



LİMAN İŞLETMELERİNİN DİJİTALLEŞME DÜZEYLERİNİN BÜTÜNLEŞİK BİR MODELLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Murat YORULMAZ¹, Yusuf BAYKAN²

Öz

Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler, her sektörü olduğu gibi denizcilik sektörünü de bu gelişmelere ayak uydurmak ve dönüşmek zorunda bırakmıştır. Bu çalışma, deniz taşımacılığının ve tedarik zincirinin önemli unsurlarından liman işletmelerinin dijitalleşme düzeylerini, dijitalleşme düzeylerini etkileyen faktörleri ve dijital dönüşüm sürecinde bu faktörleri iş hayatına entegre edebilen liman terminal türlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Liman ve terminallerin dijitalleşme düzeylerini belirlemek amacıyla limancılık sektöründeki uzmanların ankette yer alan görüşlerine dayanılarak, çok kriterli karar verme yöntemlerinden BAHP, ARAS ve PROMETHEE tekniklerinin yer aldığı bütünlük bir model kullanılmıştır. BAHP ile belirlenen kriter ağırlıklarının ARAS ve PROMETHEE yöntemlerine uygulanması sonucunda, her iki teknik de dijitalleşme düzeyi en yüksek terminal türünün konteyner terminalleri olduğunu göstermektedir. Ayrıca, BAHP sonucunda elde edilen verilere göre liman işletmelerinin dijitalleşme sürecinde finansal yeteneklerini geliştirmeleri, yeni teknolojileri kullanma becerisine sahip olmaları ve dijitalleşmeye yönelik organizasyonlar üzerine yoğunlaşılması gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Denizcilik, Dijitalleşme, BAHP, ARAS, PROMETHEE, Liman İşletmeleri
JEL Sınıflandırması: Q55, R49, C49

EVALUATION OF DIGITALIZATION LEVELS OF PORT OPERATIONS WITH AN INTEGRATED MODEL

Abstract

Advances in science and technology have forced the maritime industry to adapt and transform, as other industries. This study was executed to specify the digitalization levels of port operators, which are important elements of maritime transport and supply chain, factors affecting their digitalization levels and port terminal types that can integrate these factors into business life in digital transformation process. To determine the digitalization levels of ports and terminals, an integrated model including BAHP, ARAS and PROMETHEE techniques, which are multicriteria decision-making methods, was used based on the opinions of experts in the port sector in the survey. As a result of the application of the criteria weights determined by BAHP to the ARAS and PROMETHEE methods, it shows that the terminal type with the highest digitalization level in both techniques is the container terminals. In addition, according to the data obtained as a result of BAHP, it was concluded that port operators need to develop their financial capabilities in digitalization, have the ability to use new technologies and focus on organizations for digitalization.

Keywords: Maritime, Digitalization, BAHP, ARAS, PROMETHEE, Port Operation
JEL Classification: Q55, R49, C49

¹Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, murat.yorulmaz@kocaeli.edu.tr, ORCID:0000-0002-5736-9146

²Yüksek Lisans, Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, yusufbaykan1988@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7901-2500

1. Giriş

Dünyada küreselleşmenin etkisi ve teknolojinin hayatımıza hızla girişiyle insanlar taleplerine mesafe kavramı olmaksızın ulaşabilmektedir. Deniz yolu ticareti, taşınacak malın alternatiflerine göre yüksek miktarda taşınma kapasitesi ile tek seferde ve düşük maliyetle taşınmasına olanak sağlaması avantajıyla tercih edilmektedir. Bu nedenle, tedarik zincirinin önemli paydaşlarından olan liman ve liman işletmeleri, ülkeler ve Dünya ekonomisi için önemli unsurların başında gelmektedir. Uluslararası Denizcilik Örgütü'ne göre dünya ticaretinin büyük ölçüde deniz yolları ile gerçekleşmekte ve gelecekte bu rakamların artış göstereceği öngörülmektedir. Aynı zamanda T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı verilerine göre, 2003 yılında elleçlenen yük miktarı 190 milyon ton iken 2021 yılında ithalat ve ihracat toplamı olarak 526 milyon tonluk yük elleçlenmesi yapılması (T.C. Ulaştırma Bakanlığı Raporu, 2021) bu artışın bir göstergesi olarak liman ve liman işletmelerinin önemini ortaya koymaktadır.

Elleçlenen yük miktarlarındaki artış, yapılacak olan operasyonel süreçlerdeki hata payının minimize edilmesini ve süreçlerde zamandan tasarruf sağlanmasını gerektirmektedir. Bu durumda liman işletmeleri için teknoloji, olmazsa olmaz bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır. Daha kısa zamanda, daha çok yükü, daha az maliyet ve minimum hata ile yüklemek ve operasyonlarını yürütmek isteyen işletmeler, dijitalleşmeye ayak uydurmak için yüksek maliyetlerin altına girmektedir. Kısa vadede maliyet olarak göze çarpan bu rakamlar, uzun vadede firmaların büyüme ve tercih edilme sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır. Dijitalleşmenin önemini farkında olan işletmeler, teknolojik adımları takip etmekte ve yeni teknolojileri liman işletmelerine entegre etmektedir. Yeni nesil teknolojiler, büyük veri, yapay zekâ kullanımına yer veren liman işletmelerinde, Endüstri 4.0 ile hayatımıza giren yeşil liman uygulamaları ve otonom sistemler de görülmeye başlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, liman işletmelerinin dijitalleşme düzeyleri, dijitalleşme düzeylerini etkileyen faktörleri ve dijital dönüşüm sürecinde bu faktörleri iş hayatına entegre edebilen liman terminal türlerini belirlemektir. Bunun yanısıra, liman işletmelerinin hizmet standartlarını iyileştirmek için ihtiyaç duydukları dijitalleşme süreci analiz edilerek, liman işletmelerinde dijital dönüşümün sağlıklı gerçekleştirilmesini sağlayacak stratejilerin belirlenmesi ve yol haritasının oluşturulması hedeflenmiştir. Bu çalışma, Türkiye limanlarında çalışan uzmanlardan elde edilen verilerden yararlanarak, limanların dijitalleşme düzeyinin belirlenmesinde etkili olan faktörlerin önem düzeylerini ortaya koymaktadır. Limanlara yönelik literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Taş vd. (2021:19) limanlara yönelik çevresel sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesinde MARCOS yöntemi kullanılmış olup, Taştıbañoğlu ve Tuna (2019) liman yeri seçimine yönelik faktörleri belirledikleri çalışmalarında bir diğer çok kriterli karar verme yöntemi Bulanık Analitik Hiyerarşi sürecini tercih etmişlerdir. Limanlar üzerine yapılan ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı benzer çalışmaların aksine, birden fazla çok kriterli karar verme yönteminin entegre edilerek kullanılması sonuçların karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu çalışma literatürde faktör belirleyen çalışmaların aksine, faktörlerin önemini ve önem derecesini de Bulanık AHP ile elde edilen sonuçlar ile ortaya koymakta olup, faktörlerin sahipliği noktasında terminaller arasındaki dijitalleşme düzeyini de iki farklı yöntem olan ARAS ve PROMETHEE yöntemleri ile karşılaştıran bir çalışmadır. Bu çalışma ile liman işletmelerinin dijitalleşme düzeyini etkileyen faktörlerin ortaya çıkarılmış olması ve bu faktörlerin önem düzeylerinin belirlenmiş olması, ileride yapılacak olan çalışmalara da ışık tutacak ve aynı zamanda da dijitalleşme faktörlerinin etki düzeyindeki değişimlerin gözlemlenmesine imkân sağlayacaktır.

2. Literatür Özeti

2.1. Dijitalleşme ve Dijital Dönüşüm

Dijital platformlar kullanılarak verilerin derlenmesine, işlenmesine ve değerlendirilmesine olanak sağlayan dijitalleşme, Endüstri 4.0 etkisiyle her sektörde etkinliğini göstermektedir (Ritter

ve Pederson, 2020:180-190). Otomotivden savunmaya, turizmden eğitime, gıdadan denizcilğe dijitalleşmenin her geçen gün arttığı tüm endüstrilerde yansımalarının görüldüğü bilinmektedir.

Bilgiye yönelik teknolojilerin ortaya çıkmasındaki en önemli unsur verilerin sayısallaştırılmasıdır. Sayısallaşmanın etkisiyle verilerin endüstrideki süreçlere uygulanması dijitalleşmeyi ve belli bir süreç sonunda da dijital dönüşümü ortaya çıkarmaktadır (Yankın, 2019:1-38). Teknolojinin kullanımı ile dijital platformlar kullanılarak bilgi fiziksel boyuttan dijital boyuta işlenmektedir. Kısaca işletmeler bu işlemi çalışmaların optimizasyonu ve performans artışı için kullanıyor ise bu duruma dijitalleşme, dijitalleşmeye geçmek adına yapılan çalışmalara ise dijital dönüşüm denilmektedir. Schumacher, Sihn ve Erol (2016:1-5) çalışmalarında, dijital dönüşüm sürecini birkaç adımda anlatmış olup, verilerin 1950'lerde bilgisayarlar ile bağlantılı olarak sayısallaştırma süreci geçirdiğini belirtmektedirler. Çalışmada analog verilerin dijital forma dönüştürülmesi olarak dijital dönüşümü, dijital veya bilgisayar teknolojisinin kullanımının artması şeklinde de dijitalleşmeyi tanımlamaktadırlar.

