



**Derleme / Review Article**

## **Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Lojistik Sektöründe Kullanımı**

**Batin Latif AYLAK<sup>1a</sup>, Okan ORAL<sup>2b\*</sup>, Kübra YAZICI<sup>1c</sup>**

<sup>1</sup>Türk-Alman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü. İstanbul/TÜRKİYE

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü. Antalya/ TÜRKİYE  
okan@akdeniz.edu.tr

**Received/Geliş:** 02.08.2020

**Accepted/Kabul:** 26.10.2020

**Öz:** Lojistik sektörü dünyada ve Türkiye’de giderek büyümekte ve sektörün potansiyeli zamanla daha iyi anlaşılmaktadır. Lojistik sektörünün gelişime oldukça açık olduğu, teknoloji ile ortaya çıkan yeniliklere ayak uydurmak zorunda olduğu bilinmektedir. İşletmeler bu yeniliklere ayak uydurarak, rekabette başarılı olmaya çalışmaktadır. Endüstri 4.0 özellikle lojistik gibi rekabetin ön planda olduğu sektörleri etkisi altına almıştır. Yapılan son araştırmalarda yapay zeka tekniklerinin kullanımında büyük oranda artış olduğu görülmektedir. Yapay zekanın lojistik sektöründe kullanılması sonucunda özellikle işleyiş ve dinamiklerde değişiklikler oluşmaya başlamıştır. Yapay zeka, insan zekasının fizyolojik ve nörolojik yapısını çeşitli teknolojiler yardımı ile modelleyerek makinelere aktarmaktadır. Yapay zeka ile birlikte ortaya çıkan sürücüsüz araçlar, depolama ve raflarda kullanılan robotlar, sistem içerisinde büyük verilerin rahatlıkla kullanılması gibi seçenekler lojistik sektöründeki hataların en aza indirgenmesini sağlamaktadır. Lojistik sektöründe yapay zeka kullanımı sayesinde işletmeler daha verimli işler ortaya koymaktadır. Yapılan bu çalışmada, lojistik sektöründe kullanılan yapay zeka ve makine öğrenmesi uygulamalarının geniş bir perspektif ile incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada önce yapay zeka ve makine öğrenimi kavramları açıklanmış ardından endüstri ve lojistik kavramlarına değinilerek lojistikte kullanılan yapay zeka ve makine öğrenmesi uygulamalarına yer verilmiştir. Küresel lojistik ve tedarik zinciri yönetimi konusunda yapay zekanın günden güne kendini geliştirdiği ve lojistik süreçleri kolaylaştırdığı görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay zeka, makine öğrenmesi, lojistik

## **Using Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Logistics**

**Abstract:** The logistics sector in Turkey and the world is growing and the sector's potential is better understood over time. It is known that the logistics sector is very open to development and has to keep up with the innovations that occur with technology. Businesses are trying to be successful in competition by keeping up with these innovations. Industry 4.0 has influenced the sectors where competition is at the forefront, especially logistics. In recent studies, it has been observed that a significant increase in the use of artificial intelligence techniques. As a result of the use of artificial intelligence in the logistics sector, changes in operations and dynamics have started to occur. Artificial intelligence models the physiological and neurological structure of human intelligence with the help of various technologies and transfers them to machines. Options such as driverless vehicles emerging with artificial intelligence, robots used in storage and shelves, and the easy use of big data in the system ensure that the errors in the logistics sector are minimized and convenience is provided in this way. Thanks to the use of artificial intelligence in the logistics sector, businesses create more efficient jobs. In this study, it is aimed to examine the artificial intelligence and machine learning applications used in the logistics industry with a broad perspective. In the study, firstly, the concepts of artificial intelligence and machine learning are explained and then, the concepts of industry and logistics are mentioned, and the applications of artificial intelligence and machine learning used in logistics are

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Aylak, B. L., Oral, O., Yazıcı, K., “Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Lojistik Sektöründe Kullanımı” El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2021, 8 (1); 74-93.

*How to cite this article*

Aylak, B. L., Oral, O., Yazıcı, K. “Using Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Logistics,” *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2021, 8 (1); 74-93.

ORCID ID: <sup>a</sup>0000-0003-0067-1835; <sup>b</sup>0000-0002-6302-4574; <sup>c</sup>0000-0003-4187-3871

included. It is seen that artificial intelligence improves day by day and facilitates logistics processes in global logistics and supply chain management.

**Keywords:** Artificial intelligence, machine learning, logistics

## 1. Giriş

Yirmi birinci yüzyılda rekabetin artması sonucunda müşteriler, küresel pazarlardan aldıkları ürünleri doğru zamanda, doğru yerde, iyi kalitede ve daha düşük fiyatta aramaktadırlar. Lojistikte doğru fiyat, ürün, yer ve zaman kavramları oldukça önem arz etmektedir. Bu kavramları uygulamaya çalışırken rekabet edilebilirlik düzeyini sağlamak gerekmektedir [1]. Hızla gelişen teknoloji sonucunda gerçekleşen Dördüncü Sanayi Devrimi ile akıllı şebeke ve hareketlilik, endüstriyel uygulamaların birlikte esnek bir biçimde çalışması, tedarikçi ve müşteri ile entegre bir sürecin sonucu meydana gelen yenilikçi iş modellerinin benimsenmesi anlamını taşıyan “akıllı fabrika” kavramının dijital imalat sürecinin sürekli uygulanabilir hale getirilmesine başlanmıştır [2]. Endüstri 4.0’ın merkezinde yer alan bu durum, akıllı lojistik, akıllı şebeke, akıllı hareketlilik, akıllı altyapı sistemleri, akıllı bina ve ev sistemi modellerinin birbirleri ile ortak hareket etmeleridir [3]. Endüstri 4.0, beraberinde lojistik 4.0 (dijital lojistik) kavramını hayatımıza dahil etmiştir. Lojistik 4.0 geniş anlamda, otomasyon ve dijitalleşme süreçlerinin nasıl değişime uğratılıp desteklenmesi ve Endüstri 4.0’ın çapraz-fonksiyonel ve taşımacılık koordineli görevleri üzerindeki etkileşimi ile ilgilenmektedir [4]. Lojistik günümüzde, modern teknolojiler dünyasının en son yeniliklerini kullanarak bilgi işlem teknolojilerine, lojistik süreçlerin dijitalleşmesine ve bu sürecin optimizasyonuna daha da yoğunlaşmış durumdadır. Lojistik 4.0; erişim kolaylığı, hızlı bilgi işleme ve güvenlik gibi içinde yaşadığımız çağda gittikçe önemli hale gelen durumları tek bir çatı altında gerçekleştirmektedir. Dar anlamda ise şu açıklamalara yer verilebilir; üçüncü parti lojistik firmaları vasıtasıyla, üreticiden müşteriye kadar olan süreçte bütün firmaların yüksek bağlantılı süreçlerin, veri ve sistemleri ile entegre işleyişi olarak tanımlanabilmektedir [5].

Lojistik 4.0, işletme içerisindeki tüm sürecin kontrol edilmesini sağlamaktadır ve günümüzde şirketler için en az Endüstri 4.0 kadar önemli bir yeri bulunmaktadır. Bu dijital teknoloji sayesinde işletmeler yeni ağlar oluşturmakta, tedarik zincirlerinin otomatikleştirilmesi sağlanarak, ulaşım daha seri hale gelmektedir. Oluşturulmuş olan bu yeni ağların temel bileşenleri; akıllı paletler, konteynerler, depo yönetim sistemleri ve sürücüsüz taşıma sistemleridir. Sistem başarılı bir şekilde uygulandığında malzeme akışlarıyla ilgili tüm süreci gözle görülür şekilde akıcı hale getirmektedir. Bu süreçlerin iyileştirilmesi, şirketlerin müşteriler ve tedarikçiler, üreticiler ve toptancılar gibi iş ortaklarıyla daha verimli çalışmalarına olanak sağlar. Aynı zamanda maliyeti azaltarak kazancı artırmaktadır [6]. Lojistik 4.0’ın birçok teknolojisi günümüz gelişen dünyasına adapte olmuş ve firmalar tarafından birçok alanda uygulanmaktadır. Çoğu fabrikada konteynerler ve ürünler arasındaki bağlantı, Lojistik 4.0’dan yararlanılarak daha verimli bir hale getirilmektedir. Örneğin, depo çalışanları veri gözlükleri ile sesli komutlar ve dokunmatik yüzeyler aracılığıyla ürün toplama işlemini daha hızlı ve hatasız şekilde tamamlayabilmektedir [7].

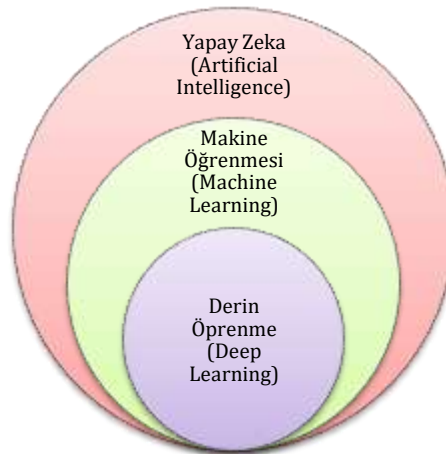
Yapay zeka ve makine öğrenmesi uygulamalarının en çok kullanıldığı sektörlerin başında lojistik sektörü gelmektedir. Lojistik firmaları satın alma, ulaşım ağ tasarımı, depolama, sevkiyat, talep tahmini ve planlama, envanter yönetimi, müşteri ilişkileri yönetimi vb. alanlarda yürütülen çalışmalarda yapay zekadan destek almaktadırlar [8].

Yapılan bu çalışmada, lojistik sektöründe kullanılan yapay zeka ve makine öğrenmesi uygulamalarının geniş bir perspektif ile incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde yapay zeka ve makine öğrenimi kavramları açıklanmış, üçüncü bölümde lojistik

ve Lojistik 4.0 kavramlarına ve lojistikte yapay zeka uygulamalarına yer verilmiş ve son bölümde ise çalışmanın sonuçları özetlenmiştir.

