



## LOJİSTİKTE TEKNOLOJİ KULLANIMI VE ROBOTİK SİSTEMLER

## TECHNOLOGY UTILIZATION IN LOGISTICS AND ROBOTIC SYSTEMS

Ömer Faruk GÖRÇÜN<sup>1</sup>

### Öz

Günümüzde robotlar hayatın hemen her alanında insanların yaptıkları işleri yapmaya başladılar. Üretim sahalarında son derece spesifik iş parçacıklarını yerine getirirken, dünya üzerinde gerçekleştirilen ameliyatlarda giderek artan bir bölümünü robotlar üstlenmektedir. Bunun yanı sıra robotlar fiziksel olarak insan formunda olsun olmasın günlük yaşantımızın her yerinde kendilerine yer açmaya başladılar. Evlerde temizlik ve kişisel bakımdan otomobillerimizin gereksinimlerini belirlemeye kadar birçok alanda robotlara rastlamak mümkün hale gelmiştir. Bunun yanı sıra otomotiv endüstrisi gibi otomasyon ve standart kalite ile üretim hızı gerektiren süreçlerde robotlar neredeyse üretim faaliyetinin tamamını insan faktörüne çok gereksinim duyarak gerçekleştirebilmektedir. Bu çalışma robotların ve robotik sistemlerin lojistik süreçlerde nasıl işlevsel olabilecekleri ve gelecekte bu alanda konumlarının ne olabileceği değerlendirmeye çalışmaktadır. Aynı zamanda lojistik süreçler ile taşıma, depolama, dağıtım, elleçleme gibi süreçlerde robotların şu anki pozisyonları değerlendirilmekte, gelecekte üstlenecekleri roller öngörülmeye çalışılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Robotik sistemler, Endüstri 4.0, Lojistik, Nesnelerin İnterneti (IoT)

### Abstract

Today, robots started to do what people do in almost every field. They can play an important role in production processes. Moreover, they have become can increasingly do surgery operations. In addition to that, even if they are not physically in human form, robots have begun to take their place in our daily lives. It has become possible to come across with the robots for cleaning and personal care at home. At the same time, robotics systems can help to humanity in order to determine the maintenance requirements for cars. On the other hand, they can realize the many production activities in production processes that need automation, standard quality, and production rate as in the automotive industry without the need for human force. In this study, it is trying to evaluate that how the robots and robotic systems will be functional and what will be happening in the future concerned with them. At the same time, this paper tried to examine the roles of robots in the fields of logistics, transportation, distribution and production

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kadir Has Üniversitesi, omer.gorcun@khas.edu.tr

*processes and tried to estimate the roles that will be undertaken by robotic systems as well as their positions in these fields.*

**Keywords: Robotic Systems, Industry 4.0, Logistics, Internet of Things (IoT)**

## 1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz süreçte teknoloji göz kamaştırıcı bir hızla gelişmekte, her geçen gün erişilen nokta artık insanları eskisi kadar şaşırtmamaktadır. Birkaç yıl önce bilim kurgu olarak değerlendirilen teknolojiler giderek insanların gündelik hayatlarının önemli ve ayrılmaz bir parçası haline gelmeye başladı. Bugün insanların giderek artan bir bölümü siparişlerini internet üzerinden işletmeler tarafından geliştirilen uygulamalar “applications” vasıtasıyla gerçekleştirmekte, giderek artan bir kitle yemek yiyeceği restoranları seçerken değerlendirmelerini bu konuda yazılmış uygulamalar üzerinden yapmaktadır. Öte yandan teknolojinin bu perspektifte gelişmesi daha önce tanıdık olmayan ve hayal edilse dahi olanaklı görünmeyen birçok gelişmeyi hayatın bir parçası haline getirmiş, getirmeye de devam etmektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan ulaşım kartları, radyo frekansları ile tanımlama sistemleri (RFID) bu gelişmelerin bir ürünü olarak kabul edilebilir. Daha da önemlisi hemen her alan da teknoloji kullanımı giderek yaygınlaşmakta, sağlık sektöründen, üretim faaliyetlerine, birçok konuda hizmet üretimi yapılan alanlara kadar teknoloji kullanımının yanı sıra kullanılan teknolojinin sürekli olarak güncellenmesi olağan hale gelmektedir.

Google tarafından üretilen ve test aşamasında olan insansız otomobiller ile hastanelerde minimum hata oranı ile ameliyat yapan robotlar, bomba imha, mayın temizleme, detaylı arama ve izleme gibi olanaklar sağlayan ve güvenlik ve emniyet alanında kullanılan robotik uygulamalar insanları teknoloji konusunda heyecanlandıran ve gelecekte teknolojiye ilişkin beklentilerin artmasına yol açmaktadır.

Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte geliştirilen daha üst düzeyde ve fonksiyonel nitelikte algoritmalar bu sistemlerin öğrenen organizmalar haline gelmelerine ve otonom bir karakter kazanmalarına olanak sağlamaktadır. Gelecekte teknolojik sistemlerin öğrenme yetenekleri daha da geliştiğinde insan faktörü olmaksızın optimal kararlar verebilme ve bu kararları doğrudan uygulayabilme yeteneklerine de sahip olacakları öngörülebilmektedir.

Şu an için robotik sistemler dahil olmak üzere gelişmiş teknolojilerin insanlara kıyasla hata olasılıklarının ve paylarının daha düşük olduğu herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Dahası robotlar insanların yapmak istemedikleri tehlikeli ve rahatsız edici birçok işi üstlenebilmekte ve bunları neredeyse sıfır hata ile yerine getirebilmektedir. Aynı zamanda robotlar istenilen zaman ve sürede işlevsel olabildikleri için üretim başta olmak üzere faaliyetlerin büyük bölümü daha esnek hale gelebilmekte, işgücünü organize etme, siparişi mesai saatine erteleme vb. birçok kısıt ortadan kaldırılabilmektedir. Ek olarak robotik sistemlerin performansı, beklenen durumlardan sapma değerleri anlık olarak izlenebilmekte, hatalara çok hızlı bir biçimde müdahale edilebilmektedir.

Her ne kadar teknoloji kullanımı ile birlikte robotik sistemlerin lojistik faaliyetlerde kullanımı artış gösterse de bu artışın yanı sıra, bu sistemlerden beklentiler tatmin edilmiş değildir. Konu ile ilgili olarak birçok işletme ve tedarik zinciri robotlardan lojistik faaliyetlerinin daha düşük maliyetli, etkin ve

verimli bir biçimde gerçekleşmesi için beklentilere sahiptir. Öte yandan robotların esnekliği artırabileceği gibi, hataları minimize edeceği, lojistik akış hızını önemli ölçüde artıracığı öngörülmektedir. Dolayısıyla tedarik zincirleri lojistik süreçlerinde kullandıkları robotik sistemlerin sayısı ve yetenekleri arttığında müşteri gereksinimlerini mümkün olabilecek en uygun koşullarla sağlayabileceklerine, daha da önemlisi bunun sürdürülebilir olacağına inanmaktadırlar.

Bu çalışma robotiklerin gelecekte üstlenecekleri işleri ve rolleri değerlendirmeye çalışmakta, teknolojinin daha da gelişmesi ve robotiklerin daha etkin kullanımı sonucunda lojistik ve tedarik zincirlerinin karşı karşıya kalacakları dönüşümleri ve gelecekte alacakları biçimleri tartışmaktadır. Birçok araştırma gelecekte tedarik zincirlerinin ve gerçekleştirdiği faaliyet ve işlevlerinin günümüzde olana benzemeyeceği ya da çok az benzeyeceği konusunda hem fikirdirler.

## **2. LİTERATÜR**

Robotlar ve robotik sistemler akademik alanda üzerinde yakın zamandan beri çalışılan bir konu olmasına rağmen, endüstrilerde ve günlük hayatta kullanım alanları son derece geniş olduğundan birçok araştırma çerçevesinde farklı endüstrilerde kullanımı üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Konu ile ilgili ulusal kaynaklara göz atıldığında, Tıp alanından tarım ve gıda üretimine kadar birçok alanda robotların kullanımına ilişkin çalışmaya rastlanılmaktadır. Bununla ilgili olarak, Yıldırım (2011) robotların jinekoloji alanında yapılan ameliyatlarda kullanımını değerlendirirken, (Baştu ve Çelik, 2012) benzer bir çalışmayı farklı parametreler çerçevesinde gerçekleştirmiştir. Bunun yanı sıra, başta cerrahi (Alimoğlu vd, 2016), (Üçer ve Gümüş, 2015) olmak üzere tıp alanında robotikler ile ilgili çalışma ve araştırmaların sayısı giderek artmaktadır.