Dijitalleşme, denizcilik endüstrisini geleneksel sınırların ötesine taşımakla kalmayıp aynı zamanda lojistiğin üretkenliğini, verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak için de birçok yeni fırsat sunmaktadır. Her ne kadar dijitalleşmenin limancılık sektöründeki uygulamalarına geç başlanmış gibi görünse de dijital dönüşümle birlikte gelen etkiler hızla yayılmaktadır. Liman işletmelerinde dijitalleşmeye yönelik dönüm noktalarını üç evre altında toplamış olup, evrelerde yaşanan gelişmeler Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterilmektedir (Heilig vd., 2017:227-254; Yorulmaz, 2021:443-458). Tablo 1'de kağıtsız işlemlerin yapıldığı ve 1960-1980 dönemini kapsayan birinci evrede denizcilik evraklarının elektronik ortama aktarıldığı, Tablo 2'de 1990-2000 tarihlerini kapsayan ve işlemlerin otomotikleştiği ikinci evrede liman tek pencere sistemlerinin yaygınlaştığı ve Tablo 3'te 2010 ile sonrasını kapsayan akıllı işlemlerin gerçekleştiği üçüncü evrede limanların dijital dönüşümü gereçkeştiği dönem olarak ele alınmaktadır.

Dijital dönüşümün etkileri olarak nitelendirilen yeni dağıtım modelleri (bulut bilişim, büyük veri), yaygın bilgi işlem (nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, siber güvenlik), mobil bilgi işlem, sosyal medya ve ayrıca verilerden yararlanmaya yönelik yeni araçlar ve yöntemler (örneğin, iş analitiği, makine öğrenimi) bilginin algılanmasına, toplanmasına, yönetimine, tahsisine, dağıtımına ve kullanımına izin veren bilgi teknolojilerini (IT) ve bilgi sistemlerini (IS) biraraya getirmekte ve işbirliği içerisinde çalışmalarına olanak sağlamaktadır (Heiling vd., 2017:1341-1350). IT verilerin kaydedilmesi, saklanması, belirli bir işlem sürecinden geçtikten sonra bilgiler üretilmesi, üretilen bilgiye erişilmesi, saklanması ve nakledilmesi gibi işlemlere olanak sağlayan teknolojileri tanımlamada kullanılmaktadır (Behan ve Holmes, 1990). IS kavramı ise daha çok bilgisayara dayalı bilgi sistemlerini içermektedir. İnsan, donanım, yazılım ve verilerden oluşan ve belli zaman diliminde bilgi ihtiyacını gidermek için kullanılan mekanizmadır (Parker ve Case, 1993).

2.2. Liman İşletmelerindeki Dijital Teknolojiler ve Uygulamalar

Denizcilik endüstrisinin temel taşı olan limanlar; deniz araçlarının park ettikleri, yük gemilerinin kargolarını boşaltıp-yüklediği, çeşitli ihtiyaçlarını karşıladığı, depolama imkanları bulunan, dalga ve akıntı etkisine karşı doğal veya yapay olarak konumlandırılmış kıyı ve su alanlarıdır. Deniz yolu ulaşımının en önemli unsuru olan liman işletmelerinin gelişmişlik göstergesi olarak dijitalleşme düzeyleri gösterilebilir. Liman işletmelerinde dijitalleşme düzeyini, organizasyon içi ve organizasyonlar arası faaliyetlerin dönüşümü, yenilikçi dijital teknolojilerin benimsenmesi ve uygulanması belirler. Dijitalleşmenin modern limanlar üzerindeki etkisini anlamak ve önemli engelleri veya kolaylaştırıcıları belirlemek için limanlardaki dijital dönüşüm düzeyinin doğru analiz edilmesi önemlidir.

Limn endüstrisi, her geçen gün artan yük trafiği, talep artışı ve navlundaki değişime neden olan küresel olayların etkisi ile birçok parametre ile ilgilenmek zorundadır. Yaşanan aksama ve zorluklara karşı liman işletmeleri teknolojiye başvurmaktadır. Teknoloji ile limanlar hem verimliliklerini arttırmakta hem de tüm tedarik zincirinin dahil olduğu düzenli bir veri akışını sağlamaktadır.

Nesnelerin İnterneti (IoT) kapsamında kullanılan sensörler ile kargo ve teslimat süreçleri dijitalleşmekte olup, bu durum akıllı liman teknolojisine sahip liman sayısını arttırmaktadır. IoT, internete bağlı olan nesnelerin insanla etkileşime girmeden, insan ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla internet üzerinden veri paylaşımları yoluyla gerçekleştirilen sistemleri kapsamaktadır (Arslan ve Kirbaş, 2016:35-43). Günümüzde farklı iletişim ortamları aracılığıyla araç ve çevresi arasında bilgi alışverişini sağlayan Araçların İnterneti (IoV) ile malın araç ile yaya arasındaki hareketi kontrol edilmekte olup, bu durum liman trafiği ve güvenliğini arttırmaktadır (Kaiwartya, vd. 2016: 5356-5373). Limanlar, güvenliği üst seviyede olması gereken ve yüksek dikkat ile çalışılması gereken iş sahalarıdır. Bu sebeple liman çalışanlarının seçimi ve eğitimi büyük önem taşımaktadır. Günümüz limanlarında eğitim desteği ile yapılan eğitimler dışında, liman ekipman ve makineleri için sunulan simülasyon eğitimi de olası problemleri önceden çalışana göstermekte olup, yaşanacak aksaklıkların önüne geçmektedir. Yine liman güvenliğine yönelik olarak kullanılan Drone'lar da çevresel sorunların tespiti, kargo taşınmasının kontrolü ve liman sahasının denetlenmesinde önemli yer almaktadır. Drone'lar zaman ve maliyetten tasarruf sağlarken, aynı zamanda gerçek zamanlı verilerin kontrol merkezine iletilmesine de aracılık ederek liman operasyonlarını da hızlandırmaktadır. Dijitalleşmenin etkisi ile limanlarda kullanılan Arttırılmış Gerçeklik (AR) sistemi, gemi operasyonunun optimizasyonu ve mürettebat eğitimlerinde önemli bir yer almaktadır. Arttırılmış, katıştırılmış gerçeklik gibi adlarla Türkçeleştirilmiş olan AR (augmented reality) gerçek dünyadan alınan görüntülerin bilgisayar ortamında hazırlanmış görüntülerle, üçboyutlu olarak algılanmasını sağlayacak gerçeklik seviyesinde katıştırılması ilkesine dayanır (Baranseli, 2018:297-309). Kullanılan teknoloji görsel destek ile işlemlerin pratikte uygulanması yönünde yol gösterirken aynı zamanda bakım ve onarım işlemlerinde de zamandan tasarruf sağlamaktadır. Tüm bu teknolojiler ile limanlarda kullanımına geçilen 5G teknolojisi de haberleşme ve veri akışını iyileştiren, yapay zekanın yaygınlaşmasını sağlayan teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknoloji limanlar arasındaki haberleşmeyi hızlandıracak olup, doğrudan tüm tedarik zincirini olumlu olarak etkileyeceği düşünülmektedir (Dünya Gazetesi, 2021).

Tablo 1: Denizcilik Sektöründe Dijitalleşme Evreleri-Birinci Evre

BİRİNCİ EVRE-KAĞITSIZ İŞLEM 1960-1980	
EDI'nin gelişmesi	Konteyner taşımacılığının başlangıcı
PCS'nin gelişmesi	Limanlarda temel dönüşümler
1983: Dakosy	
Ticari TOS'un gelişmesi	Konteyner taşımacılığının hızlı gelişmesi
1988: CITOS	
1989: NAVIS	
Denizcilik endüstrisi için UN/EDIFACT standartlarının incelenmesi	ERP sisteminde önemli gelişmeler
Denizcilik evraklarının elektronik ortama aktarılması	Limanlarda katma değerli lojistik hizmetlere olan talebin artması

Kaynak: (Heilig vd., 2017:227).

Tablo 2: Denizcilik Sektöründe Dijitalleşme Evreleri-İkinci Evre

İKİNCİ EVRE-OTOMATİK İŞLEM 1990-2000	
Lazer teknolojilerine uyum sağlama	Otomatik terminallerin gelişimi 1993: ECT Delta terminal 2002: CTA
Otomatik tanımlama (RFID) ve konum belirleme (GPS) gibi sistemlerinin benimsenmesi	İlk küresel taşıyıcı ittifaklar
OCR teknolojilerinin benimsenmesi	İlk ciddi trafik ve çevresel problemler
Denizcilik endüstrisi için küresel e-pazarların ortaya çıkışı	Dot.com yaygınlaşması
2000: INTTRA	
Araç atama sistemlerinin gelişimi	Tek pencere sistemlerine ilginin artması
Tek pencere sisteminde tavsiyeler	Küresel krizler

Kaynak: (Heilig vd., 2017:227).

