INTERNATIONAL

YILDIRIM BAYEZID

SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION SYMPOSIUM-II

Bursa Technical University, Bursa, Türkiye **May 08-09, 2026**



PROCEEDINGS BOOK

EDITOR

Prof. Dr. Orhan ÇAĞLAYAN

ISBN: 979-8-89695-429-3

ULUSLARARASI LOJİSTİKTE YÜKSELEN İNOVASYON TRENDLERİ: KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME

RISING INNOVATION TRENDS IN INTERNATIONAL LOGISTICS: A CONCEPTUAL ANALYSIS

Nizamettin ÖZTÜRKÇÜ

Öğr. Gör. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Lojistik Programı, Bursa, Türkiye.

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8369-3735

Nebi SEREN

Dr.Öğr. Üyesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Orhangazi Y.A.Ç. Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri, Bursa, Türkiye.

ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0003-4080-4823

ÖZET

Uluslararası ticaret hacmindeki artış, tedarik zincirlerinin karmaşıklığının yükselmesi ve rekabet baskısının yoğunlaşması, lojistik sektöründe inovasyonu stratejik bir zorunluluk haline getirmiştir. Özellikle dijitalleşme, yapay zekâ, blockchain teknolojileri ve sürdürülebilirlik odaklı uygulamalar, lojistik süreçlerin yeniden yapılandırılmasında belirleyici rol oynamaktadır. Bu dönüşüm, operasyonel verimlilik, şeffaflık ve esneklik gibi performans göstergelerinde önemli iyileşmeler sağlarken, aynı zamanda sektörün iş yapış biçimlerini köklü biçimde değiştirmektedir. Bu çalışmada, uluslararası lojistikte öne çıkan inovasyon trendlerinin kavramsal olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada nitel yöntem benimsenmiş, veri toplama tekniği olarak sistematik literatür taraması kullanılmıştır. Bu doğrultuda, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi alanında öne çıkan akademik çalışmalar, raporlar ve kurumsal yayınlar incelenmiş, elde edilen veriler tematik analiz yöntemiyle sınıflandırılmıştır. Bulgular, uluslararası lojistikte inovasyonun çok boyutlu bir dönüşüm sürecine işaret ettiğini ortaya koymaktadır. Dijital teknolojilerin entegrasyonu, karar alma süreçlerini veri temelli hale getirirken, yapay zekâ ve otomasyon uygulamaları operasyonel etkinliği artırmaktadır. Çalışmada, uluslararası lojistikte inovasyonun, sektörel rekabet gücünü artıran ve tedarik zincirlerini yeniden şekillendiren temel bir unsur olduğu değerlendirilmekte; dijital altyapı yatırımlarının artırılması, insan kaynağının geliştirilmesi ve paydaşlar arası iş birliğinin güçlendirilmesinin, sürdürülebilir bir lojistik dönüşüm için kritik öneme sahip olduğunu vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Uluslararası Lojistik, İnovasyon, Dijitalleşme, Lojistik 4.0.

ABSTRACT

The increase in international trade volume, the growing complexity of supply chains, and intensifying competitive pressure have made innovation a strategic necessity in the logistics sector. In particular, digitalization, artificial intelligence, blockchain technologies, and sustainability-focused applications are playing a decisive role in the restructuring of logistics processes. While this transformation delivers significant improvements in performance metrics such as operational efficiency, transparency, and flexibility, it is also fundamentally reshaping the sector's business practices. This study aims to conceptually evaluate the prominent innovation trends in international logistics. A qualitative approach was adopted in the research, and a systematic literature review was used as the data collection method. Accordingly, prominent academic studies, reports, and corporate publications in the field of logistics and supply chain management were examined, and the data obtained were classified using thematic analysis. The findings reveal that innovation in international logistics points to a multidimensional

transformation process. The integration of digital technologies makes decision-making processes data-driven, while artificial intelligence and automation applications enhance operational efficiency. The study assesses that innovation in international logistics is a fundamental element that enhances sectoral competitiveness and reshapes supply chains; it emphasizes that increasing investments in digital infrastructure, developing human resources, and strengthening collaboration among stakeholders are of critical importance for a sustainable logistics transformation.

Keywords: International Logistics, Innovation, Digitalization, Logistics 4.0.

GİRİŞ

Küreselleşmenin hız kazanmasıyla birlikte uluslararası ticaret hacmi önemli ölçüde artmış, buna paralel olarak tedarik zincirleri daha karmaşık ve çok katmanlı bir yapıya dönüşmüştür. Bu dönüşüm, lojistik faaliyetlerin yalnızca operasyonel bir destek fonksiyonu olmaktan çıkıp stratejik bir rekabet unsuru haline gelmesine neden olmuştur. Günümüzde işletmeler açısından maliyet minimizasyonunun ötesinde; hız, esneklik, şeffaflık ve sürdürülebilirlik gibi performans kriterleri ön plana çıkmakta, bu durum lojistik süreçlerin yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır (Christopher, 2016). Bu bağlamda inovasyon, uluslararası lojistik sistemlerinin etkinliğini artıran temel itici güçlerden biri olarak öne çıkmaktadır. İnovasyon, süreçlerin iyileştirilmesi, yeni teknolojilerin entegrasyonu ve organizasyonel yapıların dönüştürülmesi yoluyla değer oluşturmayı ifade etmektedir (Flint, 2006).

Özellikle son yıllarda dijital teknolojilerde yaşanan gelişmeler, uluslararası lojistik sektöründe köklü bir paradigma değişimine yol açmıştır. Büyük veri analitiği, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi teknolojiler, karar alma süreçlerini veri temelli hale getirerek operasyonel verimliliği artırmakta ve tedarik zinciri görünürlüğünü güçlendirmektedir (Wang vd., 2016). Bununla birlikte, dijitalleşmenin yanı sıra sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımlar da lojistik inovasyonun önemli bir boyutunu oluşturmaktadır. Artan çevresel kaygılar, karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik uluslararası düzenlemeler ve paydaş beklentileri, lojistik sektörünü daha çevre dostu uygulamalara yönlendirmektedir (Kayikci, 2018). Bu süreçte elektrikli taşıma sistemleri, yeşil lojistik uygulamaları ve karbon yönetimi stratejileri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca blockchain teknolojisi gibi yenilikçi çözümler, tedarik zincirlerinde şeffaflık ve güvenilirliği artırarak lojistik süreçlerin daha etkin yönetilmesine katkı sağlamaktadır (Saberi vd., 2019). Uluslararası lojistikte yaşanan bu çok boyutlu dönüşüm, literatürde "Lojistik 4.0" ve "dijital tedarik zinciri" kavramları çerçevesinde ele alınmaktadır. Bu yaklaşım, siber-fiziksel sistemler, otomasyon ve veri entegrasyonu aracılığıyla tüm lojistik süreçlerin bütünleşik bir yapıda yönetilmesini ifade etmektedir (Hofmann ve Rüsch, 2017). Böylece lojistik sistemler daha esnek, hızlı ve müşteri odaklı bir yapıya kavuşmaktadır.