Bunun dışında robotik sistemlerin tehlikeli ve risk unsurunun yüksek olduğu alanlara ilişkin de çalışmalara rastlanmaktadır. Bu çalışmalardan birisi Mumrekli vd. (1996) tarafından yürütülen araştırmada robotların madenlerde kullanılması ile riskin azaltılması arasında ilişki olup olmadığı gösterilmeye çalışılmıştır. Benzer bir çalışma kaynak işleri ile ilgili olarak (Köse ve Tatlı, 2015) ile (Aytekin, 2011) tarafından yapılmış, Bunlara ek olarak, tarım (Kâhya, 2014), eğitim (Yolcu ve Demirer, 2017) gibi alanlarda da robot ve robotik sistemlerin kullanımı üzerine farklı düzeyde çalışmalar yürütülmüştür.

Konu ile ilgili uluslararası çalışmalara bakıldığında zaman, robotikler ve kontrol sistemlerine ilişkin oldukça fazla sayıda basılı kitabın (Nolfi ve Floreano, 2002) ve (Arkin, 1998) bulunduğu görülmektedir.

Bunların yanı sıra, Muppırala vd. robotik sistemlerin izlenebilirliği üzerine bir çalışma gerçekleştiren (Murripala vd, 2005), Gutierrez vd. (2017) üniversite ve yükseköğretimde robotiklerin kullanımını değerlendirmiştir. Genel olarak değerlendirildiği zaman dolaylı olarak robotik sistemlerin lojistik alanında kullanımına ilişkin çalışmalar dışarıda bırakılırsa, doğrudan bu konu üzerinde gerçekleştirilen çalışmaya rastlanmamış, robotik sistemler üzerine olan akademik çalışmaların genellikle üretim ve tıp alanında yoğunlaştığı gözlemlenmiştir.

### 3. METODOLOJİ

Bu çalışmada lojistikte teknoloji kullanımı ve robotik sistemlerin etkileri analiz edilmeye çalışılmış, mevcut durum ve öncesi göz önüne alınarak, meydana gelen değişim ve dönüşümler değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, robotik sistemlerin daha da gelişmesi ile birlikte lojistik süreçlerde üstlenmeleri olası fonksiyon ve işler analiz edilmeye çalışılarak, gelecekte robotların oynayacakları roller öngörülme çalışılmıştır.

Robotlar ve robotik sistemler ancak son birkaç yılın ürünüdür. Buna karşılık ilk ortaya çıktığı günlerde belirlenen hedeflerinden (Ross, 2016, s.44) günümüzde daha ileri bir noktada olduğu herkes tarafından kabul edilmektedir.

Robotikler günümüzde cerrahi müdahaleden madenler, eğitim, üretim dahil hemen her alanda giderek artan bir hızla kullanılmaya başlanmıştır. Bunun yanı sıra, lojistik alanında kullanımına rastlanmakla birlikte gelişme süreci son derece yavaş ilerlemektedir. Bunun temel nedenlerinin başında lojistik süreçlerin son derece karmaşık ve değişken bir karaktere sahip olması gelmektedir.

Bu çalışma çerçevesinde robotik sistemlerin lojistik süreçleri ile entegrasyonunun ne şekilde geliştirilebileceği, daha hızlı ve katma değeri yüksek lojistik aktiviteler ile ilgili olarak robotlar tarafından gerçekleştirilecek katkılar analiz edilmiş, buna ilişkin öngörüler ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu çerçevede konuya ilişkin ulusal ve uluslararası bütün literatür taranmış, robotik sistemlerin gelişim süreçleri, yarattığı katma değerler ve etkiler değerlendirilerek, lojistik süreçlerin gereksinimleri çerçevesinde robotların yaratacağı katkılar ve etkiler değerlendirilmeye çalışılmıştır. Buna ek olarak gelecekte lojistik süreçlerde robotların rolleri ve üstlenecekleri işlevlere ilişkin olarak sezgisel açıdan değerlendirme yapılmıştır.

### 4. ROBOTİK SİSTEMLERİN GELİŞİMİ

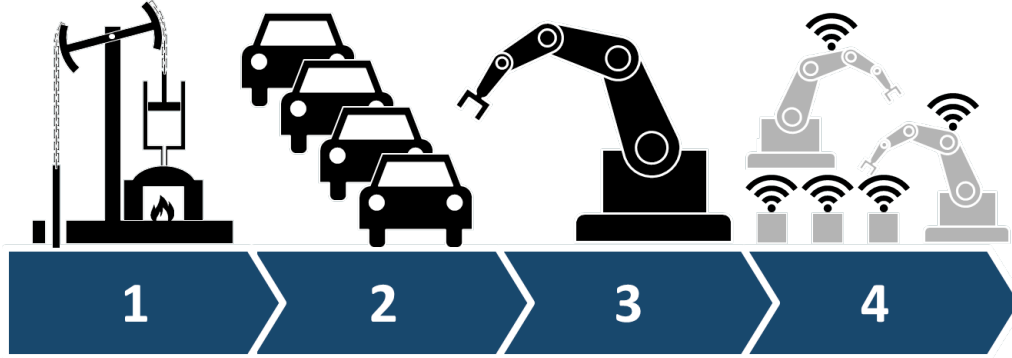
İçerisinde bulunduğumuz yüzyılda teknolojinin giderek gelişim gösterdiği ve her geçen gün teknolojik gelişime ilişkin ivmenin arttığı hemen herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Buhar makinesinin bulunmasından başlayarak, içinde bulunduğumuz sürece kadar teknoloji baş döndüren bir hızla gelişme göstermenin yanı sıra, meydana gelen teknolojik gelişmeler kendilerine farklı endüstrilerde hızla yer bulmuş, kendi gelişimlerini sürdürmenin yanı sıra, endüstrileri de dönüştürmeyi başarmışlardır.

Endüstriler ile birlikte tedarik zincirleri ve lojistik süreçleri etkileyen teknolojik gelişmeler kronolojik olarak değerlendirmeye alındığında, buhar makinesinin keşfi ile başlayan teknolojik gelişim sürecini dört aşamada değerlendirmek mümkün olabilmektedir (Şekil 1). Buhar makinesinin keşfi ile başlayan Birinci Endüstri Devriminin en önemli bileşeni üretimin geçmişe kıyasla mekanize bir nitelik kazanmasıdır. Aynı zamanda bu dönemde buhar makinesinin ulaşım araçlarında kullanılması ile birlikte taşımacılık faaliyetleri daha kontrol edilebilir bir karakter kazanmış, aynı zamanda tedarik zinciri arasında ilişkiler daha stabil ve planlanabilir bir hal kazanmıştır. İkinci endüstri devrimi olarak adlandırılan dönemin en önemli gelişmelerinin başında üretim süreçlerinde elektrik enerjisinin kullanılmaya başlanması ve üretim süreçlerinin daha hızlı ve düşük maliyetlerle gerçekleştirilebilir hale gelmesidir. Bu dönemde geliştirilen yeni üretim metodolojileri üretimi göz alıcı bir biçimde hızlandırmış, bunun sonucunda üretim hızına cevap verebilmek üzere tedarik akışının da yoğun, hızlı ve düzenli bir hale

gelmesi gerekmiştir. Buna paralel olarak, elektrik enerjisi ulaşım araçlarında kullanılmaya başlamış, demiryolu endüstrisi bu dönemin en önemli unsurlarından birisi haline gelmiştir.

Üçüncü endüstri devrimi ise internet, bilgisayar teknolojileri ve benzeri teknolojik gelişmeler sonucunda üretim süreçlerinde otomasyon uygulamalarının hızla yaygınlaştığı süreçtir. Bu süreçte fabrikalarda kullanılan işgücünün yerini hızlı bir biçimde robotlar almaya başlamıştır.

