

OTOMASYON SEKTÖRÜ

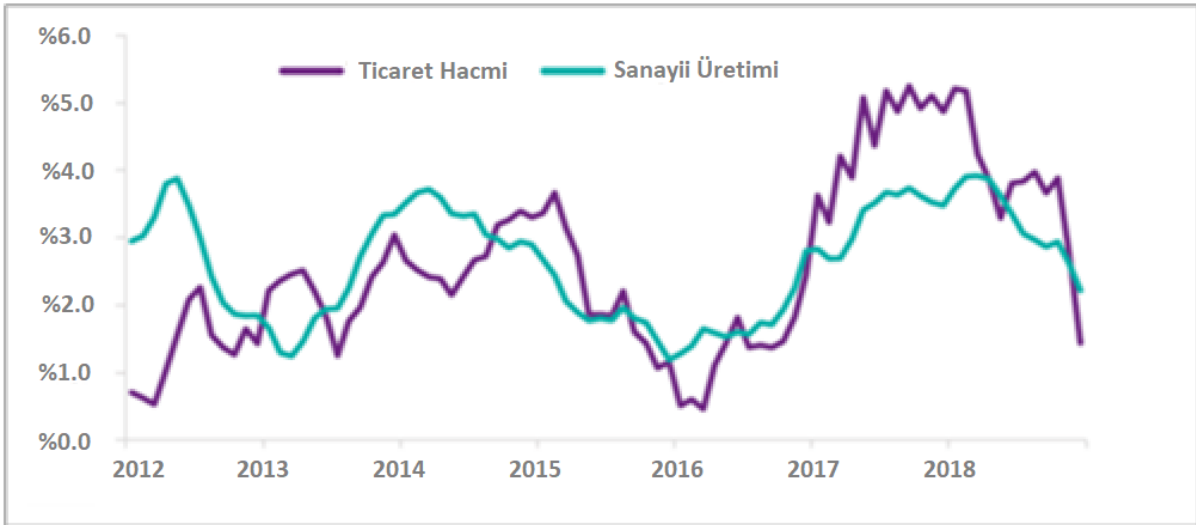
Tülay Akarsoy Altay
Alper Gerçek 25.06.2020

1. GİRİŞ

2009 krizinden sonra 2012 ile başlayan döneme 'yavaş ekonomik iyileşme' denmektedir. Ancak 2016 ve sonrasında küresel ticaretteki genişleme ile birlikte 'dünya imalat sanayiinde' güçlü bir performans sergilendiği görülmektedir. Aynı yıllarda bu yükselmeyi besleyecek biçimde süregelen teknolojik dönüşüm büyük bir fırsat olarak görülmüştür. Yeni teknolojiler ve sanayi üretimindeki verimlilik artışları orta vadede üretim maliyetlerinin hızlı bir şekilde aşağı çekilmesini sağladığından sanayi şirketleri yatırımlarını hızlandırarak üretim kapasitelerini genişletmişlerdir. Ancak dünya imalat sanayi sektörü 2018 yılının ikinci yarısından itibaren yeniden yavaşlamıştır. 2017 yılında %4,7 olan dünya ticaret hacmi büyüme hızı 2018 yılında %3,3'e inerken, sanayi üretimi %3,4'ten %3,1'e yavaşlamıştır. Ticaret hacmi Mart 2019 itibariyle %0,5 oranında ilerleme kaydederken, sanayi üretiminde bu oran %0,8 düzeyinde olmuştur, (Şekil 1.1).

Şekil 1.1 Dünya Reel Ticaret Hacmi ve Sanayi Üretimi, 2012-2018

(3 aylık ortalama % değişimler, önceki üç aya göre)



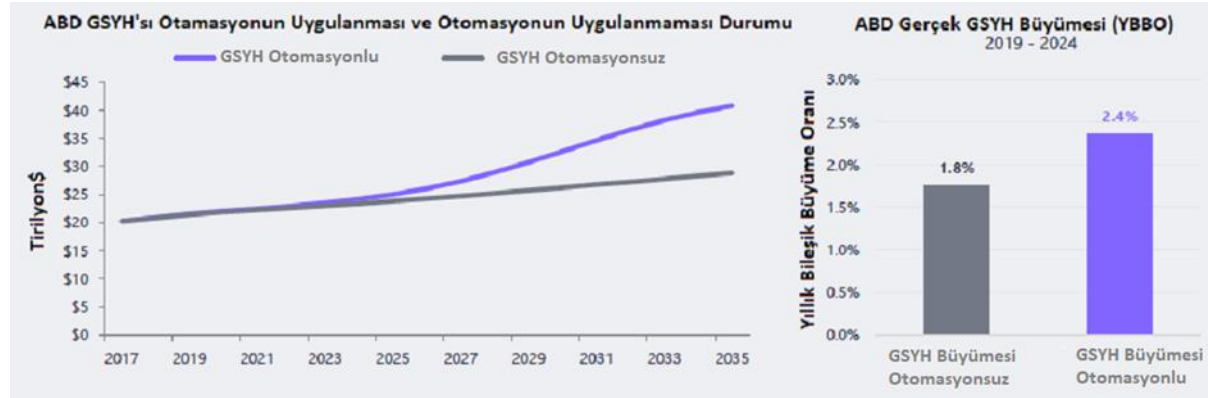
Kaynak: Netherlands Central Planning Bureau-CPB

Otomasyon¹ imalat sektörünün rekabet gücünde kilit rol oynadığı için otomasyondaki yatırımlar da imalat sanayiindeki dalgalanmalara paralel olarak artış göstermiştir.

¹**Otomasyon;** Sanayii robotlarını, servis robotlarını, robot sistemlerini, otomasyon sistemlerini, hatta sinir ağlarının desteklediği otomasyon sistemlerini kapsar. Sanayii robotları imalatla kullanılırken hizmet robotlarının alt kırımları vakum, teslimat, lojistik, hemşire asistanı vb. gibi çeşitlenmektedir. Otomasyon sistemleri restoranlarda veya üretim hatlarında kullanılmaktadır.

Otomasyonun ‘yapılacak işleri’ yok edeceğinden korkulmakla birlikte açıkça görülmektedir ki otomasyon çalışanların verimliliğini artırmakta dolayısı ile hem gayri safi yurtiçi hasılayı (GSYH) hem de ücretlerin artmasını sağlamaktadır. Örneğin otomasyonun 2024 yılına kadar ABD’nin GSYH’nı 800 milyar\$ daha artırması beklenmektedir. 2035 Yılına kadar potansiyel olarak GSYH’nın 12 trilyon\$ daha artışa ulaşacağı öngörülmektedir, (Şekil 1.2). Böylece 2035 yılına gelindiğinde, otomasyon nedeniyle GSYH %1,8 yerine %2,4'lük bir büyüme oranıyla %40 daha yüksek bir artışla 40 trilyon\$ dolara ulaşabilecektir, (Şekil 1.2).

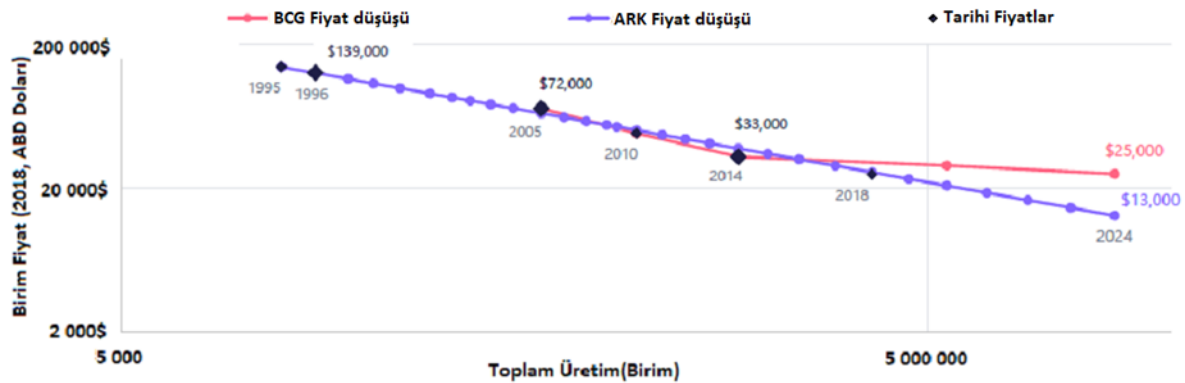
Şekil 1.2



Kaynak: ARK Investment Management LLC, 2019

Ancak robot fiyatlarının zamanla ucuzlayacağı buna karşın 2018'de yaklaşık 420 000 olan robot satışlarının 2024'te 1,6 milyona, yani dört katına çıkması beklenmektedir, (Şekil 1.3).

Şekil 1.3 Sanayi Robotları Fiyatlarındaki Düşüş



Kaynak: ARK Investment Management LLC, 2019; Boston Consulting Group (BCG), 23 Eylül 2015

Wright Yasası'na² göre ARK, önümüzdeki beş yıl içinde Boston Consulting Group (BCG) tarafından yapılan tahminle karşılaştırıldığında sanayii robot maliyetlerinde daha hızlı düşüş olacağını tahmin etmektedir. Bu maliyet düşüşü otomasyonun kullanım oranının artmasına yardımcı olacaktır.

²Ampirik araştırmalar, çok çeşitli ürün ve hizmetler için P1 biriminden başlayarak, Px birim üretmenin birim maliyeti için aşağıdaki matematiksel formu doğrulamıştır:

$$P_x = P_1 x^{\log_2(b)}$$

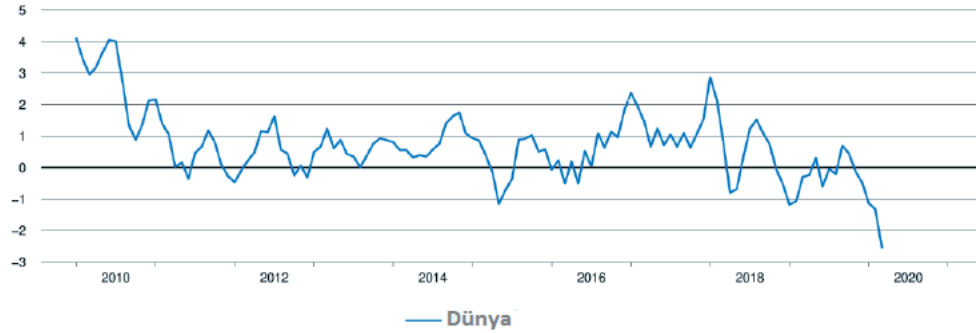
burada 1-b toplam üretimde her iki katına çıkma ile birim maliyetteki oransal düşüşü temsil eder.

Ancak tüm öngörüler 'tahminin doğası gereği' sınırlıdır ve %100 güvenilir değildir. Şekil 4.1'de görüleceği gibi 2019 da sanayi üretimindeki artışın düzleşmesi 2020 Cobit-19 salgını nedeniyle büyük bir düşüş göstermektedir, (Şekil1.4). Bu durumun kısa ve orta vadede otomasyon yatırımları üzerinde de olumsuz etkisi olacaktır. Bu 2021 hatta 2024 yılları beklentilerini de etkileyecektir.

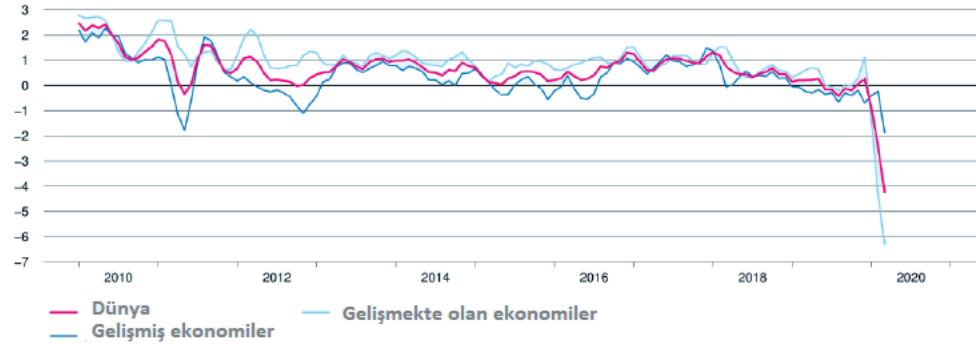
Şekil 1.4 Dünya Reel Ticaret Hacmi ve Sanayi Üretimi, 2010-2020

(3 aylık ortalama % değişimler, önceki üç aya göre)

Dünya Reel Ticaret Hacmi



Dünya Sanayi Üretimi



Kaynak: Netherlands Central Planning Bureau-CPB

2. TANIM VE KAPSAM

Wikipedia'ya göre **otomasyon**; en az insan yardımı ile bir işlem veya yöntemin gerçekleştirildiği teknolojidir. Otomasyon veya otomatik kontrol, makina, fabrikadaki işlemler, kazanlar ve ısıtım işlem fırınları, telefon şebekelerini açma, gemilerin, uçakların ve diğer uygulamaların ve asgari düzeyde araçların yönlendirilmesi ve stabilizasyonu gibi çeşitli ekipmanların çalıştırılması için çeşitli kontrol sistemlerinin kullanılmasıdır veya insan müdahalesinin azalmasıdır.

Türk Dil Kurumu'na göre **robot**; belirli bir işi yerine getirmek için manyetizma ile kendisine çeşitli işler yaptırılabilen otomatik bir araçtır. Uluslararası standart ISO 8373:2012-Robotlar ve robotik aygıtlar sözlüğüne göre robot; amaçlanan görevleri yerine getirmek üzere iki veya daha fazla eksen, bir dereceye kadar özerk, kendi çevresinde hareket edebilen bir tahrik mekanizmasıdır. ISO 8373: 2012-Robotlar ve robotik aygıtlar sözlüğüne göre, **sanayi robotları**; sanayideki otomasyon uygulamalarında kullanılmak için yerine sabit veya hareketli, otomatik

olarak kontrol edilen, yeniden programlanabilir, çok amaçlı, üç veya daha fazla eksenle programlanabilir ve manipüle edici olanlardır.

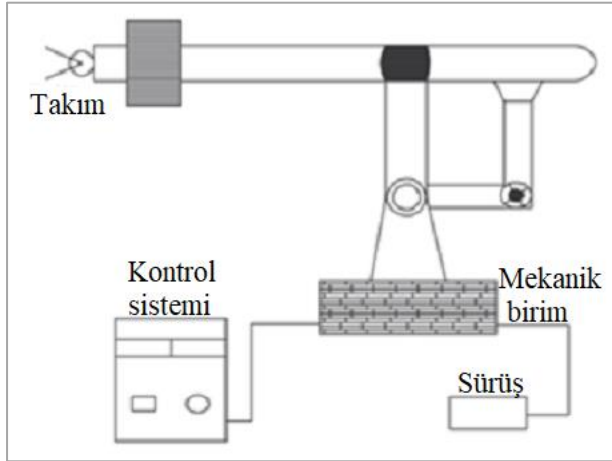
Robotların üç önemli özelliği bulunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde robotlar daha çok özerk olma, daha fazla ve farklı görevleri üstlenerek pazardaki yerlerini sağlamlaştırma imkânına sahip olmaktadır. Robotların sözü edilen özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Robotlar çevrelerini otomatik ve sürekli olarak algılayabilen,
- Veri analizi üzerinden algıladıklarını sürece dönüştürebilen,
- Fiziki fonksiyonları (bir şeyi hareket ettirebilmek, gezinmek) veya fiziki olmayan fonksiyonları (uyarılar, tavsiyeler, kararlar, emirler) yerine getirebilen; yani algılayan, ilişki kuran, hareket eden özelliklere sahiptirler.

Sanayi Robotları dört ana bileşenden oluşur (Şekil 2.1):

- Mekanik Birim; robotun tabanını ve manipülatör kolunu ifade eder.
- Sürüş; robotun hareket etmesini sağlayan gücü sağlar.
- Kontrol Sistemi; robotun hareketlerini ve sekanslarını başlatan, sonlandıran ve koordine eden bir iletişim ve bilgi işleme kısmıdır.
- Takım; uygulama için gerekli işlevleri yerine getirmek için robot tarafından manipüle edilen kısım, robotun eli olarak tanımlanır.

Şekil 2.1 Sanayi Robotları Ana Bileşenleri



Kaynak: IFR, 2017

Uluslararası Robotik Federasyonu (International Federation of Robotics-IFR) tanımlamasına göre³ sanayi robotlarının tipleri aşağıda sıralanmıştır.

- Eklemlili Robot (Articulated Robot): En az üç döner eklemlili (mafsal) kolu olan robot
- Kartezyen Robot (Cartesian Robot): Üç prizmatik eklemlili olan, eksenleri lineer olarak kontrol edilen ve birbirlerine dik açılarla yerleştirilmiş robot

³ https://ifr.org/img/office/Industrial_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf

- Silindirik Robot (Cylindrical robot): Eksenleri silindirik bir koordinat sistemi oluşturan robot
- Küresel Robot (Parallel /Delta Robot): Aynı anda prizmatik veya döner eklemlere sahip kolları olan robot
- SCARA Robot (SCARA Robot): Düzlemde uyum sağlamak için iki paralel döner bağlantıya sahip bir robot
- Diğerleri: Polar Robot (Kutup robotlarının kolu tabana bağlayan bir büküm eklemi ve iki döner eklem ve bağlantıları bağlayan bir lineer eklem kombinasyonu olan robot) vb.

Şekil 2.2 Sanayi Robot Tipleri



Robotik teknolojileri, başta makina, elektronik ve bilgisayar mühendisliği olmak üzere çok sayıda mühendislik ve bilim dalının bir bileşimidir. Bu açıdan disiplinler arası bir alandır. Genel hatları ile robotik teknolojilerinin içerdiği ana teknoloji alanları şu şekilde sıralanabilir:

1. Elektronik- Yazılım
 - 1.1. İşaret İşleme Devre ve Aygıt
 - 1.2. Algılayıcı (Sensör) ve Aktüatörler**
 - 1.3. Hesaplama Bilgi İşlem Devre ve Aygıt
 - 1.4. Seyrüsefer, Güdüm ve Kontrol**
 - 1.5. Modelleme, Simülasyon ve Analiz
2. Mekanik- Mekatronik Sistem
 - 2.1. Mikro-elektromekanik Sistem (MEMS)
 - 2.2. Elektro Mekanik Hareketlendirici** (takım/gripper)
 - 2.3. Minyatür Sistem Tasarım ve Entegrasyon

- 3. Malzeme
 - 3.1. Fotonik ve Opto-elektronik Malzeme
 - 3.2. Kompozit Malzeme
 - 3.3. İleri Polimer ve Plastik Malzeme
 - 3.4. Akıllı Malzeme ve Yapı
 - 3.5. İleri Metal Alaşım

3. TEKNOLOJİ TEMELLİ YENİLİKÇİ EĞİLİMLER

Günümüzde Otomasyon Sektörünü yenilikçilik açısından etkileyen değişimleri üç grup altında toplayabiliriz.

- Yıkıcı teknolojiler (3D baskı, e-mobilite vb.)
- Esnekliğe ve çevikliğe doğru kurumsal dönüşüm
- Değişen müşteri talepleri (hizmet olarak çözümler ve özelleştirme de bu kapsamda değerlendirilmelidir)

Yukarıdaki sınıflandırma bağlamında, sektörün önemli bir özelliği olarak karşımıza çıkan Ar-Ge temelli yenilikçiliğinin bugünkü sonuçları ve yakın gelecekteki sonuçları hakkında aşağıdaki tablo fikir vermektedir. Tablodan da anlaşılacağı gibi bugün öne çıkan yenilikçi karakteristik özellikler yakın gelecekte makina öğrenimine bağlı olarak biçim değiştirecektir.

Bugün;	Yarın;
• Daha akıllı bileşenler, örneğin akıllı tutucular	• Makina öğrenimine bağlı olarak deneme yanılma yoluyla veya video gösterimi ile öğrenme
• Daha fazla bağlantı, örneğin “tak ve çalıştır” arayüzleri ve bulut bilişim	• Kendi kendini optimize etme
• Kullanımın daha kolay olması, örneğin “gösteriye göre programlama-PbD”⁴	• Tüm süreçleri iyileştirmek için diğer makinalarla iletişim kurma gerçekleştirilecektir.
• Yeni iş modelleri, örneğin hizmet olarak robotlar	

1950’lerde başlayan 3.Sanayii Devrimi ile ortaya çıkan otomasyon kavramı ile sanayi robotları uzun yıllardan beridir sanayide kullanılmaktadır. 4.Sanayii Devriminin yaşandığı günümüzde ise artık devrimin simgesi olan sayısal/dijital dönüşümde farkındalık seviyesinden uygulama örneklerinin görülme evresine geçilmektedir. Sayısal/dijital dönüşümün gerçekleştirilmesini

⁴ Bilgisayar bilimlerinde, gösterime göre programlama (programming by demonstration-PbD): Makina komutlarıyla programlamak yerine, bir bilgisayara veya bir robota doğrudan aktarma görevini göstererek yeni davranışlar öğretmek için son kullanıcı geliştirme tekniğidir

sağlayacak bileşenlerinden birisi de akıllı **otomasyon ve robot teknolojileridir**. Sanayii 4.0 yeni bir teknoloji ismi olmayıp bir yaklaşımı ifade etmektedir. Yaklaşımın temelinde başta üretim olmak üzere birçok alanda sayısal teknolojilerden yararlanarak sayısal bir altyapı oluşturulması yatmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi imalat sektöründe siber--fiziksel sistemlerin kullanılması ile yaşanan sayısal dönüşüm sürecidir.

Sanayii devriminin mevcut sürümü, otomasyonun gücünü en iyi performansı sağlamak için süreç kontrolünün ötesine tüm kuruluşa genişletmektedir. Bunun için tesis işletmesinin; işletmelerde gerçek zamanlı işletim verileri, gerektiğinde verilerin güvenli bir şekilde taşınması, bu verileri eyleme geçirilebilir öngörülere dönüştüren sağlam ve ölçeklenebilir yazılım uygulamaları, kararlar almak ve sonuçları artırmak için alan uzmanlığı gibi can alıcı konularla ilgilenmek (bu gereksinimleri karşılamak) önemlidir.

Sayısal/dijital dönüşüm ile gelen robotik teknolojileri ve sanayii otomasyonunu etkileyecek yıkıcı teknolojiler ve eğilimler aşağıda verilmektedir.

Akıllı Üretim ve Akıllı Otomasyon Sistemleri

Sanayii 3.0 ile kullanılmaya başlanan otomasyon sistemleri başta olmak üzere kullanılan sistemlerin IoT (nesnelerin interneti), veri analizi ve yapay zekânın yardımıyla akıllı hale getirilmesi Sanayii 4.0'ın temel hedefleri arasındadır. Şu an için kısıtlı kontrol yapabilen sistemler gelecekte çok daha fazla veriyi toplayan, değerlendiren, analiz eden, gereken durumlarda da karar verip uygulayan sistemlere dönüşecektir. Bu dönüşümdeki amaç, anlık durumlara en hızlı tepkinin verilebilmesini sağlamaktır. Bu bakış açısıyla ortaya çıkan 'Akıllı Üretim' modeli, kendi kendini izleyen üretim süreçlerini ve makineleri, nihai ürünlerin otomatik kalite güvencesini ve üretim sürecinin dışından gelen öngörülere birleştirmeyi hedeflemektedir. Üretime yönelik bu yeni modelde, yapay zekâ destekli bilgisayarlar gerçek dünyada meydana gelen fiziksel süreçleri tespit edip rapor edebilmekte ve bazen 'siber--fiziksel üretim sistemi' olarak da adlandırılan bu sistem gerçek zamanlı insan benzeri kararlar alabilmektedir. Makinalar ve ilgili bütün bileşenlerden toplanan gerçek zamanlı bilgiler kullanılarak arızaların tespiti ve arıza sürelerini önlemek için kestirimci bakım servisi sağlamaktadır. Aynı zamanda uçtan uca değer zincirinde otomatik kararlar, tahminler ve gerçek zamanlı optimizasyonlar yapmak için verilerin kullanılması da bu modelin sundukları arasındadır. Sanayii 4.0 ve ona bağlı akıllı üretim işçilik maliyetlerini düşürmek, ürün kusurlarını azaltmak, planlanmamış arıza sürelerini kısaltmak, geçiş sürelerini iyileştirmek ve üretim hızını arttırmayı, aynı zamanda daha esnek hale getirmeyi hedeflemektedir. Bu kapsamda yeni dönemde tercih edilecek otomasyon sistemleri bu hedefler için gereken çözümleri içerecek akıllı sistemler olmak zorundadır.