Ancak bu dönüşüm süreci yalnızca fırsatlar değil, aynı zamanda çeşitli zorlukları da beraberinde getirmektedir. Yüksek teknoloji yatırımları, dijital altyapı gereksinimleri, veri güvenliği sorunları ve nitelikli iş gücü ihtiyacı, lojistikte inovasyonun önündeki temel engeller arasında yer almaktadır (Ivanov ve Dolgui, 2020). Bu nedenle inovasyonun etkin bir şekilde uygulanabilmesi, yalnızca teknolojik yatırımlarla değil, aynı zamanda organizasyonel uyum ve paydaşlar arası iş birliği ile mümkün olmaktadır.

Bu çerçevede, uluslararası lojistikte yükselen inovasyon trendlerinin sistematik bir şekilde incelenmesi, hem akademik literatüre katkı sağlamak hem de sektörel uygulamalara yön vermek açısından önem taşımaktadır. Bu çalışma, lojistik sektöründe öne çıkan inovasyon eğilimlerini kavramsal bir perspektiften ele alarak mevcut literatürü bütüncül bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca dijitalleşme, otomasyon, sürdürülebilirlik ve şeffaflık ekseninde şekillenen bu trendlerin lojistik performansı üzerindeki etkileri tartışılmaktadır.

LOJİSTİK İNOVASYON KAVRAMI

Joseph Schumpeter'e göre inovasyon, yeni bir ürünün, üretim sürecinin ya da üretim yönteminin ekonomik amaçlarla uygulamaya geçirilmesi, yeni pazarların veya tedarik kaynaklarının ortaya çıkması ve ticari ile finansal yapıların yeniden organize edilmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Ayrıca Schumpeter, inovasyonu sermaye birikiminin bir sonucu olarak görmekte ve bu sürecin ekonomik kalkınmanın temel dinamiklerinden birini oluşturduğunu vurgulamaktadır (Slezdik, 2013).

Uluslararası lojistik inovasyonu, yeni ve etkin lojistik hizmetlerin geliştirilmesi süreci ve farklı ülke ve bölge sınırlarında çalışan tedarik zincirlerinde yeni ve etkin lojistik çözümler oluşturmak olarak tanımlanır. Flint vd. (2005) bu kavramı, belirli bir odak grubu için yeni ve yararlı görünen, basitten karmaşığa herhangi bir lojistik hizmet olarak tanımlamıştır. Uluslararası bağlamda bu yenilikler, çok uluslu şirketler, serbest bölgeler, limanlar veya sınır giriş-çıkış noktalarında uygulanabilir. Uluslararası lojistik inovasyon, iç operasyonlardan müşteriye sunduğu lojistik çözümlere kadar tüm ölçeklerde yeniliği kapsamaktadır. Cui vd. (2012) ise lojistik inovasyonu bilinçli bir yönetim sürecinin ürünü ve ekonomik odaklı bir yenilik olarak tanımlar, diğer bir ifadeyle getiri hedefi güden bir yenilikler kümesidir.

Lojistik inovasyonu bir süreç olarak ele almak, onun ardışık aşamalardan geçtiğini göstermektedir. Tipik olarak bu aşamalar fikir üretimi, değerlendirme ve önceliklendirme, geliştirme, uygulama, yayılma ve adaptasyon ile ölçme ve geri besleme olarak sıralanabilir. Örneğin TÜBİTAK DİE raporu, teknolojik inovasyon sürecinin ilk fikrin doğmasıyla başladığını, fikrin kabulü ve firmanın bu yeniliğe uyum sağlamasıyla devam ettiğini, ardından uygulama ve geliştirme aşamalarının geldiğini belirtmektedir (Taymaz, 2002). Lojistik inovasyonlar, sektörde faaliyet gösteren işletmelerin uzun vadeli sürdürülebilirlik sağlamaları ve rekabetçi başarı elde etmeleri açısından temel belirleyici unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir (Köksu ve Sayın, 2023).

LİTERATÜR

Uluslararası lojistik sektörü, küreselleşme, dijital dönüşüm, sürdürülebilirlik baskıları ve tedarik zinciri kırılganlıkları gibi dinamiklerin etkisiyle önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Özellikle Endüstri 4.0 teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte lojistik operasyonlarda otomasyon, veri analitiği, yapay zekâ, blokzincir, nesnelerin interneti (IoT) ve dijital ikiz uygulamaları ön plana çıkmıştır. Bu dönüşüm yalnızca operasyonel verimlilik artışı ile sınırlı kalmamakta aynı zamanda sürdürülebilirlik, şeffaflık, izlenebilirlik ve tedarik zinciri dayanıklılığı gibi stratejik alanlarda da önemli değişimlere yol açmaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen akademik çalışmalar, uluslararası lojistik süreçlerinde ortaya çıkan inovasyon trendlerini farklı boyutlarıyla ele almakta ve sektörün geleceğine ilişkin önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Kayikci (2018), lojistikte dijitalleşmenin sürdürülebillir etkisini araştırmış ve dijitalleşmenin çevresel etkileri, atık, kirlilik ve sera gazı emisyonlarının azaltılması üzerinde en büyük etkiye sahip olduğunu bulmuştur. Lagorio vd. (2020), lojistik sektöründe inovasyonun özellikle IoT, RFID, otomasyon, robotik sistemler ve veri paylaşım platformları ekseninde geliştiğini ifade etmektedir. Aylak (2021), Blockchain teknoloji uygulamalarının lojistik sektörü üzerindeki etkisini incelemiş ve bu teknolojinin lojistik sektöründe merkeziyetsizlik, değişmezlik, dokunulmazlık, veri güvenliği, izleme, depolama, defter gizliliği, güvenilirlik ve uygun maliyetli alternatifler sunduğunu ifade etmiştir. Efthymiou ve Ponis (2021), Endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik süreçlerini köklü biçimde dönüştürdüğü ve gelecekte lojistik operasyonların büyük ölçüde otonom, veri temelli ve entegre sistemler hâline geleceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, geleceğin lojistik sisteminin; birbirine bağlı, akıllı, otonom ve gerçek zamanlı çalışan dijital ağlardan oluşacağı sonucuna varmışlardır. Feng ve Ye (2021) yapay zekâ (AI) ve veri paylaşımının operasyonları optimize ettiğini ve akıllı lojistik uygulamalarının özellikle karar verme süreçlerinde operasyonel verimliliği artırdığını ifade etmişlerdir. Rejeb vd. (2021), lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde blok zincir teknolojinin kullanımına dair bibliyometrik analiz ile yaptıkları çalışmada, blokzincir teknolojisinin tedarik zinciri çevikliğini, güveni, fikri mülkiyetin korunmasını ve gıda/bozulabilir ürün tedarik zincirlerini desteklemedeki rolünü ele almışlardır. Sun vd. (2022) ise Industry 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilir lojistik performansını geliştirdiğini ve çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sunduğunu vurgulamaktadır. Le ve Fan (2023), dijital ikiz uygulamalarının lojistik