Tablo 3: Denizcilik Sektöründe Dijitalleşme Evreleri-Üçüncü Evre

ÜÇÜNCÜ EVRE-AKILLI İŞLEM	
Limanlarda sensör tabanlı ölçümlerde önemli ilerlemeler	Trafik ve çevresel sorunlar devam ediyor
Gerçek zamanlı bilgi değişimini sağlayan mobil bulut teknolojilerin gelişmesi	Liman operasyonlarında daha iyi görünürlük ve karar destek talep
2012: IIPA "SPL" projesini başlattı	
SaaS liman uygulamalarının gelişmesi	Limanlar ve üniversiteler arasındaki iş birliği
Limanlar için mobil uygulamaların gelişmesi	2010: Erasmus Akıllı Liman
Nesnelerin interneti, büyük veri, karar analitikleri gibi alanlarındaki yenilikçi çözümleri anlatmak için kitle kaynak kullanımı etkinlikleri	
2013: İlk global liman yazılımcıların bir araya geldiği etkinlik	
2014: MPA tarafından akıllı liman yazılımcıların bir araya geldiği etkinlik	MPA bilgi sistemlerindeki dönüşümü destekleyeceğini açıkladı

Kaynak: (Heilig vd. 2017:227).

Günümüz limanlarında olan uygulamalara bakıldığında, Qingdao Limanı, tam otomatik konteyner terminali ile bir liman olarak kabul edilebilir. Terminalde lazer tarayıcılar ve bir konteyner konumlandırma sistemi bulunmaktadır, bunun yardımıyla konteynerleri sürücülerin kamyonlarına monte etme, emniyete alma ve aktarma yapılabilir. Bu sisteme ek olarak, liman ayrıca otomatik bir planlama sistemi, otomatik bir gemi bağlama sistemi, tam otomatik konteyner teslimatı ve kurulu bir insansız akıllı kapı sistemi ile donatılmıştır. Almanya'da bulunan Hamburg Limanı navigasyon sistemi ile dijitalleşme konusunda adından söz edilmektedir. Bu sistem, katılımcıların limandaki trafik durumu, köprülerin kapatılması ve otopark hakkında bilgi sahibi olmalarına, kişiselleştirilmiş navigasyon kullanmalarına olanak tanır. Hamburg limanında da "akıllı demiryolu noktası" adı verilen bir sistem var. Liman bölgesine, liman demiryolunun tıkanıklığını analiz etmeyi sağlayan sensörler bulunmaktadır. Takılan sensörler ayrıca ana çalışma kavşaklarının durumunu analiz etmeye ve aşınmalarını hesaba katmaya yardımcı olmaktadır. Bu veriler ayrıca olası arıza sürelerini önlemeye yardımcı olmaktadır. Hollanda'da bulunan Rotterdam Limanı, rıhtımın uygunluğunu, hava koşullarını değerlendirmek ve ayrıca çeşitli senaryolar üzerinde çalışmak ve gelen-giden gemileri kaydetmek için Nesnelerin İnterneti, yani IoT sensörlerinin yanı sıra artırılmış zekâ teknolojileri ve akıllı verileri aktif olarak kullanır. Söz konusu liman bazında ayrıca bir araştırma merkezi olan Rotterdam Additive Manufacturing LAB bulunmaktadır. Metal gemi parçaları için özel talepleri karşılayan dünyanın ilk 3D baskı saha laboratuvarıdır (Balık vd., 2019:267-298; Zaychenko vd., 2021:258).

Venkantraman (1994:73), dijitalleşme düzeyini beş farklı seviyeyle ifade etmiştir. Bu seviyeler, belirli ticari faaliyetlerin hafif bir dönüşümünden iş modelleri ve stratejilerinin yeniden tanımlanmasına kadar organizasyon üzerindeki etkilerine göre sıralanmıştır. Dijital dönüşümün tüm seviyelerinin temeli, analog kaynakların sayısallaştırılmasına dayandırılmıştır (örneğin, kâğıt belgelerin dijital belgelere dönüştürülmesi). İlk üç düzey öncelikle organizasyon içi bir bakış açısına odaklanırken, en yüksek iki düzey organizasyonlar arası bir bakış açısı içerir. Birinci düzey, bireysel iş faaliyetlerini desteklemek için temel işlevselliğin dağıtımını temsil eder (örneğin, e-posta, üretim planlama ve envanter yönetimi yazılımları). İkinci düzey, özellikle teknik ve organizasyonel entegrasyonu içeren iç entegrasyonlardır (örneğin, kurumsal kaynak planlama sistemleri). Üçüncü düzey, mevcut sınırlamaları ele almak ve ikinci seviyede elde edilen daha yüksek entegrasyon derecesinden yararlanmak için yapıların ve süreçlerin iyileştirilmesini sağlar (örneğin, bir ERP sistemi). Dördüncü düzey, dış organizasyonlar arasındaki karşılıklı bağımlılıklara dayanan süreçleri iyileştirmek için organizasyonlar arası iş ağlarının yeniden tasarlanmasına odaklanır (örneğin, teknik etkileştiriciler). Son olarak, beşinci düzey ise iş kapsamının yeniden tanımlanması, iş ağlarının yeniden tasarımı tarafından tetiklenebilecek bir iş modeli ve stratejisindeki bir değişikliği veya genişletmeyi ifade eder. Dijital dönüşümün aşamaları boyunca kuruluşlar, yeni pazarlara

girmelerine olanak tanıyan yeni stratejiler, ürünler ve hizmetler için önemli yetenekler veya yapılar geliştirir.

Heiling, Lalla-Ruiz ve Voß (2017:227-254), Venkatraman (1994:73)'ın enerji düzeylerini göz önüne alarak limanlarda dijital dönüşüm düzeylerini üç ana tarihsel gelişmeye dayandırmaktadırlar. Bunlar, konteyner taşımacılığının uygulanması ve devamında ERP (kurumsal kaynak planlama) programlarının işleme girmesiyle ivme kazanan operasyon ve evrak dönemi "Birinci Jenerasyon – Kağıtsız Prosedürler"; 1990 yıllarında lazer teknolojileriyle başlayan ve tek pencere istemleriyle sonlanan "İkinci Jenerasyon – Otomasyon Prosedürleri" dönemi ve 2010'larda sensör teknolojileri ve mobil liman uygulamaları ile başlayan "Üçüncü Jenerasyon – Akıllı Prosedürler" dönemi olmak üzere tanımlanmıştır. Nesnelerin interneti, mobil cihazlar vb. etkileri ilk kez 2010'da Hamburg Limanında SmartPORT lojistikte kullanıma başlanmış ve o günden itibaren diğer limanlarda da hızla yayılmıştır.

Heilig ve Voß (2017:179-201), modern limanlarda bilgi sistemleri tarafından kullanılan teknolojilerin (küresel navigasyon uydu sistemleri, elektronik veri değişimi, radyo frekans tanımlama, optik karakter tanıma, gerçek zamanlı konum sistemleri, kablosuz sensör ağları, mobil cihazlar ve iletişim teknolojileri) liman operasyon düzeyleri üzerindeki işlevini ve rolünü ayrıntılı olarak açıklamışlardır.

Carlan ve diğerleri (2017:71-93) bilgi sistemlerini, kargo akışlarını iyileştirmek ve kargo araçlarını izlemek için son dijitalleştirme projelerini ve girişimlerini analiz ederek başarının büyük ölçüde stratejilerin uyumlaştırılmasına ve farklı çıkarlara sahip paydaşlar arasındaki iş birliğine bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

2.3. AHP, ARAS ve PROMETHEE Yöntemlerinin Kullanıldığı Çalışmalar

Zavadskas ve diğerleri (2015:180-192), Doğu Baltık Denizi'ndeki bir derin su limanının çok kriterli seçimi için kapsamlı bir çerçeve önermişlerdir. Baltık Denizi, Doğu-Batı Avrupa arasında arteriyel ulaştırma koridoru görevi görmektedir ve ekonomik gelişmelere yanıt vermek adına derin bir deniz limanının geliştirilmesine ihtiyaç olduğu problemi üzerine çalışmıştır. Bu problem, aynı anda dikkate alınması gereken çok sayıda gereksinimi ve belirsiz koşulu içerir. Benzer problemlerin çok kriterli bir yardım olarak kullanılarak çözümü için çok sayıda çalışma belirlenmiştir. Bu makale, sorunu çözmek için bütünleşmiş birçok kriterli karar verme modeli önermektedir. Önerilen modelin omurgasını, Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Oran Değerlendirme yöntemlerinin bir kombinasyonunu oluşturmaktadır. Kriter tercihlerine ilişkin karar vermelerin çelişkili görüşlerini ele almak için bir grup karar verme işlemi önerildi. Karar verme probleminde kriterlerin ağırlıklarını elde etmek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve alternatiflerin tercih oranlarının ölçümü için bulanık ARAS (Additive Ratio Assessment (Kriterlerin katkı oranını değerlendirilmesi)) yöntemi uygulanmıştır. Modelin benzer problemlerin çözümü için uygulanabileceğini önermiştir.

