



ISSN
2547-989X

Sinop Üniversitesi
Sosyal Bilimler Dergisi

Araştırma Makalesi

Sinop Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8 (2), 1082-1120

Geliş Tarihi:04.06.2024 Kabul Tarihi:24.09.2024

Yayın: 2024 Yayın Tarihi:30.11.2024

<https://doi.org/10.30561/sinopUSD.1495650>

<https://dergipark.org.tr/sinopUSD>

MEREC, VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE EATWIOS YÖNTEMLERİNİN HİBRİT KULLANIMI İLE AFRIKA ÜLKELERİNİN LOJİSTİK PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Pembe GÜÇLÜ*

Mohamed Oudoum MOHAMED*

Öz

Bu çalışmanın amacı, Afrika ülkelerinin lojistik etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi (VZA), EATWIOS ve MEREC yöntemleri ile çok kriterli olarak değerlendirilmesidir. Ülkelerin etkinliklerinin analizi için literatür incelemesine dayalı olarak dört girdi (lojistik altyapı, konteyner liman trafiği, gümrükleme sürecinin verimliliği, uluslararası gönderi maliyetleri) ve beş çıktı değişkeni (gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH), karbondioksit (CO₂) emisyonu, zamanındalık, izleme ve takip, lojistik hizmetlerin yetkinliği ve kalitesi) belirlenmiştir. Elli dört Afrika ülkesi arasından, belirlenen girdi çıktı değişkenlerinde tam veriye sahip olan 18 ülke değerlendirmeye alınmıştır. Bu bağlamda, Afrika ülkelerinin lojistik performanslarına göre sıralamaları önce kriter ağırlıkları eşit varsayılarak daha sonra da kriterler MEREC yöntemi ile ağırlıklandırılarak boşluk tabanlı VZA ve EATWIOS hibrit yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. MEREC analizi sonucunda lojistik performansının değerlendirilmesinde en önemli girdi değişkenlerinin konteyner liman trafiği skoru ile lojistik alt yapı olanaklarının olduğu; en önemli çıktı değişkenlerinin ise GSYH ülke payı ve ulaşım ve lojistik kaynaklı CO₂ emisyonu olduğu bulgulanmıştır. Nihai analiz sonuçlarına göre performansı en yüksek ülkenin Demokratik Kongo Cumhuriyeti, en düşük ülkenin Benin olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik Etkinlik, Afrika Ülkeleri, Veri Zarflama Analizi, MEREC, EATWIOS.

* Dr. Öğr. Üyesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, pembeguclu@karatekin.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0395-7433>

* Yüksek Lisans Öğrencisi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, mohamedoudoum@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2643-1613>

Evaluating the Logistics Efficiency of African Countries by Using Hybrid MEREC, Data Envelopment Analysis, and EATWIOS Methods

Abstract

This study aims to evaluate the logistics efficiency of African countries using Data Envelopment Analysis (DEA), EATWIOS, and MEREC methods. Four input variables (logistics infrastructure, container port traffic, customs, international shipping) and five output variables (gross domestic product (GDP), carbon dioxide (CO₂) emission, timeliness, tracking and tracing, competence, and quality of logistics services) were identified based on the literature review for the analysis of countries' efficiency. Among the fifty-four African countries, 18 countries with complete data on the input and output variables were included in the evaluation. In this context, the ranking of African countries according to their logistics performance was obtained using the slacks-based DEA and EATWIOS hybrid method by assuming equal criteria weights and then weighting the criteria with the MEREC method. As a result of the MEREC analysis, it is found that the most important input variables in the evaluation of logistics performance are container port traffic score and logistics infrastructure facilities, while the most important output variables are GDP country share and CO₂ emissions from transportation and logistics. According to the final analysis results, the Democratic Republic of the Congo has the highest performance and Benin has the lowest.

Keywords: Logistics Efficiency, African Countries, Data Envelopment Analysis, MEREC, EATWIOS

Giriş

Lojistik, dünya ticaretinin gelişmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır. 2021 yılında yaklaşık 945.963,8 milyon dolar değerinde olan dünya lojistik sektörünün, 2030 yılı için tahminlenen değeri 1.601.196,16 milyon dolardır (Singh, 2023). Makroekonomik açıdan lojistik, ülkelerin ekonomik kalkınması için önemli bir alan olarak kabul edilmektedir. Lojistik yönetimi gibi altyapılar, ticareti kolaylaştırmak, maliyetleri düşürmek ve uluslararası ticaret için hizmet kalitesini garanti etmek için bir anahtardır (Kara vd., 2009: 70).

Ülkelerin lojistik performansları ekonomik, ticari ve toplumsal birtakım faktörleri de etkileyen kritik öneme sahiptir. Lojistik açıdan iyi bir performansa sahip olan ülkede ithalat ve ihracat işlemleri kolaylaşarak hızlanmakta, bu da ticaret hacminin büyümesine olanak sağlamaktadır. Hem mikro hem de makro anlamda etkin bir lojistik performans taşıma, depolama ve envanter maliyetlerinin azaltılması yoluyla düşük maliyetli ürünlere erişim imkânı sunmaktadır. Diğer yandan gerek işletmeler gerekse ülkeler için iyi bir lojistik alt yapı, ürünlerin nihai tüketiciye hızlı

bir şekilde ulaşmasından kaynaklı müşteri memnuniyetini arttırarak işletmelerin ve dolaylı olarak ülkelerin rekabet avantajına katkıda bulunmaktadır. Aynı zamanda küresel değer zincirinin bir parçası olarak lojistik, ülkeler ve ekonomik topluluklar arasında iş birliklerini teşvik fonksiyonuna da sahiptir. Tüm sayılan avantajlar göz önünde bulundurulduğunda mikro ve/veya makro manada lojistik performansın iyileştirilmesi ekonomik büyüme ile sonuçlanacağı aşikardır (Chakamera ve Pisa, 2021; D'Aleo ve Sergi, 2017; Nguyen vd., 2021; Munim ve Schramm, 2018). Bu noktada ekonomik birimlerin lojistik performanslarının iyileştirilmesi için uygulanacak politika ve stratejilerin ve alınacak aksiyonların belirlenmesi için öncelikle mevcut performans ve etkinliklerin analiz edilip, zaman içindeki seyirlerinin incelenmesi önem arz etmektedir.

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) tarafından hazırlanan rapora göre Afrika, karşılaştırmalı üstünlüğü, bol doğal kaynakları, büyüyen tüketici pazarı, altyapı geliştirme çabaları, ticaret politikaları ve teşvikleri ile sürdürülebilir üretime odaklanarak dünya ticaretindeki potansiyelini ortaya çıkarabilecektir. Ticari ekosistemin elverişliliği, çeşitli kaynakları açısından karşılaştırmalı üstünlüklerinin bulunması, diğer bölgelere göre nispeten düşük karbon emisyonuna sahip olması gibi özellikleri açısından Afrika, tedarik zincirlerinin bazı kısımlarını yeniden konumlandırmak isteyen küresel şirketler için potansiyel bir destinasyon olarak görülmektedir. Özellikle otomotiv, elektronik, enerji, sağlık ve madencilik sektörlerinde Pazar fırsatlarına sahip olan kıta, teknoloji yoğun küresel tedarik zincirleri için potansiyel bir merkez olarak konumlanmaktadır (UNCTAD, 2023). Bu derece önemli ticaret potansiyeline sahip olan Afrika ülkelerinin iyileştirme alanlarını belirlemek, bilinçli politika kararları almak ve ticari rekabet güçlerini arttırmak için gerekli verileri sağlamak açısından lojistik performanslarının değerlendirilmesi önem arz etmektedir (Takele, 2019).

Afrika, altyapı eksiklikleri ve diğer zorluklar nedeniyle lojistik sektörü henüz tam potansiyeline ulaşmamıştır. Ancak son yıllarda Afrika'da lojistik, maliyetler ve son teslim tarihleri açısından yavaş yavaş uluslararası standartlara

yaklaşmaktadır (Birleşmiş Milletler, 2023). Bununla birlikte, denize kıyısı olmayan ülkeler hala lojistik performanslarının düşük olmasından muztarıptır. Abidjan'dan Ouagadougou'ya bir konteyneri taşımak, 16 kat daha kısa bir rota olmasına rağmen Şanghay'dan Fildişi Sahili limanına taşımaktan iki kat daha fazla maliyetlidir. Aradaki mesafe sadece 150 kilometre olmasına rağmen ağır tonajlı bir kamyonun Lomé'den Cotonou'ya ulaşması yaklaşık 11 saat sürmektedir. Mevcut küreselleşmede Afrika kıtası, zayıflıklarına rağmen kendisini giderek daha önemli bir oyuncu olarak kabul ettirmektedir (Birleşmiş Milletler, 2010). Bununla birlikte, Afrika'da Altyapı Geliştirme Afrika Birliği Programı gibi altyapı geliştirme finansmanını artırmaya ve Afrika'da lojistik performansını iyileştirmeye yönelik ulusal ve bölgesel girişimler umut vericidir (Birleşmiş Milletler, 2023).

Bu çalışma, VZA, EATWIOS ve MEREK yöntemleri kullanılarak Afrika ülkelerinin lojistik performanslarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. İlgili alan yazını incelendiğinde farklı ülke gruplarının, ekonomik toplulukların lojistik etkinliklerinin çeşitli yöntemlerle analiz edilerek değerlendirildiği, ancak Afrika kıtası özelinde çoğunlukla liman etkinliklerine ilişkin çalışmaların (Ngangaji, 2019; Acquah, 2018; van Dyck, 2015; Abdoukarim vd., 2019) olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda çalışma, literatürdeki uygulama alanındaki bir boşluğu değerlendirirken kullanılan hibrit yöntemin yeniliği açısından da literatüre katkı sunmaktadır.

Literatürde ve pratikte ülkelerin lojistik performanslarını değerlendiren farklı indeksler, raporlar ve yöntemler bulunmaktadır. Ülkelerin lojistik performans ve etkinlik değerlendirme çalışmalarında fazlaca kullanılan yöntemlerden biri veri zarflama analizidir (VZA). Charnes Cooper ve Rhodes'un 1978'de doğrusal programlamaya dayalı parametrik olmayan matematiksel bir yöntem olarak ortaya koyduğu Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi, literatürde farklı alanlarda etkinlik ve performans analizlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntem olmuştur. Yöntem, literatüre girdiği zamandan bu yana gerek uygulama alanı gerekse geliştirilen yeni modeller ile literatürde derinlik kazanmıştır. VZA modellerinden Tone (2001) tarafından geliştirilen boşluk tabanlı model (Slacks Based Model-SBM), karar verme

ortamını daha gerçekçi bir şekilde temsil ederek girdilerin ne ölçüde az kullanıldığının veya çıktıların ne ölçüde aşırı üretildiğinin değerlendirilmesini sağlayan bir modeldir. Temel VZA modeli olarak havalimanı etkinliğinden (Chang vd., 2014) enerji etkinliğine (Zheng, 2021), çevresel performans analizinden (Gavurova vd., 2018) banka etkinliğine (Chiu vd., 2011) çeşitli alanlarda yaygın olarak uygulanmaktadır.

Veri zarflama analizi sonucunda etkinlik skoru 1 olan karar verme birimleri (KVB) etkin, etkinlik skoru birden küçük değer alan karar verme birimleri ise etkinsiz olarak adlandırılmaktadır. Etkinlik skorlarına göre bir performans sıralaması yapıldığında etkin olmayan KVB'lerin net bir sıralaması yapılabilirken, etkin olan KVB'lerin hepsinin sıra değerleri "1" olmaktadır. Bu nedenle literatürde VZA ile çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinin birlikte kullanıldığı çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların kimisinde VZA ve ÇKKV teknikleri ayrı ayrı uygulanarak karşılaştırmalı analizler ve birlikte değerlendirmeler yapılırken (Altın ve Filiz, 2022; Mousavi-Nasab ve Sotoudeh-Anvari, 2017), pek çoğunda (Aytekin vd., 2022; Hemmati vd., 2013; Selamzade vd., 2023; Wang vd., 2022) VZA ile etkin bulunan KVB'lerin kendi içindeki sıralamalarını elde etmek için ÇKKV tekniklerinden faydalanılmıştır. Etkin karar birimlerinin sıralanmasında kullanılan yöntemlerden Girdi ve Çıktı Tatmini ile Etkinlik Analizi Tekniği (Efficiency Analysis Technique with Input and Output Satisficing - EATWIOS) (Peters ve Zelewski, 2006), yaygın olarak kullanılan diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden farklı olarak, karar verme problemindeki değerlendirme kriterlerini girdi ve çıktı kriterleri olarak sınıflandıran, Simon tatmin teorisine dayanarak karar verme birimlerinin etkinlik sıralamasını hesaplayan bir yöntemdir (Aytekin vd., 2022). Veri zarflama analizinde olduğu gibi girdi çıktı değişkenleri ile bir etkinlik hesabı yapması sebebiyle EATWIOS'un VZA ile birlikte hibrit kullanıma en uygun çok kriterli karar verme yöntemi olduğu düşünülmektedir.