süreçlerde karar alma kalitesini artırdığını ifade etmektedir. Nitsche ve Straube (2023), uluslararası lojistik ağlarında dijitalleşme ve sürdürülebilirlik eksenindeki dönüşümü incelemektedirler. Özellikle, dijital platformlar, veri tabanlı lojistik, küresel tedarik zinciri dayanıklılığı ve sürdürülebilir lojistik inovasyonları konuları üzerinde durmaktadırlar. Andrew (2024), blok zinciri teknolojisinin şeffaflığı, izlenebilirliği ve verimliliği artırarak tedarik zinciri yönetimini önemli ölçüde dönüştürdüğünü göstermiştir. Bununla birlikte, yüksek başlangıç yatırımları, ölçeklenebilirlik sorunları ve sektör genelinde standartlara duyulan ihtiyaç gibi zorlukları, yaygın benimsemenin önündeki engeller olarak belirlemiştir. Niccoloetti ve Appolloni (2024), Yeşil lojistik ve sürdürülebilir inovasyon üzerine oldukça güncel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, yapay zekânın, özellikle temel modeller, rota optimizasyonu, ambalaj atıklarının azaltılması, depo düzenlerinin iyileştirilmesi gibi yollarla yeşil lojistiğe katkıda bulunabildiği belirlenmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, uluslararası lojistik sektöründe inovasyonun büyük ölçüde dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve veri temelli yönetim anlayışı etrafında şekillendiği görülmektedir. Özellikle yapay zekâ, blokzincir, IoT, dijital ikiz ve Endüstri 4.0 teknolojileri operasyonel verimlilik, maliyet optimizasyonu, izlenebilirlik, çevresel sürdürülebilirlik ve tedarik zinciri dayanıklılığı açısından önemli katkılar sunmaktadır. Bununla birlikte, yüksek yatırım maliyetleri, teknolojik entegrasyon sorunları, veri güvenliği riskleri ve standartlaşma eksikliği gibi çeşitli yapısal sorunların devam ettiği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, uluslararası lojistikte yükselen inovasyon trendlerinin kavramsal olarak değerlendirilmesi, sektörün dönüşüm dinamiklerinin anlaşılması ve gelecekteki lojistik sistemlerinin öngörülmesi açısından önem taşımaktadır.

YÖNTEM

Bu çalışmada, uluslararası lojistikte yükselen inovasyon trendlerinin değerlendirilmesi amacıyla nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiştir. Araştırma, mevcut bilgi birikimini bütüncül bir perspektifle ele almayı amaçlayan kavramsal inceleme niteliğindedir. Bu kapsamda çalışma, ampirik veri üretmeye dayalı bir analizden ziyade, mevcut literatürde yer alan çalışmaların sistematik biçimde incelenmesi ve yorumlanmasına dayanmaktadır. Elde edilen veriler, betimsel analiz yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda literatürde öne çıkan inovasyon alanları; dijitalleşme ve IoT sistemleri, yapay zekâ uygulamaları, otonom araçlar ve dronlar, robotik ve otomasyon, blokzinciri teknolojisi, son kilometre çözümleri ve üç boyutlu yazıcılar gibi başlıklar altında sınıflandırılarak ele alınmıştır. Söz konusu başlıklar, literatürde sık tekrar eden ve sektörel dönüşümü yansıtan temel eğilimler doğrultusunda belirlenmiştir.

Çalışmada ayrıca farklı kaynak türlerinden (akademik çalışmalar, sektör raporları ve uygulama örnekleri) elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş, böylece literatürdeki mevcut eğilimlerin daha kapsamlı bir şekilde ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu yaklaşım, çalışmanın kavramsal derinliğini artırırken aynı zamanda uluslararası lojistikte inovasyonun çok boyutlu yapısının anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

BULGULAR

Dijitalleşme ve IoT Sistemleri

Dijitalleşme, enformasyon sistemlerinin temelini oluşturan sayısallaştırma sürecini ifade etmekte olup, verilerin bilgisayar sistemleri tarafından işlenebilmesini, depolanabilmesini ve etkin bir şekilde yönetilebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu süreç, analog verilerin dijital formata dönüştürülmesi yoluyla bilgiye erişimi hızlandırmakta ve veri odaklı karar alma mekanizmalarının gelişimini desteklemektedir (Gobble, 2018). İşletmelerin maruz kaldığı teknolojik dönüşüm süreçlerinde en belirleyici kavramın dijitalleşme olduğu kabul edilmektedir. Üretimden nihai tüketime kadar uzanan süreçte gerçek zamanlı veri paylaşımının sağlanması, müşteri odaklı ve kişiselleştirilmiş ürün akışlarının yönetilebilmesi, tam zamanında (just-in-time) tedarik uygulamalarının etkinleştirilmesi ve otonom yönetim mekanizmalarının geliştirilmesi gibi lojistik açıdan kritik öneme sahip unsurlar, büyük ölçüde dijitalleşme sayesinde mümkün hale gelmektedir (Bilgiç vd. 2020). Dijital teknolojinin yaygın kullanımı nedeniyle, lojistik altyapısının büyük bir kısmı giderek daha karmaşık hale gelmektedir, bu karmaşıklık sadece fiziksel varlıkların biçimini değil, aynı zamanda bilgi işlem ve ağ kaynaklarını da kapsamaktadır