Ho ve Hsu (2020:229-236), blok zinciri teknolojisinin ortaya çıkmasıyla birlikte, nakliye süreçlerinin sayısallaştırılmasını, geleneksel denizciliğin sürekli, akıllı ve yüksek verimli bir nakliye sistemine doğru evriminde kritik bir unsur olarak göstermiştir. Bu araştırmayla Tayvan'daki nakliye şirketleri açısından blok zinciri teknolojisinin uygulanmasını etkileyen önemli faktörleri araştırmışlardır. Kilit faktörlerin önemi, BOCR (Faydalar, Fırsatlar, Maliyetler ve Riskler) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) üzerine yapılandırılmış anketlerden analiz edilmiştir. Sonuçlara dayanan en önemli değerlendirme kriterleri faydalar, denizcilik şirketlerinde blockchain teknolojisinin uygulanmasını etkileyen en önemli alt kriter ise rüşvet sahtekarlığının azaltılması olarak belirlenmiştir. Sonunda, derinlemesine tartışılan sonuçların yönetim sonuçları, denizcilik şirketlerine ve blok zinciri teknolojisinin yönetim yetkililerine gelecekteki bir uygulama temelini sağlanması amaçlanmıştır.

Sacar ve Özdemir (2022:145-157), liman seçim aşamasında dikkat edilmesi gereken kriterleri araştırarak, limanları teknik ve ticari yönden incelemişlerdir. Orta koridordan Türkiye ve devamında yük taşımada en uygun limanın belirlenmesi için BAHP ve TOPSIS (Technique For Order Preference

By Similarity To An Ideal Solution (İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıra Tercihi Tekniği)) yöntemlerini birleştirmiş ve en etkin kullanılabilir liman tespit yöntemini belirlemişlerdir. Lojistik firmalarının önemli kriterler ilk aşamada bulanık AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmış, ikinci aşamada demiryolu liman bağlantılı 7 liman bu kriterlerin verileriyle TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralandırılmıştır. Araştırma sonucunda, en uygun limanın seçilen yedi liman arasında Mersin Limanı olarak belirlenmiştir. Bu liman elleçleme, ardiye ve gemi kabul kapasitesi açısından üstünlükleri, elleçleme ve ardiye ücretlerinin kıyaslanan limanlarla yakın değerinde olması bu sonucun nedenlerini oluşturmaktadır.

Kara ve diğerleri (2022:148-159), denizcilik sektöründe bir şirketin yeni şube yerinin seçimi, şirketin karlılığı ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir karar oluşu üzerine yaptıkları çalışmada yer seçimi problemleri, alternatiflerin çoklu ve çelişkili kriterler altında değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada, denizcilik sektöründe tedarikçi firmanın yeni şubesi için en etkin lokasyonu belirlemeyi ve AHP, ARAS ve bulanık TOPSIS kullanarak farklı ÇKKV (çok kriterli karar verme) yöntemlerinden tespit edilen sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada, maliyet, ulaşım, doğal faktörler, nitelikli işgücü, tedarikçi iş birliği, rakiplerin varlığı ve liman potansiyeli gibi alternatifler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda en etkili kriter "maliyet" ve şirket için en uygun şube yeri ise İzmit olarak tespit edilmiştir. ÇKKV yöntem sonuçları karşılaştırıldığında, her üç yöntemde de aynı sonuç bulunduğu görülmüştür. Yine de kalan alternatifler sıralandığında farklı sonuçlar elde edilmesi ÇKKV yöntemlerinin sadece karar destek amaçlı kullanılması önerisini yinelemektedir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde araştırmanın konusuna göre değişen kriter sayısına rağmen BAHP yönteminin kriterlerin önem ağırlıklarını belirlemede etkili bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Limanlar için yapılan BAHP çalışmalarına liman türlerinin performans göstergelerinin ağırlıklarının belirlenmesi (Yüksekıldız, 2020:607-615), liman yer seçimi faktörlerinin ağırlıklarının belirlenmesi (Pekkaya ve Bucak, 2018:253-268) vb. örnek olarak verilebilir. Liman işletmeleriyle ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde BAHP&ORESTE (Organisation, rangement et synthèse de données relationnelles (İlişkisel verilerin organizasyonu, depolanması ve sentezi)) bütünleşik yönteminin tedarikçi seçiminde PROMOTHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) ve TOPSIS sonuçlarıyla aynı sonuçları verdiği görülmüştür (Akman vd., 2021:788-807). Türkiye'nin liman bağlantılarını inceleyerek en ideal liman seçiminde BAHP ve TOPSIS yöntemlerinin entegrasyonu Mersin Limanının yüklerin elleçleme merkezi olarak öne çıktığı belirlenmiştir (Sacar ve Özdemir, 2022:145-157). Denizcilik sektöründe bir tedarikçi firmanın yeni şube yer seçimi için AHP, ARAS ve bulanık TOPSIS yöntemi aynı anda kullanılarak belirlenen 8 kriterden en önemlisinin maliyet ve en önemli lokasyonunun İzmit olduğuna karar verilmiştir (Abdulsamet vd., 2021:148-159).

3. Yöntem

Çalışmanın yol haritası, kapsamlı literatür taraması, sektör uzmanları ve akademisyenlerle dijitalleşme düzeylerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi, BAHP kullanılarak değerlendirme faktörlerinin göreceli önem ağırlıklarının sıralanması ve ARAS ve yöntemleri kullanılarak en iyi alternatifin (terminalin) seçilmesi olarak çizilmiştir. Yöntem olarak ilk aşamada kriterlere yönelik önem ağırlıkları BAHP ile hesaplanarak, elde edilen sonuçlara olasılıklar da dahil edilmiştir. İkinci aşamada ise analiz sonucunda elde edilen ağırlıkların ARAS ve PROMETHEE yöntemiyle hesaplanması ile iki farklı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmış ve sağlanması yapılmıştır. Bu kapsamda, sektörde yer alan üç üst düzey yöneticiye anket uygulanmıştır. Anketin ilk bölümünde faktörlerin ikili önem ağırlıklarının belirlenmesine yönelik sorular sorulmuştur. İkinci bölümünde ise, liman alternatiflerinin kriterlere olan sahiplik düzeyleri üzerine sorular sorularak elde edilen veriler ile dijitalleşme faktörlerine sahiplik düzeylerine göre liman çeşitleri belirlenmiştir.

3.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ikili karşılaştırmaya yönelik yapılandırılan, problemde yer alan faktörlerin ağırlıklarını belirleyen ve alternatiflerin sıralanmasına yönelik yapılan ve sosyal bilimlerde karşımıza sıkça çıkan çok kriterli bir karar verme yöntemidir (Chang, 1996:649-655). Bu çalışmada, kullanılan öznel yargıların belirsiz olması nedeni ile olasılıkların devreye alınabilmesi için bulanık kümelerin dahiliyle Bulanık AHP süreci kullanılmıştır. Liman işletmelerinin dijitalleşme düzeyinde etkili olan faktörlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan Bulanık AHP yönteminin adımları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır (Mikhailov, 2003:33-41).

Adım 1: Bu adımda problem tanımlanarak, problemin çözümü adına kriter tespiti yapılır. Bu çalışmada, liman işletmelerinin dijitalleşme düzeylerinin belirlenmesinde literatür taramasından yararlanılmış olup, Sağlam (2021:40) ile Nadeem ve diğerleri (2018:1-8)'nin çalışmalarından yola çıkılarak elde edilen kriterler aşağıdaki gibidir.

K1. Limanın yeni teknolojileri keşfetme ve kullanma becerisine sahip olması: Liman işletmeleri dijitalleşmeye yönelik yatırımların sonucunda elde edilen teknolojileri kullanmaya elverişli sosyal çevre ve iş gücüne sahip olmalıdır. Bu kritere sahip olan liman işletmelerinin entegre edecek yeni teknolojilere uyumunun yüksek olması beklenmektedir.

K2. Limanın değer yaratmasında, dijitalleşme faaliyetlerine yer verilmesi: Liman işletmelerinin yapacağı atılım ve yatırımlarda dijitalleşmeye yönelik çalışmalarda bulunması, limanın dijitalleşmeye olan yatınlığını ortaya koyan bir kriterdir.

K3. Limanda dijitalleşmeye yönelik organizasyon yapısı, süreç ve yetkinliklerde düzenlemeler yapılması: Limanlarda dijitalleşmeye yönelik çalışmalarda yönetim ve iş bölümü ile süreçlerin daha organize yürütülmesinin limanlarda dijitalleşmeyi hızlandırdığını belirten kriterdir.

K4. Limanın dijitalleşme sürecini finanse etme yeteneğine sahip olması: Kriterler içerisinde önemli bir yere sahip olan kriter, getiri konusunda fikir sahibi olmaması nedeni ile dijitalleşme konusunda kararsız kalan işletme sahiplerinin, oluşabilecek maliyetleri karşılama gücünü ortaya koyan kriterdir.

K5. Limanın yeni liderlik rolleri ve yönetim yaklaşımlarının dijitalleşme hızını kolaylaştırması: Liman yönetim kadrosunda yer alan paydaşların dijitalleşmeye olan ilgi ve bu yönde alacağı kararları ortaya koyan kriterdir.