Dikey Entegrasyon

Sanayii 4.0'daki dikey entegrasyon, bir işletmedeki tüm mantıksal katmanları birleştirmeyi amaçlamaktadır. Organizasyonlar gittikçe artan bir şekilde, üretim ve iş operasyonlarının bütüncül ve bütünsel bir görünümünü sağlamak kesintisiz bir bağlantı talep etmektedir. Dikey

entegrasyon birden fazla veri akışı sağlar, ancak karar vermez. Başarılı bir dağıtım, kuruluşların değişen pazarlara yanıt vermesini ve yeni fırsatları sorunsuz bir şekilde tespit etmesini sağlamalıdır. Yazılımdaki gelişmeler, bu eğilimi yüksek düzeyde ölçeklendirilebilir, kullanımı kolay, esnek ve uygulaması kolay platformlarla giderme şansına sahiptir. ***İlerleyen dönemlerde otomasyon çözümlerinin dikey entegrasyon bakış açısıyla donatılmış olması, işletmedeki diğer yazılım araçlarıyla (Örnek: Kurumsal Kaynak Planlama -ERP, Akıllı Stok Yönetimi, Müşteri İlişkileri Yönetimi gibi) güçlü entegrasyonlar içermesi beklenecektir.*** Üretim süreçlerinden elde edilen bilgiler doğru bir şekilde diğer süreçlere aktarılması, otomatik raporlama ve analiz işlevleri standart hale gelmek zorundadır.

İmalatta Benzeşim/Simülasyon ve Sayısal/Dijital İkiz

Sayısal ikiz, gerçekte var olan herhangi bir sisteminin sayısal bir kopyası yaratılması diğer bir deyişle simüle edilmesidir. Sayısal ikizler toplanan verileri yapay zekâ, makina öğrenimi ve yazılım analizi ile birleştirilerek neredeyse gerçek zamanlı olarak gerçekte var olan sistemlerle birlikte güncellenerek değişirler. Böylece sayısal ikizler karmaşık makina parçalarını yansıtmak için kullanılabilirler ve söz konusu makinaların belirli senaryolara nasıl tepki vereceğinin tahmin edilmesini sağlarlar. Ayrıca üreticilerin daha hızlı, daha ucuz Ar-Ge döngülerine sahip olmalarına; daha güvenli, daha yüksek kaliteli ürünler yaratmalarına ve sonuçta daha iyi karar vermelerinin kolaylaştırılmasına aracı olurlar. Fiziksel parçalardaki IoT sensörleri ve kontrolleri sayısal benzeşime sinyal göndererek tesis operatörlerinin parçaların durumunu hemen bilmelerini, gücü optimize etmelerini ve bakımın gerekli olup olmadığını anlamalarını sağlarlar. Operatörler ayrıca sayısal ikizleri çeşitli koşulları simüle etmek ve gerçek hayattaki karşılıklarının nasıl etkileyebileceklerini belirlemek için de kullanabilirler. ***Özelleştirme***, sayısal ikizlerin bir başka potansiyel yararadır. Giderek daha fazla müşteri, ürünleri kendi özelliklerine göre özelleştirmeyi ve kişiselleştirmeyi ummaktadır. Ancak geçmişte, müşteri girdisini tasarım sürecine dahil etmek zahmetli, zaman alıcı ve pahalıydı. Sayısal ikizler, ürün tasarımcılarının farklı ürün varyasyonlarını hızlı ve kolay bir şekilde test etmelerine olanak tanıyarak 'gerçek dünyada' nasıl çalışacaklarını görmelerini sağlar. ***Geleceğin sanayi otomasyonu çözümleri sayısal ikiz ve benzeşim kavramlarını içerecek ve bütünsel çözümler sunacaktır.***

İmalatta Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality-AR) ve Sanal Gerçeklik (Virtual Reality-VR)

Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik, üretimde verimliliği büyük ölçüde artırdığı için giderek daha fazla işletme süreçlerine ve ürünlerine dahil etmektedir. Artırılmış Gerçeklik (AG) gerçek dünyadaki görüntülerin diğer bir deyişle algılarımızın bilgisayarlar yardımıyla eklenen ses, görüntü, video verileriyle çoğalmasına anlamına gelmektedir. AG teknolojisini Sanal Gerçeklik (SG) teknolojisinden ayıran fark, sanal gerçekliğin sadece yaratılmış bir görüntü ile, AG'nin ise gerçek bir görüntü üzerinden deneyimlenebilmesidir. AG teknolojisi ile o anda görülen gerçek görüntü üzerine istenilen bilgi yerleştirilmekte, böylece gerçek dünya ile bilgisayar ürünü sanal dünyayı bir araya getirilmektedir. Burada sağlanan avantaj, gerçek dünyadan kopmadan sayısal dünya ile etkileşimin sağlanmasıdır.

AG kullanıcıya, görevi güvenli ve verimli bir şekilde tamamlamalarına yardımcı olmak için sonsuz bir bilgi kaynağına anında erişim sağlar. Sorunu tanımlamak için parçaların 3D (üç boyutlu) kopyalarını görüntüleyebilir, güvenlik uyarıları alabilir ve hatta işe başvurabilecek bir konu uzmanına uzaktan görüntülü görüşmeyi tetikleyebilirler. Tüm bunları, ellerini serbest tutarken, işte daha verimli ve daha güvenli hale getirerek yapabilirler. Artırılmış gerçeklik, üretim ortamlarında kalite güvencesi söz konusu olduğunda benzer kullanımlara sahiptir. Artırılmış ve sanal gerçeklik, uzman yardımını hızlı ve kolay bir şekilde kolaylaştırmak için de kullanılabilir. Birçok üretici operasyonları dağıtmıştır ve denetçilerin ve teknisyenlerin bir makineyi, parçayı veya ürünü incelemek için bu fiziksel yerler arasında seyahat etmeleri gerekir. Karma gerçeklik, bu uzmanların yerinde bir teknisyenin “gözlerine” bakmalarını sağlar; dünyanın her yerinden tavsiye verebilir, sorun giderebilir ve onay sağlayabilir. Böylece üreticiler hem zaman hem de maliyet açısından büyük tasarruf sağlamış olur. **Yeni nesil otomasyon çözümlerinin AG/SG teknolojilerini içeriyor olması kaçınılmazdır.**

Eklemeli Üretim (3 Boyutlu Yazıcılar)

3 Boyutlu baskı ile eş anlamlı olan eklemeli üretim, malzeme katmanlarını önceden tasarlanan bir şekle art arda yerleştirerek istenen nesne biçiminin oluşturulması teknolojisidir. Geleneksel yöntemlerle yapılan imalat ise; katı bir malzeme bloğundan parçaları keserek, tipik bir takım tezgahında yapılan malzeme kaldırma işlemiyle istenen nesne biçiminin elde edilmesidir. **Hibrit üretim ise bu iki yaklaşımın birleşimidir ve giderek artan bir eğilimle kullanılmaya başlamıştır. Eklemeli imalat sahip olduğu teknolojilerle giderek değişik hammaddeleri kullanarak yüksek hassasiyet ölçüsünde ve güvenilir üretim yapmaktır.** Eklemeli üretimin avantajlarından biri, çok daha düşük maliyetlerle özel ürünler oluşturma yeteneğidir. Bir başka önemli faydası da üreticilerin belirli bir tasarıma kilitlenmesinin önlenmesidir. Bir ayarlama yapılması gerekiyorsa, parçayı bu modifikasyonla yeniden yazdırmak kolaydır. Bu nedenle, üretimde kullanımının yaygınlaşacağı böylece bu teknolojiyi içeren veya kullanan otomasyon çözümlerinin tercih edilebileceği ve bunun avantaj sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Güçlü Siber-Güvenlik Çözümleri

Sayısal dönüşüm birbirine bağlantılı ve tamamen sayısal teknolojilerle donanmış sistemleri içerdiğinden güvenli iletişim ve güvenlik büyük önem kazanacaktır. Bilgi ve veri güvenliğinin kritik önem kazanması bu konudaki çözümlerin de güçlenmesini ve sistemlerin kesinlikle bu çözümleri içermesini zorunlu hale getirecektir. İşletmelerde kurulacak sistemlerin ve alt yapıların siber-güvenlik çözümünü içermesi, bu bakış açısına göre analiz edilerek herhangi bir açığının olmadığı kontrolü, işletmeye alındıktan sonrası için de gereken güncellemelerin zamanında yapılması kesinlikle atlanmaması gereken adımlardır. Ayrıca kapalı bir sistemi diğer bir deyişle internetten faydalanılmadığı durumu bir çözüm olarak görmek ve saldırılara karşı önlem alındığını düşünmek yanılgıdan ibaret olacaktır. **Yeni nesil otomasyon sistemlerinin güçlü siber-güvenlik çözümleri içermesi aranan en temel özellik** olacaktır.

Talep Bazlı (On-demand) Servis Verme Yaklaşımı

Bulut bilişim her yerde yaygınlaştıkça, 'Hizmet Olarak Her Şey' (XaaS) iş modelleri de daha popüler hale gelmektedir. XaaS'ın arkasındaki ilke, işletmelerin abonelikler veya kullandıkça öde modelleri aracılığıyla müşterilere geleneksel yazılım lisanslama modellerine göre daha iyi, daha uygun maliyetli çözümler sunabilmeleridir. XaaS geçmişte bulut bilişimden bahsetmiş olsa da 'Hizmet Olarak Ürün' ve 'Hizmet Olarak Üretimden Hizmet Olarak Ulaştırma ve Hizmet Olarak Alışverişi' kadar tüm hizmet tabanlı iş modellerini tanımlamak için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Maliyet etkin olması, güncellemelerin işletmen tarafından yapılması, işletim kolaylığı göz önüne alındığında **XaaS iş modelinde çalışan ve siber- güvenlik çözümleri içeren otomasyon çözümleri ileride tercih sebebi** olacaktır.

Yeni ve Eski Sistemlerin Bütünleşik/Entegre Çalışması

Akıllı üretime geçiş; sıfırdan başlamakta ziyade yeni teknolojileri var olan üretim ortamı ile etkili bir biçimde bütünleştirmek anlamına gelir. Yeni teknolojiler de üretimi son derece bağlantılı, akıllı ve sonuç olarak daha üretken hale dönüştürdükleri için, işletmeler de geliştirmekte olan, gittikçe karmaşıklaşan teknolojilere ayak uydurmak için eski sistemlerini geliştirmenin bir yolunu bulmak eğilimindedirler. Var olan makinaları 'akıllı' makinalarla bütünleştirmek bu eski makinalardan veri toplanmasını sağlamakla başlar. Üreticiler, gerçek zamanlı olarak kapsamlı veri toplayan akıllı sensörler ile mevcut ekipmanları giderek daha fazla güçlendirmektedir. Bu veriler daha sonra performansla sağlam bir görünürlük sağlamak için yürütme, üretim planlama ve ERP çözümlerine aktarılabilir. Önümüzdeki yıllarda, daha fazla firma, firma içi eski sistemlerin çok az özelleştirme gerektiren veri ve kayıt işlevlerine ve daha yüksek düzeyde kontrol ve güvenlik gerektiren bilgilerin depolanmasına yönelik bir **hibrit veri merkezi modelini** benimseyecektir.

Açık Otomasyon

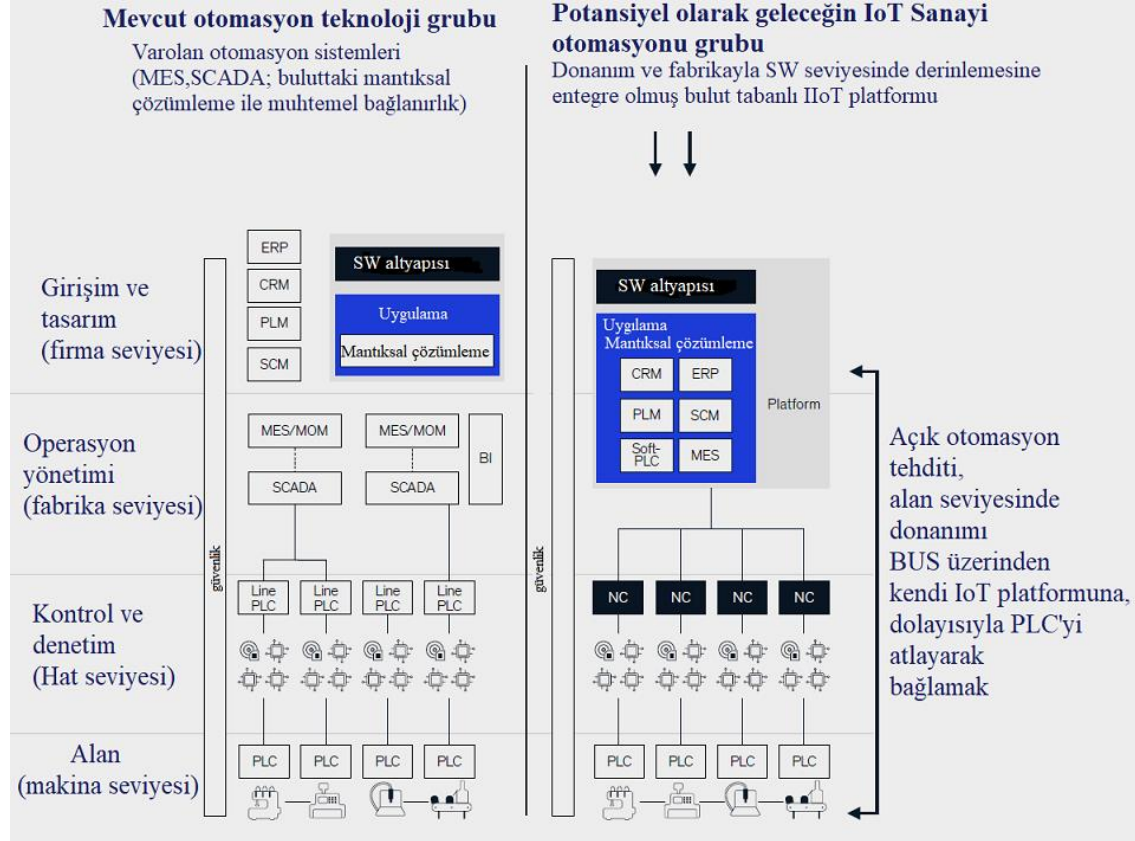
Açık otomasyon, günümüzde imalat otomasyonu için kullanılan programlanabilir mantık denetleyicilerinden (PLC) farklı bir mimariye sahip yeni nesil otomasyon sistemlerini tanımlayan bir terimdir.

Bilişim teknolojileri tarafındaki yeni oyuncular oyun alanına girebilir ve sahadaki cihazları doğrudan (kendi) bir IoT platformuyla BUS⁵ üzerinden bağlamayı hedefleyebilir. Bunu yaparak, ilgili tüm bilgiler doğrudan oluşturulduğu ilgili donanım bileşeninde (örneğin sensörlerde veya aktüatörlerde) toplanır; daha sonra bir BUS sistemi aracılığıyla IoT platformuna iletilir; daha sonra da uzak cihazlar kullanıcı uygulamalarına (veya diğer cihazlara) bağlanır ve donanım ile uygulama katmanları arasındaki tüm etkileşimler yönetilirler. BUS sistemi ayrıca standart cihazları bulut tabanlı uygulamalar ve hizmetlerle birlikte güçlendirir. Saha cihazlarını doğrudan IoT platformuna bağlayarak, otomasyon teknolojisi yığınının gömülü seviyesindeki PLC atlanır. Böylece istihbarat gömülü katmandan/PLC'den saha seviyesine ve özellikle yerel yazılım veya bulut seviyesine dağıtılır. Bu gelişme PLC'nin uzun

⁵ BUS sistemi, bir bilgisayarın içindeki bileşenler arasında veya bilgisayarlar arasında veri aktaran bir iletişim sistemidir.

vadede ilinti düzeyini (ve potansiyel olarak değerini) kaybetmesine yol açacaktır. Bununla birlikte, başka bir kavram veya felsefe, tüm verilerin gömülü yazılım seviyesinden yani PLC'den geçeceğini, böylece makina kontrol sağlayıcılarının var olan güçlü konumunu daha da güçlendireceğini öngörmektedir. Yani PLC'ler için bir tehdit varlığından söz edilebilir (Şekil 3.3).

Şekil 3.3 Mevcut ve Açık Otomasyon Karşılaştırması



Kaynak: McKinsey, Changing Market Dynamics 2019

5G Teknolojisi

Yeni 5G ağları akıllı üretim için büyük bir destek olacak ve işletmelerin çok miktarda gerçek zamanlı verileri hızlı bir şekilde ve neredeyse her yerden işleme yeteneğini hızlandıracaktır. Üreticiler giderek artan şekilde hizmet tabanlı iş modellerini benimsediğinden, her yerde yüksek hızlı internete sahip olma yeteneği iş başarısı için kritik önem taşımaktadır. 5G saha servis temsilcilerine sadece bilgiye hızlı erişim sağlamakla kalmaz, **aynı zamanda IoT sensörleri ve cihazlarının ağa güvenli bir şekilde bağlı kalmasını da** sağlar. Akıllı bir fabrikada bulunan binlerce cihaz ve sensör tarafından üretilen büyük miktarda verinin işlenmesi, yıldırım hızında bir Sanayii kablosuz ağ gerektirir. 2020 yılında dünya çapında piyasaya sürülmesi beklenen 5G teknolojisi, akıllı üretimin başarısı için kritik öneme sahip olacaktır.

Sınır/Uç Noktada Bağlantı Özelliği (Edge Computing)

Bulut bilişimin üreticilerin iş yapma biçiminde devrim yarattığı bir gerçek olmakla birlikte, bulut bilişim gecikme, bant genişliği ve çevrimdışı erişim eksikliği gibi sınırlamaları da içermektedir. Bu sınırlamaları çözmek için, birçok üretici uçta hesaplama yöntemine yönelmektedir. “Edge computing” üreticilerin buluta bağlı şirket içi altyapı ile uygulamaları çalıştırmasına ve veri depolamasına olanak tanımaktadır. “Edge” teknolojisini kullanmak ağ üzerinden gönderilmesi gereken veri miktarını azaltır, kararları hızlandırır ve yanıt süresini yalnızca milisaniyelere indirir ve bilgi işlem maliyetlerini azaltır. Ayrıca üretim kesintileri riskini en aza indirir.

İleride, bulut teknolojisi farklı kaynaklardan alınan büyük hacimli verilerin analiz edilmesinin gerekli olduğu ve işlemlerin sürekliliğinin veya gizliliğinin önemli olduğu durumlarda kullanılırken sınır veya uç hesaplamalardan yararlanan hibrit çözümler benimsenecektir. Edge Computing özellikle konum açısından dağınık kullanıcı kitlesine sahip olan şirketler için oldukça önemlidir. ***Yeni nesil otomasyon çözümleri kendi altyapılarını oluştururken edge computing özelliğinin göz ardı edilmemesi faydalı olacaktır.***

Dağıtılmış Üretim Süreci

Bugün hammaddelerin ürünlere dönüşümü (yarı mamul, ara ürün gibi), birkaç farklı çözüm sağlayıcının ve üreticinin olduğu dağıtılmış bir üretim süreci olarak işletilmektedir. Gelecekte üretim sürecinin dağılımının genişlemeye devam edeceği öngörülmektedir. Avrupalı şirketler, Avrupa'ya kıyasla pazarın yakınlığı, düşük hammadde maliyeti ve düşük istihdam maliyetleri nedeniyle başta gelişmekte olan ülkelerde yeni üretim birimleri inşa etmektedir. Aynı zamanda, tüm üretim süreci daha fazla dağıtıldığı için yönetim (örneğin, üretim planlaması ve süreç kontrolü dahil), üretim birimleri veya üretim birimleri setleri arasındaki bağlantılardan ziyade bireysel (tek bir yerden işletilen) üretim varlıklarına odaklanmaktadır.

Küresel olarak dağıtılmış bir üretim sürecini giderek daha değişken olan talepler ile birleştirmek, yüksek bir ‘Toplam Ekipman Etkinliği (Overall Equipment Effectiveness-OEE)’ sağlamak için ***üretim işletmelerinin çevikliğine ve üretim birimleri kümelerinin düzenlenmesine*** ilişkin yeni gereksinimler gerektirecektir. Bu yapıyı yönetebilen ***sanayi süreçleri otomasyonu*** gelecekteki söz konusu gelişmelerde önemli bir rol oynayacaktır.

Yeşil Üretim

Tüketiciler ve hükümetler şirketleri üretim yaparken yarattıkları çevresel etkiden sorumlu tutmaktadırlar. Yeşil iş uygulamaları giderek yaygınlaşmakta, daha fazla üretici çevreye duyarlı olma yolunda somut adımlar atmaktadır. Üreticiler, enerji tasarruflu ısıtma ve soğutma sistemlerinin kurulması ve aydınlatma gibi adımlarla genel enerji tüketimini azaltmak için tesislerini ve üretim süreçlerini optimize etmeye gayret ederken üretim esnasında oluşan atık, sera gazı ve diğer kirlilik miktarını azaltmaya çalışmaktadır. Üreticiler, çalışmalarına güç vermek ve mümkün olduğunda geri dönüştürülmüş, geri dönüştürülebilir ve tekrar

kullanılabilir malzemeler kullanmak için rüzgâr ve güneş gibi alternatif enerji kaynaklarına giderek daha fazla yatırım yapmaktadır.

Birçok şirket, çevresel etkileri değerlendirmek için ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmelerini de yapmaktadır. Bu, ambalaj tasarımından atığı azaltmaya, ürün tasarımından zararlı malzemeleri azaltmaya ve geri dönüştürülebilirliği geliştirmeye kadar her şeyi ve depolama ve malzeme yönetimi taleplerini azaltarak üretimi daha verimli ve çevre dostu hale getirmek için yalın üretim uygulamalarının kullanımını içermektedir.

Otonom Araçlar

Otonom araçlar, ulaşım araçlarının ve çevresel sensörler, bağlam farkındalığı ve yapay zekâ kullanarak otonom karar verme gibi robotik yeteneklerden kaynaklanan yeni bir alandır. Kendi kendini süren bu araçlar, çevrelerini tanıma, kontrolsüz bir ortamda gezinme ve çevresine zarar vermeme yeteneklerine sahiptir. Üretimden lojistiğe kadar birçok alanda değişik amaçlar için kullanılmaktadır.

Yapay Zekâ (AI) ile Güçlendirilmiş Robotik Çözümler

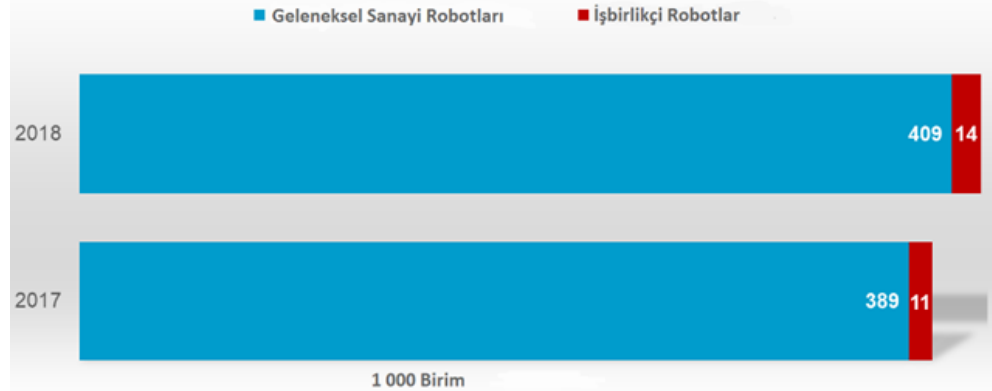
Yapay zekâ teknolojisi robotik sistemlerin ortamın ve makinaların sınırlamalarına uygun süreçlere göre tasarlanması yerine, çalışma ortamlarına uyum sağlama özelliğine sahip olmasına yardımcı olacaktır. Gelişmiş sensör teknolojisine sahip daha fazla bağlantılı sistemle AI, verilerdeki arızalar ve diğer mekanik sorunlarla ilişkili desenleri tanımlayabilir. Bu veriler, yapay zekanın bir robotun yakında bakıma ihtiyacı olduğunu gösteren kalıpları tespit edebileceği öngörücü uygulamaları yönlendirecektir. Mühendisleri bir makineyi parçalamadan önce onarmaya yönelik gerekli adımları atmaları için otomatik olarak uyarabilir ve böylece şirketlerin maliyetli çalışma sürelerini azaltabilir. Bu verilerin yapay zekâ destekli analizi, işletmelerin kaliteyi artırmak ve israfı azaltmak için süreçlerini optimize etmelerine yardımcı olabilir.

İnsan-Robot İş-birliği ve İşbirliğine Dayalı Robotlar (Cobots)

Sensörler ve görüntü teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, robotların ortamlarındaki değişikliklere gerçek zamanlı olarak yanıt verebilmesi özelliğini giderek güçlendirmektedir. Böylece robotların işçilerin yanında güvenli bir şekilde çalışabilmesi, bir insanın karşısına çıkması durumunda gücü otomatik olarak azaltabilmesi veya durdurabilmesi sağlanmış olacaktır. Böyle bir çalışma insan-robot iş birliği olarak adlandırılmakta olup bu özelliğe sahip robotlar da iş-birliğine dayalı robotlar olarak tanımlanmaktadır. İş-birliği uygulamaları arasında montaj, CNC makina eğilimi, boyama, yapıştırma, kaynak, plastik enjeksiyon ve şişirme, vidalı sürüş, metal damgalama ve pres eğilimi, birlikte paketleme, etiketleme, toplama ve yerleştirme ve parlatma bulunmaktadır. Günümüzde yapılan akademik araştırmalar insanların ses, jest, mimik ve hareketinden niyetinin tanınması ve hatta beyinden gelen sinyallerin yorumlanması gibi robotlarla etkileşime girme yöntemlerini genişletmeye odaklanmaktadır.

