



LİMANLARDA TEKNOLOJİ VE İNOVASYON: BİR KONTEYNER TERMİNAL DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Son yıllarda teknolojik gelişmelerin hız kazanması, lojistik ve tedarik zinciri yönetimini de güncel teknolojik gelişmelerden yararlanmaya sevk etmektedir. Bu teknolojik gelişmelerin ve gelişen inovasyon kabiliyetinin, tedarik zinciri yönetiminin önemli parçalarından olan limanlar üzerinde de etkileri görülmektedir. Bulut bağlantısının büyümesinden, liman operasyonlarını izlemek için drone kameralarının artan kullanımına kadar, önümüzdeki yılların liman ve terminal endüstrisinde teknolojik ilerleme ve inovasyon dönemi olacağı düşünülmektedir. 5G ağ teknolojisi, nesnelerin interneti, drone kameralar, araçların interneti ve artırılmış gerçeklik uygulamaları akıllı dijital limanlar yaratılmasını sağlamaktadır. Limanlar, operasyonel verimliliği ve müşteri memnuniyetini arttırmak, uzun vadede maliyetlerini azaltmak amacıyla teknolojik gelişmelere uyum sağlamak zorundadırlar. Bu uyumun derecesi, liman işletmecilerini teknoloji ve inovasyon kabiliyetlerini değerlendirmeye yönlendirmektedir. Çalışmada, dünyada limancılık sektöründe gelişen teknolojik uygulamalara değinilmiştir. Örnek bir konteyner terminali, çalışmaya konu teknolojik gelişmelerin uygulanması bakımından değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Konteyner Terminal, Liman, Akıllı Teknolojiler, İnovasyon.

TECHNOLOGY AND INNOVATION IN PORTS: A CONTAINER TERMINAL EVALUATION

ABSTRACT

The acceleration of technological developments in recent years also encourages logistics and supply chain management to take advantage of current technological developments. These technological developments and developing innovation capability can also be seen on ports, which are an important part of supply chain management. From the growth of the cloud connection to the increasing use of drone cameras to monitor port operations, it is thought that the coming years will be a period of technological progress and innovation in the port and terminal industry. 5G network technology, the internet of things, drone cameras, the internet of vehicles and augmented reality applications enable the creation of smart digital ports. Ports must adapt to technological developments in order to increase operational efficiency and customer satisfaction and to reduce their costs in the long run. The degree of this compliance directs port operators to evaluate their technology and innovation capabilities. In the study, the technological applications developing in the port sector in the world are mentioned. A container terminal example has been evaluated for the implementation of the technological developments subject to the study.

Keywords: Container Terminal, Port, Smart Technologies, Innovation.

1. GİRİŞ

Son yıllarda teknolojik gelişmelerin hız kazanması ile birlikte limanlar, hizmet kalitelerini arttırmak amacıyla gelişen teknolojiler ve inovasyondan yararlanmaktadır. Gelişen teknolojiler arasında; bulut bağlantısı, 5G ağ teknolojisi, drone kameraların kullanımı, nesnelerin interneti, araçların interneti, artırılmış gerçeklik, blockchain teknolojisi tabanlı uygulamalar, optimizasyon ve veri bilimi uygulamaları gösterilmektedir (Acciaro ve Sys, 2020: 3). Bu uygulamalardan, özellikle liman operasyon hizmetlerinde faydalanılmaktadır. Bu teknolojiler ile birlikte akıllı limanlar ve sürdürülebilirlik kavramları da önem kazanmaktadır. Limanları, teknolojik gelişmelerden yararlanmaya sevk eden en önemli nedenlerden biri de sürdürülebilirlik kavramıdır (Bjerkkan ve Seter, 2019:244). Limanların; gemi yük hareketleri, depolama operasyonları, kaynak planlaması gibi faaliyetleri için bilgi teknolojilerinden yararlanması gerekmektedir. Aksi halde limanların, dijitalizasyon çağında teknolojik gelişmeler ve

inovasyondan bağımsız hareket etmeleri durumunda operasyonel sürdürülebilirliği sağlamaları mümkün olmayacaktır.

Dijital çağın ilerleyişi ve denizyolu taşımacılığının büyümesi ile birlikte limanlarda gerçekleştirilen teknolojik uygulamalar ve inovasyon kabiliyetine olan ilgi artmaktadır. Çalışmanın çıkış noktası, limanlarda faydalanılan son yıllardaki teknolojik gelişmeleri örnek bir konteyner terminal kapsamında değerlendirerek sektör ve literatüre katkı sunmaktır. Teknoloji, kendini yenileyen bir kavram olduğu için uygulamalar da sürekli değişmektedir. Bu nedenle, çalışma ile son yıllarda önem kazanan teknolojik kavramların sunulması ve Türkiye'deki örnek bir konteyner terminal aracılığıyla teknolojiden faydalanma seviyesinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın aşamaları sırasıyla; gelişen teknolojilere dair literatür araştırması, araştırmanın yöntemi, araştırmada gerçekleştirilen hipotez testi, veri toplama süreci, veri analizi ve yapılan analize dair sonuç ve öneriler olarak gerçekleşmiştir. Örnek konteyner terminali değerlendirmesi ile mevcut durumda limanlarda teknoloji ve inovasyon kullanımına dair çıkarımlar paylaşılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde, limanlara ilişkin teknoloji ve inovasyon uygulamalarına dair birçok farklı çalışma olduğu görülmektedir. Çalışmaların niteliği, uygulanan teknolojilerin kullanıldığı liman uygulamalarına göre farklılık göstermektedir. Endüstri 4.0 ve bulut bağlantılarının yaygınlaşması ile birlikte, limanlar ve konteyner elleçlemede fonksiyon gösteren konteyner terminalleri bu doğrultuda uygulamalara ağırlık vermektedirler. Gerçekleştirilen literatür çalışması ile son yıllarda gelişen ve limancılık sektöründe önem kazanan; dijitalizasyon, nesnelerin interneti, araçların interneti, drone kameralar, otomasyon ve teknoloji yönetimi için önemli olan veri analizi ve makine öğrenimi uygulamaları araştırılmıştır. Çalışma, limancılık sektöründe uygulamaya konulan son teknolojilerin sunulması ve Türkiye'nin elleçleme hacmi bakımından ilk beş terminali arasında yer alan konteyner terminalinin teknolojiden yararlanma seviyesinin değerlendirilmesiyle literatüre katkı sunmaktadır.

