

Akıllı/Otonom Robotlar

Robot

Robot denince akla, insan biçiminde olan, metal, plastik vb. maddeler kullanılarak üretilen, programlanınca belirli bir işi yapabilen otomatik aygıt gelmektedir. Ancak robot mutlaka insan formunda bir yapıda olmak zorunda değildir. Herhangi bir şekil veya büyüklükte olabilir.

Ancak robotu sıradan bir bilgisayardan veya bottan ayıran en önemli özelliği dış dünyadan gözlemlenebilen bir hareket yeteneğine sahip olmasıdır. Bir objeyi bir yerden başka bir yere hareket ettirebilmesi, bir elektronik kontrol sistemi ve bilgisayar aracılığıyla kontrol edilmesi beklenir.

Daha kabul görmüş bir tanımlama yapmak istersek Birleşmiş Milletler 2005 tarihli Robot bilim Raporu'nda robot, "kısmen veya tamamen otonom olarak işleyen, yeniden programlanabilen bir makinedir" şeklinde ifade edilmiştir.

Avrupa Parlamentosu'nun 16 Şubat 2017 tarihli Robotlar Hakkındaki Medeni Hukuk Kuralları başlıklı kararına göre bir nesnenin robot olarak kabul edilebilmesi için aranan ölçütler şu şekilde belirlenmiştir.

- Sensörler yardımıyla ve/veya çevresi (içsel-bağlantı) ile veri değişimi sayesinde otonom özellik edinim vsze bu verileri alıp-verme ve analiz edebilme,
- Tecrübelerinden yararlanarak ve etkileşimle kendiliğinden öğrenme (opsiyonel ölçüt),
- En azından bir tali fiziksel destek,
- Çevresel tutum ve hareketlere uyum sağlama,
- Biyolojik yaşamın yokluğu.

Hammaddeden ürün elde edilene kadar her aşamada robot kullanımı 1970'lere kadar dayanmaktadır. Sensör, yapay zekâ gibi lojistik bilgi teknolojileri sayesinde tüm lojistik aşamalarda kullanılabilen robotlar üretilmeye başlanılmıştır.

Robotları yapay bir zekâyâ sahip olup olmamalarına göre ikiye de ayırmak mümkündür. Örneğin otomobil üretim bandında görev yapan robot kolların bir yazılımla bunu yapıyor olması onların yapay bir zekâ teknolojisine sahip oldukları anlamına gelmemektedir.

Robotik Sistemler

Robotik sistemlerin, başta endüstriyel üretim olmak üzere birçok alanda insanlara desteği teknolojik ilerlemelerle birlikte artmaktadır. Günümüze kadar servis ve endüstriyel robotlar olmak üzere iki ana gruba ayrılan robotik sistemler, algılayıcı ve eyleyici (Bir mekanizmayı veya sistemi kontrol eden ya da hareket ettiren ve bir enerji kaynağı tarafından çalıştırılan motor, aktüatör, iş elemanı) mekanizmalarındaki gelişmelerle birlikte, insanın yaptığı işi onunla birlikte paylaşarak yapabilen sistemlere doğru yönelmektedir.

Özellikle artan işçilik maliyetlerini düşüren endüstriyel robotlar her türlü üretim faaliyetini standart bir operatörden daha hızlı ve kaliteli olarak gerçekleştirebilmektedir. Bu nedenle endüstriyel alanda üretimde rekabet ve kaliteyi artırabilmek için endüstriyel robotlar vazgeçilmez unsurlardır.

Fabrika otomasyonunda endüstriyel haberleşme ve kontrol sistemlerindeki gelişmeler, gelişen görüntü işleme ve yapay görme teknolojileri, ileri seviye yapay zekâ algoritmaları ve veri toplama sistemleri ile malzeme seçiminde etkin rol oynayan imal usulleri ve katmanlı imalat teknolojisinin gelişmesi Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Bu yapı içerisinde esnek üretim sağlayabilmek için işbirlikçi robotların esnek üretim proseslerinde kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bununla birlikte, gelişen bu durum, daha yüksek seviyeli riskler içerdiğinden dolayı emniyet ve güvenlik parametrelerini ön plana çıkarmaktadır.

