

KONTEYNER TERMİNALLERİNDE YÜK OPERASYONLARININ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN DEMATEL YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

A DEMATEL-BASED ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING CARGO HANDLING EFFICIENCY IN CONTAINER TERMINALS

Bahadır EYİT*, Murat YORULMAZ**

*Bilim Uzmanı, Kocaeli Üniversitesi, SBE Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalı, eyitbahadir@gmail.com, 

**Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, muratyor@gmail.com, 

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
Gönderilme Tarihi 13.05.2025 Revizyon Tarihi 26.06.2025 Kabul Tarihi 27.06.2025 Makale Kategorisi Araştırma Makalesi JEL Kodları F10 M10 M21	Konteyner taşımacılığı, modern lojistik sisteminin bel kemiğini oluşturarak küresel ticaretin hızlı, güvenilir, emniyetli ve ekonomik şekilde gerçekleştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Denizyolu ticaretindeki sürekli büyüme ile birlikte konteyner taşımacılığının önemi hızla artmış, limanlarda bulunan konteyner terminallerinin rolü de giderek daha önemli hale gelmiştir. Bu kapsamda çalışmanın amacı, konteyner terminallerindeki yük operasyonlarının verimliliğini etkileyen faktörleri belirlemek ve bu faktörler arasındaki nedensel ilişkileri ortaya çıkartmaktır. Çalışmada konteyner terminallerindeki operasyonel süreçleri etkileyen terminal çalışanları, malzeme-ekipman kaynaklı faktörler, meteorolojik koşullar, yönetsel faktörler, terminal sahasının fiziki koşulları, terminalin teknolojik altyapısı, terminaldeki akıllı liman uygulamaları, terminaldeki iş güvenliği uygulamaları olarak sekiz temel faktör literatür taramasıyla belirlenmiş ve bu faktörler arasındaki ilişkiler Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz bulgularına göre terminal çalışanları, malzeme-ekipman kaynaklı faktörler ve terminaldeki iş güvenliği uygulamaları konteyner terminallerindeki yük operasyonlarının verimliliği üzerinde doğrudan etki yaratan en kritik faktörler olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca meteorolojik koşullar gibi dışsal faktörlerin etkisinin görece sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, konteyner terminallerinin operasyonel etkinliğini artırmak için öncelikle insan faktörüne, ekipman kalitesine ve iş güvenliği standartlarına yatırım yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma, konteyner liman yöneticilerine operasyonel performansı artırmak amacıyla stratejik önceliklerini belirlemeleri konusunda yol göstermektedir. Anahtar Kelimeler: Konteyner Terminalleri, Yük Operasyonları, DEMATEL Yöntemi

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received 13.05.2025 Revized 26.06.2025 Accepted 27.06.2025 Article Classification: Research Article JEL Codes F10 M10 M21	Container transportation is essential to modern logistics, facilitating global trade efficiently, reliably, securely, and cost-effectively. With the growth of maritime trade, the importance of container transportation and the role of container terminals have become more significant. This study aims to identify the factors affecting cargo handling efficiency at container terminals and the causal relationships among these factors. An extensive literature review identified eight key factors impacting terminal operations: terminal employees, equipment adequacy, meteorological conditions, managerial factors, physical conditions of the terminal area, technological infrastructure of the terminal, smart port applications within the terminal, and occupational safety practices at the terminal. The relationships between these factors were analyzed using the Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) method. The analysis revealed that terminal employees, equipment adequacy, and occupational safety practices at the terminal are the most influential factors on cargo handling efficiency. It was also found that external factors, such as meteorological conditions, have a relatively limited impact. The study suggests that improving operational efficiency at container terminals should focus on investing in human resources, equipment, and occupational safety. The findings provide valuable insights for container port managers to prioritize strategies aimed at enhancing operational performance. Keywords: Container Terminals, Cargo Operations, DEMATEL

Atıf (Citation): Eyit, B. & Yorulmaz, M. (2025). "Konteyner Terminallerinde Yük Operasyonlarının Verimliliğini Etkileyen Faktörlerin Dematel Yöntemiyle İncelenmesi", *Ekonomi Maliye İşletme Dergisi*, 8(1): 30-45



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Extended Abstract

Container transportation forms the backbone of the modern logistics system, significantly contributing to the realization of global trade in a rapid, reliable, safe, and economical manner. With the continuous growth in maritime trade, the importance of container transportation has rapidly increased, and the role of container terminals within ports has become increasingly prominent. In this context, this study aims to identify the factors affecting the efficiency of cargo operations at container terminals and to reveal the causal relationships among these factors. The study, conducted through the Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) method, identifies the interrelations among factors impacting cargo operations at container terminals. Survey data were collected from 15 port experts working at port enterprises in Türkiye. In determining the threshold value, the $\bar{x} + 1\sigma$ method was applied, and the threshold was calculated as 1.26. When considering coefficients exceeding this threshold, it was found that significant relationships exist among the operational factors. According to the analysis results, "terminal employees (M1)," "equipment adequacy (M2)," and "occupational safety practices at the terminal (M8)" emerged as the most influential factors, demonstrating that these elements play critical roles in the operational processes of container terminals.

Terminal employees exhibited the highest impact coefficients based on the total impact matrix. In port operations, particularly container terminal employees serve as the direct executors of cargo-ship processes, making their influence on operational efficiency unavoidable. Their effect on both other factors and the overall system is crucial. Similarly, equipment adequacy is proportional to the quality and efficiency of the machinery used in operations. The study further found that terminal employees and equipment adequacy are interdependent. Equipment sufficiency ensures timely cargo operations, positioning it as a pivotal factor in operational success. This outcome aligns with findings from Zhang et al. (2024) and Kurniawan et al. (2022), emphasizing the mutual relationship between these variables and their operational importance. The meteorological conditions factor, which exhibited the lowest impact, suggests a more indirect effect on operations. Nevertheless, it remains a potential risk factor capable of disrupting activities under adverse conditions. Previous studies, including those by Ma et al. (2023) and Wang & Wang (2023), also confirm that meteorological conditions contribute to operational uncertainties and disruptions. The impact of managerial factors on the technological infrastructure of the terminal was found to be very close to the threshold value, implying that investments and managerial practices significantly influence technological development. While managerial factors define the broader operational framework, the quality of technological infrastructure determines operational efficiency. Similarly, smart port applications within the terminal reflect the contribution of advanced technologies to operational processes. The relationship between terminal employees and the physical conditions of the terminal area indicates that terminal employees significantly influence how the physical environment is utilized. Efficient use of space by terminal employees can enhance overall operational performance and mitigate the adverse impacts of inadequate physical conditions. Several studies in the literature highlight the critical role of terminal employees in improving overall port cargo performance (Khajeh & Shahbandarzadeh, 2023). Moreover, deficiencies in equipment adequacy and the physical conditions of the terminal area are noted as critical threats, and managerial factors are identified as fundamental disruptors of system stability (Wang & Wang, 2023). Yang et al. (2014) also revealed that terminal employees and occupational safety practices at the terminal are strongly interrelated, significantly influencing port performance. Overall, it was determined that terminal employees, equipment adequacy, and occupational safety practices at the terminal have direct effects on operational processes, while other factors are influenced indirectly. Therefore, enhancing these primary factors is essential for improving port operations. Additionally, managerial factors, technological infrastructure, and meteorological conditions also play substantial roles in operational efficiency. Thus, operational performance can be strengthened by improving direct factors and minimizing the negative impact of external factors.

Findings from this DEMATEL-based study indicate that terminal employees, equipment adequacy, and occupational safety practices at the terminal belong to the group of highly influential factors. These insights provide strategic guidance for container port managers aiming to enhance operational performance.

The main limitation of the study is its focus on eight specific factors affecting the operational efficiency of container terminals. Future studies could involve more detailed analyses of these factors or explore new factors influencing operational performance. Furthermore, investigating factors such as meteorological conditions, managerial factors, physical conditions of the terminal area, technological infrastructure of the terminal, and smart port applications within the terminal through different methodologies and port samples could offer broader insights into container terminal performance. Examining how these factors vary based on geographical and operational contexts would also contribute valuable knowledge to the field.