Son yıllarda önem kazanan teknolojilerin öncüleri arasında Nesnelerin interneti (IoT) yer almaktadır. IoT temel olarak, kablosuz teknolojilerin hayatımıza girmesiyle birlikte adreslenebilirlik özelliğine sahip nesnelerin internet aracılığı ile iletişime geçmesidir (Gündüz ve Daş, 2018:327). Son dönemlerde limanlarda nesnelerin internetine yönelik uygulamaların sayısının arttığı görülmektedir. Çalışmaların büyük çoğunluğu liman operasyonlarını ve nesnelerin internetini optimize etmeye yönelik uygulamalardan oluşmaktadır. Hoffman ve Branding (2019: 2104) gerçekleştirdikleri çalışmaları ile limanlarda gemi ve saha operasyonları için yoğun trafik yaratan araçların optimum sevkiyat politikaları için geliştirilen gerçek zamanlı karar desteğinin sağlanması ve bilgilerin kolay entegre edilebilmesi için IoT platformundan yararlanmışlardır.

Zhong vd. (2019:1) bir kargo limanında nesnelerin interneti modellemesi üzerine gerçekleştirdikleri çalışmaları ile tedarik zinciri yönetimine katkı sunabilmek için sensörlerden yararlanmışlardır. Sensörler aracılığı ile entegre edilecek bilgiler, operasyonel alanlarda ekipman ve operatör güvenliğini sağlayacaktır.

Limana terminal süreçlerinin karmaşık doğası gereği çoklu karar verme süreçlerinde kullanıcılar, veri toplayan anlık sistemlere yönelmektedir. IoT; son yıllarda verinin toplanması, işlenmesi ve anlık olarak karar destek sistemlerine destek sunması ile limanlarda otomasyon için önemli bir adımdır. Munuzuri, Onieva, Cortes & Guadix (2020:2), Seville Limanı'nda gerçekleştirdikleri demiryolu çizelgeleme ve gemi navigasyonuna yönelik nesnelerin interneti sistemi ile intermodal koridorda liman operasyonlarını optimize etmeyi amaçlamışlardır.

İnternet kullanımının artması ile birlikte yüksek veri hızı, daha geniş ağ kapasiteleri ve daha iyi kapsama alanlarının beklentisi gibi nedenlerden dolayı servis sağlayıcıları 5G ağı olarak adlandırılan teknolojiyi geliştirmeye yönelmiştir (Aydemir ve Cengiz, 2016:279). Yang, Ding, Zhang ve Lin (2019:279) otomasyona dayalı terminal rıhtımlarından biri olan Qingdao Limanı'nda örnek bir 5G ağ çalışması gerçekleştirilerek rıhtım vinçleri üzerinde sistem çerçevesi, senkronize güvenlik sinyali, video, görüntü, ses ve diğer bilgi paylaşımı için daha esnek, daha ekonomik ve daha güvenilir entegrasyon sağlandığını belirtmişlerdir.

Araştırmacıların büyük bir çoğunluğu 5G ağ teknolojilerinin liman operasyonlarının verimliliğine farklı bir boyut kazandıracağını vurgulamaktadırlar. Nikolopoulou vd. (2019:5) limanlarda sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için gelişen teknolojilerden yararlanmanın kaçınılmaz olduğunu vurgulamışlardır. Livorno Limanı ile gerçekleştirdikleri çalışmaları neticesinde, saha ve rıhtım arasında konteyner taşıyan araçların 5G ağ teknolojisi ile daha etkin ve verimli operasyonlar gerçekleştirebileceklerini belirtmişlerdir.

Gelecekte akıllı limanlar ve otomasyon tabanlı konteyner terminallerin artması ile birlikte insan kullanımına ihtiyaç olmayan ekipmanlar sayesinde operasyonlar gerçekleştirilecekler. Mevcut durumda yaygın olarak kullanılan RFID teknolojileri yerini 5G veya daha yüksek kapasite ile çalışan ağ bağlantılarına bırakacaktır. Bağlantı noktası ekipmanı aracılığıyla akıllı sensörlerden alınan veriler kablosuz olarak IoT ekosisteminin bir parçası olan hesaplama platformlarına iletilecektir. Bu durumun, veri analizi ve karar destek sistemleri kullanımını artırması beklenmektedir (Zhong vd., 2019:23).

Araçların interneti (IoV) de IoT ile benzer bir yaklaşımdır. İnternet aracılığıyla birbirleri ile bağlantı kuran nesnelere yalnızca araç olduğunda, IoT araçların interneti haline gelmektedir. Akıllı ulaşım sistemleri için temel bir veri algılama ve işleme platformu olarak kullanılmaktadır (Sadiku, Tembely ve Musa, 2018:12). Limanlarda artan otomasyonla birlikte, araçların internetinden yararlanılarak akıllı ekipman ve terminal tırlarına yönelim artmaktadır. Li ve Wang (2019:2) liman yükleme ve tahliye operasyonları için çalışan terminal tırlarının beklenmesini en küçüklemek amacıyla bir iş sıralama modeli sunmuşlardır. Çalışmada IoV teknolojisi aracılığıyla; konteyner tırlarının yeri, hızı ve güzergahı gibi transit bilgilerin toplanması, araçların varış zamanı, yükleme durumu gibi dinamik bilgilerin işlenmesi gerçekleştirilmektedir.

Son yıllarda, limanlarda araçların interneti ve otomasyon uygulamalarının artması ile insansız ekipman ve araçların operasyonlarda kullanımı hız kazanmaktadır. Otomatik güdümlü araçlar (Automated Guided Vehicles-AGV) olarak tanımlanan bu araçlardan tedarik zinciri yönetiminin çeşitli alanlarında yararlanılmaktadır. AGV'lerin tüm konsepti Esnek İmalat Sistemleri (FMS) sistemine dayanmaktadır. Sistemin en önemli avantajı, karşılaşılacak sorunlar olması durumunda operasyonel faaliyetlerde değişiklik veya değişiklik yoluyla esneklik sağlamasıdır (Li, Adriaansen, Udding ve Pogromsky, 2011:13852). Deng, Liu, Sun, He ve Lu (2019:25) otomasyona dayalı bir konteyner terminalde test edilen AGV'ler ile oto-pilot özelliğinin terminal içi aktarımda standart terminal çekicilerine göre konteyner çevrim hızı açısından daha verimli sonuçlar sunduğunu belirtmişlerdir.