K6. Limanın dijitalleşmeyi gerçekleştirebilmek için ölçeklendirilebilen, esnek ve değer üreten operasyonlar hazırlamak adına stratejik girişimlerin yürütülmesi: Liman işletmelerinin dijitalleşme çalışmalarına yönelik yapılacak olan operasyonların ölçülebilir ve işletmeye fayda sağlaması gerekliliği ve bu yönde stratejik girişimlerin olması gerekliliğini ortaya koyan kriterdir.

K7. Limanın veri optimizasyonu geliştirmek adına dijital bilgi kullanmaya yönelik stratejik girişimler yürütülmesi: Liman işletmelerinde yürütülen her operasyonun kayıt altında olarak, elde edilen kayıtların karşılaştırılması yolu ile en etkin ve verimli çalışma düzeninin sağlanmasında dijitalleşmeye yer verilmesi gerekliliğini ortaya koyan kriterdir.

K8. Limanın, dijital platformlarını ve teknolojilerini araştırmaya ve uygulamaya yönelik stratejik girişimlerin yürütülmesi: Liman işletmelerinin yeni teknolojilere yönelik sektörü takip etmesi ve yeni teknolojilerin tespitini yapmasına yönelik önemi ortaya koyan kriterdir.

K9. Limanın temel stratejilerini kurumsal yeterlilikler çerçevesinde dijital olarak oluşturması: Liman işletmesinin vizyon ve misyonunun belirlenmesinde dijitalleşmeye yer vermesinin önemini ortaya koyan kriterdir.

K10. Limanın dijitalleşme için ortaklar ve paydaşların iş birliğinden yararlanması: Liman işletmelerinde dijitalleşmenin sadece üst yönetim ya da operasyonel süreçlerde olmaması, bir bütün olarak tüm paydaşların sürece dahil edilmesi gerekliliğini ortaya koyan kriterdir.

K11. Limanın paydaşları ile yoğun interaktif dijital bağlantılar oluşturması: Dijitalleşme sürecinde işletmenin sürece olan uyumluluğunun kontrol edilebilmesi adına tüm paydaşlar arasında interaktif bir dijital bağlantı oluşturularak, etkin bir iletişim kurulmasına yönelik önemi belirten kriterdir.

K12. Limanın çalışanları için esnek ve çekici bir iş ortamı sağlaması: Liman işletmelerindeki dijitalleşme süreçlerinin etkisi ile liman çalışanlarının yeni çalışma düzeninin, dijitalleşmeden önceki duruma göre daha esnek ve rahat olmasının önemine yönelik kriterdir.

Çalışmada faktörlerin belirlenmesinden sonra, faktörlerin yük cinsine göre liman işletmelerinde sahiplik düzeyinin belirlenmesi için alternatifler belirlenmiştir. Alternatif limanlar aşağıdaki gibidir.

Alternatifler

- A1. Sıvı Yük Terminalleri,
- A2. Kuru Yük Terminalleri,
- A3. Konteyner Terminalleri.

Adım 2: Bu aşamada ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. Katılımcıların verdikleri yanıtlar karşılaştırma ölçeğine göre değerleri belirlenerek matris oluşturulmuştur ve karşılaştırma ölçeği Tablo 4'te gösterilmektedir (Vinodh vd., 2011:272-280).

Çalışmada üç karar vericinin olması nedeni ile karar vericilerin aynı soruya verdikleri yanıtın karşılaştırma ölçeğine göre olan değerlerinin geometrik ortalamaları alınarak ilgili değerlerin ilgili hücreye yazılması ile matris elde edilmiştir.

$$A = |a_{ij}|_{n \times n} \quad (1)$$

Tablo 4: Karşılaştırma Ölçeği

ÖNEMİ	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit Önemli	Kriterler eşit öneme sahiptir.
3	Zayıf Önemli	Kriter, diğer kritere göre zayıf öneme sahiptir.
5	Fazla Önemli	Kriter, diğer kritere göre fazla öneme sahiptir.
7	Çok Fazla Önemli	Kriter, diğer kritere göre çok fazla öneme sahiptir.
9	Kesin Önemli	Kriter, diğer kritere göre kesinlikle önemlidir.

Katılımcıların yanıtlarına yönelik elde edilen geometrik ortalamaların karşılığı olan bulanık ölçeklerin matrise yazılması ile karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Bulanık ölçeklerin yer aldığı değerler Tablo 5'te gösterilmektedir (Zhou, 2012:133-160).

Tablo 5: Bulanık Dilsel Ölçekler

ÖNEMİ	DİLSEL ÖLÇEKLER	TERS ÖLÇEKLER	BULANIK ÖLÇEKLER
1	Eşit Önemli	1, 1, 1	1 1 1
2	Ara Önem 1-3	1/3, 1/2, 1	1 2 3
3	Zayıf Önemli	1/4, 1/3, 1/2	2 3 4
4	Ara Önem 3-5	1/5, 1/4, 1/3	3 4 5
5	Fazla Önemli	1/6, 1/5, 1/4	4 5 6
6	Ara Önem 5-7	1/7, 1/6, 1/5	5 6 7
7	Çok Fazla Önemli	1/8, 1/7, 1/6	6 7 8
8	Ara Önem 7-9	1/9, 1/8, 1/7	7 8 9
9	Kesin Önemli	1/9, 1/9, 1/9	9 9 9

Adım 3: Bu aşamada oluşturulan karar matrisinde her bir kriterin altında yer alan bulanık ölçek değerlerinin tüm kriterler için ilgili hücrelerinde bulunan değerlerin geometrik ortalaması kullanılarak faktörlerin bulanık ağırlık matrisiyle belirlenir.

Adım 4: Bu adımda kriterlere yönelik elde edilen ortalama değerleri, her kriterin ilgili kriterinin Formül 2’de olduğu gibi ortalamasının alınması ile ağırlıkları tespit edilir. Elde edilen ağırlık değerlerinin toplamı 1’den yüksek olduğu için normalize edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için her bir ağırlık değeri, ağırlıkların toplam değerine bölünerek, ilgili kriterin önem ağırlığı elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2)$$

Elde edilen ağırlık değerleri, kriterin dijitalleşme düzeyine olan etkisini göstermekte olup, çalışmanın diğer bölümlerinde yapılacak olan ARAS ve PROMETHEE yöntemlerinde kriter ağırlıkları olarak kullanılmıştır.

3.2. ARAS Yöntemi

ARAS (Additive Ratio Assesment) yöntemi, alternatiflerin performansını ele alarak elde edilen ideal alternatifin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. ARAS yönteminde amaç elde edilen ideal alternatife, alternatiflerin yakınlıklarını tek tek ortaya koyarak yakınlığı en yüksek olan alternatifin karar alternatifi olarak belirlenmesidir (Zavadskas ve Turskis, 2010:159-172).

ARAS yönteminde uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir (Goswami ve Mitra, 2020:27-42):

Adım 1: Çalışmada 5’li karşılaştırma ölçeği ile yanıt alınan üç karar vericinin olması nedeni ile katılımcıların ilgili soruya verdikleri yanıtların geometrik ortalamaları alınarak karar matrisi oluşturulur. Diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden farklı olarak elde edilen karar matrisinin ilk satırı olan x_{0j} satırı optimum değeri içeren satır olarak yer almaktadır. Karar matrisinde yer alan optimum değer satırı, kriter fayda yönlü ile bulunduğu sütunda yer alan en büyük değeri, maliyet yönlü bir kriter olması durumunda ise en küçük değeri içeren satırdır.

Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması: Bu adımda karar matrisinde yer alan ideal alternatif değeri dahil olmak üzere tüm değerler, buldukları satırın toplamına bölünerek normalize karar matrisi elde edilir. Çalışmada bulunan faktörlerin tamamının fayda yönlü kriter olması nedeni ile bu aşamada Formül 3’ten yararlanılır.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (3)$$

Adım 3: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması: Bu aşamada AHP süreci ile elde edilen kriter ağırlıkları, normalize karar matrisinde ilgili bulunduğu değer ile Formül 4’te gösterildiği gibi çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilir.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} * w_{ij} \quad (4)$$

Kriter ağırlıkları ile ilgili koşul aşağıda gösterilmiş olup, kriter ağırlık toplamının 1’e eşit olması gerekmektedir (Formül 5).

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (5)$$

Ağırlıklı normalize karar matrisi aşağıda gösterilmiş olup (Formül 6), ilk satır ideal alternatif değerini göstermektedir.

