

COVID-19 PANDEMİ DÖNEMİ, ÖNCESİ VE SONRASINDA KONTEYNER LİMANLARININ PERFORMANSLARININ COMET VE AHP YÖNTEMLERİYLE KÜRESEL ÖLÇEKTE DEĞERLENDİRMESİ

Haydar Mücahit ŞİŞLİOĞLU¹

Öz

Bu çalışma, Covid-19 Pandemi krizinin konteyner limanlarının performansı üzerine olan etkilerinin küresel ölçekte önceki ve sonraki dönemlere göre göreceli ölçülmek amacıyla hazırlanmıştır. "Characteristic Objects Method (COMET)" ve "Analytical Hierarchy Process (AHP)" çoklu karar verme yöntemleri araştırmada birlikte kullanılarak varılan sonuçların doğrulaması yapılmıştır. Küresel olarak konteyner limanlarının kriz öncesi 2019 yılı ile 2020 Pandemi dönemi ve 2021 Pandemi sonrası çoklu performans değerlerini girdi olarak kabul eden her iki model ile her dönem için birleştirilmiş tek bir performans değeri hesaplanmıştır. Konteyner limanlarının değerlendirilmesinde kullanılan toplam 12 değişik kritere göre söz konusu yılların birleştirilmiş performans değerlerinin hesaplanmasında UNCTAD tarafından yıllık olarak yayımlanan "Review of Maritime Transport 2020, 2021 ve 2022" raporlarında yer alan "Liman Performans ve Çevre Göstergeleri" esas alınmıştır. Modelin uygulanması neticesinde Pandemi öncesi döneme (2019 yılı) göre, Pandemi döneminde (2020 yılı) küresel ölçekte konteyner limanlarının birleştirilmiş performansında düşüş olduğu, Pandemiden sonraki 2021 yılında ise liman performanslarına artış olduğu, ancak 2019 yılı değerlerine ulaşamadığı gözlemlenmiştir. Aynı verileri kullanan, ancak değişik algoritmalara haiz COMET ve AHP yöntemleriyle anılan dönemlere ilişkin benzer neticelere ulaşılması sonuçların güvenilirliğini arttırmıştır. Çalışmada izlenen analitik yöntemin uygulanması neticesinde; benzer krizler süresince veya sonrasında ticari limanlara ilişkin olumlu veya olumsuz gelişmeler yıllara bağlı olarak zamanlıca izlenebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Birleşik liman performansı, COMET, AHP, Konteyner limanı, Covid-19.
JEL Kodları: C02, L91, P17, R41

GLOBAL ASSESSMENTS OF CONTAINER PORT PERFORMANCES BY COMET AND AHP METHODS BEFORE, DURING AND AFTER THE COVID-19 PANDEMIC PERIOD

Abstract

This study has been prepared in order to measure the effects of the Covid-19 pandemic crisis on the performance of container ports on a global scale, relative to the previous and subsequent years. "Characteristic Objects Method (COMET)" and "Analytical Hierarchy Process (AHP)" multiple decision making methods were used together in the research, and the results were verified. A single combined performance value was calculated for each period, with both models accepting multiple performance values of container ports globally, pre-crisis 2019, 2020 pandemic period, and 2021 post-pandemic as inputs. According to a total of 12 different criteria used in the evaluation of container ports, the "Port Performance and Environmental Indicators" in the "Review of Maritime Transport 2020, 2021 and 2022" reports published annually by UNCTAD were taken as basis in calculating the combined performance values of the mentioned years. As a result of the implementation of the models, it was observed that there was a decrease in the combined performance of container ports on a global scale during the pandemic period (2020), compared to the pre-pandemic period (2019), and an increase in port performances in 2021 after the pandemic, but not reaching the 2019 values. Reaching similar results for the aforementioned periods with the COMET and AHP methods, which use the same data but have different algorithms, increased the reliability of the results. As a result of the application of the analytical method followed in the study; During or after similar crises, positive or negative developments regarding commercial ports can be monitored in a timely manner.

Keywords: Combined port performance, Covid-19, COMET, AHP, Container port.
JEL Codes: C02, L91, P17, R41

¹Dr. Öğr. Üyesi, Beykoz Üniversitesi, mucahitsislioglu@beykoz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5977-3612

1. Giriş

Limanlar; uluslararası ticarete uygulanan lojistik hizmet süreçlerinde yüklerin karadan denize ve iç suyollarına veya denizden karaya doğru taşınma şeklinin gerçekleştirildiği, ihtiyaç duyulması halinde ise geçici olarak depolandığı ve neticesinde katma değer kazandığı ticari nitelikteki alanlar olarak tanımlanmaktadır.

Deniz ticaret limanlarının önemi; ekonomik büyüme, ticaret hacmi, istihdam ve tedarik zinciri faaliyetlerinin etkinliği gibi bir dizi faktörle de ilişkilidir. Keza, limanların performansının ölçülmesi, verimlilik, etkinlik ve rekabetçilik açısından da sektör yöneticilerine değerli bilgiler sağlar. Uluslararası ticaretin yoğun olduğu bölgelerde tesis edilen limanlar aynı zamanda yerel ekonomilere doğrudan ve dolaylı olarak katkılarda bulunur. Söz konusu katkılar kapsamında; ihracat ve ithalat faaliyetlerinin kolaylaştırılarak üretim sektörünün büyümesi, ticaret hacmindeki artış ve istihdam yaratılması sayılabilir. Yaratılan bu istihdam fırsatları, yerel toplumun ekonomik refahını artırarak sosyal kalkınmaya ve gelir dağılımındaki dengenin sağlanmasına da katkıda bulunur.

Limanların, uluslararası ve ulusal ticaret ile özellikle son Pandemi krizinde görüldüğü gibi küresel tedarik zincirindeki hayati önemlerinin anlaşılabilmesi için öncelikle limanlardaki dinamik ve karmaşık süreçler hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir (Stopford, 2009, 561).

Yıllara bağlı olarak küresel ölçekteki verilere bakacak olursak Tablo 1’de gösterildiği gibi dünya ticaretinde deniz yolu ile taşınan yüklerin 2021 yılındaki toplam tonajının 11,95 milyar tondan 2022 yılında tahmini olarak 12,37 milyar tona artış sağlayacağı beklenmektedir. Söz konusu artış trendi son on yıl için %2,3 iken, Pandemi dönemini de içeren son beş yıl için %1,5 düzeyinde kalmıştır. Keza, dünya nüfusu dikkate alındığında Pandemi öncesi 1,08 ton olan kişi başına düşen dökme yük taşımalarının Pandemi döneminde 1,02 tona düştüğü, sonrasında ise artış göstererek 1,04 ton seviyesine çıktığı, ancak önceki dönem değerlerine henüz ulaşamadığı gözlemlenmiştir. Konteyner taşımacılığında ise kişi başı taşımada bir azalma olmadığı, önceki dönemde izlenen artış trendinin kriz döneminde ve sonrasında da devam ettiği, 2022 yılında da 0,26 tona ulaşacağı değerlendirilmiştir. (İMEAK Deniz Ticaret Odası 2022 Raporu, 2022: 38).

Tablo 1: Dünya Ticareti ve Dünya Denizyolu Taşımacılığı (İMEAK Raporu, 2022)

Dünya Ticareti ve Deniz Yolu Taşımacılığı	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021(y)	2022(t)	10 (*) Yıllık Trend	5 (*) Yıllık Trend
Kişi Başına Denizyolu Ticareti											
Dünya Denizyolu Ticareti (milyar ton)	10,56	10,79	11,12	11,57	11,89	11,95	11,54	11,95	12,37	2,3%	1,5%
Dünya Nüfusu (milyon kişi)	7,30	7,38	7,46	7,55	7,63	7,71	7,80	7,88	7,95	1,1%	1,1%
Ticaret Tonajı (Kişi Başı)	1,45	1,46	1,49	1,53	1,56	1,55	1,48	1,52	1,56	1,2%	0,4%
Dökmeyük Taş. (Kişi Başı)	1,04	1,04	1,06	1,08	1,09	1,08	1,02	1,04	1,06	0,7%	-0,4%
Konteyner Taşımacılığı (Kişi Başı)	0,21	0,22	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,26	2,6%	2,2%
Denizyolu Taşımacılığı Çarpanları											
Dünya Denizyolu Taşımacılığı Gelişimi	3,4%	2,2%	3,0%	4,1%	2,7%	0,5%	-3,4%	3,6%	3,5%	2,4%	1,5%
Dünya GSYİH Gelişimi	3,6	3,4	3,3	3,8	3,6	2,8	-3,1	5,9	4,9	3,0%	2,6%
Denizyolu Taş. /GSYİH Çarpanı	0,94	0,63	0,93	1,09	0,77	0,18	1,1	0,61	0,72	0,78	0,58
Dünya Ticaret (milyar ton)											
Dünya Denizyolu Taşımacılığı	10,56	10,79	11,12	11,57	11,89	11,95	11,54	11,95	12,37	2,3%	1,5%
Dünya Ticaret Hacmi (Bütün Modlar)	12,5	12,78	12,95	13,56	13,95	14,07	13,33	14,11	14,77	2,0%	1,7%
Dünya Taşımacılığı Denizyolu Oranı	85%	84%	86%	85%	85%	85%	87%	85%	84%	85%	85%

Kaynak: Clarkson Research Seaborn, February 2022.

Tablodaki sayısal verilerden de görüldüğü gibi ulaştırma altyapıları içinde kilit rolü olan limanlarda gemilere ve yüklere verilen hizmetlerin çeşitliliği, ihtisaslaşmayı ve performans ölçümlerinde güvenilir yöntemlerin kullanımının gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Esmer, 2019: V).

