

## Liman Performans Analizi İçin Yeni Entegre D-CRITIC-SWARA-COPRAS Yaklaşımı

Elif Satan<sup>1</sup> , Umut Aydın<sup>2</sup> , Üstün Atak<sup>3</sup> 

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı; gelişmekte olan ekonomiye sahip Türkiye'nin konteyner limanlarının arasından seçilen 9 limanın 2020-2023 yılları arasındaki verilerini kullanarak önerilen bir entegre metodolojiyle performans analizi gerçekleştirmektir.

**Yöntem:** Çalışmada D-CRITIC (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory based on Complex Proportional Assessment), SWARA (Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis) ve COPRAS (Complex Proportional Assessment) yaklaşımlarıyla 2020-2023 yılları arasındaki veriler ile 4 kriter kullanılarak karşılaştırmalı bir performans analizi yapılmış ve elde edilen sıralamalar raporlanmıştır.

**Bulgular:** Oluşturulan senaryoların hepsinde Tekirdağ limanı en iyi performansa sahipken; Mersin ikinci, Aliğa üçüncü, İzmir dördüncü, Antalya beşinci ve Samsun altıncı sırada yer almıştır. Diğer limanlar farklı senaryolara göre farklı sıralarda yer almıştır.

**Özgünlük:** Bilindiği kadarıyla objektif ağırlık hesaplama yöntemi D-CRITIC ve subjektif ağırlık hesaplama yöntemi olan SWARA ile alternatif sıralama yaklaşımı olan COPRAS literatürde ilk defa entegre şekilde kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** D-CRITIC, SWARA, COPRAS, Konteyner Performans Analizi, Çok Kıstaslı Karar Verme.

**JEL Kodları:** C20, C22, C29.

## New Integrated D-CRITIC-SWARA-COPRAS Approach for Port Performance Analysis

### ABSTRACT

**Purpose:** The objective of this study is to analyze the performance of 9 selected container ports in Turkey, a developing economy, using data from 2020-2023 using a proposed integrated methodology.

**Methodology:** In the study, a comparative performance analysis was performed using D-CRITIC (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory based on Complex Proportional Assessment), SWARA (Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis) and COPRAS (Complex Proportional Assessment) approaches with data from 2020-2023 using 4 criteria and the rankings obtained are reported.

**Findings:** In all scenarios, Tekirdağ port has the best performance, Mersin ranked second, Aliğa third, Izmir fourth, Antalya fifth and Samsun sixth. Other ports ranked differently according to different scenarios.

**Originality:** To the best of our knowledge, this is the first time in the literature that the objective weight calculation method D-CRITIC, the subjective weight calculation method SWARA and the alternative ranking approach COPRAS have been used in an integrated manner.

**Keywords:** D-CRITIC, SWARA, COPRAS, Container Performance Analysis, Multi-Criteria Decision Making.

**JEL Codes:** C20, C22, C29.

<sup>1</sup> Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Tezli Yüksek Lisans Programı, Balıkesir, Türkiye

<sup>2</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup> Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Umut Aydın, uaydin@ticaret.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1520629

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 22.07.2024 | Kabul / Accepted: 04.11.2024

Atıf/Cite: Satan, E., Aydın, U. ve Atak, Ü. (2025). "Limn Performans Analizi İçin Yeni Entegre D-CRITIC-SWARA-COPRAS Yaklaşımı", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 61-76.

## EXTENDED ABSTRACT

Maritime transportation is a critical driver of global trade, with container shipping playing a pivotal role in the logistics chain. Ports serve as essential hubs, connecting various transportation modes and facilitating trade flows. Evaluating port performance is key to understanding their competitiveness and contribution to economic activities. However, traditional evaluation methods often rely on single-parameter analyses, which fail to capture the complexity and dynamic nature of port operations. This study introduces a novel integrated methodology for assessing the performance of container ports in Turkey, addressing limitations in existing approaches by combining objective and subjective criteria in a multi-criteria decision-making framework.

Port performance directly influences operational efficiency and the ability to attract and retain trade flows. The need for comprehensive evaluation frameworks arises from the diverse functions and stakeholders involved in port operations. This study evaluates the performance of nine container ports in Turkey using data from 2020 to 2023. By integrating D-CRITIC, SWARA, and COPRAS methods, the study aims to fill a significant methodological gap in the literature. D-CRITIC captures objective criteria weights through distance correlation, while SWARA incorporates subjective judgments, and COPRAS ranks alternatives based on these combined weights. The primary objective is to rank these ports comprehensively, while the secondary aim is to provide actionable insights into their operational strengths and weaknesses. The study addresses key research questions, such as how the integration of objective and subjective weighting methods affects port performance rankings and what actionable insights can be derived from this approach.

The proposed methodology employs a three-step process: calculating objective weights using D-CRITIC, deriving subjective weights through SWARA, and ranking alternatives with COPRAS. The dataset includes critical performance indicators such as domestic shipping volumes, international cargo, cabotage, and transit containers, sourced from Turkey's Ministry of Transport and Infrastructure. Objective weights were calculated using distance correlation to account for non-linear relationships between criteria, enhancing traditional CRITIC's capabilities. SWARA allowed for subjective input from experts, reflecting practical considerations and preferences. Finally, COPRAS integrated these weights to provide a balanced ranking of ports, addressing both benefit and cost-oriented criteria.

The analysis revealed Tekirdağ as the top-performing port across all scenarios and criteria, reflecting its specialization in transit cargo and ability to handle large-scale operations efficiently. Mersin and Aliğa followed, consistently ranking second and third. In contrast, Bandırma ranked lowest due to its lack of specialized equipment for container handling and reliance on mobile cranes, which reduced efficiency. The integration of subjective and objective weights highlighted variability in rankings, underscoring the importance of a balanced approach. For example, while objective weights emphasized transit and international cargo volumes, subjective inputs provided insights into operational nuances, such as equipment availability and infrastructure quality. The proposed methodology demonstrated its robustness, as results aligned with practical observations and existing literature on port efficiency.

This study contributes significantly to the literature by introducing a novel methodology that integrates objective and subjective criteria for port performance evaluation. Traditional methods often emphasize either objective or subjective approaches, leading to incomplete analyses. By combining D-CRITIC, SWARA, and COPRAS, this study offers a comprehensive framework that balances both perspectives. Tekirdağ's consistent top ranking highlights the importance of specialization and infrastructure investment in achieving operational excellence. Conversely, Bandırma's challenges underscore the need for targeted investments in equipment and operational strategies to improve efficiency.

While existing research has utilized these methods individually or in pairs, this is the first study to integrate D-CRITIC, SWARA, and COPRAS in the context of port performance evaluation. The D-CRITIC method enhances objectivity by incorporating distance correlation, addressing limitations in traditional CRITIC's linear assumptions. Similarly, SWARA provides a flexible and practical framework for incorporating expert opinions, while COPRAS facilitates comprehensive ranking by combining benefit and cost perspectives. This integrated approach addresses a critical gap in the literature, offering a reliable and nuanced evaluation framework for complex decision-making problems.

Despite its contributions, the study has limitations. The dataset focuses solely on Turkish container ports, and all criteria are benefit-oriented. Future studies could expand the scope by including ports from different regions and incorporating cost-based criteria to provide a more holistic analysis. Additionally, applying other multi-criteria decision-making methods to the same dataset could validate the robustness of the proposed methodology.

## 1. GİRİŞ

Dünya ticaretinin hızlı ve istikrarlı büyümesinin temellerini atan deniz taşımacılığı, özellikle konteyner taşımacılığının artışıyla küresel ticaretin en önemli unsurlarından biri haline gelmiştir (Schulze ve Prinz, 2009). Konteyner hareketleri, yükün çıkış ve varış noktalarında meydana gelen ekonomik faaliyetlere bağlı olarak yük akışının doğrudan bir sonucudur (Amoako, 2002). Liman işletmelerinin etkinliği, hizmet verdikleri coğrafyada rekabet halindeki diğer limanlara göre tercih edilme oranını artırarak, liman işletmelerinin öncelikli hedeflerinden biri olan elleçleme miktarının artmasına önemli katkılar sunmaktadır. Ancak, birçok işletmede olduğu gibi, liman işletmelerinin performans ölçümlerinde tek bir parametreye dayalı yapılan analizler, hatalı sonuçlar verebilmektedir. Liman işletmeleri, gemi, yük ve diğer taşımacılık modlarına hizmet veren karmaşık ve dinamik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, liman performansının ölçümünde çoklu parametrelerin dikkate alınması, daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesi açısından önem taşımaktadır (Ateş ve Esmer, 2015).

Liman performans analizini etkin bir şekilde gerçekleştirme ihtiyacı, araştırmacıları çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımlarına yönlendirmiştir. Liman performansı üzerine yapılan önceki araştırmalar incelendiğinde, çeşitli ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Cullinane ve Song (2006), Avrupa'daki konteyner limanlarının göreceli verimliliğini stokastik sınır modeli kullanarak analiz etmiş ve limanların verimlilik düzeylerini kıyaslamıştır. Awah ve diğerleri (2021) ise limanların iş hacmini tahmin etmek için makine öğrenmesi tekniklerini kullanmış ve bu tekniklerin planlama süreçlerine katkı sağladığını göstermiştir. Benzer şekilde, DEA (Veri Zarflama Analizi) gibi parametrik ve parametrik olmayan teknikler, liman performans analizlerinde sıklıkla kullanılmakta olup, bunlar limanların operasyonel verimliliği ve stratejik etkilerini kıyaslamak için uygun araçlar olarak değerlendirilmiştir (Suárez-Alemán ve diğerleri, 2016).