İnsan-robot etkileşimi alanında yapılan ilk detaylı araştırmalar insansı ve sosyal robotlar alanında olmuştur. Bunu takip eden süreçte akıllı fabrikalardaki esnek üretim ihtiyacı işbirlikçi endüstriyel robotları ortaya çıkarmıştır.

Endüstri 4.0 ana elemanlarından biri olan kolaboratif endüstriyel robotlar üretim süreçlerinin etkin yönlendirilmesinde yardımcı olarak diğer robot otomasyon sistemleri veya operatörlerle etkileşim halinde çalışarak istenilen esneklikte üretimi sağlamayı başarmışlardır. Endüstri 4.0 kapsamında ürünlerin bakım, onarım ve takibi nesnelerin interneti ile gerçekleştirilmektedir.

Bunu gerçekleştirecek sistemlerde donanımsal ve gerçek zamanlı olarak yüksek miktarda veri toplama işlemini yapabilen endüstriyel tipte mikro elektromekanik sistem (MEMS) tabanlı sensörler üretilmeye başlanmıştır. Ayrıca ürünleri kişiselleştirerek üretimle ilişkisini sağlayabilmek için bellekli ve akıllı donanımlara ihtiyaç bulunmaktadır.

Otonom Robotlara Genel Bakış

Otonom, kelime anlamı olarak herhangi bir birimin otomatik olarak kendini yönetmesi olarak ifade edilmektedir. Otonomu insan vücudunun kendi kendine çalışmasına benzetebilir ve bu durumun teknolojiye bütünleşmiş hali yani robotlar ile ifade edebiliriz.

Birçok sektörde imalat yapan işletmeler, karmaşık görevlerin üstesinden gelmek için robotları kullanmaktadırlar. Karmaşık görevlerin üstesinden gelme amacı doğrultusunda robotlardan daha fazla yararlanmak için yeni nesil robotlar geliştirilmekte ve daha esnek, işbirlikçi ve özerk hale gelmektedirler. İlerleyen süreçlerde gelişimini sürdürmekte olan robotlar birbirleriyle etkileşime girecek, insanlarla birlikte güvenle çalışıp ve insanlardan öğrenebileceklerdir. Bu özellikte olan robotlar, bugünkü üretimde kullanılanlardan daha az maliyetli ve daha yüksek kapasiteye sahip olacaklardır.

Otonom Robot Nedir?

Otonom robot, yaptığı iş, işlem, ürün ve çevresi hakkında veri toplayan ve kendi kendine karar verebilen robottur. Otonom robotlar barındırdıkları gömülü sistem teknolojisiyle yapay zekâ uygulamaları sergileyebilmekte ve dış dünya ile ilişki kurabilmektedirler. Herhangi bir operatör veya dışarıdan bir müdahale olmaksızın kendi kendine karar verebilmekte ve eylemde bulunabilmektedirler.

Otonom robotlar, kendi sistemlerini de kontrol edebildiğinden dolayı önleyici bakım konusunda ihtiyaç duyulan verileri de kendileri sağlamakta, herhangi bir arıza oluşmadan operatöre veya bakım-onarım birimine gerekli bilgileri göndermektedir. Böylece hareket özgürlüğü bulunan bu robotlar ile üretim aşamasında esneklik sağlanmakta, makinelerin durma süresi azalmakta ve üretim hattının farklı ürünler için değiştirilmesine ihtiyaç duyulmamaktadır.

İlk olarak, 1970'lerde dijital kontrol elektroniğinin ve ardından yapay zekânın da ortaya çıkmasıyla birlikte otomatik algılama ve biliş üzerine yoğun bir odaklanma gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, sensörler, aktüatörler ve işlemcilerin maliyetindeki düşüşler ile de otonom sistemlerin ve robotların gelişmesi ve çeşitli uygulamalarda kullanması söz konusu olmuştur.