Bu gereklilikten hareketle küresel veya ulusal ölçekte limanların performanslarının analitik modellerle objektif kriterlere bağlı olarak değerlendirilmesinin yapılması, karar vericilerin yönetim stratejilerinin belirlemede kilit rol oynamaktadır. Keza, söz konusu yaklaşım ulusal ölçekte limanlara yapılacak alt yapı yatırım seçeneklerinin maliyet etkenliklerinin sayısal modellemelerle tahmin edilerek geçmiş yıllardaki performanslarıyla mukayese edilebilmesini ve buna bağlı olarak da en uygun seçeneğin yatırıma dönüştürülebilmesine imkân sağlar. (Şişlioğlu, M., Çelik, M. ve Özkaynak, S., 2019).

Deniz ticaret limanlarının performansının ölçülmesi, verimlilik ve etkinlik değerlerinin sayısal olarak gösterilebilmesi açısından önemlidir. En genel anlamıyla bir limanın verimli olması, mal ve hizmetlerin taşınmasında minimum maliyetle maksimum sonuç elde etmeyi ifade eder. Verimlilik; yük elleçleme sürelerinin azaltılması, ekipmanın etkin kullanımı ve lojistik süreçlerin optimize edilmesi gibi faktörlere bağlıdır. Liman operasyonlarının etkinliği ise limanların kapasite kullanımının maksimize edilmesi ile gemilerin bekleme sürelerinin azaltılması ve tedarik zincirdeki kesintilerin minimize edilmesiyle ilgilidir. Elde edilen performans verileri, deniz ticaret limanlarının rekabetçiliği ve sürdürülebilirliği açısından da önemlidir. Limanların performansının ölçülmesi, yöneticilere ve işletme sahiplerine veriye dayalı kararlar almalarına yardımcı olur. Performans göstergeleri, limanların güçlü yönlerini ve

zayıflıklarını belirlemeye yardımcı olur ve iyileştirme fırsatlarını ortaya çıkarır.

Performans ölçümü, limanların uluslararası rekabetçiliklerini artırmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak için kritik bir araçtır. Performansın ölçülmesi için çeşitli yöntemler ve göstergeler kullanılır. Bunlar arasında yük elleçleme hızı, yükleme ve boşaltma süreleri, gemi bekleme süreleri, ekipman kullanım oranları, işletme maliyetleri ve çevresel etkiler gibi faktörler yer alır. Bu veriler, limanların faaliyetlerini değerlendirmek, performanslarını karşılaştırmak ve iyileştirme alanlarını belirlemek için kullanılır. Ayrıca, müşteri memnuniyeti anketleri ve geri bildirimler de performansın ölçülmesinde önemli bir role sahiptir. Bu verilerin düzenli olarak toplanması ve analiz edilmesi, limanların sürekli gelişimini sağlamak ve yüksek bütçeleri gerektiren altyapı seçeneklerin belirlenmesi ile bunların içinden maliyet etkenlik açısından en uygun olanının seçimi için de önemlidir.

Deniz ticareti sektöründe kullanılan liman performans ölçüm modelleri ile bu modellerin işleyişinde girdi olarak kullanılan parametreler ile algoritmaların seçimi limanların kullanım amaçlarına göre farklılık göstermektedir. Halihazırda uluslararası düzeyde konteyner limanlarının performanslarının ölçümüne yönelik olarak kullanılmakta olan yöntemler aşağıda sunulmuştur;

- “Düzenli Hat Bağlantı Göstergesi (Liner Shipping Connectivity Index) (LSCI)”:

LSCI puanı, ülkelerin deniz taşımacılığı sektörlerinin durumuna göre küresel denizcilik ağlarına ne kadar iyi bağlı olduğunu gösterir. Esas olarak konteyner taşımacılığıyla ilgili limanların performansının ölçüldüğü bu indeksin oluşturulması için konuyla ilgili beş değişik kriter kullanılmaktadır. Limanları bir yıl içinde kullanan konteyner gemi sayısı, gemilerin büyüklüğü, TEU olarak kapasitesi, limanlarda verilen hizmet çeşitliliği ile lojistik hizmet veren kuruluşların sayısı esas alınarak UNCTAD tarafından periyodik olarak yayınlanan, ülkelerin veya belirlenmiş konteyner limanlarının küresel konteyner deniz ticaretindeki yerini gösteren puanlama sistemidir (LODER, 2019). 2006 yılında ülkeler arasında en yüksek değere sahip olan Çin’in değeri 100 olarak kabul edilerek ülkelerin yıllık olarak LSCI puanları hesaplanmaktadır. UNCTAD istatistiklerine göre Türkiye’nin LSCI puanları Tablo 2’de gösterilmiştir. Buna göre ülkemizin 2010 yılında 36,15 olan LSCI puanı Pandemi dönemi de dahil olmak üzere genelde bir artış trendi izlemiştir. 2021 yılında 61,40 olan bu değer, 2022 yılında artış göstererek 63,03’e ulaşmıştır. (unctadstat.unctad.org/CountryProfile/GeneralProfile/GB/792/index.html)

Tablo 2. Türkiye'nin Düzenli Hat Bağlantı Göstergesi (LSCI) Puanları

2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021	2022
36,15	52,28	54,13	55,60	57,70	60,80	61,40	63,03

Kaynak: UNCTAD İstatistikleri, Türkiye Ülke Profili, Ocak 2023

- “Limanda Kalış Süresi (Port Turnaround Times):

Yük boşaltmak/almak amacıyla ticari bir limanı kullanan bir ticaret gemisinin limana girişinden çıkışına kadar geçen ve tüm süreçleri kapsayan süredir”. Limanı kullanan ticaret gemisi tipine bağlı olarak ölçüt birimi saat veya gün olarak ifade edilen bu değer gemi ve liman işleticileri tarafından minimum değerde olması tercih edilir. UNCTAD verilerine göre 2021 yılında dünya ticari limanlarında gemilerin ortalama limanda kalış süresi 1,05 gün olarak ölçülmüştür. Gemi tiplerine göre değişiklik gösteren bu değer en kısa olduğu konteyner gemileri için 0,80 gün iken, en uzun ortalama değer dökme kuru yük gemileri için 2,11 gün olarak ölçülmüştür. Türkiye limanları için konteyner gemilerinin ortalama limanda kalış süresi ise dünya ortalamasının altında 0,63 gün olarak belirlenmiştir (UNCTAD, Review of Maritime Transport 2022, Sy. 82).

- Liman Performansı ve Çevresel Göstergeler (Port Performance and Environmental Indicators):

Birleşmiş Milletler (BM)'e bağlı olarak faaliyet gösteren UNCTAD tarafından her yıl yayımlanan “The Review of Maritime Transport” raporları içinde yer alan limanlara ait küresel ölçekteki altı ana performans ölçütü ile bunların altında yer alan toplam 35 alt kriterden oluşmuştur. Ana göstergeler olarak; finans, insan kaynakları, çalışanlar içinde kadın yüzdesi, gemi ve kargo operasyonları ile AR-GE bütçesi içindeki çevreye yönelik harcamaların yüzdesi başlıkları seçilmiştir (UNCTAD, Review of Maritime Transport 2022, Sy. 93).

- Konteyner Limanlarında Yıllık Elleçlenen Konteyner Sayısı (TEU)

En basit anlamda liman performanslarının ölçümünde kullanılan ve tek bir değerden oluşan bir göstergedir. Yıllık bazda TEU olarak ölçülen ve liman süreçlerinde yüklenen ve boşaltılan konteynerlerin toplam sayısıdır. 2020 yılı Pandemi dönemi ile sonrası olan 2021 yılı bölgelere göre dünya değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 3'te gösterilmiştir. Buna göre dünyada konteyner limanlarında 2020 yılında elleçlenen toplam konteyner sayısı 802 milyon TEU iken, Pandemi sonrası %7'lik bir artış göstererek 2021 yılında 857 milyon TEU'ya ulaşmıştır.

Tablo 3. Dünya Konteyner Limanlarının Bölgelere Göre 2020-2021 Yılları Elleçleme Sayıları (Milyon TEU)

Bölge	Yıllara Göre TEU Sayıları		Yıllık Değişim Yüzdeleri (%)
	2020	2021	
Asya	506	535	% 6
Avrupa	136	143	% 5
Kuzey Amerika	67	77	% 14
Latin Amerika	49	55	% 11
Afrika	30	33	% 10
Okyanusya	13	14	% 8
Dünya Toplamı	802	857	% 7

Kaynak: UNCTAD, Review of Maritime Transport 2022, Sy: 49

Yukarıda örnekleri verilen çok sayıdaki kriteri birleştirerek karara konu olan seçeneklerin her birine tek bir birleşik performans değeri atayan analitik bir modelin kullanılmasına da ihtiyaç duyulmaktadır. Birleşik performans değerinin oluşturulmasında kullanılan kriter sayısının çokluğu, bu değerlerin güvenilirliğini ve gerçek performansları yansıtabilme seviyesini olumlu yönde arttıracaktır. Bu sayede yıllara göre dünya genelinde konteyner limanlarının performansları çok yönlü olarak göreceli bir şekilde değerlendirilebilecek ve gerçekçi bir sıralama yapılabilecektir.

2. İnceleme

2.1. Çok Kriterli Karar Verme Modelleri

Bu maksatla kullanılacak çok kriterli karar verme modelleri Tablo 4’de listelenmiştir (Salabun ve Karczmarczyk, 2018: 2249). Bu çalışmada ise; Liman Performans ve Çevre Göstergelerini girdi olarak kabul eden “Characteristic Objects Method (COMET)” modeli ile “Analytic Hierarchy Process (AHP)” modelleri konteyner limanların birleştirilmiş performansının ölçümünde kullanılmıştır.