Diğer yandan karar problemlerinde kriter ağırlıkları nihai kararı büyük ölçüde etkilemektedir. Kriter ağırlıkları, kriterlerin önem dereceleri ve nihai karar

üzerindeki etki derecelerini nicel olarak ifade etmektedir. Yüksek ağırlığa sahip olan kriterler nihai karar üzerinde daha fazla etkiye sahip olmaktadır. Doğru bir şekilde belirlenen kriter ağırlıkları, daha sağlıklı kararlar alınmasına yardımcı olurken, yanlış ve/veya dengesiz bir şekilde belirlenmiş ağırlıklar yanıltıcı kararlar alınmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle çok kriterli karar verme problemlerinde kriter ağırlıklarının dikkatli bir şekilde ve analitik yöntemler aracılığıyla belirlenmesi önem arz etmektedir. Literatürde AHP, ANP, DEMATEL, SWARA, SMART, Entropi, MAUT, CRITIC MEREC gibi çokça ağırlıklandırma yöntemi bulunmaktadır. Ağırlıklandırma yöntemleri subjektif ve objektif yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır (Odu, 2019). Subjektif ağırlıklandırma yöntemleri uzman görüşüne dayanmaktadır ve özellikle karar verici ve/veya uzman sayısının fazla olduğu karar problemlerinde, güvenilirliği ve tutarlılığı yüksek bir şekilde ağırlıkların elde edilmesi zor ve zaman alıcıdır. Objektif ağırlıklandırma yöntemlerinde ise kriter ağırlıkları, karar vericinin müdahalesi dikkate alınmaksızın matematiksel modeller aracılığıyla her bir kriterde toplanan veriden elde edilmektedir (Aldian ve Taylor, 2005). MEREC yöntemi de objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olup nedensellik temeline dayanan bir yöntemdir. Diğer objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden farklı olarak, kriter ağırlıklarını hesaplamak için her bir kriterin alternatiflerin toplam performansı üzerindeki marjinal etkilerini kullanmaktadır (Keshavarz-Ghorabae vd., 2021).

Belirtilen amaç doğrultusunda çalışmanın literatür taraması bölümünde lojistik performansı ile ilgili teorik çerçeve oluşturularak lojistik performansı ile ilgili çok kriterli analiz yapan çalışmalara ilişkin literatür özetine yer verilmiştir. İzleyen üçüncü bölümde çalışmada kullanılan karar verme birimleri ve değişkenler tanımlanmış, veri setinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde kullanılan yöntemler ile ilgili detaylı bilgi verildikten sonra beşinci bölümde analiz bulguları raporlanmıştır. Son bölümde ise araştırma sonuçları değerlendirilmiştir.

1. Literatür Taraması

Dünya genelinde, lojistik sektörü, ürünlerin üretim yerlerinden tüketicilere ulaştırılmasını yöneten ve optimize eden karmaşık bir ağıdır. Sektör, malzemelerin tedarik zinciri boyunca taşınması, depolanması, dağıtılması ve yönetilmesi gibi faaliyetlerin yanı sıra bilgi, teknoloji ve yönetim süreçlerini içerir. İşletmeler açısından lojistik faaliyetleri iyi yönetildiği takdirde, sunulan mal ve hizmetlerin tüm süreçlerini daha iyi kontrol etmeyi mümkün kılarken önemli tasarruflar sağlamaktadır.

Mikroekonomik açıdan lojistik, kaliteli hizmet ile müşteri memnuniyetinin ana konsepti olarak kabul edilmektedir. Müşteri memnuniyetini sağlamak için sunulan ürün ve hizmetin kaliteli olmasını sağlamak lojistik süreçlerinin amaçlarından biridir (Kara vd., 2009: 70). Makroekonomik açıdan ise lojistik ekonomik büyümenin ve kalkınmanın ciddi belirleyicilerinden birisi olarak görülmektedir (Chakamera ve Pisa, 2021; D'Aleo ve Sergi, 2017; Nguyen vd., 2021; Munim ve Schramm, 2018). Ülke ekonomilerindeki önemli yerinden dolayı lojistiğin performansının değerlendirilmesi ve izlenmesi de önem arz etmektedir. Bu nedenle alan yazınında da ilgi gören konu ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Dünya Bankası tarafından çalışılan Lojistik Performans İndeksi (LPI) ülkelerin lojistik performanslarını değerlendiren ve en çok bilinen, tanınan indekstir. 2007 yılından bu yana, Dünya Bankası tarafından ülkelerin lojistik evrimini incelemek amacıyla gerçekleştirilen anket çalışması ile elde edilen, iki yılda bir yayınlanan indeks, taşıma ve lojistik hizmetlerin kalitesini, gümrük işlemlerini, altyapıyı ve tedarik zinciri etkinliğini içeren alt endekslerden oluşmaktadır. LPI kadar yaygın olarak bilinmeyen, bölgesel olarak lojistik ve tedarik zinciri olanak ve performansını genellikle LPI temeline dayanarak ele alan başka indekslerden bahsetmek de mümkündür Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Trade and Development – UNCTAD) tarafından oluşturulan Ulaştırma ve Ticaret Kolaylık Endeksi (Transport and Trade Facilitation Index) gümrük işlemleri, lojistik altyapı ve ticaret kolaylığı gibi faktörlerle ile

ülkelerin ticaret ve taşımacılık kolaylığını değerlendirmeye olanak sağlayan (UNCTAD, 2023) bir diğer kaynaktır. Lojistik ile ilgili spesifik olan bu indekslere ek olarak Dünya Ekonomik Forumu Küresel Rekabetçilik Raporu'nda da lojistik altyapı, taşımacılık hizmetleri ve tedarik zinciri etkinliği gibi lojistikle ilgili faktörler ülkelerin rekabetçilik düzeylerini değerlendirmek için kullanılmaktadır (Dünya Ekonomik Forumu, 2020).

Sayılan indeks ve raporların yanında akademik literatürde ülkelerin lojistik performanslarını, etkinliklerini farklı yöntemler kullanarak değerlendiren çalışmalar da yer almaktadır. Ülkelerin lojistik performansları üzerine çalışılmış olan yayınlarda genellikle LPI boyutları ele alınmış, bazılarında ise LPI boyutlarına ek yeni performans göstergeleri çalışmalara dahil edilmiştir. Ülkelerin lojistik performansları üzerine çok kriterli olarak yapılan çalışmalar 1) Performans kriterlerini girdi-çıkı değişkenleri olarak gruplayarak görelî etkinlik skoru hesaplayan çalışmalar, 2) Kriterlerde girdi-çıkı ayrımı yapmadan çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirme yapan çalışmalar olmak üzere iki kategoride ele alınabilir. İlk grupta yer alan çalışmalara ilişkin literatür özeti Tablo 1'de, İkinci grupta yer alan çalışmalar için literatür özeti ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1'de performans değerlendirmesinde kullanılan değişkenleri girdi ve çıkı değişkenleri olarak ayrılarak yapıldığı çalışmalarda yöntem olarak genellikle veri zarflama analizi modellerinin kullanıldığı görülmektedir. Değerlendirme kriterlerini gridi-çıkı olarak kategorize etmeyen çalışmalarda ise farklı hibrit çok kriterli karar verme teknikler kullanılmıştır (Tablo 2). Bu çalışmada ise veri zarflama analizi ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden MEREK ve EATWOIS yöntemlerinin birlikte ele alındığı çok boyutlu hibrit bir yöntem ile performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Tablo 1. Ülkelerin Lojistik Performansını Etkinlik Analizi ile Değerlendiren Çalışmalar

| Kaynak | KVB | Girdi | Çıktı | Yöntem |
|----------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|
| Markovits-Somogyi ve Bokor, 2014 | Avrupa Ülkeleri | Otoyolların uzunluğu, Demiryolu ağının uzunluğu, Satın Alma Gücü Standartlarında kişi başı GSYİH, Ulaştırma ve depolama sektöründe ücretler ve maaşlar, Maddi mallara brüt yatırım. | Karayolu taşımacılığı performansı, Demiryolu taşımacılığı performansı, Kalite, Zamanındalık. | DEA(CCR-AHP)-PC |
| Martí vd., 2017 | LPI Ülkeleri | Gümrük, Altyapı, uluslararası gönderileri. | Lojistik kalite ve yeterlilik, Takip ve izleme, Zamanındalık | VZA (CCR Modeli) |
| Rashidi ve Cullinane, 2019 | OECD Ülkeleri | Enerji kullanımı | Sera gazı emisyonu, Lojistik faaliyeti, İş yaratma oranı | VZA (SBM) |
| Yıldırım ve Ayvaz, 2019 | Türkiye, Belçika, Kanada, Danimarka, Fransa, Almanya, Yunanistan, İtalya, Japonya, Hollanda, Macaristan, İspanya, Avustralya, Birleşik Krallık, Rusya | Gümrük, Altyapı, Enerji Kullanımı. | Co2 emisyonu, Lojistik Hizmet Kalitesi, İş gücü. | VZA (CCR, BCC) |
| Ustalı ve Tosun, 2020 | G-20 ülkeleri | Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, Havayolu Tarafından Taşınan Yolcu Sayısı, Havayolu Tarafından Taşınan Yük Miktarı, Konteyner Liman Trafikği, Toplam Ticaret Hacmi, İhracat / İthalat Karşılama Oranı, Çalışan kesimin nüfus içindeki oranı | Lojistik Performans Endeksi | VZA (CCR, BCC), Malmquist İndeksi |
| Acar, 2021 | AB Ülkeleri ve Türkiye | Gümrükleme Sürecinin Verimliliği, Altyapı, Lojistik Hizmet Kalitesi | Uluslararası gönderi maliyetleri, İzleme ve Takip, Zamanındalık | VZA(CCR), Malmquist İndeksi |

Tablo 2. Lojistik Performansını ÇKKV Teknikleri ile Değerlendiren Çalışmalar

| Yazarlar | Alternatifler | Kriterler | Yöntem |
|--|----------------------------|--|---|
| (Rezaei vd., 2018) | LPI ülkeleri | LPI boyutları | BWM ağırlıklı LPI |
| (Gök Kısa ve Ayçin, 2019) | OECD Ülkeleri | LPI Boyutları | SWARA, EDAS |
| (Ozmen, 2019) | OECD Ülkeleri | LPI boyutları, Yolcu taşıma hacmi, konteyner taşıma hacmi, yük taşıma hacmi | TODIM |
| (Ulutaş ve Karaköy, 2019) | Avrupa Birliği Ülkeleri | LPI boyutları | CRITIC, SWARA, PIV |
| (Adıgüzel Mercangöz vd., 2020) | AB üyesi ve aday ülkeler | LPI boyutları | COPRAS-G |
| (Işık vd., 2020) | CEE Ülkeleri | LPI boyutları | SV, MABAC |
| (Yıldırım ve Adıgüzel Mercangöz, 2020) | OECD Ülkeleri | LPI boyutları | Bulanık AHP, ARAS-G |
| (Senir, 2021) | AB Ülkeleri ve Türkiye | 17 LPI alt değişkeni | CRITIC, COPRAS |
| (Ulutaş ve Karaköy, 2021) | Geçiş Ekonomileri Ülkeleri | LPI boyutları | Gri SWARA, Gri MOORA |
| (Mešić vd., 2022) | Batı Balkan Ülkeleri | LPI boyutları | CRITIC, MARCOS |
| (Çalık vd., 2023) | OECD Ülkeleri | LPI boyutları | AHP, Bulanık AHP, TOPSIS, VIKOR, COPRAS |
| (Miškić vd., 2023) | AB Ülkeleri | LPI boyutları | MEREC, MARCOS |
| (Hadžikadunic vd., 2023) | AB Ülkeleri | LPI boyutları | CRITIC, FUCOM, Bonferonni Operatörü, MARCOS |

2. Yöntem

Çalışmanın bu bölümünde araştırmada kullanılan veri seti tanıttıldıktan sonra analizde kullanılan yöntemler olan MEREK, boşluk tabanlı veri zarflama analizi ve EATWIOS hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

2.1. Veri Seti

Çalışmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri literatürdeki çalışmalar ve veri kaynaklarının veri yayınlama takvimi göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Belirlenen 4 girdi ve 5 çıktı değişkeni ve bu değişkenlerin veri kaynakları Tablo 3'te gösterilmiştir. Veri seti ikincil kaynaklardan elde edildiği için çalışmada etik kurul onayına ihtiyaç duyulmamıştır.

Tablo 3. Araştırmanın Girdi ve Çıktı Değişkenleri

| Adı | Kodu | Türü |
|--|------|-------|
| Lojistik Altyapısı * | I1 | Girdi |
| Konteyner Limanı Trafikliği * | I2 | Girdi |
| Gümrükleme sürecinin verimliliği * | I3 | Girdi |
| Uluslararası gönderi maliyetleri performansı (International shipments) * | I4 | Girdi |
| Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (ülke payı) * | O1 | Çıktı |
| CO2 emisyonu (ulaştırma payı)** | O2 | Çıktı |
| Zamanındalık * | O3 | Çıktı |
| İzleme ve takip * | O4 | Çıktı |
| Lojistik hizmetlerin yetkinliği ve kalitesi. * | O5 | Çıktı |

*Kaynak: Dünya Bankası (2023b), ** Kaynak: Knoema (2022)

Araştırmada ele alınan değişkenlerin tanımları ve ülkelerin lojistik performansları açısından önemi aşağıda açıklanmıştır.

Lojistik Altyapısı: Dünya Bankası'ndan elde edilen lojistik altyapısı verisi, ülkelerin ulaştırma ve telekomünikasyon altyapısının kalitesini değerlendirmektedir (Marti vd., 2014). Taşımacılıkla ilgili altyapının kalite seviyesi, lojistik performans için çok önemlidir. Kaliteli bir altyapı ülkenin uluslararası ticaretini artırmayı mümkün kılmaktadır. Bu nedenle, küresel düzeydeki teknolojik gelişmeler dikkate alınarak ticari taşımacılık ile ilgili altyapı kalite düzeyinin iyileştirilmesi hayati önem

taşımaktadır. Altyapı kalitesinin iyileştirilmesi, lojistik performans ve uluslararası ticaret üzerinde olumlu etkilere sahiptir (Said ve Fatima-Zahra, 2018: 23).

Konteyner Limanı Trafik: Günümüzde limanların rekabet gücü esas olarak lojistik ağlara ve ayrıca liman altyapısına ve üretkenliğine bağlıdır. Limanın verimli çalışması, limanın hinterlandı ile iyi bir bağlantı gerektirir. Bu da konteyner trafik sisteminin bir ülkenin lojistik performansını iyileştirmek için önemli olduğunu göstermektedir. (Twrdy, 2003: 111).