AGV'ler; gelişmiş sensör ve lazer sistemlerini desteklemesi, bilgisayar sistemleri tarafından kontrol edilen manevra kabiliyetleri, güvenlik ve otomasyon avantajları neticesinde limanlar tarafından tercih edilmektedir. Limanların, dijitalleşme süresince yalnızca otomasyona dayalı çözümleri terminal işletim sistemi ile birleştirmeleri yeterli olmamaktadır. Bunun yanı sıra terminallerin AGV tabanlı operasyonları desteklemeye ağırlık vermeleri gerekmektedir. Bu amaçla, Watfa ve Karmadi (2019:3) AGV'ler ile sensör ağlarını kullanarak otomatik konteyner terminalinde düzgün trafik ile bir geminin toplam tahliye süresi azaltılmıştır.

İnsansız ekipmanların yanı sıra limanlarda sıklıkla faydalanılan ekipmanlardan biri de drone kameralar olmaktadır. Özellikle, güvenlik önlemlerinin yüksek olduğu çoğu liman operasyon hizmetlerinde drone kameralardan yararlanılmaktadır. Drone, insansız olarak gidebilen hava veya deniz araçlarını ifade etmektedir. Drone kameralar ise insan yardımıyla uzaktan kumanda edilerek ses ve görüntü alan cihazları ifade etmektedir (Kahveci ve Can, 2017: 513). American Shipper (2020) tarafından gerçekleştirilen araştırmaya göre 2020 yılı itibarıyla terminallerin büyük bir çoğunluğunda drone kameralardan yararlanılacağı öngörülmektedir. Harita / fotoğraf atamalarına, güvenlik ve gözetlemeye ek olarak, liman insansız kameraları bir insan mürettebatını zorlayabilecek arama ve kurtarma görevlerinde de faydalı olacağı belirtilmektedir.

Limanlarda otomasyon, insansız ekipmanlar, drone kameralar ve ağ bağlantı kalitesinin artması ile birlikte veriye ulaşım ve veri analizi kavramları da son yıllarda önem kazanmaktadır. Önceki yıllarda, verinin kaydedilmesi ve analizi birçok liman için sorun teşkil etmekteydi. Liman operasyon performansının iyileştirilmesi için veri analizi ve modelleme kavramları, oluşturulan modellerin terminal işletim sistemleri ile entegrasyonu sayesinde hız kazanmaktadır. Gerçekleştirilen analizler neticesinde, canlı sistemler aracılığıyla anlık veriye ulaşmanın liman operasyonlarında olumlu etkisi

olduğu gözlenmektedir. Conca, Febraro, Giglio ve Rebaro (2018:78) gemi planlama aşamasında diğer liman işletmecileri ve konteyner acenteleri tarafından anlık paylaşılan verilerin, planlama ve operasyon kalitesi açısından daha verimli olduğunu vurgulamışlardır.

Akyüz, Çiçek ve Çelik (2019:276) gerçekleştirdikleri karşılaştırmalı analizler ile veri analizi ve makine öğreniminin denizyolu taşımacılığına önümüzdeki dönemlerde büyük katkılar sunacağını belirtmektedir. Sektörde faaliyet gösteren işletmeler; bu uygulamalar ile birlikte özellikle yolculuk optimizasyonu ve ekonomisi, ulaşımın sürdürülebilirliği, navlun oranlarının kontrolü, bakım tahmini, köprü ve motor kontrolü üzerinde dijitalleşme gibi belirli bir nakliye problemi için uygun algoritmaya odaklanma hakkında bir fikir edinebileceklerdir. Benzer bir yaklaşım ile Irannezhad, Prato ve Hickman (2020:20) geliştirdikleri optimizasyon modelini karar verme teorileri ile birleştirerek “Hinterland konteyner taşımacılığında akıllı bir DSS'nin liman topluluğu sisteminin katma değerli bir hizmeti olarak muhtemel etkisi nedir?” ve “Hinterland konteyner taşımacılığında yük ajanlarının dinamik talebini ve arzını karşılamak ve çeviklik sağlamak için optimum bir iş birliği stratejisi nasıl formüle edilebilir?” olmak üzere iki soruyu araştırmışlardır. Soruların cevabını araştırmak için gerçekleştirilen iki haftalık konteyner hareketlerinin simülasyon sonuçları, toplam nakliye maliyetleri ve kat edilen mesafe açısından büyük tasarrufların yanı sıra kamyonların kaynak paylaşımından daha fazla kullanılmasını göstermektedir.

Limanlarda, teknoloji ve inovasyon çalışmaları birbirini takip etmektedir. Son dönemlerde gerçekleştirilen uygulamalar ve inovasyona dayalı çözümler, gelişen teknolojilerin etkili kullanımını sağlamaktadır. Vanelslender vd. (2019:613) 2011-2018 yılları arasında liman ve ilişkili inovasyon girişimlerini inceleyerek limanların inovasyona dayalı çözümleri ve bu çözümleri gerçekleştirmedeki yaklaşımlarını incelemiştir. Belirtilen yıllar arasında gerçekleştirilen çözüm ve uygulamaların kısıtlı olduğu, ancak son yıllarda gerçekleştirilen iş birliklerinin neticesinde birçok işletmenin operasyonel mükemmeliyet için inovasyona yönelik çözümleri benimsemeye adım attığı ortaya konulmuştur.

Yang, Cai, Wei ve Huang (2019:4) deniz ulaştırma lojistiği zincirleri boyunca inovasyonun başarı için temel belirleyici faktörlerden biri olduğunu vurgulamaktadır. Inovasyon süreçlerinin iyileştirilmesi için bireysel uygulamalara nazaran terminal işletmecileri, gemi hatları, liman yöneticileri, denizcilik tedarik zinciri oyuncularının geliştirilen operasyonel ve stratejik kararlara karşı ortak bir uygulama alanı belirlemeleri önerilmektedir. Bu, ortaklığın önümüzdeki yıllarda sektörde inovasyona dayalı iyileştirmeleri arttıracığına inanılmaktadır.