Tablo 4. Çok Kriterli Karar Modelleri

Model İsmi	Kısaltması
Analytic Hierarchy Process	AHP
Analytic Network Process	ANP
Characteristic Objects Method	COMET
Dominance-based Rough Set Approach	DRSA
Multicriteria Evaluation with MixedQualitative and Quantitative Data	EVAMIX
Intercriteria Decision Rule Approach	IDRA
Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique	MACBETH
multi-attribute utility theory	MAUT
multi-attribute value theory	MAVT
Organisation, Rangement Et Synthese de donnees relaTionnelles	ORESTE
Passive and Active Compensability Multicriteria Analysis	PACMAN
Preference Ranking Globalfrequencies in Multicriterion Analysis	PRAGMA
Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations	PROMETHEE
Simple Multi-Attribute Rating Technique	SMART
Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution	TOPSIS
Utility Theory Additive	UTA

2.2. Konuyla İlgili Literatür Araştırması

Fuzzy mantığını ve üçgen fuzzy fonksiyonlarının kullanımını esas alan COMET yönteminin diğer yöntemlere göre daha etkin ve üstün olduğu değerlendirildiği konuyla ilgili çalışmalarda yer almaktadır. Örneğin, 2014 yılında yapılan bir çalışmada COMET metodunun uygulama safhaları ve diğer yöntemlere göre üstünlüğü açıklanmıştır (Piegat ve Salabun, 2014: 5). En belirgin üstünlüğünün “rank-reversal” olumsuzluğunun bu modelde mevcut olmamasıdır, Bu olumsuz durumun görüldüğü AHP metodunda seçeneklerin değerlendirilmesinde kullanılacak seçim kriterleri değerlerinin hesaplanmasında seçeneklerin de girdi olarak kullanılması ve neticesinde seçeneklerin değişimine bağlı olarak bu seçim değerlerinin de değişiyor olmasıdır. “Rank-reversal” olumsuzluğunun içermeyen COMET metodunda ise ilk aşamada seçim kriter değerleri seçeneklerden bağımsız olarak hesaplanmakta, daha sonraki aşamada ise seçeneklerin belirlenmiş olan bu ölçütlere göre performansları ölçülmektedir.

COMET modeli son dönemlerde lojistik sektöründe değişik alanlarda en iyi performanslı ulaşım aracı modellerinin seçiminde kullanılmıştır. Örneğin; sürdürülebilir bir şehir içi ulaşım sisteminin oluşturulabilmesi amacıyla, on değişik elektrikli bisiklet modeli arasında performansı en iyi olan modelin sekiz kritere göre seçiminde COMET modeli kullanılmıştır (Salabun et al, 2019: 7).

Benzer şekilde, performansı en iyi olan dron seçiminde Tablo 2’de yer alan çok kriterli

karar modellerinden VIKOR ve COMET modelleri esas alınmıştır. Sonuçta; üst sıralardaki sıralamalarda bazı farkların olduğu, ancak dron seçeneklerin birleştirilmiş performans değerlerine göre sıralamalarının genelde örtüştüğü görülmüştür (Kozlov ve Norek, 2021:4523).

Diğer bir çalışmada ise sürdürülebilir şehir taşımacılığında kullanılacak dokuz elektrikli araba modeli arasında en iyisinin seçimi altı kritere göre COMET metoduyla yapılmıştır. Söz konusu kriterler; motor gücü, maksimum tork, batarya kapasitesi, batarya şarj süresi, menzil ve fiyattır (Salabun ve Karczmarczyk, 2018:2249).

COMET metodunun TOPSIS metoduyla karşılaştırıldığı diğer bir çalışmada ise, az sayıda seçim kriterinin olduğu senaryolarda TOPSIS yönteminin güvenilirliğinin az olduğu, bunun karşısında az sayıda olsa da bu kriterlerin kombinasyonunu kullanarak çok sayıda kriter oluşturan ve seçimini bu çoklu kriterlere göre yapan COMET yönteminin performans sıralamasının daha objektif ve kabul edilebilir olduğu ifade edilmiştir (Salabun, 2015: 38).

COMET modeli aynı işlevi gören birden fazla limanın birleşik performanslarının hesaplanmasında ve bu değerlere göre performanslarının mukayesesinde de kullanılmıştır. (Şişlioğlu, 2021)

AHP, VICOR ve TOPSIS gibi benzer çoklu karar verme yöntemlerinden üstünlükleri olan ve daha önce lojistik sektöründe değişik alanlarda (Elektrikli bisiklet ve dron modeli seçimi gibi) kullanılan COMET modeli bu çalışmada liman performanslarının ölçümünde esas alınmıştır. Analizde COMET modelinin güvenilirliğinin test edilmesi amacıyla aynı kriter değerlerini girdi olarak kabul eden AHP çok kriterli analiz modeli de kullanılmıştır. AHP uygulamasında “Rank-reversal” olumsuzluğu ile karşılaşabilme olasılığının, incelemede sadece üç yıla ait değerlerin incelecek olması ve yeni bir ilave yılın da modele dahil edilmeyecek olması nedenleriyle çok düşük olacağı değerlendirilmiştir.

Modellerin uygulanmasıyla; benzer krizler süresince veya sonrasındaki dönemlere ait liman performanslarının birbirlerine göre göreceli olarak birleştirilmiş tek bir performans değeri hesaplanabilecektir. Benzer şekilde aynı limanın kriz öncesi, kriz ve sonrası dönemlerdeki performans değerleri de karşılaştırmalı olarak hesaplanabilecektir. Sonuç olarak, çalışmada önerilen analitik yöntemlerle limanlara ilişkin olumlu veya olumsuz gelişmeler objektif göstergeler esas alınarak izlenebilecektir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde COMET modeli safhaları hakkında özet bilgi sunulmuş ve modelin uygulanması kapsamında Pandemi dönemi ile öncesi ve sonrası yıllardaki dünya konteyner limanlarının birleşik performansları hesaplanmıştır. Dördüncü bölümde ise aynı kriter değerleri AHP modelinde de girdi olarak kullanarak 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait

birleşik performans değerleri mukayeseli olarak belirlenmiştir. Sonuç ve önerilerin yer aldığı son bölümde COMET ve AHP modeli uygulamalarının neticesinde hesaplanan 2019,2020 ve 2020 yıllarına ait küresel ölçekteki konteyner limanları bileşik performans değerleri analiz edilerek, sonuçları karşılaştırılmıştır. Öneriler kısmında ise bahse konu modellerin kullanılabileceği lojistik sektöründeki diğer uygulama alanları ifade edilmiştir.

2.3. Karar Kriterleri ve Değerleri

Karar kriterleri olarak Tablo 5’de listelenen ve Birleşmiş Milletler’in bir kuruluşu olan “United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)” tarafından geliştirilmiş olan “Port Performance Scorecard Indicators” listesinde yer alan altı ana grup ile bunların alt setini teşkil eden 35 alt kriter kullanılmıştır. (UNCTAD, Review of Maritime Transport 2022; Sy: 93). Söz konusu tabloda yer alan küresel ölçekteki ortalama liman verileri, 2019,2020 ve 2021 yıllarına ait değişik ülke ve 100’ün üzerindeki limandan toplanmış olan toplam 2.500 veriden elde edilmiş beş yıllık hareketli ortalama performans göstergeleridir.

Tablo 5: UNCTAD Yıllık Liman Performans Göstergeleri

GRUP	NO	GÖSTERGE	YILLIK DÜNYA LIMAN ORTALAMALARI		
			2019	2020	2021
1. FINANS	1.1	EBITDA/Gelir	36,8 %	18,3 %	34,2 %
	1.2	Gemi Geliri/Gelir	22,5 %	24,5 %	23,5 %
	1.3	Kargo Geliri/Gelir	15,7 %	16,2 %	16,1 %
	1.4	Kiralar/Gelir	35,9 %	39,9 %	37,6 %
	1.5	İçişlik Geliri/Gelir	14,2 %	11,7 %	13,7 %
	1.6	Ücretler/Gelir	6,1 %	4,1 %	5,2 %
2. İNSAN KAYNAKLARI	2.1	Ton Çalışan	63 689 Ton	70 514 Ton	68 142 Ton
	2.2	Gelir Çalışan	\$ 215 247	\$ 173 912	\$ 192 397
	2.3	EBITDA Çalışan	\$ 102 372	\$ 80 652	\$ 89 673
	2.4	Çalışan Maliyeti	\$ 36 768	\$ 23 853	\$ 28 181
	2.5	Eğitim Maliyeti/Ücretler	1,4 %	0,9 %	1,2 %
3. CİNSİYET	3.1	Kadın % Genel	17,6 %	17,1 %	17,8 %
	3.2	Kadın % Yönetim	39,9 %	46,4 %	43,1 %
	3.3	Kadın % Operasyon	14,2 %	21,2 %	20,8 %
	3.4	Kadın % Kargo	5,5 %	6,5 %	6,0 %
	3.5	Kadın % Diğer	29,3 %	28,3 %	28,2 %
4. GEMİ OPERASYONLARI	4.1	Ortalama Liman Süresi	12,9 Saat	18,4 Saat	14,4 Saat
	4.2	Ortalama Gross Ton/Gemi	18 335 Ton	17 580 Ton	18 423 Ton
	4.3	Tankör Gemisi Sayısı	10,2 %	8,2 %	10,4 %
	4.4	Kuru Yük Gemisi Sayısı	11,2 %	7,7 %	8,1 %
	4.5	Konteyner Gemisi Sayısı	31,7 %	26,7 %	31,8 %
	4.6	Genel Kargo Gemi Sayısı	1,3 %	0,3 %	0,8 %
	4.7	Kruvaze Gemi Sayısı	24,8 %	37,8 %	28,3 %
	4.8	Diğer Tür Gemi Sayısı	24,3 %	15,3 %	20,9 %
5. KARGO OPERASYONLARI	5.1	Ortalama Gemi Tonajı	7 926 Ton	9 106 Ton	8 094 Ton
	5.2	Ortalama Kuru Yük Ton/Saat	371 Ton	101 Ton	308 Ton
	5.3	Ortalama Konteyner Gemi Saati	31,0 TEU	26,0 TEU	29,0 TEU
	5.4	TEU Bölünme Gücü	6,05 Gün	9,27 Gün	7,81 Gün
	5.5	Ortalama Sıvı Yük Ton/Saat	7,0 Ton	2,0 Ton	5,6 Ton
	5.6	Ton Alan Hektar	140 638 Ton	145 968 Ton	143 029 Ton
	5.7	Ton Rahnın Metre	8 003 Ton	6 807 Ton	7 092 Ton
	5.8	Toplam Yolcu Feribot	1 198 526	145 111	354 196
	5.9	Toplam Yolcu Kruvaze	111 976	7 436	78 836
6. ÇEVRE	6.1	Çevre Yatırımı/Toplam Yatırım	7,1 %	3,1 %	4,6 %
	6.2	Çevre Harcaması/Toplam Gelir	2,0 %	1,0 %	1,4 %

Doğrudan konteyner limanlarıyla ilgili olan ve Tablo 6’da gösterilen 12 adet alt kriter (C) her iki çoklu karar verme yönteminde de (COMET ve AHP) girdi olarak kullanılmıştır. Diğerlerinin ise konteyner limanlarıyla ilgili olmadığı ve neticesinde birleştirilmiş nihai performans değeri için anlamlı bir katkı sağlamayacakları değerlendirilmiştir.