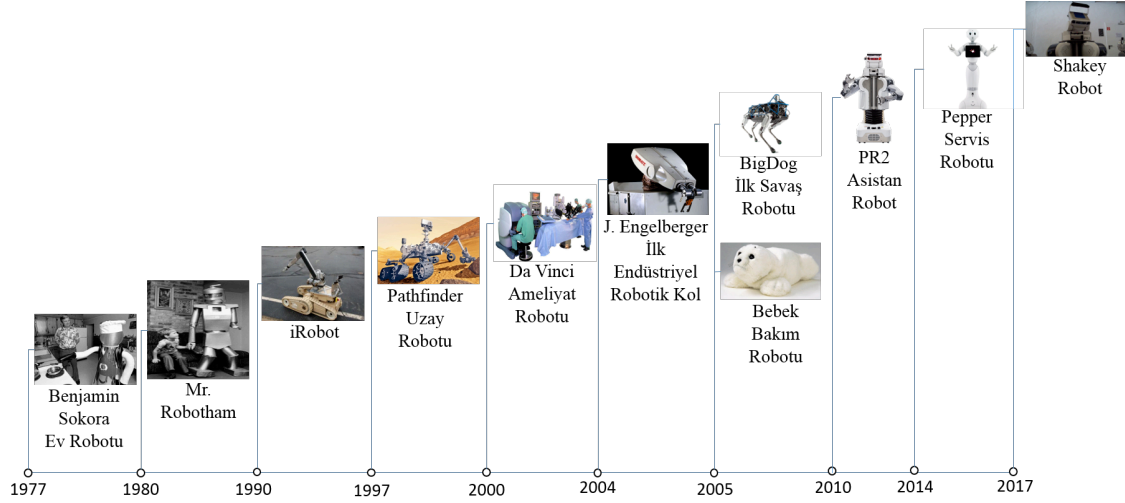
İçerisinde bulunduğumuz ve 2014 yılında Hannover Fuarı ile başladığı kabul edilen Dördüncü Sanayi Devrimi ya da diğer ismi ile Endüstri 4.0 süreci otonom özelliği artırılmış ve öğrenen robotik sistemlerin üretim süreçlerinde giderek daha fazla yer aldığı, gerçek hayata ilişkin hemen her şeyin dijital bir karakter kazanarak sanal ortama taşınabildiği bir dönemi ifade etmektedir. Bu dönemde iş görmenin dışında, karar alma süreçlerinde de giderek artan bir hızla insan faktörü yerine elektronik ve otonom sistemlerin geçeceği öngörülebilmektedir. Dolayısıyla robotik sistemler gelecekte günümüzdeki durumundan daha yüksek düzeyde fonksiyonel bir nitelik kazanabilecektir.



**Şekil 1:** Endüstrinin 4 Temel Süreci

Kaynak: [https:// www.3mvet.eu](https://www.3mvet.eu), Erişim Tarihi: 15.02.2018

Bu perspektifte robotik sistemlerin gelişimi dikkate alındığında; robot teknolojisinin başlangıcı olarak, Benjamin Sokora tarafından ilk ev robotunun yapıldığı tarih olan 1977 yılı kabul edilebilir. İlerleyen dönemde robot teknolojisinde giderek artan gelişmeler kaydedilmiş, 1990 yılında iRobot olarak adlandırılan yarı otonom robotikler robot sistemlerinin gelişiminde bir dönüm noktası olmuştur. Bununla birlikte tıp, uzay bilimler gibi farklı alanlarda kullanılan robotlar 2004 yılında Engelberger tarafından ortaya konulan robotik kollar ile endüstrilere de girmeye başlamış, üretim ve tedarik zincirleri açısından 2004 yılı bir dönüm noktası olmuştur (Şekil 2).



Şekil 2: Robotik Sistemlerin Süreci

Kaynak: [https:// https://www.3mvet.eu](https://https://www.3mvet.eu), Erişim Tarihi: 15.02.2018

Son otuz yılda küreselleşmenin de etkisi ile işletmeler son derece yoğun ve yıpratıcı bir rekabet ile karşı karşıya kalmışlardır. Bu noktada, küreselleşme süreci ile teknolojik gelişmelerin hangisinin neden, hangisinin sonuç olduğu sorusuna yanıt verebilmek son derece zordur. Sonuç olarak küreselleşme süreci devam etmekte, küresel rekabet giderek hızlandığı gibi tüketiciler geçmişte olmadığı kadar hâkim bir pozisyona gelmişlerdir. Geçmişte üreticiler tedarik zincirlerinde hâkim ve belirleyici role sahipken, bu konularını giderek tüketicilerle paylaşmak zorunda kalmakta, hatta bu konumunu tüketici lehine kaybettiğine dair deliller de ileri sürülebilmektedir. Tüketicinin elde ettiği yeni pozisyonu tedarik zincirleri içindeki akışları ve iş şekillerini büyük ölçüde değiştirmeye başlamıştır. Tüketiciler bu süreçte talep ettikleri ürünlerin daha fazla kişiselleşmiş ve özelleştirilmiş niteliğe sahip olmalarını isterlerken, tolerans düzeyleri büyük ölçüde zayıflamış, taleplerinin daha kısa sürelerde ve daha yüksek hizmet düzeyi ile karşılanmasını istemeye başlamışlardır. Bunun sonucunda lojistik hizmetlerin daha yüksek etkinlik, performans ve hızla gerçekleşmesi zorunlu hale gelmiş, tedarik zincirleri bu gereksinimleri elde edebilmek için yeni yollar ve yöntemler aramaya başlamışlardır.

Bütün bu gelişmeler çerçevesinde lojistik faaliyetler giderek daha spesifik, teknik açıdan gelişmiş ve yüksek hıza sahip faaliyetler haline gelmiş, bu faaliyetleri yürütebilmek için gereken insan gücünün de bu gereksinimlere cevap verebilecek düzeyde kalifiye olması gerekli olmuştur. Daha da önemlisi işgücünün kalifikasyonun ve yeteneklerinin gelişen teknoloji ve değişken tüketici talepleri karşısında sürekli olarak güncellenmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu süreci insan gücüne dayalı olarak yürütebilmek tedarik zincirleri için zor ve son derece zahmetlidir. Teknolojinin sürekli artan bir biçimde geliştiği göz önüne alındığında işgücünün kalifiye halde tutulabilmesi için tekrarlanan güncellemeler de bir süre sonra tedarik zincirlerinin altından kalkamayacağı yükler meydana getirebilmektedir.

İşgücüne ilişkin yetenek ve kalifikasyonun gereksinimler ile eşleştirilmesindeki güçlükler tedarik zincirlerini farklı arayışlara yönlendirmektedir. Bunun bir sonucu olarak robotik sistemler gelecekte işgücünün yerini tümüyle alabilecek ve bahsi geçen problemlerin ortadan kalkmasına olanak sağlayacak

bir enstrüman olarak değerlendirilmekte ve birçok tedarik zinciri tarafından umut bağlanan bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir.

Öte yandan teknolojinin gelişimine paralel olarak internet üzerinden perakendeciliğin git gide gelişmesi ve tüketicilerin taleplerini elektronik ortamlardan yapmaya başlamaları yüz yüze perakende süreçlerinde söz konusu olan lojistik akışları büyük ölçekte farklılaştırmıştır. Müşteriler aynı ürünü aynı miktarda talep etseler bile lojistik akış sisteminde önemli değişiklikler söz konusu olabilmektedir. En başta geleneksel tedarik zincirlerinde akış perakende işletmelerden tüketicilere doğru gerçekleşirken, elektronik ortamlar üzerinden gönderilen siparişlerde perakendeciler tüketicilerden önceki son aktör olmamakta, araya ürünü müşteriye teslim etmek üzere lojistik hizmet üreten kargo taşımacılığı ve tahsilat yapan işletmelerde dahil olmaktadır.

Daha da önemlisi, üreticiler ya da dağıtımıcılar perakendecilere ürünleri yüksek hacimlerde ve miktarlarda gönderebilirken, geçmişte bunlar için tek tek paketlenme, etiketleme ve diğer destekleyici lojistik uygulamaya gereksinim duymuyorlar, olabildiğince büyük birimlerde ürünleri perakendecilere sevk ediyorlardı. Perakendecilerin de en önemli işlevi kendisine gelen ürünleri parçalayarak, müşterinin istediği formlara dönüştürmesiydi. Günümüzde ise ürünler tüketicilerin tümüne tek tek sevk edildiği için her birisi için gerçekleştirilen paketlenme, etiketleme ve benzeri türde elleçleme işlemleri çok sayıda tekrarlanmaktadır. Dolayısıyla e-ticaretin artmasıyla lojistik faaliyetlerin yapısal olarak dönüşüm süreci hızlanmış operasyonlar daha hızlı olmasının yanı sıra, operasyonel mükemmeliyet hayati düzeyde önem kazanmıştır. Aynı zamanda tüketiciler elektronik ortamda daha ağır ve hacimli ürünleri de talep etmeye başlamış, bunların lojistik uygulamalarının insan gücüyle yapılabilmesi neredeyse olanağını bütünüyle yitirmiştir.