Uluslararası gönderi maliyetleri: Uluslararası gönderi maliyeti, bir malın bir noktadan diğerine fiziksel hareketi ile ilgilidir. (Kılınç vd., 2019). Veri, ilgili ülkeye rekabetçi fiyatlara sahip gönderiler düzenlemenin kolaylığını değerlendirmektedir (Dünya Bankası Meta Veri Sözlüğü).

Gümrükleme sürecinin verimliliği: Gümrükleme, malların yasal olarak bir bölgeye girmek veya bölgeyi terk etmek için uyması gereken prosedürü belirtmektedir. Bu prosedür, belirli formalitelerin yerine getirilmesini ve ithal veya ihraç edilen eşyanın niteliğinin beyan edilmesini içermektedir (Said ve Fatima-Zahra, 2018: 21). Dünya Bankası'ndan elde edilen veri, ülkelerin gümrük işletmelerinin hızı, basitliği ve öngörülebilirliği bazında gümrük sevk prosedürlerinin verimliliğini ve etkinliğini değerlendirmektedir (Marti vd. 2014).

GSYH Payı: Lojistik sürecindeki faaliyetler, mal ve hizmetlerin üreticiden tüketicilere ulaştırılmasını sağlayarak ekonomik çıktı elde edilmesini desteklemektedir. Etkin bir lojistik yönetimi, ticareti kolaylaştırarak üretim maliyetleri üzerinde düzenleyici etki yaratır, altyapı yatırımlarını tetikler, istihdam yaratır ve Gayri Safi Milli Hasıla'nın (GSMH) büyümesine katkıda bulunur (Sezer, 2016). Bu nedenle GSYH, lojistik faaliyetlerin önemli bir çıktı göstergesi olarak ele alınabilir.

CO2 Emisyonu: Çevre, küresel çapta gündemde olan önemli bir konudur ve dünya çapında emisyonların azaltılmasına yönelik birçok çalışma yürütülmekte, politika önerileri sunulmaktadır (Rezaei vd., 2018). Bu nedenle lojistik performansının ölçülmesinde çevresel faktörlerin rol oynaması muhtemeldir.

Lojistik sektörü, en fazla CO2 emisyonuna neden olan sektörlerden biridir. Bu emisyon, yolcu taşımacılığı ve yük ile ilgili faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Rizet vd., 2012). CO2 emisyonlarına odaklanmak, sürdürülebilir lojistik açısından büyük bir öneme sahiptir. CO2 emisyonu, çalışmada istenmeyen çıktı olarak ele alınmıştır.

Zamanındalık: Lojistik ve taşımacılık sektöründe zamanındalık "Gönderilerin planlanan veya beklenen teslimat süresi içinde alıcılara ulaşma sıklığı" olarak tanımlanmaktadır (Dünya Bankası, 2023). Müşteri memnuniyetini ve operasyonel verimliliğini artırarak rekabet avantajı sağlaması nedeniyle lojistikte zamanında teslimatın stratejik bir faktör olarak görülmektedir.

İzleme ve Takip: İzleme ve takip puanı, bir ülkenin gönderilerin görünürlüğünü ve gerçek zamanlı takibini sağlama konusundaki yeteneklerini yansıtmaktadır (Dünya Bankası Meta Veri Sözlüğü). Müşteriye ve hizmet sağlayıcıya sunulan hizmetlerin kalitesini artırmayı, lojistik maliyetlerini düşürmeyi ve ürün hatalarını ve kayıplarını sınırlamayı mümkün kıldığı gerekçesiyle takip ve izleme lojistik performansı için önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir (Shamsuzzoha vd., 2013).

Lojistik Hizmetlerinin Yetkinliği ve Kalitesi: Kalite ve yeterlilik, lojistik performansını iyileştirmek için iki temel faktördür. (Dünya Bankası, 2018). Bu değişken, bir ülkede mevcut olan lojistik hizmetlerinin genel düzeyini ölçmekte ve aynı zamanda lojistik hizmetlerin kalitesini ve taşımacılık faaliyetlerinin operasyonel mükemmelliğini de temsil etmektedir (Ojala ve Çelebi, 2015: 21).

Afrika 54 ülkeden oluşan bir kıtadır. Ülkelerin birçoğunda değişkenlere ilişkin önemli düzeyde veri eksikliği bulunması, veri kaynaklarının veri yayınlama takvimlerinin sınırlayıcılığı gibi sebeplerden dolayı 18 ülke, üç yıllık veri (2014, 2016 ve 2018) ile analize dahil edilebilmiştir. Nihai durumda tam veriye sahip 18 ülke şunlardır: "Cezayir (KVB1), Angola (KVB2), Benin (KVB3), Kamerun (KVB4), Demokratik Kongo Cumhuriyeti (KVB5), Fildişi Sahili (KVB6), Cibuti (KVB7), Mısır (KVB8), Gana (KVB9), Kenya (KVB10), Liberya (KVB11), Libya (KVB12), Moritanya (KVB13), Nijerya (KVB14), Senegal (KVB15), Sudan

(KVB16), Togo (KVB17), Tunus (KVB18)”. Analize tabi olan ham veri setleri Ek 1 ve 2’de sunulmuştur.

2.2. MEREC Yöntemi

Kriterlerin genel performanstan ayrılma etkisine (removal effect) dayanarak kriter ağırlıklarının objektif bir şekilde belirlenmesini sağlayan MEREC yöntemi 2021 yılında Keshavarz-Ghorabae ve arkadaşları tarafından literatüre kazandırılmıştır. Yöntemde kriter ağırlıkları altı aşamada hesaplanmaktadır.

1. Aşama: Her bir kriterin her bir alternatiften aldığı sıfırdan büyük olmak zorunda olan değerler ile m alternatifli n kriterli arar matrisi (X) Eşitlik 1’deki gibi oluşturulur.

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

2. Aşama: Bu aşamada basit doğrusal normalizasyon yöntemi (Eşitlik 2) kullanılarak normalize karar matrisi (N) hazırlanır. Eşitlik noktada B^s fayda yönlü kriter kümesini, C^s ise maliyet yönlü kriter kümesini ifade etmektedir.

$$n_{ij}^x = \begin{cases} \frac{\min_k x_{kj}}{x_{ij}}, & \text{eğer } j \in B^s \\ \frac{x_{ij}}{\max_k x_{kj}}, & \text{eğer } j \in C^s \end{cases} \quad (2)$$

3. Aşama: Bir önceki aşamada elde edilen normalize karar matrisinin elemanları kullanılarak Eşitlik 3’te verilen doğrusal olmayan logaritmik fonksiyon ile alternatiflerin genel performans değerleri (S_i) hesaplanır.

$$S_i = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_j |\ln(n_{ij}^x)| \right) \right) \quad (3)$$

4. Aşama. Her bir kriter ayrı ayrı fonksiyondan çıkartılarak alternatiflerin performansları tekrar hesaplanır. i . alternatifin j . kriter olmaksızın genel performans skorunu ifade eden S'_{ij} , Eşitlik 4 ile hesaplanır.

$$S'_{ij} = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_{k, k \neq j} |\ln(n_{ij}^x)| \right) \right) \quad (4)$$

5. Aşama. Üçüncü ve dördüncü aşamalardan elde edilen değerler arasındaki farklar ile kriterlerin toplam mutlak sapma değerleri olarak ayrılma etkileri (E_j) hesaplanır (Eşitlik 5).

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i| \quad (5)$$

6. Aşama. Eşitlik 6 yardımıyla her bir kriterin ağırlığı (w_j) hesaplanır.

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_k E_k} \quad (6)$$

2.3. Boşluk Tabanlı Veri Zarflama Modeli

Veri Zarflama Analizi (VZA), doğrusal programlamaya dayanan parametrik olmayan bir matematiksel yöntemdir. Yöntem, Farrel'in 1957'de yapmış olduğu çalışmaya dayanılarak 1978'de Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiştir VZA, karar verme birimlerinin (KVB) performansını ve göreceli etkinliğini ölçmeyi amaçlamaktadır. "Decision Making Unit (DMU)" olarak adlandırılan karar verme birimleri (KVB) şirketler, kurumlar, bölgeler, ülkeler gibi etkinliği ölçülecek olan birimlerdir. KVB'ler aynı kaynakları tüketerek, başka bir deyişle aynı girdi setini kullanarak, aynı hizmetleri, çıktılarını üretirler (Deprem, 2008, s.17).

CCR Modeli (Charnes vd., 1978), BCC Modeli (Banker vd., 1984), çarpımsal model (Charnes vd. 1982), Toplamsal Model (Charnes vd., 1985), boşluk tabanlı (slaks based) model (Tone, 2001), VZA ile ilgili olarak geliştirilen temel modellerdir. Sayılan temel modellere ek olarak istenmeyen girdi-çıkış değişkenlerini göz önüne alan modeller (Seiford ve Zhu, 2002; Jahanshahloo vd., 2005; Hua and Bian, 2007), çok aşamalı etkinlik problemleri için özel modeller (Coelli, 1998; Carayannis vd., 2016), ağ yapıları etkinliği problemleri için özel modeller (Färe

vd.,2007; Tone ve Tsutsui, 2009). Veri setindeki belirsizlikleri dikkate alan bulanık (fuzzy) (Zadeh, 1965; Guo ve Tanaka, 2001), olasılıklı (stokastik) (Sueyoshi, 2000), robust (Shokouhi vd. , 2010; Sadjadi ve Omrani, 2010; Sadjadi vd., 2011) gibi ileri düzey modeller de geliştirilmiştir.

Temel VZA modelleri radyal ve radyal olmayan modeller olarak sınıflandırılmaktadır. Radyal modeller, girdilerin veya çıktıların orantılı değişiklikleriyle ilgilenmektedir. Radyal olmayan modeller ise girdilerdeki orantılı daralma varsayımını bir kenara bırakır ve değişen oranlarda orijinal girdi kaynaklarını göz ardı edebilecek girdilerde maksimum azalma oranları elde etmeyi amaçlamaktadır (Avkıran vd., 2008). Bir başka deyişle, bir VZA modeli, girdi fazlalıklarını ve çıktı eksikliklerini (slacks) dikkate almadan girdi veya çıktılardaki orantılı değişiklikleri dikkate aldığımda radyaldir; aksi takdirde radyal değildir (Toloo vd., 2023). CCR modeli ile, BCC modeli radyal modeller iken, toplamsal model ile boşluk tabanlı model ise radyal olmayan veri zarflama analizi modelleridir. Gerçek hayatta karşılaşılan birçok problemde girdilerin ve çıktıların değişkenliklerinin orantılı olmaması, CCR ve BCC'den farklı olarak girdi fazlalığı ve çıktı eksikliği ile ilgilenmesi, yönelimli ve yönelimsiz model çeşitlerinin bulunması (Tone, 2001) gibi avantajları sebebiyle boşluk tabanlı model ile yapılan etkinlik değerlendirmelerinin sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

Boşluk (aylak) tabanlı veri zarflama modeli (Slaks Based Model-SBM), Tone (2001) tarafından geliştirilen bir modeldir. Model ne kadar girdinin azaltılması ve ne kadar çıktının arttırılması gerektiğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Boşluk değişkenli model çerçevesinde karar verme birimlerinin etkinlik skorları 0 ile 1 arasında değerler almaktadır (Deprem, 2008: 47). Boşluk modeli için etkinlik, öncelikle girdi ve çıktı etkisizlikleri ile ölçülmektedir.

n tane KVB'nin etkinliğini ölçmek için, m tane girdi (X) ve k tane çıktısı (Y) bulunan bir karar problemi için girdi ve çıktı kümeleri Eşitlik 7 ve 8'deki gibi tanımlansın (Tone, 2001: 499-500);

$$\text{Girdi: } X = (x_{ij}) \in R^{m \times n} \quad (7)$$

$$\text{Çıktı: } Y = (y_{ij}) \in R^{k \times n} \quad (8)$$

Girdi ve çıktı değerlerinin pozitif ($X > 0$ ve $Y > 0$) olduğu ölçüğe göre sabit getiri modeli için üretim olanakları kümesi P , Eşitlik 9'daki gibi tanımlansın:

$$P = \{(x, y) | x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0\} \quad (9)$$

Eşitlik 3'te yer alan (λ), yoğunluk vektörü olarak adlandırılmaktadır ve üretim olanakları kümesini ölçüğe göre getiriye göre düzenleme ihtiyacı doğduğunda λ için kısıtlama uygulanabilmektedir.