Tablo 6. Konteyner Limanları Performans Göstergeleri ve Birimleri

C_i	GÖSTERGELER	Tipi	Birim
C_1	Gemi Geliri/Toplam Gelir	Gelir	%
C_2	Kargo Geliri/Toplam Gelir	Gelir	%
C_3	Gelir/Çalışan	Gelir	ABD \$
C_4	Çalışan Maliyeti	Maliyet	ABD \$
C_5	Kadın % Genel	Gelir	%
C_6	Liman Süresi	Maliyet	Saat
C_7	Konteyner Sayısı/Gemi	Gelir	TEU
C_8	Konteyner Gemisi Sayısı/Ay	Gelir	Gemi Sayısı/Ay
C_9	Eleçlenen Konteyner /Gemi Saati	Gelir	TEU/Saat
C_{10}	TEU Bekleme Günü	Maliyet	Gün
C_{11}	Eleçlenen Konteyner/Rıhtım Metre	Gelir	TEU/Metre
C_{12}	Çevre Yatırımı/ Toplam Yatırım	Gelir	%

Bütünleşik performans hesaplamasında kullanılmak üzere “4. Gemi Operasyonları” ana grubu içindeki sekiz alt kriter arasından “4.1 Ortalama Liman Süresi (Gün)” ve “4.2 Ortalama Gross Ton/Gemi” alt kriterleri anlamlı olmaları nedeniyle seçilmiştir. Diğer yandan “4.3 Tanker Gemi Sayısı” ile “4.4 Kuru Yük Gemi Sayısı” ölçütleri analiz dışı bırakılmıştır. Bununla birlikte, “4.2 Ortalama Gross Ton/Gemi” alt kriteri konteyner limanlarının incelenecek olması nedeniyle “ C_9 : Bir Saate Eleçlenen Gemi Başına Ortalama Konteyner Sayısı (TEU/gemi saat)” olarak modifiye edilmiştir,

Söz konusu 12 kriterden beşi doğrudan konteyner limanlarına yönelik süreçlerle ilgilidir. Bunlar;

C_7 : Gemi başına elleçlenen ortalama konteyner sayısı (TEU),

C_8 : Bir ay süresince elleçlenen konteyner gemisi sayısı ortalaması (Gemi sayısı/ay),

C_9 : Gemi başına bir saate elleçlenen ortalama konteyner sayısı (TEU/gemi saat),

C_{10} : Eleçlenen konteynerlerin limanda kalış sürelerinin gün olarak ortalaması (Gün),

C_{11} : Bir ayda elleçlen toplam konteyner sayısının rıhtım uzunluğuna oranı (TEU/ metre),

Diğer yedi kriter ise her tür liman için geçerli olan temel ölçütlerdir.

Yukarıda belirlenmiş olan kriter değerlerinin yıllara bağlı olarak belirli tipteki limanlara yönelik olarak temini ticari gizlilik nedeniyle mümkün olmamıştır. Dolayısıyla konteyner liman performans değerlendirmesi, UNCTAD tarafından dünya çapında yıllara bağlı olarak tüm limanlara yönelik olarak yayınlanan genel verilere istinaden gerçekleştirilmiştir.

Konteyner limanlarının performanslarının modellerde değerlendirilmesinde kriter (C_i) olarak kullanılmak üzere UNCTAD performans indeksinden esinlenerek oluşturulan ve 12 adet kriter Tablo 4’de listelenmiştir. Her bir kriterin ölçüm birimi ile tipi de bu listede yer almaktadır. Yüksek değerlerin tercih edildiği kriterlerin tipi “Gelir (profit)”, düşük değerlerin tercih edildiği kriterler ise “Maliyet (cost)” tipi olarak tanımlanmıştır.

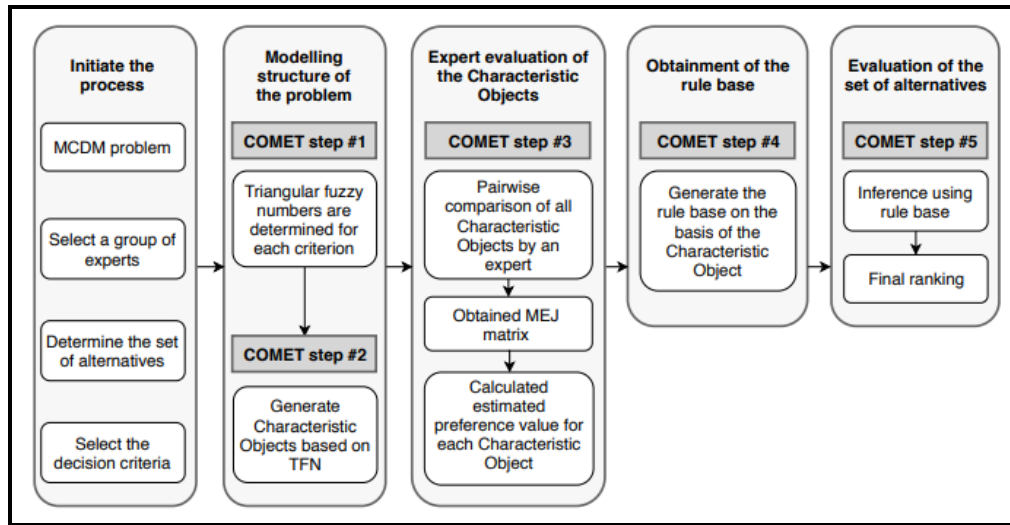
Pandemi döneminin öncesi ve sonraki yıllar çalışmada inceleneceğinden UNCTAD'ın anılan yıllara ait performans göstergeleri değerleri derlenerek Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Konteyner Limanları Performans Göstergelerinin Yıllara Göre Değerleri

C _i	GÖSTERGELER	Birim	YILLAR		
			2019	2020	2021
C ₁	Gemi Geliri/Toplam Gelir	%	22,50	24,50	23,50
C ₂	Kargo Geliri/Toplam Gelir	%	15,70	16,20	16,10
C ₃	Gelir/Çalışan	ABD \$	215 247	173 912	192 397
C ₄	Çalışan Maliyeti	ABD \$	36 768	23 853	28 181
C ₅	Kadın % Genel	%	17,60	17,10	17,80
C ₆	Limn Süresi	Saat	12,90	18,40	14,40
C ₇	Konteyner Sayısı/Gemi	TEU	8 185	7 092	8 649
C ₈	Konteyner Gemisi Sayısı/Ay	Gemi Sayısı/Ay	31,80	26,73	29,08
C ₉	Elleçlenen Konteyner /Gemi Saati	TEU/Saat	31,00	26,00	29,00
C ₁₀	TEU Bekleme Günü	Gün	6,05	9,27	7,81
C ₁₁	Elleçlenen Konteyner/Rıhtım Metre/Ay	TEU/Metre/Ay	843,62	564,02	647,39
C ₁₂	Çevre Yatırımı/ Toplam Yatırım	%	7,10	3,10	4,60

3. “Characteristic Objects Method (COMET)” Modeli Uygulaması

COMET modelinin işleyişine ilişkin akış diyagramı Şekil 1'dedir, (Salabun et al, 2019: 5)



Şekil 1. COMET Modeli Safhaları, (Salabun et al, 2019: 5)

Şekil 1'de de görüldüğü gibi COMET yönteminde beş temel safha vardır. Bunlar;

- **Safha 1: Sürecin başlatılması**

- o Çok kriterli karar probleminin (MCDA) tanımlanması,
- o Konuya ilişkin değerlendirme yapacak uzmanların seçimi,
- o Karara esas olabilecek seçeneklerin belirlenmesi,
- o Karar kriterlerinin seçimi.