(Sultana vd., 2021). Bu durum, yeni teknolojilerin ve hizmetlerin dağıtılmış ve kolektif inovasyonunu teşvik etmektedir. Dijitalleşme, lojistik süreçlerinin sensörler, bağlantılı cihazlar ve ileri analitik ile dönüşmesini ifade etmektedir. IoT sensörleri sayesinde araçlar, depolar ve ürünler sürekli izlenir; veriler bulut platformlarında toplanır. Gerçek zamanlı konum takibi, sıcaklık/ürün durumu izleme ve makine öğrenmeli analitik ile süreç optimizasyonu mümkün hale gelir (Lu, 2017). Lojistik süreçlerde dijitalleşme ile birlikte gerçek zamanlı görünürlük sağlanarak gecikmeler ve kayıplar azalmaktadır. Veri analitiği ile bakım ihtiyacı önceden tahmin edilip arıza riski düşer. Operasyonel verimlilik, filo yönetiminde yakıt tasarrufu ve süreç standardizasyonu artar. Bilgi teknolojileri kullanımı iş süreçlerinde etkinlik, maliyet tasarrufu ve şeffaflık getirir (Bilgiç vd. 2020). Dijitalleşmenin sağladığı faydalarla birlikte zorlukları da mevcuttur. Güvenlik ve veri gizliliği riskleri yüksektir ve siber saldırılara karşı güçlü önlemler gerektirmektedir. Ayrıca eski teknoloji altyapısıyla entegrasyon, standart eksikliği ve yüksek başlangıç yatırımları projeleri zorlayabilmektedir. Kritik altyapıda (ör. liman, demiryolu) bağlantı kopmaları ciddi aksamalara yol açabilir. (Andrew, 2024). Li vd. tarafından McKinsey için hazırlanan rapora (2024) göre, birçok katılımcı, veri kalitesi, sistem entegrasyonu ve değişim yönetimiyle ilgili zorluklar nedeniyle dijital yolculuklarının beklenenden daha uzun sürdüğünü kabul etmektedir. Lojistik sektöründe faaliyet gösteren DHL, konteyner ve kargo hareketlerini IoT cihazlarıyla anlık takip ederek geç kalma önlemi alabilmektedir.

Yapay Zekâ

Yapay zekâ, insan zekâsı gerektiren belirli görevlerin yerine getirilmesini mümkün kılan bilgisayar programları ve akıllı sistemlerin geliştirilmesine odaklanan bir bilim ve teknoloji alanı olarak tanımlanmaktadır (Sivasubramanian, 2021). Yapay zekâ, sistemlerin insan müdahalesine ihtiyaç duymaksızın doğru kararlar alabilmesini ve görevlerini otonom biçimde yerine getirebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknoloji, uluslararası ticaret, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi gibi alanların yanı sıra sağlık, üretim, güvenlik, inşaat, eğitim ve hukuk gibi birçok farklı sektörde yaygın biçimde kullanılmaktadır (Riahi, 2021). Yapay zekâ, lojistik süreçlerde büyük veriyi analiz ederek karar destek mekanizmaları ve otomasyon imkânları sunmaktadır. Özellikle makine öğrenimi algoritmaları, talep tahmini, rota optimizasyonu, envanter yönetimi ve otonom operasyonların yürütülmesinde etkin biçimde kullanılmaktadır. Örneğin, sipariş verileri, hava durumu ve trafik bilgileriyle beslenen yapay sinir ağı modelleri, stok seviyelerinin daha isabetli biçimde öngörülmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, otonom sistemlerle izlenen taşıma araçları ve görüntü işleme teknikleriyle tespit edilen depo içi stok hataları, derin öğrenme algoritmaları sayesinde hızlı bir şekilde analiz edilerek düzeltilebilmektedir (Toorajipour vd. 2021). Yapay zekânın lojistik süreçlere entegrasyonu, tahmin doğruluğunu artırmakta, manuel işlemlerden kaynaklanan hata oranlarını azaltmakta ve operasyonel süreçlerin hızlanmasına katkı sağlamaktadır. Bu dönüşüm, satın alma ve envanter maliyetlerinde düşüşe yol açarken müşteri memnuniyetinin artmasını da desteklemektedir. Nalbantoğlu'na (2025) göre yapay zekâ uygulamaları, rota optimizasyonu, otomatik depo yönetimi, talep tahmini ve kaynak planlaması gibi alanlarda sağladığı katkılarla verimlilik artışı, maliyet avantajı ve sürdürülebilirlik açısından önemli kazanımlar sunmaktadır. COVID-19 gibi yüksek belirsizlik içeren dönemlerde işletmeler, tedarik zinciri esnekliğini artırmak amacıyla hızlı ve etkin risk analizi gerçekleştirebilen yapay zekâ tabanlı çözümlere yönelmiştir. Modgil ve arkadaşları (2021), yapay zekânın tedarik zinciri dayanıklılığını güçlendirme potansiyeline sahip olduğunu vurgulamakta, örneğin kara yolu trafik tahminleri aracılığıyla olası kesintilerin önceden öngörülerek önlenebileceğini belirtmektedir. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi özellikle uluslararası taşımacılık ve lojistik faaliyetlerde ciddi kolaylıklar sağlamaktadır. Örneğin, bir uluslararası lojistik firma, dünya çapında müşteri sipariş, döviz kuru ve tarife bilgilerini makine öğrenmesi (ML) modeliyle analiz ederek stok seviyelerini kurgulayabilmektedir. Hava kargoda makine öğrenimi ile uçuş gecikme riskleri tahmin edilebilmekte, Küresel talep öngörüsü sayesinde fazla envanter düşmekte, taşıma modları (deniz, hava, kara) optimal düzeyde seçilebilmektedir Zamanında teslimat oranı artmakta ve bu sayede maliyetler düşmektedir. Yapay zekâ uygulamaları sayesinde havayolu taşımacılığında öngörüye dayalı ağ yönetimi mümkün hale gelmekte ve bu durum lojistik operasyonların performansını artırmaktadır. Örneğin, DHL kargo ağı planlamasında, hava taşımacılığı süreçlerinde ortaya çıkabilecek gecikmeleri önceden belirleyebilmek amacıyla makine öğrenmesi tabanlı bir sistem kullanmaktadır. Bu model, 58 farklı veri değişkenini analiz ederek günlük ortalama taşıma süresindeki olası değişimleri yaklaşık bir

hafta öncesinden tahmin edebilmektedir (Aylak vd. 2021). Maersk dünya çapındaki filo optimizasyonunu yapay zekâ ile gerçekleştirerek yakıt tüketimini yıllık olarak %5 azaltmaktadır (Maersk, 2024).