Son yıllarda limanlarda inovasyona yönelik önem kazanan uygulamalardan bir diğeri de sürdürülebilirlik kavramı olmaktadır. Gelişen teknolojileri çevresel koşullar ile birleştirmek için birçok araştırmacı farklı çalışmalara yoğunlaşmaktadır. Twrdy ve Zanne (2020:542) Avrupa sınırlarında faaliyet gösteren Koper Limanı ve Akdeniz Limanı üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmaları ile çevresel ayak izini azaltmak için inovasyona dayalı bir altyapı örneği sunmaktadırlar. Yeşil altyapı çözümü sayesinde, Koper Limanı'nın daha rekabetçi bir yapıya bürünebileceğini belirtmişlerdir.

3. YÖNTEM

Örnek konteyner terminali, literatür araştırması ışığında son yıllarda gerçekleştirilen teknolojik uygulamaların kullanımı açısından nicel bir araştırma kapsamında değerlendirilmiştir. Araştırma yöntemini gerçekleştirmek için örnek konteyner terminali çalışanlarının değerlendirmelerine başvurulmuştur. Çalışan değerlendirmeleri ile elleçleme hacmi açısından Türkiye'nin ilk beş terminali içerisinde bulunan konteyner terminalin gelişmekte olan teknolojilerden yararlanması ve bu teknolojilere uyumunun anlaşılması amaçlanmıştır.

3.1. Araştırmanın Hipotezi

Araştırma kapsamında, örnek konteyner terminalde teknolojik gelişmelerden yararlanıp yararlanmadığının anlaşılması amacıyla aşağıdaki hipotez geliştirilmiştir:

H₀: Konteyner terminalinde, belirtilen teknolojik gelişmelerden yararlanma ve uyum açısından araştırma gruplarının görüşleri arasında farklılık yoktur.

H₁: Konteyner terminali, belirtilen teknolojik gelişmelerden yararlanma ve uyum açısından araştırma gruplarının görüşleri arasında farklılık vardır.

3.2. Veri Toplama ve Analiz Yöntemi

Son yıllarda limanlarda kullanılan teknolojiler ve inovasyon uygulamalarının kullanımını değerlendirmek amacıyla, çalışmaya konu konteyner terminalinde uygulamaları değerlendirme bilgi ve becerisine sahip çalışanlar ile anket çalışması ve yüz yüze toplantılar gerçekleştirilmiştir. Anket çalışması sırasıyla; 5G ağ teknolojisi, altyapısı hazırlığı ve kullanımı, nesnelerin interneti, araçların interneti kullanımı ve kullanım seviyesi, otomasyona dair uygulamalar ve otomasyonun derecesi, inovasyona yönelik çözümler ve uygulanması olmak üzere beş bölümden meydana gelmektedir. Anket sorularına ait cevap seçenekleri evet/hayır, 5'li likert tipi ölçek (1: Kesinlikle katılmıyorum, 5: Kesinlikle katılıyorum), katılımcıya yönelik çoktan seçmeli seçeneklerin yer aldığı yanıtlardan oluşmaktadır. Anket çalışması için katılımcı sayısının yeterliliğini ölçümlemek için örneklem büyüklüğü hesaplanmıştır. Anket çalışması ve yüz yüze görüşmeler doğrultusunda çalışanlar tarafından gerçekleştirilen değerlendirmelerin çalışmaya konu konteyner terminal evrenini temsil edebilmesi için örneklem büyüklüğü hesaplanmıştır. Ankete konu beş bölümü değerlendirebilecek bilgi ve deneyime sahip departmanlar sırasıyla Bilgi İşlem, Operasyon Planlama ve Kontrol, İş Geliştirme, Ekipman Bakım ve Onarım olmaktadır. Bu departmanlara ait saha personeli dışındaki toplam çalışan sayısı 64 kişiden oluşmaktadır. Evrendeki eleman sayısının bilindiği durumlarda:

$$n = \frac{N t^2 p q}{d^2(N-1) + t^2 p q} \quad (1)$$

N: Evrendeki birey sayısı

n: Örneklem alınacak birey sayısı

p: Olayın gerçekleşme olasılığı

q: Olayın gerçekleşmeme olasılığı

t: Serbestlik derecesi

d: Olayın görüş sıklığına göre sapma olarak hesaplanmaktadır (Arlı ve Nazik, 2001:19).

Evrendeki eleman sayısı N=64, çalışmanın güven düzeyi (α) 0,05, p=0,5, q=0,5 ve belirlenen güven düzeyinde t=1,96 serbestlik derecesi ile anket ve yüz yüze görüşmelere katılması gereken çalışan sayısı 55 kişi olarak hesaplanmaktadır. Çalışmada, tabaka ağırlığı (n/N) %86 olarak hesaplanmıştır. Hesaplama doğrultusunda, ilgili departmanlardan Tablo 1'deki kişi sayısı çalışmaya dahil edilmiştir.

Tablo 1: Departman Bazında Katılımcı Sayısı

Bilgi İşlem	18
Operasyon Planlama ve Kontrol	24
İş Geliştirme	3
Ekipman Bakım ve Onarım	10
Toplam	55

Kaynak: Örnek Konteyner Terminal Yönetimi

2020 Nisan-Mayıs aylarında internette yer alan anket uygulamaları aracılığıyla gerçekleştirilen anket çalışmasına belirtilen departmanlardaki tüm katılımcılar katılmıştır. Anket sonuçlarını desteklemesi amacıyla, uzaktan toplantı uygulamaları ve yüz yüze toplantılar aracılığıyla görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ankete katılım; üst, orta düzey yöneticiler ve çalışanlardan meydana gelmektedir. Çalışanların terminal tecrübesi 2 ila 13 yıl arasında değişmektedir.

Çalışmada; çalışanlar gelişen teknoloji ve inovasyon kavramlarının terminaldeki mevcudiyeti, olası gelişimi ve uygulanabilirliğini değerlendirmek için belirlenen katılımcı sayısı özelinde altyapı ve uygulama olarak iki gruba ayrılmıştır. İki grup halinde katılımcılarının cevaplarının izlenmesinin sebebi belirtilen departmanların bir kısmının doğrudan teknolojik gelişmelerin terminaldeki altyapısının kurulması ile ilgilenmesi, diğer kısmının ise altyapısı kurulan gelişmelerin uygulanması ve test edilmesi faaliyetleri üzerine çalışmasıdır. Bu nedenle çalışmada; altyapı grubu olarak Bilgi İşlem ve İş Geliştirme, uygulama grubu olarak ise Operasyon Planlama ve Kontrol, Ekipman Bakım ve Onarım

departmanları incelenmiştir. İki grubun arasında, konteyner terminaldeki teknoloji ve inovasyon uygulamalarına yönelik algısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ölçümlemek ve hipotez testini gerçekleştirmek için örneklem büyüklüğü dikkate alınarak Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Dağılımın normal olmadığı veya şeklinin net olarak bilinmediği, örneklem sayısının az olduğu durumlarda grupların medyan değerlerinin karşılaştırıldığı Mann-Whitney U testi kullanılmaktadır (Bindak, 2014: 6).