Bir karar verme biriminin kesin girdi çıktı değerleri de Eşitlik 10 ve 11'de yer aldığı şekilde gibi tanımlanmış olsun;

$$x_o = X\lambda + (s^-) \quad (10)$$

$$y_o = Y\lambda - (s^+) \quad (11)$$

Eşitliklerdeki λ, s^-, s^+ sıfır ya da pozitif değerler alabilmektedir. s^- değişkeni reel sayılar kümesinden değer almakta ve girdi fazlalığını göstermektedir. Benzer şekilde reel sayılar kümesinden değer alan s^+ ise çıktı eksikliğini ifade etmektedir. Bu iki değişken boşluk (slack) olarak adlandırılmaktadır. $X > 0$ ve $\lambda \geq 0$ olduğunda $x_o \geq s^-$ olacaktır.

s^- ve s^+ değişkenleri kullanılarak girdi veya çıktı odaklı olmayan, yönelimsiz ρ etkinlik indeksi Eşitlik 12 ile hesaplanır;

$$\rho = \frac{1 - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{(s_i^-)}{(x_{io})}}{1 + \left(\frac{1}{k}\right) \sum_{r=1}^k \frac{(s_r^+)}{(y_{ro})}} \quad (12)$$

$$0 < \rho \leq 1$$

Belirli girdi çıktı değerlerine sahip bir karar biriminin etkinliğini belirlemek için oluşturulan boşluk tabanlı kesirli programlama modeli Eşitlik 13-16 aralığında görüldüğü gibidir;

$$\text{Min } \rho = \frac{1 - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{(s_i^-)}{(x_{io})}}{1 + \left(\frac{1}{k}\right) \sum_{r=1}^k \frac{(s_r^+)}{(y_{ro})}} \quad (13)$$

Kısıtlar

$$x_o = X\lambda + (s^-) \quad (14)$$

$$y_o = Y\lambda - (s^+) \quad (15)$$

$$s^-, s^+, \lambda \geq 0 \quad (16)$$

Modelde amaç fonksiyonunun payı karar verme biriminin girdi odaklı genel etkinliğini, paydası çıktı odaklı genel etkinliğini ifade etmektedir. İki etkinlik skorunun birbirine oranlanması ile yönelimsiz etkinlik skoru hesaplanmaktadır. Modelde amaç, girdi ve çıktı boşluklarının toplamını minimum yapmaktır. Eşitlik 7-10 aralığında verilen boşluk tabanlı model bir kesirli programlama modelidir. Bu modeli doğrusal olmayan programlama modeline dönüştürmek için amaç fonksiyonunun pay ve paydası sıfırdan büyük bir skaler (t) ile çarpılır. Bu işlemin amacı amaç fonksiyonunun paydasını 1'e eşitlemektir. Bu çarpma işlemi ile birlikte modele paydayı 1'e eşitleyecek yeni bir kısıt eklenir. Sonuç olarak aşağıda 17-21 aralığında verilen eşitliklerdeki model elde edilir;

$$\text{Min } \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{(t s_i^-)}{(x_{io})} \quad (17)$$

Kısıtlar

$$1 = t + \frac{1}{k} \sum_{r=1}^k \frac{(ts_r^+)}{(y_{ro})} \quad (18)$$

$$x_o = X\lambda + (s^-) \quad (19)$$

$$y_o = Y\lambda - (s^+) \quad (20)$$

$$s^-, s^+, \lambda, t \geq 0 \quad (21)$$

Doğrusal olmayan model, çözüm kolaylığı sağlamak adına $S^- = ts^-$; $S^+ = ts^+$; $\Lambda = t\lambda$ tanımlamaları yapılarak, doğrusal boşluk tabanlı modele dönüştürülür. Doğrusal boşluk tabanlı veri zarflama modeli aşağıdaki gibi yazılır.

$$\text{Min } \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{(S_i^-)}{(x_{io})} \quad (22)$$

Kısıtlar

$$1 = t + \frac{1}{k} \sum_{r=1}^k \frac{(S_r^+)}{(y_{ro})} \quad (23)$$

$$tx_o = X\Lambda + (S^-) \quad (24)$$

$$y_o = Y\Lambda - (S^+) \quad (25)$$

$$S^-, S^+, \Lambda \geq 0, t > 0 \quad (26)$$

Oluşturulan doğrusal modelin optimal çözüm değerleri $(\tau^*, t^*, \Lambda^*, S^{-*}, S^{+*})$ ile boşluk tabanlı modelin değişkenlerinin optimal çözüm değerleri şu şekilde hesaplanır;

$$\rho^* = \tau^*, \quad \lambda^* = \frac{\Lambda^*}{t^*}, \quad s^{-*} = \frac{S^{-*}}{t^*}, \quad s^{+*} = \frac{S^{+*}}{t^*} \quad (27)$$

Bir KVB'nin etkin olması için ρ^* değeri 1 olması gerekmektedir. Bu durum etkin bir karar verme biriminin boşluk değişkenlerinin optimal değerlerinin de sifira eşit olması anlamına gelmektedir. İlgili KVB'nin ρ değeri 1'den küçük ise KVB etkin değildir, boşluk değişkenleri sıfırdan farklı değer almıştır.

2.4. EATWOIS Yöntemi

Peters ve Zelewski'nin 2006 yılında Üretim ve İşlemler Yönetimi Derneği'nin (POMS) 17. Yıllık Konferansında sundukları bildiri ile önerdikleri EATWOS yöntemi beş ana adımda alternatiflerin etkinlik sıralamasına ulaşılmasını sağlamaktadır (Peters ve Zelevski, 2006; Uludağ ve Şahin, 2023);

1. Aşama: Girdi ve çıktı matrislerinin oluşturulması: Karar problemi için belirlenen girdi ve çıktı kriterlerine ilişkin olarak iki ayrı matris oluşturulur. m alternatifin, n girdi ve s çıktı değişkeninin bulunduğu bir karar problemi için girdi (X) ve çıktı (Y) kriter matrisleri Eşitlik 28 ve 29'daki gibi oluşturulur:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} & \cdots & y_{ms} \end{bmatrix} \quad (29)$$

2. Aşama: Girdi ve çıktı matrislerinin normalizasyonu: Eşitlik 30 kullanılarak girdi matrisi, Eşitlik 31 kullanılarak çıktı matrisi normalize edilir.

$$\delta_{ip} = \frac{x_{ip}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ip}^2}} \quad (30)$$

$$\vartheta_{ir} = \frac{y_{ir}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ir}^2}} \quad (31)$$

3. Aşama: Girdi ve çıktı uzaklıklarının hesaplanması: 32 ve 33 numaralı eşitlikler kullanılarak girdi ve çıktı kriterlerinin normalize değerlerinin

idealden uzaklıkları hesaplanır. Eşitliklerde $\min_i \delta_{ip}$ ifadesi girdi p. girdinin alternatifler içindeki minimum değerini, $\max_i \vartheta_{ir}$ ise r. çıktının alternatifler içindeki maksimum değerini göstermektedir.

$$id_{ip} = 1 - \left(\min_i \delta_{ip} - \delta_{ip} \right) \quad (32)$$

$$od_{ir} = 1 - \left(\max_i \vartheta_{ir} - \vartheta_{ir} \right) \quad (33)$$

4. Aşama: Girdi ve çıktı uzaklıklarının ağırlıklandırılması: Daha önceden farklı yöntemlerle belirlenmiş olan ağırlık değerleri ile girdi ve çıktı uzaklıkları çarpılır.

$$i\widetilde{d}_{ip} = w_p id_{ip} \quad (34)$$

$$o\widetilde{d}_{ir} = w_r od_{ir} \quad (35)$$

5. Aşama: Etkinlik skorlarının hesaplanması ve alternatiflerin sıralanması: Eşitlik 36 kullanılarak alternatiflerin etkinlik skorları (E_i) hesaplanır. Ardından alternatifler etkinlik skorlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$E_i = \frac{\sum_{r=1}^s o\widetilde{d}_{ir}}{\sum_{p=1}^n i\widetilde{d}_{ip}} \quad (36)$$

3. Analiz ve Bulgular

3.1 MEREC-SBM-EATWOIS Bütünleşik Yöntemi ile Afrika Ülkelerinin Lojistik Performanslarına göre Sıralanması

Çok kriterli karar problemlerinde kriter ağırlıkları, alternatiflerin nihai sıralamaları üzerinde kritik öneme sahiptir. Kriterlerin eşit ağırlık varsayılması ve gerçek ağırlıklar gözlemlenmesi sonuçlar arasında farklılıklar yaratabilmekte, karar vericiyi farklı stratejiler veya politikalar uygulamaya yönlendirebilmektedir. Kriter ağırlıkları objektif ya da subjektif yöntemler ile belirlenebilmektedir. Bu çalışmada

ülkelerin lojistik performans kriterlerinin ağırlıkları objektif yöntemlerden biri olan MEREC yöntemi ile belirlenmiştir.

MEREC yöntemi karar matrisi, kriterlerin üç yıllık ortalama değerleri ile oluşturulmuştur. Yöntem adımları girdi ve çıktı kriterleri için ayrı ayrı uygulanmış, girdiler ve çıktılar kendi içlerinde ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin MEREC Ağırlıkları

| | I1 | I2 | I3 | I4 | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| E_j | 1,613 | 5,994 | 1,581 | 1,534 | 4,304 | 3,893 | 1,894 | 1,844 | 1,821 |
| 2014 | 0,150 | 0,559 | 0,147 | 0,143 | 0,313 | 0,283 | 0,138 | 0,134 | 0,132 |

Elde edilen ağırlık değerlerine göre nihai karar üzerinde en fazla etkisi olan girdi kriteri I2 (Konteyner Liman Trafığı) iken, O1 (GSYH payı) ve O2 (CO2 Emisyonu) ağırlığı en yüksek çıktı kriterleri olarak belirlenmiştir.

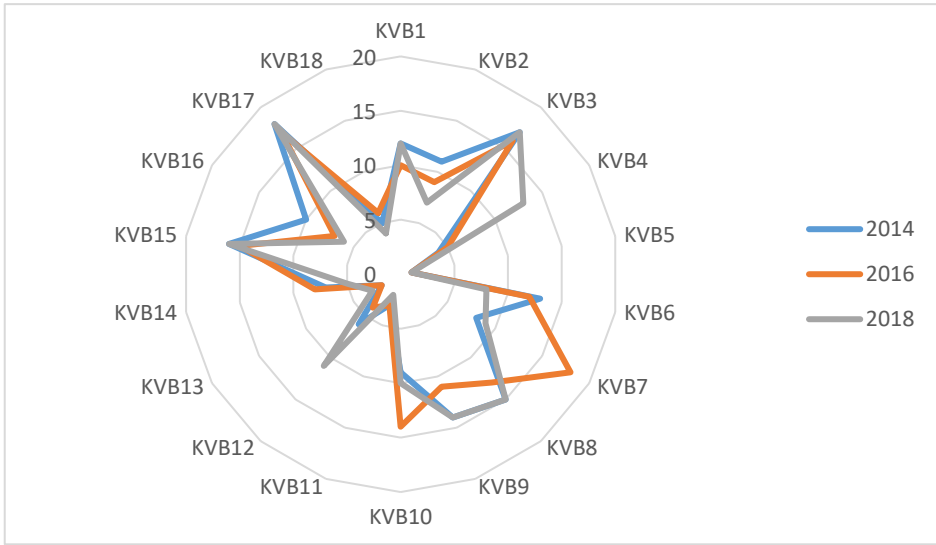
Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra SBM ile veri zarflama analizi yapılmadan önce bu ağırlıkların nihai sıralamalar üzerindeki etkisini daha net bir şekilde görülebilmesi adına veri seti normalize edilmiştir. Maksimizasyon yönlü kriterlerin normalizasyon işlemi EATWIOS yönteminde kullanılan Eşitlik 30 ve 31’teki normalizasyon fonksiyonları kullanılmış, istenmeyen çıktı olan ve minimizasyon yönlü olan CO2 Emisyonu kriteri için ise Eşitlik 31’den elde edilen değerler 1,00’den çıkarılarak kullanılmıştır. Böylelikle normalize değerleri itibariyle istenmeyen çıktının yönünün de diğer kriterler ile aynı olması sağlanmıştır. Normalize edilmiş matris MEREC yöntemi ile belirlenen ağırlıklar ile çarpılarak veri zarflama analizinde kullanılacak veri seti oluşturulmuştur. Bu işlemin ardından gerçekleştirilen veri zarflama analizine ilişkin elde edilen etkinlik skorları Tablo 5’te verilmiştir. Veri zarflama analizi sonunda etkinlik skoru 1 bulunan etkin ülkelerin kendi içindeki sıralamaları MEREC ağırlıklı EATWIOS yöntemi ile belirlenmiştir.

Tablo 5. MEREC-VZA-EATWOIS Analizi Sonuçları

| KVB | 2014 | | 2016 | | 2018 | |
|-------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|
| | Etkinlik Skoru | Sıralama | Etkinlik Skoru | Sıralama | Etkinlik Skoru | Sıralama |
| KVB1 | 0,622 | 12 | 1,000 | 10 | 0,800 | 12 |
| KVB2 | 0,779 | 11 | 1,000 | 9 | 1,000 | 7 |
| KVB3 | 0,374 | 17 | 0,425 | 16 | 0,456 | 17 |
| KVB4 | 1,000 | 4 | 1,000 | 5 | 0,643 | 13 |
| KVB5 | 1,000 | 1 | 1,000 | 1 | 1,000 | 1 |
| KVB6 | 0,580 | 13 | 0,556 | 12 | 1,000 | 8 |
| KVB7 | 1,000 | 8 | 0,079 | 18 | 1,000 | 9 |
| KVB8 | 0,471 | 15 | 0,547 | 13 | 0,596 | 15 |
| KVB9 | 0,512 | 14 | 0,574 | 11 | 0,621 | 14 |
| KVB10 | 1,000 | 9 | 0,530 | 14 | 1,000 | 10 |
| KVB11 | 1,000 | 3 | 1,000 | 3 | 1,000 | 2 |
| KVB12 | 1,000 | 6 | 1,000 | 4 | 0,884 | 11 |
| KVB13 | 1,000 | 2 | 1,000 | 2 | 1,000 | 3 |
| KVB14 | 1,000 | 7 | 1,000 | 8 | 1,000 | 5 |
| KVB15 | 0,453 | 16 | 0,507 | 15 | 0,502 | 16 |
| KVB16 | 0,844 | 10 | 1,000 | 7 | 1,000 | 6 |
| KVB17 | 0,169 | 18 | 0,207 | 17 | 0,142 | 18 |
| KVB18 | 1,000 | 5 | 1,000 | 6 | 1,000 | 4 |

Tablo 5’te sunulan sıralama sonuçlarına göre KVB5 (Demokratik Kongo Cumhuriyeti), her üç dönemde de etkin ve sıralamada da birinci sırada yer alan lojistik performansı en yüksek ülke olmuştur. Bunun yanında iki dönem sıralamada ikinci sırada, bir dönem üçüncü sırada görülen KVB13 (Moritanya) performansı en yüksek olan ikinci ülke; KVB 11(Liberya) ise üçüncü ülke olmuştur. Nihai sıralamada lojistik performansı en düşük olan üç ülke ise Senegal, Benin ve Togo olarak tespit edilmiştir.