Giriş

Konteyner taşımacılığı temeli 18. yüzyıla dayanan, başta maden taşımacılığı ile, zaman içerisinde kara, demiryolu ve denizyolu taşımacılığına entegre edilerek küresel lojistik sisteminin temel unsurlarından biri haline gelen bir taşımacılık yöntemidir. 20. yüzyılın ortalarına doğru sınırlı bir ölçekle kullanılan konteynerler, 1950'li yıllarda Malcolm McLean'ın geliştirdiği standardize edilmiş sistemler sayesinde modern taşımacılık süreçlerinde devrim yaratmıştır. Geliştirilen sistem, yüklerin daha hızlı, güvenilir ve düşük maliyetle taşınmasını sağlayarak operasyonel verimliliği artırmış, aynı zamanda ticaretin küresel çapta genişlemesine katkılarda bulunmuştur (Wijnolst & Waals, 1999; Sawyers, 2005; Cudahy, 2006).

1980'den 20. yüzyılın sonuna kadar dünya denizyolu ticareti %37 oranında artış gösterirken, en büyük büyüme konteyner taşımacılığında gerçekleşmiş ve yıllık ortalama %8,3 büyüme kaydedilmiştir. 1980'de konteynerlerin uluslararası denizyolu ticaretindeki payı ağırlık bazında %3 iken, bu oran 1998'de %9,1'e yükselmiş; değer bazında ise %28'den %56'ya çıkmıştır (Peters, 2001). UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development, 2024) verilerine göre, konteyner taşımacılığına olan talebe karşılık detveyt bazında küresel konteyner gemisi arzı 1980'li yıllarda %2 iken 2024 yılında %14'e yükselmiştir. Bu veriler, dünya ticaretinde denizyolu taşımacılığının ve bu taşımacılık türü altındaki konteyner taşımacılığının sürekli olarak arttığını ve önemini göstermektedir.

1961 yılında düzenli denizyolu konteyner taşımacılığının başlamasından günümüze kadar, deniz taşımacılığında konteyner kullanım oranı %60'ı aşmış olup, belirli rotalarda bu oran %100'e kadar yaklaşmıştır. Buna bağlı olarak limanlarda konteyner terminalleri genişlerken altyapı yatırımları milyar avro seviyesine ulaşmıştır (Günther & Kim, 2006). Bu veriler konteyner taşımacılığının dünya ticaret rotalarındaki etkisinin oldukça yüksek olduğunu ve buna bağlı olarak konteyner terminallerinin öneminin yıllar geçtikçe arttığını göstermektedir.

Yük aktarımı, elleçleme, transfer, muhafaza, konsolidasyon, tahsisleme gibi hizmetleri bulunan konteyner terminalleri (Ateş vd., 2010; Sarioğlu, 2022), taşıma modunun deniz, kara veya demiryolu arasında aktarıldığı bölgelerdir. İlgili konteyner terminale ulaştırılmakta, elleçlenmekte ve uygun taşıma moduna yönlendirilmektedir; konteyner terminalleri anlaşılan teslim şekline göre teslimatın yapıldığı, gemiye yüklemenin, boşaltmanın gerçekleştiği ve geçici depolama işlemlerinin gerçekleştiği alanlardır (Ateş vd., 2010). Konteyner taşımacılığı ve konteyner terminalleri, artan taleple birlikte terminal yatırımlarının genişlemesine, ülke gümrük kurallarının izin verdiği ölçüde yeni kombine taşımacılık şekillerinin oluşmasına ve maliyetlerin düşürülmesine olanak sağlamaktadır. Konteyner terminallerinin belirli standardizasyonlara tabi olması nedeniyle dijital teknoloji yatırımları yaygın olarak kullanılmakta ve bu şekilde maliyet düşürülmesi hedeflenmektedir (Eyt vd., 2022). Bu doğrultuda konteyner taşımacılığının yıllara oranla yükselişe geçişi (Günther & Kim, 2006), taşımacılık türleri açısından kritik bir öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır.

Konteyner taşımacılığındaki artan talep, terminaller arasında rekabeti artırmış ve verimliliği önemli bir performans ölçütü haline getirmiştir. Ancak, terminallerde verimliliği etkileyen iş gücü, ekipman kullanımı, altyapı, teknoloji entegrasyonu, planlama stratejileri ve çevresel faktörler gibi birçok değişken bulunmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın problemi, bu faktörlerin nasıl ve ne ölçüde yük operasyonlarının etkinliğini belirlediğini ortaya koymak ve verimliliği artırmaya yönelik iyileştirme stratejileri geliştirmektir. Artan talebiyle konteyner taşımacılığı, beraberinde konteyner terminallerindeki rekabeti oluşturmuş, rekabet unsurlarından biri olan verimliliği ön plana çıkarmıştır. Artan talep doğrultusunda gelişen konteyner taşımacılığı, liman ve terminal işletmeciliğinde büyük bir rekabet ortamı yaratmıştır. Bu rekabetin en önemli unsurlarından biri verimlilik olup (Nguyen vd., 2016; Bitiktaş & Karataş Çetin, 2017), terminallerin operasyonel etkinliği, hizmet kalitesi ve maliyet avantajı sağlamaları açısından kritik bir faktördür. Bu bağlamda, konteyner terminallerindeki yük operasyonlarının verimliliğini etkileyen faktörlerin incelenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışma, konteyner terminallerinde yük operasyonlarının verimliliğini etkileyen temel faktörleri belirlemeyi ve bu faktörler arasındaki nedensel ilişkileri ortaya çıkartmayı amaçlamaktadır. Temel problem, terminallerde iş gücü, ekipman kullanımı, altyapı, teknoloji entegrasyonu ve operasyonel planlama

gibi unsurların yük elleçleme hızına, maliyetlere ve genel verimliliğe nasıl etki ettiğinin net olarak bilinmemesidir. Bu doğrultuda, çalışma şu soruya odaklanmaktadır: Konteyner terminallerinde yük operasyonlarının verimliliğini etkileyen başlıca faktörler nelerdir ve bu faktörler arasında nasıl bir etkileşim vardır? Çalışmanın amacına yönelik olarak da konteyner terminallerinde yük operasyon performansını etkileyen faktörler DEMATEL yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Literatürde konteyner terminallerinin performans ve verimliliğini ölçmek için Veri Zarflama Analizi (Ateş vd., 2013; Acer & Timor, 2017), Entropi ve EATWOS (Yüksekyıldız, 2021), Entropi ve TOPSIS (Çelik & Yorulmaz, 2023; Çelik & Yorulmaz, 2025); bulanık AHP (Yüksekyıldız, 2021); D-CRITIC, SWARA, COPRAS (Satan vd., 2025) gibi yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmada konteyner terminallerinde yük operasyon performansını etkileyen faktörler DEMATEL yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

1. Literatür İncelemesi

Literatür incelemelerinde araştırılacak konunun sınırlarının belirlenmesi ve konu hakkında bilgi sahibi olunması amacıyla yapılmakta olup, bu amaç ile çalışmanın genelden özele şeklinde yapılması önem arz etmektedir (Gash, 2000: ss. 3). Literatür incelemelerinin genelden özele doğru yapılması araştırmacıya önce genel bilgileri, ardından daha spesifik bilgileri sunarak katkı sağlamaktadır. Bu çalışmanın literatür taramasında anahtar kelimeler genelden özele olacak halde seçilmiş olup, “liman işletmeleri ve faaliyetleri”, “konteyner terminalleri”, “konteyner terminallerindeki operasyonlar” olarak belirlenmiştir.