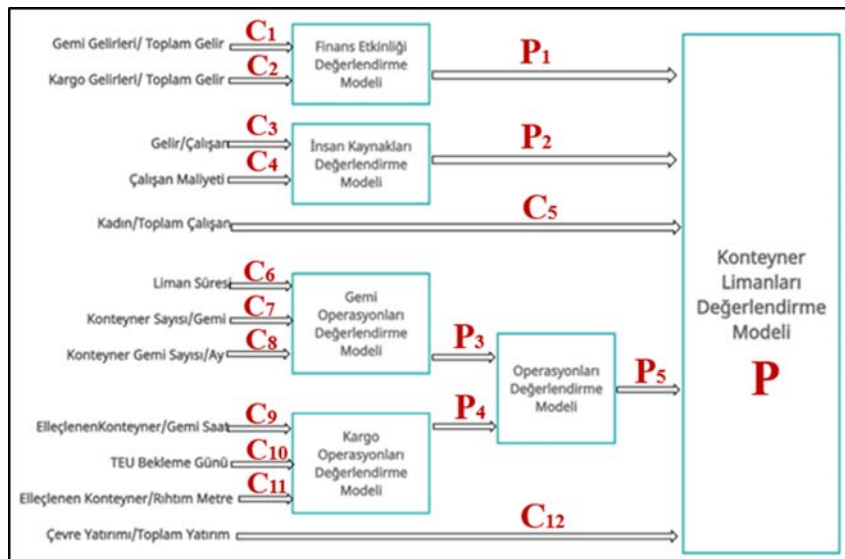
- **Safha 2: Problemin modellenmesinin yapılması**

- o Her bir kriter için fuzzy üçgeni sayılarının (TFN) belirlenmesi,

- TFN esas alınarak “Characteristic Objects (COs)” lerin üretilmesi.
- **Safha 3: CO'lara ilişkin uzman değerlendirmelerin alınması**
 - TFN esas alınarak “Characteristic Objects (COs)” lerin üretilmesi,
 - CO çiftlerinin uzmanlar tarafından karşılıklı olarak mukayese edilmesi,
 - Uzman değerlendirme matrisinin (MEJ) oluşturulması,
 - Her bir CO için tahmini tercih edilme değerinin hesaplanması.
- **Safha 4: Temel ölçüt kuralının belirlenmesi**
 - COs'lar esas alınarak temel ölçüt kuralın belirlenmesi.
- **Safha 5: Seçeneklerin değerlendirilmesi**
 - Temel kurala göre seçeneklerin tercih edilme değerlerinin hesaplanması,
 - Seçeneklerin tercih edilme sıralamasının yapılması.

3.1. COMET Modelinin Uygulaması

Kriter olarak İkinci Bölümdeki Tablo 6’da açıklanmış olan konteyner limanlarıyla ilgili 12 adet kriter kullanılacaktır. Yıllara göre kriter değerleri ise Tablo 7’de listelenmiştir. COMET uygulamasında modellemenin daha da basitleştirilerek hesaplamaların kolaylaştırılması amacıyla birbiriyle yakın ilişkili olan kriterler gruplandırılarak beş adet alt modeller oluşturulmuştur. COMET modeli içinde yer alan beş alt model ile bunlarda girdi olarak kullanılan kriterler ve çıktıları Şekil 2’deki akış diyagramında gösterilmiştir. Örneğin; “C₆ Liman Süresi”, “C₇ Konteyner Sayısı/Gemi” ve “C₈ Konteyner Gemi Sayısı/Ay” kriterleri birleştirilerek “Gemi Operasyonları Değerlendirme Alt Modelinde” girdi olarak kullanılmışlardır (Şişlioğlu, 2021).



Şekil 2. COMET Modeli Girdi Parametrelerinin Akış Diyagramı

Problemin bu şekilde daha basit hale getirilmesi sonucunda fuzzy üçgeni sayıları esas alınarak üretilen “Characteristic Objects (COs)” sayılarında azalım sağlanmıştır. Her bir alt modelde kullanılacak COs sayısı ile bunların arasında yapılacak karşılaştırma adetleri ve çıktıları aşağıda olduğu gibidir;

- Finans Etkinliği Değerlendirme Modeli: İki girdi (C_1, C_2), dokuz “Characteristic Objects (COs)” ($3*3$) ve 36 çift CO karşılaştırması ($9*(8/2)$), Çıktısı P_1 .
- İnsan Kaynakları Değerlendirme Modeli: İki girdi (C_3, C_4), dokuz CO ve 36 çift CO karşılaştırması, Çıktısı P_2 .
- Gemi Operasyonları Değerlendirme Modeli: Üç girdi (C_6, C_7, C_8), 27 CO ($3*3*3$) ve 351 çift CO karşılaştırılması ($27*(26/2)$), Çıktısı P_3 .
- Kargo Operasyonları Değerlendirme Modeli: Üç girdi (C_9, C_{10}, C_{11}), 27 CO ve 351 çift CO karşılaştırılması, Çıktısı P_4 .
- Operasyonları Değerlendirme Modeli: İki girdi (P_3, P_4), dört CO ve 8 çift CO karşılaştırması, Çıktısı P_5 .
- Konteyner Limanları Değerlendirme Modeli: Beş girdi ($C_5, C_{12}, P_1, P_2, P_5$), 54 CO, Çıktısı P ,

3.2. Karar Kriterleri İçin Fuzzy Üçgeni Sayılarının (TFN) Belirlenmesi

Üçgen fuzzy sayılarının $A(a,m,b)$ fuzzy set fonksiyonunda kullanım formülü aşağıdadır.

$$\mu_A(x, a, m, b) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & a \leq x \leq m \\ 1 & x = m \\ \frac{b-x}{b-m} & m \leq x \leq b \\ 0 & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

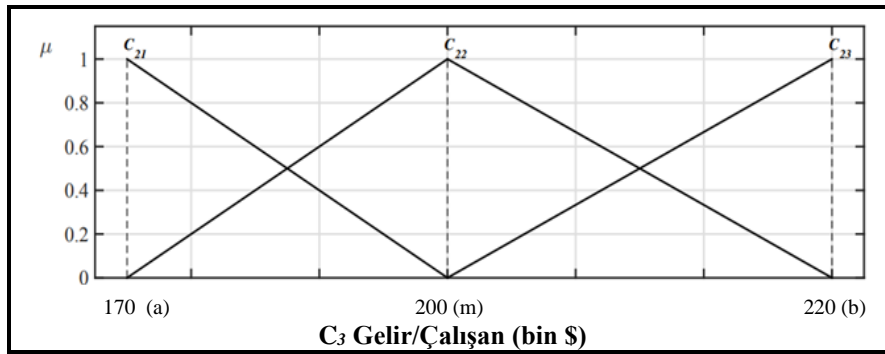
Tablo 7’de yer alan konteyner limanları performans gösterge değerleri esas alınarak her bir kriter için belirlenen fuzzy üçgeni sayıları (TFN) Tablo 8’de listelenmiştir. Bu sayılardan düşük (a) olanının belirlenmesinde üç yıla ait bahse konu kriter değerlerinden en düşük olanı, yüksek (b) olanın belirlenmesinde ise en yüksek değerlikteki yıl kriter değeri esas alınmıştır. Örneğin “ C_6 : Liman Süresi (Saat)” kriteri fuzzy üçgen sayıları 12, 16 ve 20 saattir. Yıllara ait C_6 kriter değerleri incelendiğinde en düşük değer 12;90 saat ile Pandemi öncesi 2019 yılına ait olduğu, en yüksek değer ise Pandeminin yaşandığı 2020 yılına ait 18;40 saat değeri olduğu

görülmektedir. Dolayısıyla bu değerleri kapsayacak şekilde “ a “ fuzzy sayısı 12,00, “ b “ fuzzy sayısı ise 20,00 saat olarak belirlenmiştir.

Tablo 8. Konteyner Limanları Performans Fuzzy Üçgeni Sayıları(TFN)

C_i	GÖSTERGELER	BİRİM	Düşük (a)	Orta (m)	Yüksek (b)
C_1	Gemi Geliri/Toplam Gelir	%	22,00	23,50	25,00
C_2	Kargo Geliri/Toplam Gelir	%	15,50	16,00	16,50
C_3	Gelir/Çalışan	ABD \$	170,000	200,000	220,000
C_4	Çalışan Maliyeti	ABD \$	22,000	34,000	38,000
C_5	Kadın /Toplam Çalışan	%	17,00	17,50	18,00
C_6	Liman Süresi	Saat	12,00	16,00	20,00
C_7	Konteyner Sayısı/Gemi	TEU/Gemi	7.000	8.000	9.000
C_8	Konteyner Gemisi Sayısı/Ay	Gemi Sayısı/Ay	26	30	32
C_9	ElleçlenenKonteyner /Gemi Saati	TEU/Saat	25	27	32
C_{10}	TEU Bekleme Günü	Gün	5	8	10
C_{11}	Elleçlenen Konteyner/RıhtımMetre	TEU/Metre	550	650	850
C_{12}	Çevre Yatırımı/ Toplam Yatırım	%	3,00	5,00	8,00

C_3 : Gelir/Çalışan kriteri fuzzy üçgeni ise Şekil 3’teki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 3. Çalışan Başına Sağlanan Yıllık Gelir Kriteri (C_3) Fuzzy Üçgeni

3.3. Karakteristik Ölçütlerin (CO_i) Oluşturulması

COMET metodunda seçeneklerin kriterlere göre değerlerinin ölçülebilmesi için karakteristik ölçütler (CO) kullanılır.