İnsan-robot iş birliği her büyüklükteki şirket için potansiyele sahiptir. Özellikle küçük, değişken üretimin otomasyonunu ekonomik olarak uygulanabilir kılarlar. Kişiselleştirme ihtiyacına yanıt veren büyük üreticiler ve küresel olarak üreticilerin büyük çoğunluğunu oluşturan KOBİ'ler için önemlidir. Çoğu üretici için iş birliğine dayalı operasyonlar, çok daha yüksek hızlarda çalışan ve bu nedenle dar ürün marjlarına yanıt olarak verimliliği artırmak için önemli olan geleneksel Sanayii robotlarına yapılan yatırımları tamamlayacağı düşünülmektedir.

Şekil 3.4 Geleneksel Sanayi ve İşbirlikçi Robotların Kurulum Sayıları, 2017 ve 2018



Kaynak: IFR, 2019

Şekil 3.4'ten de görüleceği gibi kurulum miktarları dikkate alındığında işbirlikçi robotlar halen niş bir alan olmaya devam etmektedirler.

Akıllı Tutucular/Takımlar (Smart Grippers)

Uç efektörleri⁶ sensör ve görüntü teknolojilerindeki gelişmeler nedeniyle daha duyarlı hale gelmektedir. Bunlar, kavrayıcıların malzemeleri tanımasına ve önündeki bileşeni veya malzeme parçasını manipüle etmek için doğru güç seviyesini uygulamasına olanak tanır. Sensörlerin ve görüş teknolojilerinin kombinasyonu aynı zamanda insan varlığını algılayabilmeleri ve ayarlayabilmeleri ile bir işçi ile yeni bir malzeme parçası arasında ayırım yapabilmeleri ve bir işçi elinin bir bileşenin bulunduğu yerde görünmesi durumunda kuvveti ve hızı ayarlayabilmeleri veya tamamen durmaları anlamına gelir.

Bütünleşme/Entegrasyon-Tak ve Çalıştır Kolaylığı

Robot ve uç efektör üreticileri, robot içinde ve üretim sistemleri arasında uyumluluk sağlama konusunda adımlar atmaktadır. Örneğin çoğu uç efektörünün robot kontrolörlerine ayrı ayrı bağlanması gerekmez, ancak kontrolörün otomatik olarak bağlanmasını sağlayan kendini tanımlayan yazılım içerir. Robotlar ayrıca takım tezgahlarına giderek daha fazla entegre olmaktadır, diğer bir deyişle bütün programlama modifikasyonları tek bir operatör kontrol ünitesinde yapılmaktadır. Böylelikle robotları üretim sistemlerine bağlamak giderek daha kolay hale gelmekte ve süreç optimizasyonu için geniş avantajlar sağlanmaktadır.

⁶Efektör: Robotik bir kolun ucundaki çevre ile etkileşime geçmek için tasarlanmış bir cihaz

Programlama Kolaylığı

Robot üreticileri, özellikle kısa üretim çalışmaları ve çoklu görevler için tasarlanmış iş birliğine dayalı uygulamalar ve mobil robotlar konusunda robotların programlanmasını kolaylaştırmaya odaklanmaktadır. Programlama ara-yüzlerin giderek daha sezgisel hale gelmesiyle programlama bilgisi olmayan bir işçi doğal bir dil ara yüzü aracılığıyla gerçekleştirilecek eylemleri seçebilmekte ve robotu yeni görevi için ayarlayabilmektedir. Robot üreticileri, müşterinin özel parametrelerine kolayca uyarlanabilen, önceden programlanmış uygulamalar sunmaktadır. Ayrıca ses yoluyla, video gösterilerinden makina öğrenmesiyle ve deneme-yanılma öğrenimi ile robot programlanabilmesine olanak sağlayacak çözümler üzerinde çalışılmaktadır.

Kendi Kendine Optimizasyon

Kendi kendine optimize etme özelliğine sahip robotlar, gerçek zamanlı koşullara uyum sağlamak için parametrelerini ayarlayabilir, böylece hata riskini azaltır ve üreticilerin süreç kalitesini iyileştirmesini sağlar. Sensörler ve görüntü sistemleri, robotun bir parçanın hizalanmadığını fark etmesini sağlar. Robot sensörlerinden gelen veriler gerçek zamanlı olarak analiz edilebilir ve program performansı optimize etmek için ayarlanabilir. Bir programı daha da optimize etmek için birden fazla robotun verileri analiz edilebilir. Robot, üretim sürecinde diğer makinalarla sayısal olarak bağlıysa, tüm süreç optimize edilebilir. Bu gelişmeler, yüksek kalite standartlarında ince marjlarla çalışan üreticiler için önemli maliyet verimliliği vaadinde bulunmaktadır. Belirtildiği gibi, çoğu imalat organizasyonundaki sayısal bağlantı seviyesi, robotların veya tüm süreçlerin kendi kendine optimizasyonunu sağlamak için hala çok düşüktür. Kendini optimize eden robotların uygulanabilirlik ölçeğine ulaşılması için çalışmalar devam etmektedir.

Söz konusu tüm eğilimlere yanıt verebilmek Ar-Ge ve yenilik yatırımları ve teknolojiideki ilgili gelişmelerin adaptasyonuyla mümkün olabilmektedir. Gelişmelere uyum sağlamak için her seviyedeki kuruluşun Ar-Ge ve yenileşim süreçlerine daha fazla kaynak ayırması gerekmektedir.

4. DÜNYA 'SANAYİ OTOMASYONU VE ROBOTİK' SEKTÖRÜ

4.1. ÜLKELER BAZINDA ROBOT KURULUMLARI

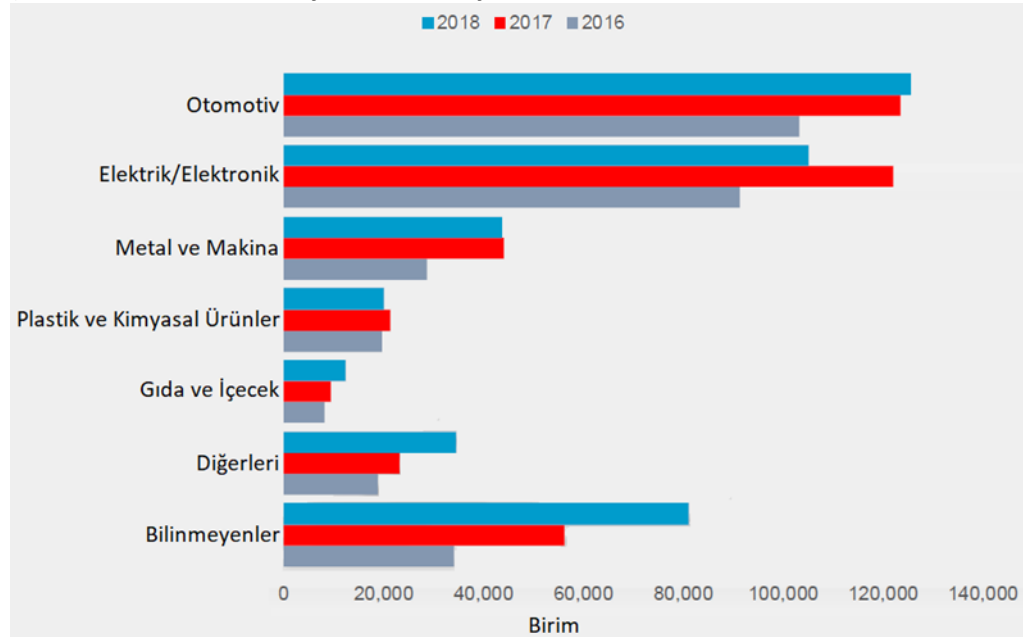
2018 itibarıyla yılda 400 000'den fazla robotun kurulumu gerçekleştirilmiştir.

2018'de Küresel çapta, %6 artarak 421 870 birim robot kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bunun parasal değerinin 16,5 milyar ABD dolarının üstünde olduğu; aktif görevde olan robot sayısının yaklaşık 2,5 milyon birim olduğu hesaplanmaktadır. En fazla robot kullanan otomotiv ve elektrik/elektronik sanayilerinin güçlükler yaşadığı ve iki ana oyuncu olan ABD ve Çin'in bir ticaret savaşı yaşamakta olduğu ve bu durumun küresel ekonomide istikrarsızlık doğurduğu göz önünde tutulduğunda, bu sayılar son derece sürpriz sayılmalıdır. Her şeye rağmen, otomotiv sanayisindeki kurulum miktarı toplam kurulumun %30'unu karşılamaktadır.

Diğer sanayilerde ise dağılım; toplam kurulumun %25'i elektrik/elektronik sanayi, %10'u metal ve makina sanayi, %5'i plastik ve kimya sanayi, %3'ü gıda ve içecek sanayisindedir (Şekil 4.1). Robot kurulumunun %19'unun nerede olduğu hakkında bilgi yoktur. Sonuç olarak geçen yıla göre artış %5'ten daha fazladır.

Otomasyondaki ve sanayi robotlarındaki teknik iyileştirmeler ve yeniliklerle uyumlu olarak sanayi robotlarına olan talep 2010'dan beri hatırı sayılır ölçüde artmaktadır. 2013 yılından 2018 yılına kadar yıllık kurulumdaki ortalama artış, YBBO (CAGR) %19'dur.

Şekil 4.1 Sektörler itibariyle Yıllık Sanayi Robotu Kurulumu, 2016-2018



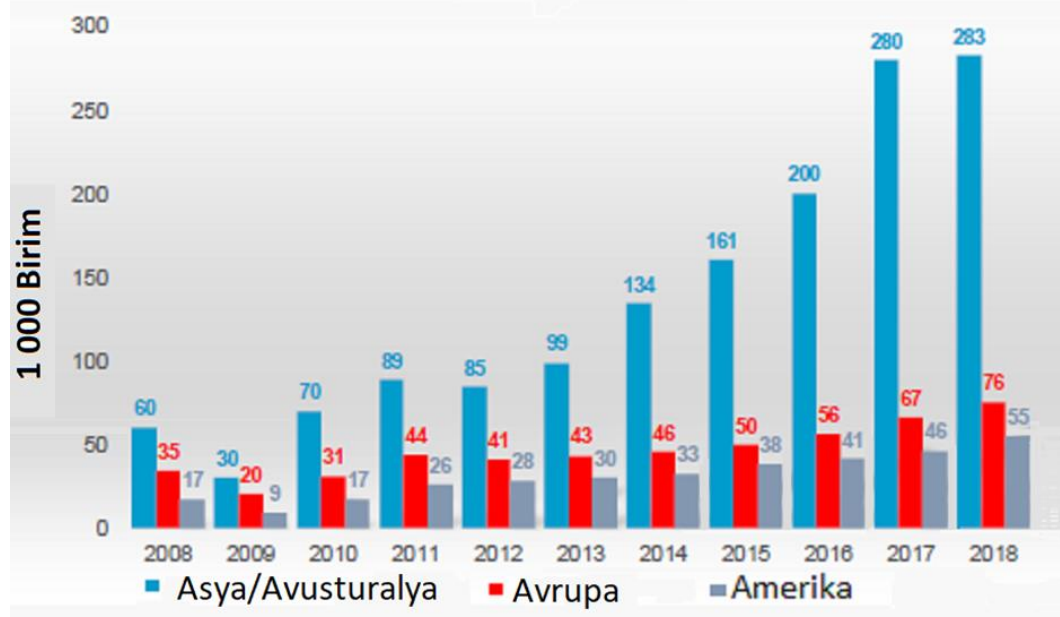
Kaynak: WR 2019, Industrial Robots

2005- 2008 arasında yıllık ortalama robot satışı yaklaşık 115 000 birim olarak gerçekleşmiştir. 2008'deki küresel ekonomik ve finansal kriz robot kurulumunu etkilemiş, 2009'da satış rakamları 60 000 birime kadar düşmüştür. Yanı sıra yatırımlar da söz konusu krizden etkilenmiştir. 2010'da yatırım miktarı artarak robot kurulumu 120 000 birime, 2015'te de iki katına çıkarak hemen hemen 254 000 birime yükselmiş, 2016'da 300 000 rakamı geçilirken 2017'de 400 000 birime yaklaşmış ve satış rakamları %5,5 artış ile 2018'de 421 870 olarak gerçekleşmiştir.

Asya durgunlaştıkça Avrupa ve Amerika güçlü bir şekilde büyüyor.

2018'de dikkate değer ölçüde azalmakla birlikte, Asya dünyanın en büyük sanayi robotu pazarıdır. 2018'de bir önceki yıla göre ancak %1 artışla 283 080 birim kurulum gerçekleşmiştir ki bu sayı hala son 6 yılın en yüksek kurulum sayısıdır. 2018'de dünyada kurulumu gerçekleşen her 3 robotun 2'si Asya'da olmuştur. 2013- 2018 arasında bu coğrafyada robot kurulumu yılda ortalama %23 (YBBO/CAGR) artmıştır. 2018 de Asya'nın üç büyük pazarından Çin'de %1 düşüşle 154 032 birim, Güney Kore'de %5 düşüşle 37 807 birim, Japonya'da ise %21 artışla 55 240 birim robot kurulumu gerçekleşmiştir.

Şekil 4.2 Kıtalarda Sanayi Robotlarının Yıllık Kurulum Sayı Dağılımı 2008-2018, Birim

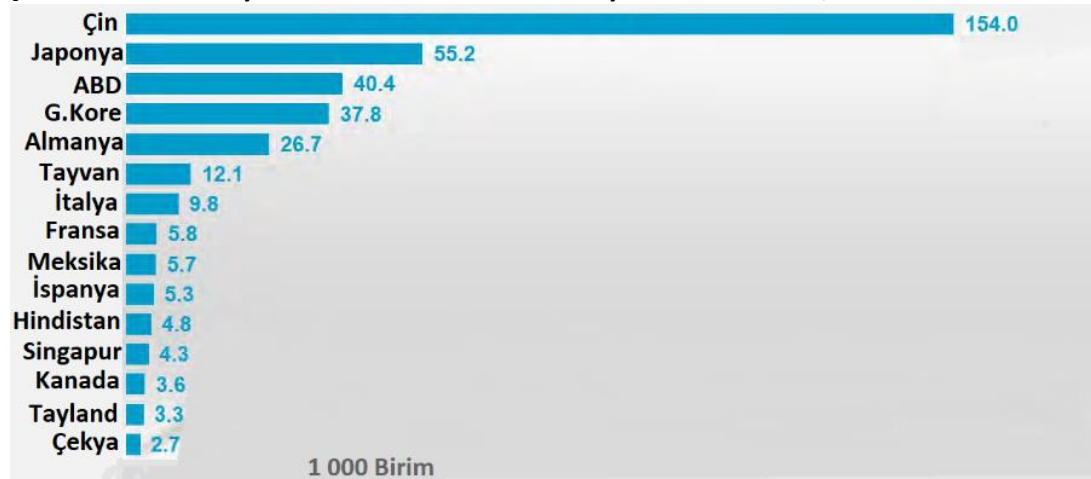


Kaynak: WR 2019, Industrial Robots

İkinci büyük pazar olan Avrupa’da robot kurulumu %14 artışla 75 560 birime ulaşmıştır ki bu altı yıldır arka arkaya gelen yeni bir zirve olmuştur. 2013 – 2018 arası yıllık ortalama büyüme hızı, YBBO (CAGR) %12’dir. Amerika’da 2018’de %20’den fazla artışla 55 212 robot kurulumu gerçekleşmiştir ki bu da Asya ve Avrupa’daki gibi son altı yılın zirvesidir, 2013 – 2018 arası yıllık ortalama büyüme hızı, YBBO (CAGR) %13’tür.

Küresel robot kurulumunun %74’ü Avustralya ve Yeni Zelanda dahil 5 ülkede gerçekleşiyor.

Şekil 4.3 Yıllık Sanayi Robotu Kurulumunda En büyük 15 Pazar Ülke, 2018



Kaynak: World Robotics 2019

Dünyanın ilk beş büyük robot pazarı olan ülkesi sırasıyla; Çin, Japonya, ABD, G.Kore ve Almanya’dır. Bu ülkelerde robot kurulumu dünya toplamının %74’üdür.

- Çin 2013’ten bu yana en büyük sanayi robotu pazarıdır. Hem 2017 hem de 2018’de toplam robot kurulumunun %36’sı burada gerçekleşmiştir. 2017’de kurulumu

gerçekleştirilen robot sayısı 156 176 birim, 2018’de %1 azalarak 154 032 birim robot kurulumu gerçekleştirilmiştir. Yine de söz konusu rakam 130 772 birim olan Avrupa ve ABD toplamından daha yüksektir. Nihayetinde, Çin hem büyük bir robotik alıcısı hem de mevcut firmalar için yükselen bir rakip olacaktır. Bu da Sanayii için gerçek bir x faktörü demektir.

- Japonya’da robot kurulumu 2018’de %21 artışla 55 240 birime ulaşmıştır. 2013’ten bu yana sanayii üretiminde otomasyon düzeyi yılda ortalama %17 artmıştır.
- ABD’de robot kurulumu 8 yıldır %22 artış göstererek 40 373 birime ulaşmıştır. Bu sayı G. Kore’den sonra üçüncü artış düzeyine işaret etmektedir.
- G. Kore’de yıllık robot kurulumu 2016’da 41 373 birimle tepe noktaya ulaşmıştır. Ancak 2018’de 37 807 birimle %5 azalma eğilimi göstermiştir. Bu ülke için kurulum rakamları, 2018’de zor bir yıl geçiren elektronik sanayisine büyük ölçüde bağlıdır. Bununla birlikte, kurulumlar 2013’ten bu yana yılda ortalama %12 artmıştır.
- Beşinci büyük pazar olan Almanya’da 2018 yılında robot kurulumu %26 artarak 26 723 birime çıkmıştır. Bu artış esasen otomotiv sanayisinde gerçekleşmiştir.

4.2. SEKTÖR BAZINDA ROBOT KURULUMLARI

Otomotiv Sanayisinde istikrarlı robot kurulumları

Dünya otomotiv sektörü sanayi robotu kullanımında %30 ile başı çekmektedir. 2017’de %21 artışla 123 439 robot kurulumu, 2018’de %2 artışla 125 581 robot kurulumu gerçekleşmiştir. 2013-2018 arasında yıllık ortalama (YBBO/CAGR) robot kurulumu %13 düzeyinde olmuştur. 2008/2009 ekonomik krizinin ardından araç üreticileri işlerini yeniden yapılandırdılar. 2010 yılından bu yana, gelişmekte olan pazarlarda yeni üretim kapasitelerine yapılan yatırımlar ve büyük otomobil üreticisi ülkelerde üretim modernizasyonuna yapılan yatırımlar, robotlara olan talebi artırmıştır. Yeni malzeme kullanmak, enerji tasarruflu tahrik sistemleri geliştirmek ve tüm ana otomobil pazarlarında yüksek rekabet, mevcut kapasitelere rağmen yatırım talebini artırdı. Otomotiv parça tedarikçileri 2009’dan sonraki bu yeniden yapılanmadan şiddetle etkilendiler. Motorlu araç tedarikçileri yeni yatırım planlarının uygulanmasını müteakip kendi yollarını bulmaya çalıştılar. Dolayısıyla otomotiv parça üreticilerine yeni robot teslimatları biraz geriden geldi ve ancak 2011’de hız kazandı.

Elektrik/elektronik Sanayisindeki (bilgisayar ve ekipmanları, radyo TV ve iletişim cihazları, tıbbi ekipmanlar, hassas elektronik ve optik cihazlar dahil) robot kurulumu 2013’ten bu yana her yıl ortalama %24 artarak 2017’de %31 düzeyine ulaşmıştır. Buna göre en önemli robot kullanıcısı olarak otomotiv sektörünü geçmesi bekleniyordu. Ancak 2018’de elektronik cihazlarla elemanlarına olan küresel talep dikkate değer ölçüde düştü. Bu Sanayii, Asya ülkelerinin elektronik araç gereç üretiminde lider olması nedeniyle, ABD ile Çin arasındaki ticaret krizinden olumsuz olarak en fazla etkilenen Sanayii oldu. Robot kurulumu bu sektörde 2017’de 121 955 birimden %14 düşüşle 2018’de 105 153 birime geriledi.

İmalatta otomasyon giderek artıyor.

2018’de İmalat sanayilerindeki robot yoğunluğu 10 bin işçi başına 99 birimdir. Bu değer sadece çalışan vaziyette robotlara sahip ülkeleri kapsamaktadır. Ancak düşük robot yoğunluğuna sahip ülkeleri sistematik olarak dışladığı için söz konusu 99 rakamı gerçeğin üstünde bir rakamdır. Aynı durum aşağıda verilen değerler için de geçerlidir.

En yüksek sanayi robotu yoğunluğu Avrupa’da olup 114 birimdir. Amerika’da bu oran 99, Asya-Avustralya’da 91’dir. Son yıllardaki yoğun yatırımlar nedeniyle Asya’da robot yoğunluğunun gelişme hızı ötekilere göre en yüksek düzeyde olup Amerika’yı yakalamak üzeredir. 2013 ile 2018 arasında Asya’da robot yoğunluğunun gelişme hızı %16 olurken, bu hız Amerika’da %9, Avrupa’da %6 olmuştur.

Dünya pazarında sanayi robotunun kurulum artışının 2018-2019 yılları arasında %10, 2020-2021 yılları ve 2021-2022 yılları arasında %12 artışla 2022 yılında yaklaşık 600 bin birime ulaşması öngörülmektedir, Bkz. Şekil 4.4.

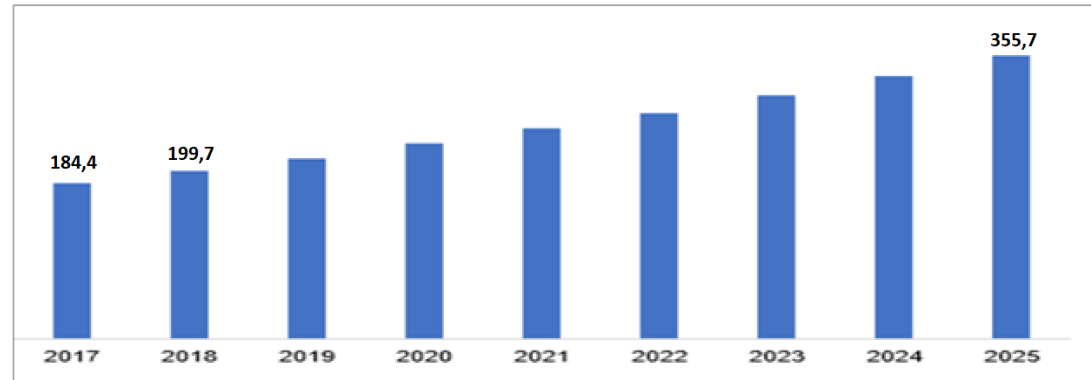
Şekil 4.4 Yıllık Küresel Sanayi Robotu Kurulumu 2013-2018 ve Öngörüsü 2019-2022, Birim



Kaynak: IFR, 2019

4.3. KÜRESEL SANAYİ OTOMASYONU PAZARI

Şekil 4.5 Küresel Sanayii Otomasyon Pazar Öngörüsü, Milyar ABD Doları



Kaynak: Veracious Statistics Research

Sanayi otomasyonu sanayi robotları ve otomasyon sistemlerini kapsamaktadır. Veracious Statistics Research'e göre küresel sanayi otomasyonu pazar büyüklüğünün %7,7-%13 CAGR aralığında **2025'te 355,7 milyar ABD Doları'na** ulaşması beklenmektedir.⁷ Mart 2020'de yayınlanan Data Bridge Pazar Araştırma Raporuna göre ise Küresel Sanayi Otomasyonu pazarının 2020-2027 döneminde %9,6 oranında pazar büyümesi ile **2027 yılına kadar 442,5 milyar ABD dolarına** ulaşması beklenmektedir.⁸

Küresel Sanayi otomasyonu pazar büyüklüğü, bileşen (komponent) ve yazılım olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Bileşenler kendi içerisinde; Kontrol Sistemleri, Enstrümantasyon, Sensörler ve diğerleri olarak ayrılırlar. Otomasyon pazar büyüklüğünde öne çıkan **bileşenler bölümüdür**. Dağıtılmış Kontrol Sistemi (Distributed Control System - DCS), Güvenlik Enstrümanlı Sistem (Safety Instrumented System - SIS), Üretim Yürütme Sistemi (Manufacturing Execution System - MES), Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama sistemi (Supervisory Control and Data Acquisition System - SCADA), İnsan Makina Arayüzü (Human Machine Interface - HMI) ve Programlanabilir Mantık Denetleyicileri (Programmable Logic Controller - PLC) sanayi otomasyonu uygulamaları için kullanılan ana otomasyon teknolojilerinden öne çıkanlardır.