Yapay zeka uygulamalarının uluslararası lojistik süreçlere entegre edilmesinin bazı zorlukları da bulunmaktadır. Ülkeler arasında farklılık gösteren veri erişimi düzenlemeleri ve gizlilik mevzuatı, yapay zekâ projelerinin uygulanmasını sınırlamaktadır. Örneğin, Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) kapsamında Avrupa Birliği'nde şirketlerin müşteri verilerini kullanımı ciddi ölçüde kısıtlanırken, ABD'de bu alandaki düzenlemeler daha esnek bir yapı sergilemektedir. Bunun yanında, veri standartlarının yeknesak olmaması geliştirilen modellerin farklı ortamlarda genellenmesini zorlaştırmaktadır. Yapay zekâ çözümleri çoğu zaman yüksek altyapı yatırımları gerektirdiğinden, gelişmekte olan ülkelerde bu tür kaynaklara erişim sınırlı kalabilmektedir.

Otonom Araçlar ve Dronlar

Otonom araçlar, üzerinde insan bulunmaksızın hareket edebilen ve farklı görev ihtiyaçlarına göre modüler biçimde yapılandırılabilen platformlar olarak tanımlanmaktadır (Li vd. 2022). İlk olarak askeri alanda kullanımı yaygın olsa da günümüzde askeri kullanımın ötesine geçerek lojistik ve kargo taşımacılığı gibi sivil uygulamalarda da giderek daha fazla yer bulmaktadır (Demir ve Bozdemir, 2019). Otonom kara araçları (AMR), insansız gemiler ve İHA'lar lojistikte sınır ötesi taşıma ve son-kilometre teslimatında kullanılmaktadır. Bu sistemler gelişmiş sensörler, uydu iletişimi ve yapay zekâ ile çalışmaktadır. İnsansız sistemler hız, maliyet ve erişilebilirlik açısından önemli kazanımlar sağlamaktadır. Yapay zeka ve sensör entegrasyonu, operasyonel güvenliği de arttırmaktadır (Varnalı, 2026). Otonom araçlar, erişimi güç bölgelere teslimat yapılmasını mümkün kılarak özellikle kritik öneme sahip ilaç ve malzemelerin ulaştırılmasında önemli avantaj sağlamaktadır. İnsan kaynaklı hataların azalmasıyla birlikte operasyonel süreklilik de artmaktadır. Ayrıca, otonom feribot projeleri boğaz geçişlerindeki trafik yoğunluğunu azaltmaya katkı sunmaktadır. Otonom araçların sağladığı faydalardan da birçok şirket faydalanmaktadır. İsviçre merkezli Matternet, İtalya'daki insansız hava araçlarını Almanya'daki ilaç dağıtımına entegre etmiştir (Matternet, 2026). Avrupa'daki pilot projede Alpler altındaki nehir taşımacılığında Autoferry projesi ile robotik feribot denemeleri yapılmaktadır (Ntnu, 2026). Auora, Kodiak, Waabi, Stack AV, Gatik gibi şirketler otonom hafif ve orta ağırlıkta kamyonlar geliştirerek lojistik süreçlere katkı sağlamaktadırlar (Ttnews, 2026).

Otonom araçlar sağladığı faydalarla birlikte bazı zorlukları da bünyesinde barındırmaktadır. Uluslararası uçuş ve sürüş izin süreçleri oldukça karmaşık bir yapı sergilemektedir. Örneğin, bir ülkede kullanımına izin verilen bir drone, komşu bir ülkenin hava sahasında yasaklı olabilmektedir. Benzer şekilde, otonom araçlara ilişkin sorumluluk, sigorta ve emisyon düzenlemeleri gibi mevzuatlar, ülkeler arasında farklılık gösterebilmekte ve hatta birbiriyle çelişebilmektedir. Bunun yanı sıra, siber güvenlik açıkları ve veri paylaşımına yönelik riskler de çözülmesi gereken önemli sorunlar arasında yer almaktadır. Ayrıca, altyapı standartlarının (örneğin otonom kamyonlar için yol çizgileri) ülkeden ülkeye değişmesi, sistemlerin uyumlu şekilde çalışmasını zorlaştırmaktadır.

Robotik ve Otomasyon

Otomasyon ve robotik teknolojilerin lojistik sektöründe yaygınlaşması, iş gücü ihtiyacını azaltırken sensör tabanlı sistemler sayesinde malzemelerin hasarsız şekilde taşınmasını mümkün kılmaktadır. Son yıllarda bu teknolojilere olan ilginin artmasının temel nedeni ise süreçlerin daha güvenilir, hızlı ve nispeten düşük hata oranıyla yürütülebilmesidir (Balcı, 2020). Depo ve taşıma otomasyonu, uluslararası lojistikte yüksek hacimli işlemleri yönetebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Otomatik vinçler, AS/RS depolama sistemleri ve AGV/AMR araçları, farklı ülkelerde benzer altyapılar üzerinden entegre biçimde çalışabilmektedir. Özellikle otonom araçlar, uzaktan kontrollü vinçler ve otonom liman operasyon sistemleri ile birlikte elleçleme faaliyetleri daha hızlı gerçekleşmekte ve bu sayede liman kapasitesinde ciddi bir artış meydana gelmektedir (Yorulmaz ve Derici, 2023). Robotik kollar ise çeşitli coğrafyalarda standartlaştırılmış sipariş işleme süreçlerini destekleyecek şekilde kullanılmaktadır . Örneğin, otomatik gümrük konteyner tarama robotları Singapur ve Rotterdam gibi limanlarda benzer teknolojik altyapılara dayalı olarak faaliyet göstermektedir. Otomasyon sistemleri sayesinde yükleme/boşaltma süreçleri daha hızlı hale gelmekte, ürün kalitesi ve güvenlik standartları, robotlar aracılığıyla sabitlenmektedir.

Singapur'da Tuas Limanı başta olmak üzere otomatik yönlendirmeli araç (AGV) sistemleri kullanılmaya başlanmış ve bunun neticesinde AGV'lerin limanda konteyner hareketlerini güvenli ve sistematik bir şekilde otomatikleştirmesi sağlanmaktadır (PSA Singapore, 2026)

Robotik sistemlerin ilk kurulum maliyetleri yüksek olmaktadır. Japon robot teknolojisi ve ABD standartlarında olduğu gibi uluslararası firmalar farklı otomasyon standartlarıyla karşılaşabilmektedir. Bakım ve eğitim için küresel ölçekte uyum sağlamak gerekmektedir. Ayrıca bazı ülkelerde işçi sendikalarının tepkisi olabilmektedir. Yedek parça tedarikinde küresel kriz (örn. yarıiletken eksikliği) otomasyon ekipmanlarını etkileyebilmektedir.

