0,1927	0,1696	0,1724	0,197	0,1312
Kanada	R_6^{max}	0,2204	0,1972	0,1769	0,1689	0,2011	0,1357
Avustralya	R_7^{max}	0,2169	0,1966	0,1796	0,1752	0,2053	0,1367
İtalya	R_8^{max}	0,2371	0,2018	0,172	0,179	0,2047	0,1337
Güney Kore	R_9^{max}	0,2378	0,2056	0,178	0,1814	0,2096	0,1381

Çin	R_{10}^{max}	0,2487	0,2067	0,171	0,184	0,2166	0,1417
Güney Afrika	R_{11}^{max}	0,2479	0,2274	0,1729	0,1926	0,2208	0,1421
Türkiye	R_{12}^{max}	0,2774	0,2294	0,1914	0,2039	0,2333	0,1486
Hindistan	R_{13}^{max}	0,2746	0,2561	0,1884	0,2071	0,2361	0,1532
Endonezya	R_{14}^{max}	0,3032	0,2743	0,1982	0,2145	0,2434	0,1523
Suudi Arabistan	R_{15}^{max}	0,3021	0,2424	0,2002	0,224	0,2465	0,1595
Meksika	R_{16}^{max}	0,2934	0,2658	0,1976	0,2152	0,2504	0,1567
Brezilya	R_{17}^{max}	0,3236	0,2578	0,2113	0,2125	0,248	0,1576
Arjantin	R_{18}^{max}	0,3275	0,2743	0,2098	0,2335	0,2512	0,1604
Rusya	R_{19}^{max}	0,3625	0,292	0,2357	0,2404	0,2944	0,1693

Optimal alternatifin ve alternatiflerin yoğunluğu Eşitlikler (25)–(28) ile hesaplanır. Sonuçlar Tablo 12’de sunulmuştur.

Tablo 12: Optimal Alternatifin ve Alternatiflerin Yoğunluğu

Ülkeler	Max
	S_k
	R_{ik}
S	1,5943
Almanya	1
Birleşik Krallık	1,0471
Japonya	1,0492
Amerika Birleşik Devletleri	1,0675
Fransa	1,0876
Kanada	1,1002
Avustralya	1,1103
İtalya	1,1283
Güney Kore	1,1505
Çin	1,1687
Güney Afrika	1,2037
Türkiye	1,284
Hindistan	1,3155
Endonezya	1,3859
Suudi Arabistan	1,3747
Meksika	1,3791
Brezilya	1,4108
Arjantin	1,4567

Rusya	1,5943
-------	--------

Eşitlikler (29)–(32)'i kullanarak optimal alternatif ve alternatiflerin altındaki alanı hesaplanır. Japonya için yapılan hesaplama aşağıdaki gibidir.

$$F^3 = \int_0^1 f^3(1,0492, 0)dx = \int_0^1 ((0 - 1,0492)x + 1,0492) dx = \frac{0 - 1,0492}{2} + 1,0492 = 0,5246$$

Aynı işlem diğer ülkeler içinde yapılır. Hesaplanan sonuçlar Tablo 13' de gösterilmektedir.

Tablo 13: Optimal Alternatif ve Alternatiflerin Altındaki Alan

Ülkeler	Alan	Değerler
<i>Optimum Alternatif</i>	F^{opt}	0,7972
Almanya	F1	0,5000
Birleşik Krallık	F2	0,5236
Japonya	F3	0,5246
Amerika Birleşik Devletleri	F4	0,5338
Fransa	F5	0,5438
Kanada	F6	0,5501
Avustralya	F7	0,5552
İtalya	F8	0,5642
Güney Kore	F9	0,5753
Çin	F10	0,5844
Güney Afrika	F11	0,6019
Türkiye	F12	0,6420
Hindistan	F13	0,6578
Endonezya	F14	0,6930
Suudi Arabistan	F15	0,6874
Meksika	F16	0,6896
Brezilya	F17	0,7054
Arjantin	F18	0,7284
Rusya	F19	0,7972