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \dots & \bar{x}_{0j} & \dots & \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{i1} & \dots & \bar{x}_{ij} & \dots & \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \dots & \bar{x}_{mj} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = 0, 1, \dots, m; j = 0, 1, \dots, n \quad (6)$$

Adım 4: Analizin bu adımında ideal fonksiyon değeri Formül 7’de gösterilmiştir. Formülde bu S değeri ilgili alternatifte yer alan tüm kriterlere ait değerlerin toplamını ifade etmektedir. Bu değerler içerisinde en büyük değer en iyi alternatifi, en küçük değer ise en kötü alternatifi ifade etmektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (7)$$

Adım 5: Karar verme aşaması olan bu adımda elde edilen değerler Formül 8'de olduğu gibi ideal alternatif değerine bölünerek, alternatiflerin göreceli fayda değerleri hesaplanır. Elde edilen değerlerin büyükten küçüğe sıralanması ile alternatifler arasında seçim yapılır. Burada en iyi seçim en yüksek değere sahip alternatif olarak görülmektedir.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (8)$$

3.3. PROMETHEE Yöntemi

Günümüzde işletmelerin ve karar vericilerin alternatifler içerisinde en iyi kararı vermesi ve alternatifler arasında mukayese yapabilmesi çok önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada karar vericilerin alternatifler arasında ikili karşılaştırma yapabilmesi ve karar verebilmesini sağlayan PROMETHEE yöntemi oldukça kullanışlı bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır. İkili karşılaştırmaların yer aldığı PROMETHEE yönteminde yer alan tercih fonksiyonları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan PROMETHEE II yöntemi, nitel ve nicel verileri birarada değerlendirmesiyle diğer yöntemlerden ayrılmaktadır. PROMETHEE II metodunun uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir (Athawale vd., 2012:16-30).

Tablo 6: Tercih Fonksiyonları

TİP TÜRLERİ	FONKSİYON	PARAMETRE
BİRİNCİ TİP (OLAĞAN)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$	---
İKİNCİ TİP (U TİPİ)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	q
ÜÇÜNCÜ TİP (V TİPİ)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p
DÖRDÜNCÜ TİP (KADEMELİ)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
BEŞİNCİ TİP (DOĞRUSAL)	$p(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ (d - s)/r, & s \leq d \leq s + r \\ 1, & d \geq s + r \end{cases}$	s, r
ALTINCI TİP (GAUSSIAN)	$p(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2a^2}, & d \geq 0 \end{cases}$	σ

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması: Bu aşamada karar vericilerin vermiş olduğu yanıtlara uygun şekilde karar matrisi oluşturularak, her sütunda bulunan en yüksek ve en düşük değerler iki ayrı satır olarak gösterilir.

Adım 2: Kriterler altında bulunan alternatiflere yönelik maksimum ve minimum değerler belirlenerek alternatif kıyaslama matrisinin oluşturulması için Formül 9'da yer alan işlemler gerçekleştirilir. Çalışmada yalnızca fayda yönlü faktörlerin bulunması nedeni ile tüm hesaplamalar aynı formüle istinaden yapılacaktır.

$$R_{ij} = \frac{[x_{ij} - \min(x_{ij})]}{[\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})]} \quad (9)$$

Adım 3: İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması: Bu adımda her bir alternatifin, ilgili kriter altında yer alan diğer kriterlerle ilgili ikili karşılaştırması yapılır. Aynı kriter altında yer alan iki kriterin değerlerinin farkının alınması ile D(A-B) değerleri bulunur.

Adım 4: Tercih fonksiyonun belirlenmesi ile elde edilen yeni matriste bulunan değerler incelenerek, matriste bulunan değerler içerisinde 0'dan küçük olan değerler 0'a eşitlenerek analize devam edilir.

Adım 5: Ağırlıklandırılmış toplam tercih fonksiyonu matrisinin hesaplanması için her hücrede bulunan değerler, Formül 10'a göre ilgili kriter ağırlığı ile çarpılır ve satır toplamları elde edilir.

$$\pi(A, B) = \sum_{i=1}^k (W_i P_i(A, B)) \quad (10)$$

Adım 6: Her bir satır toplamı ilgili alternatifler arasındaki farkı göstermekte olup, çıkış ve girişleri gösteren geçiş akışlarını göstermek adına alternatiflere yönelik alternatif matrisi oluşturulur.

Adım 7: Karar verme aşamasından bir önceki adımda elde edilen matrisinin giriş ve çıkış değerleri Formül 11 ve Formül 12'de yer alan formüllerin kullanılması ile elde edilir. Burada giriş değerleri sütun toplamlarının n-1'e bölünmesiyle, çıkış değerleri ise satır toplamlarının n-1'e bölünmesi ile bulunur. Formülde yer alan n değeri, satır ve sütunda bulunan hücre sayısını ifade etmektedir.

$$\emptyset^+ = \frac{1}{n-1} \sum \pi(A, x) \quad (11)$$

$$\emptyset^- = \frac{1}{n-1} \sum \pi(x, A) \quad (12)$$

Adım 8: Bu aşamada elde edilen çıkış ve giriş değerleri arasındaki fark alınarak elde edilen değerler sıralanır. Hesaplama en büyük değer en iyi alternatifi gösterirken, en düşük değer ise en kötü alternatifi ifade etmektedir.

4. Bulgular

Dijitalleşme düzeyine etki eden faktörler belirlenerek, limanların dijitalleşme düzeyine göre liman türleri arasında karar vermek için yapılan çalışmada, üç üst düzey yöneticiye anket uygulanarak veriler elde edilmiştir. Literatür taraması ile belirlenen kriterler (Nadeem vd., 2018:1-8; Sağlam, 2021:40) Tablo 7'de gösterilmektedir. Çalışmanın sonraki bölümlerinde yer alan analiz çıktılarında kısaltmalara yer verilmiştir.

Tablo 7: Dijitalleşme Düzeyine Etki Eden Kriterler

KISALTMA	KRİTERLER
K1	Limanın yeni teknolojileri keşfetme ve kullanma becerisine sahip olması
K2	Limanın değer yaratmasında, dijitalleşme faaliyetlerine yer verilmesi
K3	Limanda dijitalleşmeye yönelik organizasyon yapısı, süreç ve yetkinliklerde düzenlemeler yapılması
K4	Limanın dijitalleşme sürecini finanse etme yeteneğine sahip olması
K5	Limanın yeni liderlik rolleri ve yönetim yaklaşımlarının dijitalleşme hızını kolaylaştırması
K6	Limanın dijitalleşmeyi gerçekleştirmeye yönelik ölçeklendirilebilir, esnek ve değer üreten operasyonlar oluşturmak için stratejik girişimler yürütülmesi
K7	Limanın daha iyi veri optimizasyonu sağlamak için dijital bilgidan yararlanmaya yönelik stratejik girişimler yürütmesi
K8	Limanın, dijital mecraları ve teknolojileri araştırma ve uygulamaları takip etmeye yönelik sürekli olarak stratejik girişimler yürütmesi
K9	Limanın temel stratejilerini kurumsal yeterlilikler çerçevesinde dijital olarak oluşturması
K10	Limanın dijitalleşme için ortaklar ve paydaşların iş birliğinden yararlanılması
K11	Limanın paydaşları ile yoğun interaktif dijital bağlantılar oluşturması
K12	Limanın çalışanları için esnek ve çekici bir iş ortamı sağlaması

Araştırma verileri, Kocaeli Üniversitesi Etik Kurulunun 12/05/2022 tarih ve 2022/11 nolu toplantısında alınan 3 sıra sayılı kararı gereğince, Türkiye'de faaliyet gösteren ve dijitalleşme açısından öncü konumunda olan üç liman işletmesinin üst düzey yöneticilerinden anket tekniği ile elde edilmiştir. Karar verici uzman 1 yüksek lisans mezunu, 27 yıl liman sektörü deneyimi olan 53

yaşında, uzman 2 ve 3 ise lisans mezunu ve sırasıyla 18 yıl 47 yaşında ve 21 yıl liman sektörü deneyimine sahip 44 yaşında olan yöneticilerdir.

Çalışmanın ilk aşamasında BAHP sürecinden faydalanılarak, faktörlerin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Analiz sonucu elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 8’de gösterilmektedir.

BAHP sürecinin kullanılması ile elde edilen sonuçlara göre ‘K4-Limanın dijitalleşme sürecini finanse etme yeteneğine sahip olması’ kriteri liman işletmelerinin dijitalleşme düzeylerinin belirlenmesinde en önemli kriter olduğu belirlenmiştir. Bu kriteri ‘K1-Limanın yeni teknolojileri keşfetme ve kullanma becerisine sahip olması’ izlerken, bu iki kriterden sonra en önemli kriterin ‘K3-Limanda dijitalleşmeye yönelik organizasyon yapısı, süreç ve yetkinliklerde düzenlemeler yapılması’ kriteri olduğu görülmektedir.

Tablo 8: BAHP - Kriter Ağırlıkları

KRİTERLER	W_i	w_i
K1	0,191515199	0,180912059
K2	0,090275918	0,085277839
K3	0,106232026	0,100350545
K4	0,325072038	0,307074591
K5	0,028810131	0,027215072
K6	0,037951680	0,035850504
K7	0,085477639	0,080745213
K8	0,064238780	0,060682233
K9	0,077664318	0,073364473
K10	0,020491603	0,019357096
K11	0,019759694	0,018665709
K12	0,011120338	0,010504666
TOPLAM	1,058609363	1,000000000

Kriterler arasında en az etkiye sahip olan faktörlerin ise, ‘K12-Limanın çalışanları için esnek ve çekici bir iş ortamı sağlaması’, ‘K11-Limanın paydaşları ile yoğun interaktif dijital bağlantılar oluşturması’ ve ‘K10-Limanın dijitalleşme için ortaklar ve paydaşların iş birliğinden yararlanması’ faktörlerinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Analiz bölümünün ikinci aşamasında, ARAS yönteminin kullanılması ile alternatifler arasında dijitalleşme düzeyi en yüksek liman türünün belirlenmesi gelmektedir. ARAS yönteminin uygulanması aşamasında Bulanık AHP yönteminde bulunan ve Tablo 8’de gösterilen kriter ağırlıklarından faydalanılmıştır. ARAS yöntemi sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 9’da gösterilmektedir.