## 2. Yapay Zeka (Artificial Intelligence, AI)

Yapay zeka; insanoğlunun yerini alan insan gibi elektromekanik bir robotu çağrıştırmaktadır. Bilgisayarların mevcut teknolojiyle hiçbir zaman insanoğlunun yaratıcılık, duyu ve mizacının benzeşimini aktarabilme becerisine sahip olamayacağı görülmektedir. Bunun yanında bilgisayarların belirli fiziksel insan davranışlarını yapan robotlar gibi makinelere yön vermesi ve veri hesaplaması, tıbbi teşhis gibi belirli uzmanlık alanı ile ilgili beşeri düşünme sürecinin benzeşimini yapan sistemlerin beyin olma becerisine sahip olması mümkün görülmektedir [9]. Doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmeyi amaçlayan, işini mükemmel yapan canlı sistemlerini ve insan beynini model alan yapay zeka çalışmaları; günlük yaşamın farklı alanlarında ürünler verilmesinin yanında, tahmin, sınıflandırma, kümeleme gibi amaçlar için de kullanılmaktadır [10]. Yapay zeka, bilgisayar veya bilgisayar destekli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler, çözüm yolu bulma, anlama, bir anlam çıkartma, genelleme veya geçmişteki deneyimlerden öğrenme gibi yüksek mantık süreçlerine ilişkin görevleri yerine getirme niteli olarak tanımlanmaktadır [11]. John McCarthy e göre yapay zekâ: “Zeki makineler özellikle de, zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliğidir. Yapay zekanın Silage tarafından yapılan tanımına göre; sezgisel programlama temelinde olan bir yaklaşım olarak görülmektedir [12]. Popov’a göre yapay zeka; insanların yapmış oldukları çalışmaları bilgisayarlara yaptırabilme olarak tanımlanmaktadır [13]. Axe yapmış olduğu çalışmada ise yapay zekâyı akıllı programları hedefleyen birim olarak tanımlamıştır [14]. Yapay zeka üzerine yapılan çalışmalar akıllı davranış üzerinedir. Buradaki ana hedef doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmeyi amaçlayan bir kuramın oluşturulması olarak tanımlanmaktadır [15]. Yapay zeka, makine öğrenmesi ve derin öğrenme kavramları akıllı uygulama yazılımlarında sıklıkla birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Fakat aralarında farklılıklar vardır. Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt kümesidir. Makine öğrenmesi de akıllı uygulamalar yürüten yapay zekânın alt kümesidir, yani tüm makine öğrenmesi uygulamaları yapay zeka olarak sayılır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Kapsamı [16]

Yapay zekâ, karmaşık ve gelişmiş süreçleri içeren kapsamlı bir alandır. Bu sebeple çalışma alanı birçok teori, yöntem ve teknolojiyi içermektedir. Yapay zekâ alt alanları Şekil 2’de yer almaktadır. Bilişsel hesaplama; insanlarla ve diğer akıllı sistemlerle etkileşime giren akıllı sistemleri ifade eder. Açık bir şekilde programlanmak yerine bu sistemler insanlarla olan etkileşimleri ve çevrelerindeki deneyimlerden öğrenir.



**Şekil 2.** Yapay Zekâ Alt Alanları [17]

Bilişsel hesaplama, rutin görevleri yerine getirip büyük miktarda veriyi analiz ederek maliyetleri düşürür, verimliliği artırır ve sonuçları iyileştirir. Bilişsel hesaplamanın amacı, bireylerin veya kuruluşların üretkenliğini ve yaratıcılığını (karar verme, bağlantı, yenilik ve büyütme) geliştirmektir [18].

Bilgisayarla görme; bilgisayarların görüntüleri, insanın algıladığı görüntü ile aynı şekilde görmesine, tanımasına ve işlemesine olanak sağlamaktadır. Bilgisayarlı görme, yapay görme sistemlerinin pratik uygulamalarında mantıksal bir şekilde oluşturulabilir ve kullanılabilir yöntem ve teknikleri kapsar. Yapay zekanın bu alanı, bu metotlar için gerekli olan yazılım, donanım ve görüntüleme tekniklerini içerir [19].

Makine öğrenmesi; bir makinenin, kendi kendine verilen örnek ve önceki çıkarımlarından yola çıkarak öğrenebileceği öğrenme biçimidir. Diğer bir deyişle, makine öğrenimi, bilgisayarın doğrudan verilerden bilgi edinme ve böylece problemleri çözmeyi öğrenme yollarını içerir [20].

Yapay sinir ağları; beyin hücrelerinin yani nöronların işleyiş biçimine dayanan ve birbirine bağlı bir dizi düğümden oluşan teori deneyimlerden öğrenebilir, kalıpları tanıyabilir, özellikleri ayırt edebilir ve nesnelere kümeleyebilir [21,22]. İstenilen görevin yerine getirilmesi için ağ ilgili olayın örnekleriyle eğitilerek veriler arasındaki gizli ilişkiyi öğrenir ve benzer olaylarda veri modellerine yanıt verebilir. Yanıtın elde edilmesi ağa girilen bilginin kendi ağırlıkları ile çarpımlarının toplanmasıyla elde edilen değerlerin aktivasyon fonksiyonu ile işlenmesiyle gerçekleşir [23].

Derin öğrenme; Birden fazla soyutlama katmanına sahip verinin çoklu işleme katmanlarından oluşan hesaplama modelleri ile temsil edilmesini sağlar. Amaç, bir programı (yazılımı) adım adım kurgulamadan ziyade kurguyu oluşturulan modelin yapabilmesi için zemin hazırlanmasıdır ve bu şekilde alternatif senaryolara karşı çözüm üretilebilir [24]. Derin öğrenme, iç parametrelerin önceki katmana göre nasıl değiştirilmesi gerektiğini göstermek için geri yayılım algoritmasını kullanarak büyük veri kümelerindeki karmaşık yapıyı keşfeder. Derin ağlar görüntü, video, konuşma ve sesin işlenmesinde atılımlara yol açmıştır [25].

Doğal dil işleme; dillerin bilgisayarlar yardımıyla işlenmesi üzerine çalışan doğal dil işleme sayesinde yabancı dil kullanan makinelerle iletişim kurmamıza olanak sağlayan yöntemler geliştirilebilir. Doğal dil işleme yazım hatalarının düzeltilmesi, bilgisayarla sesli etkileşim, diller arası çeviri, konuşmayı metne çevirme ve metni seslendirme gibi alanlarda kullanılmaktadır [26].

## 2.1. Makine Öğrenmesi

1959 yılında makine öğreniminin (ML) öncülerinden olan Arthur Samuel [27], makine öğrenmesini “bilgisayarlara açıkça programlamadan öğrenme yeteneği veren bir çalışma

alanı” olarak tanımlamıştır. Basit bir şekilde makine öğrenmesi; verilerin ayrıştırılması için algoritma kullanılması, onu öğrenme ve sonra dünyadaki bir şey hakkında bir belirleme yapılması ya da tahmin yapma uygulaması olarak açıklanmıştır. Makine öğrenmesinde; manuel olarak programlamak yerine model mevcut bir veri seti ile eğitilir ve ardından yeni veriler üzerinde öğrenilmiş görevler yerine getirilir. Verilerden öğrenmeyi etkin bir şekilde gerçekleştirebilmek için örnek vakaların ve ilgili girdi parametrelerinin toplanması gerekmektedir. Makine öğrenmesinin bu özelliği modeli eğitmek için kullanılacak verinin yeterli boyut ve kalitede olmasını gerektirir [28]. Makine öğrenme teknikleri, öğrenme görevlerindeki farklılıklardan bağımsız olarak, çoğu zaman insanların varoluşundan beri biriktirdiği bilgi ve deneyime dayanarak doğayı taklit etmeye çalışır. Makine öğrenme teknikleri insan beyni işlevinden, insan evrimini ele alan süreçlerden, insan bilgi edinme ve akıl yürütme teorisinden ve insan davranışlarının arkasındaki sosyolojik teori tarafından harekete geçirilmiştir [8].

Makine öğrenme stratejileri üç başlık altında toplanır. Bunlar, denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli (takviyeli) öğrenmedir. Denetimli öğrenme yönteminde oluşturulan model ile girdi değerlerine karşılık hedef değerler verilerek aralarındaki ilişkiyi öğrenip verilen hedef değerlere en yakın çıktı elde edilmesi amaçlanır. Sonuç olarak elde edilen model çıktısı, yeni değerler için en yakın çıktıyı da sunabilecektir. Denetimli öğrenme, bilgisayar programının eğitildiği süreci kapsar [10, 29]. Denetimsiz öğrenme, bilgiyi keşfedebilen bir sistem olarak tanımlanır. Bu öğrenme türünde hedef değerler etiketlenmemiştir. Bu yaklaşıma “güdümsüz öğrenme” de denilmektedir. Denetimsiz öğrenmenin en iyi görevi kümelendirilmedir. Yöntem, ortak modellere göre girdileri sınıflandırmak için girişler arasındaki benzerlikleri tanımlar [30-32]. Takviyeli öğrenme yönteminde, öğrenme aşamasının başlangıcında sistem tarafından en uygun çözüm bilinmemektedir, bu nedenle çözümler yinelemeli olarak belirlenmelidir. Bu süreçte mantıklı yaklaşımlar ödüllendirilir ve yanlış adımlar cezalandırılır. Sistemin karışık çevresel etkileri hesaba katması ve buna göre tepki üretmesi mümkündür. Bu şekilde sistem, ödüller ve ceza ile kendi çözümlerini özerk bir şekilde üretebilir [33, 29].

### 3. Lojistik

Günümüzde işletmeler kendi ürünlerini düzenli olarak müşterilerin değişen ihtiyaç ve beklentilerine göre ayarlamaya zorlanmaktadır. İşletmeler teslimat süresinin yüksek gerekliliklerini yerine getirirken aynı zamanda güvenilirliğin, kalitenin ve fiyatların da gerekliliklerini yerine getirmelidirler. Firmalar yeni teşviklere ve market ihtiyaçlarına esnek bir şekilde karşılık verebilmelidirler. Onlar faal bir lojistiğe sahip olmalıdırlar. Lojistik alan olarak planlama, uygulama ve hareketliliğin kontrolü ve insan veya ürün yayılımı ve destek faaliyetlerini amaçlarını başarabilmeleri için organize etmektedirler. Firmaların bu alanlarının da işletme planı çeşitli projelerden oluşmaktadır [34]. Lojistik alanındaki yenilik sadece modern bilgi teknolojileri çözümleri ile ilgili değildir. Yeniliğin işareti düşünmenin bir yolu da olabilir. Lojistik'teki yenilikçi çözümler olarak; yenilik yapan bir takımın devamlı gelişimi, işin devamlı teyiti ve teslimi, yapılan aktivitelerin devamlı kalite olması sağlanması, iş yapan takımın yapılan işlere ve paylaşılan değerlere sabit odaklanması, lojistik aktivitelerin uygulaması için daha yenilikçi ve iyi yolların bulunmasına dayanan düzenli bir araştırmayı içeren aktiviteler, işaret edilebilir.