Akandere (2021), yeşil sertifikaya sahip limanların performanslarını Entegre Entropi ve TOPSIS yöntemi ile değerlendirdiği çalışmasında, operasyonel süreçlerini çevre dostu yakıtlar ile gerçekleştiren liman işletmelerinin performans değerlendirmelerinde daha yüksek olduğu ve operasyonel alan ile ekipman sayısının arttığı senaryolarda konteyner sayısının arttığı bu limanların değerlendirmede daha yüksek olduğu sonucuna varmıştır.

Kambagowni ve diğerleri (2014)’nin konteyner terminallerinin performansının değerlendirilmesini amaçlayan çalışmalarında, terminallerin farklı performans kriterlerine göre etkin biçimde sıralanmasını hedeflemişlerdir. Performans ölçütlerini elleçleme hacmi, verimlilik, kullanım ve hizmet şeklinde kategorize ederek, söz konusu kriterlerin önem derecelerini ve birbirleriyle ilişkilerini bulanık mantık ortamında DEMATEL ve AHP yöntemlerini içeren hibrit yaklaşımla analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda, performans kriterleri içerisinde elleçleme hacmi ölçütünün en yüksek ağırlığa sahip olduğu belirlenmiş, yapılan sıralama analizinde ise en iyi performans gösteren terminalin 9. terminal olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Li ve diğerleri (2022), Çin'deki 32 konteyner terminalinin operasyonel etkinliğini ve toplam verimliliğini değerlendirmek amacıyla 2017-2020 dönemi için Gevşeklik Bazlı Süper Etkinlik Veri Zarflama Analizi modeli ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi yöntemlerini kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, Çin'deki terminallerin operasyonel verimlilik düzeyleri arasında büyük farklar tespit edilmiş ve çoğu terminalin gereğinden fazla kaynak kullanımıyla kaynak israfına yol açtığı ortaya çıkmıştır. Ekonomik olarak gelişmiş bölgelerdeki konteyner terminallerinin operasyonel verimlilikleri daha yüksek bulunurken, Malmquist indeksi analizinde toplam faktör verimliliğinde %2.8'lik bir düşüş, teknik etkinlikte %3.2'lik artış ve teknolojik ilerleme indeksinde ise %5.8'lik düşüş olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, terminal şirketlerinin çoğunda yönetim ve karar alma süreçlerinin iyileştirilmesi gerektiğini göstermiştir.

Weerasinghe, Perera ve Bai (2024), konteyner terminal operasyonlarını optimize etmek amacıyla operasyon araştırmalarına dair sistematik bir literatür taraması gerçekleştirmiş ve gelecekteki araştırmaların yönelimlerini belirlemek için Scopus veritabanından elde edilen 1768 makaleyi analiz etmiştir. Bu çalışma kapsamında, literatürde öne çıkan beş ana araştırma kümesi simülasyon, çizelgeleme, otomasyon, rihtim operasyonları, entegre operasyonlar ve konteyner taşımacılığı olarak belirlenmiştir. Araştırma yöntemi olarak sistematik literatür taraması kullanılmıştır ve özellikle genetik algoritma yöntemleri, tamsayılı programlama yöntemleri ve sezgisel yöntemlerin konteyner terminal optimizasyonunda yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, mevcut çalışmaların genellikle simülasyon, çizelgeleme ve otomasyon halindeki terminallere odaklandığını, ancak entegre ve dinamik operasyonlar konusunda sınırlı çalışma bulunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda,

konteyner terminal operasyonlarının daha iyi anlaşılması için yapay sinir ağları ve derin öğrenme gibi yapay zeka tabanlı yöntemlerin kullanımının artırılması önerilmektedir.

Hsu ve diğerleri (2024)'nin konteyner terminallerinin sürdürülebilir verimliliğini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada UNCTAD tarafından tanımlanan üç sürdürülebilirlik bileşeni olan ekonomi, çevre ve toplum perspektifinden değerlendirme yapılmıştır. Araştırma yöntemi olarak, konteyner terminallerindeki CO₂ emisyonlarını tahmin etmek, iş güvenliği ve güvenliği endeksini hesaplamak için Modality Movement ve Bulanık Gri İlişkiler Analizi Yöntemi kullanılmıştır. Ardından, konteyner terminali operatörlerinin sürdürülebilir verimliliğini ölçmek amacıyla Aylak-Tabanlı Veri Zarflama Analizi (SBM-DEA) modeli geliştirilmiştir. Çalışmanın ampirik kısmında, Kaohsiung Limanı'ndaki konteyner terminali operatörleri üzerinde modelin uygulanabilirliği test edilmiştir. Araştırma her bir konteyner terminalinin verimliliğini artırmak için en verimli terminalleri baz alıp CO₂ emisyonlarının azaltılması, iş güvenliği önlemlerinin güçlendirilmesi, ekonomik verimliliğin artırılması şeklinde öneriler vermiştir.

Zhang ve diğerleri (2025)'nin çalışmasında konteyner terminallerinde konteynerlerin yeniden yerleştirilmesi sorununu optimize etmek ve belirsizlikleri yönetmek ve sorunu iyileştirmek amacıyla Çok Katmanlı Algılayıcı Modeli kullanılmış, Yerel Güvenlik ve Küresel Esneklik adlı yöntem geliştirilmiş ve Uyarlanabilir Monte Carlo Ağaç Araması yöntemiyle metod güçlendirilmiştir. Yöntemlerin deneysel analizleri sonucunda konteynerlerin yeniden yerleştirilme oranı önemli ölçüde azalmış ve büyük ölçekli operasyonlarda verimliliğin arttığı sonucuna varılmıştır.

2. Araştırma Yöntemi

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, birey ve grupların birbirleriyle çelişen kriterleri sistematik biçimde değerlendirmesi ve bunun sonucunda rasyonel ve şeffaf kararlar almasına olanak sağlayan yöntemler bütünüdür (Belton & Stewart, 2012). Gabus, Fontela (1972) ve Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü tarafından geliştirilen ve ÇKKV yöntemlerinden biri olan DEMATEL yöntemi, karmaşık problemlerde değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri analiz eden grafik temelli bir yaklaşımdır. Değişkenleri neden-sonuç gruplarına ayırarak, karar süreçlerinde dikkate alınması gereken faktörleri etkileyen ve etkilenen olarak sınıflandırır. Böylece, sistematik bir analiz sunarak karar vericilere (KV) yol gösterir (Raut vd., 2021; Ayçin, 2023). Literatürde yerleşik haldeki prosedürlerden türetilen DEMATEL yöntemi aşağıda 5 aşamada özetlenmiştir (Lin & Tzeng, 2009; Koca & Yıldırım, 2021; Ma vd., 2023).

Birinci adım, doğrudan ilişki matrisinin oluşturulmasıdır. İlgili matris, belirli değişkenler arasındaki doğrudan etkileşimi gösterir. Matriste bulunan her bir değer, bir değişkenin(i) diğerine(j) olan etkisini yansıtmaktadır:

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{1j} & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{ij} & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{nj} & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Değişkenler arasındaki ilişki, bir ölçek doğrultusunda değerlendirilir. Bu ölçek kapsamında 0, 1, 2, 3 ve 4 değerleri sırasıyla "etkisiz", "çok az etkili", "az etkili", "fazla etkili" ve "çok fazla etkili" olacak şekilde belirlenmiştir. Doğrudan ilişki matrisi, bu değerlendirmeler doğrultusunda şekillendirilerek analiz sürecinin temelini oluşturur. Birden fazla KV bulunduğu durumlarda ayrı şekilde alınan anket sonuçlarının aritmetik ortalaması alınmalıdır.