Ülkelerin tüm dönem ve performans sıralama sonuçları daha detaylı incelendiğinde bazı ülkelerin sıra değerlerinde değişkenliğin daha az, bazılarında ise daha fazla olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 1). KVB5 (Demokratik Kongo Cumhuriyeti), KVB18 (Tunus) ve KVB13 (Moritanya) üst sıralarda olup sıra değişkenliği en az olan lojistik açısından görece başarısı daha yüksek olan ülkelerdir. KVB3 (Benin), KVB15 (Senegal) ve KVB 17 (Togo) ise düşük performansı sıralarında az değişkenlikle yer alan ülkelerdir. KVB7 (Cibuti), KVB9 (Gana), KVB2 (Angola) ise sıra değeri olarak en değişken ülkeler olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Sıralama Sonuçlarının Radar Grafiği

Çalışmada ele alınan ülkelerin dönemler ve modeller itibariyle aldıkları sıra değerleri arasındaki sıra ilişkilerini değerlendirmek için yapılan Spearman sıra korelasyonu analizi sonuçlarına göre en yüksek sıra ilişkisinin 2014 yılı ile 2016 yılı performans skorları arasında olduğu ($r=0,829$) belirlenmiştir. 2014 yılı lojistik performans sıralamaları ile 2018 yılı performans sıralamaları arasındaki sıra korelasyonu katsayısı 0,822; 2016 ile 2018 yıllarının performans sıralamaları arasındaki ilişki katsayısı ise 0,725 olarak hesaplanmıştır.

3.2. Duyarlılık Analizi Sonuçları

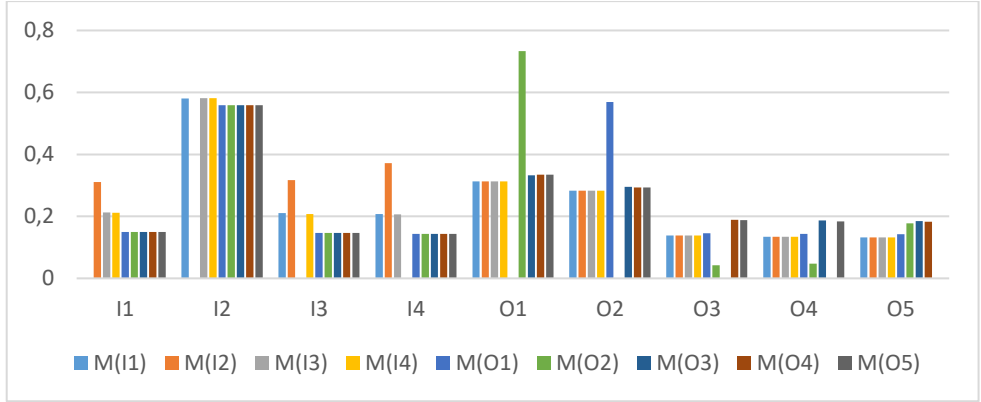
Araştırmaya dahil edilen lojistik performans değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının duyarlılık analizini gerçekleştirmek amacıyla dokuz adet senaryo analiz edilmiştir. Senaryolar her bir girdi ve çıktı değişkeninin teker teker analiz dışı bırakılması yoluyla oluşturulmuştur. Örneğin M(I1) isimli senaryoda I1 ile kodlanmış olan “Lojistik Altyapısı” girdi değişkeni analizde kapsam dışı bırakılmıştır. Oluşturulan senaryolar sonucunda elde edilen değişken ağırlıkları Tablo 6 ve Şekil 2’de gösterilmiştir.

Tablo 6’da görüldüğü üzere, girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıkları kendi kümeleri içinde hesaplandığı için girdilerin ayrı ayrı analizden çıkarıldığı senaryolarda çıktıların ağırlıkları sabit, çıktı değişkenlerinin ayrı ayrı kapsam dışı bırakıldığı senaryolarda ise girdi ağırlıkları sabittir. Girdi değişkenlerinin ağırlıklarının farklı senaryolardaki değişimleri incelendiğinde ağırlık değerlerindeki ortalama yüzde değişimi en fazla olan , değişkenin yaklaşık %77,35 değişim ortalaması ile I4-Uluslararası Gönderi Maliyetleri Performansı olduğu dikkat çekmektedir. Diğer yandan senaryolara göre ağırlık değerindeki yüzde değişimi ortalaması en az olan değişken ise I2-Konteyner Liman Trafığı (%3,85) olmuştur.

Tablo 6. Farklı Senaryolarda Kriter Ağırlıkları

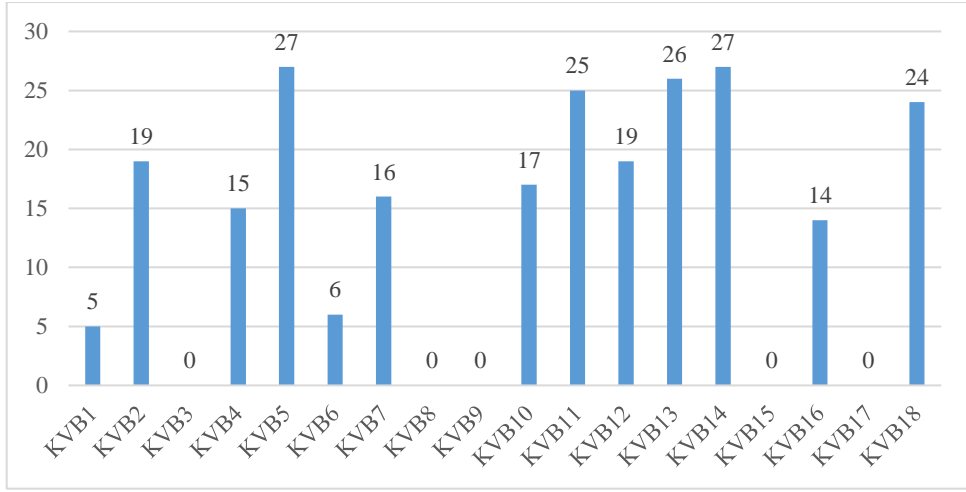
| Senaryolar | Ağırlıklar | | | | | | | | |
|------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | I1 | I2 | I3 | I4 | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 |
| M(I1) | 0 | 0,580 | 0,211 | 0,208 | 0,313 | 0,283 | 0,138 | 0,134 | 0,132 |
| M(I2) | 0,311 | 0 | 0,317 | 0,372 | 0,313 | 0,283 | 0,138 | 0,134 | 0,132 |
| M(I3) | 0,213 | 0,581 | 0 | 0,206 | 0,313 | 0,283 | 0,138 | 0,134 | 0,132 |
| M(I4) | 0,212 | 0,581 | 0,208 | 0 | 0,313 | 0,283 | 0,138 | 0,134 | 0,132 |
| M(O1) | 0,150 | 0,559 | 0,147 | 0,143 | 0 | 0,569 | 0,146 | 0,143 | 0,142 |
| M(O2) | 0,150 | 0,559 | 0,147 | 0,143 | 0,733 | 0 | 0,042 | 0,047 | 0,178 |
| M(O3) | 0,150 | 0,559 | 0,147 | 0,143 | 0,333 | 0,295 | 0 | 0,187 | 0,185 |
| M(O4) | 0,150 | 0,559 | 0,147 | 0,143 | 0,335 | 0,293 | 0,189 | 0 | 0,183 |
| M(O5) | 0,150 | 0,559 | 0,147 | 0,143 | 0,335 | 0,293 | 0,188 | 0,184 | 0 |

Benzer inceleme çıktı değişkenleri için yapıldığında ağırlık değeri farklı senaryolarda en fazla farklılık gösteren değişken O1-Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (%30) olurken bunu O5-Lojistik Hizmetlerin Yetkinliği ve Kalitesi yakından izlemiştir (%29). Ağırlıklarının değişimi en az olan değişken ise %7,39 yüzde değişim ortalaması ile O4-İzleme ve Takip olmuştur. Senaryolar özelinde inceleme yapıldığında orijinal problemde en yüksek ağırlığa sahip olan iki çıktı değişkeni olan O1 ve O2’nin birbirlerinden çok fazla etkilendikleri göze çarpmaktadır. Girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarında meydana gelen değişimler Şekil 2’deki grafikte gözlemlenebilir.



Şekil 2. Kriter Ağırlıklarının Senaryolara Göre Değişimi

Oluşturulan senaryoların yıllar bazında genişletilerek VZA ile analiz edilmesi ile elde edilen, toplam ($9 \times 3 = 27$) 27 problemin analizine ilişkin sonuçlar Ek 3'te paylaşılmıştır. VZA sonuçlarına göre analize dahil edilen her bir Afrika ülkesinin lojistik etkin olarak bulunduğu senaryo sayıları Şekil 3 ile gösterilmiştir. Orijinal problemde de etkin bulunan ve her üç yıl için de lojistik performans sıralamasında ilk sırada yer alan KVB5 (Demokratik Kongo Cumhuriyeti) bütün senaryolarda lojistik etkin olarak bulunmuştur. Orijinal problemde VZA etkin bulunan ve sıralama skoruna göre orta üst sıralarda yer KVB14 (Nijerya) da 27 senaryonun tümünde lojistik etkin bulunmuştur. Diğer yandan orijinal problemin analizi sonucunda ikinci ve üçüncü sırayı paylaşan KVB13 (Moritanya) ile KVB11(Liberya) en fazla senaryoda lojistik etkin bulunan ikinci ve üçüncü ülkeler olmuştur. KVB3 (Benin), KVB8 (Mısır), KVB9 (Gana), KVB15 (Senegal) ve KVB17 (Togo) ise hiçbir senaryoda etkin bulunamayan ülkeler olmuştur.



Şekil 3. VZA Sonuçlarına Göre Ülkelerin Lojistik Etkin Olduğu Senaryo Sayıları

Sonuç ve Değerlendirme

Lojistik sektörü küresel ekonominin bel kemiğini oluşturan sektörlerden biri olarak büyük önem taşımaktadır. Sektör; istihdam yaratarak, üretkenliğin artırılmasında ve ticaretin geliştirilmesinde rol oynayarak ekonomik büyümeye katkı sunmaktadır. Küresel değer zincirinin büyük bir parçası olan lojistik, ürünlerin hammaddeden nihai tüketiciye kadar olan yolculuğunu yönetirken ülkelerin rekabetçiliğini etkileyebilme, farklı ülkeler ve bölgeler arasında iş birliğini teşvik edebilme özelliğine sahiptir. Bu noktada ülkelerin lojistik performanslarının değerlendirilmesi, takip edilmesi ve geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Afrika ülkelerinin lojistik performanslarının MERIC ağırlıklı VZA-EATWIOS hibrit yöntemi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. MERIC yöntemi sonucunda en önemli girdi değişkeninin ülkelerin konteyner liman trafiği skorlarının ($w=0,559$) ve altyapı olanaklarının ($w=0,150$) olduğu en önemli çıktı değişkenlerinin ise lojistik ülkenin sektörünün GSYİH içindeki payı ($w=0,313$) ve ülkenin lojistik ve ulaştırma kaynaklı CO2 emisyonu miktarı ($w=0,238$) olduğu tespit edilmiştir. Konteyner liman trafiği bir ülkenin dış ticaret hacmi ile ilgili bir göstergedir. Konteyner liman trafiği gösterge değeri yüksek olan ülkeler, küresel

ekonomiye entegre olmuş, üretim ve ihracat kapasitesi yüksek, lojistik altyapısı daha kuvvetli, düşük maliyetli ve hızlı teslimatların sağlandığı ülkeler olarak değerlendirilebilmektedir. Ülkenin lojistik açıdan yoğunluğunu ifade etmesi açısından da önemli bir kriter olarak bulgulandığı söylenebilir.

Ekici vd. (2016), çalışmalarında altyapı olanaklarının ticaret hacminin artışı ve ekonomik büyüme ile ilişkili olduğu ifade etmiştir. Nitekim, alan literatüründe birçok çalışma tarafından (Rezaei vd., 2018; Adıgüzel Mercangöz vd. 2020; Yıldırım ve Adıgüzel Mercangöz, 2020) değerlendirme kriteri olarak ele alınan ve en önemli kriter olarak tespit edilen lojistik alt yapı olanakları, bu çalışmada da literatürle benzer bir şekilde en önemli ikinci girdi değişkeni olarak tespit edilmiştir.

Bir ülkenin GSYİH'sında lojistik ve ulaştırma sektörünün payının yüksek olması ülkede büyük ölçekli ticari faaliyetlerin gerçekleştiğinin bir göstergesidir. GSYİH içindeki lojistik sektörünün payı, genellikle ülkenin ulaştırma altyapısına ve lojistik hizmetlerin gelişmişliğine işaret etmektedir. Bir ülkenin lojistik etkinliğinin nihai çıktısının sektörün GSYİH içindeki payı olduğu düşünüldüğünde, çıktı değişkenleri içinde en yüksek ağırlıklı kriter olarak bulunmasının beklenen bir sonuç olduğu söylenebilir.

Sürdürülebilir bir dünya için mikro ve makro alanda yapılan akademik çalışmaların ve pratik uygulamaların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Global karbondioksit emisyonunun çok yüksek bir bölümünün lojistik ve ulaştırma kaynaklı olduğu ve güncel lojistik performansı tanımı gereği sektörün olumsuz çevresel etkisinin azaltılmasının önemli bir kriter olduğu değerlendirilebilir. Bu konuda Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi düzenlemeler ile birlikte ekonomik birimlerin karbon ayak izlerini minimize etmeleri ve düzenleme altına almaları kendilerine ticarete rekabet avantajı olarak geri dönüş sağlayacaktır. Dolayısıyla ülkelerin lojistik faaliyetleri kaynaklı CO2 emisyonlarının yüksek öncelikli olarak ele alan performans değerlendirme modeli güncel koşullarda bir gereklilik olarak değerlendirilebilir. Bu noktada ilgili kriter ağırlığının yüksek çıkması da bu gerekliliği karşılamıştır.