Nüfus artışına ve tüketici davranışlarında meydana gelen değişimlere bağlı olarak tüketici taleplerinin yoğunlaşmasının yanı sıra daha hızlı bir biçimde ürünlerin kendilerine teslim edilmesini arzulamaları kalifiye işgücüne ek olarak, dünyada işgücü gereksinimi giderek artırmaktadır. Öte yandan dünya nüfusunun giderek azalan bir kısmı yüksek rekabet koşullarında kendilerine önerilen düşük ücretleri kabul etmeyerek, farklı iş kollarına yönelebilmektedir. Bütün bu gelişmelere bakıldığında robotik sistemlerin ve daha yoğun teknoloji kullanımının bu problemleri azaltabilecek bir çözüm olabileceği konusunda bir konsensüs oluştuğu görülebilmektedir. Hem verimliliği ve etkinliği artıracak hem de bunu olabildiğince düşük maliyetlerle gerçekleştirebilecek, ek olarak bu durumun sürdürülebilir olmasına olanak sağlayabilecek bir sistem olarak robotik sistemler düşünülmektedir.

Robotların işgücünün yerini nasıl alacağı, yaratacağı sosyal, ekonomik, hatta politik etkilerin de çok yönlü olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra üretim faaliyetlerinde giderek olgunlaşan ve yeteneklerini büyük ölçüde ispat eden robotların son derece değişken bir karaktere sahip olan ve sayısız değişkenler ile faktörler tarafından etkilenen lojistik uygulamalarda nasıl başarı elde edeceği ve bunu sürdürülebilir durumda tutabileceği tartışılması gereken bir konudur.

Geçmiş yıllarda lojistik faaliyetlerde insan gücü yerine robotların ikame edilmesi sürekli olarak düşünülen ve gerçekleştirilmeye çalışılan bir hedef olmuştur. Buna karşılık bir takım deneme ve girişimler söz konusu olsa da robotların kullanılması ile ulaşılmaya çalışılan hedefler elde edilememiştir. Robotlar sınırlı ölçüde fayda sağlasalar bile üretim sahalarında gösterdikleri performansı lojistik faaliyet

ve uygulamalar açısından gösterebilmiş değillerdir. Bunun temel nedenlerinin başında üretimde gereksinim duyulan robotlar kendilerine tanımlanmış algoritmalar çerçevesinde sürekli aynı hareketi yapmalarının yeterli olması, buna karşılık lojistik faaliyetlerin son derece değişken bir yapıya sahip olmasından dolayı sürekli aynı hareketi yapan robotların işlevsiz kalıyor olmasıdır. Lojistik süreçlerde müşteri talepleri biçim, miktar, ürünün özellikleri açısından, buna bağlı olarak lojistik faaliyetlerde ürünlerin ne şekilde elleçleneceği, taşınacağı, depolanacağı, taşıma ve dağıtım operasyonlarında ne tür taşıma araçlarının ve taşıma modlarının tercih edileceği vb. gibi çözümlenmesi gereken sayısız problem mevcut olduğu için robotların bu değişkenleri dikkate alarak her bir operasyonda farklı kararlar verebilmesi gerekmektedir.

Bu durum otonom olarak değerlendirme yapabilen ve süreçleri optimize ederek en uygun kararı alabilen sistemlerin varlığını zorunlu hale getirmektedir. Dolayısıyla robotların lojistik alanında ve onun alt sistemlerinde kullanılabilmesi için bu fonksiyonlara sahip olması gerekmektedir. Bu fonksiyonlara sahip olmadan robotlar mekanik bir takım işlemleri yerine getirebilmekle birlikte, insan faktörüne bağımlı olma sorunu ortadan kaldıramazlar.

Öte yandan lojistik faaliyetler tedarik zincirlerinde meydana gelen dönüşümlere uygun olarak sürekli bir değişim ve dönüşüm geçirdiği için mevcut durumda kısmen de olsa işlevsel olan bir robot ilerleyen zaman içinde gereksinimlerin ve koşulların değişmesi ile birlikte işlevsiz hale gelebilmektedir. Bu nedenle robotik sistemlerin hızlı bir biçimde güncellenebilen ve öğrenilebilir makineler olmaları bu problemi ortadan kaldırabilir. Dolayısıyla robotik sistemlerin lojistik süreçlerde fayda yaratabilir olması için karşılaştığı koşullara hızlı yanıtlar verebilecek şekilde analiz, değerlendirme ve optimal kararlar alarak ya da karar kombinasyonları geliştirerek bunları uygulayabilme yeteneğine sahip otonom makineler olmaları son derece önemlidir. Daha da önemlisi otonom olmayan robotiklerin çok hızlı, yoğun ve karmaşık akış süreçlerinde birileri tarafından her operasyona göre programlanmaları zor hatta olanaksız görülmektedir. Böyle bir durumda lojistik akışın aksaması hatta duraklaması söz konusu bile olabilir.

Geçmişte teknik donanımları geliştirilmiş olsa bile standart olarak tasarlanmış algoritmaların sonsuz sayıda çözümlenme ve optimizasyon yaklaşımlarının etkin bir biçimde kullanılmasını gerektiren lojistik süreçlerde işe yaraması beklenebilir bir durum değildir. İnsan beyni ve zekâsı ile kıyaslanması mümkün olmayan bu tür robotların en uygun çözümü belirlemesi ve hayata geçirmesi insan yeteneklerinin bile sınırlı kalabildiği lojistik uygulamalarda mümkün görülmemektedir.

Günümüzde teknolojinin baş döndürücü bir biçimde gelişmesi robotların da gelecekteki konumunu önemli ölçüde etkilemiştir. Problemleri çözümlenmek için oluşturulan algoritmaların anlık olarak güncellenebilmesi ve işlemcilerin geçmişle kıyaslanmayacak şekilde saniyede binlerce faktörü ve değişkeni değerlendirebilir ve analiz edebilir hale gelmeleri sayesinde robotik sistemler de giderek daha fazla öğrenilebilir makineler olarak ortaya çıkmaya başlamışlar, zaman geçtikçe lojistik süreçlerde daha çok işlev üstlenecek potansiyel elde etmişlerdir. Kısa zaman içerisinde gerçekleşen bu gelişmeler henüz yeterli olmasa da gelişme ivmesi dikkate alındığında, tedarik zincirlerinde ve lojistik süreçlerde ileride daha hayati roller üstlenebilecekleri konusunda umut vadetmektedirler.



Robotik sistemler gerek endüstriler gerekse diğer iş alanlarının yanı sıra, akademik çevrelerde giderek daha önemli hale gelen ve üzerinde çok sayıda araştırma, inceleme ve çalışma yapılan alanlardan birisi haline gelmektedir. Akademik veri tabanlarında bir gözlem yapıldığında bilimsel araştırma ve çalışmaların çok büyük bir bölümünün son birkaç yıl içerisinde gerçekleştirildiği görülebilir. Robotik sistemlerin kurgulanması ve gereksinimlere uygun bir biçimde yapılandırılması kolay bir süreç olmamakla birlikte tedarik zincirinin ihtiyaçları paralelinde çok sayıda disiplini ilgilendiren bir süreçtir. Dolayısıyla mekatronik, bilgisayar, elektronik ve mekanik alanları doğrudan robotik sistemlerinin tasarımına odaklanmakta, matematik, işletme, üretim vb. disiplinler de dolaylı olarak sürece dahil edilmektedir. Lojistik, üretim ve diğer alanlarda kullanılacak bir robotun fonksiyonel olabilmesi davranış geliştirmesine olanak sağlayacak şekilde algoritmalara sahip olması ve çok sayıda problemin çözümüne yönelik yaklaşımlar geliştirebilmesi gerekmektedir.

Günümüze kadar robotik sistemlerin yeterince gelişmemesi ya da lojistik alanında yeterli düzeyde kullanılamaması bir takım kısıtlardan da kaynaklanmaktadır. Öncelikle robotik sistemler pahalı teknolojiler olup, sürekli geliştirme ve güncelleme zorunluluğu maliyetini önemli ölçüde artırmaktadır. Tedarik zincirleri henüz yeterli ölçüde kendisini kanıtlamamış bir sisteme büyük ölçekli finansman ayırmak konusunda cesaret göstermemektir. Diğer bir kısıt ise teknik açıdan şimdiye kadar olması gereken düzeye erişememiş olmasının yanı sıra işlemci kapasitesinin robotların davranış geliştirmesine olanak sağlayacak ölçüde gelişmemiş olması da bir sınırlılık olarak değerlendirilebilir.

Günümüz koşullarında meydana gelen bir takım gelişmeler ve ilerlemeler robotik sistemlerin gelişimi ve yaygınlaşması önündeki engelleri ve kısıtları ortadan kaldırmaktadır. Tedarik zincirleri için katlanılması olanaklı görülmeyen yatırım maliyetleri teknoloji şirketleri ve kamu otoriteleri tarafından karşılanabilmekte, geliştirme sürecine üniversiteler ve teknoloji enstitüleri de katılım gösterebilmektedir. Dolayısıyla yatırım ve finansman problemleri daha büyük aktörlerin alana dahil olmasıyla birlikte ortadan kaldırılılabilmektedir.