İkinci adım olan normalizasyon sürecinde, bir önceki adımda oluşturulan doğrudan ilişki matrisindeki tüm değerler, satır ve sütun toplamaları içindeki en büyük değere bölünerek standardize edilir. Bu işlem sırasında denklem (2) ve denklem (3) kullanılır.

$$X = s.D \quad (2)$$

$$s = \min \left[\frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^n |a_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^n |a_{ij}|} \right] \quad (3)$$

Üçüncü adımda ise, normalizasyonu tamamlanan doğrudan ilişki matrisi, eşitlik (4) temel alınarak toplam etki matrisine dönüştürülür. Bu dönüşüm, eşitlik (5) doğrultusunda gerçekleştirilir. Süreçte, normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisi birim matristen çıkarılıp tersine çevrilir ve ardından tekrar kendisiyle çarpılarak toplam etki matrisi elde edilir.

$$T = X + X^2 + \dots + X^h = X(1 - X)^{-1} \quad (4)$$

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{1j} & t_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{i1} & t_{ij} & t_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{n1} & t_{nj} & t_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Dördüncü adımda toplam etki matrisinin satırlar toplamı (a) denklem 6, sütunlar toplamı (r) ise denklem 6 yardımıyla hesaplanmalıdır.

$$a_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \rightarrow A = \begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_i \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}_{nx1} \quad (6)$$

$$r_j = \sum_{i=1}^n t_{ij} \rightarrow R = [r_1 \quad \dots \quad r_j \quad \dots \quad r_n]_{1xn} \quad (7)$$

Denklem 6 ve denklem 7'den yararlanılarak a_i ve r_j değerlerinin hesaplanmasının ardından $a_i + r_j$ ve $a_i - r_j$ değerleri hesaplanmalıdır. Bu hesaplamalar, değişkenler arasındaki etkileşimlerin analiz edilmesine yardımcı olur ve değişkenlerin etkileyen ya da etkilenen olarak sınıflandırılmasını sağlamaktadır. $a_i + r_j$ değeri yüksek olan değişken diğer değişkenler ile daha ilişkili şeklinde yorumlanmakta; $a_i - r_j$ değeri pozitif olan değişken diğer faktörü etkileyen, negatif olan değişken ise etkilenen grupta yer almaktadır.

Beşinci adım olarak, hesaplanılan etkileyen değişkenler ve etkilenen değişkenlerin etki diyagramı ve ilişki haritası oluşturulmaktadır.

Bu çalışmada birbirleri ile olan ilişkilerini incelemek amacıyla literatürdeki çalışmalar EBSCO, Google Akademik, Emerald, TRDizin veritabanlarında ilgili literatür anahtar kelimeler ile incelenmiştir ve literatürden yola çıkılarak 8 faktör belirlenmiştir ve ilgili faktörler açıklanmıştır (Tablo 1). DEMATEL yöntemi faktörlerin etkileşimleri arasındaki boşlukları doldurmak için kullanılmaktadır (Lin, 2013), KV sayısının artması durumunda süreç karmaşılaşmaktadır (Tarei vd., 2018). Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri için KV sayısı ile ilgili genelgeçer bir ifade bulunmamakla birlikte literatürde KV genelde 5-20 aralığında tutulmuştur (Singh vd., 2024; Ma vd., 2025; John, & Singh, 2025). Bu çalışmada konteyner (KN) olmak üzere aynı zamanda, sıvı yük (SY), genel kargo (GK), kuru yük (KY), dökme yük (DY) ya da ro-ro (RR) da elleçleyebilen liman işletmelerinde görev yapan 15 KV uzman, amaçlı örneklem yöntemiyle seçilmiş ve literatür araştırması sonucunda elde edilen Tablo 1'deki konteyner terminallerindeki yük operasyonlarının verimliliğini etkileyen sekiz faktörün birbirlerine olan etkisini anket tekniği ile değerlendirmeleri üzerine araştırma verilerine ulaşılmıştır.

KONTEYNER TERMİNALLERİNDE YÜK OPERASYONLARININ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN DEMATEL YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Tablo 1: *Konteyner Terminallerinde Yük Operasyonlarının Verimliliğini Etkileyen Faktörler*

Faktör	Açıklama	Kaynak
Terminal Çalışanları(M_1)	Terminal çalışanları, terminal içerisindeki faaliyetlerin yürütülmesinde görevli olan çalışanları ifade eder.	Liu vd. (2020), Khajeh ve Shahbandarzadeh (2023), Hsu vd., (2023)
Malzeme-Ekipman Kaynaklı Faktörler(M_2)	Yük operasyonlarında kullanılan ekipmanların yeterliliği, verimliliği vb. üzerinden yük operasyonu performansına olan etkiyi ifade eder.	Chou (2010), Adenso-Diaz vd. (2020), Çelik ve Yorulmaz (2023), Kuzu (2023), Li vd (2023), Song vd. (2024).
Meteorolojik Koşullar(M_3)	Bu faktör meteorolojik faktörlerin yük elleçleme operasyonlarının performansına olan etkisini ifade eder.	Kuzu (2023), Wang vd. (2024).
Yönetimsel Faktörler(M_4)	Terminal idari otoritesinin uyguladığı düzenlemelerin yük operasyonunun performansına olan etkisini ifade eder.	Liu vd. (2020), Jiang vd. (2021), Khajeh ve Shahbandarzadeh (2023), Li vd. (2023), Song vd. (2024).
Terminal Sahasının Fiziki Koşulları(M_5)	Bu faktör, terminal sahasındaki olumlu/olumsuz fiziki koşulların operasyonlara etkisini ifade eder.	Chou (2010), Adenso-Diaz vd. (2020), Khajeh ve Shahbandarzadeh (2023), Çelik ve Yorulmaz (2023), Kuzu (2023).
Terminalin Teknolojik Altyapısı(M_6)	Bu faktör, terminalin teknolojik altyapısının yük operasyonları verimliliğine etkisini ve dijitalleşme ile yeni teknolojilere uyumunu ifade eder.	Hsu vd. (2015), Adenso-Diaz vd. (2020), Nguyen vd. (2022), Khajeh ve Shahbandarzadeh (2023), Song vd. (2024).
Terminaldeki Akıllı Liman Uygulamaları(M_7)	Bu faktör, terminalin akıllı liman kavramıyla uyumunu ve akıllı liman uygulamalarının yük operasyon performansına etkisini ifade eder.	Jiang vd. (2021), Karlı vd., (2021), Hsu, Chou ve Ding (2023), Song vd. (2024).
Terminaldeki İş Güvenliği Uygulamaları(M_8)	Bu faktör, terminaldeki iş güvenliği uygulamalarının yük operasyon performansına etkisini ifade eder.	Chou (2010), Liu vd. (2020), Karlı vd., (2021), Kuzu (2023), Li vd. (2023).

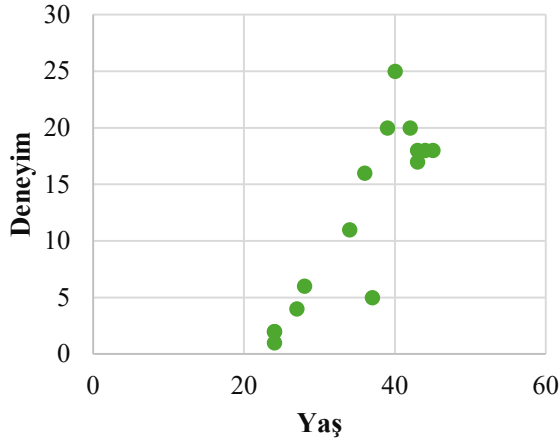
3. Bulgular

Faktörler arası ilişkilerin araştırılabilmesi adına anketi yanıtlayan 15 uzmanın Şekil 1 ve Şekil 2’de verildiği üzere yaş ortalaması 35, çoğunluk lisans mezunu ve sektördeki ortalama deneyimi 12 yıldır ve uzmanların %67’lik kısmını terminal operasyon yöneticileri veya terminal planlama yöneticileri oluşturmaktadır (Tablo 2).