Önceleri robotlar algılama ve/veya akıl yürütme özelliklerinden yoksun ve yalnızca belirli görevleri yerine getirmek için önceden programlanmaktaydı. Robotlar üretim ortamlarında zaten kullanılıyordu fakat işlevleri ve yapıları oldukça sınırlıydı. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkışı ve beraberinde getirdiği teknolojiler ile birlikte, otonom robotlar ve sistemler daha fazla gündemde ve iş hayatı içerisinde yer almaya başlamıştır.

Operatör müdahalesi ile çalışmaktan ziyade adeta bir iş arkadaşı gibi operatör ile birlikte çalışma prensibi kavramı ortaya çıkarak (insan-robot işbirliği), çok daha esnek, işbirlikçi, verimli, kendi kendine öğrenen ve kendi kendini yapılandıran sistemler oluşmaya ve kullanılmaya başlamıştır. Bu robotlar ve sistemler üretim çevrelerinde imalat, montaj, bakım ve lojistik, depolama, malzeme taşıma, ofis yönetimi gibi çok farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır.

Daha sonrasında ise performans, dakiklik, çok yönlülük, esneklik ve donanımlardaki gelişmelerle birlikte yapay zekânın geliştirilmesi, otonom sistemlerin uygulama maliyetlerinin düşürülmesini ve otonom robotların yaşamın çeşitli yönlerinde konuşlandırılmasını sağlamıştır.

Tekerlekli mobil araçlar, insansız hava araçları, yılan robotlar, bacaklı robotlar, insansılar, ev robotları ve mobil robotlar gibi farklı özelliklere, işlevlere ve tasarımlara sahip robotlar, özerklik, zekâ, el becerisi ve hareketlilik değişkenlerinin derecelerine ve büyüklüklerine bağlı olarak dinamik, belirsiz, karmaşık ve öngörülemeyen ortamlarda çeşitli görevleri yerine getirmek için kullanılmaktadırlar.

Otonom robotlar ve sistemler günlük hayattan üretim çevrelerine değin çok farklı alanlarda etkisini göstermektedir ancak otonom sistemler ve robotlarla ilgili çözümlenmesi gereken birtakım problemler mevcuttur.

Bu sorunlardan en önemlisi, otonom robotların insanlarla benzer hak ve sorumluluklara sahip olup olmadığı sorusuyla baş edebilmek ve hesap verebilirlik yükümlülüklerini belirleyebilmek için öncelikle kanunlar, hukuk sistemleri ve yönetmeliklerin yeniden tasarlanma zorunluluğudur.

Bununla birlikte, güvenlik sorunları ve siber saldırılar gibi tehlikeler otonom sistemleri ve robotları kullanmanın diğer problemleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle organizasyon büyüklüğü ve yapısı ne olursa olsun otonom robot ve sistemleri kullanan kurum ve kuruluşlar avantajlarının yanı sıra bu problem ve tehditlerin de farkında olmalı ve bunlara yönelik önlemler almalıdırlar.

Otonom Robotların Özellikleri

Otonom robotların özelliklerini şu şekilde sıralanabilir;

- Kendisi ve çevresi hakkında veri toplamak, işlemek, karar vermek ve eyleme dönüştürebilmek,
- Diğer makinelerle ve insanlarla internet üzerinden iletişimde bulunabilmek,
- İnsan müdahalesi olmaksızın uzun süre kendi kontrolünde çalışabilmek,
- Operatör yardımı olmadan çalışma alanı içinde hareket edebilmek,
- Güvenilir olmak; çevresine ve insanlara zararlı durumlarda bulunmamak,

Bunlara ilaveten ileri düzeyde olan otonom robotlar işe uygun olarak kendi kendine konfigürasyonlarını ve parçalarını dışardan destek olmadan ayarlayabilir olma özelliğine sahiptirler.

Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar

Robotlar, modern imalat endüstrisinde önemli rol oynamaktadır. Avrupa'da Endüstri 4.0 aktörleri tarafından çok amaçlı endüstriyel robotların sayısı bir hayli fazladır.