4. BULGULAR

4.1. 5G Ağ Altyapısına İlişkin Değerlendirmeler

Anketin ilk bölümünde 5G ağ altyapısı, hazırlığı ve kullanımına yönelik cevaplar değerlendirilmiştir. Mevcut durumda ülkemizde 5G ağ altyapısı için çalışmalar devam etmektedir. Bu teknolojiye yönelik uygulamalar henüz deneyimlenmemiştir. Bu nedenle, ilk bölüme yönelik verilen cevaplar terminalin 5G ağ altyapısına hazırlığı ve kullanım alanlarını anlamaya yönelik olmaktadır. Tablo 2’de; çalışanlar, terminalde 5G ağ kullanımı olmadığını belirtmişlerdir. Altyapı ve uygulama grupları, 5G ağ altyapısının hazırlığı üzerinde çalışılması ve hangi alanlarda yararlanılacağına bilinmesi konusunda farklı görüşlere sahiptirler. Ek olarak çalışanların bir kısmı, 5G ağ teknolojisinin ülkemizde kullanılmaya başlanmasıyla kısa sürede terminal bünyesinde yüksek seviyede yararlanılacağını düşünmemektedir. Bu görüşün temel nedeni 5G ağ altyapısının öncelikli olarak yaygın olarak test edilmesi ve teknolojik etkilerinin, maliyet avantajlarının gözlemlenmek istenmesidir.

Tablo 2: 5G Ağ Altyapısına İlişkin Çalışanların Değerlendirmeleri

	Altyapı Grubu				Uygulama Grubu			
	Evet		Hayır		Evet		Hayır	
	n	%	n	%	n	%	n	%
5G ağ kullanımı	0	0	21	100%	0	0	34	100%
5G ağ altyapısı hazırlığı	18	86%	3	14%	24	71%	10	29%
Altyapının yaygınlaşmasıyla kısa sürede yüksek seviyede uygulamadan yararlanılması	13	62%	8	38%	29	85%	5	15%

4.2. Nesnelerin İnternetine İlişkin Değerlendirmeler

Nesnelerin internetine yönelik konu konteyner terminalde birçok farklı alanda uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Özellikle konteyner elleçleyen ekipmanların güvenliğini sağlamak için sensörler, lazer sistemleri ile ekipmanlar arasındaki iletişimin sağlanması, terminalde gerçekleştirilen terminal çekicilerinin konteyner hareketleri, saha ve rıhtım vinçlerinin elleçleme bilgileri gibi anlık verilerin terminal işletim sistemine aktarılması için gereken tüm uygulamalarda nesnelerin internetinden yararlanılmaktadır. Ayrıca, mevcut durumda IoT ağındaki bilgiler bulut ortamında toplanıp depolanmaktadır. IoT ağında edinilen veriler canlı sistemler ve veritabanı aracılığıyla veri analizi ve modellemesine de imkân sağlamaktadır. Tablo 3’te çalışanların değerlendirmeleri sunulmuştur.

Tablo 3: Nesnelerin İnternetine İlişkin Çalışanların Değerlendirmeleri

	Altyapı Grubu				Uygulama Grubu			
	Evet		Hayır		Evet		Hayır	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Nesnelerin interneti kullanımı	21	100%	0	0	34	100%	0	0
Nesnelerin internetine yönelik sensör, lazer vb. uygulamalardan yararlanılması	21	100%	0	0	34	100%	0	0
Bulut teknolojilerini nesnelerin interneti ile birleştirilmesi	21	100%	0	0	34	100%	0	0
Terminal içi uygulamalardan yararlanılması	21	100%	0	0	34	100%	0	0

Gerçekleştirilen değerlendirmenin neticesinde altyapı ve uygulama gruplarının tamamı terminal bünyesinde aktif olarak nesnelere interneti ve ilişkili uygulamalardan yararlandığını belirtmişlerdir.

4.3. Araçların İnternetine İlişkin Değerlendirmeler

Nesnelere internetine benzer bir yaklaşımla terminalde araçların interneti teknolojilerinden faydalandığı görülmektedir. Özellikle terminal tırlarının anlık lokasyonlarının, taşıdıkları konteynere ilişkin bilgilerin ve konteynerin istifleneceği saha lokasyon adreslerinin takip edildiği terminal içi geliştirilen bir uygulama olan terminal tırı takip sistemi araçların internetine ilişkin önemli bir örnek teşkil etmektedir. Bu uygulama aracılığıyla, terminal tırlarının operasyonel performansı takip edilebilmektedir. Ayrıca, saha vinç ve ekipmanlarının anlık iş yükü dağılımı da takip edilebildiğinden terminal içi trafik ve yoğunluk haritası ile terminalin operasyonel durumu takip edilebilmektedir. Tablo 4 ile çalışanların araçların interneti ilişkin değerlendirmeleri sunulmuştur.

Tablo 4: Araçların İnternetine İlişkin Çalışanların Değerlendirmeleri

	Altyapı Grubu				Uygulama Grubu			
	Evet		Hayır		Evet		Hayır	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Araçların interneti kullanımı	21	100%	0	0	34	100%	0	0
Araçların internetine yönelik yardımcı ekipman ve uygulamalardan yararlanması	21	100%	0	0	34	100%	0	0
Bulut teknolojilerinin araçların interneti ile birleştirilmesi	21	100%	0	0	34	100%	0	0
Terminal içi uygulamalardan yararlanması	21	100%	0	0	34	100%	0	0

Değerlendirmelerin neticesinde her iki grup da araçların interneti uygulamalarından yararlandığını belirtmektedirler. Ancak, gerçekleştirilen yüz yüze ve uzaktan toplantı uygulamaları aracılığıyla araçların internetinin terminal bünyesinde kullanım alanlarının diğer ekipmanları da dahil edecek şekilde genişletilmesini önermektedirler.