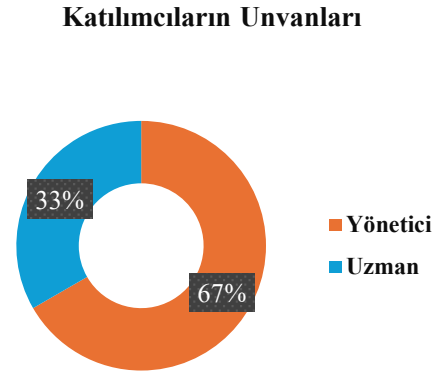
Tablo 2: *Çalışmaya Katılım Sağlayan Uzmanların Profili*

KV_x	Yaş	Eğitim Düzeyi	Deneyim(yıl)	Terminal Türleri	Unvan
KV_1	27	Lisans	4	KN, GK	Planlama Müdürü
KV_2	39	Lisans	20	KN, SY	Ticaret Müdürü
KV_3	24	Lisans	2	KN, GK, KY	Gemi ve Saha Operasyon Memuru
KV_4	34	Yüksek Lisans	11	KN, GK	Operasyon Müdürü
KV_5	37	Lisans	5	KN, KY	Liman Operasyon Müdürü
KV_6	28	Yüksek Lisans	6	KN, SY	Saha Planlama Uzmanı
KV_7	43	Lisans	18	KN, RR	Operasyon Direktörü
KV_8	43	Ön Lisans	17	KN, RR, GK, DY, SY	Planlama Müdürü
KV_9	45	Lisans	18	KN, RR	Planlama Müdürü
KV_{10}	40	Yüksek Lisans	25	KN, GK, KY	Operasyon ve Planlama Müdürü
KV_{11}	44	Lisans	18	KN	Planlama Müdür Yardımcısı
KV_{12}	24	Lisans	1	KN, SY	Operasyon Müdür Yardımcısı
KV_{13}	36	Yüksek Lisans	16	KN, KY	Operasyon Müdürü
KV_{14}	24	Lisans	2	KN, KY	Gemi ve Saha Operasyon Memuru
KV_{15}	42	Yüksek Lisans	20	KN, KY, SY	Tesis Müdürü

Şekil 1: Yaş/Deneyim Grafiği



Şekil 2: Katılımcıların Unvanları



Faktörlerin birbiri ile olan ilişkilerini belirlemek için uzmanların yanıtlarının aritmetik ortalaması alınarak oluşturulan toplam etki matrisinden (Tablo 3) yola çıkılarak eşik değeri oluşturulmuştur. Çok düşük bir eşik değeri ilişki haritasını karmaşık hale getirirken, çok yüksek bir değer birçok faktörü bağımsız göstermektedir (Lin & Tzeng, 2009). Dolayısıyla Rajesh ve Ravi (2015)'nin önerdiği üzere, toplam etki matrisinin “aritmetik ortalaması($\bar{x}$) + 1,5 standart sapma(σ)” formülü ile eşik değerin belirlenebileceği anlaşılmıştır. Fakat bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan (Sharma, 2022; de Campos vd. 2021) yola çıkılarak 1,5 σ faktörler arası çoğu ilişkiyi ortadan kaldırdığından 1 σ ile devam edilip $\bar{x} + 1 \sigma$ kullanılmış, eşik değeri 1.26 olarak hesaplanmıştır. Eşik değeri üzerinde kalan değerler eğik halde belirtilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3: Toplam Etki Matrisi ve Eşik Değeri

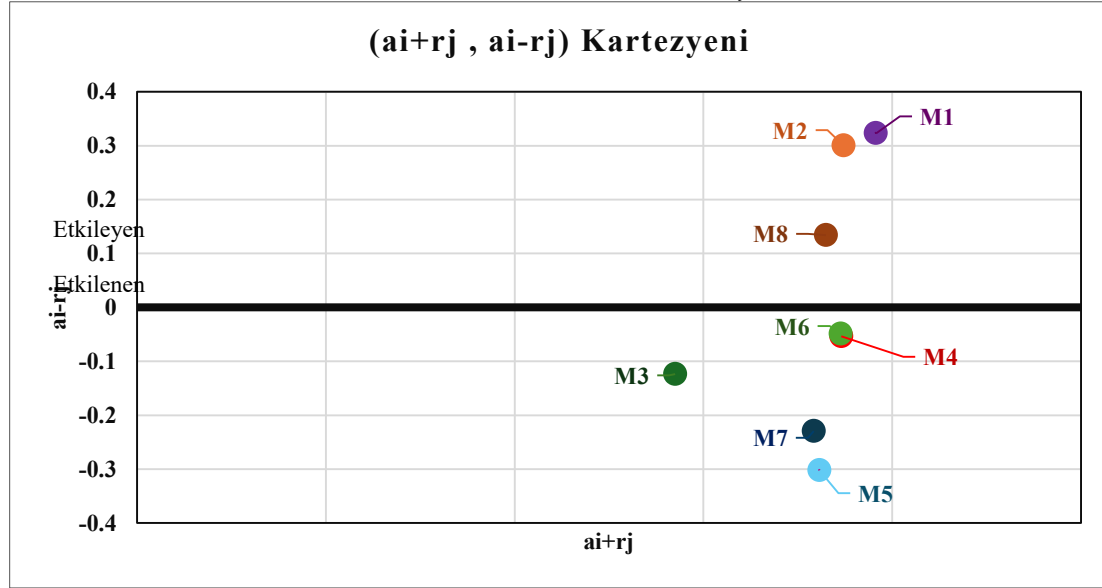
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1	1.213	1.284	1.002	1.318	1.273	1.303	1.267	1.291
M2	1.286	1.108	0.954	1.247	1.238	1.253	1.219	1.200
M3	0.970	0.933	0.645	0.892	0.935	0.908	0.876	0.902
M4	1.261	1.194	0.901	1.105	1.197	1.240	1.205	1.195
M5	1.193	1.158	0.942	1.161	1.034	1.157	1.117	1.126
M6	1.250	1.213	0.925	1.230	1.191	1.101	1.213	1.168
M7	1.199	1.152	0.872	1.173	1.132	1.181	1.020	1.118
M8	1.254	1.163	0.943	1.226	1.191	1.197	1.159	1.054
$\bar{x}$	1.12							
σ	0.14							
Eşik Değeri	1.26							

Tablo 4: Etkilerine Göre Performans Faktörleri

	a_i	r_j	$a_i + r_j$	$a_i - r_j$	Etki Türü
M1	9.948608095	9.625406183	19.57401428	0.323201912	Etkileyen
M2	9.505574191	9.205394844	18.71096904	0.300179346	Etkileyen
M3	7.061808471	7.185458583	14.24726705	-0.123650113	Etkilenen
M4	9.298432009	9.351846760	18.65027877	-0.053414750	Etkilenen
M5	8.888134939	9.190349485	18.07848442	-0.302214546	Etkilenen
M6	9.291253493	9.340160316	18.63141381	-0.048906822	Etkilenen
M7	8.846454777	9.075755429	17.92221021	-0.229300652	Etkilenen
M8	9.187445839	9.053340214	18.24078605	0.134105625	Etkileyen

Tablo 4'ten görüldüğü gibi konteyner terminallerindeki yük operasyonlarının verimliliğini en fazla etkileyen faktörlerin sırasıyla “terminal çalışanları (M1), malzeme-ekipman kaynaklı faktörler (M2) ve terminaldeki iş güvenliği uygulamaları (M8)” olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 3: Faktörlerin Etki Kartezyeni