Alternatif Alanın Büyüklüğü Eşitlik 33 yardımı ile hesaplanır. Japonya için yapılan hesaplama aşağıdaki gibidir.

$$M_3 = \int_0^1 f^{opt}(1,0492, 0)dx - \int_0^1 f^3(0,5246, 0)dx = 0,7972 - 0,5246 = 0,2726$$

Aynı işlem diğer ülkeler içinde yapılır. Tablo 14 Alternatiflerin Alanının Büyüklüğünü ve M_i 'ye göre artan sırada belirlenen alternatiflerin son sıralamasını göstermektedir.

Tablo 14: Alternatif Alanının Büyüklüğü ve Alternatiflerin Nihai Sıralaması

Ülkeler	Alternatif Alanın Büyüklüğü M_i	Değerler	Sıralama
Almanya	M1	0,2972	1
Birleşik Krallık	M2	0,2736	2
Japonya	M3	0,2726	3
Amerika Birleşik Devletleri	M4	0,2634	4
Fransa	M5	0,2534	5
Kanada	M6	0,2471	6
Avusturalya	M7	0,2420	7
İtalya	M8	0,2330	8
Güney Kore	M9	0,2219	9
Çin	M10	0,2128	10
Güney Afrika	M11	0,1953	11
Türkiye	M12	0,1552	12
Hindistan	M13	0,1394	13
Endonezya	M14	0,1042	16
Suudi Arabistan	M15	0,1098	14
Meksika	M16	0,1076	15
Brezilya	M17	0,0918	17
Arjantin	M18	0,0688	18
Rusya	M19	0,0000	19

MARA yönteminin sonuçlarına göre ülkeler lojistik performanslarına göre sıralaması: Almanya, Birleşik Krallık, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, Kanada, Avusturalya, İtalya, Güney Kore, Çin, Güney Afrika, Türkiye, Hindistan, Endonezya, Suudi Arabistan, Meksika, Brezilya, Arjantin ve Rusya olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen sıralamaya bağlı olarak G20 ülkeleri arasında lojistik performansı en iyi ülke Almanya olarak tespit edilirken en kötü ülke ise Rusya olarak belirlenmiştir.

MARA metodu ile hesaplanan sonuçların doğruluğunu kanıtlamak için Tablo 2’de bulunan karar matrisine ARAS, COPRAS ve WEDBA yöntemleri uygulanmıştır. Tablo 15’ de görülebileceği üzere ARAS, COPRAS, WEDBA ve MARA yöntemlerine göre alternatiflerin sıralaması ve bu yöntemlerin son skorları gösterilmektedir.

Tablo 15: MARA Yönteminin Karşılaştırılması

	ARAS	Sıralama	COPRAS	Sıralama	WEDBA	Sıralama	MARA	Sıralama
Almanya	1	1	0,0635	1	1,000	1	0,2972	1
Birleşik Krallık	0,9531	2	0,0606	2	0,734	2	0,2736	2
Japonya	0,9514	3	0,0604	3	0,719	3	0,2726	3
Amerika Birleşik Devletleri	0,9347	4	0,0595	4	0,686	4	0,2634	4

Fransa	0,9196	5	0,0583	5	0,660	5	0,2534	5
Kanada	0,9079	6	0,0577	6	0,632	6	0,2471	6
Avusturalya	0,9012	7	0,0572	7	0,615	7	0,2420	7
İtalya	0,8861	8	0,0562	8	0,608	8	0,2330	8
Güney Kore	0,8693	9	0,055	9	0,577	9	0,2219	9
Çin	0,8559	10	0,0543	10	0,565	10	0,2128	10
Güney Afrika	0,8308	11	0,0528	11	0,535	11	0,1953	11
Türkiye	0,7789	12	0,0493	12	0,457	12	0,1552	12
Hindistan	0,7605	13	0,0483	13	0,437	13	0,1394	13
Endonezya	0,7236	16	0,046	16	0,385	14	0,1042	16
Suudi Arabistan	0,727	14	0,0463	14	0,382	15	0,1098	14
Meksika	0,7253	15	0,0461	15	0,383	16	0,1076	15
Brezilya	0,7136	17	0,0451	17	0,353	17	0,0918	17
Arjantin	0,6884	18	0,0438	18	0,318	18	0,0688	18
Rusya	0,6298	19	0,0399	19	0,000	19	0,0000	19