4.4. Otomasyon Seviyesine İlişkin Değerlendirmeler

Bu bölümde; AGV, drone kameralar gibi insansız, uzaktan kontrol edilen ekipmanların kullanımına ilişkin değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışan gruplarından otomasyonun seviyesini; uzaktan kontrol edilen ekipmanların kullanımı, altyapısı, personelin yeterliliği açısından 5'li likert tipi ölçek ile (1: Çok Düşük, 5: Çok Yüksek) değerlendirmeleri beklenmiştir. Gruplar bazında gerçekleştirilen değerlendirmeler neticesinde; altyapı grubuna ait çalışanların değerlendirmeleri $\mu=2,81$, uygulama grubuna ait çalışanların değerlendirmeleri $\mu=2,47$ olarak gerçekleşmiştir. Altyapı grubu, uygulama grubuna göre konteyner terminalde otomasyon seviyesinin daha yüksek olduğunu nitelendirmiştir. Uygulama grubu, terminalde henüz AGV'lerden yararlanılmadığı için otomasyon değerlendirmesini terminal işletim sisteminin otomasyonuna yönelik çalışmalar nezdinde yaptıklarını belirtmişlerdir. Altyapı grubu ise, AGV ler henüz kullanılmasa dahi insansız kullanılan ekipmanlara örnek olarak drone kameralardan yüksek seviyede yararlandığını belirtmişlerdir. Ek olarak altyapı grubu, tam otomasyonlu sisteme geçiş için gerekli hazırlıkları gerçekleştirebilecek teknolojik donanım ve teknik personele sahip olduklarını belirtmişlerdir.

4.5. İnovasyon Seviyesine İlişkin Değerlendirmeler

Çalışmaya konu konteyner terminalde gruplara; ekipmanlara, sürdürülebilir terminal, terminal işletim sistemi, terminal altyapısı ve trafik düzenlemesi, çalışanların teknik bilgi ve becerilerinin geliştirilmesine yönelik inovasyon kapsamında sorular sorulmuştur. Çalışanlar, bu bölümde sorulara 5'li likert tipi ölçeğe göre (1: Çok Düşük, 5: Çok Yüksek) cevap vermişlerdir. Altyapı grubunun değerlendirmesi neticesinde inovasyon seviyesi $\mu=3,14$ olmuştur. Uygulama grubunun değerlendirmesi ise $\mu=3,06$ olarak gerçekleşmiştir. Grupların değerlendirmelerinde farklılık gözlenmesinin temel nedeni olarak sürdürülebilir inovasyon uygulamalarının, farklı bir deyişle çevresel ayak izini azaltmaya yönelik uygulamaların yetersiz olduğu belirtilmektedir. Uygulama grubu, terminal işletim sistemi ağırlıklı inovasyona yönelik uygulamaların sayıca daha fazla olduğunu belirtmektedir. Bu uygulamalar,

genellikle planlama uzmanlarının iş yoğunluğunu hafifletecek otomatik sistemlerin entegrasyonu ve optimizasyon modellerini kapsamaktadır. İki grup da sürdürülebilir terminale ve ekipmanlara yönelik inovasyona daha fazla ağırlık verilmesi gerektiğini belirtmektedir.

4.6. Hipotez Testinin Sonuçları

Konteyner terminalde, altyapı ve uygulama gruplarında gerçekleştirilen değerlendirmeler neticesinde son yıllarda gelişmekte olan teknolojik uygulamalar ve inovasyondan yararlanma açısından gruplar arasında görüş farklılığı olup olmadığı araştırılmaktadır. Altyapı ve uygulama grubunun görüşleri neticesinde, hipotez testinin sonucunda önemli bir farklılık gözlemlenmesi durumunda teknolojik uyum ve inovasyon kabiliyeti bakımından çalışanların farklı görüşlere sahip olduğu değerlendirilmektedir. Bu durumun neticesinde, konteyner terminalinde son yıllarda gerçekleştirilen teknolojik uygulamaların anlaşılıp, benimsenmesinden söz edilememektedir. IBM SPSS Statistics Version 23 programı ile gerçekleştirilen Mann-Whitney U testi sonucunda p değerinin 0,05 in altında olmadığı görülmektedir. Altyapı ve uygulama grubu arasında, teknolojik gelişmelerin değerlendirilmesi bakımından önemli bir fark olduğunun tespit edilebilmesi için p değerinin 0,05 in altında olması gerekmektedir (Kul, 2014:12). Şekil 1’de Sig. (p) değeri 0.415 (>0,05) olarak tespit edildiği için “ H_0 : Konteyner terminalinde, belirtilen teknolojik gelişmelerden yararlanma ve uyum açısından araştırma grupları arasında görüş farklılığı yoktur.” sıfır hipotezi ret edilmemektedir. Bu nedenle, altyapı ve uygulama gruplarının görüşleri örnek konteyner terminalde son yıllarda gelişen teknoloji ve inovasyon uygulamaları bakımından anlamlı düzeyde farklılık göstermemektedir.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Puan is the same across categories of Grup.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,415	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Şekil 1: Mann-Whitney U Testi Çıktısı (IBM SPSS Version 23)

Altyapı ve Uygulama gruplarına göre gerçekleştirilen değerlendirmeler Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5: Gruplara Dair Tanımlayıcı İstatistikler

	n	μ	S.S	Min	Mak
Altyapı	21	3,09	0,552	2	4
Uygulama	34	3,24	0,604	2	4

* n: toplam katılımcı, μ = ortalama, S.S= standart sapma, Min= minimum değerlendirme puanı, Mak= maksimum değerlendirme puanı

Tablo 6 ile IBM SPSS programı aracılığıyla gerçekleştirilen Mann-Whitney U testine dair test istatistikleri detaylı olarak sunulmuştur. Asymp. Sig. (2-tailed), yani p değeri her iki örnekten alınan değerlerin aynı istatistiksel popülasyondan alındığı varsayılarak 316’dan daha küçük U değerlerinin alınma olasılığını göstermektedir.

Tablo 6: Mann-Whitney U Test İstatistikleri

	Puan
Mann-Whitney U	316,000
Wilcoxon W	547,000
Z	-,816
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,415

Kaynak: IBM SPSS Version 23

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen teknoloji ve inovasyonun etkileri, tedarik zinciri yönetiminin her aşamasında görülmektedir. Tedarik zincirinin ayrılmaz bir parçası olan limanlar da gelişen teknolojilerle kendilerini yenilemektedir. Liman operasyonlarında verimliliğinin artması için liman işletmecileri, son yıllarda önem kazanan teknolojik gelişmeleri bünyelerinde uygulamaktadır. Gelişen teknolojiler beraberinde, yenilikçi yaklaşım ve çözümleri getirmektedir. Böylelikle, limanlarda teknoloji ve inovasyon kavramları birbirlerini izlemektedir.