Bahsedilen çalışmalardan farklı olarak, bu araştırmada D-CRITIC, SWARA ve COPRAS yöntemleri entegre edilerek liman performansı çok boyutlu bir şekilde analiz edilmiştir. Literatürde genellikle her bir ÇKKV yöntemi tek başına ya da ikili kombinasyonlar şeklinde kullanılmış olup, üç yöntemin entegre edildiği çalışmalara rastlanmamıştır. Örneğin, geleneksel CRITIC yaklaşımı, DEA gibi yöntemlerle sıkça bir arada kullanılmıştır, ancak D-CRITIC'in mesafe korelasyonu avantajı ve SWARA'nın sübjektif değerlendirme kapasitesinin COPRAS ile entegre edilmesi bu çalışmaya özgün bir metodolojik katkı sunmaktadır. Dolayısıyla, D-CRITIC, SWARA ve COPRAS yöntemlerinin bu çalışmada entegrasyonu, yalnızca objektif veya yalnızca sübjektif ağırlıklandırmaya dayanan analizlere kıyasla daha dengeli ve kapsamlı bir liman performans değerlendirmesi yapmayı sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki seçili konteyner limanlarının performansını değerlendirmek için SWARA, D-CRITIC ve COPRAS yöntemlerinden oluşan entegre bir metodoloji geliştirmektir. Çalışmanın alt amaçları, her bir limanın verimlilik düzeyini yıllara göre kıyaslamak, objektif ve sübjektif kriter ağırlıklarının entegrasyonu sayesinde performans analizine çok boyutlu bir bakış açısı kazandırmak ve bu alandaki literatüre özgün bir katkı sağlamaktır. Ayrıca, liman performansını etkileyen faktörlerin kapsamlı bir şekilde ele alınması ve yıllık bazda değerlendirilmesi, liman yönetimlerine operasyonel verimliliği artırma konusunda yol gösterici bilgiler sunmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada önerilen metodoloji, literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında önemli bir özgünlüğe sahiptir. D-CRITIC ve SWARA yöntemlerinin entegrasyonu ile elde edilen objektif ve sübjektif kriter ağırlıkları, COPRAS yöntemi aracılığıyla performans sıralamasına dönüştürülmektedir. Literatürde, D-CRITIC'in kriter ağırlıklandırma özelliği ile SWARA'nın karar verici görüşlerine dayalı sübjektif değerlendirme yapma yeteneğinin entegre bir şekilde kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, her iki yöntemin avantajlarını bir araya getirerek liman performans analizinde yenilikçi bir yaklaşım sunulmaktadır. Bu entegre metodolojinin literatürdeki diğer yöntemlerden farkı, yalnızca objektif veya yalnızca sübjektif ağırlıklandırma ile sınırlı kalmayıp, her iki bakış açısını da değerlendirerek daha dengeli ve kapsamlı bir analiz sağlamasıdır.

D-CRITIC, özellikle Pearson korelasyonunun doğrusal olmayan ilişkileri yeterince temsil edemediği durumlarda Székely ve diğerleri (2007) tarafından geliştirilen mesafe korelasyonu avantajıyla öne çıkmaktadır. Bu yöntem, geleneksel CRITIC'ten farklı olarak kriterler arasındaki ilişkiyi daha kapsamlı bir şekilde ele almakta ve ağırlıkların belirlenmesinde daha objektif sonuçlar sunmaktadır. Literatürde yaygın kullanılan klasik CRITIC yöntemi, yalnızca doğrusal ilişkileri değerlendirdiğinden, karmaşık karar problemlerinde sınırlı kalabilmektedir. Bu nedenle, D-CRITIC'in mesafe korelasyonunu içeren versiyonu, performans analizleri için daha güçlü bir temel sağlamaktadır.

SWARA yöntemi ise sübjektif ağırlık hesaplamasında karar verici görüşlerine dayalı esnek bir yapıya sahiptir. Diğer sübjektif ağırlıklandırma yöntemleri ile karşılaştırıldığında, SWARA'nın sıralamalı değerlendirme sistemi, karar vericilere ağırlıklar arasında kademeli değişim belirleme imkanı sunduğu için

daha hassas sonuçlar elde etmeye katkıda bulunmaktadır. AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) gibi yöntemler, karar vericiye daha karmaşık bir kıyaslama süreci sunarken, SWARA'nın daha yalın adımlarla subjektif ağırlıklandırma yapması, karar verme süreçlerinde daha hızlı ve anlaşılır bir uygulama sağlamaktadır. Bu çalışmada SWARA'nın kullanımı, subjektif değerlendirmelerin kolaylaştırılmasını sağlamakta ve analizde daha geniş bir perspektif kazandırmaktadır.

COPRAS yöntemi ise, çok kriterli karar verme sürecinde fayda ve maliyet kriterlerini aynı anda değerlendirebilme kapasitesiyle öne çıkmaktadır. AHP, TOPSIS veya VIKOR gibi diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak COPRAS, her bir alternatifin ideal çözümle olan ilişkisini belirginleştirerek fayda düzeyini açıkça ortaya koymaktadır. Bu özellik, karar vericilerin alternatifler arasında daha net bir sıralama yapmasını mümkün kılmakta ve analizlerin güvenilirliğini artırmaktadır. Literatürde COPRAS, özellikle fayda-maliyet analizi gerektiren karar problemlerinde tercih edilmekte ve bu çalışmada SWARA ve D-CRITIC ile entegre edilmesi, liman performans analizine geniş bir perspektif sunmaktadır.

Özetle, literatürdeki diğer yöntemlerin sınırlamaları göz önünde bulundurulduğunda, SWARA ve D-CRITIC'in kriter ağırlığı belirleme avantajlarının birleştirilerek COPRAS ile entegre edilmesi, liman performans analizinde literatürdeki boşluğu dolduran yenilikçi bir metodoloji sunmaktadır. Bu yöntem entegrasyonu, yalnızca objektif veya yalnızca subjektif bir bakış açısına dayalı yöntemlere kıyasla daha kapsamlı ve dengeli bir analiz sağlayarak liman performans analizlerinde derinlemesine bir değerlendirme sunmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür taramasına yer verilmiş, üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemler hakkında gerekli bilgiler sunulmuş, dördüncü bölümde çalışmanın bulguları sunulmuş ve son bölümde çalışma ile ilgili sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

## 2. LİTERATÜR

Çalışma kapsamında literatürde yer alan çalışmalar liman performansı/verimliliği ve bu çalışmada kullanılan yöntemler açısından incelenmiş ve bulgular raporlanmıştır.

Liman performansı üzerine yapılan araştırmalar, çeşitli metodolojiler kullanılarak limanların verimliliğini, operasyonel etkinliğini ve stratejik etkilerini incelemiştir. Yap ve Ho (2023), Bulanık Küme Niteliksel Karşılaştırmalı Analiz (Fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis) kullanarak liman stratejileri ile konteyner çıktısı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Sonuçlar, büyük konteyner terminallerinin genellikle bir strateji kombinasyonu kullandığını göstermiştir. Bu bulgu, liman stratejilerinin karmaşıklığı ve esnekliğinin, konteyner çıkışları üzerindeki etkisini vurgulamaktadır.

Makine öğrenmesi teknikleri kullanarak konteyner iş hacmi tahmini üzerine çalışan Awah ve diğerleri (2021), liman planlama ve geliştirme projelerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacak pratik bir yöntem sunmuşlardır. Bu çalışmanın sonuçları, liman performansı analizlerinde veri odaklı yaklaşımların önemini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Suárez-Alemán ve diğerleri (2016) hem parametrik hem de parametrik olmayan yaklaşımları kullanarak konteyner limanı performansını analiz etmiş ve liman performansının itici güçlerini detaylı bir şekilde incelemiştir.

Verimlilik analizine odaklanan çalışmalar arasında Cullinane ve Song (2006), geniş bir Avrupa konteyner limanının göreceli teknik verimliliğini stokastik sınır modeli (stochastic frontier model) kullanarak tahmin etmişlerdir. Sonuçlar, liman terminalinin boyutunun verimlilikle ilişkili olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, Bichou (2011) veri zarflama analizini (DEA) kullanarak güvenlik düzenlemelerinin limanların operasyonel performansı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışmalar, liman performansının çeşitli boyutlarını ve bunların operasyonel sonuçlarını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır.

DEA'nın kullanımına yönelik birçok çalışma, konteyner limanlarının verimliliğini araştırmıştır. Cullinane ve diğerleri (2005), Hung ve diğerleri (2010), Schøyen ve Odeck (2013), ve Gil Ropero ve diğerleri (2019) farklı coğrafi bölgelerde ve ölçeklerde konteyner limanlarının verimliliğini analiz etmişlerdir. Bu çalışmalar, DEA'nın liman performansı değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılan etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Lin ve diğerleri (2019) ise ters veri zarfı analizi (IDEA) önererek, liman performansının değerlendirilmesinde yeni bir yaklaşım sunmuşlardır.