Afrika kıtası, Kuzey Afrika ve Sahra Altı Ülkeleri olmak üzere iki bölge olarak ele alınabilmektedir. Fas, Cezayir, Tunus, Libya ve Mısır dışında kalan ve Sahra Altı Ülkeleri olarak adlandırılan bölge, Birçok doğal kaynak ve tarım ürünleri açısından zengin rezervlere sahip olsa da dünyanın en yoksul nüfusunu barındıran bölgedir. Bu düşük ticaret performansının en önemli nedenlerinden biri tedarik zinciri ve lojistik ile ilgili zorluklar olarak görülmektedir. Öyle ki birçok çok uluslu firma bu zorluklarından dolayı bu bölgeye girmekte zorlanmıştır. Veri sınırlılıkları nedeni ile 18 Afrika ülkesinin lojistik performanslarının değerlendirildiği bu çalışmada üst sıralarda yer alan ülkelerin Sahra Altı bölgeden olması beklenmeyen bir sonuçtur. Bu sonuç, ilgili ülkelerin eğitim, teknoloji, gelir düzeyi, alt yapı gibi tüm zorluklarına rağmen lojistik kaynaklarını diğer ülkelerden daha iyi yönetebildikleri şeklinde yorumlanabilir.

Çalışmada 18 Afrika ülkesinin lojistik performanslarının analizi için öncelikle boşluk tabanlı veri zarflama analizi ile lojistik açıdan etkin ve etkin olmayan ülkeler belirlenmiştir. Etkin ülkelerin kendi içindeki sıralamaları ise EATWOIS yöntemi ile elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda hibrit yöntem uygulamalarından birinci sırada çıkan ülke, Demokratik Kongo Cumhuriyeti olmuştur. Kuzey Koridoru'nun kurulmasıyla bölgesel entegrasyon avantajına sahip olan Demokratik Kongo Cumhuriyeti, "Burundi, Ruanda, Uganda, Kongo Cumhuriyeti, Güney Sudan, Tanzanya ve Kenya'yı birbirine bağlayan bir yol ağında yer almaktadır. Bu yol ağı sayesinde ticaret hacmi yükselen Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nin lojistik faaliyetlerinin de kolaylaştığı söylenebilir. Analiz sıralamalarında lojistik açıdan görece başarılı bulunan bir diğer ülke olan Liberya, Batı Afrika'da stratejik bir konuma sahiptir. Doğal kaynaklar açısından zengin çeşitliliğe sahip olan ülkenin limanları, ülkenin dünya ile ticaret yapma kapasitesini arttırmaktadır. Diğer yandan Liberya'nın Batı Afrika Ekonomik Topluluğu (ECOWAS) gibi bölgesel ekonomik birliklere üye olması, ülkeler arası ekonomik iş birliğini arttırdığı için ticaretini arttırmış, bunun sonucu olarak da lojistik açıdan iyileştirmelerin önünü açmış olabilir.

Değerlendirilen ülkeler içinde lojistik performansı en düşük ülke olarak tespit edilen Benin'in bu sonucunun altında kara transit yollarının elverişsizliği, gümrük işlemlerinin elverişsizliği, bürokrasiden kaynaklı gecikmeler, güvenlik sorunları, nitelikli iş gücü eksikliği, teknolojik altyapı eksikliği gibi nedenler gösterilebilir.

Gelecek çalışmalarda ülkelerin uzun dönemli lojistik etkinlikleri dinamik veri zarflama analizi ve/veya dinamik çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirilebilir. Girdi ve çıktı değişkenleri çok aşamalı süreçlere ayrılarak ağ yapılı veri zarflama modeli ile etkinlik değerlendirmesi gerçekleştirilebilir. Girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarını kısıt olarak değerlendiren ağırlık kısıtlı veri zarflama modeli ile yapılacak etkinlik analizi sonuçları mevcut sonuçlarla karşılaştırmalı olarak ele alınabilir.

Kaynakça

- Abdoulkarim, H. T., Fatouma, S. H. ve Hassane, H. T. (2019). Assessment of dry port efficiency in Africa using data envelopment analysis. *Journal of Transportation Technologies*, 9(02), 193. <https://doi.org/10.4236/jtts.2019.92012>
- Acar, M. F. (2021). Lojistik performans indeks: Türkiye-Avrupa Birliği karşılaştırması. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(3), 422-428. <https://doi.org/10.7240/jeeps.845982>
- Acquah, D. A. (2018). Selection of gateway port for west African landlocked countries using data envelopment analysis. *International Journal of Novel Research in Marketing Management and Economics*, 5(2), 7-17. <https://www.noveltyjournals.com/issue/IJNRMME/Issue-2-May-2018-August-2018>
- Adıgüzel Mercangöz, B., Yıldırım, B. F. ve Kuzu Yıldırım, S. (2020). Time period based COPRAS-G method: application on the Logistics Performance Index. *Scientific Journal of Logistics*, 16 (2), 239-250. <http://doi.org/10.17270/J.LOG.2020.432>
- Akyüz, G. ve Aka, S. (2017). Çok kriterli karar verme teknikleriyle tedarikçi performansı değerlendirmede toplamsal bir yaklaşım. *Journal of Management & Economics Research*, 15(2), 28-46. <http://dx.doi.org/10.11611/yead.277893>
- Aldian, A. ve Taylor, M.A.P. (2005). A consistent method to determine flexible criteria weights for multicriteria transport project evaluation in developing countries. *J. East. Asia Soc. Transport. Stud*, 6, 3948-3963. <https://doi.org/10.11175/easts.6.3948>
- Altın, F. G. ve Filiz, T. (2022). Assessment of the performance of logistics villages operated by the Turkish state railways using MCDM and DEA Methods. *Ege Academic Review*, 22(2), 169-182. <https://doi.org/10.21121/eab.983220>

- Avkıran, N. K., Tone, K. ve Tsutsui, M. (2008). Bridging radial and non-radial measures of efficiency in DEA. *Annals of Operations Research*, 164, 127-138. <https://doi.org/10.1007/s10479-008-0356-8>
- Aytekin, A., Ecer, F., Korucuk, S. ve Karamaşa, Ç. (2022). Global innovation efficiency assessment of EU member and candidate countries via DEA-EATWIOS multi-criteria methodology. *Technology in Society*, 68, 101896. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101896>
- Banker, R. D., Charnes, A. ve Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Birleşmiş Milletler (2023), Economic Development in Africa Report-2023. <https://unctad.org/publication/economic-development-africa-report-2023>
- Birleşmiş Milletler, (2010), Economic Development in Africa Report -2010. <https://unctad.org/publication/economic-development-africa-report-2010>
- Carayannis, E. G., Grigoroudis, E. ve Goletsis, Y. (2016). A multilevel and multistage efficiency evaluation of innovation systems: A multiobjective DEA approach. *Expert Systems with Applications*, 62, 63-80. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.06.017>
- Chakamera, C., ve Pisa, N. M. (2021). Associations between logistics and economic growth in Africa. *South African Journal of Economics*, 89(3), 417-438. <https://doi.org/10.1111/saje.12272>
- Chang, Y. T., Park, H. S., Jeong, J. B. ve Lee, J. W. (2014). Evaluating economic and environmental efficiency of global airlines: A SBM-DEA approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 27, 46-50. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.12.013>
- Charnes, A., Cooper, W. W. ve Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L. ve Stutz, J. (1982). A multiplicative model for efficiency analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 16(5), 223-224. [https://doi.org/10.1016/0038-0121\(82\)90029-5](https://doi.org/10.1016/0038-0121(82)90029-5)
- Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, B., Seiford, L. ve Stutz, J. (1985). Foundations of data envelopment analysis and pareto-koopmans empirical production functions, *Journal of Econometrics*, 30, 91-107. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(85\)90133-2](https://doi.org/10.1016/0304-4076(85)90133-2)
- Chiu, Y. H., Chen, Y. C. ve Bai, X. J. (2011). Efficiency and risk in Taiwan banking: SBM super-DEA estimation. *Applied economics*, 43(5), 587-602. <https://doi.org/10.1080/00036840802599750>
- Coelli, T. (1998). A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models. *Operations Research Letters*, 23(3-5), 143-149. [https://doi.org/10.1016/S0167-6377\(98\)00036-4](https://doi.org/10.1016/S0167-6377(98)00036-4)
- Çalık, A., Erdebilli, B. ve Özdemir, Y. S. (2023). Novel integrated hybrid multi-criteria decision-making approach for logistics performance index. *Transportation Research Record*, 2677 (2), 1392-1400. <https://doi.org/10.1177/03611981221113314>
- D'Aleo, V. ve Sergi, B. S. (2017). Does logistics influence economic growth? The European experience. *Management Decision*, 55(8), 1613-1628. <https://doi.org/10.1108/MD-10-2016-0670>

- Deprem, Ö. (2008). Veri zarflama analizi ve bir uygulama (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Dünya Bankası (2018). Connecting to compete 2018 trade logistics in the global economy the logistics performance index and its indicators. <https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2018/07/24/logistics-performance-index-2018>
- Dünya Bankası (2023a). Lojistik Performans İndeksi 2023, chrome-extension://efaidnbmnmbpcaajpcgleefindmkaj/https://lpi.worldbank.org/sites/default/files/2023-04/LPI_2023_report_with_layout.pdf
- Dünya Bankası (2023b). Lojistik Performans İndeksi (LPI). <https://lpi.worldbank.org/international/aggregated-ranking>
- Dünya Bankası Meta Veri Sözlüğü, [https://databank.worldbank.org/metadataglossary/logistics-performance-index-\(lpi\)/series/LP.LPI.OVRL.XO](https://databank.worldbank.org/metadataglossary/logistics-performance-index-(lpi)/series/LP.LPI.OVRL.XO)
- Dünya Ekonomik Forumu. (2020). Küresel Rekabetçilik Raporu, World Economic Forum. URL: <https://www.weforum.org/publications/the-global-competitiveness-report-2020/>.
- Ekici, Ş. Ö., Kabak, Ö. ve Ülengin, F. (2016). Linking to compete: Logistics and global competitiveness interaction. *Transport Policy*, 48, 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.01.015>
- Färe, R., Grosskopf, S. ve Whittaker, G. (2007). Network dea. Zhu, J. ve Cook, W.D. (Ed), *Modeling data irregularities and structural complexities in data envelopment analysis* içinde (s. 209-240), Springer Link.
- Farrell, M.J. (1957) The measurement of productive efficiency. *J. Roy. Statist. Soc. Set. A*, III (1957), 253-290.
- Gavurova, B., Kocisova, K., Behun, M. ve Tarhanicova, M. (2018). Environmental performance in OECD countries: A non-radial DEA approach. *Acta Montanistica Slovaca*, 23(2), 206-2015. <https://actamont.tuke.sk/ams2018.html>
- Gök Kısa, A. C. ve Ayçin, E. (2019). OECD ülkelerinin lojistik performanslarının SWARA Tabanlı EDAS yöntemi ile değerlendirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9 (1), 301-325. <https://doi.org/10.18074/ckuiibfd.500320>
- Guo, P. ve Tanaka, H. (2001). Fuzzy DEA: a perceptual evaluation method. *Fuzzy Sets and Systems*, 119(1), 149-160. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(99\)00106-2](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(99)00106-2)
- Hadžikadunic, A., Stevic, Ž., Badi, I., ve Roso, V. (2023). Evaluating the logistics performance index of European Union Countries: An integrated multi-criteria decision-making approach utilizing the Bonferroni Operator. *International Journal of Knowledge and Innovation Studies*, 1, 44-59. <https://doi.org/10.56578/ijkis010104>.
- Hemmati, M., Dalghandi, S. ve Nazari, H. (2013). Measuring relative performance of banking industry using a DEA and TOPSIS. *Management Science Letters*, 3(2), 499-504. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2012.12.025>
- Hua, Z. ve Bian, Y. (2007). DEA with undesirable factors. *Modeling data irregularities and structural complexities in data envelopment analysis* içinde (s.103-121), Springer Link.
- Işık, O., Aydın, Y. ve Kosaroglu, S. M. (2020). The assessment of the logistics performance index of CEE countries with the new combination of SV and MABAC methods. *LogForum*, 16(4), 549-559. <http://doi.org/10.17270/J.LOG.2020.504>