#### 3.1. Lojistik 4.0

Lojistik 4.0, Endüstri 4.0 içerisindeki tedarik zinciri ve lojistik ortak siber fiziksel sistemler olarak tanımlanabilir. Siber fiziksel sistemler ve bulut bilişim, lojistiğin akıllı lojistik olarak adlandırılmasına imkan vermektedir. Çeşitli teknolojilerin uygulaması olarak akıllı lojistik,

belli prosesleri (dağıtım, depolama vb.) ve bütün tedarik zincirini etkileyerek verimi artırmaktadır. Lojistik 4.0 akıllı ürünler ve akıllı hizmetlerden oluşmaktadır, bu nedenle akıllı lojistik olarak da ifade edilebilir. Lojistik 4.0 ile lojistik esneklik seviyesini artırarak, pazardaki yüksek dalgalanmalar nedeniyle oluşan taleplerin karşılanması mümkün olmaktadır. Esneklikteki bu artış müşteriyi firmaya yakınlaştıracak ve bu üretimdeki optimizasyon fırsatlarını arttıracaktır. Dördüncü sanayi devriminin lojistik ve tedarik zinciri üzerine etkisi Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Dijitalleşmenin endüstri üzerindeki beklenen etkisi

Endüstri	Maliyet Düşürme	Ek Gelir
İmalat	%17,6	%22,6
Lojistik Hizmetler	%34,2	%33,6
Perakende	%7,8	%33,3

Endüstri 4.0'ın imalat sektörüne ve lojistik hizmet sektöründe sırasıyla toplam maliyeti %17,6 ve %34,2 düşürdüğünü göstermektedir [35]. Buna ek olarak, işletme maliyetinde %7,8'lik bir azalma, ek gelirler tarafında ise imalat sektörü, lojistik hizmet sektörü ve perakende sektörü sırasıyla gelirlerini %22,6, %33,6 ve %33,3 oranında arttıracaklardır (Tablo 1). Endüstri 4.0 ile beraber yatırım, istihdam, verimlilik gibi alanlarda yaşanan olumlu gelişmelerle bu anlayışı benimseyen kuruluş sayısının gelecek 5-10 yıl içerisindeki artışı beraberinde daha yüksek verimle çalışma ve artan bir kazanç getirecektir.

### 3.2. Lojistik Alanında Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları

Lojistik sektöründe kullanılan yapay zekâ ve makine öğrenmesi uygulamaları bir sonraki kısımda sıralanıp açıklamalarına yer verilmiştir.

#### 3.2.1. Müşteri Kaybı Tahmini

Son zamanlarda lojistik sektöründe müşteri kaybı tahmini önemli bir araştırma alanına dönüşmüştür. Lojistik pazarı hızla büyümektedir ve bunun sonucunda çetin bir rekabet ortamı oluşmaktadır. Buna bağlı olarak müşterileri kurum içinde tutmak, lojistik firmalarının odak noktası haline gelmiştir. Bu sebep ile müşterinin ilerleyen zamanlarda rakip firmalara geçebileceğinin bilinmesi önemli bir bilgidir. Sektörden çıkarılan veriler ve makine öğrenmesi tekniği ile müşteri kaybının tahmini yapılabilir ve önüne geçilebilir. Makine öğrenimi uygulamaları göz önüne alındığında, kayıp tahmini denetlenir ve şu şekilde tanımlanır; önceden tanımlanmış bir tahmin ve hedefteki müşteriler ile ilgili veriler ile gelecekte oluşabilecek kayıp tahmin edilir. Müşteriyi elde tutma maliyeti, müşteri kazanımı maliyetinden çok daha az olduğundan kayıp tahmini şirketler için önemli bir yer teşkil etmektedir. Lojistik belirli süreçleri içermektedir ve bu süreçler boyunca oluşabilecek müşteri memnuniyetsizliği bir kayba neden olabilir. Bu durum endişe vericidir. Lojistikte müşteriler ile uzun soluklu ilişki önemli bir faktördür. Çalışmada müşteri kaybı tahmin modeli oluşturulmuş ve lojistik regresyon, karar ağacı analizi ve yapay sinir ağı teknikleri kullanılmıştır. Kayıp müşterilerin işlem yapamama nedenini belirlemek için müşteriler gruplara ayrılmıştır. Daha sonra üç model oluşturulmuştur. Birinci model, belirlenen özelliklerin %76'sını tahmin etme başarısı gösteren doğrusal regresyon modelidir. İkinci modelde tüm KPI (Anahtar Performans Göstergesi) değerleri ve kilometre taşları ele alınmıştır ve %93'lük bir doğru tahmin elde edilmiştir. Son olarak tüm olasılıklar birleştirilerek ve lineer regresyon kullanılarak bir model oluşturulmuş ve %94'lük bir tahmin değeri elde edilmiştir [36]. Çalışmada bir lojistik firmasında müşteri kaybında etkili olan

faktörler incelenmiş ve müşteri kaybı tahmini yapılmıştır. Çalışmanın ilk kısmında şirket karlılığına katkıda bulunan müşterileri tespit etmek amacıyla müşteri değer analizi uygulanmış ve en etkili değişkenlerin belirlenmesi için bilgi kazancı metodu kullanılmıştır. İkinci kısımda sıkça kullanılan bir veri madenciliği yazılımı olan Weka’da müşterini kaybını tahmin etmek için C4.5, çok katmanlı algılayıcı (MLP), destek vektör makinesi ve LGR algoritmaları kullanılmış ve doğruluk oranları sırasıyla %93, %90, %88 ve %87 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan sınıflandırma teknikleri ile oluşturulan tahmin modeli şirketlere olası müşteri kaybında bir erken uyarı aracı sunmaktadır [37]. Çalışmada Türkiye’de bulunan bir lojistik firmasında kaybedilen müşteri davranışlarını ortaya çıkarmak için geçmiş 2 yıla ait gönderi bilgileri incelenmiştir. Geçmiş yıllara ait veri 3’er aylık periyotlara ayrılarak toplam 8 dönem üzerinde veri madenciliği yöntemlerinden biri olan destek vektör makinesi kullanılarak gelecek 3 ay için kayıp tahmini uygulaması gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.2. Talep Tahmini

Almanya’nın en büyük ilaç market şirketlerinden biri olan Drogerie Markt (DM), taleplerini tahmin etmek için makine öğrenimi algoritmaları kullanmaktadır [38]. Dünya çapında 3350 mağazaya sahip firma malların dağıtımını için altı adet dağıtım merkezine sahiptir. Dağıtım merkezleri, gelen malların bireysel mağazalar için ürün açığını yok etmek ve müşteri memnuniyetini üst düzeye çıkarmak için çalışmaktadır. Ürünlerin kısa sürede müşteriye ulaştırılması önemli bir husustur. Fakat üreticiler için uzun teslim süreleri oluşabilmektedir [39]. Bu durum da dağıtım merkezleri için zorluk oluşturmaktadır. Ayrıca uzun vadeli siparişler ise yüksek depolama maliyetlerine sebep olmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek için firma altı aylık zaman dilimi içinde oluşabilecek talepler için, yapay zekâ algoritmaları ile haftalık talep tahminleri oluşturmaktadır. Algoritmanın eğitimi için, dağıtım merkezlerinin son 2,5 yıllık verileri ve mevsimsellik faktörü dikkate alınmıştır. Sonuç olarak talep tahminleri çok hassas bir hale gelmiştir. Bu sayede endüstriyel ortaklar çok daha erken planlama yapabilir hale gelmiştir. Teslimat güvenilirliği ve ürün bulma imkânı, endüstriyel ortaklarla gelecekteki gereksinimlerin bilgi akışı ile desteklenmesi sonucu iyileşmiştir. Stoklama maliyetleri azalmıştır ve müşterilerin memnuniyeti artmıştır.

İsveç’de bir araba üreticisi olan firmanın sevkiyat lojistiğinde geçmiş 15 yıllık veriler kullanılarak şu anda kullanılan talep tahmin yöntemlerinden farklı olarak hangi makine öğrenme algoritmasının talep tahmini için uygun olacağı araştırılmıştır. İlgili algoritmalar araştırılarak evrimsel sinir ağları, yapay sinir ağları ve uzun kısa vadeli hafıza ağları modellerinin talep tahmini için oldukça iyi sonuç verdiği görülmüştür. Evrimsel sinir ağlarının talep tahminine etkinliği gösterilmiştir. Ayrıca aynı veri setine yapay sinir ağları ve uzun kısa vadeli hafıza ağları modellemesi de uygulanmıştır. Sonuç olarak evrimsel yapay sinir ağlarının diğer seçilen algoritmalarından daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Sevkiyat lojistiği talep tahmininde diğer derin öğrenme yöntemleri ile de karşılaştırma yapılarak çıktılarının bulunmasına ihtiyaç duyulmaktadır [40].

İlaç endüstrisinde yapılan bir çalışmada ise talep tahmini için hareketli ortalama, çoklu lineer regresyon ve genetik algoritmaya dayalı sembolik regresyon yöntemleriyle farklı tahmin senaryoları oluşturulmuştur. Regresyon senaryolarında ürünün talebini etkileyen faktörler indirimli ürün satış fiyatı, distribütör fiyatı, haftalık ve aylık satış rakamları ve haftalık ortalama döviz kuru olarak belirlenmiştir. Senaryo sonuçlarına göre ağaç tabanlı genetik programlamaya dayalı olarak üretilen sembolik regresyon tabanlı deney sonuçlarında daha düşük tahmin hatası elde edilmiştir [41].