Düşük-orta gelirli ülkelerdeki limanların verimliliğini inceleyen Danladi ve diğerleri (2024), veri zarflama analizinden (DEA) yararlanarak, hükümet ve liman yetkililerine değerli bilgiler sağlamayı amaçlamıştır. Pham ve diğerleri (2021), iki aşamalı belirsizlik veri zarflama analizi (UDEA) ile operasyonel verimliliği ölçmek için entegre bir model sunmuşlar ve bu modelin liman verimliliğini değerlendirmede etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Görçün (2020) ise çok kriterli karar verme yöntemlerinin veya DEA'nın konteyner terminali seçiminde kullanılmasının mümkün olup olmadığını belirlemeye çalışmıştır.

Jang ve diğerleri (2016), DEA ve Shannon Entropisi'ni kullanarak konteyner limanlarının performansını değerlendirmişlerdir. Shannon Entropisi, DEA yönteminin sınırlamalarını ortadan kaldırmak için kullanılmış ve sonuçlar, bu birleşimin liman yöneticileri için değerli bilgiler sağlayabileceğini göstermiştir. Bu literatür, liman performansı üzerine yapılan çalışmalarda çeşitli metodolojik yaklaşımların kullanımını ve bu yaklaşımların liman verimliliği üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde ele almaktadır.

SWARA yöntemi Zavadskas ve diğerleri (2010) tarafından literatüre kazandırılmış olup karar verme süreçlerinde kriterlerin sübjektif ağırlıklarını bulmada kullanılmaktadır. Öte yandan, geleneksel CRITIC yönteminin mesafe korelasyonu ile geliştirilmiş versiyonu olan D-CRITIC yaklaşımı ise Krishnan ve diğerleri (2021) tarafından literatüre kazandırılmış olup kriterlerin objektif ağırlık hesaplamasında kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında kriter ağırlıkları hesaplanırken söz konusu iki yöntemin entegrasyonu ile ağırlık hesaplaması yapılmış ve sonrasında da elde edilen ağırlıkların kullanıldığı COPRAS yöntemiyle alternatiflere ait performans skorları elde edilmiştir. Bu sebeple Tablo 1 ile literatürde bu yöntemleri kullanan çalışmalar özetlenmiştir.

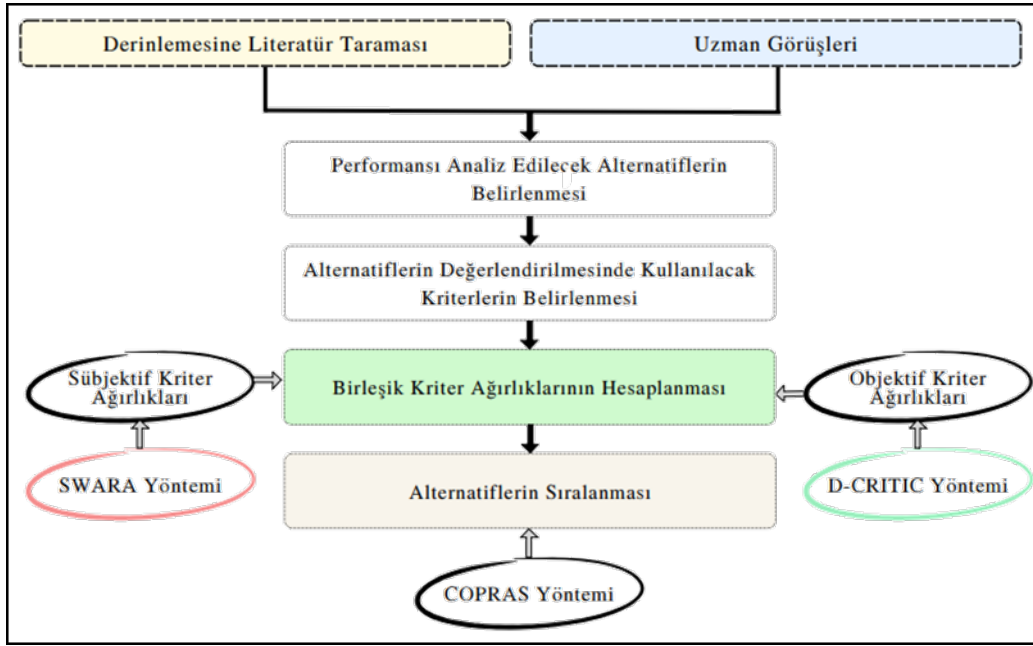
**Tablo 1. CRITIC, SWARA ve COPRAS kullanan çalışmalar**

<i>Yazar(lar)</i>	<i>Metodoloji</i>	<i>Uygulama Alanı</i>
Türkoğlu ve Duran (2023)	CRITIC, GIA ve WASPAS	Ülkelerin Lojistik Performansı
Ecemiş ve Avşar (2023)	CRITIC, CODAS	Ülkelerin Lojistik Performansı
Eyceyurt Batır (2023)	CRITIC, EDAS	Bankaların Performansı
Keleş (2022)	CRITIC, MABAC	THY Beş Yıllık Performansı
Duran (2022)	CRITIC, GIA	Ülkelerin İnovasyon Performansı
Bektaş (2022)	CRITIC, MULTIMOOSRAL	BIST Sigorta Endeksindeki Şirketlerin Finansal Performansı
Akgül (2021)	CRITIC, COCOSO	Bankaların Performansı
Öndeş ve Özkan (2021)	CRITIC, EDAS	BIST Bilişim Sektöründeki Şirketlerin Finansal Performansı
Arslan (2023)	SWARA, AHP	En Uygun Kablo Türünün Belirlenmesi
Türkmen ve Demirel (2022)	SWARA, COPRAS	Tedarikçi Seçimi
Maruf (2021)	SWARA, WASPAS	E-Ticaret Sitelerinin Performansa göre Sıralanması
Katrancı ve Kundakçı (2020)	SWARA, COPRAS	Soğuk Hava Deposu Seçimi
Yazgan ve Agamyradova (2021)	SWARA, MAIRCA	Personel Seçimi

Tablo 1 göstermektedir ki ağırlık bulmada kullanılan geleneksel CRITIC yaklaşımı ve SWARA farklı alternatif sıralama yöntemleriyle entegre şekilde farklı alanlardaki uygulamalarda kullanılmıştır. COPRAS yaklaşımı da benzer şekilde literatürdeki çalışmalarda araştırmacıların faydalandığı alternatif sıralama yöntemlerinden biridir. D-CRITIC yöntemi de literatüre kazandırıldığı 2021 yılından beri Maneengam (2023) çalışmasındaki gibi geliştirilmiş TOPSIS (Modified TOPSIS) yöntemiyle; Ghaemi-Zadeh ve Eghbali-Zarch (2024) ve Zhang ve Wei (2023) çalışmalarında olduğu gibi bulanık MULTI-MOORA ve bulanık CPT-CoCoSo gibi bulanık ÇKKV yaklaşımlarıyla da entegre şekilde kullanıldığı da gözlemlenmiştir. Fakat literatür taraması göstermektedir ki SWARA, D-CRITIC ve COPRAS yaklaşımları bilindiği kadarıyla literatürde daha önce entegre bir şekilde bu çalışmada kullanıldığı gibi kullanılmamıştır.

### 3.METODOLOJİ

Önerilen entegre metodoloji temelde kriter ağırlıklarının bulunması ve elde edilen kriter ağırlıklarını kullanarak alternatiflerin sıralanması şeklinde iki temel adıma sahiptir. Fakat literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak bu çalışma kapsamında önerilen metodoloji, kriter ağırlıklarının hesaplandığı iki adım ve daha sonra elde edilen ağırlıklar kullanılarak alternatiflerin performanslarına göre sıralandığı üçüncü adım olmak üzere üç adıma sahiptir. İlk adımda, herhangi bir uzman görüşüne ihtiyaç duymadan satır-sütun işlemleri gerçekleştirilen objektif kriter ağırlıkları hesaplanmaktadır. İkinci aşamada ise, ilk aşamada kullanılan kriterlerin sübjektif ağırlıklarının hesaplanması için uzmanlar tarafından kriterlerin önem düzeyine göre sıralandığı ve ikili şekilde karşılaştırıldığı aşama yer almaktadır. Daha sonra her bir kriter için objektif ve sübjektif ağırlıkların, ağırlıklı ortalamasının hesaplandığı ve nihai ağırlıkların hesaplandığı bir adım bulunmaktadır. Elde edilen birleşik ağırlıklar kullanılarak son aşamada alternatif sıralaması gerçekleştirilmektedir. Önerilen entegre metodolojiye ait işlemler için akış diyagramı Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. Önerilen entegre metodoloji