Blokzinciri

Blok zinciri, bir veya birden fazla taraf arasında gerçekleştirilen işlemlerin (örneğin para transferi, mal kabulü, satış ve sözleşmeler) muhasebe sistemlerinde yer alan yevmiye defterine benzer biçimde kaydedilmesini sağlayan dağıtık bir kayıt teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Bu teknolojinin sunduğu yapısal özellikler, işlem süreçlerinde ortaya çıkan güven, şeffaflık ve doğrulama sorunlarını gidermeye yönelik bir çerçeve sunmaktadır (Kaya ve Yıldız, 2024). Blok zinciri teknolojisi, sınır ötesi lojistik süreçlerinde şeffaflık ve veri bütünlüğünü güçlendiren bir altyapı sunmaktadır. Tedarikçiler, taşıyıcılar ve gümrük otoriteleri, ortak bir dağıtık defter üzerinden gönderilere ilişkin geçmiş verileri eş zamanlı olarak paylaşabilmektedir. Ayrıca akıllı sözleşmeler, uluslararası ödeme ve malın serbest bırakılması gibi işlemleri otomatikleştirerek süreçlerin etkinliğini artırmaktadır. Örneğin, bir konteynerin çıkış işlemi bir ülkede tamamlandığında, bu bilgi blok zinciri aracılığıyla diğer ülkedeki gümrük sistemlerine anlık olarak aktarılabilmektedir (Ran vd. 2024). Blok zincir özellikle limanlarda kargo izlenebilirliğini arttırmakta, sahteciliği önlemekte ve hassas belge alışverişi için güvenli bir ağ sağlamaktadır (Kaya ve Yıldız, 2024). Blockchain teknolojisi sayesinde hava kargo taşımacılığında değerli varlıklara nezaret edenler değiştikçe kargoların durum ve konum bilgileri güvenilir bir şekilde aktarılabilmektedir (Şenerol, 2022). IATA öncülüğünde bazı hava kargo taşıyıcıları blockchain prototipleriyle e-faturaları test etmekte (IATA, 2018). IBM, Walmart ve Nestle şirketleri, küresel gıda lojistik zincirini daha verimli, meşru ve güvenilir hale getirmek için blok zincirini kullanmaktadır. Walmart, teslimat dronlarını koordine etmek için blok zincirini kullanarak son kilometre sevkiyatlarını iyileştirmektedir (Aylak, 2022).

Son Kilometre Yenilikleri

Son kilometre teslimat, ürünlerin dağıtım merkezlerinden son kullanıcıya ulaştırıldığı lojistik sürecin nihai aşamasını ifade etmektedir. Bu aşama, barındırdığı operasyonel belirsizlikler ve yüksek maliyet unsurları nedeniyle lojistik faaliyetlerin en zorlayıcı ve en maliyet yoğun bileşenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle metropol alanlarda trafik sıkışıklığı, sınırlı park imkânları, teslimat sürelerine yönelik baskı ve tüketici taleplerindeki hızlı değişim, bu sürecin yönetimini daha karmaşık ve dinamik hale getirmektedir (Güngör vd. 2025). Dijital platformlar ve mikro-dağıtım yenilikleri uluslararası e-ticarette son kilometre lojistiğini etkilemektedir. Örneğin, küresel bir e-ticaret şirketi, Çin deposundan çıkan paketleri Almanya'daki mikro depo noktalarında otonom sistemlerle son müşteriye yönlendirmektedir. Blockchain tabanlı kargo takibiyle müşteriler, uluslararası gönderilerini gerçek zamanlı izleyebilmektedir. Akıllı paket dolapları da sınır ötesi kargolar için semtlere yerleştirilmektedir. Son kilometre faaliyetleri müşterilere esnek teslimat saatleri ve farklı teslimat seçenekleri sunmaktadır. Dronlar ve otonom araçlar sayesinde özellikle şehir içi teslimatlarda hız ve verimlilik sağlanmaktadır (Perra, 2025). Bu sayede trafik ve elektrikli bisiklet/mobil araçlarla birlikte emisyon azalmakta ve bu çözümler, uluslararası teslimatta adım hızını artırarak rekabet avantajı sunmaktadır.

Tedarik zincirinde crowdsourcing (paylaşımlı taşıma), tedarik sürecinin çeşitli aşamalarına dışarıdan bireylerin veya bir topluluğun dahil edilmesini ifade etmektedir. Buna, yerel kuryeler veya profesyonel olmayan kuryelerin dağıtım merkezlerinden müşterilere mal taşımaya katkıda bulunduğu son kilometre teslimatı gibi görevler de dahil olabilir. (Upper, 2026). Son kilometre faaliyetlerinin zorlukları da bulunmaktadır. Farklı ülkelerde dar sokaklar, adreslendirme sistemleri gibi son-kilometre altyapısı değişkenlik gösterebilmektedir ve bazı ülkeler drone veya robot kullanımını yasaklamaktadır. Ayrıca ayrı muhasebe/gümrük geri dönüşleri mevzuatından dolayı uluslararası iade lojistiği karmaşık olabilmektedir.

Gizlilik yasaları gibi mevzuatı kısıtlamalarından dolayı veri paylaşılamazsa teslimat takibi sekteye uğrayabilmektedir.

Son kilometre faaliyetlerini uluslararası lojistik süreçlerine etkin bir şekilde entegre eden firmalar bulunmaktadır. DHL'in Çin'de kullanılan kargo dolapları uluslararası çıkışlı paketlere de entegre edilmiştir. IOT bağlantısıyla entegre olan bu takip sistemleri, depodan kapıya kadar tüm tedarik zincirine bütünsel bir bakış açısı sunarak daha fazla görünürlük ve şeffaflık sağlıyor (DHL, 2026b).