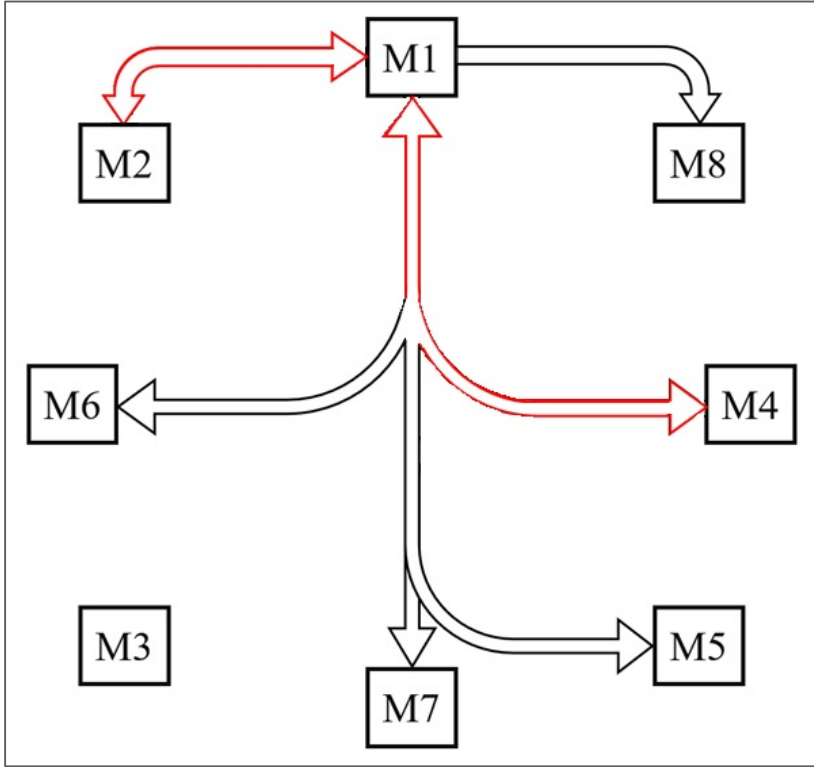
Şekil 3'ten görüldüğü üzere a_i-r_j ekseninde pozitif kısımda kalan M1, M2 ve M8 faktörleri etkileyen grup içerisinde bulunmaktadır. Eksende negatif kısımda kalan M6, M4, M3, M7 ve M5 faktörleri etkilenen grup içerisinde bulunmaktadır. a_i+r_j ekseninde değer arttıkça faktörlerin sağa kaydığı ve etki düzeylerinin yükseldiği tespit edilmektedir. Bu bağlamda, faktörlerin birbirlerine olan etki düzeyleri Tablo 5'te ayrı olarak belirtilmiş olup, etkileyen kategoride yer alan faktörler eğik bir şekilde Tablo 5 üzerinde sıralanmıştır

Tablo 5: Etki Düzeyine (a_i+r_j) Göre Performans Faktörleri

	Yüksek Etki Düzeyi
M1	
M2	
M4	
M6	
M8	
M5	
M7	
M3	Düşük Etki Düzeyi

Şekil 3'te yer alan bazı faktörlerin yakın sonuçlar içermesi nedeniyle, bu faktörler kartezyen düzlemde de birbirine yakın konumlanmıştır. Bu nedenle, faktörler arasındaki karşılıklı etkileşimlerin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla Şekil 4 oluşturulmuştur. Şekil 4'te kırmızı okla gösterildiği üzere, M1 ile M4 ve M1 ile M2 faktörleri karşılıklı etkileşim içerisinde.

Şekil 4: Faktörlerin İlişki Ağacı



4. Tartışma ve Sonuç

DEMATEL yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışma, konteyner terminallerindeki yük operasyonlarını etkileyen faktörlerin birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koymaktadır. Araştırmanın amacına yönelik olarak Türkiye’de faaliyet gösteren liman işletmelerinde görev yapan 15 adet limancılık uzmanından anket tekniği ile elde edilen veriler analiz edilmiş ve eşik değer belirleme sürecinde $\bar{x} + 1\sigma$ yöntemi kullanılmış ve eşik değer 1.26 olarak hesaplanmıştır. Bu eşik değer üzerinde kalan etki katsayıları dikkate alındığında, yük operasyonlarını etkileyen faktörler arasında belirgin ilişkilerin olduğu görülmüştür. Analiz verilerine göre en yüksek etki değerlerine sahip olan “terminal çalışanları (M1), malzeme-ekipman kaynaklı faktörler (M2) ve terminaldeki iş güvenliği uygulamaları (M8)” faktörleri, etkileyen faktörler olarak tespit edilmiştir. Bu durumun sırasıyla; terminal çalışanlarının, ekipman yeterliliğinin ve iş güvenliği uygulamalarının konteyner terminal operasyonlarında etkileyici roller üstlendiğini göstermektedir.

Terminal çalışanları faktörünün, toplam etki matrisi sonuçlarına göre en yüksek etki katsayılarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Liman işletmelerinde özellikle konteyner terminal çalışanları, yük-gemi operasyonlarının doğrudan yürütücüsü oldukları için operasyonel süreçler üzerindeki etkileri kaçınılmazdır. Terminal çalışanlarının hem diğer faktörler üzerinde hem de genel sistem üzerindeki etkisi, operasyonel verimlilik açısından kritik bir öneme sahiptir. Benzer şekilde, malzeme-ekipman kaynaklı faktörler de operasyonlarda kullanılan ekipmanların yeterliliği ve verimliliği ile orantılıdır ve terminal çalışanları faktörü ile malzeme-ekipman kaynaklı faktörler çalışmanın bulgularına göre karşılıklı ilişki içerisindedir. Ekipman faktörleri, yük operasyonlarının zamanında gerçekleştirilmesini sağladığından, operasyonun verimliliği açısından etkileyici bir değişken olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bulgu literatürde Zhang ve diğerlerinin (2024) yaptığı çalışmada da terminal çalışanlarının ve malzeme-ekipman kaynaklı faktörlerin karşılıklı ilişkide olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca Kurniawan ve diğerleri (2022) ise malzeme-ekipman kaynaklı faktörlerin operasyonel boyutta önemli olduğu bulgusuna sahip çalışması da bu çalışmanın bulguları ile uyushmaktadır,

Meteorolojik koşullar faktörünün en düşük etki seviyesine sahip olması, meteorolojik koşulların operasyonel süreçler üzerindeki etkisinin daha dolaylı olduğunu düşündürmektedir. Ancak, bu durum hava koşullarının operasyonlara hiçbir etkisinin olmadığı anlamına gelmemektedir, aksine belirli koşullarda operasyonların aksamasına neden olabilecek potansiyel risk faktörlerinden biri olarak

değerlendirilebilmektedir. Ayrıca Ma ve diğerlerinin (2024) yaptığı çalışmada da meteorolojik koşulların operasyonel faaliyette aksamalara neden olabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca meteorolojik koşullar gibi etkenlerin ise operasyonlarda belirsizliği artırdığını ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır (Wang & Wang, 2023).

Yönetimsel faktörlerin terminalin teknolojik altyapısı faktörüne olan etki düzeyinin eşik değere oldukça yakın olması (1,24), yönetimsel faktörlerin ve yatırımların teknolojik altyapı faktörlerini etkilediği göstermektedir. Yönetimsel faktörler operasyonların genel çerçevesini belirlerken, teknolojik altyapının yeterliliği ve gelişmişliği, süreçlerin ne kadar verimli ilerleyebileceğini belirlemektedir. Benzer şekilde, terminaldeki akıllı liman uygulamaları faktörü de akıllı liman uygulamalarının operasyonel süreçlere katkısını ifade etmektedir.

Terminal çalışanlarının, terminal sahasının fiziki koşulları üzerindeki etkileşimi terminal çalışanlarının terminalin fiziki koşullar üzerinde etkileyici bir faktörde olduğunu göstermektedir. Terminaldeki çalışanların verimliliği, terminalin fiziki altyapısının ne kadar etkin kullanılabileceği üzerinde etkili olabilir. Örneğin, çalışanların verimli bir şekilde fiziki alanı kullanabilmesi terminalin operasyonel verimliliğini artırabilir ve fiziki koşulların olumsuz etkilerini minimize edebilir. Bu durum, terminal çalışanlarının performansının terminalin genel verimliliği üzerindeki etkisini vurgulamaktadır.