- Jahanshahloo, G. R., Lotfi, F. H., Shoja, N., Tohidi, G. ve Razavyan, S. (2005). Undesirable inputs and outputs in DEA models. *Applied Mathematics and Computation*, 169 (2), 917-925. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2004.09.069>
- Kara, M. Tayfur, L. ve Basik, H. (2009). Küresel ticarete lojistik üslerin önemi ve Türkiye. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt: 6. Sayı: 11. ss. 69-84. <https://dergipark.org.tr/pub/mkusbed/issue/19558/208484>
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. ve Antucheviciene, J. (2021). Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MERECE). *Symmetry*, 13(4), 525. <https://doi.org/10.3390/sym13040525>
- Kılınç, E., Fidan, O. ve Mutlu, H. M. (2019). Comparison of Turkey, China and Russian Federation according to the Logistics Performance Index. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 17-34. <https://dergipark.org.tr/pub/ead/issue/50818/662626>
- Knoema (2022). *Global GHG and CO2 emissions, 1970 - 2021*. <https://knoema.com/EDGARED2019/global-ghg-and-co2-emissions-1970-2021?accesskey=onvwcwf>
- Markovits-Somogyi, R. ve Bokor, Z. (2014). Assessing the logistics efficiency of European countries by using the DEA-PC methodology. *Transport*, 29(2), 137-145. <https://doi.org/10.3846/16484142.2014.928787>
- Marti, L. Martin, J. Puertas, R. (2017). A DEA- Logistics Performance Index. *Journal of Applied Economics*, 20(1), 169-192. [https://doi.org/10.1016/S1514-0326\(17\)30008-9](https://doi.org/10.1016/S1514-0326(17)30008-9)
- Martí, L., Puertas, R. ve García, L. (2014). The importance of the Logistics Performance Index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982-2992. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.916394>
- Mešić, A., Miškić, S., Stević, Ž. ve Mastilo, Z. (2022). Hybrid MCDM solutions for evaluation of the logistics performance index of the Western Balkan countries. *Economics*, 10(1), 13-34. <https://doi.org/10.2478/eoik-2022-0004>
- Miškić, S., Stević, Ž., Tadić, S., Alkhayyat, A. ve Krstić, M. (2023). Assessment of the LPI of the EU countries using MCDM model with an emphasis on the importance of criteria. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 11(3), 258-279. <https://doi.org/10.1504/WRITR.2023.132501>
- Mousavi-Nasab, S. H. ve Sotoudeh-Anvari, A. (2017). A comprehensive MCDM-based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems. *Materials & Design*, 121, 237-253. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.041>
- Munim, Z. H. ve Schramm, H. J. (2018). The impacts of port infrastructure and logistics performance on economic growth: the mediating role of seaborne trade. *Journal of Shipping and Trade*, 3(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s41072-018-0027-0>
- Ngangaji, M. M. F. (2019). An assessment of container terminal efficiency in East Africa ports using data envelopment analysis (DEA): the case of Dar es Salaam & Mombasa ports (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) World Maritime University, Tanzania.
- Nguyen, C. D. T., Luong, B. T. ve Hoang, H. L. T. (2021). The impact of logistics and infrastructure on economic growth: Empirical evidence from Vietnam. *The Journal*

- of Asian Finance, Economics and Business*, 8(6), 21-28.
<https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no6.0021>
- Odu, G. O. (2019). Weighting methods for multi-criteria decision making technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(8), 1449-1457.
<https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v23i8.7>
- Ojala, L. ve Celebi, D. (2015). The World Bank's Logistics Performance Index (LPI) and drivers of logistics performance. *Proceeding of MAC-EMM, OECD*, 3-30.
[https://www.semanticscholar.org/paper/The-World-Bank%27s-Logistics-Performance-Index-\(LPI\)-Ojala-%C3%87elebi/e9d3433e9e41914974e8f2f507ecbfcb962e0317](https://www.semanticscholar.org/paper/The-World-Bank%27s-Logistics-Performance-Index-(LPI)-Ojala-%C3%87elebi/e9d3433e9e41914974e8f2f507ecbfcb962e0317)
- Ozmen, M. (2019). Logistics competitiveness of OECD countries using an improved TODIM method. *Sādhanā*, 44, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12046-019-1088-y>
- Peters, M. L. ve Zelewski, S. (2006, April). Efficiency analysis under consideration of satisficing levels for output quantities. *Proceedings of the 17th Annual Conference of the Production and Operations Management Society (POMS)* içinde, 28 (1.05).
https://www.researchgate.net/publication/331155463_Efficiency_Analysis_under_Consideration_of_Satisficing_Levels_for_Output_Quantities
- Rashidi, K. ve Cullinane, K. (2019). Evaluating the sustainability of national logistics performance using Data Envelopment Analysis. *Transport Policy*, 74, 35-46.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.014>
- Rezaei, J., van Roekel, W. S. ve Tavasszy, L. (2018). Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using Best Worst Method. *Transport Policy*, 68, 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.05.007>
- Rizet, C. Browne, M. Cornelis, E. ve Leonardi, J. (2012). Assessing carbon footprint and energy efficiency in competing supply chains: Review – case studies and benchmarking. *Transportation Research Part D: Transport And Environment*, 17(4), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.01.002>
- Sadjadi, S. J. ve Omrani, H. (2010). A bootstrapped robust data envelopment analysis model for efficiency estimating of telecommunication companies in Iran. *Telecommunications Policy*, 34(4), 221-232.
<https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.09.003>
- Sadjadi, S. J., Omrani, H., Abdollahzadeh, S., Alinaghian, M. ve Mohammadi, H. (2011). A robust super-efficiency data envelopment analysis model for ranking of provincial gas companies in Iran. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 10875-10881.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.02.120>
- Said, M. ve Fatima-Zahra, D. (2018). L'impact de la logistique et du transport sur la performance économique. *Laboratoire de Recherche en Management des Organisations (LAREMO)*, 2, 1-33. <https://doi.org/10.48430/IMIST.PRSM/remac-n2.12344>
- Seiford, L. M. ve Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European journal of operational research*, 142(1), 16-20.
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00293-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00293-4)
- Selamzade, F., Ersoy, Y., Ozdemir, Y. ve Celik, M. Y. (2023). Health efficiency measurement of OECD countries against the COVID-19 pandemic by using DEA and MCDM methods. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 48(11), 15695-15712. <https://doi.org/10.1007/s13369-023-08114-y>

- Senir, G. (2021). Comparison of domestic logistics performances of Turkey and European Union countries in 2018 with an integrated model. *LogForum*, 17(2), 193-204. <http://doi.org/10.17270/J.LOG.2021.576>
- Sezer, S. (2016). Lojistik sektörünün ekonomiyeye etkisi: OECD ülkeleri üzerine bir uygulama (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Eskişehir.
- Shamsuzzoha, A., Ehlers, M., Addo-Tenkorang, R., Nguyen, D. ve Helo, P. (2013). Performance Evaluation Of Tracking And Tracing For Operations. *Int. J. Shipping and Transport Logistics*, 5(1), 31-54. <https://doi.org/10.1504/IJSTL.2013.050587>
- Shokouhi, A. H., Hatami-Marbini, A., Tavana, M., ve Saati, S. (2010). A robust optimization approach for imprecise data envelopment analysis. *Computers & Industrial Engineering*, 59(3), 387-397. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2010.05.011>
- Singh, S. (2023). Logistics Market Research Report Information By Transportation Type (Airways, Waterways, Railways and Roadways), By Logistics Type (First Party, Second Party, and Third Party), By End User (Industrial and Manufacturing, Retail, Healthcare, and Oil & Gas), And By Region (North America, Europe, Asia-Pacific, and Rest of the World)-Market Forecast Till 2030. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/logistics-market-5076>
- Sueyoshi, T. (2000). Stochastic DEA for restructure strategy: an application to a Japanese petroleum company. *Omega*, 28(4), 385-398. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(99\)00069-9](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(99)00069-9)
- Toloo, M., Tone, K. ve Izadikhah, M. (2023). Selecting slacks-based data envelopment analysis models. *European Journal of Operational Research*, 308(3), 1302-1318. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.12.032>
- Tone, K. (2001). A slacks- based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal Of Operation Research*, 130(3), 498-509. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5)
- Tone, K. ve Tsutsui, M. (2009). *Application of network DEA model to vertically integrated electric utilities*. GRIPS Discussion Papers, pp. 07-03). National Graduate Institute for Policy Studies. <https://ideas.repec.org/p/ngi/dpaper/07-03.html>
- Trudy, E. (2003). Container traffic in European ports. *Integrated Transport Review*, 16(2), 111-115. <https://hrcak.srce.hr/102334>
- Uludağ, A. S., ve Şahin, E. (2023). Verimlilik analizlerinde tatmin seviyesi tayin edilmemiş EATWIOS mu? OCRA mı?: Sağlık turizmi üzerine bir araştırma. *Verimlilik Dergisi*, 57(2), 289-312. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1155635>
- Ulutaş, A. ve Karaköy, Ç. (2019). An analysis of the logistics performance index of EU countries with an integrated MCDM model. *Economics and Business Review*, 5(4), 49-69. <https://doi.org/10.18559/eb.2019.4.3>
- Ulutaş, A. ve Karaköy, Ç. (2021). Evaluation of LPI values of transition economies countries with a grey MCDM model. *Handbook of research on applied ai for international business and marketing applications* içinde (s. 499-511). IGI Global.
- UNCTAD. (2023). Trade and Development Report. United Nations. <https://unctad.org/publication/trade-and-development-report-2023>
- Ustalı, N. K. ve Tosun, Ö. (2020). Investigation of logistic performance of G-20 countries using data envelopment analysis and malmquist total factor productivity analysis. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(3), 755-781. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.792066>

- van Dyck, G. K. (2015). Assessment of port efficiency in West Africa using data envelopment analysis. *American Journal of Industrial and Business Management*, 5(04), 208. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2015.54023>
- Wang, C. N., Dang, T. T. ve Wang, J. W. (2022). A combined data envelopment analysis (DEA) and grey based multiple criteria decision making (G-MCDM) for solar PV power plants site selection: A case study in Vietnam. *Energy Reports*, 8, 1124-1142. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.12.045>
- Yıldırım, M. ve Ayvaz, B. (2019). Ülkelerin lojistik performanslarının veri zarflama analizi ile ölçümü. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(35), 57-73. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ticaretfbid/issue/55970/565306>
- Yıldırım, B. F. ve 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. <https://doi.org/10.1007/s40822-019-00131-3>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zheng, Z. (2021). Energy efficiency evaluation model based on DEA-SBM-Malmquist index. *Energy Reports*, 7, 397-409. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.10.020>

Extended Abstract

Countries' logistics performance has critical importance, affecting several economic, commercial, and social factors. In a country with a good logistics performance, import and export transactions are facilitated and accelerated, enabling trade volume growth. An effective logistics performance in both micro and macro terms provides access to low-cost products by reducing transport, storage, and inventory costs. On the other hand, a good logistics infrastructure for both businesses and countries contributes to the competitive advantage of enterprises and indirectly countries by increasing customer satisfaction due to the rapid delivery of products to the final consumer. At the same time, as a part of the global value chain, logistics promotes cooperation between countries and economic communities. Considering all these advantages, it is evident that improving logistics performance in micro and/or macro terms will result in economic growth (Chakamera and Pisa, 2021; D'Aleo and Sergi, 2017; Nguyen et al., 2021; Munim and Schramm, 2018).

Africa is a continent with growth potential in the logistics sector. Due to infrastructure deficiencies and other challenges, the logistics sector has not yet reached its full potential. However, in recent years, logistics in Africa has slowly approached international standards regarding costs and deadlines (United Nations, 2023). However, landlocked countries still suffer from poor logistics performance. It costs twice as much to transport a container from Abidjan to Ouagadougou than from Shanghai to the port of Côte d'Ivoire, even though the route is 16 times shorter. A heavy-tonnage truck takes about 11 hours to reach Cotonou from Lomé, even though the distance is only 150 kilometers. In the current globalization, the African continent is increasingly establishing itself as an essential player despite its weaknesses (United Nations, 2010). However, national and regional initiatives to increase funding for infrastructure development and improve logistics performance in Africa, such as the African Union Program for Infrastructure Development in Africa, are promising (United Nations, 2023).

This study aims to evaluate the logistics performance of African countries with the MEREC-weighted DEA-EATWIOS hybrid method. Africa is a continent of 54 countries, of which only 18 could be included in the analysis due to the lack of data for most countries. These 18

countries are as follows: "Algeria, Angola, Benin, Cameroon, Democratic Republic of Congo, Côte d'Ivoire, Djibouti, Egypt, Ghana, Kenya, Liberia, Mauritania, Nigeria, Senegal, Sudan, Togo, Tunisia." The input and output variables used in the study were determined by considering the studies in the literature. Analyses were conducted with four inputs (infrastructure, container port traffic, customs, and international shipments) and five output variables (GDP, CO2 emission from transport and logistics, timeliness, tracking and tracing, and quality of logistics services).

As a result of the MEREC method, it was determined that the most critical input variables are the countries' container port traffic scores ($w = 0,559$) and infrastructure facilities ($w = 0,150$), and the most crucial output variables are the GDP of the country ($w = 0,313$) the amount of CO2 emissions from logistics and transport ($w = 0,238$).

According to the analysis results, the Democratic Republic of the Congo ranked first in hybrid method applications. The Democratic Republic of the Congo, which has the advantage of regional integration by establishing the Northern Corridor, is located on a road network connecting "Burundi, Rwanda, Uganda, the Republic of Congo, South Sudan, Tanzania, and Kenya. Thanks to this road network, it can be said that the logistics activities of the Democratic Republic of the Congo, whose trade volume has increased, have also become more manageable. Liberia, another country that was found to be relatively successful in terms of logistics in the analysis rankings, has a strategic location in West Africa. The country's ports, which have a rich diversity in natural resources, increase the country's capacity to trade with the world. On the other hand, Liberia's membership in regional economic unions such as the Economic Community of West Africa (ECOWAS) may have increased its trade as it has increased economic cooperation between countries, and as a result, it may have paved the way for improvements in logistics. Benin, identified as the country with the lowest logistics performance among the countries evaluated, can be attributed to unfavorable land transit routes, customs procedures, bureaucracy delays, security problems, lack of qualified labor force, and lack of technological infrastructure.