### 3.2.3. Envanter Yönetimi

Tekrar sipariş noktası envanter yönetimi için önemli bir safhadır [42]. Bu noktanın optimal olarak bulunması, güvenlik stok yönetimine, verimliliğin artmasına, envanter maliyetinin azalmasına ve firmaların gelirlerinin artmasına katkı sağlamaktadır. Matematiksel fonksiyonlara dayanan klasik yöntemler belli bir noktaya kadar başarı sağlamaktadır. Her ürün için tekrar sipariş noktası hesaplamak ve bunları periyodik olarak güncellemek, envanter bölümünde çalışan personel için, çok zaman alan bir iştir. Böyle bir durum, matematiksel fonksiyonun bir parçası olmayan fakat aynı etkiye sahip diğer faktörlerin eklenmesi için uygun olmamaktadır. Bu problemi çözmek için, bir yapay sinir ağı modeli ve makine öğrenmesi tekniği kullanılarak optimum tekrar sipariş verme noktası bulunmaya çalışılmıştır. Kullanılan veri setleri endüstrideki çeşitli firmalardan toplanmıştır ve bu veri setleri halka açık halde ve online olarak elde edilmiştir. Farklı öğrenme algoritmaları yapay sinir ağı modeline uygulanmıştır. En iyi performansı veren yapay sinir ağı modeli karesel hatası bulunarak tespit edilmiştir. Bu sonuç açık kaynak olarak kullanılan kurumsal kaynak planlama programının envanter planlaması modülünün gelecekteki iyileştirmeleri için bir temel oluşturacaktır. Bilgisayarla görme ile envanter yönetimi uygulamaları günümüzde perakende sektöründe kullanılmaktadır. Bir Fransız şirketi Qopius, raf performansını ölçmek, ürünleri izlemek için bilgisayarla görme tabanlı yapay zeka kullanmaktadır. Derin öğrenme ve görüntü tanıma özelliğini kullanan Qopius marka, etiketler, logolar, fiyat etiketleri ve raf durumu gibi bilgilerin özelliklerini çıkararak ve bilgisayarla görme sayesinde bireysel parça ve stok düzeyinde gerçek zamanlı envanter yönetimine olanak sağlamıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Qopius bilgisayarla görme örneği [43]

Envanter yönetiminde karşılaşılan sorunların çözümünde melez yaklaşımlar son yıllarda sıkça kullanılmaktadır. Belirsiz teslim süresi envanter kontrolü ile ilişkili olarak tedarik zincirindeki verimsizlik kaynaklarından biridir. Çalışmada iki aşamadan oluşan yeni bir hibrit model geliştirilmiştir. İlk aşamada envanter yönlendirmesiyle ilgili kararların dinamik olarak alınması için genetik algoritma tabanlı bir optimizasyon yapılmaktadır. İkinci aşamada ise dalgacık dönüşümü ve yapay sinir ağı yöntemleri kullanılarak tedarik zinciri üyelerinin teslim süresi tahmin edilmektedir. Önerilen hibrit yapay zeka tabanlı karar destek mekanizması sayesinde maliyetlerde azalma sağlanmıştır [44].

Envanteri talebi karşılayacak ve aşırı stoğu önleyecek şekilde tutulması için üreticiler ve distribütörler arasında etkin bir bilgi paylaşımına gereksinim duyulmaktadır. Çalışmada RFID ve yapay zeka teknikleri kullanılan entegre sistem sayesinde envanter yönetimi iyileştirilmiş ve beklenmedik arz ve talep değişikliklerine yanıt verebilirlikte artış sağlanmıştır. RFID ile toplanan veriler, müşteri bilgi sisteminden çekilen satış verileri ve tedarikçi firmaların ürün bilgileri bir veritabanı uygulaması olan OLAP ile analiz edilir. Ardından yapay sinir ağı yöntemi ile talep örüntüsü tanımlanarak talep plan ve stratejileri geliştirilmiştir. Önerilen entegre sistemde inovasyon bilgi teknolojileri kullanılarak envanter yönetim yeteneği



iyileştirilmiş ve müşteri ihtiyaçlarına cevap verme hızı arttırılmıştır. Çalışmanın önemli bir katkısı da doğru ikmal stratejilerinin belirlenmesidir [45].

RFID çoğunlukla üreticiden tüketiciye tedarik zinciri boyunca ürünlerin tanımlanması, takibi ve aranması için kullanılmaktadır. Ancak bir teknolojik problem RFID'nin verimli ve güvenilir kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu problem ürünün yanlış okutulması ile ortaya çıkanlardır. Çalışmada da makine öğrenmesi algoritmalarını kullanarak bu yanlış okutulan ürünlerin ortaya çıkarılmasına odaklanılmıştır [46]. Sınıflandırmalar lojistik regresyon, destek vektör makineleri ve karar ağaçları baz alınarak kurulmuştur. Bu sınıflandırmaların performansları gerçek bir fabrikada test edilmiştir. Testin sonuçları, destek vektör makinelerinin %95,3 oranında doğruluk gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Genel olarak, çalışmada kullanılan 3 algoritmanın ortalama %93 oranında doğrulukla başarıya ulaşabildiği sonucuna varılmıştır. Çalışmada önerilen metodoloji sayesinde hiçbir insan gücü gerektirmeden RFID uygulamalarının daha güvenilir olması sağlanmıştır. Bu durumda, ürünlerin tedarik zinciri boyunca yüksek potansiyelli tam otomatik tanımlama ve takibine olanak vermektedir.

### 3.2.4. Satın Alma

Tedarikçilerin seçimi ve değerlendirilmesi tedarik zinciri yönetiminde merkezi bir rol oynamaktadır. Gerçek hayat problemlerindeki ana tercihlere dayanan veriler genellikle belirsizdir ve bu belirsizlikte bulanık mantık yaklaşımlarına problemi yaklaştırmaktadır. Yapay sinir ağları, uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi gibi akıllı tahmine dayalı teknikler değişik araştırma alanlarında çok kriterli karar proseslerinde girdi ve çıktı verileri arasındaki uygun çözümleri ve ilişkileri bulabilme ve anlama anahtarını seçmek amacıyla bulanık mantık modelleri kurulmuştur. Çalışmada uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi ve yapay sinir ağı modeli yöneticilerin tedarikçi değerlendirme prosesine yardımcı olması amacıyla önerilmiştir [47]. Verileri topladıktan sonra analitik hiyerarşi süreci ile tedarikçi değerlendirilmesindeki en etkili kriter uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi ile bulunmuştur. Çok katmanlı algılayıcı, tedarikçinin performansındaki en etkili kriteri tahmin etmek ve sıralamak için kullanılmıştır. Bir vaka çalışması ile de modelin ana hatları ve tahmindeki doğruluğu gösterilmiştir.

İsveç'te bulunan bir lojistik hizmet sağlayıcılarının tedarikçi seçiminde ise sıkça tercih edilen yöntemlerden olan bulanık veri zarflama ve bulanık TOPSİS kullanılmıştır. Bulanık TOPSİS yönteminde kriterlerin önemi ve alternatiflerin derecelendirilmesi için dilsel ifadeler kullanılmış ve ardından karar vericilerin her bir ölçüt için önemi için ağırlıklar elde edilmiştir. Sonraki adımda kriter toplam ağırlıklarının hesaplanması için bulanık karar matrisi oluşturulur ve veriler normalleştirilir. Yöntemin son adımında ise her bir tedarikçi için yakınlık katsayısı hesabı yapılır. Bulanık veri zarflama yönteminde ise TOPSİS' de kullanılan verilere ek olarak lojistik hizmet maliyeti enerji ve kaynak tüketimi eklenmiştir ayrıca girdi ve çıktı parametreleri üçgensel üyelik fonksiyonu ile tanımlanmış ve tedarikçilerin verimlilik puanlarının tahmini yapılmıştır. İki farklı yöntemin sonuçları karşılaştırıldığında TOPSİS yönteminin tedarikçi sayısındaki değişime gösterdiği duyarlılık ve hesaplama karmaşıklığı nedeniyle daha iyi sonuçlar elde ettiği görülmüştür [48].

### 3.2.5. Araç Rotalama

Çalışmada, lojistik firmasında basit bir sinir ağı modelinin literatürdeki 5 adet sezgisel rotalama yöntemlerine göre daha verimli karar verip vermediği araştırılmıştır. Yıllık yaklaşık 45000 araç rotalama kararı gereken bir gerçek vaka çalışması ele alınmıştır. Yapılan çalışma

sonucunda yapay sinir ağı modelinin en iyi sezgisel rotalama yönteminden %48 oranında daha iyi bir performans gösterdiği tespit edilmiştir [49].

Yeşil araç rotalamaya örnek bir vaka çalışmasında bir soğuk zincir dağıtım şirketinin dağıtım merkezinden 16 farklı dağıtım noktasına yapılacak sevkiyat rotasını oluşturmak için modifiye parçacık sürü optimizasyonu modeli önerilmiştir. Sunulan modelde amaç, kalite kaybı maliyeti, ürün tazelik maliyeti, araç işletme maliyeti ve sera gazı maliyetlerinin minimum seviyeye düşürülmesidir. Klasik parçacık sürü optimizasyonu modelinin ve modifiye modelin sonuçları karşılaştırıldığında önerilen modelin dağıtım yollarını daha iyi optimize ettiği daha kısa sürede ve daha az maliyetle rotalama yapıldığı görülmüştür [50].

Çok depolu araç rotalama problemi için yeni bir karma tamsayı programlama ve yeni bir hibrit meta-sezgisel yöntem geliştirilmiştir [51]. Modelin ilk adımında genetik algoritma ve hibrit genetik algoritma için müşteriler rastgele atanır araç siparişleri belirlenir. Hibrit genetik algoritmada araç önceliklendirmesi için AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) kullanılır. İkinci adımda ise araçlar müşteri talepleri ve araç kapasitesi dikkate alınarak müşterilere atanır ve araç siparişleri AHP ile oluşturulur. Güzergah uzunluğu sınırlaması aşıldığında ceza fonksiyonu amaç fonksiyonuna eklenir. Son adımda ise depolar rotalara atanır. Bu işlem genetik algoritmada rastgele gerçekleşirken hibrit genetik algoritmada ise ilk müşteriye en yakın depo ve her depodaki araç sayısı göz önünde bulunarak yönlendirilecek şekilde atama gerçekleşir. Yapay zeka uygulamaları ile rota optimizasyonunun örneklerinden biri de dünyanın önde gelen lojistik sağlayıcılarından biri olan UPS'dir. Şirket teslimat operasyonları iyileştirmek için ORION adlı aracı geliştirmiştir. ORION, her gün UPS'in 55.000 ABD sürücüsünün her biri için, o gün alınacak ve teslim edilecek paketleri için optimize edilmiş bir rota sunar. Uygulama hem şirkete yılda 300-400 milyon \$ tasarruf sağlarken hem de karbondioksit emisyonlarını yılda 100.000 ton azaltarak UPS'in sürdürülebilirlik çalışmalarına katkıda bulunmaktadır [52].