Tablo 15' de görülebileceği üzere ARAS ve COPRAS yöntemlerinin sonuçları ile MARA yönteminin sonuçları aynıdır. WEDBA yönteminin sonuçları ile MARA yönteminin sonuçları arasındaki Pearson korelasyon katsayısı ise 0,995'dir. Bu da bu iki yöntemin sonuçları arasında yüksek korelasyon olduğunu göstermektedir. Böylece MARA yönteminin doğru sonuçlara ulaştığı sonucuna varılır.

Sonuç

Bu çalışmanın temel amacı, literatürde bilinen ve yeni tanıtılan yöntemleri entegre ederek G20 ülkelerinin lojistik performans değerlerinin analiz edilmesi ve sıralanmasıdır. Bu çalışmanın lojistik performans endekslerini değerlendirmek için yapılan diğer çalışmalardan farkı, literatürde yeni olan ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilmesidir. Çalışmada kriter ağırlıklarının değerlendirilmesinde üç farklı yöntem (PSI, SD ve MEREC) bir arada kullanılmıştır. Daha kesin bir kriter ağırlıklandırması için üç objektif kriter ağırlıklandırma yönteminden bulunan sonuçlar birleştirilmiştir. Birleşik ağırlıklara göre en yüksek önemliden en düşük öneme göre kriter sıralaması şu şekildedir: K1 (gümrükler), K5 (takip edilebilirlik), K2 (altyapı), K3 (iç sevkiyatlar), K4 (lojistik yeterlilik) ve K6 (zamanlama). Kriterlerin ağırlıklarının birleştirilmesinin ardından alternatiflerin sıralanması için MARA yöntemi uygulanmıştır. MARA yönteminin sonuçlarına göre ülkeler lojistik performanslarına göre sıralaması: Almanya, Birleşik Krallık, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, Kanada, Avusturalya, İtalya, Güney Kore, Çin, Güney Afrika, Türkiye, Hindistan, Endonezya, Suudi Arabistan, Meksika, Brezilya, Arjantin ve Rusya olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen sıralamaya bağlı olarak G20 ülkeleri arasında lojistik performansı en iyi ülke Almanya olarak tespit edilirken en kötü ülke ise Rusya olarak belirlenmiştir. Literatürde MARA yöntemi kullanılarak yapılan Türkçe yayın bulunmamaktadır. Bununla birlikte literatürde MARA yöntemi kullanılarak yapılan çalışma sayısı sadece (Gligorić vd. 2022) bir tanedir. Çalışma literatürde bulunan bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Bu çalışma belirtilen yöntemler daha önce literatürde birlikte kullanılmamıştır. Bu sebeplerden dolayı çalışma özgündür ve literatüre bu sebeplerle katkı sunmaktadır.

Her ne kadar bu çalışma yöntem bakımından kapsayıcı olsa da kısıtları da bulunmaktadır. İlk kısıt olarak çalışmada herhangi bir uzman görüşüne başvurulmamıştır. Tamamen objektif verilerden hareketle çalışma hazırlanmıştır. Uzman görüşüne başvurulmadığı için herhangi bir subjektif ağırlıklandırma yöntemi uygulanmamıştır. Çalışmanın bir diğer kısıtı sadece G20 ülkelerinin değerlendirilmiş olmasıdır. Dünya Bankası tarafından iki yılda bir 140 ülkenin lojistik performanslarını belirten raporlar yayınlanmaktadır. Yayınlanan rapordaki ülkelerin tümü değerlendirmeye alınsaydı daha ayrıntılı bir çalışma yapılabilirdi. Diğer bir kısıt ise çalışmada bulanık olmayan ÇKKV yöntemleri