Diğer bir kısıt olarak değerlendirilen teknik sınırlılıklar teknolojik gelişmeler çerçevesinde aşılabilmektedir. Geçmişe kıyasla işlemcilerin kapasitelerinin kayda değer bir biçimde artması, teknolojik unsurların veri depolama, analiz ve çözümleme kabiliyetlerinin gelişmesinin yanı sıra, son derece hızlanması bu süreci olumlu yönde etkilemiştir. Günümüzde kullanılan işlemciler saniyede binlerce problemi optimal şartlarda çözümlenebilecek kabiliyetlere sahip olup, bu yetenekleri giderek de geliştirmektedir.

Robotların daha geniş bir perspektifte lojistik faaliyetlere ve üretim alanında görünmesi çok yakın bir tarihte hayatımıza dahil olan bir takım teknolojilere bağlı olarak da artış göstermektedir. Bu teknolojilerin başında nesnelerin interneti “Internet of Things” (IoT) adı verilen gelişmiş teknolojik sistemler yer almaktadır. Nesnelerin interneti insan faktörü olmaksızın makine, ekipman, teçhizatların yanı sıra fiziksel tüm varlıkların sensorlar, algılama sistemleri, gömülü sistemler vb. unsurlar sayesinde akıllı “smart” bir kimlik kazanmaları sonucunda birbirleri ile iletişim kurmaları ve birbirlerini harekete geçirebilmeleri aldıkları komutlar ve veriler ile davranış geliştirebilmeleri olarak tanımlanabilir.

Nesnelerin interneti robotik sistemlerin birbirleriyle iletişim kurabilmeleri ve birbirlerini yönlendirebilmelerini olanaklı hale getirebilmekte, bu teknoloji sayesinde robotlar otonom bir karakter

kazanma konusunda oldukça ciddi bir ilerleme kaydedebilmektedir. Örnek olarak paketleme işlemini tamamlayan bir robot bu teknoloji sayesinde bir başka robota ardışık iş parçacığını gerçekleştirmesi için komut gönderebilmekte otonom bir şekilde robotlar birbirini harekete geçirebilmektedir.

## 5. ROBOTİK SİSTEMLERİN GELECEĞİ

Üretim sistemlerinde kullanılan robotiklerden beklenen tanımlanmış bir hareketi her defasında aynı şekilde gerçekleştirmesi, uygulama ile programlanmış hareket arasında sapmalar göstermemesidir. Örneğin taşıyıcı bir konveyörü beslemekle görevli robotik kolun standart süreler içerisinde konveyör üzerine parçaları koyması gerekmektedir. Her bir parça arasında standart bir mesafenin korunması ve standart bir akışın sağlanması robotun aynı hareketi her seferinde aynı şekilde yapmasına bağlıdır. Robot konveyör üzerine her sekiz saniyede bir parça koyması gerekirken, bazen altı bazen de dokuz saniyede bunu gerçekleştirdiğinde sistemde tıkanmalar ve darboğazlar oluşmaya başlaması son derece olası bir durumdur.

Bununla birlikte koşullar değiştiğinde bu robotların duruma uyum sağlamaları bir takım zorluklar içermektedir. Örneğin konveyörün beslendiği noktadan önce yüklenecek parçayı torna işleminden geçiren bir çalışan rahatsızlanır ve yükleyici kola konveyörü besleyecek parçaları göndermemeye başlarsa robot bu durumu dikkate almaksızın yükleme eylemi yapmaya çalışabilecektir. Dolayısıyla robotik sistemlerin meydana gelen yeni durumu ve koşulları değerlendirebilecek şekilde yapay zekâya sahip olması ve değişen koşullara göre gerçekleştirdiği davranışı değerlendirerek, duruma uygun yeni davranışlar gösterebilme yeteneğine sahip olması gerekmektedir.

Bu noktadan hareketle, farklı durumları analiz ederek her bir duruma uygun çözümler geliştirebilme ve değişimleri anlık olarak yorumlayıp bunlar için farklı davranışlar geliştirebilme yeteneği ile robotların lojistik sistemlerde kullanılabilmesi arasında kayda değer bir ilişki göze çarpmaktadır. Milyonlarca farklı türde ürünün elleçlendiği ve her bir ürünün ağırlıklarının, boyutlarının, özelliklerinin ve hassasiyet derecelerinin farklı olduğu bir lojistik sistemde bu farklılığı algılayabilmek ve bunun gerektirdiği farklı davranışı gerçekleştirebilmek son derece önemli bir konudur. Örnek olarak kırılabilir olan bir ürünün bir robotik tarafından diğerleri ile aynı şekilde tutulması, kaldırılması ve taşıma aracına yüklenmesi ürünün zarar görmesine yol açabilir. Robotun bu durumu algılayıp, ürünü kavrarken daha düşük seviyede kuvvet uygulaması gerekebilir. Sonuçta robotların lojistik süreçlerde başarılı olabilmesi için binlerce değişkeni algılayacak yetenekte olmaları gerekmektedir.

Bu daha önceki yıllarda imkânsız gibi görünmesine rağmen, günümüzde gelişen teknolojiye bağlı olarak artık hayal olarak görülmemekte, konu ile ilgililer bunun bir zaman sorunu olduğunu, yakın bir gelecekte robotların insanlar gibi değişkenleri algılayıp, yorumlayacaklarını kararlar alarak bunları uygulayabileceklerine inanmaktadırlar. Dolayısıyla robotlar gelecekte gözler, beyin ve hareketi sağlayan kollar, bacaklar vb. organlar benzeri yapay algılama ve değerlendirme uzuvları ile donatılmış otonom makineler olacakları değerlendirilebilmektedir.

Robotik sistemlerde algılamayı sağlayacak unsur insanlarda gözlerin görevini yerine getirebilecek olan kameralar ve sensor teknolojisidir. Bu teknolojiler çevresindeki görüntüyü kaydederek,

bilgi işletim sistemleri açısından anlamlı hale getirecek nümerik verilere dönüştürülecek verilerin toplamı fonksiyonunu yerine getiren unsurlardır. Dolayısıyla kaydedilen her bir görüntü ya da algılanan her bir durum sistemde karar vermek üzere işlenecek ve kullanılacak veriler anlamına gelmektedir. Hareket ve davranış çevresel faktörler ve değişkenler ile ilgili verilere bağlı olduğundan bu fonksiyonlara sahip olmadan robotik sistemler her hangi bir işlev gösteremezler. Aynı perspektifte insanlar üzerine takılan sensorlar ile farklı durum ve koşullar karşısında gösterilen insan davranış ve hareketleri algılanarak dijital sisteme taşınabilmekte ve modellenabilmektedir. Bu sayede koşul-davranış arasındaki ilişkiler algoritma olarak yapılandırılabilen, robotiklerin hareketlerini modellemede ve programlamada bu algoritmalar kullanılabilir.

Robotik sistemlerin otonom robotlar haline gelebilmesinde bir diğer önemli unsur koşullara göre hareket etmelerini ve davranış göstermelerini sağlayabilecek mekanik-elektronik kollar, bacaklar ve ellere sahip olmalarıdır. Aynı zamanda bu unsurların farklı koşullar altında gösterilebilecek farklı davranışlara ilişkin komutları da algılayabilir olması gerekmektedir. Daha önce bahsedildiği gibi kırılacak bir materyali kavrarken göstereceği davranış sert metal bir külçeyi kavrarken göstereceği davranışla aynı olmamalıdır. Dolayısıyla çevrelerinde meydana gelen değişimleri algılamak üzere bu unsurlar çok sayıda sensorlar ile donatılabilmekte, bu sensorlar yakında olan bir insanı algılayıp daha güvenli bir hareket için sisteme veri gönderebilir. Bununla birlikte bu işlemlerin anlık olarak gerçekleşmesi de son derece önem arz eden bir durumdur. Aynı zamanda robotik kollar ve ellerde entegre olarak bulunan sensorlar ortama ilişkin sıcaklık, nem vb. durumlarda meydana gelen değişiklikleri de algılayabilir ve bu değişimleri veri olarak sisteme gönderebilirler.