Otomobillere yönelik artan talep, küresel Sanayi otomasyonu pazarını önemli ölçüde yönlendirmektedir. Uygulama veya kullanım alanı olarak otomotiv sektörü için 2017 yılında 74,2 milyar ABD doların üzerinde olan otomasyon pazar büyüklüğünün %8,2'den fazla bir CAGR ile 2025 yılına kadar 138,6 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir.

Yiyecek ve içecek sektörü için 2017 yılında 24,1 milyar ABD dolarının üzerinde olan küresel otomasyon pazarının 2025 yılına kadar 46,6 milyar ABD dolarını aşacağı tahmin edilmektedir.

Şekil 4.6 Sanayi Otomasyonu Oyuncuları⁹

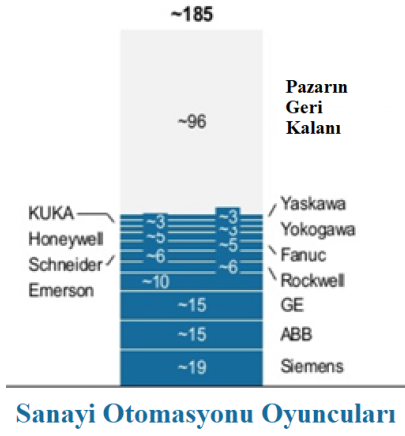
Otomasyon firmalarının yaklaşık beşte ikisi sürekli (proses) üretim sanayisine, beşte üçü de kesikli üretim sanayisine yönelik çalışmaktadırlar¹⁰. Ancak sürekli üretim sanayilerine hizmet

⁷ <https://www.veraciousstatisticsresearch.com/research-study/factory-automation-market/>

⁸ <https://www.openpr.com/news/1960939/factory-automation-market-prognosticated-for-a-stunning-growth>

⁹ Roland Berger Industrial Automation Perspective, 2019

¹⁰ Otomasyonun kullanıldığı sanayileri "kesikli" (discrete) ve "sürekli" (process) şeklinde iki ana gruba ayırmak mümkündür. Kesikli üretim yapan sanayiler makina, otomotiv, beyaz eşya ve ambalaj sanayileri ve benzerleridir. Buna karşın kâğıt-selüloz, petro-kimya, kimya, elektrik enerji üretimi, su-atık su, çimento, cam, tekstil, ilaç, maden-mineral, yiyecek-içecek sanayileri sürekli üretim yapan sanayiler kategorisinde yer almaktadır. Burada yığın (batch) tipi üretim yapan sanayiler de sürekli üretim yapan sanayiler kapsamında değerlendirilmiştir.

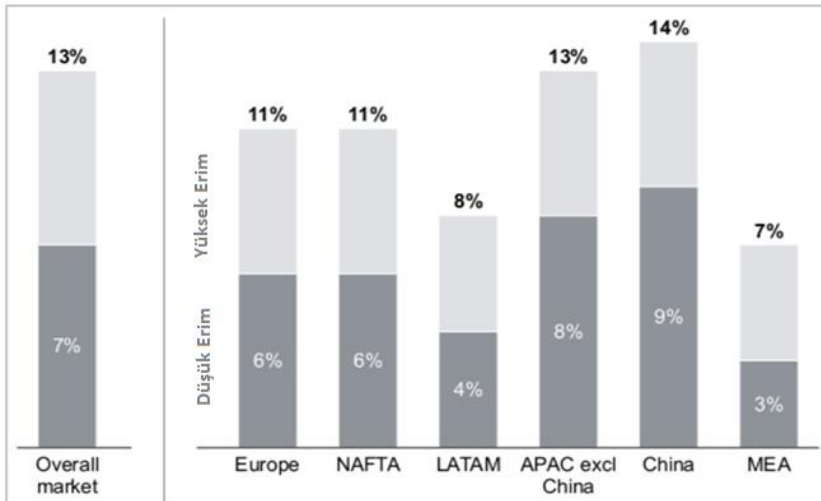


sunan firmaların ciroları daha yüksektir. Küresel Sanayi otomasyonu pazarında öne çıkan oyuncular sırasıyla; Siemens, ABB, GE, Emerson, Rockwell Automation Inc, Schneider Electric, Fanuc, Honeywell, Yokogawa, Kuka, Yaskawa'dır. Bunlar yaklaşık olarak pazarın %49'una hakimdir. Bunları Mitsubishi Electric Corporation, OMRON Corporation, SD3D Printing, Dwyer Instruments, WIKA Instruments, Hitachi, VEGA Grieshaber gibi firmalar izlemektedir. Bu firmaların dışında kalan kısım çok parçalanmış gözükmektedir.

Hizmetin son kullanıcısı olarak sürekli üretim sanayileri (process industries) segmenti 2017 yılında %60 ile en büyük pazar payına sahip olmuştur. Sürekli üretim sanayileri, otomasyon yazılımı ve donanımı için geniş bir kurulum tabanına sahiptir. Otomasyon çözümü sağlayıcılarının değer zincirine entegrasyonu, küresel sanayi otomasyonu hizmetleri pazarının büyümesinde önemli etkenlerden birisi olmaktadır.

Küresel sanayi otomasyonu hizmetleri pazarına %35'lik pazar payı ile EMEA (Avrupa, Orta Doğu ve Afrika) öncülük etmektedir. EMEA bölgesini Amerika ve APEC (Asya-Pasifik) bölgesi takip etmektedir. Önümüzdeki dönemde pazardaki büyümenin ağırlıklı olarak APEC bölgesinden olması beklenmektedir.

Şekil 4.7 Sanayi Otomasyonu Pazar Büyüme Tahmini 2016-2021, YBBO/CAGR



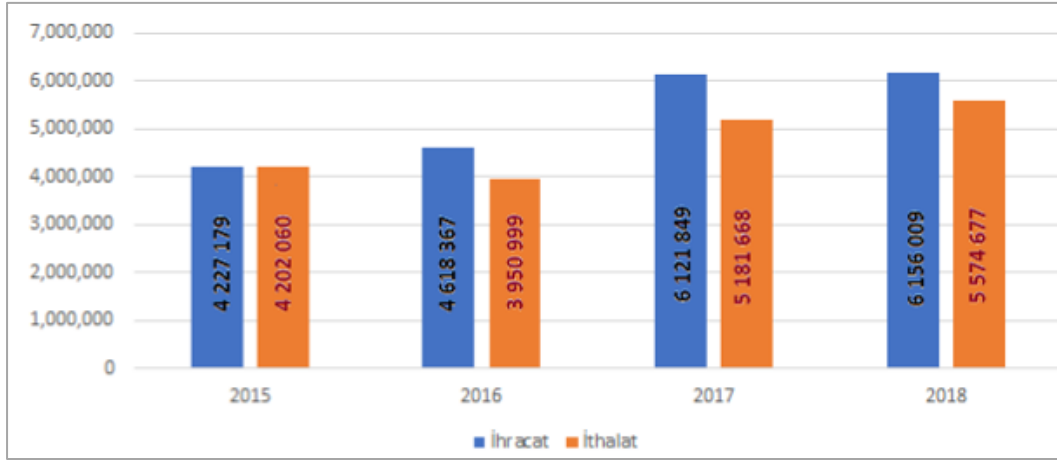
Kaynak: Ronald Berger Industrial Automation Perspective 2019

4.4. KÜRESEL SANAYİ ROBOTLARI DIŞ TİCARET VERİLERİ

Sanayi robotları küresel pazar verileri GTIP Kodu 847950 bazında TradeMap uygulaması kullanılarak analiz edilmiştir.

Sanayi robotları toplam dünya ihracatı 6,156 Milyar ABD Dolarıdır.

Şekil 4.8 Sanayi Robotları Küresel İhracat ve İthalat Değerleri, Bin ABD Doları

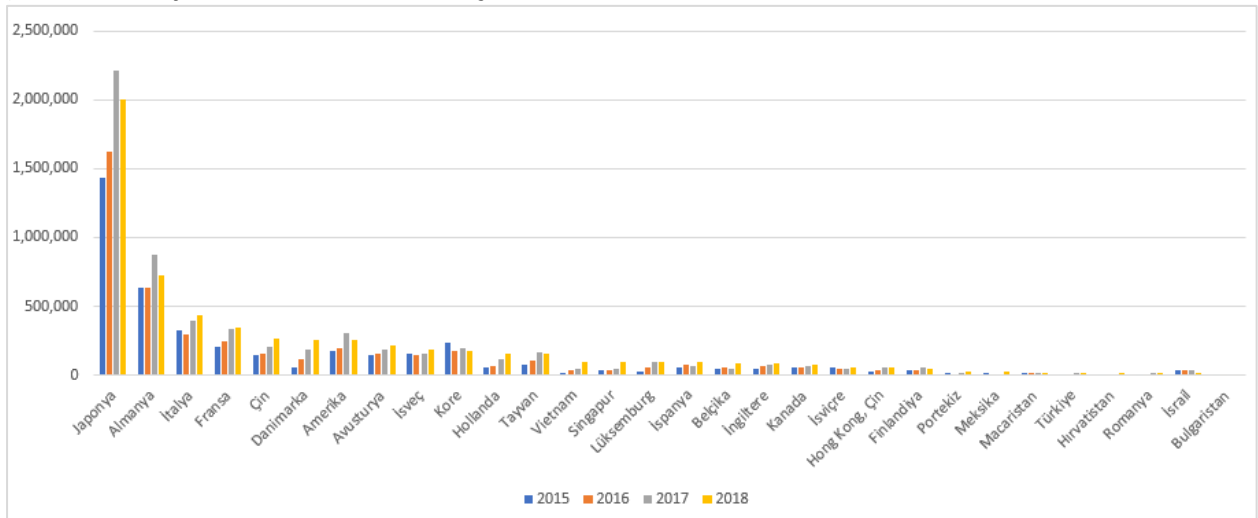


Kaynak: TradeMap

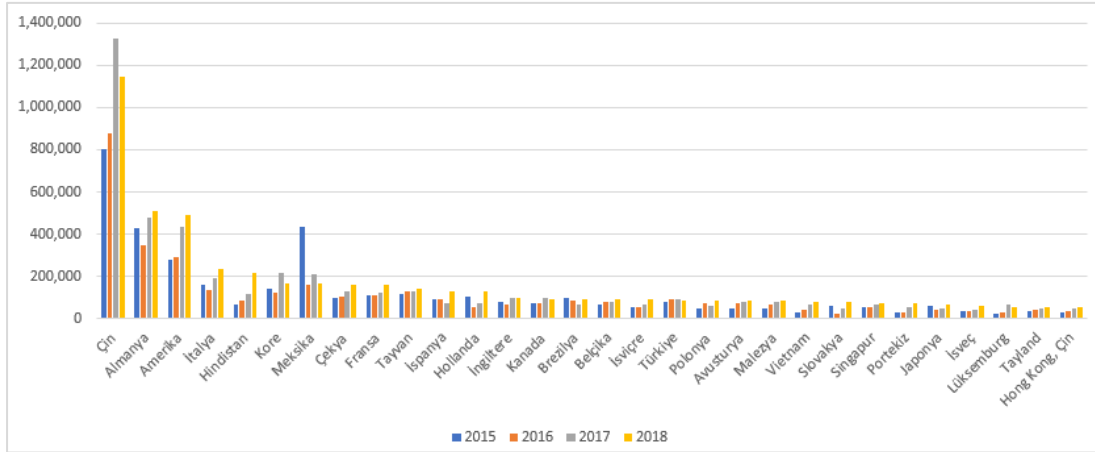
İlk 30 ihracatçı ülke; Japonya, Almanya, İtalya, Fransa, Çin, Danimarka, ABD, Avusturya, İsveç, G. Kore, Hollanda, Tayvan, Vietnam, Singapur, Lüksemburg, İspanya, Belçika, İngiltere, Kanada, İsviçre, Hong Kong, Finlandiya, Portekiz, Meksika, Macaristan, Türkiye, Hırvatistan, Romanya, İsrail ve Bulgaristan'dır. Listelenen bu ülkeler, 2018 yılında toplam sanayi robotları küresel ihracatının %85'ini gerçekleştirmiştir.

Buna karşın ilk 30 ithalatçı ülke; Çin, Almanya, İtalya, Hindistan, G. Kore, Meksika, Çekya, Fransa, Tayvan, İspanya, Hollanda, İngiltere, Kanada, Brezilya, Belçika, İsviçre, Türkiye, Polonya, Avusturya Malezya, Vietnam, Slovakya, Singapur, Portekiz, Japonya, İsveç, Lüksemburg Tayland ve Hong Kong' tur.

Şekil 4.9 Sanayi Robotları İlk 30 İhracatçı Ülkeler, Bin ABD Doları



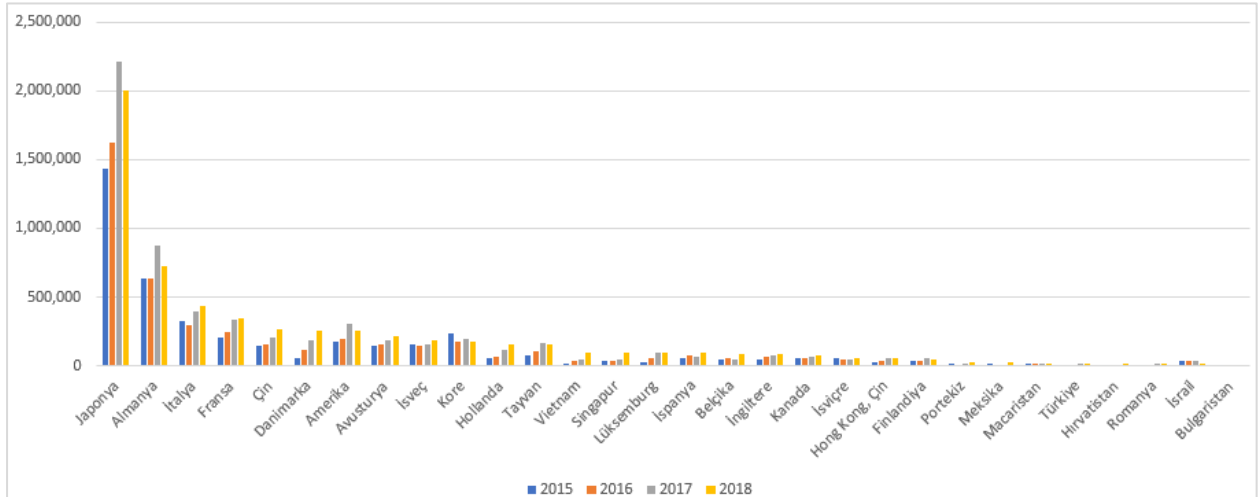
Şekil 4.10 Sanayi Robotları İlk 30 İthalatçı Ülkeler, Bin ABD Doları



Aşağıda, değer olarak 2018 yılında sanayi robotlarını ihraç eden en üstteki 15 ülke belirtilmiştir.

- Japonya ~ 2 Milyar ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %32,5'i)
- Almanya 723,4 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının ~ %11,8'i)
- İtalya ~ 432 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %7,1'i)
- Fransa 349,8 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %5,7'i)
- Çin ~ 265 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %4,3'ü)
- Danimarka ~ 255,8 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %4,2'si)
- ABD 251,1 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %4,1'i)
- Avusturya 211,5 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %3,5'i)
- İsveç 182,4 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %3'ü)
- G. Kore 173,7 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %2,9'u)
- Hollanda 160,1 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %2,9'u)
- Tayvan 158,7 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %2,6'sı)
- Vietnam 100,5 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %1,6'sı)
- Singapur 95,6 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %1,6'sı)
- Lüksemburg 94,6 Milyon ABD Doları (Toplam sanayi robotu ihracatının %1,6'sı)

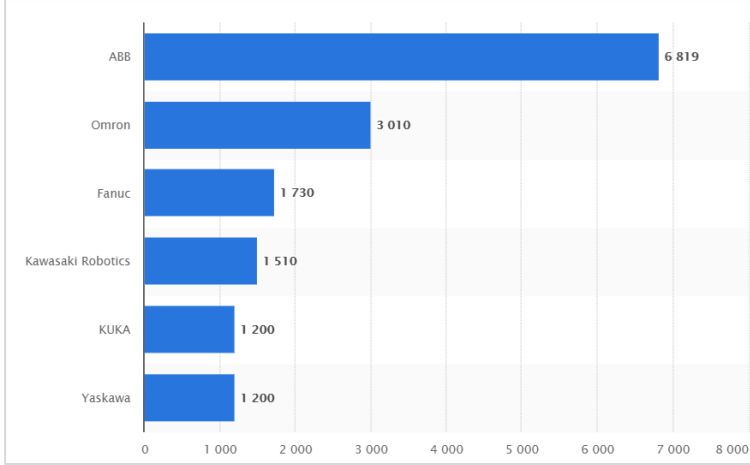
Şekil 4.11 Sanayi Robotları İlk 30 İhracatçı Ülkenin 2018 Değerleri, Bin ABD Doları



4.5. SANAYİ OTOMASYONU VE ROBOT PAZARININ LİDER FİRMALARI

Dünyada sanayi gereksinimlerini karşılamak için Sanayi robotları kullanan ve yıllarca sürekli çalışabilen ve sürekli olarak yüksek üretim kalite standartlarını karşılayan çok çeşitli üst düzey sanayi robotu şirketleri bulunmaktadır. Sanayi robotu gelirine dayanarak 2017 yılında küresel Sanayi robotu pazarında lider firmalar aşağıdaki şekil ile gösterilmektedir. Bunlar 2017 yılında sanayi robotu satışlarından toplam 15 469 milyon avro (17 466 milyon ABD doları) gelir elde etmişlerdir.

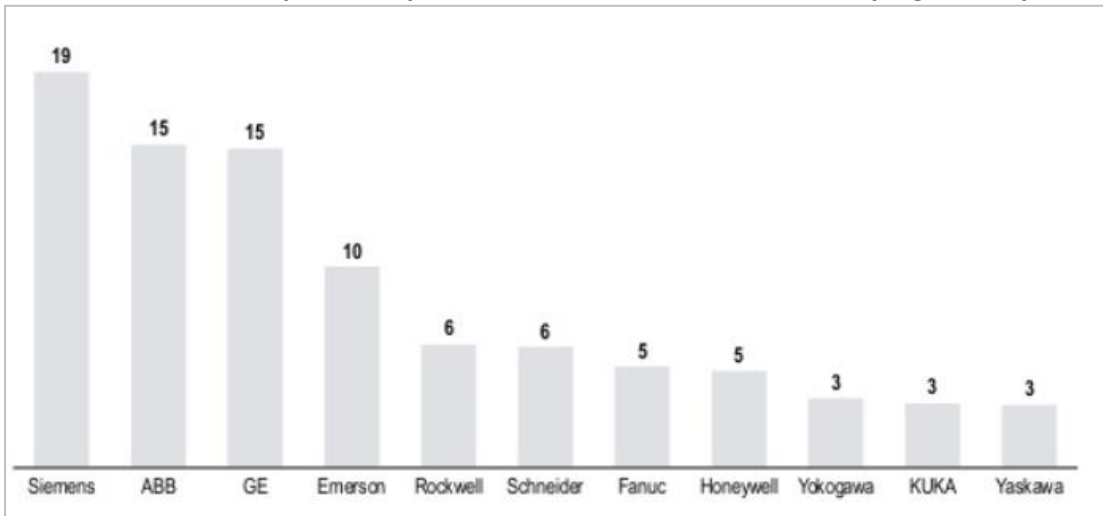
Şekil 4.12 Küresel Sanayi Robot Pazarındaki Lider Firmalar, 2017 yılı geliri Milyon €



Kaynak: Statista 2020

Sanayi otomasyonu sektöründe pazarın yaklaşık %49'una hâkim 11 firmanın gelirleri aşağıdaki grafik ile verilmiştir (Şekil 4.13); toplam gelirleri yaklaşık 90 milyar ABD Dolarıdır. Siemens, ABB ve GE lider oyunculardır. Öne çıkan firmalardan sadece büyük oyuncular Sanayi otomasyonunun tüm iş dallarında hizmet vermektedir (Şekil 4.14)

Şekil 4.13 Küresel Sanayi Otomasyonu Pazarındaki Lider Firmalar, 2017 yılı geliri Milyar \$



Kaynak: Ronald Berger

Şekil 4.14 Lider Firmaların Sanayi Otomasyonu Alt Başlıkları Kapsama Alanları

	Kontrol Bileşenleri	Mekatronik Sistemler	Hareket Bileşenleri	Robotlar	Yazılım	Sistem Entegrasyonu
						
Siemens						
ABB						
GE						
Emerson						
Rockwell						
Schneider						
Fanuc						
Honeywell						
Yokogawa						
KUKA						
Yaskawa						

 Kapsama alanında olduğunu gösterir.

Kaynak: Ronald Berger

Küresel B2B Sanayi Otomasyonu Platformunun 2019 yılı değerlendirmesine göre öne çıkan Sanayii robotu üreticisi firmalara ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.¹¹

1. ABB Ltd.

Toplam 147 000 çalışanı bulunan, merkezi Zürih'te olan; ağırlıklı olarak robotik, güç, ağır elektrikli ekipman ve otomasyon teknolojisi alanlarında faaliyet gösteren İsviçre-İsveç çok uluslu şirkettir. 2018'in Fortune Global 500 listesinde 341. sırada yer almaktadır. Toplam varlıkları 2018'de 44,441 milyar ABD dolarıdır. ABB, en geniş servis ağı tarafından desteklenen 300 binden fazla robot kurmuştur.

2. General Electric Company

General Electric Company, New York'ta kurulan bir Amerikan çokuluslu holdingdir ve merkezi Boston'dadır. Firmanın bu sektörle ilgili firması; sınırlı alan denetimi ve onarımı, uzaktan görsel inceleme, otonom alan operasyonları ve otonom hava ve yer sistemleri gibi uygulamalara odaklanmaktadır. GE'nin toplam varlığı 309,129 Milyar ABD dolarıdır (2018).

3. Mitsubishi Electric Co.

Mitsubishi Electric Co. Merkezi Tokyo'da olan çok uluslu elektronik ve elektrikli ekipman üretim şirkettir. Enerji ve elektrik sistemleri, elektronik cihazlar, sanayi otomasyon sistemleri, ev aletleri, bilgi ve iletişim sistemleri ve uzay sistemleri üretmektedir. Toplam varlığı 3 612,9 milyar Yendir (32,5 milyar ABD doları). 138 700 Çalışanı bulunmaktadır.

¹¹ <https://www.plantautomation-technology.com/articles/top-industrial-robotics-companies-in-the-world>

4. Fanuc Corp.

Japonya menşeli bir grup firmasıdır, merkezi Oshino'dur. Fabrika otomasyon sistemleri, sanayi robotları, CNC ekipmanları, lazer sistemleri üretmektedir. 5 866 Çalışanı olan Fanuc'un toplam varlıkları 1 564,77 milyar Yen'dir (14,10 milyar ABD doları). Fanuc America Corporation (ABD) ve FANUC Europe Corporation S.A. (Lüksemburg), robotik ve bilgisayar sayısal kontrol kablosuz sistemleri gibi otomasyon ürünleri ve hizmetlerini sağlarlar. Firmanın ROBOT Fabrikası ayda 5 000 robot üretme kapasitesine sahiptir.

5. Yaskawa Electric Corp.

Japonya menşeli servo motor, hareket kontrolörü, AC motor sürücüsü, anahtar (çevirgeç) ve sanayi robotu üreticisidir. Ayrıca kaynak, paketleme, montaj, kaplama, kesme, tutma-taşıma ve genel amaçlı kullanılan Motoman robotlarının da imalatçısıdır. Toplam 15 287 çalışanı bulunmaktadır.

6. Yokogawa Electric Corporation

Yokogawa, ölçüm, kontrol ve bilgi teknolojilerine dayanan bir Japon elektrik mühendisliği ve yazılım şirkettir. 19 000'den fazla çalışanı, 84 yan kuruluşu ve 55 ülkede faaliyet gösteren 3 bağlı şirketi ile küresel bir iş gücüne sahiptir. İştişal alanı sanayi otomasyonu, donanım ve yazılımı test etme ve ölçmedir.

7. Siemens Automation Company

Siemens merkezi Münih'te bulunan Alman çok uluslu holding şirketi ve yurtdışında şubeleri bulunan Avrupa'nın en büyük sanayi üretim şirkettir. Elektrifikasyon, otomasyon ve sayısallaşma Siemens'in uzun vadeli büyüme alanlarıdır. Toplam varlığı 150,25 milyar ABD dolarıdır. 385 000 Çalışanı bulunmaktadır.