Çalışmada, son yıllarda limanlar için önem kazanan teknoloji uygulamaları ve yenilikçi çözümlerin araştırması yapılmıştır. Türkiye'nin elleçleme hacmi bakımından ilk beş konteyner terminali arasında bulunan örnek konteyner terminalinin belirtilen teknolojik gelişmeler açısından değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, son yıllarda limancılık sektöründe gelişen ve önem kazanan teknolojik uygulamaların araştırılması ve ülkemizin önde gelen konteyner terminali vasıtasıyla bu uygulamaların uygulanma seviyeleri ile ilgili çıkarımlarda bulunmaktır. Literatür araştırması neticesinde son yıllarda limancılık sektöründe; nesnelere interneti, 5G ağ teknolojisi, araçların interneti, drone kameralar, otomasyon, dijitalizasyon, veri analizi, modelleme ve optimizasyon kavramlarının önem kazandığı görülmektedir. Bu nedenle, örnek konteyner terminalinde bahse konu teknolojilerin uygulama ve uygulama alanları, altyapı ve yararlanma seviyeleri araştırılmıştır.

Çalışmanın amacına ulaşabilmek için konteyner terminal çalışanlarına sırasıyla; 5G ağ teknolojisi, nesnelere interneti, araçların interneti kullanımı, otomasyon ve inovasyon seviyesi ile ilgili olmak üzere beş bölümden oluşan anket yöneltilmiştir. Anket çalışmasının yanı sıra, terminal çalışanları ile yüz yüze ve uzaktan toplantı uygulamaları aracılığıyla görüşmeler organize edilmiştir. Anket ve görüşme çalışmalarının geçerliliğinin sağlanabilmesi için öncelikle sorulara cevap verebilecek bilgi ve tecrübeye sahip departmanlar belirlenmiştir. Bu departmanlardan çalışmalara katılacak çalışan sayısı için örneklem büyüklüğü hesaplanmıştır. Departmanların terminal bünyesindeki fonksiyonlarına göre araştırma grupları, teknolojilerin geliştirilmesi ve testinden sorumlu altyapı ve uygulanmasından sorumlu uygulama grubu olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Araştırmada, gelişen teknolojik uygulamaların terminalde uygulanması konusunda gruplar arasında görüş farklılığı olup olmadığının belirlenmesi için "Konteyner terminalinde, belirtilen teknolojik gelişmelerden yararlanma ve uyum açısından araştırma grupları arasında görüş farklılığı yoktur" hipotezi test edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, araştırma grupları olan altyapı ve uygulama arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. İki grup da terminal bünyesinde gelişmekte olan teknolojilerin kısmen uygulandığını ve henüz orta seviyede olduğunu belirtmiştir.

Bölüm bazında değerlendirmeler incelendiğinde her iki araştırma grubu da henüz ülkemizde ve konteyner terminalinde 5G ağ teknolojilerinden yararlanılmadığını, ancak bu teknolojiye yönelik altyapı çalışmalarının sürdüğünü belirtmiştir. Konteyner terminali, 5G ağ teknolojisine karşı şüpheci bir yaklaşımda olmasına rağmen teknolojinin sunacağı hız ve maliyet avantajlarından faydalanmak istemektedir. Anlık verilere erişim için, teknolojinin mevcut ağ teknolojilerinden çok daha etkili olacağı düşünülmektedir. Konteyner terminalinde, IoT uygulamalarından yararlanıldığını her iki grubun tamamı da belirtmiştir. Özellikle; sensör, plc, RFID ve lazer uygulamaları ile aktarılan veriler aracılığıyla anlık operasyon faaliyetleri kolaylıkla takip edilebilmektedir. Veriler, bulut teknolojisi ile saklanmaktadır. Benzer bir yaklaşım ile her iki grubun tamamı araçların internetinden terminal uygulamalarında yararlanıldığını belirtmiştir. Çalışanlar; terminal tırı takip sistemi, canlı sistem yoğunluk haritası gibi uygulamaların Türkiye'deki diğer terminallerde henüz geliştirilmediğini ancak örnek konteyner terminalinde IoV teknolojisinin benimsendiğini belirtmişlerdir. Otomasyon seviyesine ilişkin değerlendirmelerde, gruplar arası farklı görüşler söz konusudur. Bu farklılığın temelinde; altyapı grubunun doğrudan uygulamaların geliştirilme ve takip aşamasına, uygulama grubunun ise uygulama alanlarına odaklanması yatmaktadır. Terminal bünyesinde henüz AGV'lerden yararlanılmaması, insansız ekipmanların olmaması, robotik süreçlere geçiş aşamasında olunması düşük-orta seviyede değerlendirmeye sebebiyet vermiştir. En son bölüm olan inovasyon seviyesinin değerlendirmesinde, gruplar arasında farklı görüşler söz konusudur. Farklılığın temelinde; altyapı grubu sürdürülebilir inovasyon dışında pek çok yenilikçi yaklaşımın altyapı ve uygulamasının terminalde mevcut olduğunu belirtmesi, uygulama grubunun ise yenilikçi uygulamaların çoğunlukla terminal işletim sistemi üzerine

yoğunlaştığı ancak ekipman ve sürdürülebilirlik açısından eksik kaldığını belirtmesi olmuştur. Her iki grup da orta-yüksek seviyede inovasyon uygulamalarının söz konusu olduğunu düşünmektedir.

Gerçekleştirilen yüz yüze gelişmeler neticesinde konteyner terminalde gelişen teknolojilerden yararlanmak için birçok yatırım planının söz konusu olduğu ve altyapı çalışmalarının sürdüğü öğrenilmiştir. Terminalin, karbon ayak izini azaltmak için de sürdürülebilir terminal kapsamında çalışmalara başladığı belirtilmiştir. Önümüzdeki yıllarda otomasyon derecesini arttırmak için AGV'ler ve insansız çalışan vinçlerden yararlanılması planlanmaktadır. Terminal, teknoloji ve inovasyona yaptığı yatırımlar neticesinde Avrupa'da da önemli elleçleme merkezlerinden biri haline gelmeyi hedeflemektedir.