Literatürde terminal çalışanları faktörünün limanın genel yük performansını artırdığına (Khajeh & Shahbandarzadeh, 2023); malzeme-ekipman kaynaklı faktörler ve terminal sahasının fiziki koşulları faktörlerinin eksikliğinin en kritik tehditler olduğuna; terminal çalışanları faktörünün tüm sistemi etkileyebildiğine; yönetimsel faktörlerin sistem kararlılığını temelden sarstığını vurgulayan çalışmalar bulunmaktadır (Wang & Wang, 2023). Ayrıca Yang ve diğerleri (2014)'nin yaptığı çalışma gibi terminal çalışanları faktörü ile terminaldeki iş güvenliği uygulamaları faktörünün birbiri ile ilişkili olduğunu, bu durumun liman performansı ile büyük ölçüde etkide olduğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, terminal çalışanları, malzeme-ekipman kaynaklı faktörler ve terminaldeki iş güvenliği uygulamaları faktörlerinin operasyonel süreçler üzerinde doğrudan etkili olduğu, diğer faktörlerin ise süreçlerden ve diğer faktörlerden etkilendiği tespit edilmiştir. Bu bulgular, liman operasyonlarının başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için öncelikli olarak terminal çalışanları, malzeme-ekipman kaynaklı faktörler ve terminaldeki iş güvenliği uygulamalarının iyileştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte yönetimsel faktörler, terminalin teknolojik altyapısı ve meteorolojik koşulların da operasyonların genel etkinliği üzerinde önemli bir rol oynadığı anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda, operasyonel performansın artırılması için hem doğrudan etkileyen faktörlerin iyileştirilmesi hem de dış faktörlerin olumsuz etkilerinin minimize edilmesi gerekmektedir.

DEMATEL yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen bulgular, konteyner terminallerinin performansının artırılması açısından özellikle terminal çalışanları, malzeme-ekipman kaynaklı faktörler ve terminaldeki iş güvenliği uygulamaları faktörlerinin yüksek düzeyde etkileyen gruba ait olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmanın kısıtı, konteyner terminallerinin operasyonel verimliliğini belirleyen sekiz faktörün ele alınması olmasıdır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bu faktörlere ilişkin daha ayrıntılı analizler gerçekleştirilebilir ve bu faktörlerin performans üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini farklılaştıran başkaca faktörlerin araştırılması yönünde de saha çalışmalarının yapılması önerilebilir. Ayrıca, düşük etki düzeyine sahip olduğu görülen meteorolojik koşullar, yönetimsel faktörler, terminal sahasının fiziki koşulları, terminalin teknolojik altyapısı ve terminaldeki akıllı liman uygulamaları gibi faktörlerin farklı yöntemler ve farklı liman örneklemi kullanılarak da incelenmesi, liman performansı üzerine daha geniş kapsamlı çıkarımlar yapılmasına olanak sağlayacaktır. Bu bağlamda, söz konusu faktörlerin coğrafi veya operasyonel koşullara göre farklılaşan etkilerinin ortaya konulması da literatüre katkı sağlayabilir.

Yazar Katkı Oranı (Author Contributions): Bahadır EYİT (%60), Murat YORULMAZ (%40)

Yazarların Etik Sorumlulukları (Ethical Responsibilities of Authors): Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması (Conflicts of Interest): Çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

İntihal Denetimi (Plagiarism Checking): Bu çalışma intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir.

KAYNAKÇA

- Acer, A., & Timor, M. (2017). "The Evaluation of Turkish Container Terminal Efficiency Using by Data Envelopment Analysis". *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, 5(2): 340-352.
- Adenso-Diaz, B., Alvarez, N., & Alba, L. (2020). "A Fuzzy AHP Classification of Container Terminals". *Maritime Economics & Logistics*, 22, 218-238.
- Akandere, G. (2021). "Yeşil Sertifikalı Limanların Performansının Entegre ENTROPİ - TOPSIS Yöntemleri ile Değerlendirilmesi". *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 39(4): 515-535.
- Ateş, A., Esmer, S., Çakır, E., & Balcı, K. (2013). "Karadeniz Konteyner Terminallerinin Göreceli Etkinlik Analizi". *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 5(1): 1-22.
- Ateş, A., Karadeniz, Ş., & Esmer, S. (2010). "Dünya Konteyner Taşımacılığı Pazarında Türkiye'nin Yeri". *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 2(2): 83-98.
- Ayçin, E. (2023). *Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler*. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., 3. Baskı, Ankara.
- Belton, V., & Stewart, T. (2012). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Springer Science & Business Media.
- Bitiktaş, F., & Karataş Çetin, Ç. (2017). "Liman Hizmetleri Fiyatlandırma Stratejileri Ve Rekabete Etkileri: Ege Bölgesi Konteyner Limanları Üzerine Bir Oyun Ağacı Analizi". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(19), 198-218.
- Çelik, Y., & Yorulmaz, M. (2023). "Türkiye'deki Konteyner Terminallerinin Performans İncelemesi ve Mersin Limanı için Performans Gelişim Önerileri". *Journal of Turkish Operations Management*, 7(1): 1531-1549.
- Çelik, Y., & Yorulmaz, M. (2025). "Yeşil Limanlar ve Performansları: Kumport Liman Örneği". *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 8(1): 1-18.
- Chou, C.-C. (2010). "AHP Model For The Container Port Choice In The Multiple-Ports Region". *Journal of Marine Science and Technology*, 18(2): 221-232.
- Cudahy, B. (2006). *Box Boats: How Container Ships Changed The World*. Fordham University Press, New York.
- de Campos, E., Tavana, M., ten Caten, C., Bouzon, M., & de Paula, I. (2021). "A Grey-DEMATEL Approach for Analyzing Factors Critical to the Implementation of Reverse Logistics in the Pharmaceutical Care Process". *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 14156-14176.
- Eyit, B., Yorulmaz, M., & Taş, A. (2022). "Konteyner Limanlarında Kullanılan Dijital Teknoloji Uygulamalarının Değerlendirilmesi". *The Journal of Social Science*, 6(11): 43-59.
- Gabus, A. & Fontela, S. (1972). *World Problems, An Invitation To Further Thought Within The Framework of DEMATEL*. Cenevre: Battelle Geneva Research Center.
- Gash, S. (2000). *Effective Literature Searching for Research: Second Edition*. Gower Publishing Limited, Hampshire.
- Günther, H.-O., & Kim, K.-H. (2006). "Container Terminals and Terminal Operations". *OR Spectrum*, 28, 437-445.
- Hsu, C.-T., Chou, M.-T., & Ding, J.-F. (2023). "Key Factors for the Success of Smart Ports During the Post-Pandemic Era". *Ocean and Coastal Management*, 106455.