Bir diğer önemli unsur da robotların veri işleyebilecek ve harekete dönüştürmek üzere komut üretebilecek beyin ve yapay zekâya sahip olmalarıdır. Yeni nesil robotik sistemler sensorlar ile kameralardan gelen görüntü ve algıları sayısal değerlere dönüştürerek işlemsel hale getirebilmekte, bu nümerik hale getirilmiş veriler ile hem algoritmalarını karşılaştırarak komutlar üretirken hem de mevcut algoritmalarını güncelleyebilmektedirler. Bir robotik sistemin bu konudaki yeteneğini gösteren en temel faktörler çok sayıda değişkeni dikkate alarak hesaplayabilme ve optimal çözümler elde edebilme kabiliyeti ile bunları mümkün olan en kısa sürede yapabilme becerisidir. Dolayısıyla robotların işlemci kapasitesi ve sahip oldukları işlem hızları arttıkça bu yeteneklere de giderek artan bir düzeyde sahip olabildiği görülebilmektedir. Buna karşılık insan gibi davranış gösterebilmesi için bir robotik sistemin günümüzün en yüksek kapasiteye sahip işlemcilerinden yüz binlercesi ile eşzamanlı donatılmış olması gerektiği konu ile ilgililer tarafından dile getirilmektedir.

## **6. ROBOTİKLERİN LOJİSTİK VE TEDARİK ZİNCİRLERİNDE KULLANIMI**

Daha önce de bahsedildiği gibi robotik sistemlerin lojistik süreçlerde kullanımı birtakım başarılar elde edilmiş olsa dahi henüz istenilen noktaya erişilmesini zorlaştıran bazı kısıtlardan etkilenmektedir. Bununla birlikte, teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler bu konudaki umutları artırmaktadır. Gelecekte robotların daha gelişmiş yapay zekâ ile donatılarak daha akıllı makineler haline gelmeleri ve otonom davranış gösterebilme kabiliyetine erişmesi halinde lojistik alanında robotik sistemlerin

kullanılmasında bir patlama yaşanacağı bugünkü gelişmelere bakıldığında kolaylıkla söylenebilen bir öngörü olabilir.

Günümüzde robotlar daha çok lojistik süreçlerin depo faaliyetleri alanında kullanılmaktadır. Depoların klasik olarak birtakım rutin faaliyetlerin yürütüldüğü alanlar olması statik ve otonom olmayan robotiklerin kullanılmasını kolaylaştırabilmektedir. Bununla birlikte depo sahalarında kullanılan robotların neredeyse tamamı otonom özelliklere sahip olmayıp, insan faktörüne bağımlılık göstermekte, bir operatör olmaksızın işlevsiz kalabilmektedir. Öte yandan depo sahaları da giderek daha spesifik lojistik faaliyetlerin gerçekleştirildiği mekanlar haline gelmeye başladı. Daha önceki dönemlerde depolarda gerçekleştirilen uygulamalar, mal kabul, istifleme ve sevkiyat iken, günümüzde depoların etkinliğinin artırılması amacıyla konsolidasyon, ayrıştırma, birleştirme ve ürüne son halini verme gibi farklı bir sürü işlem depo sahalarında gerçekleştirilebilmektedir. Depolarda gerçekleştirilen faaliyetlerin daha spesifik bir karakter kazanması robotik sistemlere olan gereksinimi artırmaktadır. Bunun sonucunda depolar kısmen de olsa mekanize bir nitelik kazanırken, otonom robotların kullanımı halen son derece sınırlıdır. Buna karşılık, radyo frekansları ile algılama sistemleri, sensorlar ve otomatik raflama sistemlerinin depolarda kullanılmaya başlanması ile birlikte otonom robotların da depo sahalarında faaliyet göstermesine ilişkin önemli bir eşik aşılmış görünmektedir.

Depolama faaliyetleri bir lojistik sistem içerisinde en yüksek maliyet yaratan süreçlerden birisidir. Bunun başlıca nedenlerinden birisi mekanizasyon artış gösterse de halen çok yoğun insan gücüne gereksinim duyulmasıdır. Gelen siparişlere göre ürünlerin toplanması, ayrıştırılması ve sevkiyata hazırlanması hala yoğun işgücü kullanımını gerektirmektedir. Bu noktadan hareketle toplam lojistik maliyetlerin azaltılabilmesi ve tedarik zincirlerinin rekabet güçlerini sürdürebilmeleri için depoların daha fazla mekanize olması ve otonom robotların depo sahalarında daha fazla fonksiyon üstlenmeleri giderek daha önemli hale gelmektedir.

Paletler ve konteynırlar lojistik faaliyetlerin iki önemli bileşeni olarak değerlendirilebilirler. Her ikisi de lojistik faaliyetlerin standart bir karakter kazanmasının yanı sıra lojistik akış hızını göz alıcı bir biçimde artırmış, toplam lojistik maliyetlerin azaltılabilmesine katkı sağlamış unsurlardır. Günümüz koşullarında artan hız gereksinimi bu unsurlarında yeniden gözden geçirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Konteynırların yüklenmesi ve boşaltılmasında geçen süre, meydana gelen kayıplar ile lojistik süreçleri aksatacak düzensizlikler bu faaliyetleri daha etkin bir biçimde yerine getirebilecek sistemlerin varlığına olan gereksinimleri artırmaktadır. Robotik sistemlerin bu süreçlerde söz konusu zaman kayıplarını azaltabilme ve hataları elimine etme konusunda yardımcı olabilecek potansiyele sahip oldukları görülebilmektedir.

Bu konuda kullanılacak robotlar konteynır içerisine kadar uzatılabilecek teleskopik konveyörler ile bunlara entegre edilebilecek sensorlar, algılama sistemleri ve ürünleri tutabilecek, kaldırabilecek ve konveyör üzerine yerleştirebilecek hareket unsurlarından oluşmaktadır. Bu tür bir robotik sistemde algılama sistemleri konteynır üzerindeki RFID etiketini okuyup gerçekleştireceği operasyon ile ilgili bilgi ve verileri alarak, buna uygun olarak belirlenmiş ve programlanmış hareket ve davranışlarına başlamaktadır. Tamamı boşaltılmayacaksa konteynır açıldıktan sonra robotik sistem taşıma kabı içindikileri tarayarak kendisine verilen komuttaki ürünleri sadece alarak taşıyıcı konveyör bantlarına

koyabilir, diğerlerine dokunmayabilir. Bunun için de ürün paketlerinin üzerinde algılamayı sağlamak amacıyla etiketlerin bulunması gerekmektedir.



**Şekil 3:** Yükleyici ve Boşaltıcı Robotlar

Kaynak: <https://www.roboticsbusinessreview.com>, Erişim Tarihi: 13.02.2018

Konteynır elleçleme robotları (Şekil 3) giderek artan bir ivme ile yaygınlaşmaya başlamıştır. Daha da önemlisi sağladığı hız ve etkinlik düzeyi dikkate alındığında lojistik süreçlerde fayda yaratacak bir yarı-robotik sistem olduğunu ispatlamıştır. Gelecek yıllarda daha da geliştirilmesi ve otonom bir karakter kazanması ile birlikte elleçleme süreçlerinde daha etkin kullanılabilen ve insan faktörüne bağımlılık göstermeyen makinelere daha sık rastlanılabilir.

Lojistik süreçlerin en zor ve zahmetli uygulamalarından birisi de sipariş toplama operasyonlarıdır. Geleneksel olarak bir operatör siparişleri içeren iş emrini aldığı anda ürünlerin bulunduğu rafları ziyaret ederek, ürünleri toplamakta ve bunun için bazen birbirinden uzak raflar arasında dolaşmaktaydı. Bu uygulama hem kısıtlı olan zamanın harcanmasına hem de yoğun bir emek gücü kullanılmasına neden olmaktadır. Bu problemleri çözmek için tasarlanan robotikler daha etkin ve düşük maliyetli bir sipariş toplama operasyonu gerçekleştirebilmek için umut olarak değerlendirilebilmektedir.

Sipariş toplayıcı robotların çalışma prensipleri rafları statik olmaktan çıkarıp onlara mobil bir karakter kazandırmaya dayanmaktadır. Bu tür robotikler ürünlerin konulduğu raflara giderek, onları kaldırırlar ve istenilen noktaya rafları taşıyabilirler. Bu sayede birden çok defa rafın ziyaret edilmesi gerekliliği de ortadan kaldırılabilir.

Toplayıcı robotlar belirli ve tanımlanmış yol üzerinde hareket edebilen ve ürünlerin toplanması ile ilgili komutları aldıktan sonra bu yolları izleyerek tüm raflar arası mesafeyi optimize etmek suretiyle güzergâh belirleyip işlevlerini yerine getirebilirler. Bu sistemler rafları toplama noktasına taşıyabilecekleri gibi, raflar arasında dolaşarak doğrudan ürünleri toplayabilirler.