### 3.1. D-CRITIC

CRITIC yöntemi Diakoulaki ve arkadaşları tarafından 1995'te literatüre kazandırılmıştır. Bu yöntem, kriterlerin standart sapmalarının ve kriterler arası korelasyonun birlikte kullanılarak gerçekleştirilen öznel bir ağırlıklandırma yöntemidir. D-CRITIC'de, kriter ağırlıklarını hesaplarken geleneksel CRITIC metodundan farklı olarak kriterler arasındaki ilişkileri değerlendirmek için Székely ve diğerlerinin (2007) mesafe korelasyonunu kullanır. Mesafe korelasyonu, Pearson korelasyonunun kriter setindeki doğrusal olmayan ilişkileri yetersiz yakaladığı bulgusuna dayanır. Bu nedenle, D-CRITIC yönteminin, kriter ağırlıklarını daha objektif bir şekilde hesaplayabileceği öne sürülmüştür. Yöntemin ilk adımında karar problemine özgü olan kriterlerin ve alternatiflerin bulunduğu karar matrisi elde edilir. Matrisin matematiksel gösterimi Eşitlik 1'deki gibidir.

$$E = [z_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Kullanılan kriterlerin fayda veya maliyet özellikli olduğu belirlenir, aşağıdaki eşitlikler kullanılarak standardizasyon işlemi yapılır. Eğer kullanılan kriter fayda temelli ise Eşitlik 2; maliyet temelli bir kriter ise de Eşitlik 3 kullanılarak standardize karar matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{z_{ij} - \min_j(z_{ij})}{\max_j(z_{ij}) - \min_j(z_{ij})} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{\max_j(z_{ij}) - z_{ij}}{\max_j(z_{ij}) - \min_j(z_{ij})} \quad (3)$$

Bu bağlamda  $\max_j(z_{ij})$ , kriterdeki en yüksek performansını ve  $\min_j(z_{ij})$ , kriterdeki en düşük performansını temsil eder. Kriter ağırlıklarının hesaplanması aşamasında sonraki adımda CRITIC yönteminde, kriter setindeki ilişkinin varlığı ve bu ilişkinin derecesinin ölçülmesi için Pearson korelasyon katsayısı ( $p_{jk}$ ) hesaplanır. D-CRITIC yönteminin farklılaştığı nokta burasıdır. Bu adımda kriterler için mesafe korelasyonu hesaplaması gerçekleştirilir. Mesafe korelasyonu için katsayılar, aşağıdaki Eşitlik 4 ile hesaplanır.

$$dCorr(c_j, c_{j'}) = \frac{dCov(c_j, c_{j'})}{\sqrt{\text{karekök}(dVar(c_j)dVar(c_{j'}))}} \quad (4)$$

Burada  $dCov(c_j, c_{j'})$ ,  $c_j$  ve  $c_{j'}$  kriterleri arasındaki mesafe kovaryans değerini göstermektedir.  $dVar(c_j) = dCov(c_j, c_j)$  ise  $c_j$  için mesafe varyans değerini göstermektedir.  $c_j$  ve  $c_{j'}$  arasındaki mesafe korelasyonunu hesaplamak için aşağıdaki adımlar takip edilmektedir.

*Adım 1:* Öncelikle,  $c_j$  için tüm alternatiflerin skorlarına dayanarak öklit mesafe matrisi oluşturulur. Bu matris,  $c_j$  ve  $c_{j'}$  kriterleri arasındaki korelasyonu hesaplamak için kullanılır.

*Adım 2:* Mesafe matrisi oluşturulduktan sonra, satır ve sütun ortalamaları hesaplanır. Her matris elemanından, bulunduğu satırın ortalaması çıkarılır. Ardından, yeni matrisin elemanlarından önceki sütun ortalaması çıkarılır. Son olarak, her eleman için mesafe matrisinin genel ortalaması eklenir, böylece nihai matrisin ortalamaları sıfırlanır.

*Adım 3:* İlk iki adımda elde edilen nihai matrisler her iki kriter için ayrı ayrı işlenir. İlk kriter olan  $c_j$  için nihai matrisin her elemanı kendisiyle çarpılır ve yeni bir matris elde edilir. Bu matrisin ortalaması alınarak, ortalamanın karekökü  $c_j$  kriteri için mesafe varyans değerini verir. Aynı işlem diğer kriter için de yapılarak varyans değeri bulunur. Her iki kriterin matrislerindeki aynı satır ve sütun elemanlarının çarpımı alınarak yeni bir matris oluşturulur ve ortalaması hesaplanır. Bu ortalamanın karekökü iki kriter arasındaki mesafe kovaryans değerini verir.

*Adım 4:* Son olarak, 3. adımda elde edilen değerler Eşitlik 4'te yerlerine konularak iki kriter için mesafe korelasyon değeri hesaplanır.

D-CRITIC yönteminin üçüncü adımında özetlenen üç alt adım, mesafe korelasyon matrisini elde etmek için sağlanan kriterlere uygulanır. Kriterlerin standart sapmaları belirlendikten sonra kriterdeki toplam bilgisini hesaplamak için Eşitlik 5 kullanılır.

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - dCorr(c_j, c_{j'})) \quad (5)$$

Sübjektif kriter ağırlıkları hesaplanmasında son adımda ise kriterlerin ağırlıkları Eşitlik 6 yardımı ile elde edilir.

$$w_j^D = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

### 3.2 SWARA

Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) yöntemi ilk olarak Keršulienė ve diğerleri (2010) tarafından geliştirilmiştir. Birden fazla kriter içeren karar verme problemlerinde kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için kullanılmaktadır. SWARA yönteminin adımları aşağıda anlatılmıştır.

*Adım 1:* Problemin çözümünde kullanılacak kriter seti belirlenir ve karar verici tarafından en önemli kriterden en az öneme sahip kriterlere doğru sıralama yapılır. Karar verici birden fazla ise o zaman her bir karar vericinin bireysel olarak yaptığı değerlendirme sonuçlarında ölçütler azalan düzeyde sıralanır ve geometrik ortalaması alınarak genel bir sıralama oluşturulur.

*Adım 2:* Kriterlerin önem ağırlıkları belirlenir. Bu işlem içinde ikinci kriterden ( $j + 1$ ) başlayarak her bir kriter kendinden önceki kriter ( $j$ ) ile karşılaştırılır. Kriterlerin birbirleri ile karşılaştırmalı önemi  $s_j$  olarak gösterilmektedir.

*Adım3:* Kriterlerin ortak sıralamasında en önemli kriterlerin kat sayısı 1'e eşit olmalıdır. Eşitlik 7'de verilen formül ile  $k_j$  katsayıları hesaplanmaktadır.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (7)$$

*Adım 4:* Önem vektörü  $w_j$  Eşitlik 8 ile hesaplanır.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (8)$$

*Adım 5:* Kriterlere ait ağırlıkların  $q_j$  hesaplaması ise aşağıdaki Eşitlik 9 ile sağlanır.

$$w_j^S = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (9)$$

D-CRITIC yöntemiyle elde edilen objektif kriter ağırlıklarının SWARA yaklaşımıyla elde edilen sübjektif kriter ağırlıklarının ağırlıklı ortalaması Eşitlik 10 yardımıyla elde edilir. Elde edilen bu ağırlıklar birleştirilmiş kriter ağırlıkları olarak isimlendirilmektedir.

$$w_j = \lambda \times w_j^S + (1 - \lambda) \times w_j^D \quad (10)$$

### 3.3 COPRAS

COPRAS, Zavadskas ve Kaklauskas (1994) tarafından geliştirilmiştir. Copras yöntemi, alternatiflerin fayda ve önem dereceleri açısından aşamalı olarak sıralanması ve değerlendirilmesi prosedürünü benimser. En uygun seçeneği belirlemek için, ideal ve anti-ideal çözümler göz önünde bulundurularak yapılır. Copras yönteminin diğer çok kriterli karar verme tekniklerine göre temel bir avantajı, fayda düzeylerini açıkça belirleyebilmesidir. Alternatifler arasında karşılaştırma yapıldığında, hangisinin üstün veya altın olduğunu gösterebilmesidir. Copras yöntemi 7 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar aşağıdaki gibidir.

*Adım 1:* Başlangıç karar matrisi Eşitlik 11 ile gösterildiği gibi oluşturulmaktadır.

$$E = [Z_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \dots & Z_{mn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

*Adım 2:* Karar matrisi Eşitlik 12 yardımıyla normalize edilir. Normalizasyon işlemi, dikkate alınan alternatiflerin performanslarını karşılaştırılabilir boyutsuz değerlere dönüştürmek için kullanılır.