Endüstri 4.0'ın önemli bir yüzü, görevleri akıllıca tamamlayabilen güvenli, esnek, çok yönlü ve işbirlikçi robotlar tarafından desteklenen otonom üretim yöntemidir. Çalışma alanını izole etme zorunluluğu olmadan, insanların çalışma alanlarına olan entegrasyonu ile endüstride birçok uygulamanın önünü açarak üretim daha ekonomik ve verimli hale gelmektedir.

Robotların kullanımı Endüstri 4.0'ı kolaylaştırmak için genişlemektedir. Öyle ki robotların kullanımı çeşitli işlevleri (üretim, lojistik ve ofis yönetimi gibi) içerecek şekilde genişlemekte ve kontrol edilebilir hale gelmektedir.

Çevresel Sürdürülebilirlik Temelinde Otonom Robotların Katkıları

Otonom robot ve sistemler bünyesinde yer alan özellikler ve uzantılar sayesinde gelecek nesillere daha yaşanabilir çevre bırakma hedefini karşılama noktasında, özellikle çevreye daha çok zarar veren kâğıt, maden, demir ve çelik, metal ve kimya endüstrisi gibi sektörlerde katkı sunacakları düşünülmektedir.

Ekonomik Sürdürülebilirlik Temelinde Otonom Robotların Katkıları

Yüksek hassasiyetli otonom sistemler ekonomi temelinde önemli ölçüde işçilik maliyetlerini düşürebilir. Hammadde, fire ve atık miktarlarını azaltabilir ve birlikte çalıştığı operatörlerin hata paylarını düşürerek, üretimin kalitesini, verimliliğini ve esnekliğini artırabilir, dolayısıyla robotik ve yapay zekâ alanındaki gelişmeler sürdürülebilir kalkınmayı iyileştirebilir, hızlandırabilir ve destekleyebilir.

Ayrıca otomotiv, elektrik, elektronik ve mekanik, inşaat gibi endüstrinin birçok alanında kullanılan otonom robotların:

- İşçilik maliyetlerini, hataları, yeniden işlemleri ve risk oranlarını azaltmak; daha esnek bir üretim sistemi sağlamak,
- Daha tutarlı bir kalite kontrolü sağlamak; çıktı miktarını ve verimliliği artırmak; nitelikli işgücü açığını karşılamak,
- Işıkların kapalı olduğu üretim ortamlarında bile sürekli çalışabilme kabiliyetine sahip olmak,
- İnsandan daha hızlı ve hatasız sonuca ulaşma yeteneğine sahip olmak,
- Mükemmel sipariş karşılama oranlarını, teslimat hızını ve nihayetinde müşteri memnuniyetini artırmak olarak sıralanan sayısız faydalarının nihayetinde yüksek kar getirilerine dönüşeceğini ve ekonomik sürdürülebilirlik sağlama konusunda faydaları olacağı söylenebilir.

Sosyal Sürdürülebilirlik Temelinde Otonom Robotların Katkıları

Otonom robot ve sistemler sosyal açıdan değerlendirildiğinde lojistik, otomotiv, elektrik, elektronik, metal, makine endüstrileri, inşaat, kimya, kauçuk, plastik endüstrileri ve gıda sektörü gibi imalat sektörlerinde, bir insan gücü tarafından pratik olarak ele alınmayan belirsiz, karmaşık ve öngörülemeyen ortamlarda faydalanılarak üretim optimizasyonu elde edilir.

Otonom robot ve sistemlerin:

- Tehlikeli, öngörülemeyen ve riskli çalışma ortamlarında operatörlerin yerine çalışması, böylece güvenlik ve sağlığın iyileştirilmesi,
- Monoton, sıkıcı ve tekrarlayan işlerde operatörlerin yerine çalışması, böylece operatörleri otomatikleştirilemeyen, kas gücünden ziyade stratejik çaba gerektiren işlere odaklanması söz konusu olabilir.

Otonom robot ve sistemlerin kullanılmasından doğan avantajların iş yapış biçimlerine pozitif yön vermesi ve daha güvenilir, risksiz ve elverişli çalışma koşulları sunması nedeniyle otonom robot ve sistemlerin sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlaması beklenmektedir.