uygulanmasıdır. Bulanık veya gri ÇKKV yöntemleri ile bu problemi çözmek sonuçları daha anlamlı kılabilir. Son kısıt ise G20 ülkelerinin lojistik performanslarının sadece bir senelik rapora atfen değerlendirilmesidir. Çalışmada 2007 yılından başlayarak bütün raporlardaki veriler kullanılarak daha detaylı gözlemlere ve sonuçlara ulaşılabilir.

Gelecek çalışmalar yukarıda açıklanan kısıtlardan hareketle daha detaylı bir çalışma yapabilirler. Bilhassa bulanık/gri ÇKKV yöntemlerinden yararlanarak daha kapsamlı bir çalışma ortaya koyabilirler. Bununla beraber gelecek çalışmalar bu çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemlerini farklı karar verme problemleri için kullanabilirler ve farklı ÇKKV yöntemleri ile entegre edebilirler.

Hakem Değerlendirmesi / Peer-review:

Dış bağımsız

Externally peer-reviewed

Çıkar Çatışması / Conflict of interests:

Yazar(lar) çıkar çatışması bildirmemiştir.

The author(s) has (have) no conflict of interest to declare.

Finansal Destek / Grant Support:

Yazar(lar) bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

The author(s) declared that this study has received no financial support.

Yazar Katkıları / Author Contributions:

Fikir/Kavram/Tasarım - *Idea/Concept/ Design*: E.A.A., A.U. Veri Toplama ve/veya İşleme - *Data Collection and/or Processing*: E.A.A., A.U. Analiz ve/veya Yorum - *Analysis and/or Interpretation*: E.A.A.,A.U.,A.A.Y.,S.B. Kaynak Taraması - *Literature Review*: E.A.A.,A.U.,A.A.Y. Makalenin Yazımı - *Writing the Article*: E.A.A.,A.U.,A.A.Y.,S.B. Eleştirel İnceleme - *Critical Review*: E.A.A., A.U., A.A.Y.,S.B. Onay - *Approval*: E.A.A.,A.U.,A.A.Y.,S.B.