3D Yazıcılar

Üç boyutlu baskı, eklemeli üretim, dijital üretim veya hızlı üretim gibi farklı adlarla da anılan ve dijital ortamda oluşturulan üç boyutlu modellerden yola çıkarak karmaşık geometrilere sahip fiziksel nesnelerin üretilmesini mümkün kılan bir teknoloji ve üretim süreçleri bütününü ifade etmektedir (Akyüz, 2019). Üç boyutlu yazıcılar, uluslararası lojistikte özellikle yedek parça taşımacılığı süreçlerini dönüştüren bir etki oluşturmaktadır. Örneğin, bir uçak parçasına ABD yerine Avrupa'da ihtiyaç duyulması durumunda, söz konusu parça yerel bir üretim tesisinde basılabilmekte ve böylece uluslararası sevkiyata gerek kalmadan hızlı bir yerel dağıtım gerçekleştirilebilmektedir. Bu yaklaşım, lojistik ağ boyunca stok bulundurma ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır (Niaki ve Nonino, 2017). 3D yazıcılar sayesinde depolamada gerekli stok miktarı düşmekte, nakliyat hacmi azalmaktadır. İhtiyaç anında yerel üretim, zaman ve maliyet tasarrufu getirmekte ve uzak lokasyonlara gereken malzeme hızlıca sağlanabilmekte bu sayede nakliye kaynaklı karbon emisyonu azalmaktadır. Birçok şirket 3D yazıcılar sayesinde lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde ciddi fayda elde etmektedir. Airbus, uçak yedek parçasını Singapur'daki 3B baskı merkezinde üreterek lojistik maliyetini düşürmüş, benzer teknolojiyi Almanya ve ABD tesislerine entegre etmiştir (Airbus, 2018). Covid-19 sürecinde tıbbi malzemelere ulaşmak acil olduğundan ve malzemelerin bulunamama riskinden dolayı 3D baskı ile bu ürünlerin uluslararası lojistik süreçleri kısalmış ve etkin bir süreç yürütülmüştür (Ishack ve Lipner, 2021).

SONUÇ

Uluslararası lojistik sektörü, küreselleşme ve dijital dönüşümün etkisiyle çok boyutlu bir yeniden yapılanma sürecinden geçmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen bulgular, inovasyonun lojistik süreçlerin yalnızca destekleyici bir unsuru olmaktan çıkarak stratejik bir rekabet faktörü haline geldiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Elde edilen sonuçlar, özellikle dijitalleşme, yapay zekâ, blokzinciri ve otomasyon teknolojilerinin lojistik operasyonlarda verimlilik artışı, maliyetlerin azaltılması, süreçlerin hızlanması ve tedarik zinciri görünürlüğünün güçlendirilmesi üzerinde belirleyici etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, otonom sistemler ve son kilometre çözümleri, teslimat hızını artırarak müşteri memnuniyetini yükseltmekte, 3D yazıcı teknolojileri ise üretim ve lojistik arasındaki sınırları yeniden şekillendirerek stok yönetimi ve taşımacılık yapısında önemli değişimlere yol açmaktadır.

Ancak bu dönüşüm süreci yalnızca fırsatlar sunmamaktadır. Çalışmada da görüldüğü üzere, yüksek yatırım maliyetleri, teknolojik altyapı gereksinimleri, veri güvenliği riskleri, uluslararası mevzuat farklılıkları ve nitelikli iş gücü eksikliği gibi unsurlar, inovasyonun uygulanabilirliğini sınırlandıran temel faktörler arasında yer almaktadır . Bu durum, lojistik inovasyonun başarısının yalnızca teknoloji yatırımlarına değil; aynı zamanda organizasyonel adaptasyon, kurumsal strateji ve uluslararası iş birliği düzeyine bağlı olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, uluslararası lojistikte sürdürülebilir rekabet avantajı elde edebilmek için işletmelerin inovasyonu bütüncül bir yaklaşımla ele alması gerekmektedir. Teknolojik dönüşümün etkin yönetimi, veri odaklı karar alma süreçlerinin geliştirilmesi ve küresel ölçekte standart uyumunun sağlanması, sektörün geleceği açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda çalışma, hem akademik literatüre kavramsal bir katkı sunmakta hem de sektör uygulayıcıları için stratejik bir perspektif ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Airbus. (2018). *Airbus and Singapore to co-develop digital services for military aircraft*. https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2018-07-airbus-and-singapore-to-co-develop-digital-services-for-military, Erişim Tarihi: 7.04.2026

Akyüz, G. A. (2019). Tedarik zinciri yönetiminde üç boyutlu baskı teknolojisi: Potansiyel etkiler, fırsatlar ve zorluklar. *Doğuş Üniversitesi Dergisi, 20*(2), 119–134.

Andrew, D. (2024). Blockchain technology in supply chain management. *Journal of Technology and Systems, 6*, 42–56. doi: 10.47941/jts.2148

Aylak, B. L. (2022). The effects of the applications of blockchain technology on the logistics sector. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 34*, 148–152. doi: 10.31590/ejosat.1077800

Aylak, B. L., Oral, O., & Yazıcı, K. (2021). Yapay zeka ve makine öğrenmesi tekniklerinin lojistik sektöründe kullanımı. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 8*(1), 74–93. doi: 10.31202/ecjse.776314

Balcı, E. (2020). *Lojistik sektörünün uluslararası alanda dijitalleşme süreci ve Türkiye'ye etkileri* (Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi).

Bilgiç, E., Türkmenoğlu, M. A., & Koçak, A. (2020). Dijitalleşmenin lojistik yönetimi bağlamında incelenmesi. *Akademik İzdüşüm Dergisi, 5*(1), 56–69.

Christopher, M. (2023). *Logistics & supply chain management* (6th ed.). Financial Times Publishing.

Cui, L., Shong-Lee, I. S., & Hertz, S. (2009). How do regional third-party logistics firms innovate? A cross-regional study. *Transportation Journal, 48*(3), 44–50.

Demir, C., & Bozdemir, M. (2019). İnsansız kara aracı tasarımında ağırlık oranı metodu kullanımı. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5*(1), 32–45. https://izlik.org/JA69CG72BK

DHL. (n.d.). *How parcel lockers are transforming last mile delivery today*. https://lot.dhl.com/how-parcel-lockers-are-transforming-last-mile-delivery-today/, Erişim Tarihi: 14.04.2026

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. doi: 10.3390/su132111643

Feng, B., & Ye, Q. Operations management of smart logistics: A literature review and future research. *Front. Eng. Manag.* **8**, 344–355 (2021). doi: 10.1007/s42524-021-0156-2

Flint, D. J. (2006). Innovation, symbolic interaction and customer valuing: Thoughts stemming from a service-dominant logic of marketing. *Marketing Theory, 6*(3), 349–362. doi: 10.1177/1470593106066796

Güngör, A., Çat, M., & Abukalloub, A. (2025). Son kilometre teslimatın lojistik sistemler üzerindeki etkisi. *19. Uluslararası Güncel Araştırmalarla Sosyal Bilimler Kongresi*, Antalya.

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. doi: 10.1016/j.compind.2017.04.002

IATA. (2018). *Blockchain in aviation: Exploring the fundamentals, use cases, and industry initiatives*.