Endüstrinin birçok dalında etkilerini gördüğümüz otonom robotlar ayrıca hizmet sektöründe ve gündelik hayatta insanın yaşam kalitesini artıracak dolayısıyla sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır. Bunun örneğine mobil robotlar olarak geliştirilen sistemlerde rastlamak mümkündür.

Mobil robotların ev işleri uygulamaları, genel olarak, çevreyi uzaktan kumanda ile haritalama veya çalışma alanında rastgele dolaşabilme özelliğine bağlıdır ve gündelik yaşam kalitesinin geliştirilmesinde bireylerin sosyal faaliyetlere daha çok yönelip yaşam standartlarını geliştirmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Bunun yanı sıra yaşlı bakımı, hemşirelik ve hata kabul etmeyen ameliyatlar gibi sağlık sektöründe de robotik kullanımından doğan fırsatlar söz konusudur. Sahip olduğu fırsatlarla beraber, kamu kurum ve kuruluşları da dâhil olmak üzere yerleşik sosyal ortamlarda kullanılan otonom robotlar bir takım sorunlara da yol açmaktadırlar.

Bunlar arasında,

- İş üzerindeki nicel etkiler istihdam kaybı;
- Nitel etkiler konum ve görev kalitesinde kayıplar ve nitelik düzeylerinin kutuplaşması;
- Dış etkiler ise etik sorunlar, sosyal olarak değerli hizmetlerin/ilişkilerin kaybı ve düşmanca ortamların yaratılması ve azalan erişilebilirlik ve fırsat eşitliği olarak sıralanabilir.

Üretim ortamında otonom sistemlerin ve robotların yaygınlaşmasıyla birlikte büyük bir istihdam kaybı olacağı öngörülmektedir. Ancak özellikle tehlikeli, monoton ve kendini tekrarlayan görevlerle ilgili bazı meslek gruplarında insan gücünün yerini otonom robotlara bırakacağı ve robot mühendisliği, robotik koordinasyon, endüstriyel bilgisayar mühendisliği, ağ geliştirme mühendisliği, veri güvenliği analistliği ve insan-makine etkileşim tasarımcılığı gibi yeni iş tanımlarının ortaya çıkması öngörülmektedir.

Sürdürülebilirlik Temelinde Otonom Robotların Katkıları: Görsel Yaklaşım

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde görsel yaklaşım temelinde Endüstri 4.0, otonom robotlar, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir teknolojiler, optimizasyon, standardizasyon, üretim, ekonomik, sosyal, çevresel, ekolojik gibi kavramların ön plana çıkması beklenen bir sonuçtur.

Bununla birlikte, esneklik, özerklik, enerji, performans, inovasyon, özerklik, etkinlik, işbirlikçilik, verimlilik, hassasiyet, yönetim, geri dönüşüm, emisyon, karbon salınımı gibi çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlayan sözcükler de göze çarpmaktadır.

Diğer bir ifade ile Endüstri 4.0 teknolojilerinden biri olan otonom robotların sürdürülebilirliğe yönelik katkı ve faydalarını ele alan ilgili literatür taramasından elde edilen bulgular bu görsel aracı destekler niteliktedir.

Otonom Robotların Endüstri’de Kullanım Örnekleri

Akıllı Robotların Lojistik Sektöründe Kullanımı

Depolama faaliyetleri lojistik süreçlerinin merkezi olarak tarif edilmektedir. Milyonlarca ürün ve ekipmanın takibi oldukça zorlayıcı bir süreçtir. Özellikle depo yönetimini, robotlarla otomatik hale getirmek sektöre avantaj sağlayan bir gelişim olacaktır. Malzeme kabulü, ürünlerin ilgili rafa alınması, izlenebilirliği ve taşıma aracına planlanmasına kadarki tüm süreçlerin robot teknolojisi sayesinde işleme alınması mümkündür.

Akıllı robotların lojistik sektöründe kullanımı; insan gücüne olan ihtiyacın azalmasına ve sensörler sayesinde malzemelere zarar gelmeden hareket ettirilmesine olanak sağlamaktadır. Son yıllarda yoğunlaşmasının temel sebebi ise bilgilerin daha güvenilir, hızlı ve görece hata oranı düşük devam etmesinden kaynaklıdır.