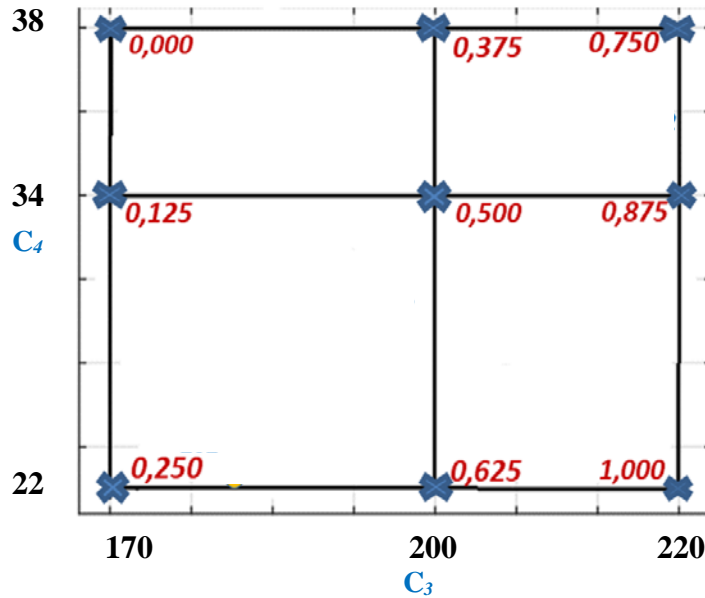
Her bir alt modeli için üretilen karakteristik ölçütlere örnek olarak Şekil 2’de yer İnsan Kaynakları alt modeli ele alınmıştır. Alt modelde girdi olarak kullanılan C_3 ve C_4 fuzzy üçgeni sayıları;

- C_3 : a= 170.000 m= 200.000 b= 220.000
- C_4 : a= 22.000 m= 34.000 b= 38.000

Bu sayıların eşleştirilmesi ile oluşturulan dokuz (3*3) değişik CO çifti Tablo 9’da, çözüm alanındaki konumları ise grafiksel olarak Şekil 4’de gösterilmiştir,

Tablo 9. İnsan Kaynakları Performans Göstergeleri Karakteristik Ölçütleri (CO_i)

CO_i	C_3	C_4
CO_1	170	22
CO_2	170	34
CO_3	170	38
CO_4	200	22
CO_5	200	34
CO_6	200	38
CO_7	220	22
CO_8	220	34
CO_9	220	38



Şekil 4. C_3 ve C_4 Kriterlerinden Oluşturulan Karakteristik Ölçütlerin Konumlarının Grafikselleştirilmesi
✕ Karakteristik Ölçütler (CO_i)

3.4. Safha 3: Karakteristik Ölçütlere (CO_i) İlişkin Uzman Değerlendirmeleri

Karakteristik ölçütler (CO_i) belirlendikten sonra konteyner limanları konusunda bilgi birikimi ve tecrübesi olan bir uzman tarafından bu ölçütlerin karşılıklı mukayesesi yapılır. Zihinsel bir yargıya istinaden belirlenen α_{ij} değerlerinden oluşan matrise “Uzman Değerlendirme Matrisi (MEJ)” ismi verilmektedir (2).

$$MEJ = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1t} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2t} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \alpha_{t1} & \alpha_{t2} & \cdots & \alpha_{tt} \end{pmatrix} \quad (2)$$

MEJ matrisinin elemanları olan α_{ij} değerlerinin hesaplanmasında f_{exp} fonksiyonu (3) kullanılır. Buna göre MEJ matrisinin i satırında yer alan CO_i karakteristik ölçütü, j sütununda yer alan CO_j karakteristik ölçütüne göre uzman tarafından daha çok tercih ediliyorsa α_{ij} fonksiyon değeri 1, daha az ise 0, eşit ise 0,5 değerlerini verir.

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 0.0, & f_{exp}(CO_i) < f_{exp}(CO_j) \\ 0.5, & f_{exp}(CO_i) = f_{exp}(CO_j) \\ 1.0, & f_{exp}(CO_i) > f_{exp}(CO_j) \end{cases} \quad (3)$$

Uzman tarafından yapılan bu değerlendirmede karakteristik ölçütleri oluşturan kriter gruplarının aldığı değerler ile kriterlerin tipleri (maliyet veya gelir) dikkate alınır. Örneğin insan kaynakları kriterlerinden oluşturulan toplam 9 karakteristik ölçütünden biri olan CO_7 ölçütü, diğer sekiz ölçüte göre daha çok tercih edileceği için MEJ matrisindeki CO_7 satırındaki tüm değerler bir olarak kabul edilmiştir. Diğer bir ifade ile CO_7 'yi oluşturan kriterlerden biri olan kişi başı yıllık liman geliri kriteri (C_3) değeri 220.000 \$' dir. C_3 gelir tipi bir kriter olduğundan yüksek değerleri tercih edilmektedir, Söz konusu kriter değeri diğer karakteristik ölçütlerindeki göre en yüksek olandır, Keza, CO_7 'yi oluşturan diğer bir kriter ise maliyet tipi çalışan kişi başına düşen maliyet (C_4) kriteridir, CO_7 için bu değer 22,000 \$ olup diğer karakteristik ölçütlerindeki göre en düşük değerdir, Sonuç olarak CO_7 ölçütü, diğer sekiz ölçüte göre daha çok tercih edileceği için MEJ matrisindeki değerleri f_{exp} fonksiyonuna göre 1 olacaktır.

Söz konusu yöntemin uygulanmasına örnek olarak, insan kaynakları performans kriterleri (C_3 , C_4) karakteristik ölçütleri (CO_i) için oluşturulan uzman değerlendirme matrisi (MEJ) Tablo 10 olarak sunulmuştur. Tablonun sağ sütunlarında her bir karakteristik ölçütün aldığı toplam puanı gösteren SJ dikey vektörü ;

$$SJ_i = \sum_{j=1}^t \alpha_{ij} \quad (4)$$

formülü (4) ile hesaplanmaktadır.

Tablo 10. İnsan Kaynakları Performans Kriterleri (C_3, C_4) Karakteristik Ölçütlerine (CO_i) İlişkin Uzman Değerlendirme Matrisi (MEJ)

	CO_1	CO_2	CO_3	CO_4	CO_5	CO_6	CO_7	CO_8	CO_9	SJ_i	P_2
CO_1	0,5	1	1	0	0	0	0	0	0	2,5	0,250
CO_2	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0	1,5	0,125
CO_3	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0,000
CO_4	1	1	1	0,5	1	1	0	0	0	5,5	0,625
CO_5	1	1	1	0	0,5	1	0	0	0	4,5	0,500
CO_6	1	1	1	0	0	0,5	0	0	0	3,5	0,375
CO_7	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	8,5	1,000
CO_8	1	1	1	1	1	1	0	0,5	1	7,5	0,875
CO_9	1	1	1	1	1	1	0	0	0,5	6,5	0,750

3.5. Safa 4: Karakteristik Ölçütlerin Belirlenmesi

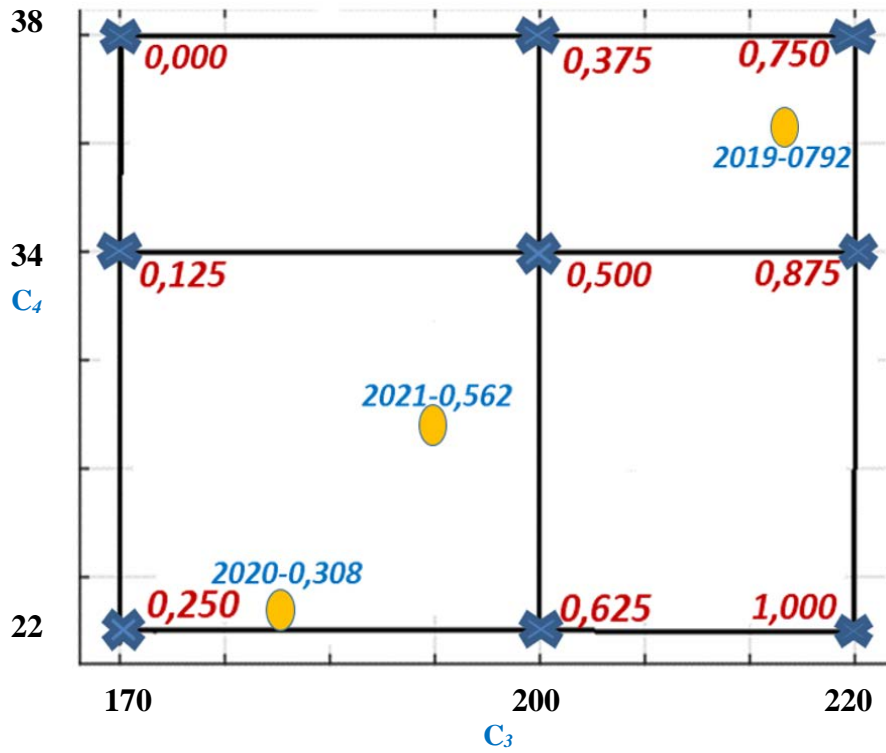
SJ dikey vektöründeki toplam tercih puanlarının en yüksek değere göre normalize edilmesi neticesinde hesaplanan karakteristik ölçüt tercih edilme puanları (P_2) Tablo 11’de yer almaktadır. Buna göre uzman değerlendirmesi neticesinde 1,00 puanı ile en çok tercih edilen karakteristik ölçüt CO_7 , en az tercih edilen ise 0,00 puan ile CO_3 ‘dür. Bu değerler grafiksel olarak Şekil 4’de gösterilmiştir.

Tablo 11. Karakteristik Ölçütlerin Tercih Edilme Puanları

CO_i	C_3	C_4	P_2
CO_1	170	22	0,250
CO_2	170	34	0,125
CO_3	170	38	0,000
CO_4	200	22	0,625
CO_5	200	34	0,500
CO_6	200	38	0,375
CO_7	220	22	1,000
CO_8	220	34	0,875
CO_9	220	38	0,750

3.6. Saha 5: Seçeneklerin Değerlendirilmesi

Karakteristik ölçütler belirlendikten sonra her bir yılın C_3 ve C_4 kriter değerleri ile temel ölçüt kabul edilen P_2 vektöründeki değerler Şekil 5’teki grafikteki konumlarına göre değerlendirilerek bahse konu yılın İnsan Kaynakları alt modeli tercih edilme değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan tercih edilme değerleri Tablo 12’de listelenmiştir.



Şekil 5. C_3 ve C_4 Kriterlerinden Oluşturulan Karakteristik Ölçütlerin ve Yıllık Değer Konumlarının Grafiksel Gösterimi

- ✕ Karakteristik Ölçütler (CO_i)
- Yıllık Konumlar ve Değerleri

Tablo 12. İnsan Kaynakları Alt Modeline Göre Yılların Tercih Edilme Değerleri

Yıllar	C_3	C_4	Tercih Edilme Değeri (P_2)
2019	199.247	33.768	0,792
2020	148.912	29.853	0,308
2021	172.397	30.181	0,562

Buna göre kriter değerleri kişi başı gelir olarak 199.247 \$, çalışan kişi başına maliyet olarak da 33.768 \$ olan Pandemi öncesi 2019 yılı insan kaynakları modeli açısından 0,792 puanla en yüksek performans gösteren dönem olmuştur.