Bu sonuçlara göre, dijitalleşme düzeyi en yüksek olan terminal türü ‘A3-Konteyner Terminali’ olarak tespit edilmiştir. Bu alternatifi ‘A1-Sıvı Yük Terminali’ izlemekte olup, dijitalleşme düzeyi en düşük terminalin ‘A2-Kuru Yük Terminali’ olduğu görülmektedir.

Tablo 9: ARAS yöntemi sonuç çıktıları

TERMİNAL TÜRLERİ	OPTİMUM Sİ	OPTİMUM Kİ	SIRALAMA
A1-Sıvı Yük Terminalleri	0,245467	0,741222	2
A2-Kuru Yük Terminalleri	0,092203	0,27842	3
A3-Konteyner Terminalleri	0,331165	1	1

Analizin son bölümünde en iyi alternatifi seçimi konusunda PROMETHEE II yöntemine başvurulmuştur. Yapılan analiz sonucunda elde edilen giriş ve çıkış değerlerine istinaden en iyi alternatif sıralaması Tablo 10’da gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, ARAS yöntemine benzer olarak dijitalleşme düzeyi en yüksek olan terminal ‘A3-Konteyner Terminali’ olarak bulunurken, dijitalleşme düzeyi en düşük terminalin ‘A2-Kuru Yük Terminali’ olduğu görülmektedir.

Tablo 10: PROMETHEE II Sonuç Çıktıları

ALTERNATİF	Q+ Leaving	Q- Entering	Q	SIRALAMA
A1	0,349385008	0,150614992	0,198770016	2
A2	0	0,849385008	-0,849385008	3
A3	0,650614992	0	0,650614992	1

5. Sonuç

Gelişen teknoloji ve dijitalleşmenin etkisi her sektörü etkilediği gibi denizcilik sektörünü de etkilemektedir. Tedarik zincirinin önemli bir parçası ve denizcilik sektörünün ana paydaşı olan limanlar da bu kapsamda dijitalleşmeye ayak uydurmak zorundadır. Bu çalışmada, liman işletmelerinin dijitalleşme düzeyine etki eden 12 faktör belirlenmiş olup, üç üst düzey yönetici (uzman) görüşüne dayanarak bu faktörlerin önem ağırlıkları BAHP yöntemiyle belirlenmiştir. Bu çalışmada, farklı olarak liman işletmelerinin hizmet standartlarını iyileştirmek için BAHP yöntemi kullanılarak işletmelerin dijitalleşme sürecindeki faktör ağırlıkları belirlenmiş ve bunun sonucunda finansal yeteneklerini geliştirmeleri, yeni teknolojileri tespit etme ve kullanım yeteneğine sahip olmaları ve dijitalleşmeye yönelik organizasyon yapısı, süreci ve yetkinlikleri düzenlemeleri gerekliliğinin dijitalleşmenin başlıca faktörleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Son yıllarda, BAHP yöntemiyle elde edilen faktör ağırlıklarına, diğer karar verme yöntemlerini entegre edilerek çok kriterli karar verme sistemlerinin oluşturulmasıyla daha ayrıntılı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu çalışma, BAHP ile elde edilen faktörlerin önem ağırlıkları kullanılarak ARAS ve PROMOTHEE çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanması sonucunda dijital dönüşüm sürecinde bu faktörleri iş hayatına entegre edebilen liman terminal türlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Dijitalleşme düzeyini belirleyen kriterlere sahipliği bakımından üç farklı terminal tipi karşılaştırılmıştır. Her iki teknikte de dijitalleşme düzeyi en yüksek olan terminal tipinin 'Konteyner Terminalleri' olduğu sonucu elde edilmiştir. Konteyner terminallerine en yakın dijitalleşme düzeyine sahip terminal ise sıvı yük terminalleri olup, en düşük dijitalleşme düzeyine ise kuru yük terminallerinin sahip olduğu her iki teknikte de tespit edilmiştir. Konteyner taşımacılığının denizcilik sektörüne katılan en son terminal türü olması, her geçen gün rekabetçi bir piyasanın olması ve tek seferde çok yüksek miktarlarda taşıma gerçekleştirebilen intermodal bir taşımacılık türü olması nedeni ile bu sonuç olağan karşılanmaktadır. Deniz taşımacılığının ilk terminal türlerinden olan kuru yük terminalleri ise, geleneksel taşıma ve elleçleme yöntemleri nedeni ile dijitalleşme düzeyi en düşük terminal olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeni nesil teknoloji ile kullanıma geçen dijital ve hatta insansız vinçler ile yakın zamanda kuru yük ve sıvı yük terminallerinde de dijitalleşmenin artacağı düşünülmektedir. ARAS ve PROMETHEE yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar birbiri ile tutarlı olması, çalışmada elde edilen bulguların doğruluğunu desteklemektedir.

Bu çalışma literatürde faktör belirleyen çalışmaların aksine, faktörlerin önemini ve önem derecesini de ortaya koymakta olup, ayrıca faktörlerin sahipliği noktasında terminaller arasındaki dijitalleşme düzeyini karşılaştıran bir çalışmadır. Elde edilen sonuçlara göre işletmelerin hangi faktörler üzerinde yoğunlaşması gerektiği ve bunun yanısıra dijitalleşmeye yönelik çalışmalar gerçekleştiren işletmelerin hangi terminal türüne yoğunlaşması gerektiğini ortaya koymaktadır. Liman işletmelerinde görev almakta olan üst düzey yöneticilerin, işletmenin finansal yeteneklerinin geliştirilmesi adına devlet teşviği konusunda fikir birliği etmeleri, çalışanlara dijital teknolojilerin kullanımını konusunda gerekli eğitim ve donanımı sağlaması ve işletme içerisinde dijitalleşme konusunda iş birliği ile hareket edecek olan çalışanları sağlayabilmek için operasyonel stratejileri yürütmeleri gerekliliği çalışmamızda ortaya konmaktadır.

Bu çalışmanın en önemli kısıtı, araştırma verilerinin Türkiye'de faaliyet gösteren liman işletmelerinin uzman görüşlerine dayanmasıdır. Dolayısıyla ileriki araştırmalarda farklı örneklemelerden ve farklı ülkelerde faaliyet gösteren liman işletmelerindeki uzmanların görüşlerine başvurulması araştırmacılara önerilmektedir. Ayrıca liman işletmelerinin dijitalleşme düzeylerini ölçmek için de istatistiksel yöntemlerin kullanılması da önerilmektedir.

Kaynakça

- Abdülşamet, K. A. R. A., Masri, A. ve Kaya, G. K. (2021). AHP, ARAS ve Bulanık TOPSIS ile Yeni Şube Yeri Seçimi: Denizcilik Sektöründe Bir Tedarikçi Firma Örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(1), 148-159.
- Akman, G., Pamuk, K. C. ve Karabıçak, Ç. (2021). Yeni Ürün Geliştirme Sürecinde Bulanık AHP & ORESTE Bütünleşik Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi: Savunma Sanayisinde Bir Uygulama. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 788-807.
- Arslan, K. ve Kırbas, İ. (2016). Nesnelerin interneti uygulamaları için algılayıcı/eyleyici kablosuz düğüm ilk örneği geliştirme. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (1), 35-43.
- Athawale, V. M., Chatterjee, P. ve Chakraborty, S. (2012). Decision Making for Facility Location Selection Using PROMETHEE II Method. *International Journal of Industrial and Systems Engineering* 1, 11(1-2), 16-30.
- Balık, İ., Aydın, S. Z. ve Bitiktaş, F. (2021) Liman Hizmetleri Markalarının Dijitalleşme Gündemi: Çevrimiçi Medya İçerik Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 13(2), 267-298.
- Baranseli, E. S. (2018). Ekrandan Günlük Hayatımıza Sızan Yeni Gerçeklik: Arttırılmış Gerçeklik. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, (66), 297-309.
- Behan, K., Holmes, D. (1990). Understanding Information Technology: Text, Readings, and Cases. Prentice Hall.
- Carlan, V., Sys, C., Vanelslender, T. ve Roumboutsos, A. (2017). Digital Innovation in the Port Sector: Barriers and Facilitators. *Competition and Regulation in Network Industries*, 18 (1-2), 71-93.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655.
- Dünya Gazetesi (2021). Erişim Adresi <https://Turkdeniz.com/Limanlarda-Cozum-Saglayan-5-Teknoloji>.
- Goswami, S. ve Mitra, S. (2020). Selecting The Best Mobile Model By Applying AHP-COPRAS and AHP-ARAS Decision-Making Methodology. *International Journal Of Data And Network Science*, 4(1), 27-42.
- Heilig, L. ve Voß, S. (2017). Information Systems In Seaports: A Categorization and Overview. *Information Technology And Management*, 18(3), 179-201.
- Heilig, L., Lalla-Ruiz, E. ve Voß, S. (2017). Digital Transformation in Maritime Ports: Analysis and A Game Theoretic Framework. *Netnomics: Economic Research And Electronic Networking*, 18(2), 227-254.
- Heilig, L., Schwarze, S. ve Voß, S. (2017). An Analysis Of Digital Transformation in The History and Future of Modern Ports, *The 50th Hawaii International Conference On System Sciences*, 1341-1350, Hawaii.
- Ho, T.-C. ve Hsu, C.-L. (2020). An Analysis of Key Factors Influencing Integration of Blockchain into Shipping Companies in Taiwan. *Journal Of Marine Science And Technology*, 28(4), 1.
- Kaiwartya, O., Abdullah, A. H., Cao, Y., Altameem, A., Prasad, M., Lin, C. T., ve Liu, X. (2016). Internet of vehicles: Motivation, layered architecture, network model, challenges, and future aspects. *IEEE Access*, 4, 5356-5373.
- Kara, A., Masri, A. ve Kaya, G. K. (2022). New Branch Location Selection with AHP, Aras And Fuzzy Topsis: An Example of A Supplier Company In The Maritime Industry. *Pamukkale University Journal Of Engineering Sciences*, 28(1), 148-159.
- Mikhailov, L. ve Singh, M. G. (2003). Fuzzy Analytic Network Process and its Application to The Development of Decision Support Systems. *IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics, Part C (Applications And Reviews)*, 33(1), 33-41.