E-ticaret şirketi olan Amazon, akıllı robot teknolojisinde öncü şirketler arasındadır. Paketleme ve ilgili noktaya teslim konusunda robot kullanımından aldıkları fayda, sektörde başarılı yer edinmelerine katkı sağlayan faaliyetler arasındadır. Akıllı robotlara yapılan yatırımın geri dönüşümünü; zaman avantajı, hataların azalması, kar, verimlilik ve alıcı memnuniyeti olarak açıklamaktadırlar.

Amazon'un öneri sisteminde ise; A kullanıcısının beğenisi B kullanıcıya benziyorsa, sistem bunları tanımlar. B'nin satın aldığı kalemleri A kullanıcısı henüz satın almadıysa, ilgili kalemleri A kullanıcısına önermektedir. Tüm dijital sistemlere hızlı entegre olan şirket, yapay zeka ve akıllı robot kullanımını tüm faaliyetlerinde etkili görmektedir.

Dijital trendlerin yer aldığı akıllı üretim tesislerinin, endüstri 4.0 ile uyumlu olması şarttır. Akıllı robotların kullanımı teknolojinin gelişmesiyle, sektörlerin ihtiyaç duyduğu yatırımlar arasında yer almaktadır. Depolarda yer alan bazı işlemlerin tamamen robotlara devredilmesi ve şarjı biten robotun kontrolünü dahil çalışanların takip etmemesi söz konusudur.

Endüstriyel otomasyon, yapay zeka ve akıllı robotlar katma değeri yüksek ileri teknoloji alanlarıdır. Alt sisteminin kurulması maliyetli ve zahmetli olmasına rağmen, son zamanlarda robot teknolojisine duyulan ihtiyacın arttığı görülmektedir.

Depolarda mevcut işlemlerin çoğunluğu; paketleme, ambalaj, ürünün ilgili raftan alımı veya rafa yerleştirilmesi faaliyetlerini kapsamaktadır. Robot teknolojisiyle, ideal şekillerde görevleri yerine getiren programlar kurulmaktadır. Operasyonların daha güvenilir ve hızlı ilerleyebilmesi için akıllı robotlar akla ilk gelen yatırımlar arasında yer almaktadır.

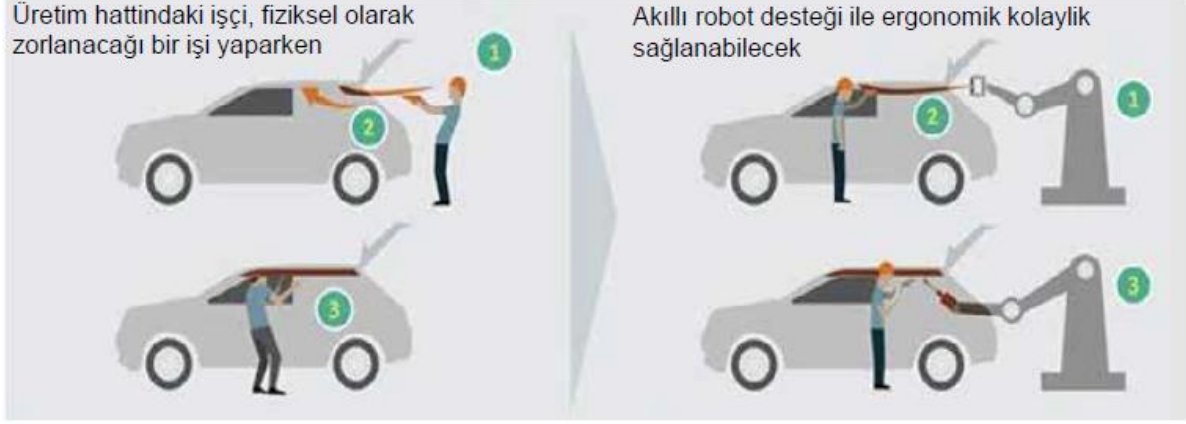
Robotların geliştirilmiş yapay zeka ile donatılarak akıllı makineler haline gelmeleri ve otonom davranış sergilemeleri, lojistik sürecinde operasyonları iyileştiren faaliyetler arasında yer almaktadır. Lojistik sektöründe robot teknolojisindeki gelişmelerin, ilerleyen yıllarda çok sık karşılaşılabilecek bir yatırım haline gelmesi beklenmektedir.