Kaynakça / References

- Altıntaş, F.F. (2021). "Avrupa Birliği Ülkelerinin Lojistik Performanslarının Critic Tabanlı Waspas ve Copras Teknikleri ile Analizi", *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Yıl 25, Sayı:1 – Nisan 2021
- Andrejic, M., & Kilibarda, M. (2014). Global Logistics Efficiency Index. *Center for Quality*.
- Arvis, J. F., Ojala, L., Wiederer, C., Shepherd, B., Raj, A., Dairabayeva, K., & Kiiski, T. (2018). Connecting to compete 2018.
- Ayaydın, H., Durmuş, S., & Pala, F. (2017). Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Türk Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü. *Gümüşhane University Electronic Journal of the Institute Of Social Science/Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 8(21).
- Aydın, Y. (2021). Bütünleşik Bir ÇKKV Modeli ile Sigorta Şirketlerinin Piyasa Performansının Analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (32), 53-66.
- Bayır, T., & Yılmaz, Z. (2017). AB Ülkelerinin Lojistik Performans Endekslerinin AHP ve Vikor Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Middle East Journal of Educations (meje)*, 3(2), 73-92.
- Bayraktutan, Y., & Özbilgin, M. (2015). Lojistik maliyetler ve lojistik performans ölçütleri. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 95-112.
- Boakai, S., & Samanlioglu, F. (2023). An MCDM approach to third party logistics provider selection. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 44(3), 283-299.
- Çakır, S. (2017). Measuring logistics performance of OECD countries via fuzzy linear regression. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 24(3-4), 177-186.
- Çalık, A., Erdebili, B., & Özdemir, Y. S. (2022). Novel Integrated Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Approach for Logistics Performance Index. *Transportation Research Record*, 03611981221113314.
- Demir, G., (2022). Hayat Dışı Sigorta Sektöründe Kurumsal Performansın PSI-SD Tabanlı MABAC Metodu ile Ölçülmesi: Anadolu Sigorta Örneği. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 112-136.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770.
- Dünya Bankası (2022). International LPI. <https://lpi.worldbank.org/>.
- Ersoy, N. (2022). OECD ve AB Üyesi Ülkelerin İnovasyon Performanslarının MEREC-MARCOS Bütünleşik Modeli ile Ölçümü. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(3), 1039-1063.
- Gligorić, M., Gligorić, Z., Lutovac, S., Negovanović, M., & Langović, Z. (2022). Novel Hybrid MPSI-MARA Decision-Making Model for Support System Selection in an Underground Mine. *Systems*, 10(6), 248.
- Goswami, S. S., Mohanty, S. K., & Behera, D. K. (2022). Selection of a green renewable energy source in India with the help of MEREC integrated PIV MCDM tool. *Materials today: proceedings*, 52, 1153-1160.
- Karakaş, A. (2022). Sürdürülebilir ve yılmaz tedarikçi seçimi probleminin MEREC tabanlı MAIRCA yöntemi ile çözümü. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye.
- Keshavarz-Ghorabae, M. (2021). Assessment of distribution center locations using a multi-expert subjective-objective decision-making approach. *Scientific Reports*, 11(1), 19461.
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2021). Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MEREC). *Symmetry*, 13(4), 525.
- Khorshidi, R., & Hassani, A. (2013). Comparative Analysis Between TOPSIS and PSI Methods of Materials Selection to Achieve a Desirable Combination of Strength and Workability in Al/SiC Composite. *Materials and Design*, 52, 999-1010.