Bu çalışma, son yıllarda (2018-2020) sektörde önem kazanan teknolojilerin araştırılması ile literatür ve sektöre katkı sunmaktadır. Ayrıca, gelişen teknolojilerin uygulanma seviyesini Türkiye'nin elleçleme hacmi, teknik bilgi ve beceri, inovasyon kabiliyeti bakımından önde gelen terminallerinden birinde araştırarak Türkiye'deki limanların teknolojiye faydalanma ve inovasyon seviyeleri ile ilgili fikir vermektedir. Türkiye'deki limanların, son yıllarda gelişen teknolojilerden yararlanma ve uygulama seviyesinin daha net anlaşılabilmesi için farklı liman veya konteyner terminallerin araştırmaya dahil edilerek örneklem büyüklüğünün genişletilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- ACCIARO, M. & SYS, C. (2020). Innovation in the maritime sector: aligning strategy with outcomes. *Maritime Policy & Management*, 4(1), 1-20. doi:10.1080/03088839.2020.1737335.
- AKYÜZ, E., ÇİÇEK, K. & ÇELİK, M. (2019). A comparative research of machine learning impact to future of maritime transportation. *Procedia Computer Science*, 158(1), 275-280. doi:10.1080/03088839.2020.1737335
- AMERICAN SHIPPER (2020). Commentary: Drone use by ports to increase in 2020. <https://www.freightwaves.com/news/commentary-drone-use-by-ports-to-increase-in-2020> [Erişim: 6 Haziran 2020].
- ARLI, M. & NAZİK, H. (2001). *Bilimsel araştırmaya giriş*. Ankara, Gazi Yayınevi.
- AYDEMİR, M. & CENGİZ, K. (2016). A potential architecture and next generation Technologies for 5G wireless networks. 24th Signal Processing and Communication Application Conference. Zonguldak, Turkey.
- BJERKAN, K. & SETER, H. (2019). Reviewing tools and technologies for sustainable ports: Does research enable decision making in ports? *Transportation Research Part D*, 72(1), 243-260.
- BİNDAK, R. (2014). Mann-Whitney U ile Student's t testinin 1.tip hata ve güç bakımından karşılaştırılması: Monte Carlo simülasyon çalışması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(1), 5-11.
- CONCA, A., FEBRRARO, A., GIGLIO, D. & REBARO, F. (2018). Automation in Freight port call process: real time data sharing to improve stowage planning. *Transportation Research Procedia*, 30(1), 70-79. doi: 10.1016/j.trpro.2018.09.009.
- GÜNDÜZ, M. & DAŞ, R. (2018). Nesnelerin interneti: Gelişimi, bileşenleri ve uygulama alanları. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(2), 327-335. doi: 10.5505/pajes.2017.89106.
- DENG, Y., LIU, Q., SUN, H., HE, J. & LU, L. (2019). Terminal container automated guided vehicle based on Lidar navigation. *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*, 3(1), 20-29. doi: 10.1117/12.2526047.
- HOFFMAN, W. & BRANDING, F. (2019). Implementation of an IoT – and Cloud- based digital twin for real-time decision support in port operations. *IFAC Papers Online*, 52(13), 2104-2109. doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.516.
- IRANNEZHAD, E., PRATO, C. & HICKMAN, M. (2020). An intelligent decision support system prototype for hinterland port logistics. *Decision Support Systems*, 130(1), 18-59.

- KAHVECİ, M & CAN, N. (2017). İnsansız hava araçları: Tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu. *Selçuk Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*,5(4), 511-535. doi: 10.15317/Scitech.2017.109.
- KUL, S. (2014). İstatistik sonuçlarının yorumu: P değeri ve güven aralığı nedir? *Bulletin of Pleura*,8(1), 11-14. doi: 10.5152/pb.2014.003.
- LI, S. & Wang, L. (2019). A scheduling framework for railway container terminals based on internet of vehicles. *Journal of Physics*, 5(1), 1-7. doi:10.1088/1742-6596/1176/5/052014.
- LI, Q., ADRIAANSEN, C., UDDING, J. & POGROMSKY, A. (2011). Design and control of automated guided vehicle systems: A case study. 18th World Congress The International Federation of Automatic Control. Milano, Italy.
- MUNUZURI, J., ONIEVA, L., CORTES, P & GUADIX, J. (2020). Using IoT data and applications to improve port-based intermodal supply chains. *Computers and Industrial Engineering*, 139(1), 1-15. doi: 10.1016/j.cie.2019.01.042.
- NIKOLOPOULOU, A., AMDITIS, A., TSIMIKLIS, G., TSERTOU, A., LATSA, KRİKIGIANNI, E., LU, M., ... & SLINGENBERG, A. (2019). Sustainable port development: towards the physical internet concept. 6th International Physical Internet Conference. London, UK.
- SADIKU, M., TEMBELY, M. & MUSA, S. (2018). Internet of Vehicles: An introduction. *International Journals of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*,8(1), 11-13. doi: 10.23956/ijarcse.v8i1.512.
- TWRDY, E. & ZANNE, M. (2020). Improvement of the sustainability of ports logistics by the development of innovative green infrastructure solutions. *Transportation Research Procedia*, 45(1), 539-546.
- VANELSLANDER, T., SYS, C., LAM, J., FERRARI, C., ROUMBOUTSOS, A. & ACCIARO, M. (2019). A serving innovation typology: Mapping port-related innovations. *Transport Reviews*, 5(1), 611-629. doi:10.1080/01441647.2019.1587794
- WATFA, M. & AL KARMADI, K. (2019). Connected automated guided vehicles in a smart container terminal. The 5th International Conference on Electrical Engineering, Control and Robotics Guangzhou. China.
- YANG, J., DING, X., ZHANG, L. & LIN, J. (2019). Design of intelligent container terminal communication system based on 5G technology. ICIT 2019:Proceedings of the 2019 7th International Conference on Information Technology: IoT and Smart City. Shanghai. China.
- YANG, L., CAI, Y., WEI, Y. & HUANG, S. (2019). Choice of technology for emission control in port areas: A supply chain perspective,240(1), 1-14. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118105
- ZHONG, M., YANG, Y., YAO, H., FU, X., DOBRE, O. & POSTOLACHE, O. (2019). 5G and IOT: Towards a new era of communications and measurements. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 22(6), 18-27.