Robotların sipariş toplama süreçlerinde kullanılan işgücünü ve harcanan zamanı büyük ölçüde azaltabileceği öngörülmektedir. Bu sistemler taşıyıcı robotların yanı sıra, robotların üzerinde hareket edeceği elektronik yollar, hareketli “mobile” raflar gibi bir takım bileşenlere gereksinim duymaktadır. Bu sistemlerin bir lojistik süreçte bütünüyle inşa edilebilmesi sistemin yeniden tasarımını zorunlu hale getirdiği gibi, geleneksel depo iş süreçleri ile uyumlu olmadığından olağan akışı da bozabilmektedir. Öte

yandan kurulum maliyetinin henüz istenilen düzeye indirilememesi tedarik zincirlerinin bu tür teknolojiler için yatırım yapmalarına bir kısıt oluşturmaktadır.

Söz konusu kısıtlar nedeniyle toplayıcı robotların lojistik alanında kullanımı her ne kadar sınırlı kalsa da alibaba, amazon vb. çok yoğun bir lojistik akışın gerçekleştiği sistemler bu robotları daha etkin kullanmanın yollarını aramaktadır. Çok yakın bir gelecekte ise sipariş toplama robotlarının tedarik zincirlerinin ölçeklerinden bağımsız olarak daha da yaygınlaşacağı ve lojistik faaliyetlerin çok büyük bir bölümünde kullanılabilceği görülebilmektedir.

Lojistik süreçlerde kullanılabilcek bir diğer robotik sistem de hareketli toplayıcı robotlardır (Şekil 4). Sipariş toplama robotları ile bir takım benzerliklere sahip olsalar da temel farkları rafları hareket ettirmeksizin ve sabit bir hareket yoluna gereksinim duymaksızın depo sahası içerisinde serbestçe dolaşarak ürün toplama işlevi gerçekleştirmesidir. Şu an için ticari olarak lojistik süreçlerde kullanılsa da yakın bir gelecekte lojistik süreçlerin birçok yerinde görev üstlenebilecek potansiyele sahip sistemlerdir.



**Şekil 4:** Mobil Raflar ve Taşıyıcı Robotlar  
Kaynak: [www.sdexec.com](http://www.sdexec.com), Erişim Tarihi: 15.02.2018

Söz konusu robotlar bulut bilişim sistemleri sayesinde aldıkları sipariş komutlarını değerlendirerek raflara ulaşmakta, raflardaki ürünleri tarayarak siparişe konu olan ürünü bulup, sevkiyat noktasına taşıyabilirler. Bu sistemin en büyük avantajı sabit elektronik yollara ve mobil raflara gereksinimi ortadan kaldırmasıdır. Bu sayede kurulum maliyeti önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Hareketli toplayıcı robotlar siparişe konu olan ürünlerin raflarda yerini tespit edebilmek ve doğru ürünü seçebilmek için üç boyutlu tarayıcı kameralar ve sensorlar ile donatılmıştır. Raflara ulaştığında tüm rafı tarayarak talep edilen ürünü bulmakta ve ürünün özelliğine göre davranış hassasiyetini belirleyebilmektedir.



**Şekil 5:** Toplayıcı Robotlar

Kaynak: <https://www.roboticsbusinessreview.com>, Erişim Tarihi: 19.03.2018

Lojistik süreçlerde kullanılma potansiyeline sahip olan bir başka robotik sistem de paketleme, birleştirme ve ayrıştırma işlemlerinde kullanılan robotlardır (Şekil 5). Lojistik akış sistemlerinde müşteri taleplerinin giderek daha kişisel bir nitelik kazanması ile birlikte her bir ürünün farklı bir biçimde paketlenmesi, ambalajlanması ve etiketlenmesi gerekebilmektedir. Günümüzde müşteriler ürünleri standart ve türdeş şekilde talep etmemekte, gereksinimlerine ve kişisel özelliklerine göre ürünler ile ilgili bir takım farklı beklentiler gösterebilmektedir. Bu durum elleçleme süreçlerinde yavaşlamaya, karmaşıklığa ve birçok probleme yol açabilmektedir. Daha da önemlisi insan faktörü tarafından gerçekleştirildiğinde hatalara son derece açık bir durum yaratabilmektedir.

Bu süreçlerde yer alan robotlar bu tür problemleri çözebilme potansiyeline sahip görünmektedir. En başta paketlenmek için gelen materyalleri sahip oldukları kameralar ve sensorlar ile tarayarak müşterilerin istedikleri özelliklerde ve formlara uygun olarak gruplandırabilmekte ve paketleme dahil diğer elleçleme süreçlerinde neredeyse sıfır hata ile işlevlerini yerine getirebilmektedirler.

## 7. LOJİSTİK VE ROBOTİK SİSTEMLERİN GELECEĞİ

Genel olarak değerlendirildiğinde robotik sistemlerin lojistik süreçlerde henüz olması gerektiği kadar kullanılmadığı, toplamda elde ettiği payın son derece düşük olduğu görülebilmektedir. Günümüzde depo operasyonları başta olmak üzere lojistik faaliyetlerin %80 gibi bir bölümü tam otomasyona geçmemiş, klasik yöntemler ya da yarı otonom sistemlerle faaliyetlerini yürütmektedir (<https://www.robotics.org>). Buna karşılık daha önce de bahsedildiği gibi geleceğe ilişkin öngörüler robotların lojistik süreçlerde giderek daha fazla rol üstleneceği, gelecekte tedarik zincirleri içerisinde gerçekleştirilen birçok lojistik uygulamanın otonom robotlar tarafından üstlenileceği yönündedir. Şu an geçmişe dönülüp bakıldığında birçok kişinin imkânsız olarak görebileceği birçok gelişme ve teknolojik ilerlemenin son birkaç on yıla sığdırılabildiği düşünüldüğünde gelecekte nelerin olabileceği konusunda şimdiden fikir yürütmenin gerektiği kabul edilmesi gereken bir gerçektir.

Teknolojinin daha da ilerlemesi ve robotik sistemlerin otonom bir biçimde işlev görebilmesi neticesinde hayatın birçok alanının yanı sıra üretim ve lojistik süreçlerde de bambaşka gelişmeler söz konusu olabilecek, bu alanlarda bugün dikkate aldığımız tüm paradigmlar yerlerini başkalarına terk

edecektir. Konu ile ilgili olanlar gelecekte bugünkünden çok farklı bir lojistik sistemden ve akış süreçlerinden bahsedebilecektir. Bugün bir lojistik sistemin bileşenleri olan ve literatürde düğüm “nod” olarak tanımlanan tedarikçi, lojistik hizmet üreticiler, üreticiler perakendeciler ve diğer bütün lojistik aktörlerin rolleri ve fonksiyonlarının yeniden tanımlanması gerekebilecektir. Diğer yandan bazı aktör ve fonksiyonlar zamanla ortadan kalkarken, yenileri lojistik süreçlere dahil olabilecektir.

Daha mikro ölçekte değerlendirildiğinde, günümüzde kullanılan dağıtım aktarma merkezlerinin gelecekte daha spesifik ve teknolojik açıdan gelişmiş bir karaktere sahip olması son derece olasıdır. Bu sahalarda insan faktörünün kullanım düzeyi teknolojinin gelişmesine paralel olarak giderek azalmakta, insan faktörünün yerini yarı-otonom ve tam otonom robotlar almaya başlamaktadır. Robotik sistemlerin daha da gelişmesi ve ucuzlaması söz konusu olduğunda bu eğilimin yaygınlaşacağı söylenebilmektedir.

Diğer yandan dağıtım merkezlerinde gerçekleşen lojistik uygulamalar daha yüksek hız ve etkinlik düzeyi elde etmek üzere birbirinden ayrılacak ve bu operasyonları mümkün olan en üst düzeyde performans ve verimlilikle gerçekleştiren robotlar üstlenecektir. Aynı zamanda her robot nesnelere interneti sayesinde birbirleriyle ilişkili olabilecek ve otonom olarak karar alıp uygulayabilen ve diğer robotları harekete geçirebilen komutları bulut bilişim teknolojisi sayesinde gönderebileceklerdir.

Ek olarak akıllı robotlar bakım onarım vb. süreçleri planlayarak optimize edebildikleri için bu tür durumlar robotlar tarafından otonom bir biçimde ve işlerin olmadığı ya da daha az yoğun olduğu süreçler dikkate alınarak planlanabilmekte, bunun sonucunda iş kaybı gibi olumsuz durumlar azaltılabilmektedir. Bunun dışında farklı türden ürünler için en uygun robotun sevk edilmesi IoT teknoloji yardımıyla mümkün olabilecektir. Örnek olarak bir robot yüksek düzeyde ağırlığa sahip bir ürünle ya da materyal ile karşılaştığında bunun kendi kapasitesinin üzerinde olduğu değerlendirilerek, buna uygun robotu işi yapmak üzere çağırabilecektir.