- Krishankumar, R., Saranya, R., Nethra, R. P., Ravichandran, K. S., & Kar, S. (2019). A decision-making framework under probabilistic linguistic term set for multi-criteria group decision-making problem. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 36(6), 5783-5795.
- Maniya, K., & Bhatt, M. G. (2010). A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method. *Materials & Design*, 31(4), 1785-1789.
- Maniya, K. D., & Bhatt, M. G. (2011). An alternative multiple attribute decision making methodology for solving optimal facility layout design selection problems. *Computers & Industrial Engineering*, 61(3), 542-549.
- Mešić, A., Miškić, S., Stević, Ž., & Mastilo, Z. (2022). Hybrid MCDM Solutions for Evaluation of the Logistics Performance Index of the Western Balkan countries. *Economics*, 10(1), 13-34.
- Nguyen, N. A. T., Wang, C. N., Dang, L. T. H., Dang, L. T. T., & Dang, T. T. (2022). Selection of cold chain logistics service providers based on a grey AHP and grey COPRAS framework: a case study in Vietnam. *Axioms*, 11(4), 154
- Oğuz, S., Alkan, G., & Yılmaz, B. (2019). "Seçilmiş Asya Ülkelerinin Lojistik Performanslarının TOPSIS Yöntemi ile Değerlendirilmesi", *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, Özel Sayı*, 497-507.
- Qiu, L. M., Sun, L. F., Liu, X. J., & Zhang, S. Y. (2013). Material selection combined with optimal structural design for mechanical parts. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 14(6), 383-392.
- Pamucar, D., Chatterjee, K., & Zavadskas, E. K. (2019). Assessment of third-party logistics provider using multi-criteria decision-making approach based on interval rough numbers. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 383-407.
- Pamucar, D., Žižović, M., Biswas, S., & Božanić, D. (2021). A new logarithm methodology of additive weights (LMAW) for multi-criteria decision-making: Application in logistics.
- Parashkevova, L. (2007). Logistics Outsourcing-a Means of Assuring the Competitive Advantage for an Organization. *Vadyba / Management*, 15 (2). 29-38
- Rao, R. V., & Patel, B. K. (2010). A subjective and objective integrated multiple attribute decision making method for material selection. *Materials & Design*, 31(10), 4738-4747.
- Rao, R. V., Patel, B. K., & Parnichkun, M. (2011). Industrial robot selection using a novel decision making method considering objective and subjective preferences. *Robotics and Autonomous Systems*, 59(6), 367-375.
- Sarı, E. B. (2019). Measuring The performances of the machines via Preference Selection Index (PSI) method and comparing them with values of Overall Equipment Efficiency (OEE). *İzmir İktisat Dergisi*, 34(4), 573-581.
- Şen, İ. K. (2014). Lojistik faaliyetlerin yönetimi ve maliyetleme yaklaşımları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 83-106.
- Stević, Ž., Tanackov, I., Puška, A., Jovanov, G., Vasiljević, J., & Lojaničić, D. (2021). Development of modified SERVQUAL-MCDM model for quality determination in reverse logistics. *Sustainability*, 13(10), 5734.
- Uca, N., Civelek, M. E., & Çemberci, M. (2015). Lojistik Performans Endeksi Bileşenlerinin Gayri Safi Milli Hasıla Üzerine Etkisi: Kavramsal Model Önerisi (The Effect of the Components of Logistics Performance Index on Gross Domestic Product: Conceptual Model Proposal). *Eurasian Business & Economics Journal*,
- Ulutaş, A. (2018). Entropi Tabanlı EDAS Yöntemi ile Lojistik Firmalarının Performans Analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (23), 53-66.
- Ulutaş, A., & Karaköy, Ç. (2019). G-20 Ülkelerinin Lojistik Performans Endeksinin Çok Kriterli Karar Verme Modeli ile Ölçümü. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2), 71-84.
- Ulutaş, A., & Karaköy, Ç. (2021). Evaluation of LPI values of transition economies countries with a grey MCDM model. In *Handbook of Research on Applied AI for International Business and Marketing Applications* (pp. 499-511). IGI Global.
- Ulutaş, A. (2020). Stacker selection with PSI and WEDBA Methods. *International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences*, 10(2), 493-504.

- Ulutaş, A., Stanujkic, D., Karabasevic, D., Popovic, G., & Novaković, S. (2022). Pallet truck selection with MEREC and WISP-S methods. *Strategic Management-International Journal of Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*.
- Wen, Z., Liao, H., Kazimieras Zavadskas, E., & Al-Barakati, A. (2019). Selection third-party logistics service providers in supply chain finance by a hesitant fuzzy linguistic combined compromise solution method. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 32(1), 4033-4058.
- Wong, W.P., Tang, C.F., (2017), "The Major Determinants Of Logistic Performance In A Global Perspective: Evidence From Panel Data Analysis", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 21(4), 431-443.
- Vahdani, B., Mousavi, S. M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2011). Group decision making based on novel fuzzy modified TOPSIS method. *Applied Mathematical Modelling*, 35(9), 4257-4269.
- Yalçın, B., & Ayvaz, B. (2020). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Lojistik Performansın Değerlendirilmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 19(38), 117-138.
- Yıldırım, B. F., & Adıgüzel Mercangöz, B. (2020). Evaluating the Logistics Performance of OECD Countries by Using Fuzzy AHP and ARAS-G. *Eurasian Economic Review*, 10(1), 27-45.
- Yürüyen, A. A., & Ulutaş, A. (2020). Bulanık AHP ve bulanık EDAS yöntemleri ile üçüncü parti lojistik firması seçimi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(İktisadi ve İdari Bilimler), 283-294. <https://doi.org/10.18506/anemon.767354>
- Yürüyen, A. A., Ulutaş, A., & Özdağoğlu, A. (2023). Lojistik işletmelerinin performansının bir hibrit ÇKKV modeli ile değerlendirilmesi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 11(3), 731-751. <https://doi.org/10.15295/bmij.v11i3.2245>