### 3.2.6. Lojistik Operasyon Planlama

Dijitalleşmenin artması ile uzmanlar üretim sistemlerinin operasyonu ve planlaması hakkında temelden değişiklik ön görmektedirler. Trendler, merkezi kontrol ve sabit dizme üretim kaynaklarından merkezi olmayan kendini yönetebilen siber fiziksel sistemlere doğru bir değişimi işaret etmektedir. Çalışmada, kısa dönem operasyonel üretim ve lojistik planlaması için meydana gelen değişimler gösterilmektedir. Bununla birlikte şu anki metodların kısıtlamaları da gösterilmiştir [53]. Ayrıca, yapay sinir ağları ve bulanık mantık ile yapılan uygulamaların potansiyeli üretim ve lojistikteki kısa dönem operasyonel planlamada ortaya konmuştur. Önerilen yeni bir büyük veri çözüm mantığı metodolojisi, Twitter'dan alınan sosyal medya verileri analizi ve gıda ürünlerinin hali hazırda var olan tedarik zincirleri ve lojistik yönetimi sonuçlarının teşhisi için kullanılmıştır. Destek vektör makinesi ve hiyerarşik kümeleme içeren metin çözümlemesi mantığı yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımın sonucu kelimelerin önemli kümesini içermektedir ve bu durum karar vericilere tedarik zinciri ve lojistik yönetiminin gelişen çeşitli tabakaları hakkında bilgi verebileceğini göstermiştir [54].

Yapay zeka uygulamaları ile havayolu taşımacılığında öngörülü bir ağ yönetimi ile lojistik operasyonların performansı artırılabilir. DHL, kargo ağı planlamasında hava taşımacılığı süresinde yaşanabilecek gecikmeleri tahmin etmek için makine öğrenimi tabanlı bir araç kullanmaktadır. Kullanılan makine öğrenimi modelinde 58 farklı veri parametresi analiz edilerek ortalama günlük taşıma süresindeki değişim 1 hafta önceden tahmin edilebilmektedir. Model sayesinde sevkiyat gecikmesine neden olan faktörler saptanıp

sevkiyatların ne zaman ve hangi havayolu şirketi ile uçması gerektiği daha etkin bir şekilde planlanabilmektedir [55].

Borusan Lojistik, Türkiye'nin tek ve Avrupa'nın en büyük üçüncü dijital lojistik platformu eTA'yı geliştirerek sisteme kayıtlı kamyon ve tırların elektronik ihaleleri cepten takip edilmesine olanak sağlamaktadır. Bulut bilişim teknolojilerinden faydalanılan platformda şoförler ile yük sahipleri buluşturulup, yük sahibinin olağan dışı durumlardan korunma ve sürdürülebilir maliyet, şoförlere ise işler arasındaki boş zamanı ve fazla mesafeyi kısaltarak en uygun yükü seçme imkanı verilmektedir [56].

### 3.2.7. Lojistik Takip

Lojistik endüstrisinin devamlı gelişimi ile ilgili teknoloji daha da olgunlaşmıştır [57]. Sistem mükemmel olarak artış göstermektedir ve lojistik izleme sisteminin doğruluğu için gerekli şartlar daha fazla aranmaktadır. Geleneksel lojistik takip genel olarak el ile yapılan kayıt şeklindedir. Bu durum, insan gücünü verimsiz kullanmanın yanı sıra lojistik sektörünün akıllı gelişim ihtiyaçlarını ve şu anki ölçeğini karşılayamamaktadır. Çalışmanın amacı sensör ağları ve büyük veriye dayalı modern bir lojistik takip araştırması yapmaktır. Yapılan ayrıntılı çalışma sensör ağı, büyük veri ve lojistik teknolojileri olmak üzere 3 teknolojiye dayanmaktadır. Bütün depo ve dağıtım lojistiği prosesi birleştirilerek kablosuz sensör ağı yazılımına ve ekipman platformuna dayalı takip sistemi çatısı kurulmuştur. Bu iki metodun birleştirilmesi incelenmiştir. Geleneksel lojistik operasyonlarının bilgi yönetimi süreci örnek olarak gelen giden, depolama pozisyonu ve takibi ve dağıtım takip yönetimi, uygulanmıştır ve takip sistemi buna dayalı olarak test edilmiştir. Test sonuçları, bu sistemin genel yayılım referans önemine ve pratik uygulama değerine sahip olduğunu ispat etmiştir. Ayrıca lojistik yönetimin akıllı seviyesinin ve bilgilendirmenin belli bir genişleme alanına kadar geliştirilmesine yardımcı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Lojistikte gerçek zamanlı durum tespiti, lojistik süreçlerinin verimli kontrolünü ve izlenmesini desteklemektedir. Durum tespiti sensöre dayalı teknolojiler sayesinde gerçekleşmektedir. Bu sensörler lojistik objelerine lojistik sisteminin elemanlarına eklenmektedir. Diğer teknolojilerin yanında, görüntüye dayalı sensör sistemleri verilen bir görevi yerine getirmede olan potansiyelini çoktan kanıtlamıştır. Görüntüye dayalı sensör sistemlerinin gelişimi içinde proses modüllerinin uygun bir kombinasyonu bulunması gerekmektedir. Durum değişkenleri özel bir proses çerçevesinde belirlenebilir ve genellikle az ışıklı durumlarda birlikte çalışmayan ölçüm durumları ile karakterize edilmektedirler. Bu karmaşıklık yüksek sayıda test vakası ile sonuçlanır ve test vakaları genel olarak prototip aşamasında laboratuvar ortamlarında test durumlarında çalıştırılırlar. Bu yaklaşım hatırı sayılır bir çaba gerektirmektedir. Bu çabayı azaltmak için yapılan çalışmada lojistik proseslerinin durum kontrolleri için görüntüye dayalı bilgi işlemleri sistemlerinin sanal devreye alma uygulaması önerilmiştir. Sanal devreye alma değişik sensör konfigürasyonlarının bilgi kazanımını ve lojistik süreçlerinde durum tespiti için algoritmik modellerin daha sonra erken değerlendirilmesini kolaylaştırabilmektedir. Bundan dolayı, görüntüye dayalı bilgi sistemlerinin dizaynını, uygulamasını ve testini özel durumlar için hızlandırmaktadırlar [58]. Tersine lojistik sürecine örnek olarak çalışmada nakliye, satış tahmini, stok planlama faaliyetlerinde meydana gelen hatalardan kaynaklanan iade ürünlerin oranları makine öğrenmesi yöntemleri ile tahmin edilmiştir. Tüketici davranış bilgilerinden hareketle veriler üzerinde sınıflandırma yöntemlerinden olan lineer regresyon, karar destek makinesi, yapay sinir ağı, karar ağacı algoritmaları kullanılarak iade oranları tahmin edildiğinde en iyi sonucu karar ağacı algoritmalarından olan MP5 algoritması vermiştir [59].

### 3.2.8. Sipariş Toplama

Sipariş toplamada kullanılan yapay zeka uygulamalarına verilebilecek örneklerden biri de Hollandalı teknoloji şirketi olan Fizyr'in çalışmasıdır [60]. Şirket derin öğrenme algoritmaları ile robot teknolojisini birleştirerek ürünlerin tanımlanması, analiz edilmesi ve toplanması gibi işlemleri otomatik hale getirmiştir. Bu sayede lojistik operasyonlar içinde en emek yoğun olan ve uzun süren ürün toplama sürecinde 0,2 saniyeden daha az bir sürede ürünün tanımlanması ve istenilen yere taşınması gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Fizyr sipariş toplama robotu [61]

Sipariş toplama verimliliğinin artırılması için etkin depolama politikalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmada RFID tabanlı bir depolama atama sistemi önerilmiştir. RFID etiketleri normalden farklı olarak palet düzeyinde değil ürün düzeyinde atanmıştır. Önerilen sistem veri toplama ve karar destek modülü olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Veri toplama aşamasında depolama ataması için stok kodu ile ilgili veriler RFID etiketleri ile ilişkilendirilir ve işlenir. İşlenen veriler karar destek modülüne aktarılarak stok kodlarına uygun depolama yeri seçiminde bulanık mantık kullanılır. Önerilen sistemin uygulanmasıyla sipariş başına toplama süresi ortalama %75 azalmıştır [62]. Sipariş toplama teknolojileri sipariş toplama sürecinin kalitesi ve verimliliğini etkileyen temel unsurlardan biridir. Sipariş toplama teknolojilerinin seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve yapay sinir ağları birlikte kullanılarak karar süreci otomatikleştirilmiştir [63]. Önerilen akıllı sistem sayesinde uzman kararları yapay sinir ağları yöntemi ile sentezlenerek öznellikten uzak sonuçlar elde edilmiş ve karar süreci maliyet, zaman ve zorluk açısından azaltılmıştır.

Depolarda yaygın olarak kullanılan ışıklı bariyerler gibi kontrol yöntemleri sipariş toplama sürecinde oluşan hataların önüne geçilmesinde yetersiz kalmaktadır. Potansiyel toplama hatalarını engellemek amacıyla yapılan çalışmada RFID teknolojisi ile makine öğrenmesi yöntemleri bir arada kullanılarak operatör hareketleri erken bir aşamada tespit edilebilmektedir. Kaynaktan hedefe doğru giden ürünün yolunu açıklayan ayrı bir ölçüm sistemi kullanılmıştır. Önerilen yinelenen sinir ağı RFID tabanlı konum tahminleriyle beslenerek toplayıcının ürünü yerleştirmek istediği hedef kutu tespit edilmiş ve manuel toplamadaki hatalar minimum seviyeye indirilmiştir [64]. Yalnızca nicel verilerle uğraşan geleneksel rota planlama stratejilerinden farklı olarak bulanık küme tabanlı yöntemler, sipariş toplama rota planlamasını etkileyen faktörlerin seviyesini belirlemek için planlamacıların dilsel terimlerini ifade etmek için uygun mekanizma sağlar. Çalışmada, bulanık mantık ve bulanık kümeleme algoritmasını uygulayan bir sipariş toplama yolu planlama prosedürü sunulmuştur. Çalışmanın amacı dinamik ve çok teferruatlı sipariş yerine getirme

operasyonlarında hareket mesafesini ve sipariş toplama süresini azaltmaktadır. Önerilen rota planlama prosedürü bir örnek ile gösterilmiştir [65].