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_j}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad (12)$$

*Adım 3:* Karar matrisi normalize edildikten bir sonraki adım ise, ağırlıklandırılmış normalize edilmiş karar verme matrisinin oluşturulması için Eşitlik 13'teki formülün kullanılmasıdır.  $S_{-i}$  değeri ne kadar küçük olursa, minimizasyon yönlü ölçütlerde sonuca ulaşma olasılığı artar.  $S_{+i}$  değeri ne kadar büyük olursa, maksimizasyon yönlü ölçütlerde sonuca ulaşma olasılığı artar.

$$s_{+i} = \sum_{j=1}^n d_{+ij} \quad ; \quad s_{-i} = \sum_{j=1}^n d_{-ij} \quad , \quad i = 1, \dots, m \quad ; \quad j = 1, \dots, n \quad (13)$$

*Adım 4:* Karşılaştırılan alternatiflerin görelî önem değerini gösteren  $Q_j$  aşağıdaki Eşitlik 14 yardımıyla hesaplanır.  $Q_i$  büyükten küçüğe doğru sıralanır.  $Q_i$  ne kadar büyükse görelî önem o kadar yüksek anlamına gelmektedir.

$$Q_i = S_{+i} \frac{s_{-min} \sum_{i=1}^m s_{-i}}{s_{-i} \sum_{i=1}^m \frac{s_{-min}}{s_{-i}}} \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad (14)$$

*Adım 5:* Son adımda, alternatiflerin fayda dereceleri belirlenir. Bu derecelendirme, Eşitlik 15 kullanılarak yapılır. Fayda derecesi 100 olan alternatif, en üstün seçenek olarak kabul edilir. Diğer alternatifler ise bu en üstün seçenekle karşılaştırılarak sıralanır.

$$P_i = \left( \frac{Q_i}{Q_{max}} \right) * 100\% \quad (15)$$

### 4.BULGULAR

Bu çalışmada Türkiye'de seçilen 9 limanın 2020-2023 yılları arasında konteyner elleçleme istatistikleri ele alınarak, önerilen entegre metodolojiyle adım adım incelenmiştir. Çalışmada kullanılan veri setinde yer alan kriterler 2020-2023 yıllarına ait 4 değişkenden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan veri seti Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı Denizcilik İstatistikleri portalından alınmıştır (T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2024). Türk bandıralı gemi (C1), yabancı bandıralı gemi (C2), kabotaj (C3) ve transit konteyner (C4) değişkenleri kullanılmıştır. Bu kriterleri de yükleme, boşaltma ve toplam olmak üzere üç farklı açıdan limanların elleçleme istatistiklerinin performansları değerlendirilmiştir.

D-CRITIC yöntemiyle karar probleminde alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin objektif ağırlıkları hesaplanır. İlk adımda, performanslarına göre sıralanacak 9 limanın belirlenen kriterlerdeki değerleriyle Eşitlik 1 ile matematiksel olarak gösterilen karar matrisi, Tablo 2'deki gibi oluşturulur.

Sonraki adımda karar matrisinde yer alan kriterlerin standardizasyon işlemi yer almaktadır. Bu çalışmada kullanılan kriterlerin hepsi fayda temelli kriterlerdir. Bundan dolayı Eşitlik 2 yardımıyla kriterler için standardizasyon işlemi gerçekleştirilir. İşlem sonrasında elde edilen değerler Tablo 3 ile gösterilmektedir.

D-CRITIC yönteminin bu aşamasında Eşitlik 4 ile gösterilen mesafe korelasyonu kriter setindeki değişkenler için hesaplanır. Székely vd. (2007) literatüre kazandırdığı mesafe korelasyonu, Pearson korelasyonunun doğrusal olmayan ilişkileri yakalayamadığı ve bu nedenle Pearson korelasyonunun 0 olduğunda iki değişkenin aslında tamamen bağımsız olmadığı sonucuyla geliştirilmiştir. Székely vd. (2007) çalışmasında kullanılan mesafe korelasyonu ölçüsü, yalnızca iki değişkenin gerçekten tamamen ilişkisiz olduğunda 0 değerini alır. Bu özelliği nedeniyle, D-CRITIC yöntemi geleneksel CRITIC yaklaşımından pozitif anlamda



ayrışmaktadır. Mesafe korelasyonu için işlem adımları metodoloji bölümünde adım adım açıklanmıştır. Kriterlere ait mesafe korelasyonu değerleri, Tablo 4'te gösterildiği gibi sunulmaktadır.

**Tablo 2. Karar matrisi**

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Aliağa	45672	730421	14411	29830	36286	664131	35391	29676	81958	1394552	49802	59506
Antalya	1268	13348	29714	0	6072	16017	19440	0	7340	29365	49155	0
Bandırma	0	0	1208	0	0	0	1090	0	0	0	2298	0
İstanbul	3	4485	974	203	234	5007	1778	454	237	9492	2752	657
İzmir	8574	93791	16924	22	24001	117182	29944	14	32575	210973	46868	36
Mersin	40361	899948	12589	6077	48014	914258	10980	9844	88374	1814206	23569	15920
Samsun	447	37905	23322	0	13859	36331	11773	0	14306	74236	35095	0
Tekirdağ	11982	231600	104263	507795	19911	207130	115532	502716	31893	438729	219795	1010511
Trabzon	0	936	6673	0	3144	890	4358	0	3144	1826	11031	0

**Tablo 3. D-CRITIC yöntemi standardize değerler**

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Aliağa	1	0,81	0,13	0,05	0,75	0,72	0,29	0,05	0,92	0,76	0,21	0,05
Antalya	0,02	0,01	0,27	0	0,12	0,01	0,16	0	0,08	0,01	0,21	0
Bandırma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	6,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	0,18	0,1	0,15	4,33	0,49	0,12	0,25	2,78	0,36	0,11	0,2	3,56
Mersin	0,88	1	0,11	0,01	1	1	0,08	0,01	1	1	0,09	0,01
Samsun	0	0,04	0,21	0	0,28	0,03	0,09	0	0,16	0,04	0,15	0
Tekirdağ	0,26	0,25	1	1	0,41	0,22	1	1	0,36	0,24	1	1
Trabzon	0	0	0,05	0	0,06	0	0,02	0	0,03	0	0,04	0

**Tablo 4. Karar değişkenleri arasındaki mesafe korelasyonu değerleri**

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
C1	1				1				1			
C2	0,96	1			0,91	1			0,95	1		
C3	0,39	0,4	1		0,55	0,43	1		0,44	0,39	1	
C4	0,36	0,38	0,95	1	0,37	0,37	0,94	1	0,36	0,37	0,95	1

Bir sonraki adımda kriterlere ait standart sapma değerleri hesaplanır. Kriterlerin standart sapmaları Tablo 5 ile gösterilmektedir.

**Tablo 5. Karar değişkenlerinin standart sapma değerleri**

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	0,37	0,36	0,29	0,31	0,33	0,34	0,29	0,31	0,36	0,35	0,28	0,31

Hesaplanan korelasyon ve standart sapma değerleri kullanılarak değişkenlerin yansıttığı özellikler  $C_j$  değerleri Eşitlik 5 yardımıyla Tablo 6'da gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

**Tablo 6. Karar değişkenlerine ait  $C_j$  değerleri**

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	0,47	0,45	0,36	0,86	0,38	0,44	0,31	0,87	0,45	0,45	0,34	0,86

D-CRITIC yaklaşımının son aşamasında ise kriterlere ait objektif ağırlık değerleri Eşitlik 6 kullanılarak Tablo 7 ile gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

**Tablo 7. Karar değişkenlerine ait objektif ağırlıklar**

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Kriter Ağırlık	0,22	0,2	0,16	0,39	0,18	0,21	0,15	0,43	0,21	0,21	0,16	0,4
Önem Sırası	2	3	4	1	3	2	4	1	2	3	4	1

D-CRITIC yaklaşımıyla elde edilen objektif kriter ağırlıklarına göre konteyner yükleme operasyonları açısından performans değerlendirmesinde kriter önem seviyesine göre sıralama  $C4 > C1 > C2 > C3$  şeklinde gerçekleşmiştir. Konteyner boşaltma operasyonları açısından durum incelendiğinde ise  $C4 > C2 > C1 > C3$  şeklinde C2 ve C1'in yer değiştirdiği bir sıralama oluşmuştur. Yükleme ve Boşaltma istatistiklerini toplu olarak yansıtan toplam rakamlar üzerinden duruma baktığımızda da Yükleme istatistikleriyle elde edilen sıralamanın aynısının elde edildiği görülmektedir.

Önerilen entegre metodolojide objektif kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra birleştirilmiş ağırlık hesaplamasının ikinci aşaması olan sübjektif ağırlık hesaplaması gerçekleştirildi. Bu amaçla uzman görüşlerine ihtiyaç duyan ve kriter ağırlıklarını uzmanların belirttiği fikirlere göre hesaplayan SWARA yaklaşımının işlem adımları gerçekleştirildi.

Farklı bilgi ve tecrübe seviyelerine sahip üç karar verici (KV) kriterlerin her birini değerlendirerek puanlandırmıştır. Tablo 8'de verildiği gibi karar vericiler kriterleri en önemli olan ilk sırada olacak şekilde daha az önemiye doğru sıralamıştır. Birden çok karar verici ölçütleri değerlendirdiği için azalan düzeyde sıralanan ölçütlerin geometrik ortalaması alınarak genel bir sıralama oluşturulmuştur.