Ishack, S., & Lipner, S. R. (2021). Use of 3D printing to support COVID-19 medical supply shortages: A review. *Journal of 3D Printing in Medicine*, *5*(2), 83–95. doi: 10.2217/3dp-2020-0031

Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control, 32*(9), 775–788. doi: 10.1080/09537287.2020.1768450

Kaya, S., & Yıldız, B. (2024). Tedarik zinciri ve lojistik operasyonlarında yeni eğilim: Blok zinciri teknolojisi. *Quantrade Journal of Complex Systems in Social Sciences, 6*(2), 217–228. doi: 10.5281/zenodo.14577915

Kayikci, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. *Procedia Manufacturing, 21*, 782–789.

Köksu, B. S., & Sayın, A. A. (2023). *Lojistik sektöründe inovasyon*. Eğitim Yayınevi.

Lagorio, A., Zenezini, G., Mangano, G. & Pinto, R. (2020). A systematic literature review of innovative technologies adopted in logistics management. *International Journal of Logistics Research and Applications. 25*(1), 1-24. doi: 10.1080/13675567.2020.1850661

Le, T. V., & Fan, R. (2023). Digital twins for logistics and supply chain systems: Literature review, conceptual framework, research potential, and practical challenges. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2311.17317

Li, X., Gao, Y., & Zhou, S. (2022). Multi-GNSS PPP-RTK/INS/image integration for autonomous navigation. *GPS Solutions, 26*(3), Article 62. doi: 10.1007/s10291-022-01306-3

Li, J. D., Gosling, S., & Srivastava, A. (2024). *Digital logistics: Into the express lane?* https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/digital-logistics-into-the-express-lane

Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration, 6*, 1–10. doi: 10.1016/j.jii.2017.04.005

Maersk, 2024. Artificial Intelligence. https://www.maersk.com/insights/logistics-trend-map/artificial-intelligence-in-logistics?exit=logistics-trend-map-report, Erişim Tarihi: 11.04.2026

Matternet. (n.d.). *The future of healthcare logistics*. https://www.matternet.com/healthcare

Modgil, S., Singh, R. K., & Hannibal, C. (2021). Artificial intelligence for supply chain resilience: Learning from COVID-19. *The International Journal of Logistics Management*.

Nalbantoğlu, C. B. (2025). Lojistik sektöründe yapay zeka: Verimlilik, otomasyon ve günümüz trendleri. *Journal of Economic Research Foundation, 2*(2), 160–172.

Niaki, M. K., & Nonino, F. (2017). Additive manufacturing management: A review and future research agenda. *International Journal of Production Research, 55*(5), 1419–1439.

Nicoletti, B., Appolloni, A. (2024). Green Logistics 5.0: a review of sustainability-oriented innovation with foundation models in logistics. *European Journal of Innovation Management. 27*(9), 542-561.

Nitsche, B., & Straube, F. (2023). Current State and Future of International Logistics Networks—The Role of Digitalization and Sustainability in a Globalized World. *Logistics, 7*(4), 83. doi: 10.3390/logistics7040083

NTNU. (n.d.). *Autoferry*. https://www.ntnu.edu/digital-transformation/autoferry, Erişim Tarihi: 12.04.2026

Perralojistik. (2025). *2025'te taşımacılık trendleri: Sektörü bekleyen yenilikler*. https://perralojistik.com/tr/2025-te-tasimacilik-trendleri-sektoru-bekleyen-yenilikler, Erişim Tarihi: 09.04.2026

Ran, L., Shi, Z., & Geng, H. (2024). Blockchain technology for enhanced efficiency in logistics operations. *IEEE Access*, 1–14. doi: 10.1109/ACCESS.2024.3458434

Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., & Treiblmaier, H. (2021). Blockchain Technologies in Logistics and Supply Chain Management: A Bibliometric Review. *Logistics, 5*(4), 72. doi: 10.3390/logistics5040072

Riahi, Y., Saikouk, T., Gunasekaran, A., & Badraoui, I. (2021). Artificial intelligence applications in supply chain: A descriptive bibliometric analysis and future research directions. *Expert Systems with Applications, 173*, 114702.

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research, 57*(7), 2117–2135. doi: 10.1080/00207543.2018.1533261

Singapore PSA. (2022). *PSA and A*STAR collaborate on smart scalable solutions*. https://www.singaporepsa.com/2022/03/02/psa-and-astar-collaborate-on-smart-scalable-solutions-for-managing-automated-guided-vehicle-agv-fleets-in-preparation-for-tuas-port/, Erişim Tarihi: 18.04.2026

Sivasubramanian, M. (2021). Artificial intelligence's impact on our everyday lives. In *Learning outcomes of classroom research* (p. 1).

Slezdik, K. (2013). Schumpeter's view on innovation and entrepreneurship. *SSRN Electronic Journal*, 89–95. doi: 10.2139/ssrn.2257783

Sultana, S., Akter, S., Kyriazis, E., & Wamba, S. F. (2021). Architecting and developing big data-driven innovation in the digital economy. *Journal of Global Information Management, 29*(3), 165–187. doi: 10.4018/JGIM.2021050107

Sun, X., Yu, H., Solvang, W.D. *et al*. The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: a systematic literature review (2012–2020) to explore future research opportunities. *Environ Sci Pollut Res* 29, 9560–9591 (2022).

Şenerol, H. (2022). Havacılık sektöründe blockchain uygulamaları. In *Blockchain teknolojileri ve sektörel etkileri*. Nobel Bilimsel Eserler.

Taymaz, E. (2002). Ulusal yenilik sistemi: Türkiye imalat sanayiinde teknolojik değişim ve yenilik süreçleri. *ODTÜ Gelişme Dergisi, 29*(3–4), 385–391.

Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research, 122*, 502–517.

Upper Inc. (2026). *Crowdsourced delivery: The complete guide for 2026*. https://www.upperinc.com/blog/crowdsourced-delivery/, Erişim Tarihi: 06.04.2026

TTNews. (n.d.). *Autonomous trucking development*. https://www.ttnews.com/articles/autonomous-trucking-development, Erişim Tarihi: 13.04.2026

Varnalı, T. (2026). Lojistikte insansız araçlar: Teknolojik evrim ve pazar trendleri. *Ekonomi Yönetim Politika, 4*(1), 17–47. https://izlik.org/JA83DT56MT

Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management. *International Journal of Production Economics, 176*, 98–110. doi: 10.1016/j.ijpe.2016.03.014

Yorulmaz, M., & Derici, M. (2023). Akıllı limanlar ve Türkiye'deki limanların dijital teknoloji uygulamaları. *Asya Studies, 7*(26), 291–308.