- Nadeem, A., Abedin, B., Cerpa, N. ve Chew, E. (2018). Editorial: Digital Transformation & Digital Business Strategy in Electronic Commerce-The Role of Organizational Capabilities, *Journal Of Theoretical And Applied Electronic Commerce Research*, 13(2), 1-8.
- Parker, C. ve Case, T. L. (1993). *Management Information Systems: Strategy and Action*. McGraw-Hill Education, 2. Baskı, New York.
- Pekkaya, M. ve Bucak, U. (2018). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Bölgesel Liman Kuruluş Yeri Seçimi: Batı Karadeniz’de Bir Uygulama. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 253-268.
- Ritter, T. ve Pedersen, C. L. (2020). Digitization Capability and The Digitalization of Business Models in Business-to-Business Firms: Past, Present, and Future. *Industrial Marketing Management*, 86, 180-190.
- Sacar, Ö. ve Özdemir, S. (2022). Orta Koridor Rotasında Türkiye’nin Liman Bağlantılarının Bulanık Ahp ve Topsis Yöntemleriyle Araştırılması. *Demiryolu Mühendisliği* (15), 145-157.
- Sağlam, M. (2021). İşletmelerde Geleceğin Vizyonu Olarak Dijital Dönüşümün Gerçekleştirilmesi ve Dijital Dönüşüm Ölçeğinin Türkçe Uyarlaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(40),395-420.
- Schumacher, A., Sihn, W. ve Erol S. (2016). Automation, Digitization And Digitalization and Their Implications For Manufacturing Processes. *In Innovation And Sustainability Conference*,1-5, Bukarest.
- Taş, M. A., Çakır, E. ve Ulukan, H. Z. (2021). Türkiye’deki Limanların Çevresel Sürdürülebilirlik Performanslarının Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Metodu ile Değerlendirilmesi. *40. Yöneyem Araştırması-Endüstri Mühendisliği Kongresi*, 19, İstanbul.
- Taştabanoğlu, A. N. ve Okan, T. (2019). Ege Bölgesi için Kuru Liman Yer Seçimi Üzerine Bir Araştırma. *4.Ulusal Liman Kongresi: Küresel Eğilimler-Yerel Stratejiler 7-8 Kasım 2019*, İzmir. Erişim Adresi <http://ulk2019.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2019/10/22.pdf>
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Raporu (2021). Erişim Adresi <https://sgb.uab.gov.tr/Haberler/Ulastirma-Ve-Altyapi-Bakani-Karaismailoglu-Turkiye-En-Yakin-Rakibi-Ispanya-Yi-Geride-Birakti-En-Fazla-Balikci-Gemisi-Ihracati-Yapan-Ulke-Oldu>
- Venkatraman, N. (1994). It-Enabled Business Transformation: From automation to Business Scope redefinition. *Sloan Management Review*, 35, 73.
- Vinodh, S., Ramiya, R. A. ve Gautham, S. G. (2011). Application of Fuzzy Analytic Network Process For Supplier Selection in a Manufacturing Organisation. *Expert Systems With Applications*, 38(1), 272-280.
- Yankın, F. B. (2019). Dijital Dönüşüm Sürecinde Çalışma Yaşamı. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 1-38.
- Yüksek yıldız, E. (2020). Türkiye Kruvaziyer Limanlarının Performans Değerlendirmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 607-615.
- Yorulmaz, M. (2021). *Limn İşletmelerinde Dijital Dönüşüm*, İçinde Dijitalleşmenin Sektörel Analizleri, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 443-458.
- Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). A New Additive Ratio Assessment (Aras) Method in Multicriteria Decision-Making. *Technological And Economic Development Of Economy*, 16(2), 159-172.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z. ve Bagočius, V. (2015). Multi-Criteria Selection of A Deep-Water Port in The Eastern Baltic Sea. *Applied Soft Computing*, 26, 180-192.
- Zaychenko, I., Smirnova, A., Gorshechnikova, P. ve Piminov, N. (2021). Sustainable Digital Transformation of The Port Equipment Management System. *The E3S Web Of Conferences*, 258.
- Zhou, X. (2012). Fuzzy Analytical Network Process Implementation with Matlab. *MATLAB—A Fundamental Tool For Scientific Computing And Engineering Applications*, 3, 133-160.

EVALUATION OF DIGITALIZATION LEVELS OF PORT OPERATIONS WITH AN INTEGRATED MODEL

Extended Abstract

Aim: The rapid progress of science and technology affects the maritime sector as well as other sectors. Maritime businesses, which are one of the important building blocks of the supply chain, should also adapt to this change. The aim of study is to determine the criteria affecting the digitalization levels of port operators, to determine the weights of the criteria and to classify the ports according to the digitalization level according to the type of cargo handled, taking into account the ownership of the criteria.

Methods: In the study, the Fuzzy AHP method was used to determine the criteria affecting the level of digitalization. The use of the fuzzy AHP process provides more consistent results by including probability values while determining criterion weights. By using the weights obtained, ARAS and PROMETHEE methods were used to rank the ports according to their digitalization levels. It is aimed to compare the results with the use of more than one method. The use of more than one method will not only confirm the accuracy of the findings but also draw a roadmap for businesses on the path to digitalization by revealing the weights of the criteria.

Findings: As a result of the analysis, it has been determined that the most important criterion affecting the level of digitalization is the criterion of 'K4-Port's ability to finance the digitalization process'. While this criterion is followed by 'K1-Port's ability to discover and use new technologies', it is seen that the most important criterion after these two criteria is 'K-3 Making arrangements in the organizational structure, process and competencies for digitalization in Port'. It was concluded that among the criteria that have the least impact are 'K12-Port provides a flexible and attractive work environment for its employees', 'K11-Port creates intense interactive digital connections with its stakeholders' and 'K10-Port benefits from the cooperation of partners and stakeholders for digitalization'.

In the second stage of the analysis section, the use of ARAS and PROMETHEE methods, and the determination of the port type with the highest digitalization level among the alternatives. As a result of both methods, it is seen that the terminal type with the highest level of digitalization is Container terminals, followed by Liquid Cargo Terminals and Dry Cargo Terminals, respectively.

Conclusion: As a result of the examination of the criteria for digitalization, it is revealed that businesses have a positive perspective on digitalization, but they must have the necessary financial strength for digitalization. At the same time, it is an important criterion for businesses to keep up with the change that will occur with digitalization and to discover new technologies. According to the results obtained based on the opinions of the experts in the sector, the necessity of digitalization is also known by the companies, and the companies want to be sure of the returns of the new technologies to be applied. Based on the fact that port operators compete in terms of port operations and transportation services, it will be the biggest strength of the companies in the future that the companies that will be the pioneers of the sector attach importance to digitalization. According to the findings, businesses can achieve this change and development with financial strength, openness to innovations and managers who are prone to digitalization. The application and realization of all these innovations, the necessity of employee training and the help of government incentives are also revealed by the experts working in the sector. Considering that the impact of manpower in ports will decrease in the future with the effect of automation and digital transformation, businesses that do not have the economic capacity for digitalization should use their manpower close to perfection. This can only be achieved with the right education and the fact that experts are working in their fields of expertise. Considering that even under all these situations, digitalization will lead the industry and make operations more optimized, companies should continue their development by paying attention to the 12 criteria specified in the study.

The level of digitalization is at its highest since container transportation is the latest terminal type to join the maritime industry, has a competitive market every day and is an intermodal transportation type that can carry out very high volumes of transportation at once. In the future, businesses will need more digitalization to improve their operational processes due to the increase in competition and the increase in the share of maritime transport in world trade.