8. Schneider Electric Company

Schneider merkezi Paris (Rueil Malmaison)- Fransa'da olan elektrikli ekipman konusunda uzmanlaşmış bir Fransız çokuluslu şirkettir. Ayrıca dünyadaki 12 ticaret merkezinden biri olan Grenoble Dünya Ticaret Merkezi'nde de bulunmaktadır. İştişal alanları; Bina otomasyonu, ev otomasyonu, anahtarlar ve prizler, Sanayiyel güvenlik sistemleri, Sanayiyel kontrol sistemleri, elektrik dağıtım, elektrik şebekesi otomasyonu, Akıllı Şebeke, veri merkezleri için kritik güç ve soğutma vb.'dir. Toplam mal varlığı 42,25 milyar avrodur. 155 286 Çalışanı bulunmaktadır.

9. Adept Technology Inc. (Omron)

Omron Adept Technology, Inc. Merkezi ABD'de bulunan çok uluslu bir şirkettir. Şirket, yazılım ve görüntü rehberliği de dahil olmak üzere sanayi otomasyonu ve robot teknolojilerine odaklanmıştır.

10. Kawasaki Heavy Industries Ltd. (KHI)

Motosiklet, iş makinaları, havacılık teçhizatı, savunma teçhizatı, demiryolu araçları ve gemi üreticisi olarak bilinen Japon kamu çokuluslu şirkettir. Aynı zamanda Sanayiyel robotlar, gaz türbinleri, kazanlar ve diğer Sanayiyel ürünlerin üretiminde de aktiftir. Kawasaki Heavy'nin 138 700 çalışanı bulunmaktadır (2012). Toplam varlığı 1,3 Trilyon yen değerindedir (2013)

11. Rockwell Automation Company

Rockwell Amerikan Sanayiyel otomasyon ve bilgi teknolojisi sağlayıcısıdır. Markalar arasında Allen-Bradley ve FactoryTalk yazılımı bulunmaktadır. Merkezi Milwaukee, Wisconsin'de bulunan Rockwell Automation, 23 000'den fazla çalışana sahiptir ve dünya çapında 100'den fazla ülkede müşterileri vardır.

12. Kuka AG

KUKA AG, Alman sanayi robotu üreticisidir ve fabrika otomasyonu için çözümler sunmaktadır. 2016 Yılında Çin şirketi Midea Group'a katılmıştır. KUKA yaklaşık 3,5 milyar Euro ciroya sahip, uluslararası faaliyet gösteren bir şirkettir. Yaklaşık 14 200 çalışanı vardır.

13. Honeywell International Inc.

Honeywell merkezi Charlotte, North Carolina, Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan ve dört İş Grubundan (Havacılık ve Uzay) oluşan bir Amerikan halka açık, çok uluslu, holding şirkettir. 114 000 Çalışanı bulunan Honeywell'in toplam varlıkları 57,77 milyar ABD dolarıdır.

14. Emerson Electric Co.

Emerson merkezi Ferguson-ABD'de bulunan, yaklaşık 88 000 çalışanı olan çok uluslu bir Amerikan şirkettir. Çok çeşitli Sanayiyel, ticari ve tüketici pazarları için ürünler üretmekte ve mühendislik hizmetleri sunmaktadır. Rünleri, hizmetleri, mühendislik çözümleri ile Fortune 500'de yer alan önemli bir otomasyon şirkettir.

15. Aurotek Corp.

Aurotek Corp, temel olarak otomasyon sistemlerinin araştırılması, geliştirilmesi, üretimi ve satışı ile ilgilenen Tayvan merkezli bir şirkettir. Şirket ayrıca güvenlik cihazı sistemlerinin entegrasyonunda da görev almaktadır. Şirketin ana ürünleri otomasyon ekipmanları, otomasyon sistemi bileşenleri, bilgi elektroniği ürün işleme ekipmanları, otomatik duman tahliye sistemleri ve bina yapısı sismik izolasyon ve titreşim sistemlerini içermektedir. Şirket, ürünlerini iç pazarda ve Asya'nın diğer bölgeleri gibi denizaşırı pazarlara da dağıtmaktadır. Toplam varlığı yaklaşık 2 milyar ABD dolarıdır.

16. Stäubli Robotics

Merkezi İsviçre’de olan bir mekatronik firması olan Staubli üç farklı alanda çalışma yapmaktadır, bunlardan biri de otomasyondur. Denetleyiciler ve yazılımlar da dahil olmak üzere sanayi otomasyonu için SCARA ve 6 eksenli robotlar üretmektedir. Staubli’nin 5 500’ün üzerinde çalışanı bulunmaktadır.

17. Janome Group

Janome yıllarca dikiş makinası geliştirme faaliyetinden edindiği hassas teknolojiye dayanarak, yüksek fonksiyonlu ‘sanayi ekipmanları’ alanına geçiş yapmıştır. Ürünleri masaüstü robotlar, elektro presler, scara robotlar, kartezyen robotlardır.

18. Seiko Epson Corporation

Epson Merkezi Japonya olan bir şirketler (84 şirket) topluluğudur. Robotik konusunda; scara robotlar, 6 eksenli robotlar, özerk çift kollu robotlar, güç sensörleri, IC test işleyicileri, yarı iletkenler, mikro ekipmanlar, kuark kristal aletler üretmektedir.

19. İrobot

1990 yılında kurulmuş, MIT’in Yapay Zekâ Laboratuvarı’nın üç üyesi tarafından uzay araştırmaları ve askeri savunma için robotlar tasarlayan bir Amerikan ileri teknoloji şirkettir. Yanı sıra ev içinde ve dışında tüketici robotları tasarlayarak yapmaktadırlar. 920 çalışanı olan firmanın toplam varlıkları 691,52 Milyon ABD dolarıdır.

20. Boston Dynamics

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nün ‘spin off’u olarak kurulan bir mühendislik, yapay zekâ ve robotik tasarım firmasıdır. Boston Dynamics, sanayi alanında robot üreten girişim Kinema System gelişmiş robotik işlemler yapabilen, derin öğrenme ve 3D görme kabiliyetine sahip robotları üretmek ile dikkat günümüzde (2020) Japon holding SoftBank Grubu’nun 100% iştirakidir. Şirket, dünyanın en gelişmiş engebeli arazi robotu olarak tanıttıkları BigDog’un üreticisidir.

Öte yandan unutulmaması gereken bir noktada; kesikli imalat şirketlerinin (otomobil, oyuncak mobilya, uçak gibi somut çıktısı olan şirketlerin) yanı sıra, dünyadaki diğer sanayi sektörleri de giderek otomatikleştirilmiş çözümlere yönelmektedir. Kimya, elektronik, yarı iletken ve tıbbi Sanayiiler gibi birçok yeni ve kazançlı uç pazar araştırılmak için uygun alanlar gibi gözükmemektedir. Bu yeni pazarlar, yeni oyuncular da sahneye çağırarak büyümeler vaat etmektedirler. Daha önce tipik Sanayi Otomasyon Oyuncuları olarak kabul edilmeyen şirketler artık oyunun bir parçasıdır. Dolayısı ile yazılım, bileşen, sistem ve çözüm sağlayıcılar, holdingler veya büyük oyuncular vb. gibi sektördeki yerleşik oyuncular çözümleri ve entegre çözümleriyle pazarlarını savunmalıdır. Yine de er geç bu dağınık tedarikçi yapısı, büyük, küçük binden fazla pazar oyuncusu ve geniş bir yelpazede farklı ürün, hizmet, sayısal uzmanlık ve stratejilere sahip mevcut statüko yoğunlaştırılmış bir konsolidasyon dalgası yaşayacaktır. Gerçekten de birleşme ve devralmalar Sanayiinin tipik örneklerindendir.

2016 yılında robot üreticisi Kuka, Çin Midea Grubu tarafından satın alınmıştır; ABB, 2017 yılında fabrika otomasyonundaki tarihi boşluğunu kapatmak için Avusturyalı kontrol üreticisi Bernecker & Rainer'i devralmıştır. Haberlerde yer alan büyük birleşme ve devralma işlemlerinin yanı sıra birçok küçük, stratejik ve hedefe yönelik anlaşmalar da gerçekleşmiştir. 2013-2018 arasında, devralmaların yaklaşık %60'ı sanayi otomasyonu değer zinciri boyunca yer alan şirketler tarafından yapılmıştır. Satın almaların yaklaşık %25'ini finansal yatırımcılar, %10'unu Çin'den stratejistler veya finansal yatırımcılar ve en az %5'ini imalat alanındaki uzmanlıklarını genişletmek isteyen son müşteriler oluşturmuştur.

4.6. ULUSLARARASI ŞEMSIYE ÖRGÜTLER

A3- Association for Advancing Automation

A3 otomasyon sektörüne hizmet veren dört kuruluşun çatı kuruluşudur. Bu kuruluşlar; 1-Robotik Sanayileri Derneği (RIA), 2-İleri Vizyon ve Görüntüleme (AIA), 3-Hareket Kontrol ve Motor Derneği (MCMA), 4- A3 Meksika'dır. A3 Meksika, RIA, AIA, MCMA dünyanın dört bir yanından otomasyonu ileriye götüren 1 250'den fazla otomasyon üreticisi, bileşen tedarikçisi, sistem entegratörü, son kullanıcı, araştırma grubu ve danışmanlık firmasını temsil etmektedir. <https://www.a3automate.org/>

CSIA- Control System Integrators Association

1994 yılında kurulan Kontrol Sistemi Entegratörleri Birliği (CSIA), kâr amacı gütmeyen, kontrol sistemi entegrasyonu sanayisini ilerletmeyi amaçlayan küresel bir ticaret birliğidir. Kontrol sistemi entegratörleri; üreticilerin ve diğerlerinin sanayii ekipman ve sistemlerini otomatikleştirmelerine yardımcı olmak için mühendislik, teknik ve iş becerilerini kullanırlar. CSIA üyelerin iş becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur, sektör uzmanlığını paylaşmak için forum sağlar ve sertifikalı bir kontrol sistemi entegratörü işe almanın faydalarını destekler. CSIA'nın 35 ülkede 500'den fazla üye şirketi bulunmaktadır. <https://www.controls.org/home>

EFFRA- European Factories of the Future Research Association

Geleceğin Fabrikaları Avrupa Araştırma Birliği (EFFRA), yeni ve yenilikçi üretim teknolojilerinin geliştirilmesini destekleyen, kâr amacı gütmeyen, sanayii odaklı bir dernektir. EFFRA'nın temel amacı, Avrupa Birliği ile 'Geleceğin Fabrikaları' olarak adlandırılan bir kamu-özel ortaklığına katılarak Avrupa Araştırma Alanı'ndaki üretim teknolojileri üzerine rekabet öncesi araştırmaları teşvik etmektir. <https://www.effra.eu/>

EUnited Robotics

EUnited Robotics, Avrupa'da robot Sanayisine hizmet etmek için özel olarak kurulmuş robot derneğidir. Üyeler, robot üreticileri, bileşen tedarikçileri ve sistem entegratörleridir. Üyeleri desteklemek, Avrupa'nın rekabet üstünlüğünü genişletmek ve küresel ekonomik konumunu güçlendirmek için Sanayide önem taşıyan konuları

geliştirmeyi, savunmayı ve iletmeyi amaçlamaktadır. EUnited Robotics, Sanayiinin ilgili AB politikaları ve fonlama konularına bakış açısını iletir. Aynı zamanda kilit Sanayii oyuncularını ile Avrupa Komisyonu arasında irtibat görevi de görür. <https://www.eunited.net/eunited+aisbl/sectors/robotics/>

euRobotics AISBL (Association Internationale Sans But Lucratif)

euRobotics, Avrupa robot bilimindeki tüm paydaşlar için Brüksel merkezli uluslararası kar amacı gütmeyen bir dernektir. euRobotics, Avrupa Robotik Teknoloji Platformu'nun (EUROP) ve EURON'un akademik ağının başarısına dayanmaktadır ve bu iki toplum güdümlü kuruluşun üyeleri arasındaki bağı da güçlendirmektedir. Derneğin ana görevlerinden biri, bir sonraki AB destek programı için robotikte araştırma, teknolojik gelişme ve yenilik için bir strateji ve yol haritası geliştirmek ve uygulamak için Avrupa Komisyonu (AK) ile iş-birliği yapmaktır. <https://www.eu-robotics.net/eurobotics>

IFR- International Federation of Robotics

Uluslararası Robotik Federasyonu, dünya çapında robot Sanayiisini teşvik etmek, güçlendirmek ve korumak için 1987 yılında kurulan profesyonel bir kâr amacı gütmeyen kuruluştur. IFR uluslararası bir kuruluştur ve 60 üyesi vardır. Üyeleri arasında entegratörler, robot tedarikçileri, Ar-Ge kurumları, milli robot birlikleri de bulunmaktadır. <https://ifr.org/>

ISR- International Symposium on Robotics

ISR, Uluslararası Robotik Federasyonu-IFR tarafından desteklenen Sanayiyel ve hizmet robotları üzerine bir konferanstır. Her yıl düzenlenen sempozyum, robotikteki fikirleri tartışan bilimsel, teknik ve Sanayiyel alandaki uzmanları birleştirmektedir.

IEEE Robotics and Automation Society

IEEE Robotik ve Otomasyon Topluluğu profesyonel toplum içinde robotik ve otomasyon alanlarında bilimsel bilgi alışverişini destekler. <https://www.ieee-ras.org/>

IERA Award- Innovation and Entrepreneurship in Robotics and Automation

IERA Ödülü, değer yaratan fikirler ve bu fikirleri dünya standartlarında ürünlere iten girişimciler ile mucitlerin başarılarını vurgular ve onurlandırır. IEEE Robotik ve Otomasyon Topluluğu (IEEE/RAS) ve IFR, ortaklaşa ödüle sponsorluk yaparak, bilim ve Sanayii arasında robotikte daha güçlü iş-birliğini teşvik etme kararlılıklarının altını çiziyor.

IFR- International Federation of Robotics

Uluslararası Robotik Federasyonu, dünyadaki robotik dünyasını birbirine bağlar. Üyeler robot Sanayiisi, ulusal veya uluslararası Sanayii birlikleri ve araştırma-geliştirme enstitülerinden gelmektedir. IFR, 20'den fazla ülkeden 50'den fazla üyeyi temsil etmektedir. IFR istatistik departmanı, robotik verileri için birincil küresel kaynaktır. IFR, 1987 yılında kar amacı gütmeyen bir kuruluş olarak kurulmuştur. <https://ifr.org/>

ISA- The International Society of Automation

Uluslararası Otomasyon Topluluğu 1945 yılında kurulmuş, kar amacı gütmeyen bir meslek kuruluşudur. ISA, operasyonel mükemmelliğe ulaşmak için otomasyon topluluğunu birbirine bağlayarak teknik yeterliliği geliştirir. Organizasyon yaygın olarak kullanılan küresel standartları geliştirir, Sanayii profesyonellerini onaylar, eğitim ve öğretim sağlar, kitap ve teknik makaleler yayınlar, konferans ve sergilere ev sahipliği yapar. Dünya çapında 40.000 üyesi ve 400.000 müşterisi için ağ oluşturma ve kariyer geliştirme programları sunmaktadır. www.isa.org

MCCA – The Measurement, Control & Automation Association

Dünya çapında Sanayii proses kontrolü ve fabrika otomasyonunda kullanılan çok çeşitli proses kontrolleri, saha ölçüm ve analiz enstrümantasyonu, sistemleri ve yazılımları üreten ve dağıtan lider şirketlerin ticaret birliği. <https://themcaa.org/>

OMAC – The Organization for Machine Automation and Control

OMAC, Makina Otomasyon ve Kontrol Örgütü imalat sektörünün makina otomasyonu ve işletme ihtiyaçlarını desteklemeye adanmış otomasyon ve imalat uzmanları için bir kuruluştur. OMAC, üreticileri bir araya getirerek en iyi uygulamaları paylaşmak ve üreticilerin üretim operasyonlarını başarılı kılmak için yeni ve yenilikçi yollar bulmaları için birlikte çalışmalarına yardımcı olmak için kurulmuştur. www.omac.org

RIA – Robotic Industries Association & Robotics Online

Robotik Sanayileri Birliği (RIA), robotik, ilgili otomasyon teknolojileri ve entegre çözümler sunan şirketlerdeki eğitim, tanıtım ve ilerlemeler yoluyla imalat ve hizmet Sanayilerindeki yenilik, büyüme ve güvenliği yönlendirmektedir. <https://www.robotics.org/>

4.7. OTOMASYON SEKTÖRÜ TEDARİK ZİNCİRİ

Otomasyon ve robotik sektörü tedarik zinciri sürecinde yer alan kuruluşlar gerçekleştirdikleri işlevler açısından üç başlıkta ele alınmaktadır:

OEM ve Sistem Entegratörleri

- OEM'ler (makinalar ve/veya robotlar, makina ve robot imalatçıları (B2C))
- Sistem Entegratörü (müşteriye özel üretim hücresi veya hatları için bileşen/komponent ve makinaların entegrasyonunu sağlayanlar)

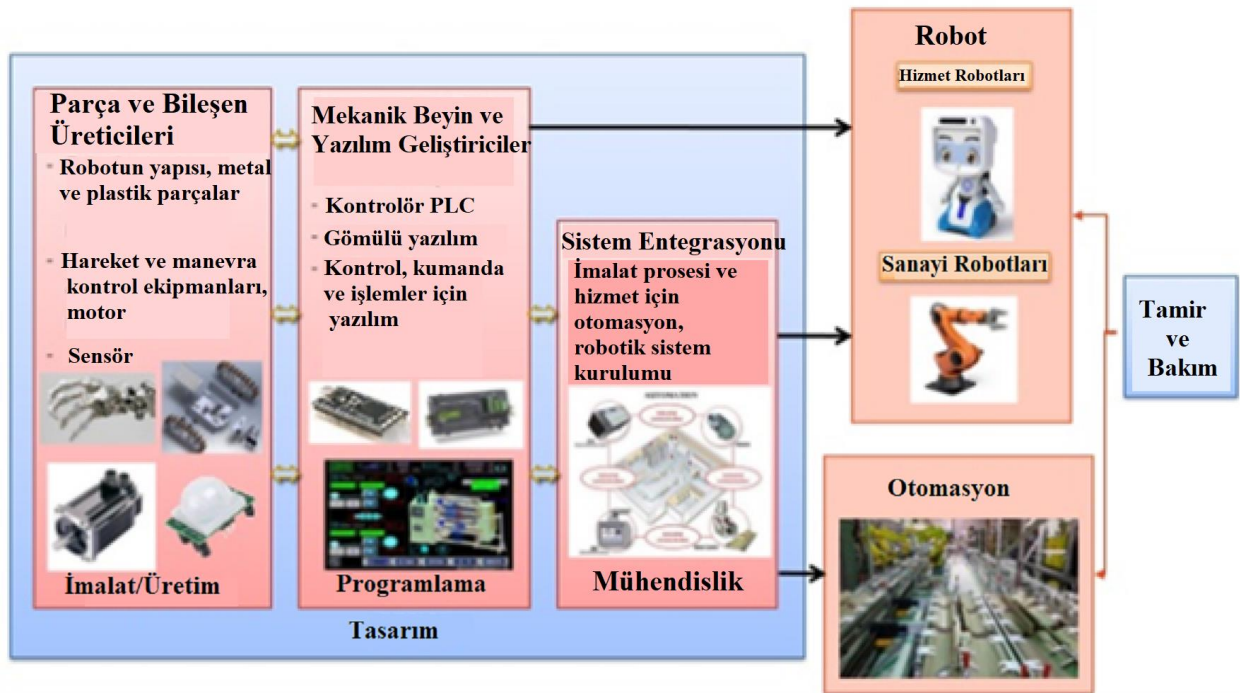
Tedarikçiler

- Otomasyon bileşen (komponent) tedarikçisi (aktüatör, sensör gibi otomasyon bileşeni üretenler)
- Otomasyon bileşen tedarikçisi – makina kontrol (PLC, DCS, vb.)
- Doğrudan otomasyon olmayan bileşen/komponent tedarikçisi (makina donanım elemanları imalatçısı)

Yazılım, platform ve uygulama sağlayıcıları

- Yönetim yazılım sağlayıcıları (MRP, ERP, vb.)
- IoT platform sağlayıcıları
- Veri saklama/depolama sağlayıcıları (Bulut)
- İşletme uygulamaları sağlayıcıları (önleyici, kestirimci bakım çözüm geliştiriciler gibi)

Şekil 4.15 Otomasyon ve Sanayi Robotlarında Tedarik Zinciri ¹²



Şekil 4.15'te de sanayi otomasyonu ve robotiğinin basitleştirilmiş tedarik zinciri süreci gösterilmektedir.

Bu yapılanma içerisinde giderek öne çıkan bir durumu vurgulamakta yarar bulunmaktadır. Son kullanıcıların artan gereksinimleri nedeniyle otomasyon sistemleri gittikçe daha karmaşıklaşmakta ve 'Otomasyon Ana Yüklenicisi' (Main Automation Contractor – MAC¹³) kavramı giderek daha popüler hale gelmektedir. Otomasyon çözümleri oldukça karmaşıktır ve farklı sistemlerin entegrasyonunu gerektirir. Bu, son kullanıcıları belirli bir alanda uzmanlığa sahip farklı otomasyon kontrol satıcılarını tercih etmeye zorlar. Küresel sanayi otomasyon hizmetleri pazarı MAC'a olan ihtiyacı artırmaktadır.¹⁴

Sanayi otomasyon hizmetleri pazarının büyümesinde otomasyon çözümü sağlayıcılarının sürece katılmasının da önemli etkisi olmuştur.

¹² <https://www.slideshare.net/boinyc/investment-promotion-policy-for-automation-and-robotics-industry>

¹³ MAC bir danışman gibi davranır ve otomasyon kontrol sistemlerinin sorunsuz bir şekilde uygulanmasına izin veren bir plan geliştirmek için mühendislik, tedarik ve inşaat şirketleri ile birlikte çalışır. Bu, planlama ve uygulama maliyetlerini azaltır, çeşitli projelerde standardizasyonu korur ve maliyeti düşürür (Technavio).

¹⁴ <https://www.businesswire.com/news/home/20180625006053/en/>

4.8. SANAYİ OTOMASYONU DEĞER ZİNCİRİ

Sanayi Otomasyonu; özellikle Sanayii 4.0 ve Nesnelerin Sanayi İnterneti (IIoT) olmak üzere sayısallaşma/dijitalleşme konusunda yeni zorluklarla ve fırsatlarla karşı karşıyadır. Sanayi Otomasyonunun geleceğe giden yolu açıkça tanımlanmış görünmektedir; bir şey otomatik hale getirilebiliyorsa, otomatikleştirilecektir. Ancak "nasıl" sorusu çok önemlidir.

Sanayi Otomasyonunun değer zincirlerindeki faaliyet alanları (segmentleri) çok çeşitli kullanım durumlarına uyarlanabilir. Farklılık sadece saptanan çözüm ve son kullanıcı aşamasında oluşmaktadır. Bu da genellikle değer zincirindeki adımların ve yazılımın farklı olduğu aşamadır (Şekil 4.16).