Sipariş toplama faaliyeti, lojistik operasyonlarının zorlu aşamasıdır. Operatör, siparişlerin bulunduğu rafları ziyaret ederek malzemeleri toplar ve birbirinden bağımsız koridorlarda bu işlemi gerçekleştirebilmek adına zaman kaybı yaşayarak sürece devam etmektedir. Bu problemlerin çözümü, robot teknolojisiyle mümkün hale gelmektedir. Kısıtlı zaman sunularak talep edilen iş emirlerinin, etkin bir şekilde tamamlanarak avantajlı bir sürecin ortaya çıkması söz konusudur.

Lojistik örneğimiz haricinde de çeşitli sektörlerdeki üreticiler, operasyonlarında uzun zamandır robotlardan faydalanmaktadırlar. Dünyada robot teknolojisi artık hem yetkinliklerini geliştirerek daha otonom, esnek ve işbirliğine yatkın hale gelmekte hem de sahip olma maliyetini düşürmektedir. İlerleyen dönemde robotlar birbiriyle etkileşimlerini arttıracak, insanlar ile yan yana daha güvenli bir şekilde çalışacak ve bir yandan da öğrenme kabiliyetlerini geliştireceklerdir.

Verilebilecek en ilginç örneklerden biri de Japonya'da bulunan ve robotik otel temasıyla hizmet veren Henn na Otelidir. Otelin sunduğu robotik sistem temelinde değerlendirmesi robot ve robotiklerin performansı, ziyaretçilerin duygu ve deneyimleri ve fiyat performansı dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Değerlendirmeler Tripadvisor ve Booking.com Web Sitesi Üzerinden Yapılan Yorum ve Şikayetler üzerinden yapılmıştır. Araştırma gelecekteki ziyaretçi deneyimlerini geliştirmek adına mevcut uygulamaların ve ziyaretçi yorumlarını analiz ederek yönetsel açıdan da katkılar sunmaktadır.



1. İşçi tavan levhasını şasiye yerleştiriyor
2. İşçi tavan levhasını yerleştirdikten sonra yerinde tutuyor.
3. İşçi rahatsız bir pozisyonda tavan levhasını vidalarla tutturuyor.

1. Robot tavan levhasını şasiye yerleştiriyor.
2. İşçi, tavan levhasını yerleştirmede robotu yönetiyor ancak yük kaldırmıyor.
3. Robot, rahat bir pozisyonda duran işçinin yönlendirdiği biçimde, levhayı vidalıyor.

Kaynaklar

Doğan, K. (2019). Sürücüsüz araçlar, robotik cerrahi, endüstriyel robotlar ve cezai sorumluluk. DE Ü. Hukuk Fakültesi Dergisi, 21, 3219-3251.

Dilibal, S., & Şahin, H. (2018). İşbirlikçi endüstriyel robotlar ve dijital endüstri. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 2(1), 86-96.

Şimşek, M. Z. (2020). Endüstri 4.0 olgunluk düzeylerinin tespitine yönelik bir araştırma: Sivas ili örneği (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Gönen, S., & Rasgen, M. (2019). Endüstri 4.0 ve muhasebenin dijital dönüşümü. Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 8(3), 2898-2917.

Çirkin, E., & Özdağoğlu, A. (2021). Endüstri 4.0 Bünyesindeki Otonom Robotların Sürdürülebilirlik Perspektifleri Açısından Değerlendirilmesi. Erciyes Akademi, 35(4), 1534-1553.

Balcı, E. (2020). Lojistik Sektörünün Uluslararası Alanda Dijitalleşme Süreci ve Türkiye'ye Etkileri (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).

Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0 – TÜSİAD Raporu