### 3.2.9. Tedarik Zinciri Kalite Kontrolü

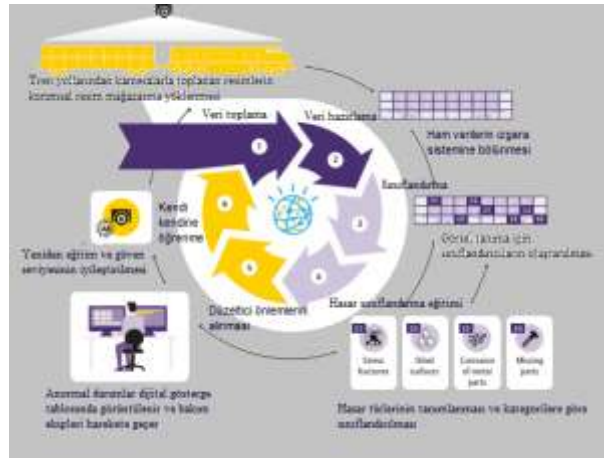
Tedarik zinciri yönetimi genel olarak bölümlere ayrılmıştır. Her bölümün kendine özgü izleme ve değerlendirme sistemi vardır. Göstergeler dağınık bir haldedir ve verilerin işlenmesi için çok fazla insan gücüne ihtiyaç duyulur. Yapay zekâ uygulamaları ile yöneticiler bu süreçleri gerçek zamanlı olarak takip edebilir. Hali hazırda birçok firma tedarik zinciri kalite kontrolü için yapay zekâ tekniklerini kullanmaktadır. Bu uygulamalar genel olarak, depo kapasitesi uyarı sistemleri, otomatik maliyet yönetimi-kontrolü, kilit hesap yönetimi sipariş takibi vb. uygulamalar olarak sıralanabilir. Dünyanın önde gelen lojistik şirketlerinden biri olan DHL, tedarik zinciri yöneticilerinin zincirdeki aksamaları engellemeleri ve daha önceden düzeltici önlemler almasına olanak tanıyan bulut tabanlı bir platform kullanmaktadır. Supply Watch isimli modül yapay zekanın tedarikçi kaynaklı riskleri azaltmaya yönelik gücünü ortaya koymaktadır (Şekil 5). Makine öğrenmesi ve doğal dil işleme tekniklerini kullanan araç çevrimiçi ve sosyal medya kaynaklarında bulunan 8 milyon gönderinin içeriğini görüntüleyerek risk göstergelerini önceden tanımlamaya yardımcı olur [55].



Şekil 5. Resilience360 Supply Watch platformu [66]

### 3.2.10. Ekipman Bakım Tahmini

Lojistik gibi endüstriyel sektörlerde operasyonlarda kullanılan varlıkların zaman içinde aşınma ve bozulması oldukça doğaldır. Nesnelerin interneti (IoT) uygulamalarıyla, cihazlara çip takarak, cihaz işletim verileri gerçek zamanlı olarak işlenebilir ve bu sayede cihaz ömrü arttırılabilmektedir. IoT teknolojisi ile cihazların bakımlarına yönelik analiz uygulamaları yürütülerek arızaların oluşması önlenmektedir. Ayrıca, bakım veya oluşabilecek arızalar önceden analiz edilip ve ilerleyen süreçlerde oluşabilecek daha ağır hasar ve arızaların önüne geçilebilmektedir.



Şekil 6. IBM Watson görsel tanıma sistemi [67]

IBM Watson şirketinin geliştirdiği yapay zeka destekli görsel denetim sayesinde fiziki varlıkların bakımı yapılmaktadır. Kargo trenlerini kameralar ile fotoğraflayarak hasar tipleri sınıflandırılmakta ve uygun düzeltici önlemler önerilmektedir (Şekil 6). İlk olarak toplanan görüntüler yapay zekalı görüntü sınıflandırıcısına ve oradan da IBM görüntü mağazasına otomatik olarak yüklenir. Sınıflandırıcılar vagon bileşenlerinin nasıl daha iyi tanınacağı ve 7 hasar tipinden hangisine ait olacağına dair eğitilmiştir. Daha fazla verinin toplanmasıyla birlikte geliştirilen yöntem %90'nın üzerinde bir doğrulukla çalışır hale gelmiştir. Model uçak, gemi ve araçlar için kullanılıyor olmasına rağmen diğer fiziki araçlar için uygulanabilir hale getirilebilir [67].

### 3.2.11. Depo Sistemleri ve Sevkiyat

Birbiri ile entegre olarak çalışan depolama sistemleri akıllı depo olarak tanımlanabilir. Bu ekosistemin içerisinde ürünlerin sevkiyata alındığı listelenip düzenlendiği vb. sistemler yer almaktadır. Akıllı depo sistemleri, tedarikçiden müşteriye uzanan zincirde yer alan işlemlerin minimum hata ve maksimum tasarruf ile otomatik olarak gerçekleştiği birimlerden oluşur.

Akıllı depo sistemlerinde fiziki işler için ağırlıklı olarak robot teknolojisi kullanılır. Robotlar insanlara kıyasla daha hızlı, daha hassas ve daha güçlüdür. Robotlar ürünlerin istiflenmesi, taşınması gibi zahmet ve zaman gerektiren işleri oldukça hassas bir şekilde halletmektedir. Örnek olarak; Alibaba ve Amazon gibi büyük firmaların depolama ve sevkiyat işlerinde kullandıkları robotları verilebilir. Alibaba firmasına göre bu robotlar depodaki işlerin yaklaşık %70'ini gerçekleştiriyor ve bu robotlar sayesinde verimlilik üç katına çıkmıştır. Robotlar 500 kg kadar yük taşıyabiliyor ve birkaç dakikalık şarj ile saatlerce çalışabilmektedir. Ürünlerin depo içi sevkiyatında en kısa rotayı belirleyip zamandan tasarruf sağlamaktadırlar. Hız, hassaslık, otonom sistem vb. özellikleri ile firmalara zaman ve maliyetten tasarruf etmelerine imkân vermektedirler. Dünyanın en büyük çevrimiçi süpermarketi olan Ocado'da Alibaba ve Amazona benzer şekilde robot teknolojisi kullanılmakta, her bir robot için en etkili rota ve her ürün için en verimli konum hesaplanarak 50 maddelik sipariş listesi sadece birkaç dakikada hazırlanmakta ve hazırlanan alışveriş torbaları insan paketleyicilere teslim edilmektedir [68]. Lojistikte yapay zeka kullanım uygulamalarından biri de akıllı yollardır. Birçok firma akıllı yol inşa işleri yürütmektedir. Bu tarz otoyollar sürücülerin değişken yol koşullarına dikkat etmesi için elektrik üreterek ikaz amaçlı ışıklar kullanabilir. Isıtma sayesinde yollar kışın kaygan bir hal almayacak ve sürücülerini zorlamayacaktır. Bütün bu çalışmaların sonucu olarak uygun ulaşım ortamı sayesinde teslimat gecikme sorunları azaltılabilecektir [69].

Teslimatta ıgır aan teknolojilerden biri olan otonom araçlar yapay zekadan aldığı destekle daha güvenli ve ileri teknoloji sürüş sağlamaktadır. Otonom araçlar, Elon Musk tarafından Tesla marka otomobillerle hayatımıza girmiştir. Dünyada; Mercedes Benz, Volvo, Tesla, Einride ve Volkswagen gibi işletmeler sürücüsüz araçlar üretmeye devam etmekte ve bu araçlar özellikle lojistik sektörü içerisinde çok etkin kullanılmamasına rağmen ileri teknoloji sürüş asistanları sayesinde uzun mesafe taşımalarında güvenlik ve verimliliği arttıracaktır. Daha az yakıt tüketimi için birden fazla araç yazılım ile birleştirilerek daha iyi sürüş sistemleri üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Aynı anda yola çıkan birden fazla tır üzerinde yapılan bir çalışmada, bilgisayar ile birbirine bağlı araçlarda yakıt tüketiminin azaldığı gözlenmiştir. Birbirini takip eden otonom tırlar arasından ilk tırın %4,5 yakıt tasarrufu sağlarken bir sonraki tırın %10 tasarruf sağladığı gözlemlenmiştir. Volvo Trucks işletmesinin üretmiş olduğu araçlar kızıak şeklindeki tasarımları sonucunda rakiplerinden ayrılmaktadırlar. Araçların özellikle dört tekerli basit bir çekici sistemi bulunmakta ve araçlarda elektrikli kamyonlar ile aynı teknik ve batarya sisteminin bulunduğu görülmektedir. En fazla 40 km hız yapabilen bu araçlar sayesinde lojistik sektöründe verimli bir kullanım ve işin daha kısa zamanda bitirilmesi mümkün olacaktır [70].

Otonom araçların yanında drone teknolojisi de taşımacılık sektöründe her geçen gün etkisini arttırmaktadır. DHL, Amazon, UPS gibi büyük şirketler drone taşımacılığı ile kısa mesafeli teslimatlarda süre önemli lde azaltılarak lojistik verimliliğinde artış sağlanmıştır. şekil 7’de drone taşımacılığına örnek olarak Amazon şirketinin kullandığı drone aracı yer almaktadır. Yapay zeka teknolojisine dayanan drone teslimat rotasını belirlemek, hedefe güvenli ve hızlı bir şekilde ulaşmak ve yüz tanıma teknolojisi ile kimlik doğrulaması işlemlerini gerçekleştirmek için akıllı navigasyon sistemi kullanır [71].



şekil 7. Amazon tarafından kullanılan teslimat aracı [72]

Akıllı depolama sistemine örnek başka bir çalışmada robotik tabanlı, insansız ve yapay zeka ile yönetilen sistemde hat üzerindeki paletlerin barkodları okutulup veri tabanına aktarılmaktadır. Ray üzerinden alınan paletler taşıyıcı robot yardımıyla koridor robotuna teslim edilmekte ve algoritma tarafından belirlenen hücre adresine getirilmektedir. Çalışmada nerilen akıllı depo sistemi ile işçilik maliyetinde, enerji kullanımında ve depolama alanında büyük lde tasarruf edilmiştir [73].