Ekler

Ek 1. Girdi Veri Seti

| KVB | 2014 | | | | 2016 | | | | 2018 | | | |
|------------|------|------------|------|------|------|------------|------|------|------|------------|------|------|
| | I1 | I2 | I3 | I4 | I1 | I2 | I3 | I4 | I1 | I2 | I3 | I4 |
| KVB1 | 2,54 | 1248300 | 2,71 | 2,54 | 2,58 | 1243300 | 2,37 | 2,80 | 2,42 | 1032000 | 2,13 | 2,39 |
| KVB2 | 2,11 | 1000000 | 2,37 | 2,79 | 2,13 | 978250 | 1,80 | 2,37 | 1,86 | 774225 | 1,57 | 2,20 |
| KVB3 | 2,35 | 344850 | 2,64 | 2,69 | 2,39 | 310500 | 2,20 | 2,55 | 2,50 | 321750 | 2,56 | 2,73 |
| KVB4 | 1,85 | 333555 | 1,86 | 2,20 | 2,21 | 334984 | 2,09 | 1,98 | 2,57 | 360992 | 2,46 | 2,87 |
| KVB5 | 1,83 | 73265 | 1,78 | 1,70 | 2,01 | 59133 | 2,22 | 2,33 | 2,12 | 55599 | 2,37 | 2,37 |
| KVB6 | 2,41 | 600000 | 2,33 | 2,87 | 2,46 | 902058 | 2,67 | 2,54 | 2,89 | 919000 | 2,78 | 3,21 |
| KVB7 | 2,00 | 736000 | 2,20 | 1,80 | 2,30 | 987000 | 2,37 | 2,48 | 2,79 | 859000 | 2,35 | 2,45 |
| KVB8 | 2,86 | 7896000 | 2,85 | 2,87 | 3,07 | 7276300 | 2,75 | 3,27 | 2,82 | 6369600 | 2,60 | 2,79 |
| KVB9 | 2,67 | 890000 | 2,22 | 2,73 | 2,48 | 954700 | 2,46 | 2,71 | 2,44 | 1063000 | 2,45 | 2,53 |
| KVB10 | 2,40 | 1012000 | 1,96 | 3,15 | 3,21 | 1133050 | 3,17 | 3,24 | 2,55 | 1328100 | 2,65 | 2,62 |
| KVB11 | 2,57 | 79000 | 2,57 | 2,57 | 2,01 | 112500 | 2,07 | 2,22 | 1,91 | 118750 | 1,91 | 2,08 |
| KVB12 | 2,29 | 375729 | 2,41 | 2,29 | 2,04 | 151552 | 1,88 | 2,40 | 2,25 | 327097 | 1,95 | 1,99 |
| KVB13 | 2,40 | 72464 | 1,93 | 2,07 | 1,54 | 72523 | 2,14 | 2,00 | 2,26 | 80462 | 2,20 | 2,19 |
| KVB14 | 2,56 | 1700000 | 2,35 | 2,63 | 2,40 | 1404000 | 2,46 | 2,43 | 2,56 | 1560000 | 1,97 | 2,52 |
| KVB15 | 2,30 | 383900 | 2,61 | 3,03 | 2,23 | 540000 | 2,31 | 2,25 | 2,22 | 555250 | 2,17 | 2,36 |
| KVB16 | 1,90 | 435000 | 1,87 | 2,23 | 2,20 | 466000 | 2,23 | 2,57 | 2,18 | 451712 | 2,14 | 2,58 |
| KVB17 | 2,07 | 380800 | 2,09 | 2,47 | 2,24 | 380800 | 2,49 | 2,62 | 2,23 | 1395700 | 2,31 | 2,52 |
| KVB18 | 2,30 | 397323 | 2,02 | 2,91 | 2,44 | 421317 | 1,96 | 2,33 | 2,10 | 493300 | 2,38 | 2,50 |
| Min | 1,83 | 72464 | 1,78 | 1,70 | 1,54 | 59133,00 | 1,80 | 1,98 | 1,86 | 55599,00 | 1,57 | 1,99 |
| Max | 2,86 | 7896000 | 2,85 | 3,15 | 3,21 | 7276300,00 | 3,17 | 3,27 | 2,89 | 6369600,00 | 2,78 | 3,21 |
| Ortalama | 2,30 | 997677 | 2,27 | 2,53 | 2,33 | 984887,06 | 2,31 | 2,51 | 2,37 | 1003640,94 | 2,28 | 2,49 |
| Std. Sapma | 0,29 | 1776053,63 | 0,32 | 0,41 | 0,38 | 1627446,40 | 0,33 | 0,35 | 0,30 | 1415938,01 | 0,30 | 0,29 |

Ek 2. Çıktı Veri Seti

| KVB | 2014 | | | | | 2016 | | | | | 2018 | | | | |
|------------|--------------|-------|------|------|------|--------------|-------|------|------|------|--------------|-------|------|------|------|
| | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 |
| KVB1 | 213860451 | 43,64 | 3,04 | 2,54 | 2,54 | 159994838 | 44,88 | 3,08 | 2,86 | 2,91 | 175405660 | 45,31 | 2,76 | 2,60 | 2,39 |
| KVB2 | 145712200 | 8,49 | 3,02 | 2,59 | 2,31 | 101123851 | 9,08 | 2,59 | 2,21 | 2,31 | 101353231 | 7,57 | 2,59 | 2,00 | 2,00 |
| KVB3 | 13284529 | 4,07 | 2,85 | 2,45 | 2,35 | 11821066 | 5,66 | 2,69 | 2,23 | 2,47 | 14250986 | 6,02 | 3,42 | 2,75 | 2,30 |
| KVB4 | 34989494 | 3,26 | 2,80 | 2,52 | 2,52 | 32643698 | 3,52 | 2,29 | 2,04 | 2,32 | 38694157 | 3,52 | 2,57 | 2,47 | 2,60 |
| KVB5 | 35909040 | 4,51 | 2,04 | 2,10 | 1,84 | 37134800 | 1,93 | 2,94 | 2,37 | 2,33 | 46831342 | 2,17 | 2,69 | 2,51 | 2,49 |
| KVB6 | 35363534 | 2,63 | 3,31 | 2,97 | 2,62 | 47964235 | 3,43 | 2,71 | 2,62 | 2,62 | 58011466 | 3,48 | 3,23 | 3,14 | 3,23 |
| KVB7 | 2214681,6 | 0,44 | 2,74 | 2,00 | 2,21 | 2603554,9 | 0,44 | 2,69 | 2,09 | 1,96 | 3012820,4 | 0,47 | 3,15 | 2,85 | 2,25 |
| KVB8 | 305595409 | 53,60 | 2,99 | 3,23 | 2,99 | 332441718 | 53,15 | 3,63 | 3,15 | 3,20 | 249712999 | 48,94 | 3,19 | 2,72 | 2,82 |
| KVB9 | 53660342 | 7,27 | 2,86 | 2,90 | 2,37 | 55009731 | 8,06 | 3,21 | 2,52 | 2,54 | 65556464 | 8,24 | 2,87 | 2,57 | 2,51 |
| KVB10 | 61448047 | 6,54 | 3,58 | 3,03 | 2,65 | 69188755 | 9,10 | 3,70 | 3,42 | 3,24 | 87778583 | 9,40 | 3,18 | 3,07 | 2,81 |
| KVB11 | 3144000 | 0,48 | 2,57 | 2,57 | 2,86 | 3277826 | 0,48 | 2,73 | 2,07 | 2,07 | 3264000 | 0,53 | 3,25 | 2,05 | 2,14 |
| KVB12 | 41142722 | 18,83 | 2,85 | 2,85 | 2,29 | 26197143 | 16,03 | 2,83 | 1,85 | 2,50 | 52607889 | 17,21 | 2,77 | 1,64 | 2,05 |
| KVB13 | 6592537,8 | 1,18 | 2,75 | 2,23 | 2,06 | 6398744,5 | 1,19 | 2,14 | 1,54 | 1,74 | 7049169,8 | 1,30 | 2,68 | 2,47 | 2,19 |
| KVB14 | 546676375 | 21,29 | 3,46 | 3,16 | 2,70 | 404650006 | 25,74 | 3,04 | 2,70 | 2,74 | 397190484 | 27,33 | 3,07 | 2,68 | 2,40 |
| KVB15 | 19797255 | 2,44 | 2,53 | 2,65 | 2,52 | 19040313 | 2,73 | 2,61 | 2,15 | 2,39 | 23236007 | 3,08 | 2,25 | 2,11 | 2,11 |
| KVB16 | 64941713 | 8,89 | 2,33 | 2,42 | 2,18 | 51772232 | 9,94 | 3,28 | 2,49 | 2,36 | 33128481 | 10,19 | 2,62 | 2,51 | 2,51 |
| KVB17 | 4574986,5 | 1,39 | 2,60 | 2,49 | 2,14 | 4486979,2 | 1,53 | 3,24 | 2,60 | 2,46 | 5364369 | 1,68 | 2,88 | 2,45 | 2,25 |
| KVB18 | 47632326 | 6,33 | 3,16 | 2,42 | 2,42 | 41801210 | 6,35 | 3,00 | 2,67 | 2,59 | 39770297 | 6,98 | 3,24 | 2,86 | 2,30 |
| Min | 2214681,60 | 0,44 | 2,04 | 2,00 | 1,84 | 2603554,90 | 0,44 | 2,14 | 1,54 | 1,74 | 3012820,40 | 0,47 | 2,25 | 1,64 | 2,00 |
| Max | 546676375,00 | 53,60 | 3,58 | 3,23 | 2,99 | 404650006,00 | 53,15 | 3,70 | 3,42 | 3,24 | 397190484,00 | 48,94 | 3,42 | 3,14 | 3,23 |
| Ortalama | 90918869,05 | 10,85 | 2,86 | 2,62 | 2,42 | 78197261,14 | 11,29 | 2,91 | 2,42 | 2,49 | 77901022,51 | 11,30 | 2,91 | 2,53 | 2,42 |
| Std. Sapma | 139255540,63 | 14,99 | 0,38 | 0,35 | 0,29 | 113311150,91 | 15,16 | 0,41 | 0,46 | 0,38 | 102115469,10 | 14,63 | 0,32 | 0,38 | 0,31 |

Pembe GÜÇLÜ & Mohamed Oudoum MOHAMED, Merce, Veri Zarflama Analizi ve
Eatwios Yöntemlerinin Hibrit Kullanımı ile Afrika Ülkelerinin Lojistik
Performanslarının Değerlendirilmesi

Ek 3. Senaryolara göre VZA Sonuçları

| | M(I1) | | M(I2) | | M(I3) | | M(I4) | | M(O1) | | M(O2) | | M(O3) | | M(O4) | | M(O5) | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | 2014 | 2018 | |
| KVB1 | 0.578 | 0.666 | 0.804 | 0.632 | 1.000 | 0.791 | 0.742 | 0.598 | 0.742 | 1.000 | 0.684 | 1.000 | 0.783 | 0.732 | 1.000 | 0.919 | 0.583 | 1.000 | 0.770 |
| KVB2 | 0.700 | 1.000 | 1.000 | 0.803 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.684 | 1.000 | 1.000 | 0.738 | 1.000 | 0.748 | 1.000 | 0.768 | 1.000 | 1.000 |
| KVB3 | 0.333 | 0.433 | 0.456 | 0.186 | 0.259 | 0.237 | 0.452 | 0.357 | 0.452 | 0.430 | 0.457 | 0.737 | 0.331 | 0.337 | 0.409 | 0.290 | 0.378 | 0.353 | 0.330 |
| KVB4 | 1.000 | 1.000 | 0.627 | 1.000 | 1.000 | 0.421 | 0.573 | 1.000 | 0.573 | 0.573 | 0.781 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.596 | 1.000 | 0.609 | 1.000 | 0.604 |
| KVB5 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KVB6 | 0.556 | 0.550 | 1.000 | 0.403 | 0.569 | 1.000 | 0.586 | 0.551 | 0.586 | 0.515 | 0.693 | 0.782 | 1.000 | 0.537 | 0.435 | 1.000 | 0.480 | 0.512 | 1.000 |
| KVB7 | 1.000 | 0.077 | 1.000 | 1.000 | 0.084 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.072 | 0.070 | 1.000 | 0.639 | 1.000 | 1.000 | 0.032 | 1.000 | 0.065 | 1.000 | 0.065 |
| KVB8 | 0.421 | 0.499 | 0.549 | 0.600 | 0.683 | 0.740 | 0.549 | 0.455 | 0.549 | 0.511 | 0.470 | 0.369 | 0.420 | 0.414 | 0.608 | 0.740 | 0.743 | 0.442 | 0.510 |
| KVB9 | 0.525 | 0.564 | 0.603 | 0.476 | 0.563 | 0.645 | 0.624 | 0.529 | 0.624 | 0.681 | 0.682 | 0.681 | 0.682 | 0.656 | 0.462 | 0.544 | 0.465 | 0.522 | 0.588 |
| KVB10 | 1.000 | 0.538 | 1.000 | 1.000 | 0.423 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.527 | 1.000 | 1.000 | 0.528 | 0.715 | 1.000 | 0.487 | 1.000 | 1.000 | 0.480 | 1.000 |
| KVB11 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.053 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.212 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KVB12 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.810 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.683 | 1.000 | 0.887 | 1.000 | 1.000 | 0.887 | 1.000 | 0.721 | 1.000 | 0.721 |
| KVB13 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.415 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KVB14 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KVB15 | 0.395 | 0.505 | 0.493 | 0.279 | 0.506 | 0.487 | 0.504 | 0.483 | 0.504 | 0.483 | 0.499 | 0.703 | 0.782 | 0.655 | 0.409 | 0.337 | 0.367 | 0.409 | 0.452 |
| KVB16 | 0.832 | 0.852 | 1.000 | 0.806 | 1.000 | 1.000 | 0.601 | 1.000 | 0.601 | 1.000 | 0.815 | 1.000 | 1.000 | 0.819 | 1.000 | 1.000 | 0.835 | 0.692 | 1.000 |
| KVB17 | 0.146 | 0.153 | 0.118 | 0.165 | 0.215 | 0.157 | 0.141 | 0.205 | 0.141 | 0.141 | 0.204 | 0.129 | 0.790 | 0.753 | 0.670 | 0.140 | 0.173 | 0.138 | 0.127 |
| KVB18 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.635 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |