

Makale Türü: Derleme

TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN ULUSLARARASI LOJİSTİK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Examining the Effects of Technological Developments on International Logistics

Aslıhan TURGUT*

Yazar Bilgileri

* Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk
Üniversitesi, İktisadi ve İdari
Bilimler Fakültesi, e-mail:
aslihan.turgut@selcuk.edu.tr

Anahtar Kelimeler:
Uluslararası Lojistik,
Teknoloji,
Endüstri 4.0.

ÖZ

Lojistik sektörü, küresel ölçekte yaşanan teknolojik gelişmelerin etkisiyle büyük bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Özellikle Dördüncü Sanayi Devrimi ile birlikte ortaya çıkan dijitalleşme ve otomasyon odaklı yenilikler, lojistik süreçleri köklü biçimde değiştirmiş ve sektöre önemli fırsatlar kazandırmıştır. Bu çalışmanın temel amacı, teknolojik gelişmelerin uluslararası lojistik üzerindeki etkilerini bütüncül bir bakış açısıyla inceleyerek, mevcut literatüre özgün katkılar sağlamaktır. Çalışmada, literatür taraması yöntemi kullanılarak teorik bir çerçeve oluşturulmuş ve ilgili alan yazını detaylı şekilde incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, otomatik tanımlama sistemleri, barkod uygulamaları, RFID, EDI, AS/RS, GPS ve GIS gibi geleneksel lojistik teknolojilerinin Endüstri 4.0 teknolojileri ile entegrasyonu sonucunda lojistik faaliyetlerde görünürlük, hız, esneklik, operasyonel verimlilik, müşteri memnuniyeti ve rekabet avantajı sağlandığı belirlenmiştir. Yine çalışmada yüksek yatırım maliyetleri, çalışan direnci ve nitelikli insan kaynağı eksikliği gibi sorunların da çözülmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu yönüyle çalışma, literatürde eksik olan bütüncül bir değerlendirmeyi ortaya koyarak hem akademik çevreye hem de sektör uygulayıcılarına yol gösterici olmayı amaçlamaktadır.

Author Information

* Asst. Prof., Selcuk University,
Faculty of Economics and
Administrative Sciences, e-
mail:
aslihan.turgut@selcuk.edu.tr

Keywords:
International Logistics,
Technology,
Industry 4.0.

ABSTRACT

The logistics sector is undergoing a major transformation process, driven by technological developments on a global scale. In particular, digitalisation and automation-oriented innovations that have emerged with the Fourth Industrial Revolution have radically changed logistics processes and created significant opportunities for the sector. The main objective of this study is to make an original contribution to the existing literature by analysing the impact of technological developments on international logistics from a holistic perspective. In the study, a theoretical framework has been developed using the literature review method and the relevant literature has been analysed in detail. According to the results of the study, it is found that the integration of traditional logistics technologies such as automatic identification systems, barcode applications, RFID, EDI, AS/RS, GPS and GIS with Industry 4.0 technologies provides visibility, speed, flexibility, operational efficiency, customer satisfaction and competitive advantage in logistics activities. The study also highlights the need to address issues such as high investment costs, employee resistance and lack of skilled human resources. In this respect, the study aims to guide both the academic environment and practitioners in the sector by presenting a holistic evaluation that is lacking in the literature.

Makale Gönderim Tarihi: 19 Mart 2025

Revizyon Tarihi: 6 Nisan 2025

Kabul Tarihi: 7 Nisan 2025

1.GİRİŞ

Lojistikte kullanılan teknolojilerin tarihi, insanlığın var oluşuna kadar uzanmaktadır. Demiryolunun 19. yüzyılın başlarında, uçağın 1903'te, deniz konteynerinin 1956'da kullanılmaya başlanması, lojistikte dönüm noktası olmuştur (Speranza, 2018, s. 830). Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) ile keşfedilen yeni nesil teknolojiler ise, uluslararası lojistiğe yepyeni bir boyut kazandırmıştır. Nesnelerin interneti (IoT- Internet of Things), yapay zekâ, blokzincir, katmalı üretim, akıllı fabrikalar, artırılmış gerçeklik, gelişmiş robotik, drone, büyük veri, bulut bilişim ve 3-D yazıcılar uluslararası lojistiğin mihenk taşları haline gelmiştir. Bu teknolojiler hem lojistik sektör yöneticilerinin hem de araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Yapılan çalışmalarda lojistikte kullanılan teknolojiler sayesinde lojistik maliyetlerin azaldığı, lojistik hizmet hızının, güvenliğinin, kalitesinin ve verimliliğinin iyileştiği ortaya konmuştur. Bununla birlikte, bu teknolojilerin lojistik performans üzerindeki önemli etkileri farklı ülkeler için kapsamlı bir şekilde tartışılmıştır (Barykin, S. E., Kapustina, I. V., Korchagina, E. V., Sergeev, S. M., Yadykin, V. K., Abdimomynova, A. ve Stepanova, D., 2021, s. 3). Decker ve Blaschczok (2018, s. 465-466) lojistik sektörünü, yeni teknolojilerin, stratejilerin ve iş modellerinin kullanılması için çok uygun bir alan olarak nitelendirmiştir.

Literatür incelendiğinde, teknolojik gelişmeler ve uluslararası lojistik ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak birkaç teknolojiye odaklandığı tespit edilmiştir. Bu çalışmalar ayrıca teknolojik gelişmelerin uluslararası lojistiği nasıl etkilediği ile ilgili bütüncül bir bakış açısından yoksundur. Bu eksiklik göz önünde bulundurularak, bu çalışmada teknolojik gelişmelerin uluslararası lojistiğe etkilerinin bütüncül bir bakış açısı ile tartışılması amaçlanmıştır.

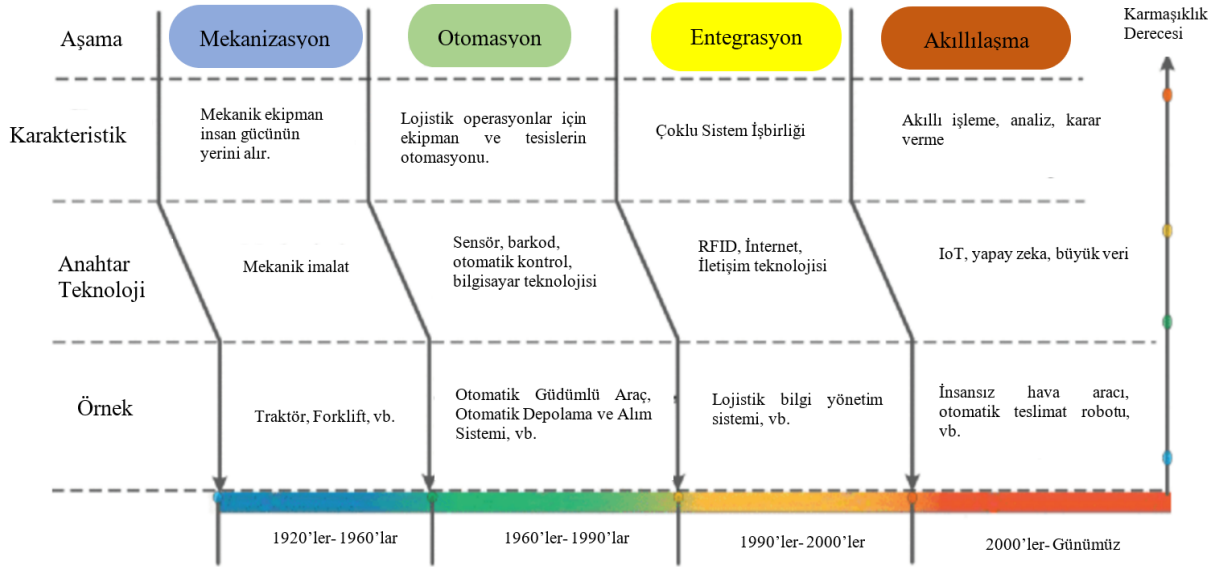
2.LİTERATÜR TARAMASI

Sanayi devrimleri, 18. yüzyılda teknolojik yenilikler ve üretim süreçlerindeki değişimlerin etkisiyle ortaya çıkmıştır. 1780'li yıllarda Avrupa ve Amerika'da başlayan Birinci Sanayi Devrimi'yle, elle üretimin yerini su ve buhar gücünden yararlanan mekanik takım tezgâhları almıştır. İkinci Sanayi Devrimi 1870'li yıllarda elektriğin sistematik kullanımı, telefon ve içten yanmalı motorun icadı ile başlarken, yaklaşık kırk yıl süren bu dönemde seri üretim ve montaj hattı tanıtılmış ve yaygınlaşmıştır. "Dijital Devrim" olarak da bilinen Üçüncü Sanayi Devrimi ise 1980'lerde mikroçipin ve kişisel bilgisayarların icadı, günlük işlere bilgi ve iletişim teknolojisinin girmesi, otomasyon ve internetin ortaya çıkışı ile başlamıştır. Son olarak, sanal ve fiziksel dünyaları bir araya getiren siber-fiziksel sistemler ve IoT teknolojileriyle Endüstri 4.0 tartışılmaya başlanmıştır (Efthymiou ve Ponis, 2021, s. 1).

İlk üç sanayi devrimi üretimdeki değişimler sonucu ortaya çıkarken Endüstri 4.0, yeni akıllı teknolojilerin sürekli modernizasyonu sonucunda ortaya çıkmıştır (Sharma, A. K., Bhandari, R., Pinca-Bretotean, C., Sharma, C., Dhakad, S. K. ve Mathur, A., 2021, s. 2365). Önceki sanayi devrimleriyle karşılaştırıldığında Endüstri 4.0 doğrusal bir hızdan ziyade katlanarak gelişmektedir. Bu hızlı gelişim, tüm üretim ve yönetim sistemlerinde büyük bir dönüşümün habercisi olmuştur. Birçok çalışmada da Endüstri 4.0 teknolojilerinin getirdiği fırsatlar ve tehditler kapsamlı bir şekilde ortaya konmuştur. Örneğin, yapay zekâ 2035 yılına kadar Amerika Birleşik Devletleri dâhil 12 gelişmiş ekonominin yıllık ekonomik büyüme oranını ikiye katlama potansiyeline sahiptir (Caruso, 2018, s. 382).

Lojistikteki teknolojik yenilikler, sektörün gelişimini etkileyen önemli bir belirleyici olarak kabul edilmektedir (Cheng, C., Han, Y. ve Ren, X., 2023, s. 53020). (Song, Y., Yu, F. R., Zhou, L., Yang, X. ve He, Z.,

2020, s. 4253) lojistiğin gelişimi ile teknolojik ilerlemenin yakından ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Lojistikteki değişimin teknolojik gelişme açısından özetlenmiş hali Şekil 1’de verilmiştir. Modern lojistiğin gelişimi, lojistik mekanizasyon, lojistik otomasyon, lojistik entegrasyon ve lojistik akıllılaşma olmak üzere dört aşamada izlenmektedir (Song vd., 2020, s. 4253).



Şekil 1. Modern Lojistiğin Gelişimi

Kaynak: Song vd., 2020: 4253vd.

Lojistik mekanizasyon, kargo taşımak için kullanılan ilk kamyonun 1917’de Clark Ekipman Şirketi tarafından üretildiği 1920’lere dayanmaktadır. Bu aşamada içten yanmalı motorların icadı ile ağır yüklerin taşınmasında insan gücünün yerini mekanik ekipmanlar almıştır. Sensör, barkod ve otomatik kontrol teknolojisinin ortaya çıkmasıyla birlikte lojistikte 1960’lardan itibaren kademeli olarak mekanizasyondan otomasyona geçilmiştir. 1990’lar ve 2000’ler boyunca lojistik, otomasyon sürecinden Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojileriyle desteklenen entegrasyon sürecine girmiştir. 21. yüzyıla gelindiğinde IoT, yapay zekâ ve büyük veri gibi Endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde lojistikte büyük gelişmeler yaşanmış, bu durum lojistikte akıllılaşma dönemini getirmiştir (Hofmann ve Rüşch, 2017, s. 23; Song vd., 2020, s. 4253-4254).

Lojistikte kullanılan teknolojiler lojistik faaliyetlere göre dört kategoride sınıflandırılabilir. Bunlar; veri toplama teknolojileri, bilgi teknolojileri, depolama teknolojileri ve taşımacılık teknolojileridir (Lin, 2007, s. 27-28). Lojistik hizmet sağlayıcılar genellikle büyük miktarda veri ile ilgilendiklerinden, veri toplama teknolojileri hayati öneme sahiptir. Otomatik tanımlama teknolojisi, barkod sistemi, RFID, IoT ve büyük veri lojistikte kullanılan veri toplama teknolojileridir. Bilgi teknolojileri, işletme bilgilerinin çeşitli kuruluşlar arasında iletimini daha verimli hale getiren cihazlar ve altyapılardır. Lojistik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bilgi teknolojileri; elektronik veri alışverişi (EDI), bulut bilişim ve dijital ikizdir. Depolama, lojistik sistemde önemli bir rol oynar. Bir depolama sisteminin tasarımı, fiziksel tesis özelliklerini ve ürün hareketini ele almaktadır. Lojistik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan depolama teknolojileri; otomatik depolama ve geri alma sistemi (AS/RS), yapay zeka ve robotlardır. Taşımacılık, lojistik operasyonların en görünür unsurlarından biridir. Taşımacılık, ürün hareketlerinin ana işlevini sağlamaktadır. Lojistik sektöründe yaygın olarak kullanılan taşıma teknolojileri arasında; küresel konumlandırma sistemi (GPS - Global Positioning System), coğrafi bilgi sistemi (GIS - Geographic Information Systems) ve drone

yer almaktadır (Lin, 2007, s. 27-28; Ateş ve Önaçan, 2018, s. 73-74; Tran-Dang, H., Krommenacker, N., Charpentier, P. ve Kim, D. S., 2022, s. 94-95).

Literatür incelendiğinde lojistik faaliyetlerde kullanılan teknolojiler ile ilgili birçok çalışma yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmaların bir kısmı aşağıdaki Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Lojistikte Teknoloji Kullanımı

Kaynak	Sonuç
Aktepe ve Saatçioğlu, (2017), s. 16-17	Lojistikte bulut bilişim kullanımı nedenleri; sürekli değişen teknoloji gereksinimlerine ayak uydurabilmek ve maliyetleri azaltmak olarak belirlenirken, bulut bilişim uygulamalarının kullanılmama nedenleri; veri sahipliğine verilen önem, gizlilik ile ilgili riskler ve yasal süreçlerle uyumsuzluk olarak bulunmuştur.
İyigün, (2019), s. 102	Lojistik faaliyetlerde büyük verinin kullanımı ile veri akışlarının sürekli hale gelebileceği ve değişen her koşula göre anlık optimizasyon sağlanabileceği bulunmuştur.
Talay (2020), s.1169	IoT’nin soğuk zincir lojistiğinde izlenebilirliği arttırmak için yüksek potansiyele sahip olduğu bulunmuştur.
Yılmaz ve Kuvat, (2021), s. 753	İşletmelerin temel lojistik faaliyetlerinde nesnelerin interneti teknolojisini kullanarak rekabet avantajı sağlanabileceği ve verimliliklerinin artırılabilirliği bulunmuştur.
Yangınlar ve Köksal, (2022), s. 91-103	RFID’nin teknolojik boyutunun finansal performansı, lojistik performansı ve müşteri hizmetleri performansını pozitif yönde etkilediği, RFID’nin organizasyonel boyutunun lojistik performans ve müşteri hizmetleri performansının artmasına kaynaklık ettiği ancak RFID’nin çevresel boyutunun finansal performans ve müşteri hizmetleri performansı üzerinde negatif bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.
Turğut ve Şeker, (2022), s. 183-184	Taşımacılık operasyonlarında drone kullanımıyla maliyetlerin düştüğü, süreçlerin kısaldığı ve insan kaynağına duyulan ihtiyacın azaldığı sonucuna varılmıştır.
Uçucu ve Çelik (2023), s. 705	Dijital ikiz teknolojisinin depo içi lojistik faaliyetler, operasyon üretkenliği ve verimliliği artırdığı bulunmuştur.

2.1. Lojistikte Kullanılan Veri Toplama Teknolojileri

Veri toplama, lojistik süreçlerde ham bilgilerin toplanarak işlenmesini sağlayan teknolojileri içerir. Lojistik sektöründe yaygın olarak kullanılan veri toplama teknolojileri arasında otomatik tanımlama teknolojisi, barkod sistemi, RFID, IoT ve büyük veri yer almaktadır. Bu teknolojiler sayesinde veriler hızlı ve hatasız bir şekilde toplanabilir ve iş süreçleri daha verimli hale getirilebilir.

2.1.1.Otomatik Tanımlama Teknolojisi

Otomatik tanımlama teknolojisi; bilgisayar, optik, mekanik, elektrik ve iletişim teknolojilerinin birleşiminden oluşan bir teknoloji alanını ifade etmektedir. Bu teknoloji; nesne tanıma bilgilerini otomatik olarak elde ederek ilgili takip işlemini tamamlamak için bir teknik sunmaktadır. Otomatik tanımlama teknolojisi, barkod tanımlama teknolojisi, akıllı kart tanımlama teknolojisi, optik karakter tanıma teknolojisi, radyo frekansı tanımlama teknolojisi, biyometrik ve diğer teknolojilerle birlikte kapsamlı bir teknoloji haline gelmiştir (Wang, 2016, s. 70).

Otomatik tanımlama teknolojisi; doğru malları zamanında belirlemeye yardımcı olma, iyileştirilmiş stok sayısı, stok bulundurma maliyetlerinde azalma, doğru veri yakalama, bir siparişe veya faturaya göre doğru paket bağlantısı, paketin fiziksel olarak açılmasına gerek kalmadan paket hakkında doğru bilgi alınması gibi lojistik ve tedarik zincirine birçok fayda sunmaktadır (McFarlane ve Sheffi, 2003, s. 6-19).

2.1.2.Barkod Sistemi

Barkod, malların uluslararası pazarlarda dolaşabileceği ortak uluslararası bir dildir. Veri toplamaya dayalı bilgi sistemleri üzerine kurulan barkod sistemi, uluslararası birleşik kod işlevi görmektedir. Barkod ile mal arasında yapay olarak bir tür ilişki oluşturulduğu için barkod okutulduğunda mal bilgilerine ulaşabilmektedir. Lojistik alanında yaygın olarak kullanılan barkod, iki boyutlu (2D) barkottur. Barkod teknolojisi, lojistik faaliyetlerde pek çok avantaj sağlamaktadır. İlk olarak, lojistik operasyonlarda verimliliği arttırmakta ve yönetim maliyetlerini azaltmaktadır. İkincisi, veri toplama ile ilgili hata oranını en aza indirerek iş kalitesini artırmaktadır. Bununla birlikte, raf atamaları ve mal toplama gibi görevlerin hassas bir şekilde yerine getirilmesini sağlamaktadır (Zhang, Z., Liu, Y., Zhang, J. ve Song, X, 2020, s. 4; Hong-Ying, 2009, s. 732-733).

2.1.3.Radyo Frekansı Tanımlama (RFID)

Radyo frekansı tanımlama (RFID) teknolojisi son yıllarda geliştirilen modern otomatik tanımlama teknolojisidir. Bu teknoloji, temas gerektirmeyen bir şekilde, indüksiyon, radyo dalgaları veya mikrodalga teknolojisi kullanarak, radyo frekansında çalışan etiket okuyucu cihazıyla verilerin otomatik olarak alınmasını sağlamaktadır. RFID, hızlı hareket eden nesneleri tanımlayabilmekte, dayanıklı, güçlü ve güvenli yapısı sayesinde çoklu nesneleri okuyabilmektedir (Wang, 2016, s.70).

Verimliliği artırması, üretim sürelerini kısaltılması ve maliyet tasarrufu sağlaması gibi önemli avantajları sayesinde RFID; üretim operasyonları, lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde vazgeçilmez bir teknoloji haline gelmiştir (Çıbuk ve Maraşlı, 2015, s. 250; Kaynak, R., Karadeniz, M. ve Durmaz, A., 2016, s. 612).

2.1.4.Nesnelerin İnterneti (IOT)

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'ndeki (MIT) otomatik kimlik merkezi icra direktörü Kevin Ashton tarafından ilk kez kullanılan nesnelerin interneti (IoT) terimi, akıllı nesnelerden oluşan geniş ve birbirine bağlı bir ağ olarak tanımlanmaktadır. Bu nesneler, kendilerini özerk bir şekilde organize edebilme ve çeşitli durumlarda çevresel değişikliklere gerçek zamanlı olarak yanıt verebilme kabiliyetine sahiptirler. Birbirine bağlılık ise, nesneler arasında sorunsuz iletişim ve iş birliği sağlayarak çeşitli etki alanlarında, gelişmiş verimlilik ve otomasyon sağlamaktadır (Madakam, S., Lake, V., Lake, V. ve Lake, V., 2015, s. 165-166).

IoT, sürdürülebilir ve verimli küresel lojistiğe dönüşüm için, umut verici bir teknolojidir. IoT'nin tanımlama, algılama ve izleme yeteneklerinden yararlanarak, ürünlerin kaliteleri korunarak garanti edilebilmekte ve ürünlerin güçlü bir şekilde izlenmesine olanak sağlanmaktadır (Tran-Dang vd., 2022, s. 2-3).

2.1.5.Büyük Veri

Büyük veri, çok çeşitli ve büyük hacimli verilerin yüksek bir hızda oluşturulması ve işlenmesi olarak tanımlanmaktadır (Günther, W. A., Mehrizi, M. H. R., Huysman, M. ve Feldberg, F., 2017, s. 191). Büyük verinin hacim, hız ve çeşitlilik olmak üzere üç temel özelliği vardır. Hacim, geleneksel veri işleme yöntemleri kullanılarak anlaşılması ve yönetilmesi oldukça zor olan miktarda veriyi ifade etmektedir. Hız veri akışını, çeşitlilik ise verilerin varyasyonlarını ifade etmektedir (Sabarnathi ve Chinnaiyan, 2017, s. 782-783).

Lojistik sektörleri, büyük veri teknolojisinin metodolojik gelişmelerinden ve analitik yeteneklerinden yararlanabilecek en ideal sektörlerden biridir. Her gün, dünyanın dört bir yanındaki milyonlarca gönderi için konum, içerik, boyut, ağırlık, menşei, varış yeri ve diğer birçok bilgi büyük veri kümeleri oluşturmaktadır. Büyük veri teknolojisinin analitik yetenekleri sayesinde, veriler işlenerek lojistik verimlilik, lojistik etkinlik ve lojistik performans için değerli fırsatlar oluşturulmaktadır (Borgi, T., Zoghalmi, N. ve Abed, M., 2017, s. 44- 48).

2.2.Lojistikte Kullanılan Bilgi Teknolojileri

2.2.1.Elektronik Veri Alışverişi (EDI)

Elektronik veri alışverişi (EDI), veri ve belgelerin paylaşımı için genellikle iki veya daha fazla firma arasında uzun vadeli bilgi alışverişi düzenlemesini içeren bir teknolojidir. EDI sistemleri, katma değerli bilgisayar ağları üzerinden standartlaştırılmış formatlarda tedarikçiler ve müşteriler arasında veri paylaşmak için kullanılmaktadır (Bhatt, 2001, s. 60-61). Uzun ömürlü olması nedeniyle EDI, operasyon yönetimi, satın alma, lojistik, pazarlama, bilgi sistemleri, ekonomi, stratejik yönetim, örgütsel davranış ve muhasebe/finansal yönetim dahil olmak üzere neredeyse tüm yönetim disiplinlerinde araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Her disiplin, farklı teorik temeller, araştırma tasarımları ve metodolojiler kullanarak EDI'nin rolünü kendi bakış açısından incelemektedir (Narayanan, S., Maruchek, A. S. ve Handfield, R. B., 2009, s. 122).

EDI lojistikte ilk olarak, 1960'ların başında, bir DuPont lojistik yetkilisi olan Edward A. Guilbert'in DuPont ile Kimyasal Leaman Tank Hatları arasında mesaj göndermek için standartlaştırılmış bir elektronik mesajlaşma sistemi geliştirmesiyle kullanılmıştır. 1965'te, Hollanda-Amerika buharlı gemi hattı, elektronik mesajlaşma standardını oluşturarak taşımacılık hatları, demiryolları ve kamyon şirketleri arasında EDI'nin yaygın olarak benimsenmesini sağlamıştır. 1990'ların başında EDI ana akım lojistik teknolojisi haline gelmiştir. Bugün EDI, lojistik ve taşımacılık şirketlerinin satın alma siparişleri, faturalar ve sevkiyat bildirimleri gibi belgeleri paylaşması için birincil kanal haline gelmiştir (Lester, 2022). Örneğin, FedEx, UPS, XPO gibi günümüzün en büyük taşımacılık şirketleri, belge transferlerini ve işletmeler arası iletişimi hızlandırmak için EDI kullanmaktadır. Bu sayede, daha düşük maliyetler, daha iyi veri doğruluğu ve artan müşteri memnuniyeti sağlanmaktadır (Keeports, 2023).

2.2.2.Bulut Bilişim

Bulut bilişim, donanım ve yazılım kaynaklarının yönetimi ve kullanımında temel bir dönüşüm değişikliğidir. Bulut bilişim; ağlar, sunucular, depolar, uygulamalar ve hizmetler gibi özelleştirilebilir bilgi işlem kaynaklarına kolay ve anında ağ erişimi sağlayan bir teknolojidir. Teknolojinin temelini, hizmet odaklı mimari (SOA) kavramı oluşturmaktadır. Teknoloji, kuruluşların bilgi teknoloji altyapılarının hem fiziksel hem de fiziksel olmayan bileşenlerinin paylaşılmasına olanak tanımaktadır. Bulut bilişimin beş temel özelliği bulunmaktadır (Bello, S. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Delgado, J. M. D., Akanbi, L. A. ve Owolabi, H. A., 2021, s. 2):

1. Bulut bilişim geniş ağ erişimi sağlayan bir doğaya sahiptir.
2. Bulut bilişim çok kullanıcı altyapısı sayesinde içinde birden çok kullanıcıyı ve uygulamayı barındırabilme yeteneğine sahiptir.
3. Bulut bilişim bilgi kaynaklarını talep edildiği biçime göre dinamik olarak yukarı veya aşağı ölçeklendirme yapabilmektedir.

4. Bulut bilişim kullanıcıların bilgi işlem yeteneklerini gerektiğinde otomatik ve bağımsız olarak sağlama becerisine sahiptir.

5. Bulut bilişim kullanıcıların gerçek tüketimlerine göre bulut hizmetleri için kolaylıkla ödeme yapabilmelerini sağlamaktadır.

Bulut bilişim, lojistik bilgi sistemlerinin tüm fonksiyonlarını ve operasyonlarını tek bir sisteme entegre edebilmektedir. Bulut bilişim; lojistik verimliliği ve çevikliği arttırıp, maliyetleri düşürmekte ve karar verme süreçlerini iyileştirmektedir. Bulut bilişim sayesinde lojistik firmaların tedarik zincirinin sürekli değişen ortamına uyum sağlamaları kolaylaşmaktadır (Aktepe ve Saatçioğlu, 2017, s. 9; How Cloud Computing Benefits the Logistics Industry, 2023).

2.2.3.Dijital İkiz

Dijital ikiz kavramı, Michael Grieves tarafından 2002 yılında Michigan Üniversitesi'nde ürün yaşam döngüsü yönetimi (PLM) ile ilişkili olarak ortaya çıkmıştır. Önerilen model; gerçek mekan, sanal mekan ve bu iki mekan arasında veri/bilgi akışını sağlayan bağlantı mekanizması olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır (Singh, M., Fuenmayor, E., Hinchey, E. P., Qiao, Y., Murray, N. ve Devine, D., 2021, s. 2).

Dijital ikiz terimi ilk olarak NASA'nın 2010 yılında teknolojik yol haritasının taslak versiyonunda yer almıştır (Shafto, M., Conroy, M., Doyle, R., Glaessgen, E., Kemp, C., LeMoigne, J. ve Wang, L., 2012, s.5). Dijital ikiz, herhangi bir sistem veya süreçte hataların, belirsizliklerin, verimsizliğin ve maliyetin azaltılmasına yardımcı olan Endüstri 4.0'ın en önemli teknolojilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Singh vd., 2021, s.5).

Dijital ikiz, lojistikte mevcut ve yeni süreçlerin modellenmesine, keşfedilmesine ve test edilmesine olanak tanımaktadır. Örneğin, dijital ikiz sensörlerden gelen bilgilerden ve simülasyonlardan yararlanarak bir depoda, farklı teknolojilerin ve yazılımların etkileşimini test edebilmektedir. Bu sayede depo operasyonları iyileştirilip optimize edilebilmektedir. Dijital ikiz, henüz planlama aşamasında olan lojistik faaliyetlerin analizi için de oldukça başarılıdır. Örneğin, yeni bir taşımacılık güzergahının her aşaması, dijital ikiz ile tasarlanıp doğrulanabilmektedir (Hofman, 2023).

2.3.Lojistikte Kullanılan Depolama Teknolojileri

2.3.1.Dijital İkiz

Otomatik depolama ve geri alma sistemleri (AS/RS), bilgisayar kontrollü otomatik malzeme taşıma sistemleridir. 1950'lerde piyasaya sürülmelerinden bu yana dağıtım ve üretim ortamlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin yüksek verimlilik, etkili alan kullanımı ve güvenlik iyileştirmeleri gibi birçok avantajı mevcuttur. AS/RS'lerin yüksek bir ilk yatırım maliyeti vardır. Bu nedenle AS/RS dikkatli bir şekilde tasarlanmalı, AS/RS boyutları veya ürünlerle ilgili olabilecek tüm kısıtlamalar göz önünde bulundurulmalıdır (Ghomri ve Sari, 2017, s. 165; Roodbergen ve Vis, 2009, s. 343).

AS/RS, lojistik sektöründe yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir (Hu, Y. H., Huang, S. Y., Chen, C., Hsu, W. J., Toh, A. C., Loh, C. K. ve Song, T., 2005: 1516). Sistem tamamen otomatik olduğu için bir depoda, operatörün müdahalesi olmadan paletler taşınabilmekte, ürünler depoya yerleştirebilmekte ve depodan alınabilmektedir (Roodbergen ve Vis, 2009, s. 343). Bu sayede lojistik faaliyetlerde işçilik maliyetleri, malzeme yönetimi ve sistem

verimliliği etkili bir şekilde hesaplanıp iyileştirilebilmektedir. Bu avantajlar büyük ölçüde kontrol sistemi yazılımının hızına ve tasarımına bağlıdır (Xu, X., Wang, Z., Wang, Y., Cao, X., Liang, Y. ve Wu, Y., 2007, s. 2046).

2.3.2.Yapay Zeka

Yapay zeka kavramı ilk olarak 1956'da Dartmouth College'da Amerikalı bilim insanı Prof. John McCarthy tarafından tanıtılmıştır. Yapay zeka teknolojisinin arkasında, bilgisayarların öğrenme ve problem çözme de dahil olmak üzere insanın bilişsel işlevlerini hassas bir şekilde kopyalayabileceği temel fikri yatmaktadır. Zamanla, deneyim yoluyla performansı artırmak için hesaplamalı algoritmalarından yararlanan yapay zekanın bir alt alanı olan makine öğrenimi yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (Beyaz, 2020, s. 654).

Endüstriyel uygulamalarda yapay zeka; tanımlayıcı, tahmine dayalı ve kuralcı olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır. Tanımlayıcı yapay zekâ, süreç tasarımı ve kontrolünde iyileştirmelere yol açabilecek yeni ilişkileri ortaya çıkarmak için sensörler tarafından üretilen verilerin madenciliğine odaklanmaktadır. Tahmine dayalı yapay zeka, neden-sonuç ilişkilerinin anlaşılmasına dayalı tahminler üretirken, kuralcı yapay zeka, yalnızca gelecekteki olayları tahmin etmekle kalmayıp, aynı zamanda en iyi eylem planı hakkında öneriler sunmaktadır (Jagtap, S., Bader, F., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Fadji, T. ve Salontis, K., 2020, s.14).

Aylak ve arkadaşları (2021, s. 79-88) lojistikte müşteri kaybı tahmini, talep tahmini, envanter yönetimi, satın alma, araç rotalama, lojistik operasyon planlama, lojistik takip, sipariş toplama, tedarik zinciri kalite kontrolü, ekipman bakım tahmini ile depo sistemleri ve sevkiyatta yapay zekâ kullanımının önemine dikkat çekmiştir.

2.3.3.Robotlar

Çekçe'de robota olarak yazılan robot sözcüğü, yazar Karel Capek'in 1921 tarihli oyunu "R.U. R." (Rossum'un Evrensel Robotları) ile literatüre kazandırılmıştır. Rönesans döneminde Leonardo da Vinci, insansı robotunu tasarlamak için insan anatomisini detaylı bir şekilde incelemiş, 1495'te çizdiği eskizler, 1950'lerde keşfedilmiştir. Leonardo'nun robotu, ayağa kalkabilen, oturabilen, kollarını sallayabilen, başını ve çenesini hareket ettirebilen bir şövalye robottur. Bu robot makaralar ve kablolarla çalıştırılmaktadır. Da Vinci'nin eskiz defterleri, NASA'da çalışan bir grup robotik araştırmacı için ilham kaynağı olmuştur. Da Vinci ayrıca, 1495' te dört serbestlik derecesinde, programlanabilir bir analog kontrol ünitesine sahip ilk sofistike robotik kolu tasarlamıştır (Moran, 2007, s. 103; Hamet ve Tremblay, 2017, s. 36-37).

20. yüzyılda bilgisayar ve mühendislik aklarındaki gelişmeler tam otomatik robot çağını başlatmıştır (Inkulu, A. K., Bahubalendruni, M. R. ve Dara, A., 2022, s. 228). Hemen hemen her sektörde karşımıza sıkça çıkan robot teknolojisi lojistikte geniş çapta uygulandığında %40'a varan oranlarda maliyet tasarrufu sağlanabileceği tahmin edilmektedir (Wen, J., He, L. ve Zhu, F., 2018, s. 102). Amazon şirketi, robot kullanımından çok önemli ekonomik faydalar elde etmiştir. Şirketin dünya çapındaki operasyonlar ve müşteri hizmetlerinden sorumlu kıdemli başkan yardımcısı Dave Clark, sipariş karşılama merkezlerine robotların eklenmesinin işletme maliyetlerini yaklaşık %20 oranında azalttığını ifade etmiştir. Ayrıca robot donanımlı tesisler, insanların gezinmesi için geniş koridorlara olan ihtiyacı ortadan kaldırdığı için depolarda %50 daha fazla envanter tutulabilmiştir. Deutsche Bank tarafından yapılan bir analize göre, yeni bir depoya robot eklemek, sipariş karşılama giderlerinde, 22 milyon ABD doları tasarruf

sağlamaktadır. Robot teknolojisini, henüz uygulamaya konmamış yaklaşık 100 dağıtım merkezinde kullanmak Amazon'a yaklaşık 2,5 milyar ABD Doları daha kazandırabilecektir (Bogue, 2016, s.584).

Robotik sistemlerin lojistik süreçlerde kullanımı konusunda önemli başarılar elde edilmiş olsa da arzu edilen sonuçların gerçekleştirilmesinde bazı sınırlamalar mevcuttur. Bununla birlikte, teknolojideki gelişmeler bu alanda daha fazla ilerleme için umut vaad etmektedir. Gelecekte robotların yapay zekâ kullanan, otonom davranış yeteneğine sahip daha akıllı robotlar haline gelmesiyle, lojistik alanında robotik sistemlerin kullanımında önemli artışlar olması kaçınılmaz olacaktır (Görçün, 2018, s. 361-362).

2.4.Lojistikte Kullanılan Taşımacılık Teknolojileri

2.4.1. Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS)

Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı (DoD) tarafından geliştirilen küresel konumlandırma sisteminin (GPS) temeli, son derece hassas, kararlı atomik saatlere dayanmaktadır (Ashby, 2003, s. 5). GPS cihazları, kendisi ile üç veya daha fazla GPS uydusu arasındaki mesafeyi ölçerek konumlarını belirlemektedir. GPS cihazları, izlenen her uyduya olan kesin mesafeyi hesaplayarak, uydulardan sürekli olarak radyo sinyallerini almakta ve analiz etmektedir. GPS cihazları, kullanıcının konumunu, hızını ve yüksekliğini belirlemek için matematiksel bir teknik olan trilaterasyonu kullanmaktadır (Maddison ve Ni Mhurchu, 2009, s. 2)

GPS uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümü olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Uzay bölümü, atomik saatler taşıyan 24 uydudan oluşmaktadır. Dünya ekvator düzlemine göre 55° eğimli altı yörünge düzleminin her birinde dörder uydu bulunmaktadır. Dünyanın herhangi bir noktasından dört veya daha fazla uydu hemen her zaman yukarıda olacak şekilde dağılmıştır. Kontrol bölümü, sürekli olarak uydulardan bilgi toplayan bir dizi yer tabanlı izleme istasyonundan oluşmaktadır. Kullanıcı bölümü ise uydulardan gelen sinyalleri alarak kendi yerel saatlerinde konum, hız ve zamanı belirleyebilen tüm kullanıcılardan oluşmaktadır (Ashby, 2003, s.5).

GPS teknoloji sayesinde lojistik firmalar müşterilerine kaliteli lojistik mobilite çözümleri sunabilmektedirler. Bununla birlikte, GPS sayesinde lojistik firmaların filo yönetim sistemlerinin işlevselliği de artmıştır (Vyas, 2018).

2.4.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS)

Coğrafi bilgi sistemi (GIS) mekansal bilgileri, haritalar kullanarak görsel bir formatta analiz etmek için birçok veri türünü entegre etmeye yönelik bir teknolojidir. GIS, mekânsal verileri işleyerek araç rotaları oluşturulur ve bu sayede ulaşım sağlanır (Yachai, K., Kongboon, R., Gheewala, S. H. ve Sampattagul, S., 2021, s.3-4)

Bilimsel literatürde sıkça alıntılanan bir istatistik, iş verilerinin yaklaşık %80'inin coğrafi bir unsura sahip olduğudur. Özellikle lojistik ağ yönetiminde, GIS'in rolü büyüktür (Sarkar, 2007, s.3). GIS, lojistik süreçlerde; nakliye maliyetlerinin azaltılmasında, pazarlarda hedef belirlenmesinde, süreç veya ürünlerde mekânsal memnuniyet ve güvenlik sağlanmasında kullanılmaktadır. Bununla birlikte, rota planlaması, bayi ağı hizmetleri, müşteri şikayetleri, yeni dağıtım merkezi yer seçimi, depolar arasında koordinasyon ve ağ analizi, müşteri veri tabanı oluşturma gibi faaliyetlerde de etkili olmaktadır. GIS, lojistik süreçlerin kontrol altına alınmasını ve daha verimli yönetimini sağlayarak işletmelere önemli avantajlar sunmaktadır (Özyağcı ve Oral, 2012, s.47).

2.4.3.Drone

Drone'lar, içinde insan pilot olmadan çalışan uzaktan veya otonom olarak kontrol edilen hava araçlarıdır (Albalawi ve Song, 2019, s. 2). Drone'ların tarihi, İtalyan bağımsızlık savaşının yapıldığı 1839'a kadar uzanmaktadır. Savaş sırasında Avusturya askerleri, Venedik'e saldırmak ve yok etmek için patlayıcılarla dolu insansız balonlar kullanmıştır. Daha sonra, 1898'deki İspanya-Amerika Savaşı sırasında, keşif ve bilgi toplama görevleri için uçurtmalar ve sıcak hava balonları kullanılmıştır. İlk radyo kontrollü drone, 1898'de Nikola Tesla'nın tasarımıyla dayalı olarak geliştirilmiştir. 1960 yılında Sovyetler Birliği'nin U-2 uçağını düşürme olayıyla modern drone çağı başlamıştır (Nooralishahi, P., Ibarra-Castaneda, C., Deane, S., López, F., Pant, S., Genest, M. ve Maldague, X. P., 2021, s.3-4)

Drone'lardaki teknolojik gelişmeler nedeniyle, operasyonlarına bu teknolojiyi entegre etmeye çalışan çok sayıda lojistik ve perakende firması bulunmaktadır. Amazon, son kilometre teslimatı için drone'ları konuşlandırmaya yönelik devam eden bir projeyi duyuran ilk şirkettir. Amazon'un iş modelinde drone'lar, kolileri bir depodan doğrudan müşterilere ulaştırmayı hedeflemektedir (Yurek ve Ozmutlu, 2018, s.249).

Teslimat sürelerini kısaltmaları, işgücü maliyetlerini azaltmaları ve lojistik sistemlerinin yanıt verebilirliğini artırmaları drone teknolojisinin lojistiğe sağladığı en önemli avantajlardandır (Moshref-Javadi ve Winkenbach, 2021, s. 1). PwC'nin son raporuna göre, drone'ların benimsenmesiyle, 2030'a kadar İngiltere'de 22 milyar sterlin net maliyet tasarrufu sağlanabilecektir. Ayrıca bu süre zarfında, 2,4 milyon ton kadar karbon salınımı azalacak ve 650.000 yeni iş alanı ortaya çıkacaktır (Caon, 2023).

3.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, Endüstri 4.0 teknolojilerinin uluslararası lojistik üzerindeki etkilerini bütüncül bir bakış açısıyla incelemiştir. Elde edilen bulgular, lojistik sektörünün dijital dönüşüm sürecinde önemli bir ilerleme kaydettiğini ortaya koymaktadır. Otomatik tanımlama, barkod sistemi, RFID, EDI, AS/RS, GPS ve GIS gibi geleneksel teknolojilerin; yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri, dijital ikiz ve blokzincir gibi yeni nesil teknolojilerle entegrasyonu, lojistik süreçlerde hız, esneklik, doğruluk, görünürlük ve müşteri memnuniyetini artırırken maliyetleri düşürmektedir. Bu sonuçlar, Song vd. (2020), Barykin vd. (2021) ve Efthymiou ve Ponis (2021) gibi çalışmalarda elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir.

Bununla birlikte, lojistik sektörünün dijitalleşme süreci bazı yapısal sorunları da gündeme getirmektedir. Yüksek yatırım maliyetleri, özellikle KOBİ'ler için teknolojik adaptasyonu zorlaştırmaktadır. Çalışan direnci, teknolojinin verimli şekilde kullanılmasının önünde önemli bir engel olarak durmaktadır (Hofmann ve Rüsch, 2017). Ayrıca nitelikli insan kaynağı eksikliği, teknolojinin etkili ve sürdürülebilir kullanımını sınırlandırmaktadır.

Dijitalleşmenin çevresel etkileri de dikkate alınması gereken önemli bir boyuttur. Lojistikte kullanılan dijital teknolojiler, süreçlerin çevreye etkisini azaltma potansiyeline sahip olsa da yüksek teknoloji üretimi ve elektronik atıkların yönetimi çevresel riskler oluşturmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir lojistik yaklaşımlarının dijitalleşme sürecine entegre edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Küresel ölçekte ise gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında dijitalleşme seviyeleri arasında ciddi farklar bulunmaktadır. Bu durum, uluslararası lojistik zincirlerinde entegrasyon ve verimlilik sorunlarına neden olmakta; küresel rekabet gücünü olumsuz etkilemektedir.

Çalışmanın bulguları ışığında, politika yapıcılara ve sektör temsilcilerine yönelik şu öneriler geliştirilmiştir:

- Lojistik sektörünün dijital dönüşümünü hızlandıracak finansal teşvik programları ve destek mekanizmaları hayata geçirilmelidir.
- Üniversite, sanayi ve kamu iş birliğinde lojistik teknolojilerine yönelik eğitim ve sertifika programları artırılmalı; nitelikli iş gücü yetiştirilmelidir.
- KOBİ'lerin dijitalleşme sürecine entegrasyonlarını kolaylaştırmak için özel danışmanlık ve altyapı destekleri sunulmalıdır.
- Çevre dostu lojistik uygulamalarına yönelik teşvikler geliştirilerek elektronik atık yönetimi ve sürdürülebilirlik odaklı yatırımlar artırılmalıdır.
- Bu çalışma, kavramsal bir çerçeve sunmakta olup, gelecekte yapılacak ampirik araştırmalar için temel oluşturmaktadır. Gelecek çalışmalarda;
 - Farklı ülke örneklerinde lojistik firmalarının dijital olgunluk seviyeleri,
 - Teknoloji adaptasyonu ve performans ilişkisi,
 - Çevresel sürdürülebilirlik ve lojistik dijitalleşmesi arasındaki etkileşim gibi konular saha araştırmalarıyla test edilmelidir.

Sonuç olarak, teknolojik gelişmeler lojistik sektöründe rekabet avantajı sağlayan, maliyetleri düşüren ve operasyonel verimliliği artıran önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak bu fırsatların en iyi şekilde değerlendirilebilmesi için ekonomik, yapısal ve beşerî faktörlerin dengeli biçimde yönetilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, literatürde eksik olan bütüncül yaklaşımı ortaya koyarak literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Kurul Onayı

Bu araştırma Etik Kurul Onayı gerektirmemektedir.

KAYNAKÇA

- Aktepe, Ç., & Saatçioğlu, Ö. Y. (2017). Türkiye'deki Lojistik İşletmelerde Bulut Bilişim Uygulamalarının Benimsenmesi: Keşifsel Bir Araştırma. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 9-20.
- Albalawi, M., & Song, H. (2019). Data security and privacy issues in swarms of drones. In 2019 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS) (pp. 1-11). IEEE.
- Ashby, N. (2003). Relativity in the global positioning system. *Living Reviews in Relativity*, 6(1), 1-42.
- Ateş, K. A., & Önaçan, K. B. M. (2018). Lojistik yönetimde teknolojik yenilikler. *Uluslararası Erdemli Sempozyumu*, 19-21.
- Aylak, B. L., Oral, O., & Yazıcı, K. (2021). Yapay zeka ve makine öğrenmesi tekniklerinin lojistik sektöründe kullanımı. *El-Cezeri*, 8(1), 74-93.
- Barykin, S. E., Kapustina, I. V., Korchagina, E. V., Sergeev, S. M., Yadykin, V. K., Abdimomynova, A., & Stepanova, D. (2021). Digital Logistics Platforms in the BRICS Countries: Comparative Analysis and Development Prospects. *Sustainability*, 13(20), 11228.1-19.
- Bello, S. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Delgado, J. M. D., Akanbi, L. A., ... & Owolabi, H. A. (2021). Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges. *Automation in Construction*, 122, 103441.
- Beyaz, S. (2020). A brief history of artificial intelligence and robotic surgery in orthopedics & traumatology and future expectations. *Joint Diseases and Related Surgery*, 31(3), 653-655.
- Bhatt, G. D. (2001). Business process improvement through electronic data interchange (EDI) systems: An empirical study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 6(2), 60-73.
- Bogue, R. (2016). Growth in e-commerce boosts innovation in the warehouse robot market. *Industrial Robot: An International Journal*, 43(6), 583-587.
- Borgi, T., Zoghalmi, N., & Abed, M. (2017). Big data for transport and logistics: A review. In 2017 International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (IC_ASET) (pp. 44-49). IEEE.
- Caon, V. (2023). How will drone corridors change the logistics sector?, <https://www.investmentmonitor.ai/features/how-will-drone-corridors-change-the-logistics-sector/#:~:text=The%20benefits%20that%20using%20drones,less%20reliant%20on%20human%20availability> adresinden alınmıştır.
- Caruso, L. (2018). Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes?. *AI & Society*, 33(3), 379-392.
- Cheng, C., Han, Y., & Ren, X. (2023). Analysis of technological innovation on provincial green development levels of logistics industry in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(18), 53020-53036.
- Çıbuk, M., & Maraşlı, F. (2015). RFID Teknolojisi ve Kullanım Alanları. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 99-110.
- Decker, J., & Blaschczok, J. (2018). Digital readiness analysis (DiREA) of logistics service providers. *Theory and Applications in the Knowledge Economy*, 465-477.
- Efthymiou, O. K., & Ponis, S. T. (2021). Industry 4.0 technologies and their impact in contemporary logistics: A systematic literature review. *Sustainability*, 13(21), 11643.1-27.
- Ghomri, L., & Sari, Z. (2017). Mathematical modeling of the average retrieval time for flow-rack automated storage and retrieval systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 44, 165-178.
- Görçün, Ö. F. (2018). Lojistikte Teknoloji Kullanımı ve Robotik Sistemler-Technology Utilization in Logistics and Robotic Systems. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(24), 351-368.
- Günther, W. A., Mehrizi, M. H. R., Huysman, M., & Feldberg, F. (2017). Debating big data: A literature review on realizing value from big data. *The Journal of Strategic Information Systems*, 26(3), 191-209.

- Hamet, P., & Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism*, 69, 36-40.
- Hofmann, E., & Rüsch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in industry*, 89, 23-34.
- Hong-Ying, S. (2009). The application of barcode technology in logistics and warehouse management. In 2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science, 3, 732-735, IEEE.
- How Cloud Computing Benefits the Logistics Industry .(2023). <https://dfreight.org/blog/cloud-computing-benefits-for-logistics-industry/> adresinden alınmıştır.
- Keeports, A. (2023)., How EDI in Transportation and Logistics Works, <https://www.cleo.com/blog/knowledge-base-edi-logistics> adresinden alınmıştır.
- Hofman, H. (2023)., Four ways digital twins will shake up logistics, <https://www.maersk.com/insights/digitalisation/digital-twin> adresinden alınmıştır.
- Hu, Y. H., Huang, S. Y., Chen, C., Hsu, W. J., Toh, A. C., Loh, C. K., & Song, T. (2005). Travel time analysis of a new automated storage and retrieval system. *Computers & Operations Research*, 32(6), 1515-1544.
- Inkulu, A. K., Bahubalendruni, M. R., & Dara, A. (2022). Challenges and opportunities in human robot collaboration context of Industry 4.0-a state of the art review. *Industrial Robot: the international journal of robotics research and application*, 49(2), 226-239.
- İyigün, İ. (2019). Lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde büyük veri kullanımı ve etkilerinin analizi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7, 95-103.
- Jagtap, S., Bader, F., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Fadji, T., & Salonitis, K. (2020). Food logistics 4.0: Opportunities and challenges. *Logistics*, 5(1), 1-19.
- Kaynak, R., Karadeniz, M., & Durmaz, A. (2016). İşletmelerde Radyo Frekanslı Tanımlama Teknolojisi (RFID) Kullanımının Algılanan Faydası: Bir Hiyerarşik Çoklu Regresyon Analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(3), 431-449.
- Lester, B. (2022)., How is EDI used in Logistics?, <https://www.remedi.com/blog/how-is-edi-used-in-logistics> adresinden alınmıştır.
- Lin, C. Y. (2007). Factors affecting innovation in logistics technologies for logistics service providers in China. *Journal of technology management in china*, 2(1), 22-37.
- Madakam, S., Lake, V., Lake, V., & Lake, V. (2015). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(05), 164-173.
- Maddison, R., & Ni Mhurchu, C. (2009). Global positioning system: a new opportunity in physical activity measurement. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 6(1), 1-8.
- McFarlane, D., & Sheffi, Y. (2003). The impact of automatic identification on supply chain operations. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 6(3), 177-189.
- Moran, M. E. (2007). Evolution of robotic arms. *Journal of robotic surgery*, 1(2), 103-111.
- Moshref-Javadi, M., & Winkenbach, M. (2021). Applications and Research avenues for drone-based models in logistics: A classification and review. *Expert Systems with Applications*, 177, 1-26.
- Narayanan, S., Marucheck, A. S., & Handfield, R. B. (2009). Electronic data interchange: research review and future directions. *Decision Sciences*, 40(1), 121-163.
- Nooralishahi, P., Ibarra-Castanedo, C., Deane, S., López, F., Pant, S., Genest, M., ... & Maldague, X. P. (2021). Drone-based non-destructive inspection of industrial sites: A review and case studies. *Drones*, 5(4), 1-29.
- Özyağcı, N., & Oral, E. Z. (2012). Lojistik Süreç Yönetimi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS). *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 4(1), 39-54.
- Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. (2009). A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European journal of operational research*, 194(2), 343-362.

- Sabarmathi, G., & Chinnaiyan, R. (2017). Investigations on big data features research challenges and applications. In 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS) (pp. 782-786). IEEE.
- Sarkar, A. (2007). GIS applications in logistics: A literature review. School of Business, University of Redlands, Working Paper No. 1200, 1-25.
- Shafto, M., Conroy, M., Doyle, R., Glaessgen, E., Kemp, C., LeMoigne, J., & Wang, L. (2012). Modeling, simulation, information technology & processing roadmap. National Aeronautics and Space Administration, 32(2012), 1-38.
- Sharma, A. K., Bhandari, R., Pinca-Bretotean, C., Sharma, C., Dhakad, S. K., & Mathur, A. (2021). A study of trends and industrial prospects of Industry 4.0. Materials Today: Proceedings, 47, 2364-2369.
- Singh, M., Fuenmayor, E., Hinchy, E. P., Qiao, Y., Murray, N., & Devine, D. (2021). Digital twin: Origin to future. Applied System Innovation, 4(2), 1-19.
- Song, Y., Yu, F. R., Zhou, L., Yang, X., & He, Z. (2020). Applications of the Internet of things (IoT) in smart logistics: a comprehensive survey. IEEE Internet of Things Journal, 8(6), 4250-4274.
- Speranza, M. G. (2018). Trends in transportation and logistics. European Journal of Operational Research, 264(3), 830-836.
- Talay, I., (2020). Soğuk Zincir Lojistiği Gerektiren Uluslararası Ticarete Nesnelerin İnternetinin Kullanımı, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 55(2), 1169-1187.
- Tran-Dang, H., Krommenacker, N., Charpentier, P., & Kim, D. S. (2022). The Internet of Things for logistics: Perspectives, application review, and challenges. IETE Technical Review, 39(1), 93-121.
- Turğut, M., & Şeker, B. (2022). İnsansız hava araçlarının (İHA) taşımacılıkta kullanımına yönelik keşfedici bir araştırma: drone taşımacılığı ve uygulamaları. Journal of Intelligent Transportation Systems & Applications, 5(2), 61-79.
- Uçucu, A. & Çelik, S. (2023). Sanayi İşletmelerinde Depo Optimizasyonu ve Dijital İkiz. T. Oğuzhan ve Ş.Ok (Ed.), Sanayi Yönetiminde Gelecek Yaklaşımları Dijitalleşme ve Yetenekler (1. Baskı) içinde (s.693-706) Nobel Akademik Yayıncılık.
- Vyas, K. (2018). How GPS Tracking Can Help To Transportation & Logistics Business?, <https://customerthink.com/how-gps-tracking-can-help-to-transportation-logistics-business/> adresinden alınmıştır.
- Wang, K. (2016). Logistics 4.0 solution-new challenges and opportunities. In 6th international workshop of advanced manufacturing and automation (pp. 68-74). Atlantis Press.
- Wen, J., He, L., & Zhu, F. (2018). Swarm robotics control and communications: Imminent challenges for next generation smart logistics. IEEE Communications Magazine, 56(7), 102-107.
- Xu, X., Wang, Z., Wang, Y., Cao, X., Liang, Y., & Wu, Y. (2007). A novel modeling design method for automated storage and retrieval system based on Petri nets. In 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics (pp. 2046-2051). IEEE.
- Yachai, K., Kongboon, R., Gheewala, S. H., & Sampattagul, S. (2021). Carbon footprint adaptation on green supply chain and logistics of papaya in Yasothon Province using geographic information system. Journal of Cleaner Production, 281, 1-27.
- Yangınlar, G., & Köksal, C. (2022). Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) Teknolojisinin Tedarik Zinciri Performansına Etkileri: Lojistik Endüstrisinde Bir Vaka Çalışması. Verimlilik Dergisi, Özel Sayı, 91-109.
- Yılmaz, Ü., & Kuvat, Ö. (2021). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Lojistik Faaliyetlerindeki Uygulama Alanları ve Verimliliğe Etkileri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (31), 746-754.
- Yurek, E. E., & Ozmutlu, H. C. (2018). A decomposition-based iterative optimization algorithm for traveling salesman problem with drone. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 91, 249-262.

Zhang, Z., Liu, Y., Zhang, J., & Song, X. (2020). Research on the influence of new generation of information technology on contemporary enterprise logistics management information system. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1648, No. 4, p. 042039). IOP Publishing, 1-6.