### 3.3. Lojistik Sektörünün Geleceği

Lojistik sektörü diğer sektörlerde olduğu gibi yapay zeka ile entegrasyon konusunda henüz yolun başındadır. Bu süreci temel atma olarak nitelendirebiliriz. Dünya hızla otomatikleşmeye başlamıştır. Yani otomasyon ile entegrasyon süreçleri hızla ilerlemektedir. Lojistik sektörü de bu etkileşimden payını almaktadır. Otomasyonun başrolünde de yapay zekanın olduğu söylenebilir. Teknoloji her geçen gün kendini katlayarak büyümektedir. şuan Endüstri 4.0

çağı yaşanmaktadır, fakat endüstri 5.0 birkaç yıldır konuşulmaya başlanmıştır. Endüstri 4.0, Endüstri 5.0'ın temeli olarak tanımlanacak olursa gelecekteki çağa ayak uydurabilmek için temellerin sağlam atılması gerekmektedir. Gelecekteki çağa ayak uydurmak için önce o çağa erişmelidir. Ulaşmak için şu an firmaların sektörlerinde ayakta kalabilmeleri gerekmektedir. Lojistik sektörü gibi sert rekabetin ve Lojistik 4.0'ı bünyelerinde barındıran rakiplerin olduğu bir ortamda geçmişte kullandığınız teknoloji, bilgi ve yetkinlikleriniz firmaları ayakta tutmaya yetmeyecektir. Firmalar sürekli kendini yenileyen teknolojiyi bünyelerinde barındırmak zorundadırlar. Dünyanın en büyük firmaları lojistik süreçlerini yönetmek için dışarıdan destek almak dışında kendileri de teknolojiyi üretmek, geliştirmek için çalışmalar yürütmektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Lojistik sektörü gelişime açık bir sektör durumundadır. Dünya çapında yaklaşık olarak 7,5-10 milyon dolar hacminde olan sektörün büyüklüğünün birkaç yıl içerisinde 15 milyon dolarlık bir büyüklüğe ulaşacağı tahmin edilmektedir. Tüm dünyada zorlu rekabetin yaşandığı lojistik sektöründe, kurumlar en etkili müşteri deneyimini yaşatmak, dijital dünyanın gerisinde kalmamak, operasyonlarını hızlı ve verimli hale getirmek için yeni yollar arıyor. Lojistik şirketleri rekabet ortamında ayakta kalabilmek veya daha da büyüüp pastadan paylarını alabilmek için gelişen teknolojik gelişmelere ayak uydurmak zorundadır. Ülkemizde elektronik tabanlı ticaret yıllık %42 gibi bir hızla büyümektedir ve lojistik sektörü de diğer sektörlerde olduğu gibi dijital dönüşüm çağına girmiştir. Günümüzde sektör ile etkileşime müsait teknolojilerden bir tanesi de yapay zeka uygulamalarıdır. Yapay zeka uygulamaları lojistik zincirinin talep tahmini, sipariş toplama, ürün takibi, depolama, envanter yönetimi ve operasyon planlama gibi birçok aşamasında kullanılmakta ve oldukça olumlu sonuçlar vermektedir. Yapay sinir ağları metodu ile stok maliyetlerinde azalma, bilgisayarla görme ile gerçek zamanlı envanter yönetimi, robot teknolojisi ile sipariş toplama verimliliğinde artış, otonom araçlar ve drone teknolojisi ile hızlı ve güvenli teslimat sağlanabilmektedir. Hali hazırda kullanılan ve geliştirme aşamasında olan uygulamalar göz önüne alındığında, ilerleyen süreçlerde yapay zekanın lojistik sektörde devrim niteliğinde değişikliklere yol açacağı muhtemel bir sonuç olarak tahmin edilmektedir. Sektörün büyümesi ile beraber karmaşa daha büyük bir boyut kazanmaya başlamıştır. Artan müşteri talepleri, elde edilen veriler, daha fazla işletme ve iş koluyla entegrasyon gibi sorunlar bunlardan bazılarıdır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için insan gücü ve zekası yeterli değildir. Yapay zeka bu süreçleri insana kıyas ile minimum süre, maliyet ve hata ile yönetebilmektedir. Ancak Türkiye için lojistikte yapay zeka uygulamaları oldukça yeni bir alandır. Lojistik ve taşımacılık sektöründe hizmet veren bin beş yüzü aşkın lojistik işletmesi olmasına rağmen, yapay zeka uygulamalarını kullanan şirket sayısı oldukça azdır. Sektöre bakıldığında büyük ölçekli firmalar teknolojik yatırımlara daha fazla önem vermekte, küçük ölçekli firmalar ise teknolojik yatırımları büyük bir maliyet kalemi olarak değerlendirmektedir. Bu sebeple yapay zeka alanında sektördeki gelişimde sınırlı düzeyde olmaktadır. Ancak çağa uygun teknolojik yatırımların lojistik süreçlerin her aşamasında yer alması işletmelere uzun vadede önemli faydalar sağlayacaktır. Şirketler gerekli altyapı eksikliklerini gidermeli, bilişim teknolojilerine daha fazla önem vermeli ve yatırım yapmalıdır. Lojistik şirketlerinin rekabet edebilirliği, büyük ölçüde insan-yapay zeka işbirliği faktörüne bağlıdır. İnsan-yapay zeka işbirliğinin önündeki engellerden biri de yüksek vasıflı personelin sayıca az oluşudur. Bu nedenle profesyonel insan kaynağı yönetimine de önem verilmeli ve bu konuda yatırımlar yapılmalıdır.

Lojistik, tedarik lojistiği, üretim lojistiği dağıtım lojistiği ve geri dönüş lojistiği gibi farklı alanlara ayrılmaktadır. Bir sonraki çalışmada lojistiğin içindeki bu farklı alanlar göz önünde



bulundurularak sadece o alanlara özgü ve ayrı ayrı olacak şekilde yapay zeka ve makine öğrenmesi tekniklerinin kullanımı detaylandırılarak araştırılacaktır. Bunu yaparken genelden özele doğru giden bir metot kullanılacaktır.

## Kaynaklar

- [1]. Baki, B., “Lojistik Yönetimi ve Lojistik Sektör Analizi”, 1. Baskı, Lega Kitabevi, 9758714023, Trabzon, 2004.
- [2]. Barreto, L., Amaral A. and Teresa P., “Industry 4.0 Implications in Logistics: An Overview”, *Procedia Manufacturing*, 2017, 13, 1245-1252.
- [3]. Schlaepfer, R. C., Koch, M. and Merkofer, P. “Industry 4.0 Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies”, Deloitte AG Research Report, Zurich. 2015.
- [4]. Scherf, J., “Was ist Logistik 4.0? Alles zum Thema Digitalisierung & Logistik”, 2018, Erişim adresi: <https://www.mmlogistik.vogel.de/was-ist-logistik-40-alles-zum-thema-digitalisierung-logistik-a-692722> Erişim tarihi: 17.07.2020
- [5]. Schiemann, J., “Logistics 4.0 - How Autonomous are Self-managed Processes?”, *Axit Connecting Logistics*, 2016, 16.
- [6]. Özdemir, A., Özgüner, M., “Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0.”, *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*. 2018, 6 (4), 39-47 ISSN:2147-804X.
- [7]. Ertemel, A. V., Alış, G. ve Pirtini, S., “Lojistik Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamalarının Operasyonel Verimliliğe Etkisi”, *Business and Management Studies An International Journal*. 2020, 8 (1), 371-395.
- [8]. Min, H., “Artificial Intelligence in Supply Chain Management: Theory And Applications”, *International Journal of Logistics: Research And Applications*. 2010, 13 (1), 13-39.
- [9]. Demirhan, A., Kılıç, Y.A. ve Güler, İ., “Tıpta Yapay Zeka Uygulamaları”, *Yoğun Bakım Dergisi* 2010, 9 (1), 31-41.
- [10]. Atalay, M., Çelik, E., “Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enst. Dergisi*, 2017, 9 (22), 155-172.
- [11]. Nabiyev, V. V., “Yapay Zekâ: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi”, Seçkin Yayıncılık, 2012.
- [12]. Andrew, A. M., “Artificial Intelligence”, Boston: AddisonWesley Company, 1991.
- [13]. Popov, E. V., (Ed), “Yapay Zekâ”, *Uzman Siteler ve Doğal Dil İşleme*. Moskova: Radio i Svyaz, 1990, 461.
- [14]. Copeland, J. “Artificial Intelligence: A Philosophical”, Blackwell: Oxford, 1993.
- [15]. Charniak, E., McDermot, D., “Introduction to Artificial Intelligence”, Boston: Addison-Wesley Company, 1985.
- [16]. Güngör, D. N., Yardımcı, U, İ., “Yapay Zeka Kavramı ve Makine Öğrenme Uygulamaları”, Erişim adresi: <https://stratejico.com/yapay-zeka-kavrami-ve-makine-ogrenme-uygulamaları> Erişim Tarihi: 27.07.2020
- [17]. Intellipaah., “What is Artificial Intelligence?”, Erişim adresi: <https://intellipaah.com/blog/what-is-artificial-intelligence/> Erişim tarihi:27.07.2020
- [18]. Demirkan, H., Earley, S. and Harmon, R. R., “Cognitive Computing”, *IT Professional*, 2017, 19 (4), 16-20.
- [19]. Davies, E., “Machine Vision, third ed.”, *Signal Processing and its Applications*, Morgan Kaufmann, Burlington, 2005. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-206093-9>.
- [20]. Ratner, B., “A comparison of two popular machine learning methods”, *DM STAT-1 Online Newsletter about Quantitative Methods in Direct Marketing*, 2000, 4.
- [21]. McCulloch, W. S., Pitts, W., “A logical calculus of the idea imminent in nervous activity”, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 1943, 5, 115-137.