İnsan kaynakları alt modeli için izlenen bu yöntem Şekil 2'deki diğer alt modeller için de izlenerek her alt model için performans değerleri belirlenmiştir. Nihai olarak, Tablo 13'de yer alan bu veriler kullanılarak 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait birleşik performans değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 13. Konteyner Limanlarının COMED Modeli Yıllık Birleşik Performansları ve Sıralamaları

Yıllar	Finans Etkinliği P_1	İnsan Kaynakları Etkinliği P_2	Operasyon Etkinliği P_5	Kadın Çalışan C_5	Çevre Yatırımı C_{12}	Birleşik Performans	Performans Sırası
2019	0,364	0,792	0,693	17,60	7,10	0,744	1
2020	0,801	0,308	0,598	17,10	3,10	0,565	3
2021	0,725	0,562	0,703	17,80	4,60	0,680	2

Sonuçları Tablo 13’de gösterilen COMET modeli uygulaması sonucunda; Pandemi öncesi 2019 yılına ait C_3 , C_6 , C_8 , C_9 , C_{11} ve C_{12} kriter değerlerinin pandemi (2020 yılı) ve sonrası (2021 yılı) dönemlerine göre daha iyi olduğu, diğer kriter değerlerinin ise genelde ortalamanın üstünde olduğu, dolayısıyla 0,744 birleşik performans değeri ile en iyi yıl olarak derecelendirildiği görülmüştür. Yıllara ait kriterlerin göreceli sıralamasıyla, bunları girdi olarak kullanan COMET modelinin birleşik performans değerleri sıralamasının aynı olması modelin matematiksel olarak da tutarlılık gösterdiğinin kanıtı olarak kabul edilmiştir. Diğer yönden en düşük (0,565) puanı alan 2020 pandemi dönemi ise sadece iki kriterde (C_1 ve C_2) diğer yıllara göre üstünlük sağlamıştır. Kriz sonrası 2021 yılının performansının (0,680) ise Pandemi döneminde daha iyi olduğu, ancak Pandemi öncesi dönemin performans seviyesine ulaşmadığı görülmüştür.

4. “Analytical Hierarchy Process (AHP)” Modeli Uygulaması

Araştırmada kullanılan çoklu karar verme yöntemlerinden ikincisi olan AHP modelinde, önceden belirlenmiş nitel ve nicel ölçüklere göre çok sayıdaki karar seçeneklerinin tercih sıralaması yapılır. Ölçütlerin birbirlerine bağlı en az üç seviyede yapılandırılması ile hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Analitik hiyerarşinin en üst seviyesinde ise ölçütlere göre tercih sıralaması yapılacak olan karar seçenekleri yer alır. İncelememizdeki amaç küresel olarak konteyner limanlarının birleştirilmiş performanslarına göre 2019, 2020 ve 2021 yıllarını göreceli olarak sıralamaktır. Söz konusu hiyerarşik yapının ve ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında COMET modelinde olduğu gibi limanlar konusunda uzman kişilerin görüşlerinin alınması ile subjektif değerlendirilmelerden uzak kalınmıştır. (<https://acikders.ankara.edu.tr/>).

AHP analizinde kullanılan adımlar ve hesaplamalar aşağıdadır.

Adım 1: Karar seçeneklerinin ve ölçütlerin tanımlanması,

COMET modeli için belirlenmiş olan altı değişik grup altında yer alan Tablo 6’daki 12

ölçüt AHP modelinde de esas alınmıştır. Karar seçeneklerini ise Pandemi öncesi 2019 yılı, Pandemi yılı 2020 ve sonrası olan 2021 yılı küresel ölçekteki birleşik konteyner liman performansları oluşturulmuştur.

Adım 2: Ölçütler arasında hiyerarşik yapının oluşturulması,

Hiyerarşik yapının oluşturulmasında daha önce COMET modelinde kullanılan ve Şekil 2’de gösterilmiş olan hiyerarşik yapı izlenmiştir. Buna göre ilk seviyedeki temel ölçütler; Finans (P₁), İnsan Kaynakları (P₂), Kadın Çalışan (C₅), Operasyon (P₅) ve Çevresel (C₁₂) ölçütlerdir.

İkinci seviyede ise; Finans ölçütü altında Gemi Gelirleri Yüzdesi (C₁) ve Kargo Gelirleri (C₂) Yüzdesi, İnsan Kaynakları ölçütü altında Çalışan Başına Gelir (C₃) ve Çalışan Başına Maliyet (C₄), Operasyon ölçütü altında ise Gemi Operasyonları (P₃) ve Kargo Operasyonlarıdır (P₄).

Üçüncü seviyede; Gemi Operasyonları ölçütü altında Liman Süresi (C₆), Konteyner Sayısı/Gemi (C₇) ve Konteyner Gemi Sayısı /Ay (C₈), Kargo Operasyonları ölçütü altında ise Elleçlenen Konteyner/Gemi Saat (C₉), TEU Bekleme Günü (C₁₀) ve Elleçlenen Konteyner/Rıhtım Metre (C₁₁) ölçütleri yer almaktadır.

Adım 3: Ölçütlerin ikili karşılaştırma matrislerinin yapılandırılması,

Her seviyedeki ölçütün ikili olarak karşılaştırılması ile önem derecelerine bağlı olarak 1 ile 9 arasında değerler verilmesi sonucu matrisler oluşturulur. Örnek olarak birinci seviyedeki beş temel ölçütün uzmanlarca birbirlerine göre belirlenmiş önem derecelerini içeren matris Tablo 14’de gösterilmiştir. Her iki analitik değerlendirmenin sonuçlarının anlamlı olarak karşılaştırılabilmesi için COMET modelinde Tablo 10’daki Karakteristik Ölçütlerle ilgili matrisi (MEJ) oluşturan uzmanların değerlendirmesine baş vurulmuştur.

Tablo 14. Birinci Seviyedeki Ölçütlerin Karşılaştırma Matrisi

	Finans	İnsan Kaynakları	Kadın Çalışan	Operasyon	Çevresel
Finans	1,000	4,000	7,000	0,333	5,000
İnsan Kaynakları	0,250	1,000	4,000	0,200	2,000
Kadın Çalışan	0,143	0,250	1,000	0,125	0,333
Operasyon	3,000	5,000	8,000	1,000	7,000
Çevresel	0,200	0,500	3,000	0,143	1,000

Adım 4: Matrislerin normalize edilmesi,

Matristeki değerlerin daha anlamlı hale getirilebilmesi için 0 ile 1,0 arasındaki değerlere

dönüştürülmesidir. Bu işlemin sonucu matristeki her bir sütun toplamı 1,0 olmuştur. Örnek matrisin normalize edilmiş şekli Tablo 15’dedir.

Tablo 15. Birinci Seviyedeki Ölçütlerin Normalize Edilmiş Karşılaştırma Matrisi

	Finans	İnsan Kaynakları	Kadın Çalışan	Operasyon	Çevresel
Finans	0,2177	0,3721	0,3043	0,1851	0,3261
İnsan Kaynakları	0,0544	0,0930	0,1739	0,1110	0,1304
Kadın Çalışan	0,0311	0,0233	0,0435	0,0694	0,0217
Operasyon	0,6532	0,4651	0,3478	0,5552	0,4565
Çevresel	0,0435	0,0465	0,1304	0,0793	0,0652
TOPLAM	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Adım 5: Kriter öncelik vektörünün oluşturulması,

Söz konusu hiyerarşik seviyede yer alan ölçütlerin kendi aralarındaki önem derecelerini, diğer bir ifade önem derecelerini matematiksel olarak ifade eden ağırlıkları hesaplanmıştır. Normalize edilmiş değerlerin ortalaması olan bu ağırlık değerleri 0 ile 1,0 arasında olup toplamı 1,0’dır. Yüksek değerlere haiz ölçütlerin karar sürecindeki önemleri diğer ölçütlere göre daha yüksektir.

Birinci seviyedeki ölçütlerin önem derecelerinin uzmanlarca yapılan karşılaştırmalara istinaden hesaplanan öncelik vektörü aşağıdadır:

Finans	: 0,2811
İnsan Kaynakları	: 0,1126
Kadın Çalışan	: 0,0378
Operasyon	: 0,4956
Çevresel	: 0,0730

Buna göre konteyner limanlarının birleşik performanslarının hesaplanmasında en yüksek ağırlığa, diğer bir ifade ile en yüksek önem derecesine haiz kriter 0,4956 değeri ile “operasyon” kriteridir.

Adım 6: Karar seçeneklerinin ölçütlere göre ağırlıklarının hesaplanması,

İncelemedeki karar seçenekleri olan 2019, 2020 ve 2021 yılları her bir üst düzey ölçüte göre karşılıklı mukayese edilerek ağırlık puanları hesaplanmıştır. Örneğin Tablo 16’da gösterildiği gibi hiyerarşik yapıda birinci seviyede yer alan operasyon (P₅) temel ölçütüne göre en yüksek performans değerini 0,224 puan ile Pandemi öncesi dönem olan 2019 yılı almıştır.

Tablo 16. Yıllara Göre Birinci Seviyedeki Ölçütlerin Değerleri

	Finans P ₁	İnsan Kaynakları P ₂	Kadın Çalışan C ₅	Operasyon P ₅	Çevresel C ₁₂
Öncelik Vektörü	0,2811	0,1126	0,0378	0,4956	0,0730
2019	0,080	0,048	0,012	0,224	0,044
2020	0,125	0,030	0,010	0,116	0,011
2021	0,077	0,035	0,016	0,156	0,018

Adım 7: Karar seçeneklerinin önem derecelerine göre sıralanması.