**Tablo 8. Karar vericilere göre değerlendirme kriterlerinin önem sıraları**

	KV1	KV2	KV3	Geometrik Ortalama	Sıralama
C1	2	1	3	1,81	1
C2	3	4	2	2,88	4
C3	1	2	4	2	2
C4	4	3	1	2,28	3

Bir sonraki adımda ise her bir KV'ye göre değerlendirme kriterlerinin önem düzeyleri belirlenmiştir. Bunun için ikinci kriterden (j+1) başlayarak her bir kriter kendisinden önceki kriter (j) ile mukayese edilmiş ve kriterlerin birbirlerine göre karşılaştırmalı önemleri ( $s_j$ ) belirlenmiştir. Eşitlik 7 kullanılarak kriterlerin birbirlerine göre karşılaştırmalı önemlerine ait katsayılar ( $k_j$ ) belirlenmiştir. Eşitlik 8'den faydalanılarak kriterlere ait önem vektörü  $w_j$  hesaplanmış ve Eşitlik 3 ile değerlendirme kriterlerine ait ağırlıklar belirlenmiştir. Tüm karar vericiler için aynı adımlar tekrarlanmış olup her KV görüşüne göre elde edilen ağırlıklar Tablo 9 ile gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 9. KV sıralamaları ve puanlarına göre hesaplanan kriter ağırlıkları**

	Kriter	Sıra	$s_j$	$k_j$	$q_j$	$w_j$
KV1	C1	1		1	1	0,27
	C3	2	0,1	1,1	0,9	0,25
	C4	3	0,05	1,05	0,86	0,24
	C2	4	0,05	1,05	0,82	0,22
KV2	C1	1		1	1	0,27
	C3	2	0,05	1,05	0,95	0,26
	C4	3	0,15	1,15	0,82	0,23
	C2	4	0,05	1,05	0,78	0,21
KV3	C1	1		1	1	0,27
	C3	2	0,05	1,05	0,95	0,26
	C4	3	0,05	1,05	0,9	0,25
	C2	4	0,05	1,05	0,86	0,23

KV'lerden elde edilen bireysel kriter ağırlıklarının ( $w_j$  değerleri) kriterler bazında aritmetik ortalamaları alınarak toplulaştırılmış sübjektif kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 10'da gösterilmektedir.

**Tablo 10. Değerlendirme kriterlerine ait toplulaştırılmış sübjektif ağırlıklar**

	KV1	KV2	KV3	Kriter Ağırlıkları
C1	0,27	0,27	0,27	0,27
C2	0,22	0,21	0,23	0,24
C3	0,25	0,26	0,26	0,22
C4	0,24	0,23	0,25	0,26

Tablo 9'a göre liman konteyner elleçleme performansının değerlendirilmesindeki süreçte en önemli kriter Türk bandıralı gemi (C1) kriteri iken, en az öneme sahip olan ise kabotaj (C3) kriteri olarak belirlenmiştir. Sübjektif kriter ağırlıklarına göre kriterler  $C1 > C4 > C2 > C3$  şeklinde önem sırasına göre sıralanmıştır.

Objektif kriter ağırlığı hesaplamasında toplam konteyner elleçleme sayısı ve yükleme sayısı açısından kriterlerin önem sıralaması  $C4 > C1 > C2 > C3$  şeklinde gerçekleşirken konteyner boşaltma operasyonları

açısından durum incelendiğinde ise  $C4 > C2 > C1 > C3$  şeklinde bir sıralama olduğu gözlemlenmiştir. Fakat subjektif ağırlık hesaplaması yaklaşımı yardımıyla elde edilen sıralamaların ise  $C1 > C4 > C2 > C3$  şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple hem objektif yaklaşımdan elde edilen ağırlık bilgisi hem de subjektif yaklaşımdan elde edilen ağırlık bilgisi kaybedilmemek amacıyla kriterlere ait birleştirilmiş ağırlık hesaplaması Eşitlik 10 yardımıyla Tablo 11’de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

**Tablo 11. Objektif, subjektif ve birleştirilmiş kriter ağırlıkları**

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
D-CRITIC	0,22	0,2	0,16	0,39	0,18	0,21	0,15	0,43	0,21	0,21	0,16	0,4
Swara	0,27	0,22	0,26	0,24	0,27	0,22	0,26	0,24	0,27	0,22	0,26	0,24
Birleştirilmiş Ağırlık	0,25	0,21	0,21	0,32	0,23	0,22	0,2	0,33	0,24	0,22	0,21	0,32

Limanların elleçleme performanslarını sıralayabilmek için COPRAS yönteminin uygulanması, karar matrisinin normalize edilmesi ile başlar. Normalize işlemi ise Tablo12 ‘de elde ettiğimiz birleştirilmiş ağırlık değerleri kullanılarak karar matrisi Eşitlik 12 ile normalize edilir. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 12’de verilmiştir.

**Tablo 12. Normalize edilmiş karar matrisi**

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Aliağa	0,1	0,07	0,01	0,01	0,05	0,07	0,03	0,01	0,07	0,07	0,02	0,01
Antalya	0	0	0,03	0	0	0	0,01	0	0	0	0,02	0
Bandırma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	0,01	0,01	0,01	0	0,03	0,01	0,02	0	0,03	0,01	0,02	0
Mersin	0,09	0,09	0,01	0	0,07	0,1	0	0	0,08	0,1	0,01	0
Samsun	0	0	0,02	0	0,02	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0
Tekirdağ	0,02	0,02	0,1	0,29	0,03	0,02	0,1	0,31	0,03	0,02	0,1	0,3
Trabzon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sonraki adımda Eşitlik 13-15 yardımıyla alternatiflere ait hesaplanan  $S_{-i}$ ,  $S_{+i}$ ,  $Q_i$  ve  $P_i$  değerleri ve yapılan analizde yıllara göre alternatiflerin yükleme sayısı, boşaltma sayısı ve toplam sayılara göre sıralamaları Tablo 13, 14 ve 15 ile gösterildiği gibi elde edilmiştir.  $S_{-i}$  değeri maliyet temelli kriterler kullanılarak hesaplanmaktadır.  $Q_i$  değeri de  $S_{-i}$  ve  $S_{+i}$  değerleri kullanılarak hesaplanan bir metriktir. Bu çalışmada kullanılan tüm kriterler fayda temelli olduğu için  $Q_i$  değerleri direkt olarak  $S_{+i}$  değerleri olmaktadır.

**Tablo 13. Alternatiflere ait metrik değerleri ve yıllara göre sıralamalar (Yükleme)**

	$S_{+i}$	$Q_i$	$P_i$	2023	2022	2021	2020
Aliağa	0,21	0,21	0,47	2	3	3	3
Antalya	0,03	0,03	0,07	5	5	5	5
Bandırma	0	0	0	9	7	8	8
İstanbul	0	0	0	8	9	9	7
İzmir	0,04	0,04	0,1	4	4	4	4
Mersin	0,2	0,2	0,45	3	2	2	2
Samsun	0,02	0,02	0,06	6	6	6	6
Tekirdağ	0,45	0,45	1	1	1	1	1
Trabzon	0	0	0,01	7	8	7	9

Tablo 13’de COPRAS yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda yükleme açısından bakıldığında 2023 yılı için Tekirdağ > Aliağa > Mersin > İzmir > Antalya > Samsun > Trabzon > İstanbul > Bandırma şeklinde limanlar sıralanmıştır.

**Tablo 14. Alternatiflere ait metrik değerleri ve yıllara göre sıralamalar (Boşaltma)**

	$S_{+i}$	$Q_i$	$P_i$	2023	2022	2021	2020
Aliağa	0,18	0,18	0,38	3	3	3	3
Antalya	0,02	0,02	0,06	6	5	6	6
Bandırma	0	0	0	9	9	9	8
İstanbul	0	0	0	8	7	5	7
İzmir	0,07	0,07	0,16	4	4	4	4
Mersin	0,19	0,19	0,41	2	2	2	2
Samsun	0,03	0,03	0,07	5	6	7	5
Tekirdağ	0,47	0,47	1	1	1	1	1
Trabzon	0	0	0,01	7	8	8	9

Tablo 14'te ise boşaltma açısından baktığımızda 2023 yılında Tekirdağ> Mersin> Aliağa> İzmir> Samsun> Antalya> Trabzon> İstanbul> Bandırma şeklinde sıralanmıştır. Tekirdağ'ın ilk sırasını koruduğu, Bandırma'nın ise son sırada yer almaya devam ettiği görülmektedir.

**Tablo 15. Alternatiflere ait metrik değerleri ve yıllara göre sıralamalar (Toplam)**

	$S_{+i}$	$Q_i$	$P_i$	2023	2022	2021	2020
Aliağa	0,19	0,19	0,42	3	3	3	3
Antalya	0,03	0,03	0,06	6	5	5	6
Bandırma	0	0	0	9	9	9	8
İstanbul	0	0	0	8	7	7	7
İzmir	0,06	0,06	0,14	4	4	4	4
Mersin	0,2	0,2	0,43	2	2	2	2
Samsun	0,03	0,03	0,07	5	6	6	5
Tekirdağ	0,46	0,46	1	1	1	1	1
Trabzon	0	0	0,01	7	8	8	9

Tablo 15'te de toplam açısından incelenmiştir. Bu açıdan baktığımızda 2023 yılı verilerine göre Tekirdağ> Mersin> Aliağa> İzmir> Samsun> Antalya> Trabzon> İstanbul> Bandırma şeklinde sıralanmıştır.