- Hsu, W. K., Yu, H.-F., & Huang, S.-H. S. (2015). "Evaluating the Service Requirements of Dedicated Container Terminals: A Revised IPA Model with Fuzzy AHP". *Maritime Policy & Management*, 42(8): 789–805.
- Hsu, W.-K. K., Huang, S.-H. S., Huynh, N. T., & Huang, K.-H. (2024). "An Evaluation Model of sustainable Efficiency for Container Terminals". *Sustainable Development*, 1170-1187.
- Jiang, X., Chen, Q., Zhang, J., & Chen, C. (2021). "A SWOT-AHP Method for the Selection of Strategies of Smart Port Development". *2021 6th International Conference on Transportation Information and Safety* (s. 191-200). Wuhan: IEEE.
- John, R., & Singh, A. (2025). "A DEMATEL Approach for Analysing the Interdependence Among the Efficiency Barriers in the Agri-Fresh Produce Supply Chains". *Supply Chain Analytics*, 10, 100106.
- Kambagowni, V., Rao, K., & Rao, M. (2014). "Evaluation of Performance of Container Terminals Through DEMATEL-AHP". *International Journal for Quality Research*, 8(4): 533-542.
- Karlı, H., Öztaş Karlı, R., & Çelikyay, S. (2021). "Fuzzy AHP Approach to The Determination of Smart Port Dimensions: A Case Study on Filyos Port". *Düzce University Journal of Science & Technology*, 9, 322-336.
- Khajeh, F., & Shahbandarzadeh, H. (2023). "Modeling Factors Affecting the Interests of the Container Terminal Using Fuzzy Cognitive Map and Fuzzy DEMATEL". *Journal of Modelling in Management*, 18(5): 1364-1388.
- Koca, G., & Yıldırım, S. (2021). "Bibliometric Analysis of DEMATEL Method". *Decision Making Applications in Management and Engineering*, 4(1): 85-103.
- Kurniawan, F., Musa, S., Moin, N., & Sahroni, T. (2022). "A Systematic Review on Factors Influencing Container Terminal's Performance". *Operations And Supply Chain Management*, 15(2): 174-192.
- Kuzu, A. (2023). "Application of Fuzzy DEMATEL Approach in Maritime Transportation: A Risk Analysis of Anchor Loss". *Ocean Engineering*, 113786.
- Li, X., Peng, Y., Guo, Y., Wang, W., & Song, X. (2023). "An Integrated Simulation and AHP-Entropy-Based NR-TOPSIS Method for Automated Container Terminal Layout Planning". *Expert Systems With Applications*, 120197.
- Li, Z., Wang, X., Zheng, R., Na, S., & Liu, C. (2022). "Evaluation Analysis of the Operational Efficiency and Total Factor Productivity of Container Terminals in China". *Sustainability*, 14, 13007.
- Lin, C.-L., & Tzeng, G.-H. (2009). "A Value-Created System of Science (Technology) Park by Using DEMATEL". *Expert Systems with Applications*, 36(6): 9683–9697.
- Lin, R. (2013). "Using Fuzzy DEMATEL to Evaluate the Green Supply Chain Management Practices". *Journal of Cleaner Production*, 40, 32-39.
- Liu, D.-C., Ding, J.-F., Liang, G.-S., & Ye, K.-D. (2020). "Use Of The Fuzzy AHP-TOPSIS Method to Select the Most Attractive Container Port". *Journal of Marine Science and Technology*, 28(2): 92-104.
- Ma, J., Wiegmanns, B., Wang, X., Yang, K., & Jiang, L. (2023). "A Hybrid DEMATEL and Bayesian Best–Worst Method Approach for Inland Port Development Evaluation". *Axioms*, 1116, 1-23.
- Ma, Y., Xiao, C., & Zhang, J. (2025). "The Logical Framework and Evaluation System of Rural Teachers' Digital Competence Analysis Based on DEMATEL-ANP". *Heliyon*.

- Nguyen, H. O., Nguyen, H. V., Chang, Y. T., Chin, A. T., & Tongzon, J. (2016). "Measuring Port Efficiency Using Bootstrapped DEA: The Case of Vietnamese Ports". *Maritime Policy & Management*, 43(5): 644-659.
- Nguyen, T., Ngo, L., Huynh, N., Quoc, T., & Hoang, L. (2022). "Assessing Port Service Quality: An Application of the Extension Fuzzy AHP and Importance Performance Analysis". *PLoS ONE*, 17(2): 1-24.
- Peters, H. (2001). "Developments in Global Seatrade and Container Shipping Markets: Their Effects on the Port Industry and Private Sector Involvement". *International Journal of Maritime Economics*, 3, 3-26.
- Rajesh, R., & Ravi, V. (2015). "Modeling Enablers of Supply Chain Risk Mitigation in Electronic Supply Chains: A Grey-DEMATEL Approach". *Computers & Industrial Engineering*, 87: 126-139.
- Raut, R., Yadav, V., Cheikhrouhou, N., Narwane, V., & Narkhede, B. (2021). "Big Data Analytics: Implementation Challenges in Indian Manufacturing Supply Chains". *Computers in Industry*, 125, 103368.
- Sarioğlu, Ö. (2022). *Konteyner Terminallerindeki Operasyonel Faaliyetlerin Verimliliğinin İyileştirilmesi: Bir Simülasyon Çalışması*. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Ankara.
- Satan, E., Aydın, U., & Atak, Ü. (2025). "Liman Performans Analizi İçin Yeni Entegre D-CRITIC-SWARA-COPRAS Yaklaşımı". *Verimlilik Dergisi*, 59(1): 61-76.
- Sawyers, P. (2005). *Intermodal Shipping Container Small Steel Buildings*. CreateSpace Independent Publishing Platform, South Carolina.
- Sharma, S. (2022). "Analysis of Supply Chain Vulnerability Factors in Manufacturing Enterprises: a Fuzzy DEMATEL Approach". *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 27(5): 814-841.
- Singh, S., Sharma, A., & Adhikari, A. (2024). "Investigating the Barriers to Drone Implementation in Sustainable Agriculture: A Hybrid Fuzzy-DEMATEL-MMDE-ISM-Based Approach". *Journal of Environmental Management*, 371, 123299.
- Song, Z.-Y., Lin, C.-W., Weng, X., & Lee, P.-W. (2024). "An Empirical Study of the Performance of the Sixth Generation Ports Model with Smart Ports with Reference to Major Container Ports in Mainland China". *Transportation Research Part E*, 103460.
- Tarei, P., Thakkar, J., & Nag, B. (2018). "A Hybrid Approach for Quantifying Supply Chain Risk and Prioritizing the Risk Drivers: A case of Indian Petroleum Supply Chain". *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(3): 548-549.
- Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı (2024). *Dış Ticaret Lojistiği*. Ankara: Uluslararası Hizmet Ticareti Genel Müdürlüğü.
- UNCTAD. (2024). *Review of Maritime Transport 2024: Navigating Maritime Chokepoints*. Cenevre: United Nations Publications.
- Wang, M., & Wang, H. (2023). "Exploring the Failure Mechanism of Container Port Logistics System Based on Multi-Factor Coupling". *Journal of Marine Science and Engineering*, 11, 1067.
- Wang, Y., Jung, K.-A., Yeo, G.-T., & Chou, C.-C. (2014). "Selecting a Cruise Port of Call Location Using the Fuzzy-AHP Method: A Case Study in East Asia". *Tourism Management*, 42(2): 262-270.

- Weerasinghe, B., Perera, H., & Bai, X. (2024). "Optimizing Container Terminal Operations: A Systematic Review of Operations Research Applications". *Maritime Economics & Logistics*, 26(2), 307–341.
- Wijnolst, N., & Waals, F. (1999). *Shipping Industry Structure*. Delft: Delft University Press.
- Yang, Y.-L., Ding, J.-F., Chiu, C.-C., Shyu, W.-H., Tseng, W.-J., & Chou, M.-T. (2014). "Core Risk Factors Influencing Safe Handling Operations for Container Terminals at Kaohsiung Port". *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 230(2): 444-453.
- Yorulmaz, M., & Yeğın , A. (2023). "Liman İşletmelerinde Tehlikeli Madde Elleçlenmesine İlişkin Fine-Kinney ve FMEA Yöntemleri ile Risk Analizi". *Research Studies Anatolia Journal*, 6(1): 1-37.
- Yüksekyıldız, E. (2021). Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Konteyner Limanlarının Temel Performans Göstergelerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi. C. Çivi içinde, *Mühendislik ve Mimarlık Bilimleri* (s. 1-20). Cetinje: IVPE.
- Yüksekyıldız, E. (2021). "Entropi ve Eatwos Yöntemleri ile Türkiye Konteyner Limanlarının Verimlilik Analizi". *Verimlilik Dergisi* (2): 3-24.
- Zhang, C., Liu, S., Hu, H., Jie, X., & Gou, Y. (2024). "A Hybrid SgDT Framework for Risk Analysis of Container-Handling Operations at Automated Container Terminals". *Ocean and Coastal Management*, 257, 107321.
- Zhang, Z., Tan, K., Qin, W., Chew, E., & Li, Y. (2025). "A Data-Driven Approach to Solving the Container Relocation Problem with Uncertainties". *Advanced Engineering Informatics*, 65, 103112.