Son aşamada, seçeneklerin ağırlık değerleri birinci seviyedeki temel ölçütlerin ağırlıklarıyla çarpılarak elde edilen sonuçlar toplanır. Bu toplamlar o yıla ait birleşik performans değerini gösterir. Tablo 17'deki birleşik performans sütununda gösterilen bu değerlerden en yükseğine haiz yıl konteyner limanlarına göre en yüksek performansı göstermiş dönem olarak kabul edilir.

Tablo 17. AHP Modeli Konteyner Limanlarının Birleşik Performansları ve Sıralamaları

Yıllar	Finans P ₁	İnsan Kaynakları P ₂	Kadın Çalışan C ₅	Operasyon P ₅	Çevresel C ₁₂	Birleşik Performans	Performans Sıralaması
2019	0,080	0,048	0,012	0,224	0,044	0,407	1
2020	0,125	0,030	0,010	0,116	0,011	0,292	3
2021	0,077	0,035	0,016	0,156	0,018	0,301	2

AHP modeli uygulaması neticesinde hesaplanan yılların bileşik performans değerlerine göre kriz dönemi olan 2020 yılı 0,292 puanla en düşük performans değerini alırken, kriz öncesi 2019 yılının performansının (0,407) üç yıl içindeki en yüksek değere sahip olduğu, 2021 Pandemi sonrası dönemde ise 0,301 puanla performansta bir iyileşme olduğu, ancak Pandemi öncesi dönemin performans seviyesine henüz ulaşmadığı görülmüştür. Ayrıca, AHP modeli dönem birleşik performans sıralamasının COMET modeli sıralamasıyla da aynı olduğu tespit edilmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler

5.1. Sonuçlar

- Birleşmiş Milletler çatısı altında faaliyet gösteren UNCTAD tarafından her yıl yayımlanan “The Review of Maritime Transport” raporları içinde yer alan limanlara ait küresel ölçekteki altı ana performans ölçütü/kriteri ile bunların altında yer alan toplam 35 alt kriter,

konteyner limanlarının Pandemi, öncesi ve sonrası dönemlerine ait birleşik performansların COMET ve AHP çoklu karar verme yöntemleriyle hesaplanmasında esas alınmıştır. Toplam 35 alt kriter arasından konteyner limanları ile ilgili olanlar ile tüm limanlar için geçerliliği olan kriterlerin seçimi neticesinde analizde girdi olarak kullanılmak üzere 12 alt kriter belirlenmiştir.

- 12 kriterin girdi olarak kullanıldığı modellerde işleyişinin basitleştirilmesi amacıyla finans, insan kaynakları, gemi ve kargo operasyonları gibi alt modeller oluşturulmuştur. Her bir alt model için COMET çoklu karar verme modelinin çalıştırılması neticesinde hesaplanan çıktılar, asıl modelde girdi olarak kullanılmıştır.

- Modelin işleyişinde beş safha izlenmiştir. Yıllara ait kriter değerlerinden bağımsız olarak öncelikle uzman görüşleri de alınarak temel ölçütler hesaplanmıştır. Daha sonra kriter değerlerine göre yılların birleşik performans değerleri söz konusu temel ölçütlere göre belirlenmiştir.

- COMET modeline göre toplam 12 kriterden altısında diğer yıllara göre üstünlüğü olan Pandemi öncesi 2019 yılı en iyi birleştirilmiş performansa (0,744) sahip yıl olarak belirlenmiştir. Bunun yanında sadece iki kriterde üstünlüğü olan kriz yılı 2020 ise en düşük performans değerini (0,565) almıştır. Kriz sonrası 2021 yılının performansının (0,680) ise Pandemi döneminde daha iyi olduğu, ancak Pandemi öncesi dönemin performans seviyesine ulaşamadığı görülmüştür. Bu sonuçlar COMET modelinin işleyişindeki tutarlılığın bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

- İncelemede diğer bir analitik model olan AHP de küresel ölçekte konteyner limanlarının yıllara bağlı olarak birleşik performans değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. COMET ve AHP modeli sonuçlarının objektif olarak karşılaştırabilmesi için COMET’de girdi olarak kullanılan 12 kriter ve yıllık değerleri AHP modelinde de esas alınmıştır. Keza, COMET modelinde Karakteristik Ölçütlerle ilgili matrisi (MEJ) oluşturan deniz ticareti ve limanları konusundaki uzmanlar, AHP modelindeki ölçütlerin karşılaştırma matrislerini de hazırlamışlardır.

- AHP modeli uygulaması neticesinde hesaplanan yılların bileşik performans değerlerinin sıralamasının COMET modeli sıralamasıyla aynı olduğu görülmüştür. Buna göre, kriz yılı 2020 en düşük performans değerini (0,292) alırken, kriz öncesi 2019 yılının performansının (0,407) üç yıl içindeki en yüksek değere sahip olduğu, 2021 Pandemi sonrası dönemde ise performansta (0,301) bir iyileşme olduğu, ancak Pandemi öncesi dönemin performans seviyesine ulaşamadığı görülmüştür.

- Tablo 18’de de görüleceği gibi göreceli sıralamanın her iki modelde de aynı olduğu, ancak yıllara göre AHP’deki performans değerleri farkının COMET’e göre daha belirgin olduğu da izlenmiştir.

Tablo 18. Yıllara ve Modellere Göre Birleşik Performans Değerleri

Yıllar	COMET Modeli		AHP Modeli	
	Performans Değeri	Göreceli Sıralama	Performans Değeri	Göreceli Sıralama
Pandemi Öncesi (2019)	0,744	1	0,407	1
Pandemi (2020)	0,565	3	0,292	3
Pandemi Sonrası (2021)	0,680	2	0,301	2

-Benzer krizler süresince veya sonrasında periyodik olarak benzer çok kriterli karar verme modellerinin kullanılması ile konteyner liman performansları küresel ölçekte izlenebilecektir. Belirli zaman dilimleri için yapılacak analizler neticesinde yaratılacak farkındalıkla olumlu veya olumsuz durumlar hakkında zamanlıca bilgi sahibi olunabileceği ve gerekli önlemlerin gecikmeksizin alınabileceği değerlendirilmiştir.

5.2. Öneriler

- COMET modeli kapsamında karakteristik ölçütlerin (CO) karşılıklı olarak birbirlerine göre öneminin belirlenmesinde ve AHP modelinde karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında esas alınan uzman değerlendirmelerinin daha objektif olabilmesi için deniz ticaretinde doğrudan veya dolaylı olarak katkı sağlayan gemi işletmeciliği, liman işletmeciliği, lojistik hizmet sağlayıcıları gibi sektörlerdeki deneyim sahibi uzmanlar tarafından müşterek olarak belirlenmesinin,

- Ticari limanların değerlendirilmesi için oluşturulacak analitik modellerde girdi olarak kullanılacak verilerin zamanlıca ve standart ölçeklerde toplanmasını sağlayacak uluslararası ve ulusal bilgi işlem ağlarının oluşturulmasının,

- Küresel olarak yıllara göre limanların performansının karşılaştırmalı olarak incelenmesini yanında, belirlenecek bir limanın değişik dönemlerdeki (kriz öncesi, kriz ve sonrası gibi) performansların COMET ve AHP yöntemleriyle incelenerek dönemlerdeki birleşik performans değerlerine göre değerlendirmesinin yapılmasının,

- Söz konusu analitik yöntemlerinin lojistik sektöründeki diğer alanlarda da (havalimanı, depo yönetimi, gibi) kullanılmasının uygun olabileceği kıymetlendirilmektedir.

Kaynakça

- Ateş, A. ve Esmer, S. (2013). DEA malmquist productivity index: the effects of 2009 global economic crisis on Turkish container terminals. II, Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 75-84,
- Clarkson Research Seaborn (2021).
- Esmer, S. (2019). Liman ve terminal yönetimi. *T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 3840, V. İMEAK Deniz Ticaret Odası, (2022). Denizcilik Sektörü 2021 Raporu, 8.*
- LODER (2019). Lojistik terimler sözlüğü. <http://www.loder.org.tr/tr/terimler>, 15.02.2021.
- Kozlow, V., Norek, T., (2021). Towards objective multi-criteria drone evaluation based on VIKOR and COMET methods. *Procedia Computer Science*, 192 (2021) 4522-4531.
- Piegat, A., Salabun, W., (2014). Identification of a multicriteria decision-making model using the characteristic object method. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*. Volume 2014, 1-14.
- Salabun, W., (2015). The charectristic object method: a new distance-based approach to multicreterea decision-making problems. *Journal of Multi-Creteria Decision Analysis*, 2014, 22, 37-50.
- Salabun, W., Karczmarczyk, A., (2018). Using the COMET method in the sustainble city transport problem: an empirical study of the electric powered cars. *Procedia Computer Science*. 126 (2018) 2248-2260.
- Salabun, W., Palzewski K., ve Watrobski, J., (2019). Multicreteria approach to sustainable transport under incomplete knowledge: electric bike case study. *Sustainability*, 2019, 11, 3314.
- Stopford, M., (2009). *Maritime economics*, 3rd Edition, Routledge Taylor&Francis Group, 561-562.
- Şişlioğlu, M., Çelik, M. ve Özkaynak, S., (2019). A simulation model proposal to improve the productivity of container terminal operations through investment alternatives. *Maritime Policy Management*, 46(2), 156-177.,
Doi:10.1080/03088839.2018.1481544.
- Şişlioğlu, M., (2021). Liman altyapı yatırım kararlarında kullanılabilir analitik performans değerlendirme yönetimi önerisi, *International Journal of Strategic Dimensions*, 2021, Vol:1, Number 2, 143.
- UNCTAD, (2022), *The review of maritime transport 2020*, 49,82,89.
- Zadeh, L., A., (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, 8(3), 338-353.
<https://unctadstat.unctad.org/CountryProfile/GeneralProfile/index.html> (23 Ocak 2023)
<https://acikders.ankara.edu.tr/> (29 Aralık 2022)