## 5.SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada limanların konteyner elleçleme performanslarını değerlendirmek için yeni entegre D-CRITIC, SWARA ve COPRAS yaklaşımı önerilmiştir ve Türkiye'de yer alan 9 limanın 4 farklı yıla ait performans analizi adım adım uygulamalı olarak gösterilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde Eyceyurt Batır (2023), Duran (2022), Bayram (2021), Akbulut (2020) ve Aydın (2019) gibi objektif kriter ağırlığı hesaplamasında kullanılan yaklaşımların, alternatifleri sıralamada kullanılan yöntemlerle entegre şekilde kullanıldığı performans değerlendirme yapılan çalışmalar mevcuttur. Öte yandan, Macit (2023), Özekenci (2023) ve Görçün ve Küçükönder (2021) gibi sübjektif kriter ağırlıklarıyla hesaplanan kriter ağırlıklarını kullanarak alternatifleri performanslarına göre sıralayan çalışmalar da literatürde görece çok sayıda yer almaktadır.

Kriter ağırlıkları alternatiflerin sıralanması esnasında yapılan hesaplamalara direkt olarak etki etmektedir. Bu sebeple son yıllarda Alkan (2024) çalışmasında olduğu gibi araştırmacılar hem objektif hem de sübjektif yöntemlerden gelen ağırlıkların ağırlıklı ortalamasını alarak kriter ağırlıklarını hesaplamakta ve böylelikle iki farklı yaklaşımdan gelen bilgi kriter ağırlıklarına yansıtılabilmektedir.

Bu çalışmada kriterler için geleneksel CRITIC yönteminin mesafe korelasyonu ile geliştirilmiş formu olan D-CRITIC yöntemiyle objektif; SWARA yaklaşımıyla da sübjektif ağırlıklar hesaplanmış olup, bu ağırlıkların ağırlıklı ortalaması alınarak bütünlük kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Sonraki aşamada elde edilen bu ağırlıklar ile COPRAS yaklaşımı kullanılarak Türkiye'deki limanların konteyner elleçleme verisiyle bir performans analizi yapılmıştır. Analiz esnasında yükleme sayısı, boşaltma sayısı ve toplam elleçleme sayısı olmak üzere üç farklı bakış açısıyla limanlar için performans skoru hesaplanmış ve bulgular raporlanmıştır. Buna göre, incelenen 9 liman arasında Tekirdağ limanı her yıl için üç farklı bakış açısına göre de performansı görece en yüksek liman olmuştur. İstanbul ise hem yıllara göre hem de yükleme, boşaltma ve toplam elleçleme sayısına göre performans sıralamasında en fazla oynaklık gözlemlenen alternatif olmuştur. Geri kalan limanlarda da yıllara göre ve bakış açısına göre sıralamalarda farklı düzeylerde değişiklik olduğu gözlemlenmiştir.

Tekirdağ limanının diğer limanlara göre verimlilik açısından daha iyi sonuç vermesinin bir sebebi limana uğrak yapan gemilerin tonajları ve taşıdığı yükler olabilir. Tekirdağ limanı hizmet verdiği gemi bakımından transit yükler ile daha çok elleçleme yaptığından belirli standartlardaki gemiler için operasyon açısından uzmanlaşmıştır. Bu durumda ise diğer limanlarda karşılaşılabilecek farklı tonaj, en-boy ya da taşıdığı yük durumu farklılık gösteren gemiler verimlilik açısından sorun yaratabilmektedir.

Öte yandan Bandırma limanının verimlilik açısından son sırada çıkmasının sebebi limanın konteyner elleçleme için özelleşmiş bir liman olmaması ve ayrıca gerekli ekipmanların bulunmaması olarak değerlendirilebilir. Sabit liman vinçleri yerine mobil vinçlerin kullanılarak yapılan konteyner elleçlemesi zaman kaybına sebep olmaktadır. Bandırma limanı özel/proje kargolarda daha başarılı olduğu için kullanmakta olduğu mobil vinçlerin verimlilik kaybına yol açtığı düşünülmektedir.

Diğer iki liman olan Aliağa ve Mersin limanı ise konteyner elleçleme alanında Tekirdağ limanı gibi belirli tipteki büyük gemilere hizmet vermese de Türkiye için önemli bir konumdadır. Tekirdağ limanına yanaşan yüksek tonajlı gemilerin aksine daha küçük gemilere hizmet veren bu limanlarda genellikle transit yük yerine doğrudan ithalat-ihracat odaklı yük taşımacılığı yapılmaktadır.

Önerilen metodolojinin katkısını irdelemek adına rassal olarak seçilen 2022 yılı için sıralamalar sadece objektif ağırlıklar ve sadece subjektif ağırlıklarla, başka bir deyişle D-CRITIC-COPRAS ve SWARA-COPRAS olacak şekilde tekrar Tablo 16 ile gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

**Tablo 16. Ağırlıklara göre sıralamaların karşılaştırılması**

	D-CRITIC-SWARA-COPRAS			D-CRITIC-COPRAS			SWARA-COPRAS		
	Yükleme	Boşaltma	Toplam	Yükleme	Boşaltma	Toplam	Yükleme	Boşaltma	Toplam
Aliağa	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Antalya	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Bandırma	7	9	9	7	9	9	7	9	9
İstanbul	8	7	7	8	7	7	9	7	7
İzmir	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mersin	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Samsun	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Tekirdağ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trabzon	9	8	8	9	8	8	8	8	8

Tablo 16 incelendiğinde İstanbul önerilen entegre metodolojide yüklemeye göre 8, objektif ağırlığa göre 8 fakat subjektif ağırlık hesaplamasına göre 9. sıradadır. Benzer şekilde Trabzon önerilen metodolojide ve objektif ağırlıklı sıralamada yüklemeye göre 9. sıradayken, subjektif ağırlıkla yapılan sıralamada yüklemeye göre 8. sırada yer almaktadır. Diğer limanların sıralamalarında bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bu sıralama değişikliği önerilen metodolojinin objektif ve subjektif ağırlıkları entegre etmesi sayesinde edinilen bilginin sıralamalara etkisi olduğunu göstermektedir. Öte yandan literatürde çokça kullanılan SWARA yaklaşımıyla, geleneksel CRITIC yaklaşımının gelişmiş versiyonu olan D-CRITIC yaklaşımından elde edilen sıralamalar ile önerilen entegre metodolojiden elde edilen sıralamaların kayda değer şekilde farklılaşmaması, önerilen metodolojinin güvenilirliği açısından da bir bulgu olma özelliği taşımaktadır.

Bu çalışmada kullanılan alternatif sıralama yaklaşımı kriterlerin fayda/maliyet temelli olma özelliklerini göz önünde bulundurarak hesaplamaları yapmaktadır. Gelecek çalışmalarda gerek ağırlık bulma yaklaşımları gerekse de alternatifleri sıralamada kullanılan farklı ÇKKV yaklaşımlarıyla bu çalışma tekrarlanıp sonuçlar karşılaştırılabilir. Dahası, bu çalışmada kullanılan kriter setine maliyet temelli kriterler de eklenerek önerilen metodoloji uygulanıp bulguları bu çalışmanın bulgularıyla karşılaştırmalı olarak analiz tekrarlanabilir.

#### **Yazar Katkıları / Author Contributions**

*Elif Satan:* Literatür Taraması, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Umut Aydın:* Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz *Üstün Atak:* Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme, Kavramsallaştırma

*Elif Satan: Literature Review, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Umut Aydın: Modelling, Writing-review and editing, Methodology, Data Collection, Analysis Üstün Atak: Writing-review and editing, Conceptualization*

#### **Çatışma Beyanı / Conflict of Interest**

Yazar(lar) tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

*No potential conflict of interest was declared by the author(s).*

#### **Fon Desteği / Funding**

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

*Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.*

#### **Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards**

Yazar(lar) tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

*It was declared by the author(s) that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.*

#### **Etik Beyanı / Ethical Statement**

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

*It was declared by the author(s) that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.*



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.  
*The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.*