Gelecekte depo ve dağıtım merkezlerinde robotların yapabilecekleri hiçbir iş için insan gücü istihdamı söz konusu olmayabilecektir. Bunun yerine insan gücü teknik açıdan daha ileri seviyede, programlama, istisnai durumlar için çözümler üretme ve robotların güncellenmesi gibi konulardan sorumlu olacaklar, üstlendikleri görevler daha yüksek düzeyde kalifikasyon ve uzmanlaşma gerektirebilecektir. Öte yandan zor ve tehlikeli işler insanlar yerine robotlar tarafından üstlenileceği için hem bu süreçlerde güvenlik daha üst düzeyde sağlanabilecek hem de insan faktörü kaynakları hataları önemli ölçüde ortadan kaldırılabilir.

Diğer değişim ve dönüşüm sürecinin depo sahalarının da söz konusu olabileceği öngörülebilmektedir. Teknolojik gelişmelerin bir çıktısı olarak depo sahaları sadece mal kabul, istifleme ve sevkiyat işlemlerinin yapıldığı alanlar olmaktan çıkacağı, ayrıştırma, birleştirme, konsolidasyon, çeşitlendirme vb. birçok lojistik uygulamanın da bu depoların rutin birer faaliyeti haline geleceği söylenebilmektedir. Aynı zamanda teknolojik birçok enstrüman kullanılarak depolar daha fonksiyonel alanlara dönüştürülebilecektir. Örnek olarak geçmişte belirli bir akış sistemi mevcut olup, depolardan sadece tanımlanmış noktalara sevkiyat gerçekleştirilirken, gelecekte depolardan bu akışın yanı sıra rutin dışı sevkiyatlar da söz konusu olabilecektir. Örneğin acil bir gereksinim söz konusu olduğunda drone gibi ulaşım ekipmanları ile sevk edilebilmeleri mümkün olabilecektir. Dolayısıyla depolar gelecekte fonksiyonları açısından daha esnek bir hale gelebilecektir.



## **8. SONUÇ VE TARTIŞMALAR**

Yapılan bu çalışmada robotik sistemlerin lojistik sistemleri, dolayısıyla hayatımızı nasıl etkileyeceği değerlendirilmeye çalışılmıştır. Günümüzde robotlar yarı-otonom bir karaktere sahip olsalar da varlar. Ancak günlük hayatın çok da içerisinde yer almıyorlar. Daha çok seri üretim yapan fabrikaların üretim sistemlerinin bir parçası konumundalar. Gelecek yıllarda daha otonom bir karakter elde ederek günlük hayatında belki bir parçası haline gelebilecekler. Günün birinde kapıyı çalan teslimatçının bir robot olabileceği artık insanların büyük bölümünü şaşırtmamaktadır.

Lojistik faaliyetlerde farkında olunsun ya da olunmasın gündelik hayatın en önemli parçalarından birisidir. Gereksinimler artık lojistik olmadan karşılanamaz durumda. İstenilen bir ürünü elde edebilmek için gönderdiğimiz siparişleri alan elektronik alışveriş siteleri ya da doğrudan gittiğimiz perakendeciler lojistik uygulamalar olmaksızın bu gereksinimleri karşılayabilecek durumda değildir. Aynı zamanda bu sistemde yer alan bütün aktörler ve gerçekleştirilen tüm fonksiyonlar birbirine geçmişte olduğundan daha sıkı bağlarla bağlı ve bu bağ daha da kuvvetlenme eğilimi göstermektedir.

Yakın bir gelecekte robotik sistemleri hayatımızı bütünüyle etkileyen lojistik sistemlerin de hayati ve vazgeçilmez bir parçası olacağı konusunda neredeyse hemen herkes hemfikir. Şu an için bu sistemler henüz istenileni verebilme konusunda yeterli olmasalar da karşı karşıya kaldıkları kısıtlar aşlamayacak görünmemektedir. Mevcut durumda robotlar pahalı sistemler ve henüz bütünüyle otonom değililer ancak bu gelecekte otonom hale gelebilecekleri ve ucuzlamayacakları anlamına gelmemektedir. Teknolojinin daha gelişeceği varsayımı ile bu iki kısıtın yakın bir zamanda aşılabileceği herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir.

Öte yandan robotik sistemler hala üzerinde çok şeyin yapılabileceği, henüz sınırları keşfedilmemiş bir alan olarak bilim dünyasının karşısında durmaktadır. Günümüzde üniversitelerin büyük bölümü çeşitli mühendislik birimleri ve departmanları ile robotik sistemler konusunda araştırma projeleri ve uygulamalar gerçekleştirmekte, gelişim sürecine katkı sağlamaktadırlar.

Ek olarak lojistik ve tedarik zincirleri ile ilgili gerçekleştirilen geleceğe ilişkin projeksiyonların büyük bölümünde gelecekte tüketicilerin neredeyse tamamına yakın bir bölümünün mağazalar yerine elektronik ortamlar üzerinden alışverişlerini yapacakları, dolayısıyla perakendeciler tedarik zinciri içerisinde önemlerinin ve rollerinin giderek azalacağı, bunun yerine doğrudan dağıtım merkezlerinden müşterilerin oturdukları evlere ya da işyerlerine sevkiyatların artacağı ifade edilmektedir. Buna paralel olarak tüketiciler genellikle küçük birimler halinde ürün talep ettiklerinden günlük operasyonların sayısı artarken, operasyonlara konu olan ürünlerin çeşitliliği de bu ölçüde artış gösterecektir. Bunun doğal bir sonucu olarak lojistik akış hızı baş döndürücü bir biçimde artış gösterecek ve sistem içerisinde akan ürünlerin çeşitliliği geçmişte hiç olmadığı boyutlara erişecektir.

Lojistik süreçlerin bu doğrultuda gelişim göstermesi ve gereksinimlerinin farklılaşması ile birlikte operasyonlar insan kabiliyeti ve zekâsı ile çözümlenebilir olmaktan bütünüyle çıkabilecektir. Birçok çalışma ve araştırma göstermektedir ki bu süreçte robotik sistemler bu gereksinimleri karşılayarak insanların yapabildikleri birçok faaliyeti otonom olarak gerçekleştirebilecek ve daha hızlı, etkin ve optimize edilmiş lojistik süreçlerin en önemli bileşeni haline geleceklerdir.

## KAYNAKÇA

- Alimoğlu, O., Sağıroğlu, J., Alsmadi, M., Shamaileh, T., Albrezat, M., Nayfeh, M., Almajali, N., Alsauod, S., Abualhayja'a A. ve Eren, T. (2016). Current Practice in Robotic Gastrointestinal Surgery. *Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi*, 21, 153–161.
- Üçer, O. ve Gümüş, B. (2015). Ürolojik Cerrahide Teknikler Değişiyor Mu?, *Dicle Tıp Dergisi*, 37, 186–192.
- Mamurekli, D., Aydın, C. Deveci, H. ve Sönmez, A. T. (1996). Madencilikte Robotik Kontrol, *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 35, 3–18.
- Köse, C. ve Tatlı, Z. (2015). Robotik MIG Kaynak Yöntemi ile Birleştirilen 5754 Alüminyum Alaşımının Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerine Kaynak Hızının Etkisi, *Technological Applied Sciences*, 10, 1–12.
- Aytekin, A. G. Ç. (2011). Robotik Gazaltı Köşe Kaynak İşleminin Taguchi Yöntemi ile Eniyilenmesi, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 9, 7–28.
- Kâhya, E. (2014). Kivi Hasatı İçin Robotik Tutucu Tasarımı, *Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 6, 18–35.
- Yolcu, V. ve Demirer, V. (2017). Eğitimde Robotik Kullanımı ile İlgili Yapılan Çalışmalara Sistematik Bir Bakış, *SDU International Journal of Educational Studies*, 4, 127–139.
- Nolfi, S. ve Floreano, D. (2002). Evolutionary robotics: the biology, intelligence, and technology of self-organizing machines. London: MIT Press.
- Arkin, R. C. (1998). Behavior-based robotics. London: MIT Press.
- Muppurala, T., Hutchinson, S., Murrieta-Cid, R. (2005). Optimal Motion Strategies Based on Critical Events to Maintain Visibility of a Moving Target, Robotics and Automation 2005, *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference*, 3826–3831.
- Rios-Gutierrez, F. ve Alba-Flores, R. (2017) Robotics Focused Capstone Senior Design Course, *American Journal of Engineering Education*, 8, 23–34.
- Ross, A. (2016). The industries of the future. New York: Simon ve Schuster.
- Yıldırım, G. (2011). Jinekolojide Robotik Cerrahi, *İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi*, 72, 143–149.
- Baştu, E., Çelik, C. ve Buyru, F. (2012). Reprodüktif Tıpta Robotik Cerrahiye Genel Bakış, *İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi*, 76, 19–15.