- [22]. Russell, S., Norvig, P., “Artificial intelligence: a modern approach”, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall Samuel, A. L. Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. IBM Journal of Research and Development, 1995, 3 (3), 210-229.
- [23]. Öztemel, E., “Yapay Sinir Ağları”, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2003.
- [24]. Çakıroğlu, M. A., Süzen A. A., “Assessment and Application of Deep Learning Algorithms in Civil Engineering”, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2020, 7(2), 906-922.
- [25]. LeCun, Y., Bengio, Y. and Hinton, G., “Deep learning”. Nature, 2015, 521, 436-444.
- [26]. Adalı, E., “Doğal Dil İşleme”, Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi, 2016, 5 (2). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbbmd/issue/22245/238797>
- [27]. Samuel, A. L., “Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers”, IBM Journal of Research and Development, 1959, 3(3), 210-229.
- [28]. Domingos, P., “A few useful things to know about machine learning”, Communications of the ACM, 2012, 55 (10), 78-87.
- [29]. Hannah, W., Daniel, K. and Saskia, S., “A Literature Review on Machine Learning in Supply Chain Management”, International Conference of Logistics (HICL), 2019, 27, 413-441, ISBN 978-3-7502-4947-9.
- [30]. Marsland, S., “Machine learning”, An algorithmic perspective. Boca Raton, London, 2015.
- [31]. Russell, S. J., Norvig, P., “Artificial Intelligence”, A modern approach. Boston, Columbus, Indianapolis, 2016.
- [32]. Hastie, T., Friedman, J. and Tibshirani, R., “The Elements of Statistical Learning”, New York, NY:Springer, New York, 2017.
- [33]. Gentsch, P., “Künstliche Intelligenz für Sales, Marketing und Service”, Mit AI und Bots einem Algorithmic Business - Konzepte, Technologien Und Best Practices, 2018. Erişim adresi: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-19147-4.pdf>. Erişim tarihi: 24.04.2020
- [34]. Belantová, T., Gálová, K., and Taraba, P., “Logistics Projects in the Czech Republic”, Transportation Research Procedia, 2019, 40, 949-954.
- [35]. Amr, M., Ezzat, M., and Kassem, S., “Logistics 4.0: Definition and Historical Background”, NILES 2019 - Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference, 46-49. <https://doi.org/10.1109/NILES.2019.8909314>.
- [36]. Balasubramani, P., Puranik, S.M., Rao, S.V., Hegde, A. S., “Analysis of Customer Churn prediction in Logistic Industry using Machine Learning”, International Journal of Scientific and Research Publications, 2017, 7(11), ISSN2250-3153.
- [37]. Chen, K., Hu, Y. and Hsieh, Y., “Predicting customer churn from valuable B2B customers in the logistics industry: a case study”, Information Systems and e-Business Management, 2015, 13, 475-494.
- [38]. JDA Software, “Erfolgreicher Einsatz von Bedarfsprognosen bei dm”, Wie künstliche Intelligenz bei der Drogeriemarktkette Mehrwert schafft, 2019. Erişim tarihi : 26.04.2020.
- [39]. Wenzel, H., Smit, D. and Sardesai, S., “A literature review on machine learning in supply chain management, Innovative Approaches for Supply Chains”, Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), Berlin, 2019. 27, 413-441.
- [40]. Talupula, A., “Demand Forecasting of Outbound Logistics Using Machine learning”, Yüksek Lisans Tezi. Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden, 2018.
- [41]. Merkuryeva, G., Valberga, A.; Smirnov, A. “Demand forecasting in pharmaceutical supply chains: A case study”, Procedia Comput. Sci. 2019, 149, 3-10.
- [42]. Inprasit, T., Tanachutiwat, S., “Reordering Point Determination Using Machine Learning Technique for Inventory Management”, International Conference on

- Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST), 2018. DOI: 10.1109/ICEAST.2018.8434473.
- [43]. Qopius., “Bilgisayarla görme örneği”, Erişim adresi: <https://www.qopius.com/technology>, Erişim Tarihi: 16.07.2020
- [44]. Dosdoğru, A. T., İpek, A. B., ve Göçken, M., “A novel hybrid artificial intelligence-based decision support framework to predict lead time”, *International Journal of Logistics Research and Applications*, DOI: 10.1080/13675567, 2020, 1749249.
- [45]. Lee, C. K. M., Ho, W., Ho, G. T. S., and Lau, H. C. W., “Design and development of logistics workflow systems for demand management with RFID”, *Expert Systems with Applications*, 2011, 38, 5428-5437.
- [46]. Ma, H., Wang, Y. and Wang, K., “Automatic detection of false positive RFID readings using machine learning algorithms”, *Expert Systems With Applications* , 2018, 91, 442-451.
- [47]. Tavana, M., Fallahpour, A., Caprio, D.D., Santos-Arteaga, F. J., “A hybrid intelligent fuzzy predictive model with simulation for supplier evaluation and selection”, *Expert Systems With Applications*, 2016, 61, 129-144.
- [48]. Rashidi, K., Cullinane, K., “A comparison of fuzzy DEA and fuzzy TOPSIS in sustainable supplier selection: implications for sourcing strategy”, *Expert Systems With Applications*, 2019, 121, 266-281.
- [49]. Becker, T., Illigen, C., McKelvey, B., Hülsmann, M., Windt, K., “Using an agent-based neural-network computational model to improve product routing in a logistics facility”, *Int J Prod Econ*, 2016, 174,156-167.
- [50]. Li, Y., Lim, M. K. and Tseng, M.L., “A green vehicle routing model based on modified particle swarm optimization for cold chain logistics”, *Industrial Management and Data Systems*, 2019, 119 (3), 473-494.
- [51]. Azadeh, A., Farrokhi-Asl, H., “The close–open mixed multi depot vehicle routing problem considering internal and external fleet of vehicles”, *Transportation Letters*, 2019, 11(2), 78-92, DOI: 10.1080/19427867.2016.1274468.
- [52]. Holland, C., Levis, J., Nuggehalli, R., Santilli, B., Winters, J., “UPS Optimizes Delivery Routes”, *Interfaces*, 2017, 47(1), 8-23. <https://doi.org/10.1287/inte.2016.0875>.
- [53]. Lang, S., Schenk, M. and Reggelin, T., “Towards Learning and Knowledge Based Methods of Artificial Intelligence for Short Term Operative Planning Tasks in Production and Logistics: Research Idea and Framework”, *IFAC PapersOnLine*, 2019, 52(13), 2716-2721.
- [54]. Govindan, K., Cheng, T. C. E., Mishra, N., Shukla, N., “Big data analytics and application for logistics and supply chain management”, *Transp. Res. Pt. e-Logist. Transp. Rev.*, 2018, 114, 343-349.
- [55]. DHL, “Artificial Intelligence in Logistics”, 2018. Erişim adresi: <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/artificialintelligence.html> Erişim tarihi:15.07.2020.
- [56]. Borusan Lojistik, Erişim Adresi: <https://www.borusanlojistik.com/tr> Erişim tarihi: 20.10.2020.
- [57]. Jiang, J., Wang, H., Mu, X., Guan, S., “Logistics industry monitoring system based on wireless sensor network platform”, *Computer Communications*, 2020, 155, 58-65.
- [58]. Borstell, H., Reggelin, T., “Towards Virtual Commissioning of Image-based Information Systems for State Detection in Logistics”, *IFAC PapersOnLine*, 2019, 52(13), 2463-2470.
- [59]. Adıgüzel Tüylü, A. N., Eroğlu, E., “Using Machine Learning Algorithms For Forecasting Rate of Return Product In Reverse Logistics Process”, *Alphanumeric Journal*, 2019, 7(1), 143-156. <http://dx.doi.org/10.17093/alphanumeric.541307>).

- [60]. Robinson, A., “The Top 5 Changes That Occur with AI in Logistics”, 2020. Erişim adresi: <https://cerasis.com/ai-in-logistics/> Erişim tarihi: 15.07.2020.
- [61]. Fizyr sipariş toplama uygulamaları, Erişim adresi <https://fizyr.com/> Erişim Tarihi: 17.07.2020
- [62]. Choy, K. L., Ho, G. T. S. and Lee, C. K. H., “A RFID-Based Storage Assignment System for Enhancing the Efficiency of Order Picking”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2017, 28(1),111-129.
- [63]. Villarreal-Zapata, G., Salais-Fierro, T. E. and Saucedo-Martínez, J. A. “Intelligent system for selection of order picking Technologies”, *Wireless Netw*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11276-020-02262-x>.
- [64]. Geigl, F., Moik, C., Hintereggerz, S., Goller, M., “Using machine learning and RFID localization for advanced logistic applications”, *IEEE International Conference on RFID (RFID)*, 2017, 73-74.
- [65]. Su, T., Hwang, M., “An efficient order-picking route planning based on a fuzzy set method with a multiple-aisle in a distribution center”. *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, 2017, 1856-1862.
- [66]. DHL, “Resilience 360 Supply Watch platformu”, Erişim adresi: <https://www.dhl.com/global-en/home/press/press-archive/2017/dhl-supply-watch-machine-learning-to-mitigate-supplier-risks.html> Erişim tarihi: 16.07.2020.
- [67]. IBM, “Watson Visual Recognition: Maintenance with AI-driven Visual Inspection”, 2018. Erişim Adresi: <https://www.ibm.com/topics/computer-vision> Erişim tarihi: 15.07.2020.
- [68]. Dale M., “Automating grocery shopping”, *Imaging and Machine Vision Europe*, 85, 2018, 16-20.
- [69]. Toh, C. K., Sanguesa, J. A., Cano, J. C., Martinez, F. J., “Advances in smart roads for future Smart Cities”, *Proceedings of the Royal Society A*, 2020, 476(2233), 20190439.
- [70]. Lojistiğin Kaderini Değiştiren Teknoloji: Yapay Zeka, Erişim adresi: <https://www.globelink-unimar.com/lojistigin-kaderini-degistiren-teknoloji-yapay-zeka> Erişim tarihi: 19.07.2020
- [71]. Hua, H., Zhang, Z., “Application of Artificial Intelligence Technology in Short-range Logistics Drones”, *8th International Symposium on Next Generation Electronics (ISNE)*, Zhengzhou, China, 2019.
- [72]. Amazon tarafından kullanılan teslimat aracı, Erişim adresi: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011> Erişim tarihi: 19.07.2020
- [73]. Bilgin Sarı, E., Özveri, O. ve Şenyay, U. E., “Endüstri 4.0’ın İş Süreçleri Yönetimine Etkisi: Akıllı Depolama Sistemi Uygulaması”, *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2019, 2(2), 466-477.