## KAYNAKÇA

- Akbulut, O.Y. (2020). "Finansal Performans İle Pay Senedi Getirisi Arasındaki İlişkinin Bütünleşik CRITIC ve MABAC ÇKKV Teknikleriyle Ölçülmesi: Borsa İstanbul Çimento Sektörü Firmaları Üzerine Ampirik Bir Uygulama", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 40, 471488.
- Akgül, Y. (2021). "Borsa İstanbul'da İşlem Gören Ticari Bankaların Finansal Performansının Bütünleşik Critic CoCoSo Modeliyle Analizi", *Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 71-90.
- Alkan, N. (2024). "Evaluation of Sustainable Development and Utilization-Oriented Renewable Energy Systems Based on CRITIC-SWARA-CODAS Method Using Interval Valued Picture Fuzzy Sets", *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 38, 101263.
- Amoako, J. (2002). "Forecasting Australia's International Container Trade", *25th Australian Transport Research Forum*, Canberra October 2002.
- Arslan, H.M. (2023). "Enerji Nakil Sektöründe Swara-Ahp Hibrit Yaklaşımı İle En Uygun Kablo Türünün Belirlenmesi", *Fesa Dergisi*, 8(2), 310-321. <https://doi.org/10.29106/fesa.1278679>
- Ateş, A. ve Esmer, S. (2015). "Farklı Yöntemler İle Türk Konteyner Limanlarının Verimliliği", *Verimlilik Dergisi*, 1, 61-76.
- Awah, P.C., Nam, H. ve Kim, S. (2021). "Short Term Forecast of Container Throughput: New Variables Application for the Port of Douala", *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(7), 720. <https://doi.org/10.3390/JMSE9070720>
- Aydın, Y. (2019). "Türkiye'de Hayat Emeklilik Sigorta Sektörünün Finansal Performans Analizi", *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 107-118.
- Bayram, E. (2021). "Türkiye'deki Katılım Bankalarının CRITIC Temelli EDAS Yöntemiyle Performans Değerlendirmesi", *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(24), 55-72. <https://doi.org/10.14784/marufacd.879171>
- Bektaş, S. (2022). "Türk Sigorta Sektörünün 2002-2021 Dönemi için MEREC, Lopcow, COCOSO, EDAS ÇKKV Yöntemleri ile Performansının Değerlendirilmesi", *Bddk Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 16(2), 247-283. <https://doi.org/10.46520/bddkdergisi.1178359>
- Bichou, K. (2011). "Assessing the Impact of Procedural Security on Container Port Efficiency", *Maritime Economics and Logistics*, 13(1), 1-28. <https://doi.org/10.1057/MEL.2010.16/TABLES/14>
- Cullinane, K. Song, D.W., ve Wang, T. (2005). "The Application of Mathematical Programming Approaches to Estimating Container Port Production Efficiency", *Journal of Productivity Analysis*, 24(1), 73-92.
- Cullinane, K. ve Song, D.W. (2006). "Estimating the Relative Efficiency of European Container Ports: A Stochastic Frontier Analysis", *Research in Transportation Economics*, 16, 85-115. [https://doi.org/10.1016/S0739-8859\(06\)16005-9](https://doi.org/10.1016/S0739-8859(06)16005-9)
- Danladi, C., Tuck, S., Tziogkidis, P., Tang, L. ve Okorie, C. (2024). "Efficiency Analysis and Benchmarking of Container Ports Operating in Lower-Middle-Income Countries: A DEA Approach", *Journal of Shipping and Trade*, 9, 7. <https://doi.org/10.1186/s41072-024-00163-2>
- Duran, Z. (2022). "Yeni Sanayileşen Ülkelerde İnovasyon Performansının CRITIC Tabanlı GİA Yöntemiyle Değerlendirilmesi", *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi* 5(1), 150-162. <https://doi.org/10.33712/mana.1086836>
- Ecemiş, O. ve Avşar, İ. İ. (2023). "Türkiye'nin Önde Gelen Ticaret Ortaklarının Lojistik Verimliliklerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Değerlendirilmesi", *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 142-163. <https://doi.org/10.21180/iibfdkastamonu.1192728>
- Eyceyurt Batır, T. (2023). "Covid-19 Pandemi Sürecinde Bankacılık Sektörü Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Karşılaştırmalı Analizi: CRITIC-EDAS Yaklaşımı Kapsamında Bir İnceleme", *Uluslararası Muhasebe ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 186-203
- Ghaemi-Zadeh, N. ve Eghbali-Zarch, M. (2024). "Evaluation of Business Strategies Based on The Financial Performance of The Corporation and Investors' Behavior Using D-CRITIC and Fuzzy MULTI-MOORA Techniques: A Real Case Study", *Expert Systems with Applications*, 247, 12318. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123183>
- Gil Ropero, A., Turias Dominguez, I. ve Cerbán Jiménez, M. del M. (2019). "Bootstrapped Operating Efficiency in Container Ports: a Case Study in Spain and Portugal", *Industrial Management and Data Systems*, 119(4), 924-948.
- Görçün, Ö.F. (2020). "Efficiency Analysis of Black Sea Container Seaports: Application of an Integrated MCDM Approach", *Maritime Policy and Management*, 48(5), 672-699. <https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1783467>
- Görçün, Ö.F. ve Küçükönder, H. (2021). "Şehirlerarası Taşımacılıkta Kullanılan Otobüslere İlişkin Seçimlerin AHP ve CRITIC Tabanlı EDAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(4), 1280-1303.
- Hung, S.W., Lu, W.M. ve Wang, T.P. (2010). "Benchmarking the Operating Efficiency of Asia Container Ports", *European Journal of Operational Research*, 203(3), 706-713. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2009.09.005>
- Jang, H.M., Park, H. ve Kim, S.Y. (2016). "Efficiency Analysis of Major Container Ports in Asia: Using DEA and Shannon's Entropy", *International Journal of Supply Chain Management*, 5(2), 1-6.

- Katranacı, A. ve Kundakçı, N. (2020). "SWARA Temelli Bulanık COPRAS Yöntemi ile Soğuk Hava Deposu Seçimi", *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 7(1), 63-80.
- Keleş, M.K. (2022). "CRITIC Temelli MABAC Yöntemi İle Türk Hava Yollarının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6(1), 53-67. <https://doi.org/10.31200/makuubd.1070559>
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). "Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA)", *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243-258. <https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12>
- Krishnan, A.R., Kasim, M.M., Hamid, R. ve Ghazali, M.F. (2021). "A Modified CRITIC Method to Estimate the Objective Weights of Decision Criteria", *Symmetry*, 13(6), 973.
- Lin, Y., Yan, L. ve Wang, Y.M. (2019). Performance Evaluation and Investment Analysis for Container Port Sustainable Development in China: An Inverse DEA Approach. *Sustainability*, 11(17), 4617. <https://doi.org/10.3390/su11174617>
- Macit, N.Ş. (2023). "Tedarikçi Seçimi Probleminin AHP Temelli MAIRCA Yöntemi ile Çözümü", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 37, 42-63.
- Maneengam, A. (2023). "Multi-Objective Optimization of the Multimodal Routing Problem Using the Adaptive  $\epsilon$ -Constraint Method and Modified Topsis With the D-Critic Method", *Sustainability*, 15, 12066. <https://doi.org/10.3390/su151512066>
- Maruf, M. (2021). "Türkiye'de E- Ticaret Sitelerinin Swara ve Waspas Yöntemleri ile Web Sitesi Performansına Göre Sıralanması", *Troyacademy*, 6(2), 411-421. <https://doi.org/10.31454/troyacademy.897589>
- Öndeş T. ve Özkan T. (2021). "Bütünleşik CRITIC-EDAS Yaklaşımıyla Covid-19 Pandemisinin Bilişim Sektörü Üzerindeki Finansal Performans Etkisi", *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 12(2), 506-522.
- Özekenci, E.K. (2023). "Türkiye'de E-Lojistiğin Kilit Başarı Faktörlerinin Belirlenmesi: AHP-VIKOR Bütünleşik Yöntem", *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 7(1), 92-103.
- Pham, T.Q.M., Park, G.K. ve Choi, K.H. (2021). "The Efficiency Analysis of World Top Container Ports Using Two-Stage Uncertainty DEA Model and FCM", *Maritime Business Review*, 6(1), 2-21. <https://doi.org/10.1108/MABR-11-2019-0052>
- Schøyen, H. ve Odeck, J. (2013). "The Technical Efficiency of Norwegian Container Ports: A Comparison to Some Nordic and UK Container Ports Using Data Envelopment Analysis (DEA)", *Maritime Economics and Logistics*, 15(2), 197-221.
- Schulze, P. M. ve Prinz, A. (2009). "Forecasting Container Transshipment in Germany", *Applied Economics*, 41(22), 2809-2815. <https://doi.org/10.1080/00036840802260932>
- Suárez-Alemán, A., Morales Sarriera, J., Serebrisky, T. ve Trujillo, L. (2016). "When It Comes to Container Port Efficiency, Are All Developing Regions Equal", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 56-77.
- Székely, G.J., Rizzo, M.L. ve Bakirov, N.K. (2007). "Measuring and Testing Dependence by Correlation of Distances", *Annals of Statistics*, 35, 2769-2794.
- T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2024). *Konteyner İstatistikleri*. <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/konteyner-istatistik>
- Türkmen, M. ve Demirel, A. (2022). "SWARA Ağırlıklı Bulanık COPRAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", *Alanya Akademik Bakış* 6(1), 1739-1756. <https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.986700>
- Türkoğlu, M. ve Duran, G. (2023). "G20 Ülkelerinin Lojistik Performanslarının CRITIC Tabanlı GİA ve WASPAS Uygulaması İle Değerlendirilmesi", *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi* 15(1), 50-72. <https://doi.org/10.53881/hiad.1247196>
- Yap, W.Y. ve Ho, J. (2023). "Port Strategy and Performance: Empirical Evidence from Major Container Ports and Implications for Role of Data Analytics", *Maritime Policy and Management*, 50(5), 608-628. <https://doi.org/10.1080/03088839.2021.2017040>
- Yazgan, A.E. ve Agamyrdova, H. (2021). "Bütünleşik Swara-Mairca Yöntemi ile Personel Seçimi: Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama", *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 281-290. <https://doi.org/10.48145/gopsbad.999847>
- Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., & Šarka, V. (1994). "The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects" *Technological and Economic Development of Economy*, 1(3), 131-139.
- Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. ve Zakarevicius, A. (2012). "Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment," *Elektron. ir Elektrotechnika*, 122(6), 3-6.
- Zhang, H. ve Wei, G. (2023). "Location selection of electric vehicles charging stations by using the spherical fuzzy CPT-CoCoSo and D-CRITIC method", *Computational and Applied Mathematics*, 42(1). <https://doi.org/10.1007/s40314-022-02183-9>