Şekil 4.16 Sanayii Otomasyon Faaliyet Alanları/Segmentleri¹⁵

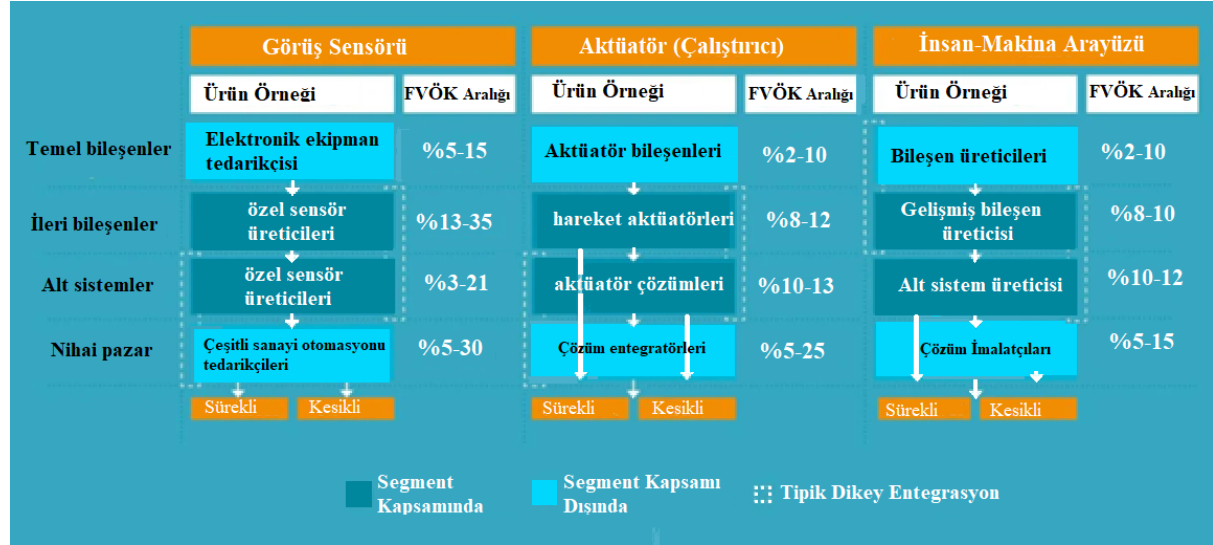
	Kontrol Bileşenleri	Hareket Bileşenleri	Robotlar	Mekatronik Sistemler	Yazılım	Sistem Entegratörleri
İçerikleri	 PLC, hareket kontrol, HMI, IPC... sensörler, makina görme sistemleri	 Elektrikli tahrikler, diğer tahrikler (dişli, standart, step) hidrolik, pnömatik	 Endüstriyel robotlar, kobotlar, toplama ve yerleştirme sistemleri	 Elektro-hidrolik sistemlerin doğrusal sistemlerin modül ve sistemlerinin birleştirilmesi	 ERP, PLM, tesis yönetim uygulamaları, makine kontrol uygulamaları, sistem mühendisliği araçları	 Konsept geliştirmek Sistemi inşa etmek Yazılımı onarmak Küçük ürünleri doğrulamak için çalıştırmak ve teklif etmek
Otomasyondaki Rolü	Mekanik sistemlerin tüm hareketlerini koordine eder; Hareket kontrol mekanizmasını etkinleştirme komutları verir	Dönüş ve Doğrusal hareket üretmek için kolları, eklemleri robotu harekete geçirir (tahrik eder)	Kavrama, kaldırma, taşıma, manevra veya belirli bir alandaki bir iş parçası üzerinde işlem yapar (çalışma zarfı)	Bir otomasyon çözümünün modül ve alt sistemi	Otomasyon çözümlerini yönetir	Bireysel Otomatik Anahtar-Teslimi Çözümler Geliştirmek
Sanayi Otomasyonu Pazarı						Sistem Entegrasyonu

Kaynak: Roland Berger

Herhangi bir segmentin 'değer zinciri içerisindeki değer zincirinin konumuna' dayalı olarak marj/kar profilleri farklılık göstermektedir. Bu durum Şekil 4.17'te örneklenmiştir.

¹⁵ <https://www.slideshare.net/SvenSiepen/roland-berger-industrial-automation-perspective-2019>

Şekil 4.17 Segment Esaslı Değer Zinciri Kar Profilleri¹⁶ - Bir örnek



Kaynak: Roland Berger

Bileşen düzeyinde, Sanayi Otomasyonu bakış açısı ile yönlendirilmiş stratejik hedefleri gerçekleştirmede başarılı olan firmalara ilişkin çok sayıda örnek bulunmaktadır. Örneğin, optik veya sensör teknolojisi alanındaki başarılı firmalar son derece yenilikçi bir şekilde çalışmaktadır ve çift haneli aralıkta yıllık FVÖK marjlarıyla ekonomik olarak öne çıkmaktadır. Başarı ve kâr marjında değer zinciri boyunca konumlanma önemli bir faktördür.

Sektördeki firmaların uzun vadeli başarılı olmaları ve yeni değer zincirlerini kendi avantajlarına dönüştürebilmeleri için sanayi otomasyonu alanında süregelen dönüşümü anlamaları ve aşağıdaki yaklaşımları benimsemeleri önemlidir¹⁷.

- Geleceğe hazırlıklı olmak: Eğilimlerin ve pazar segmenti üzerindeki etkilerinin derinlemesine anlaşılması ve sayısal olgunluk gelişiminin takip edilmesi gerekmektedir.
- Sayısallaşma yetkinliklerini artırmak: Yazılım yetkinlikleri tüm alanlarda öne çıkmakta ve değer zincirlerinin sayısal süreçlere dönüşümü nedeniyle de giderek önem kazanmaktadır.
- Dönüşüme hazır olmak: İş modelleri mevcut ekonomik koşullara uyum sağlamak için yapılarındaki, süreçlerindeki ve maliyet tabanlarındaki pazar değişikliklerine her zaman cevap verebilmelidir.
- Hizmet yelpazesini genişletmek: Yeni son kullanıcı pazarlarının artan beklentilerini karşılamak üzere firmalar, uygun hizmetleri ekleyerek ürün portföylerini genişletmelidir.

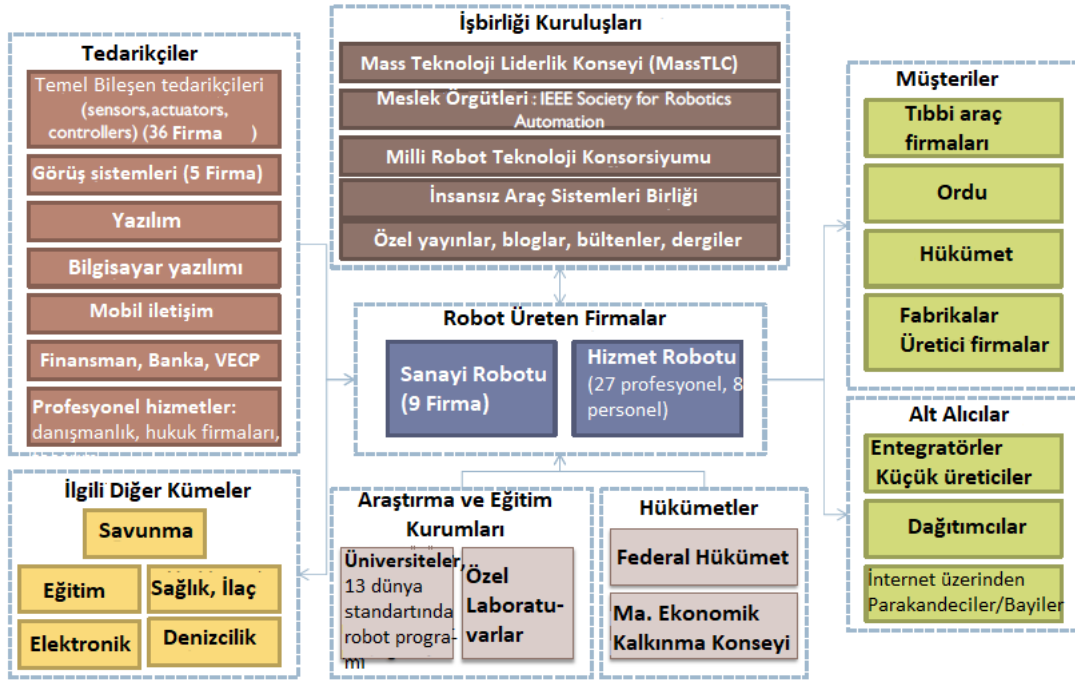
¹⁶ **Marj Profili veya Kar Marjı Profili** (Margin Profile): Satış işlemini kârlı hale getirmek için gereken brüt marj (pay) yüzdesidir. Kar Marjı Profili, gelecekteki kârların bir resmidir. Mal veya hizmetlerin maliyeti, faaliyet maliyeti ve vergi öncesi kar hedefinin toplamıdır. **FAVÖK** (İngilizcesi EBIT): Faiz, Amortisman ve Vergi Öncesi Kar.

¹⁷ <https://www.rolandberger.com/ru/Point-of-View/The-ecosystem-of-Industrial-Automation-IIoT-and-Industry-4.0.html>

4.9. ROBOTİK KÜMELENMESİ HARİTASI ÖRNEĞİ – MASSACHUSETTS ROBOTICS CLUSTER¹⁸

Massachusetts (MA) Robot Kümesi, hem robot bilimindeki büyük küresel liderleri, hem de birçok pazarda tüketicilere, sanayiye ve devlete hizmet veren girişimleri içeren ve hızla büyüyen bir kümedir. MA Robotik Kümesinin vizyonu robotik araştırma ve geliştirme, ürün geliştirme ve pazarlama için küresel lider bir merkez ve yeni girişimleri destekleyen büyük şirketler için de bir platform olmaktır. Kümenin geçmişi 1960'lı yıllarda MIT AI araştırma grubunun kurulmasına dayanmaktadır. Kümenin kuruluşu 2005 yılında gerçekleşmiştir. MA robotik kümelenmesi 2005'te kurulmuş olmakla birlikte, çeşitli aktörler zaten ekosistemde oldukları için iyi tanımlanmış küme kategorileri altında değerlendirilmektedir.

Şekil 4.18 Massachusetts-MA Robotik Küme Haritası



Kaynak: The Massachusetts Robotics Cluster

Ekosistemin merkezinde, sanayi ve hizmet robotlarına ayrılmış yaklaşık 4 716 kişi istihdam eden 122 robot şirketi bulunmaktadır. Kümedeki en önemli bağlantılardan biri, benzersiz sanayi-akademi-devlet karşılıklı bağımlılığıdır (Şekil 4.18'de detaylandırılmıştır). Kümede 17 araştırma laboratuvarı ve test merkezi bulunmaktadır. Hizmet ve ürün tedarikçileri tarafından desteklenen küme firmalarının 2015 yılı geliri 1,6 milyar ABD doları, PE yatırımı 190 milyon ABD doları şeklinde gerçekleşmiştir.¹⁹

¹⁸<https://www.isc.hbs.edu/resources/courses/moc-course-at-harvard/Documents/pdf/student-projects/Final%20Report%20The%20Massachusetts%20Robotics%20Cluster.pdf>

¹⁹ <https://masstech.org/research-and-analysis/massachusetts-robotics-cluster>

4.10. SANAYİ OTOMASYONUNUN BÜYÜME VE VERİMLİLİK ETKİSİ

Yeni teknolojiler, sanayi üretiminde verimlilik artışlarının yanında orta vadede üretim maliyetlerinin hızlı bir şekilde aşağı çekilmesini sağlamaktadır. Robot, robot sistemleri ve görüntü işleme sistemlerinin sanayide daha yoğun kullanılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesini ve yüksek kalite standartlarına erişilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle de rekabetçiliklerini artırmak isteyen ülke, sektör ve şirketler giderek artan oranlarda robotik teknolojilerine yatırım yapmaktadır. Söz konusu yatırım eğilimi, özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha belirgindir, zira bu ülkeler gelişmiş ülkelere teknoloji transferi, lisans altında üretim, ortak geliştirme vb. modellerle ileri teknoloji yatırımı çekmeye çalışmaktadır.

Otomasyonun hızla yaygınlaşması sanayi üretiminde robotların daha çok ve farklı işler üstlenmesine neden olmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde robotik otomasyon temelli sanayi üretimi; büyüme, verimlilik, işgücü ve üretim maliyetleri gibi temel ekonomik faktörleri olumlu etkilemektedir. Bu durum uzun erimde yeni sektörlerin, yeni mesleklerin ve yeni işlerin ortaya çıkmasına da neden olacaktır. Sürecin uzun sürmesi beklenmekle birlikte 'robot temelli sanayi/imalat' dünya ekonomik sisteminde şimdiden önemli bir konum işgal etmektedir. Kademeli olarak öncelikle gelişmiş ülkelerde kendini göstermekte olan robotik otomasyon süreci, sonrasında dünyanın geri kalan ülkelerine de yayılmaktadır.

Teknolojik gelişmeler sonucunda sanayi robotlarının otomasyon sürecinde artmasının en önemli sonucu, hatta en önemli nedeni üretim sürecindeki verimliliği ve işletmelerin rekabet edebilirliğini artırmasıdır. Verimliliğin artması ve dolayısıyla maliyetlerin azalması sonucunda olumlu etkilenen rekabet edebilirlik büyük işletmeler kadar gelişmiş ve gelişmekte olan ülke ekonomilerinin temelini oluşturan küçük ve orta ölçekli (KOBİ) işletmeler için de önemlidir. Ancak robot kullanımının ekonomide sağlayacağı verimlilik üzerine yapılan uygulamalı çalışmalarda; kullanılan yöntem, seçilen döneme ve çalışılan ülkeye bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilebilmektedir.

OECD'nin²⁰ 2015 yılında yaptığı bir çalışmada teknolojik yenilikleri etkin şekilde kullanan şirketlerin kullanmayanlara göre 2 veya 10 kat daha fazla verim sağladığı saptanmıştır. 2017'de McKinsey²¹ tarafından yapılan bir çalışmada üretim sürecinde otomasyon ve robot teknolojilerinin yaygın olarak kullanılmasının işletmelerin hatalarını azaltıp, mal ve hizmet kalitelerini iyileştireceği ve üretim sürecinin hızını artıracığı ve bu yolla küresel bazda verimliliğin yıllık %0,8 ile %1,4 arasında artacağı; yanı sıra gelecek 50 yıl içerisinde GSYH'de %2,8'lik bir büyüme sağlamak için gereksinim duyulan toplam verimlilik artışının yaklaşık yarısının otomasyondan kaynaklanacağı öngörülmüştür.

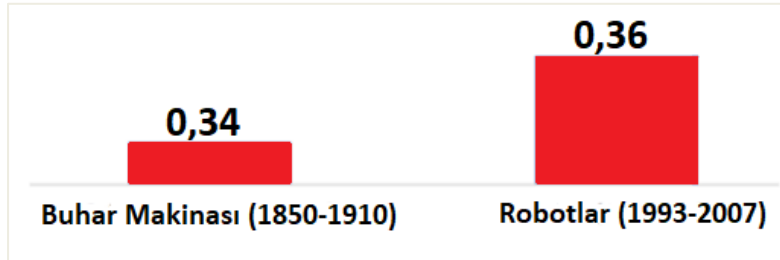
1850-1910 Yıllarında buhar makinasının verimlilik üzerinde yaptığı etki ile robotların 1993-2007 yılları arasında verimlilik üzerinde meydana getirdiği etkinin sonuçlarını ortaya koyan bir

²⁰ OECD. (2015). The Future of Productivity. Retrieved January 18, 2019

²¹ McKinsey Global Institute. (2017b). A Future That Works: Automation, Employment and Productivity.

araştırma yapılmıştır (Şekil 4.19). Araştırmada elde edilen sonuç; yaygın robot kullanımının üretim sürecindeki verimliliğe çok daha fazla etkide bulunması yönündedir²².

Şekil 4.19 Yıllık İşgücü Verimlilik Artışına Robotların Yüzde Katkısı



Kaynak: Wall ve Anders (2015)

2015'te BCG Şirketi²³ tarafından dünyanın en büyük 25 ihracatçı ülkesi için yapılan çalışmada, 2025 yılına gelindiğinde tüm işlerin yaklaşık olarak %25'inin robotlar tarafından yapılacağı varsayılarak işgücü maliyetlerinin yaklaşık olarak %16 azalacağı tahmin edilmiştir. Ayrıca önümüzdeki on yılda sanayi robotlarına yapılan yatırımın bugün ortalama %2 ila %3 olan yıllık büyümesinin %10'a çıkacağı tahmin edilmektedir.

İşgücü maliyetleri açısından en çarpıcı iyileşmenin Güney Kore'de yaşanacağı beklenmektedir. Güney Kore'deki üretkenliğe dayalı işgücü maliyetlerinin, 2025 yılında %33 daha düşük olacağı beklenmektedir. Güney Kore'de tahmin edilen ortalama maliyet düşüşü dünyanın önde gelen 24 ihracatçı ülkesinin ortalamasına göre %100 daha fazladır.

4.11. ROBOTİK OTOMASYON İLE DÖNÜŞÜM SÜREÇLERİNİN SOSYAL ETKİLERİ

PwC Tarafından 2018 yılında 29 ülkede 200 000'den fazla işçinin işlerinin analizine dayanarak hazırlanan raporda²⁴ üç farklı otomasyon dalgası olacağı öngörülmüştür.

- Birinci dalga, 2020'lerin başlarına kadar sürecek olan 'algoritma' dalgasında otomasyondan etkilenen işlerin %2 ile %3 arasında değişebileceği iddia edilmektedir.
- 2020'lerin sonlarına kadar sürecek olan 'güçlendirme' dalgasında bu oran %20'ye yükselirken,
- 'Özerklik' olarak adlandırılan üçüncü dalgada ise etkilenen işlerin oranı %30'a kadar çıkmaktadır. Bu çalışmada robotların işsizliği arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.²⁵

Benzeri diğer çalışmaların sonuçları da robotların çalışanların işlerine el koydukları yönündedir. Bazı çalışmalarda her bir sanayi robotu ile ortaya çıkan istihdam kaybı 6,2 kişi

²² Wall ve Andes (2015), Robots Seem to Be Improving Productivity, Not Costing obs. Harvard Business Review. Retrieved February 10, 2019 from <https://hbr.org/2015/06/robots-seem-to-be-improving-productivity-not-costing-jobs>

²³ Boston Consulting Group (BCG). (2015a). The Robotics Revolution. The Next Great Leap in Manufacturing. Boston: BCG.

²⁴ PwC. "Will Robots Really Steal Our Jobs? An International Analysis of The Potential Long Term Impact of Automation" Jan, 2019, https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact_of_automation_on_jobs.pdf

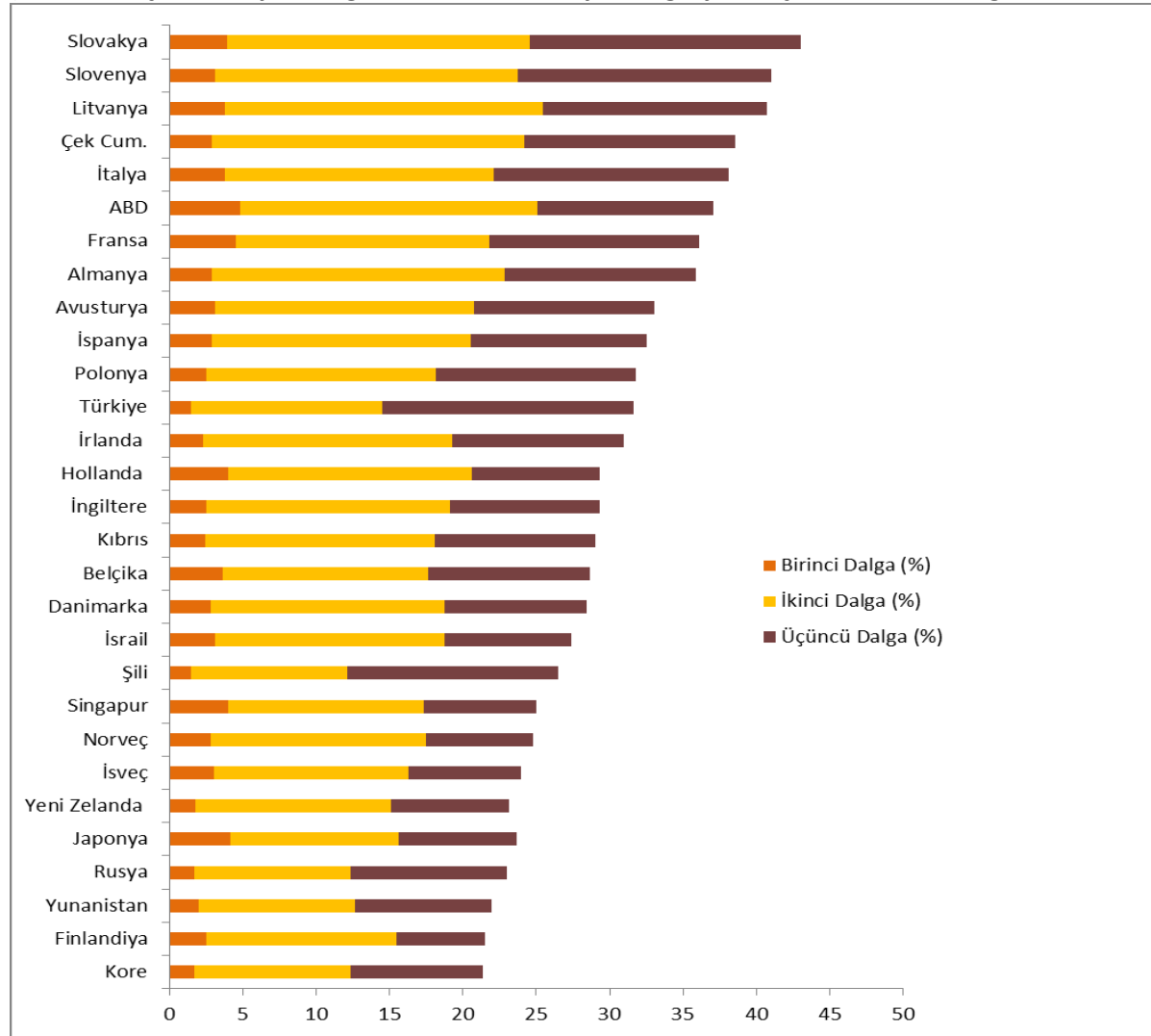
²⁵ Robot Ekonomisinin Yükselişi; Doç. Dr. Dilek Kurt, Dr. Öğr. Üyesi Ümit Bozoklu, Sosyal Bilimler Metinleri, Yıl: 2019, Sayı: 01

olarak hesaplanırken, diğer bir çalışmada sanayide kullanılan her bir robotun 3,4 kişinin işini kaybetmesine neden olduğu doğrultudur.

Şekil 4.20’de görüldüğü üzere üç dalgada en çok etkilenecek olan ülke Slovakya, en az etkilenecek ülke Güney Kore’dir. Türkiye ilk dalgada daha az etkilenecek olmasına rağmen, ikinci ve üçüncü otomasyon dalgasında daha yoğun etkilenecektir.

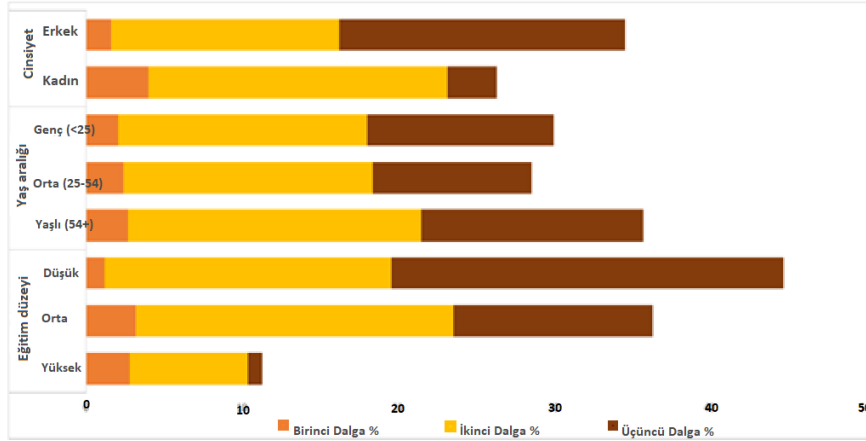
PwC Raporunda, 2030 yılına kadar olan dönemde erkek çalışanlar için otomasyon riski %34, kadın çalışanlar için ise %26 olarak tahmin edilmiştir. Bunun nedeni erkek ve kadınların çalıştıkları sektörlerin farklı olmasıdır. Erkek çalışanlar; taşımacılık ve depolama, imalat ve inşaat gibi yüksek oranda otomatikleştirilebilecek sektörlerde daha fazla yer alırken, kadın çalışanlar daha çok sağlık, sosyal hizmet ve eğitim gibi nispeten daha düşük otomasyon riskine sahip sektörlerde çalışmaktadır.

Şekil 4.20 Üç Otomasyon Dalgasına Göre Otomasyona Uğrayacak İşlerin Sektörel Dağılımı, %



Kaynak PwC, 2018

Şekil 4.21 Üç Otomasyon Dalgasının Etkileri, %



Kaynak: PwC, 2018

Otomasyon riski yaş grupları açısından da oldukça yaygındır. 25 yaşından küçük veya 55 yaşından büyükler için otomasyon riski hemen hemen aynıken, 25 – 54 yaş aralığı için ise otomasyon riski daha düşüktür.

5. TÜRKİYE ‘SANAYİ OTOMASYONU VE ROBOTİK’ SEKTÖRÜ

5.1. GENEL GÖRÜNÜM

Türkiye’deki otomasyon firmalarının sayısı iki yüz dolayındadır. Bu firmaların bir kısmı ithalat yapmakta, diğerleri de mühendislik hizmetleri sunmaktadır. Bu iki yüz firmanın içerisinde Siemens, Mitsubishi Electric, Schneider Electric, Honeywell, Festo gibi dünya otomasyon devlerinin tamamının Türkiye’deki ofisleri de bulunmaktadır. Bu uluslararası firmaların çok azı faaliyetlerini temsilcilikleri eliyle yürütmektedir. Türkiye otomasyon sektörü bir yandan iç talebe çözüm sunmakta, diğer yandan da yurt dışında ihale alan taahhüt firmaları başta olmak üzere yabancı ülkelerdeki projelere otomasyon mühendisliği ve sistem entegrasyonu hizmetleri sunmaktadır. Türkiye otomasyon firmalarının da dünya geneline uyumlu olarak yaklaşık beşte ikisi ‘sürekli üretim sanayisine’, beşte üçü ‘kesikli üretim sanayisine’ yönelik çalışmaktadır. Ancak toplam satışlardan aslan payını ‘sürekli üretim sanayine’ çözüm sunan firmalar almaktadır.

“Kesikli otomasyon sektörü²⁶ kapsamında yer alan otomotiv firmaları Türkiye’de lojistik konum avantajı, yetenekli mühendis ve gelişmiş yan sanayi bulmaları nedeniyle sürekli büyümektedir. Bununla beraber bu büyüme kapsamındaki yeni üretim hat yatırımları için gereken ekipman alımlarının büyük bir kısmını yurt dışından temin etmektedir. Dolayısı ile Türkiye’deki otomotiv sanayinin varlığının otomasyon pazarı üzerinde beklenen pozitif etkisi bulunmamaktadır. Ülkenin önde gelen beyaz eşya firmaları da bünyelerinde otomasyon

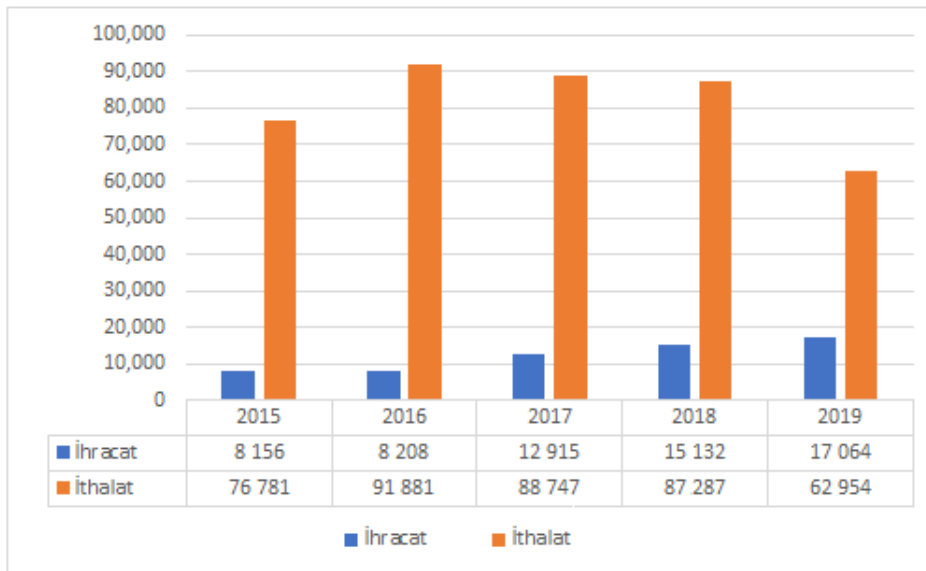
²⁶ Otomasyonun kullanıldığı sanayileri “kesikli” (discrete) ve “sürekli” (process) şeklinde iki ana gruba ayırmak mümkündür. Kesikli üretim yapan sanayiler makina, otomotiv, beyaz eşya ve ambalaj sanayileri ve benzerleridir. Buna karşın kâğıt-selüloz, petro-kimya, kimya, elektrik enerji üretimi, su-atık su, çimento, cam, tekstil, ilaç, maden-mineral, yiyecek-içecek sanayileri sürekli üretim yapan sanayiler kategorisinde yer almaktadır. Burada yığın (batch) tipi üretim yapan sanayiler de sürekli üretim yapan sanayiler kapsamında değerlendirilmiştir.

departmanları kurmuş olduklarından çözüm değil daha çok ürün ve cihaz alıcısı konumundadırlar.”²⁷

Türkiye otomasyon sanayi bazı açılardan güçlüdür; otomasyon sektöründe büyük ölçekli projelerde sistem entegratörü olarak yer almış küçük ve orta ölçekli firmalar yer almaktadır. Bu firmalar ‘sürekli üretim otomasyonu’ ve ‘kesikli üretim otomasyonu’ yapabilmektedirler, mekanik ve elektronik tasarım alanlarında tecrübe ve bilgi birikimleri vardır; veri analitiği, süreç optimizasyonu, yapay zekâ gibi sayısal dönüşüm konusunda çözüm sağlayacak ekiplere sahiptirler. Ancak söz konusu küçük ve orta büyüklükteki otomasyon firmalarının dünya devleri ile baş ederek uluslararası pazarlarda var olması ancak doğru kamu politikaları ve destekleri ile olası görülmektedir.

TÜİK verilerine göre imalat sanayinin gayrisafi yurtiçi hâsıla içindeki payının, 1998-2017 yılları arasında 4,8 puan azalarak %17,5’e gerilemiş olması otomasyon sanayi yatırımları için negatif bir etki yaratırken ‘imalat sanayinin sayısal dönüşümü’ hem imalat sanayilerinin verimliliğini artıracak hem de otomasyon kullanımına dolayısı ile otomasyon sanayinin güçlenmesine fırsat sunacaktır. Dolayısıyla imalat sanayinde otomasyonun yaygınlaşması ile artan verimlilik kamu politikalarının önceliği olmalıdır ama bu öncelik Türkiye’deki otomasyon firmalarının teknolojik yetkinliklerinin ve yenileşimci özelliklerinin artırılması doğrultusunda ele alınmalıdır. Aksi takdirde imalat sanayinde verimliliği artırma adına Türkiye yabancı otomasyon sektörleri lehine bir ithalat cennetine dönüşebilir. Bugün Türkiye’nin otomasyon sanayindeki ithalat-ihracat dengesi olumsuz bir görünüm sergilemektedir, Şekil 5.1.

Şekil 5.1 Sanayi Robotları Türkiye İhracat ve İthalat Değerleri, Bin ABD Doları



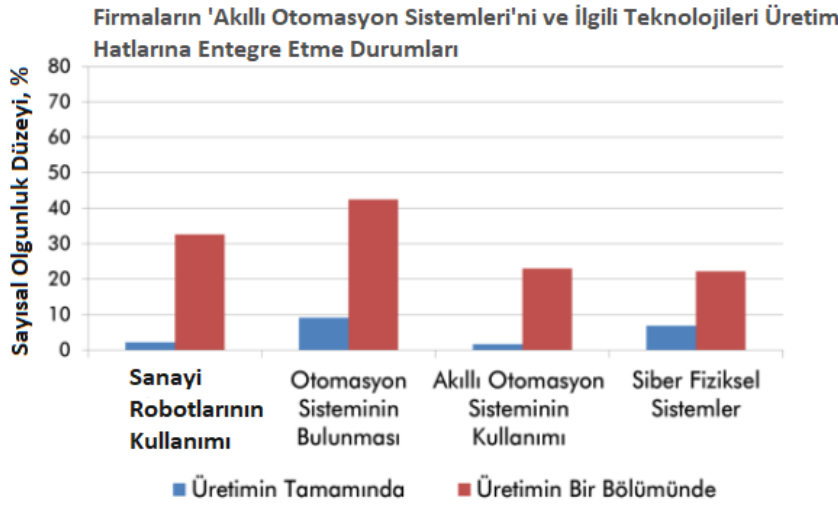
Kaynak: TradeMap

²⁷ Robotik Teknolojileri Sektör Raporu, STM, 2016 https://www.stm.com.tr/documents/file/Pdf/9.Robotik%20Teknolojileri_2016-08-03-11-00-47.pdf

5.2. TÜRKİYE’DE OTOMASYONUN KULLANIM YAYGINLIĞI

“Sayısal teknolojilerin kullanım alanları kapsamındaki otomasyon sistemleri ile ilgili olarak TÜBİTAK tarafından 2016 yılında Türkiye’deki işletmelerin akıllı üretim konularında ilgi ve entegrasyon seviyelerini ölçmek amacıyla ‘Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Kilit ve Öncü Teknolojiler Önceliklendirme Anketi’ gerçekleştirilmiştir. TÜBİTAK Ar-Ge destek programlarından faydalanan yaklaşık 1 000 yerli işletmenin katıldığı anketin analizlerine göre işletmelerde otomasyon teknolojilerinin kullanım durumları.”²⁸, Şekil 5.2’de gösterilmektedir.

Şekil 5.2 Türkiye’de Otomasyon Sistemlerinin Kullanım Durumu, 2016, %



Kaynak: TÜBİTAK, 2016

Türkiye’deki işletmelerin o tarih itibarıyla ağırlıklı olarak üretimlerinde kısmen otomasyon sistemleri kullandıkları ve işletmelerin sanayi robotlarından faydalanma oranlarının düşük olduğu dikkat çekici bulunmuştur. İşletmelerin yarıdan çoğu sanayi robotlarından faydalanmazken, sadece %4,8’i gelişmiş robotik sistemler kullanmaktadır, bu verimlilik açısından düşündürücü olmakla birlikte aynı veri Türkiye’de önemli bir otomasyon kurulum potansiyelinin bulunduğu da işaret etmektedir. Bunun nedeni yani Türkiye’de sayısal olgunluk düzeyinin istenen yerde olmaması; ortalama işgücü maliyetlerinin görece düşük olması dolayısı ile pahalı robotik sistem yatırımlarının mali açıdan yeterince çekici olmaması ile açıklanabilir. Ancak Şekil 5.3’de görüleceği gibi, Türkiye’de sanayi robotu kullanımı 2014’den itibaren hızlanan bir artış sergilemektedir. 2007-2018 Yılları arasında sanayi robotu kullanımının yıllık birleşik büyüme oranı (YBBO) yaklaşık %27 ile oldukça yüksek bir oranda seyretmiştir. Türkiye’de hali hazırda kurulu ve aktif çalışan toplam sanayi robotu adeti geçen yıllara göre artarak 2018 yılı sonunda yaklaşık 13 500 adede ulaşmıştır, Şekil 5.3.

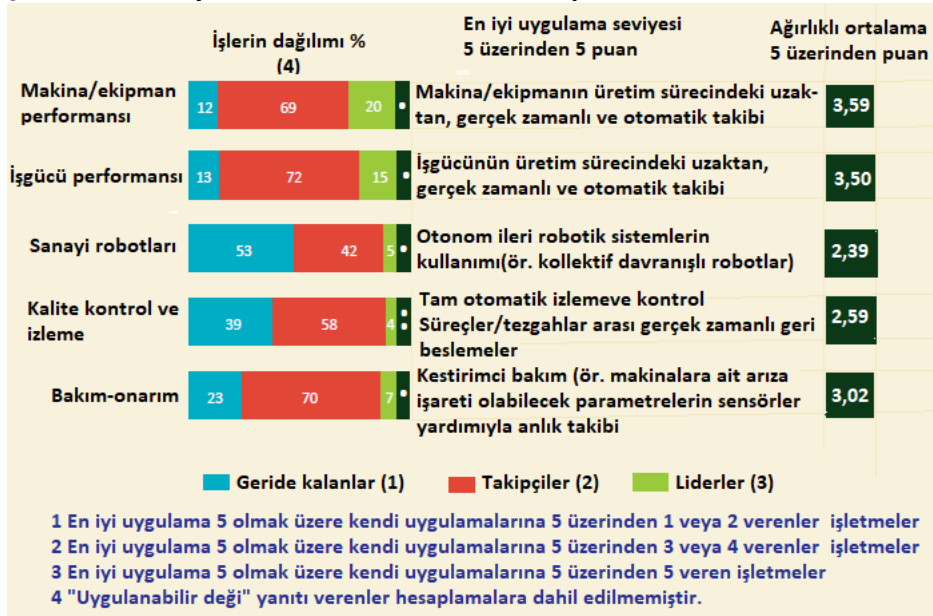
²⁸ Dijital Türkiye Yol haritası, Tübitak, 2019 https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf

Şekil 5.3 Türkiye’de Aktif Sanayi Robotu Kullanımı, Birim



Kaynak: ENOSAD

Şekil 5.4 Türkiye’de Firmaların Üretim Takip Durumu, 2016

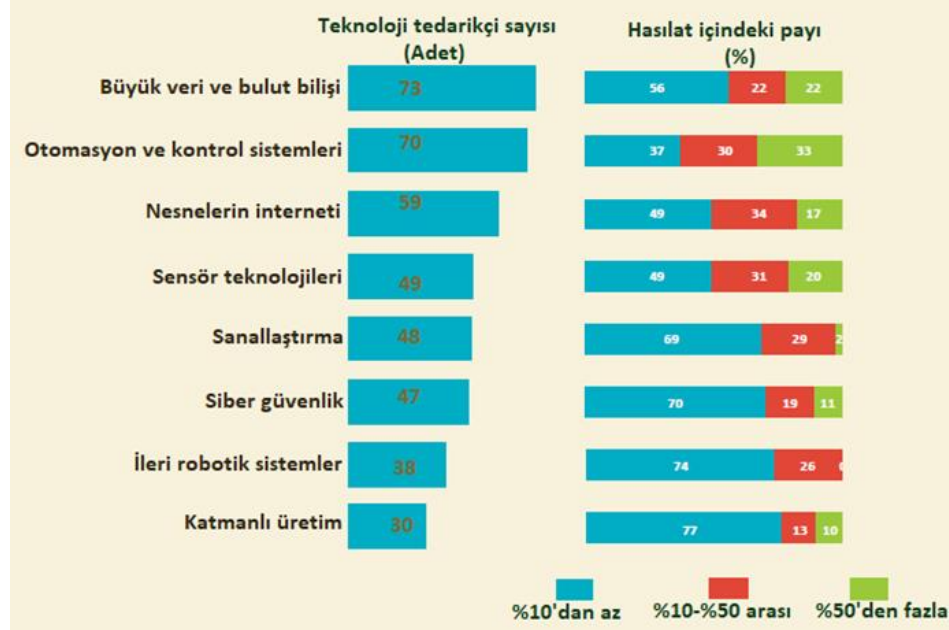


Kaynak: 2023 Dijital Türkiye Yol Haritası

Yukarıda sözü edilen TÜBİTAK Anket çalışmasından (Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Kilit ve Öncü Teknolojiler Önceliklendirme Anketi) çıkan diğer bir sonuç; Türkiye imalat sanayinde üretim faktörlerinin (makina ve işgücü) takibine çok önem verildiği, lider işletme oranının da yüksek olduğudur. Şekil 5.4’de görülebileceği gibi makina performansının takibi konusundaki ortalama sayısal olgunluk seviyesi 5 üzerinden yaklaşık 3,6 ve işgücü performansı takibi için 3,5 düzeyindedir. Öte yandan, bu uygulamalardaki yüksek takipçi şirket oranı istenen düzeyin altındadır; halen bu şirketler gerçek zamanlı uzaktan izleme ve takip ile anlık geri bildirimler kullanılarak verimlilik artışı sağlama ve duruş zamanını düşürmeye yönelik hususlarda önemli bir yol kat etmek durumunda gözükmektedirler.

Aynı ankette, otomasyon ve kontrol sistemleri tedarikçileri/ ithalatçıları ile ilgili sonuçlar da bulunmaktadır, Şekil 5.5. Buna göre ithal edilen sistemlerin ‘hasılatdaki’²⁹ ağırlıkları dengeli biçimde dağılmaktadır; hasılatın %37’sinde sistemlerin payı %10, hasılatın %30’unda %10-%50 arasında, hasılatın %33’ünde %50’den fazla otomasyon ve kontrol sistemlerinin payı bulunduğu dile getirilmiştir.

Şekil 5.5 Türkiye’deki Teknoloji Tedarikçilerinin(ithalatçıların) Durumu, 2016



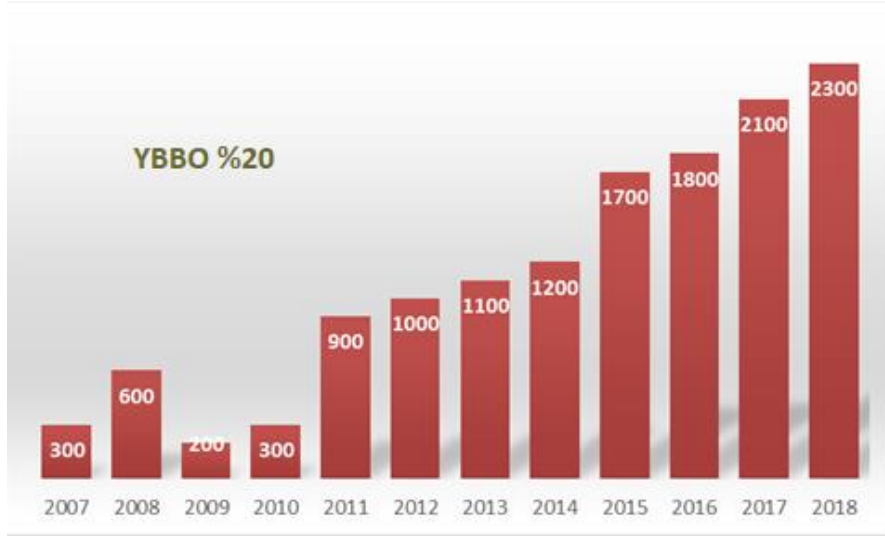
Kaynak: 2023 Dijital Türkiye Yol Haritası

5.3. TÜRKİYE’DE ROBOT KURULUMLARI

Türkiye sanayinde robot kurulumları 2016-2017 yılları arasında yaklaşık %17 artış göstermektedir, 2017 yılında robot kurulumu 2100’ü bulmuştur. Söz konusu rakamla, 2017’de 20. olan Türkiye 2018’de küresel sıralamada 21. olarak yer almaktadır. Türkiye’de sanayi robotları kurulumu 2007-2008 yılları arasında dikkat çekici bir büyüme oranı yakalamıştır, bu tarihler temel alındığında YBBO %20’dir, toplam sanayi robotu kurulumu 2018 yılında 2300 birime ulaşmıştır, Şekil 5.6.

²⁹ Buradaki hasılat üretim sonuçlarının parasal karşılığı olarak kabul edilmiştir.

Şekil 5.6³⁰ Türkiye’deki Sanayi Robot Kurulumu, Birim



Kaynak: ENOSAD

Türkiye’de kullanılan sanayi robotlarının sektörlere göre dağılımına bakıldığında ‘otomotiv parçaları ve motorlu taşıtların üretiminde’ robotların en fazla kullanıldığı görülmektedir. Sektör temelli dağılımda; Otomotiv Sanayi %39, Metal Sanayi %14, Plastik ve Kimya Sanayi %14, diğer %33 oranında pay almaktadır. Robot yoğunluğu dağılımı; imalat sanayinde 10 000 çalışan başına 27 sanayi robotu, otomotiv endüstrisinde 10 000 çalışan başına 194 sanayi robotu ve diğer sektörlerde 10 000 çalışan başına 17 sanayi robotu düşecek biçimdedir.

Şekil 5.7 Türkiye’de Sektör Temelli Sanayi Robotu Kurulumu, 2016-2018, Birim

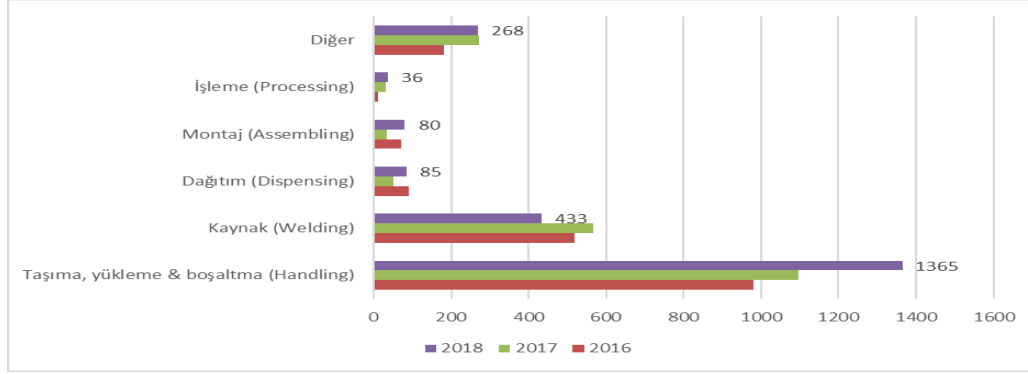


Kaynak: ENOSAD

Türkiye’de kullanılan sanayi robotlarının süreçlere göre dağılımına bakıldığında; robot kullanımının en yoğun olduğu süreç elleçlemedir. Bunu kaynak sürecinde kullanılan robotlar izlemektedir, Şekil 5.8.

³⁰ Şekil 5.4’deki rakamlar yuvarlatılmıştır.

Şekil 5.8 Türkiye’de Uygulama Alanı bazlı Sanayi Robotu Kurulumu, 2016-2018, Birim



Kaynak: ENOSAD

Türkiye’de kullanılan sanayi robotlarının türlerine göre dağılımı Tablo 5.1’de gösterilmiştir; en fazla kullanılan robotlar %80 gibi büyük bir oranla mafsallı/eklemlilerdir.

Tablo 5.1 Sanayi Robotlarının Tiplerine göre Kurulumu, Birim ve %

Birim/Yıl	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017/2016
Mafsallı/Eklemliler	773	901	960	1,342	1,435	1,701	19%
Lineer/Kartezyen/Gantry	197	206	242	292	314	281	-11%
Paralel	8	1	24	50	32	31	-3%
SCARA	17	28	20	21	59	37	-37%
Toplam	995	1,136	1,246	1,705	1,840	2,050	11%

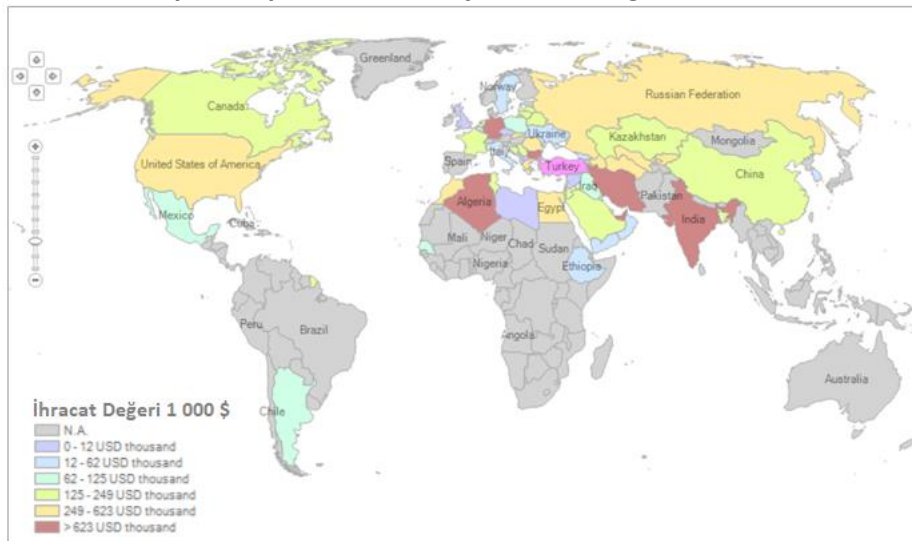
Kaynak: IFR

5.4. TÜRKİYE OTOMASYON SEKTÖRÜNDE İTHALAT, İHRACAT

Türkiye Sanayi Robotu İhracatı

Türkiye'nin sanayi robotu (GTİP kod 847950) ihracatı bu ürün için dünya ihracatının %0,2'sini temsil etmektedir, dünya ihracatındaki sıralaması ise 26’dır.

Şekil 5.9 Türkiye Sanayi Robotları İhraç Pazarları Dağılımı, 2018



Kaynak: TradeMap

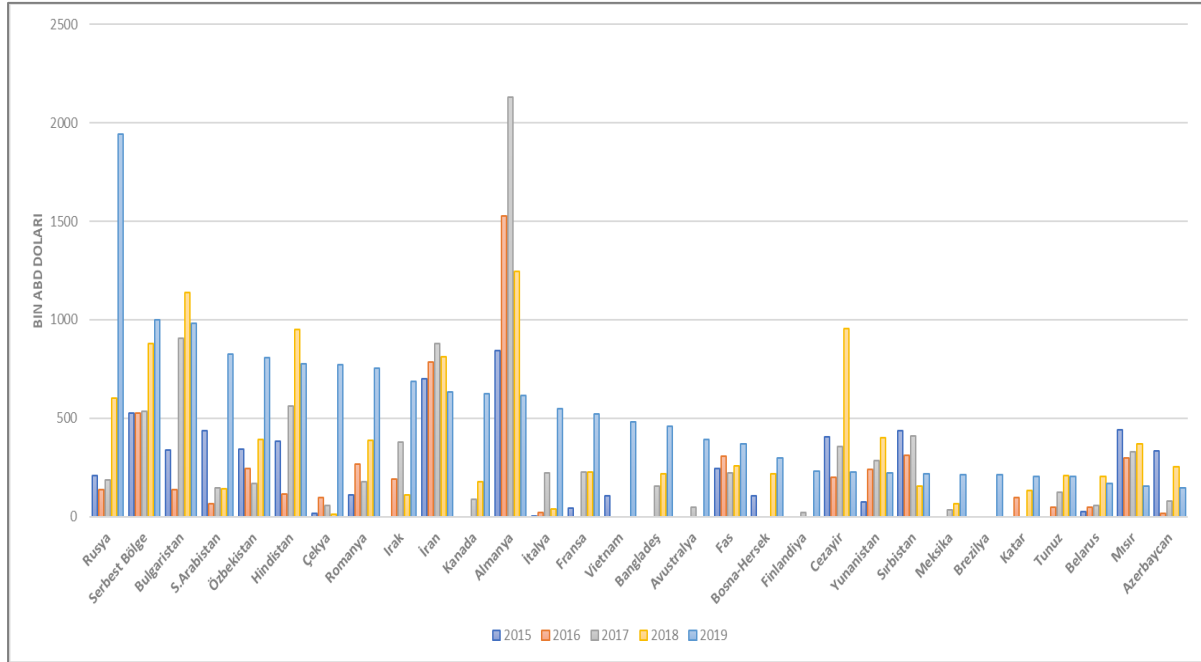
Türkiye'nin 2019 yılı ihracat değeri 2018 yılına göre %13 artış ile 17 Milyon ABD Doları olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 5.2 Türkiye Sanayi Robotları İhracat Değerleri ve Değişimi, %

İthalatçı Ülkeler	İhracat 2018 (Bin USD)	Ticaret Dengesi 2018 (Bin USD)	İhracat payı (%)	İhracat Miktarı - Ton 2018	Birim değeri (USD/birim)	İhracat değerinde değişim 2014-2018 (%)	İhracat miktarında değişim 2014-2018 (%)	İhracat değerinde değişim 2017-2018 (%)	Ülkenin toplam ithalat değerindeki değişim 2014-2018 (%)
Dünya	15132	-72155	100	612	24725	6	9	17	10
Almanya	1247	-9287	8.2	63	19794	2	0	-41	4
Bulgaristan	1139	336	7.5	38	29974	17	30	26	6
Cezayir	953	953	6.3	29	32862	46	56	167	29
Hindistan	952	895	6.3	35	27200	48	42	70	30
Serbest Bölgeler	877	272	5.8	20	43850	3	-15	64	6
İran	810	810	5.4	26	31154	-15	2	-8	15
BAE	770	770	5.1	24	32083	29	36	279	15
Rusya	602	602	4	30	20067	63	88	220	-2
Slovakya	450	260	3	16	28125				26
Kırgızistan	422	422	2.8	14	30143		59	179	135
Yunanistan	403	403	2.7	9	44778	23	22	41	9
Amerika	395	-329	2.6	11	35909	1	0	1217	24
Özbekistan	392	392	2.6	10	39200	-6	-14	131	
Romanya	388	388	2.6	16	24250	-17	-10	119	12
Mısır	371	371	2.5	25	14840	17	41	12	-11
Fas	259	259	1.7	15	17267	4	17	16	40
Azerbaycan	252	252	1.7	15	16800	-23	5	215	
Türkmenistan	250	250	1.7	5	50000			129	
İsrail	243	228	1.6	5	48600			14	14
Ürdün	237	237	1.6	6	39500	25	36	-27	68
Letonya	232	232	1.5	7	33143				29
Fransa	227	-10422	1.5	6	37833	-6	-22	0	7
Hollanda	224	-962	1.5	63	3556			-65	0
Kazakistan	221	221	1.5	8	27625				26
Bosna-Hersek	218	218	1.4	10	21800	-4	78		11
Bangladeş	217	217	1.4	5	43400			40	64
Tunus	208	208	1.4	4	52000	42	-53	70	6
Bela Rus	205	205	1.4	11	18636	52	33	260	22
Kanada	177	126	1.2	3	59000			106	9
Sırbistan	154	154	1	6	25667	-30	-24	-63	41

Kaynak: TradeMap verileri

Şekil 5.10 Türkiye Sanayi Robotları İhracat Pazarları Değişimi – 2019 yılı ihracatında ilk 30 Ülke



Tablo 5.3 Türkiye Sanayi Robotları İhracat Ülkeleri (İlk 20 Ülke, 2016-2019)

2019	2018	2017	2016
Rusya	Almanya	Almanya	Almanya
Serbest Bölge	Bulgaristan	Bulgaristan	İran
Bulgaristan	Cezayir	İran	İsveç
S. Arabistan	Hindistan	Hollanda	Ürdün
Özbekistan	Serbest Bölge	Hindistan	Serbest Bölge
Hindistan	İran	Serbest Bölge	Sırbistan
Çekya	BAE	Macaristan	Fas
Romanya	Rusya	Sırbistan	Mısır
Irak	Slovakya	Irak	Romanya
İran	Kırgızistan	Cezayir	Özbekistan
Kanada	Yunanistan	Güney Afrika	Yunanistan
Almanya	Amerika	Mısır	Cezayir
İtalya	Özbekistan	Ürdün	Irak
Fransa	Romanya	Yunanistan	Lübnan
Vietnam	Mısır	Fransa	Kırgızistan
Bangladeş	Fas	Fas	Belçika
Avustralya	Azerbaycan	İtalya	Bulgaristan
Fas	Türkmenistan	El Salvador	Rusya
Bosna-Hersek	İsrail	İsrail	Hindistan
Finlandiya	Ürdün	BAE	Çekya

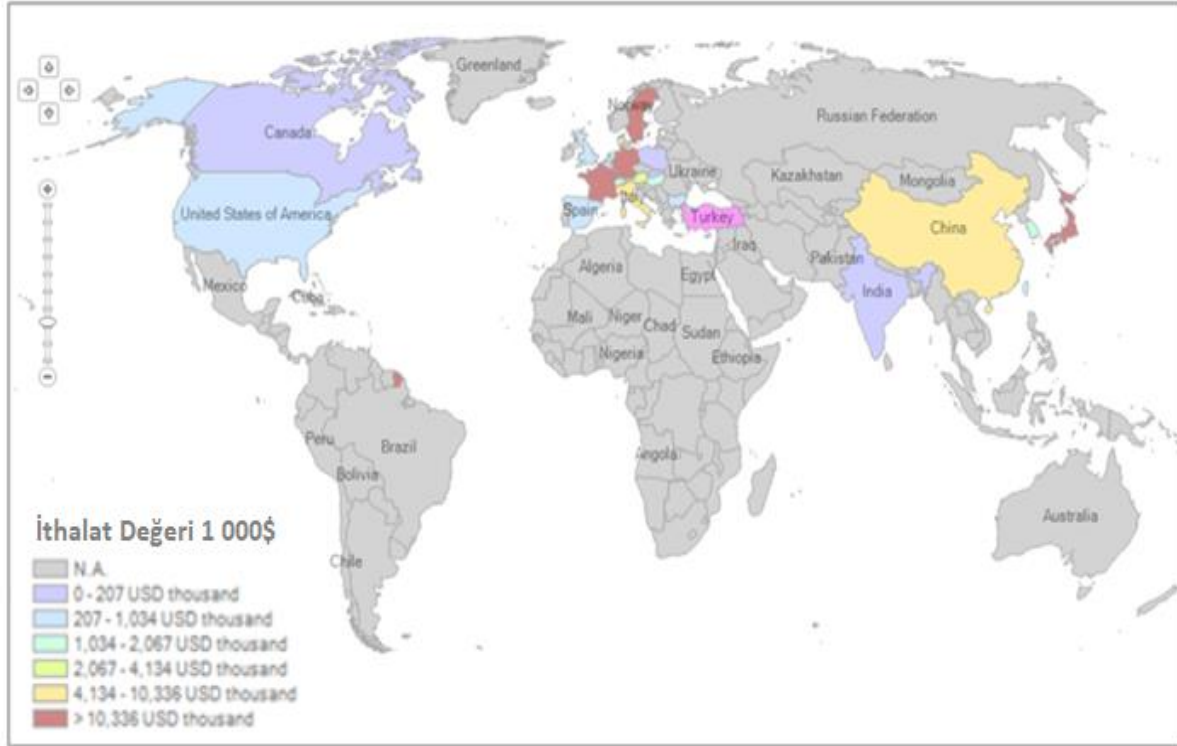
Not: 4 yıl ilk 20'de yer alan ülkeler kırmızı, 3 yıl ilk 20'de yer alan ülkeler yeşil renk ile gösterilmiştir.

Türkiye Sanayi Robotu İthalatı

IFR Raporunda, Türkiye'nin sanayi robotu kurulumları için gelecek vaat eden bir pazar haline geldiği, bunun nedenin otomobil ve ticari araçlar için üretim yeri olmasından kaynaklandığı belirtilmektedir; buna 2017 yılında Türkiye'de yaklaşık 1,7 milyon otomobil ve ticari araç üretildiği, ayrıca Türkiye'nin ekonomik olarak büyüdüğü ve oldukça genç nüfusa sahip avantajlı bir ülke konumunda olduğu da eklenmiş; robot yoğunluğuna bakıldığında Türkiye'nin hala çok düşük seviyede olduğuna da dikkat çekilmiş ve rakamların Türkiye'nin sanayi robotu pazarı için oldukça önemli ve büyüyen bir pazar olduğunu gösterdiği belirtilmiştir.

Türkiye'nin sanayi robotu (GTİP kod 847950) ithalatı bu ürün için dünya ithalatının %1,6'sını temsil etmektedir, dünya ithalatındaki sıralaması ise 18'dir.

Şekil 5.11 Türkiye Sanayi Robotları İthalat/Tedarik Pazarları Dağılımı, 2018



Kaynak: TradeMap

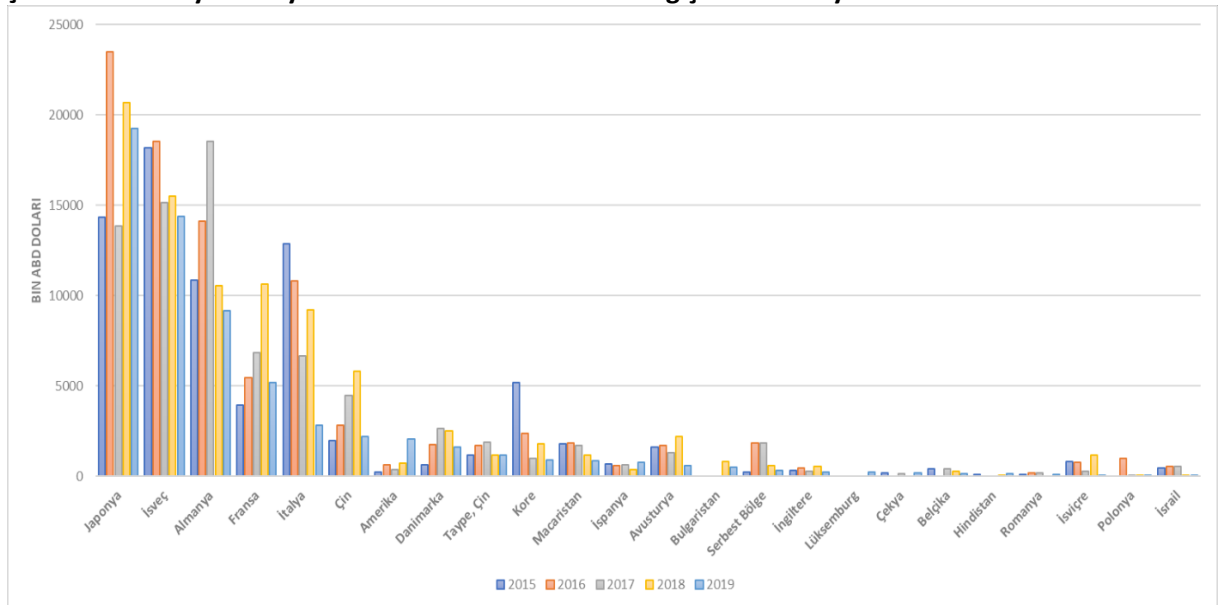
Türkiye'nin 2019 yılı ihracat değeri 2018 yılına göre %28 azalış ile yaklaşık 63 Milyon ABD Doları olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 5.4 Türkiye Sanayi Robotları İthalat Değerleri ve Değişimi (2014-2018)

İthalatçı Ülkeler	İthalat 2018 (Bin USD)	Ticaret Dengesi 2018 (Bin USD)	İthalat payı (%)	İthalat Miktarı - Ton 2018	Birim değeri (USD/birim)	İthalat değerinde değişim 2014-2018 (%)	İthalat miktarında değişim 2014-2018 (%)	İthalat değerinde değişim 2017-2018 (%)	Ülkenin toplam ihracat değerindeki değişim 2014-2018 (%)
Dünya	87287	-72155	100	2456	24725	-13	-9	-2	9
Japonya	20681	-20681	23.7	557	19794	11	6	49	11
İsveç	15507	-15492	17.8	562	29974	3	8	2	1
Fransa	10649	-10422	12.2	118	32862	38	21	56	14
Almanya	10534	-9287	12.1	419	27200	-30	-22	-43	5
İtalya	9200	-9163	10.5	211	43850	-16	-19	38	5
Çin	5837	-5700	6.7	219	31154	37	43	31	18
Danimarka	2524	-2524	2.9	7	32083	74	88	-5	63
Avusturya	2181	-2181	2.5	61	20067	2	-1	69	9
Kore	1789	-1764	2	53	28125	-56	-51	79	-1
Macaristan	1194	-1194	1.4	26	30143	-2	-2	-30	0
Hollanda	1186	-962	1.4	23	44778	77	80	268	29
Taype, Çin	1176	-1176	1.3	35	35909	4	4	-37	22
İsviçre	1162	-1162	1.3	47	39200	2	60	316	-4
Bulgaristan	803	336	0.9	46	24250	92	160		62
Amerika	724	-329	0.8	10	14840	1	-23	105	15
Serbest Bölge	605	272	0.7	8	17267	25	-3	-67	25
İngiltere	563	-557	0.6	7	16800	-8	-27	104	19
İspanya	350	-350	0.4	18	50000	36	14	-47	11
Belçika	301	-272	0.3	3	48600	29	32	-29	12

Kaynak: TradeMap verileri

Şekil 5.12 Türkiye Sanayi Robotları İthalat Pazarları Değişimi – 2019 yılı ihracatında ilk 30 Ülke



Kaynak: TradeMap

Tablo 5.5 Türkiye Sanayi Robotları Tedarikçi-İthalatçı Ülkeleri (İlk 20 Ülke, 2016-2019)

2019	2018	2017	2016
Japonya	Japonya	Almanya	Japonya
İsveç	İsveç	İsveç	İsveç
Almanya	Fransa	Japonya	Almanya
Fransa	Almanya	Fransa	İtalya
İtalya	İtalya	İtalya	Fransa
Çin	Çin	Finlandiya	Çin
Amerika	Danimarka	Norveç	Kore
Danimarka	Avusturya	Çin	Serbest Bölge
Taype, Çin	Kore	Danimarka	Macaristan
Kore	Macaristan	Taype, Çin	Danimarka
Macaristan	Hollanda	Serbest Bölge	Avusturya
İspanya	Taype, Çin	Macaristan	Taype, Çin
Avusturya	İsviçre	Avusturya	Polonya
Bulgaristan	Bulgaristan	Kore	İsviçre
Serbest Bölge	Amerika	İspanya	Amerika
İngiltere	Serbest Bölge	İsrail	İspanya
Lüksemburg	İngiltere	Belçika	Kanada
Çekya	İspanya	Amerika	İsrail
Belçika	Belçika	Hollanda	İngiltere
Hindistan	Slovakya	İsviçre	Singapur

KAYNAKLAR:

1. ARK Investment Management LLC-Ark Invest, “Why Invest in Autonomous Technology and Robotics?”, 2020
2. ARK Investment Management LLC-Ark Invest, “Big Ideas”, 2020
3. Deloitte, “2020 Consumer Products Industry Outlook”, 2020
4. Adrian Lloyd, “A New Vision of Intellegent Automation”, 2020
5. IFR- International Federation of Robotics, “Executive Summary World Robotics 2019”
6. Doç. Dr. Dilek Kurt, Dr. Öğr. Üyesi Ümit Bozoklu, Sosyal Bilimler Metinleri, Yıl: 2019, Sayı: 01; “Robot Ekonomisinin Yükselişi”
7. Mc Kinsey &Company, “Changing Market Dynamics-Capturing Value in Machinery and Industrial Automation”, 2019
8. Roland Berger, “Industrial Automation Perspective”, 2019
<https://www.slideshare.net/SvenSiepen/roland-berger-industrial-automation-perspective-2019-151741947>
9. R. Szewczyk, C. Zieliński, M. Kaliczyńska; “Automation 2019: Progress in Automation, Robotics and Measurement Techniques”, 2020
10. MAKFED; “Makine İmalat Sektörü, Türkiye ve Dünya Değerlendirme Raporu 2019”
11. Türkonfed, SEDEFED; “Dijital Anadolu 2: Sektör Bazlı Dijital Dönüşüm Yol Haritası”, 2019
12. Microsoft Dynamics 365, “2019 Manufacturing Trends Report”, 2018
13. Sophie Proust-ATOS, “Look Out 2020+ Tech Trends”, 2018
14. PwC, “Will Robots Really Steal Our Jobs? An International Analysis of The Potential Long Term Impact of Automation”, 2018
15. Carlos Eduardo Barateiro - Technical Paper in the Rio Oil & Gas Expo and Conference 2018; “4.0 Industrial Internet of Things and Automation for Process Control: Pursing the Operational Excellence”

16. McKinsey Global Institute, "A Future That Works: Automation, Employment and Productivity", 2017
17. A.K.Gupta, S.K. Arora, Rieascher Westcott, "Industrial Automation and Robotics", 2017
18. M. Arda Mevlütoğlu-STM, "Robotik Teknolojileri Sektör Raporu", 2016
19. Boston Consulting Group (BCG), "Robotlar Rekabetçiliği Nasıl Yeniden Tanımlayacak?", 23 Eylül 2015
20. Abdallah Hussein Khamis, Adil Utembayev, Mohd Ridzwan Nordin, Ricardo Victorero, Samer Abughannam; "The Massachusetts Robotics Cluster", 2012
21. M. Karaçor, K. Keleş, "Otomasyon Sistemlerinin Bileşenleri", 2007
22. IDC Technologies, "Industrial Automation-Pocket Guide on Industrial Automation", 2015
23. OECD, "The Future of Productivity", 2015
24. Boston Consulting Group (BCG), "The Robotics Revolution-The Next Great Leap in Manufacturing", 2015
25. R.L. Shell, E. L. Hall; "Handbook of Industrial Automation", 2009
26. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı-TÜBİTAK, "Dijital Türkiye Yol Haritası", 2018
https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf
27. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, "2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi", 2019
28. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı On Birinci Kalkınma Planı, 2019
<http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>
29. <https://www.iso.org/standard/55890.html>
30. M. Arda Mevlütoğlu-TM, "Robotik Teknolojileri Sektör Raporu: Robotik, Otomasyon ve Yapay Zekâ", 2015
https://www.stm.com.tr/documents/file/Pdf/9.Robotik%20Teknolojileri_2016-08-03-11-00-47.pdf
31. <https://www.electricaltechnology.org/2015/09/what-is-industrial-automation.html>
32. <https://www.plantaautomation-technology.com/articles/top-industrial-robotics-companies-in-the-world>
33. <https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/industrial-automation-market.htm>
34. <https://www.hexaresearch.com/research-report/industrial-automation-market>
35. <https://www.veraciousstatisticsresearch.com/research-study/factory-automation-market/>

EKLER

EK 1. Türkiye’de Ar-Ge ve Yenileşim/İnovasyon Destek Programları

- TÜBİTAK 1501 Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı
<https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1501-tubitak-sanayi-ar-ge-projeleri-destekleme-programi>
- TÜBİTAK 1507 KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı
<https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1507-tubitak-kobi-ar-ge-baslangic-destek-programi>

- TÜBİTAK 1505 Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı
<https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1505-universite-sanayi-isbirligi-destek-programi>
- TÜBİTAK 1511 Öncelikli Alanlar Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik P. D. P.(Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı)
<https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1511-tubitak-oncelikli-alanlar-arastirma-teknoloji-gelistirme-ve-yenilik-p-d-pteknoloji-odakli>
- SAYEM-Sanayi Yenilik Ağ Mekanizması
<https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-sayem-sanayi-yenilik-ag-mekanizmasi>
- TÜBİTAK 1602 Patent Destek Programı
<https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1602-tubitak-patent-destek-programi>
- KOSGEB AR-GE, Teknolojik Üretim ve Yerlileştirme Destekleri
<https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekler/6313/arge-teknolojik-uretim-ve-yerlilestirme-destekleri>
- KOSGEB Stratejik Ürün Destek Programı
<https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekdetay/6492/stratejik-urun-destek-programi>
- Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi- HAMLE Destek Programı <http://www.hamle.gov.tr/>
- Markalaşma Desteği- Turquality <https://www.turquality.com/>

Ar-Ge ve yenileşimi desteklemek amaçlı uluslararası destek programları:

- TÜBİTAK 1509 Uluslararası Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı
<https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/uluslararasi-ortakli-destek-programlari/icerik-1509-tubitak-uluslararasi-sanayi-ar-ge-projeleri-destekleme-programi>
 - EUREKA (Avrupa Sanayi-Sanayi İş birlikleri Ağı)
 - ERA-NET (European Research Area)
- TÜBİTAK UFUK 2020 (HORIZON 2020) Destekleri <https://ufuk2020.org.tr/tr>
- TÜBİTAK Ağlara Üyelik Desteği <https://ufuk2020.org.tr/tr/destekler/aglara-uyelik-destegi>
- TÜBİTAK Seyahat Desteği Programı <https://ufuk2020.org.tr/tr/destekler/seyahat-destegi-programi>
- TÜBİTAK Koordinatörlüğü Destekleme Programı
<https://ufuk2020.org.tr/tr/destekler/koordinatörlugu-destekleme-programi>

EK 2. Otomasyon/Robotik Alanında Faaliyet Gösteren Araştırma Merkezleri

Türkiye’de bünyesinde makina, elektronik ve/veya mekatronik mühendisliği bulunan neredeyse tüm üniversitelerin otomasyon/robotik laboratuvarı bulunmaktadır. Bu laboratuvar ve tesislerin büyük kısmı, ders ve temel araştırma faaliyetlerini destekleyici niteliktedir. Endüstri ile entegre olan, öne çıkan bazı araştırma merkezleri aşağıda listelenmiştir:

- Boğaziçi Üniversitesi Yapay Zekâ Laboratuvarı
- Boğaziçi Üniversitesi Algısal Zekâ Laboratuvarı
- Bahçeşehir Üniversitesi Robotik Laboratuvarı: www.baurobotics.com
- Ortadoğu Teknik Üniversitesi ATLAS Disiplinler arası Robotik Araştırma Laboratuvarı: <http://www.metu.edu.tr/tr/video/atlas-disiplinlerarasi-robotik-arastirma-laboratuvari>
- Sabancı Üniversitesi Bilişsel Robotik Laboratuvarı: <http://cogrobo.sabanciuniv.edu/>
- İstanbul Teknik Üniversitesi Mekatronik Eğitim ve Araştırma Merkezi: <http://www.meam.itu.edu.tr/lab.html>
- İstanbul Teknik Üniversitesi Yapay Zekâ ve Robotik Laboratuvarı: <http://air.cs.itu.edu.tr/>
- Hacettepe Üniversitesi Robot Topluluğu: <http://robot.ee.hacettepe.edu.tr/>
- Özyeğin Üniversitesi Robotik Laboratuvarı: <http://roboti-cs.ozyegin.edu.tr/>
- Atılım Üniversitesi Robot Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi RoTAM: <http://rotam.atilim.edu.tr/>
- Gebze Teknik Üniversitesi Robotik ve Kontrol Laboratuvarı: <http://www.gyte.edu.tr/kategori/1803/10/robo-tik-ve-kontrol-laboratuvari.aspx>
- Üsküdar Robot ve Teknoloji Araştırmaları Merkezi: <http://urotam.com/>

EK 3. Sektördeki Şemsiye Kuruluşlar

Türkiye’de sanayi otomasyonu ve Endüstri4.0-sayısal dönüşüm ile ilgili şemsiye kuruluşların listesi aşağıda listelenmiştir.

- Endüstriyel Otomasyon Sanayicileri Derneği - ENOSAD (<http://enosad.org.tr/tr>)
- Bilişim Sanayicileri Derneği -TÜBİSAD (<http://www.tubisad.org.tr/tr/>)
- Robotik ve Yüksek Teknolojili Üretim Sistem Entegratörleri Derneği-ROBODER (<https://roboder.org.tr/>)
- ROBOTEL Türkiye Derneği (<http://www.sabancivakfi.org/tr/sosyal-degisim/robotel-turkiye-dernegi>)
- Mekatronik Mühendisleri Derneği – MEKMUHDER (<https://www.mekatronik.org.tr/>)
- Makine İmalat Sanayii Dernekleri Federasyonu – MAKFED (<http://www.makfed.org/>)
- Makine İmalatçıları Birliği- MİB (<https://www.mib.org.tr/>)
- Dijitalleşme ve Endüstri4.0 Derneği- Digit4Turkey (<https://digit4turkey.org/>)
- Endüstri 4.0 Dijital Dönüşüm Derneği (<http://endustri40.org.tr/index.html>)
- Türkiye Bilişim Derneği – TBD (<https://www.tbd.org.tr/>)