

ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN YAPILARI, KULLANIM ALANLARI VE MARKET İSTATİSTİKLERİ

Hikmet KOCA¹ **Mustafa DOĞAN²** **M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU¹**
hkoca@gazi.edu.tr mudogan@baskent.edu.tr taplam@gazi.edu.tr

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Maltepe, Ankara

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Başkent Üniversitesi, Bağcılar Kampüsü, Ankara.

ABSTRACT

An industrial robot is a multi functional programmable manipulator designed for carrying devices, parts and tools. Recent years, robotic manipulators begin to use for various places and industrial applications. In this work, robotic manipulators are analyzed in terms of its tools, operating parameters, structures, industrial applications and marketing statistics. Finally, importance and usage of robot manipulators in Turkey is explained.

Key Words: Industrial robots, robot manipulators.

1. ENDÜSTRİYEL ROBOTUN TANIMI

ISO 8373:1994 tarafından verilen tanıma göre endüstriyel robot: Üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, tekrar programlanabilir, çok amaçlı manipulatördür [1].

Diğer bir tanım ise, ANSI/RIA R15.06-1999'a göre; Robot Güvenlik Standardına göre endüstriyel robot: Üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, tekrar programlanabilir, bir yerde sabit duran veya tekerlekleri olan endüstriyel uygulamalarda kullanılan çok amaçlı manipulatördür [2].

Yukarıdaki tanımlara dayanarak endüstriyel robot manipulatörler kısaca, robot sistemlerinin üretim-imalat için tasarımı ve kullanımı olarak tanımlanabilir.

2. ENDÜSTRİYEL ROBOTU MEYDANA GETİREN KISIMLAR

– Bir mekanik yapı ya da eklemlerle birbirine bağlanmış sıralı katı cisimlerden (uzuvlardan) oluşan bir manipulatör; serbestliği sağlayan bir koldan (arm), el becerisi sağlayan bir

bilekten (wrist) ve robotun yapması gereken görevi tamamlayan uç elemanından (end-effector) oluşmaktadır.

- Eklemlerin konumlandırılması manipulatörün hareketini sağlayan hareketlendiriciler için genellikle elektrikli motorlar, hidrolik ve pnömatik devindiriciler (actuator) kullanılır.
- Manipulatörün durumunu gözleyen algılayıcılar ve gerekirse çevrenin durumunu gözleyen algılayıcılar (sensors).
- Manipulatör hareketini denetleyen ve yöneten bir denetim sistemi (computer) [3].

3. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN TANIMLAMA PARAMETRELERİ

- Eksen Sayısı (Number of Axes): Bir düzlemde herhangi bir noktaya ulaşmak için iki eksen gereklidir; uzayda herhangi bir noktaya ulaşmak için üç eksen gereklidir. Robotun uç elemanının yön kontrolü için üç ya da daha fazla eksene ihtiyaç vardır.
- Serbestlik Derecesi (Degrees of Freedom): Genellikle eksenler ile aynı sayıdadır. Robotun ucunun uzayda istenilen pozisyonda konumlanması

için üç, istenilen yönde konumlanması için ise üç olmak üzere toplam altı serbestlik derecesine ihtiyaç vardır.

- Çalışma Alanı (Workspace): Robotun ulaşabildiği bölge.
- Kinematik (Kinematics): Robotun yapabileceği hareketleri belirleyen, robot üzerindeki katı cisimlerin, eklemlerin düzen ve sıralaması.
- Taşıma Kapasitesi (Payload): Robotun taşıyabileceği maksimum yük.
- Hız (Speed): Robotun ucunu konumlandığı maksimum hızdır. Bu hız robotun her bir ekleminin ya da ucunun açısal veya doğrusal hızı olabilir.
- İvme (Acceleration): Robotun bir ekleminin maksimum ivmesidir. Bu bir sınırlayıcı etken olduğundan dolayı robot küçük mesafelerde ya da yönünün sıklıkla değiştiği hareketlerde maksimum hızına ulaşamayabilir.
- Doğruluk (Accuracy): Robotun konumlanması istenilen noktaya ne kadar yaklaşabildiğini gösterir. Doğruluk robotun hızı, çalışma alanındaki yeri ve yükü ile değişebilir. Robotun kalibre edilmesi ile iyileştirilebilir.
- Tekrarlama Kabiliyeti (Repeatability): Robotun daha önce ulaştığı bir noktaya dönebilmesi ile ilgili ölçüdür [4].

4. MANİPÜLATÖR YAPILARI

Bir manipülâtörün temel yapısı açık kinematik zincirdir (open kinematic chain). Bir manipülâtörün iki ucu sadece bir dizi uzuvla birbirine bağlanıyorsa açık kinematik olarak adlandırılır. Buna alternatif olarak, manipülâtörün uzuvları kapalı bir döngü oluşturuyorsa bu manipülâtör kapalı kinematik zincir yapısındadır.

Manipülâtörün hareket kabiliyeti eklemler ile sağlanır. Temel (base) eklemden başlayarak eklemlerin tipleri ve sıralanışları manipülâtörlerin: kartezyen

(cartesian), silindirik (cylindrical), küresel (spherical), SCARA ve mafsallı (anthropomorphic) olarak sınıflandırılmasına imkân verir.

4.1. Kartezyen (Cartesian) manipülâtör

Kartezyen geometri, birbirine dik olan üç tane prizmatik (prismatic) eklem kullanılarak elde edilir. Basit geometrisinden dolayı her bir eksen kartezyen uzayda birer serbestlik derecesine karşılık gelmektedir ve böylelikle uzayda istenilen hareketler kolayca yerine getirilebilir. Kartezyen geometri çok iyi derecede mekanik dayanıma sahiptir. Bileğin pozisyon doğruluğu çalışma alanının her yerinde sabittir. Çalışma alanı ise paralelyüz tarafından çevrilmiş bölgedir [3].

Bu yapı büyük hacimde çalışma alanına, büyük boyut ve kütledeki malzemelerin manipülasyonuna imkân verir. Yük taşıma kapasitesi diğer robot türlerine göre daha büyüktür. İnsan gücünün taşıma kapasitesini aşan yüklerin taşınmasında kullanılır. Bu nedenle genellikle yük araçlarına, yükleme ve boşaltma işlerinde, fabrikalar da ağır yükleri taşımak amacı ile fabrikaların tavanlarına monte edilerek kullanımı yaygındır.

4.2. Silindirik (Cylindrical) manipülâtör

Silindirik geometri bir tane döner (revolute) ve iki tane prizmatik eklem kullanılarak elde edilir. Eğer robotun yerine getireceği görev silindirik koordinatlarda tanımlanırsa her bir eklem birer serbestlik derecesine karşılık gelmektedir. Manipülâtörün silindirik yapısı iyi derecede mekanik dayanıma sahiptir. Bileğin pozisyon doğruluğu yatay harekete bağlı olarak değişir [3].

Robotun kullanım alanı ve yük taşıma kapasitesine göre hidrolik, pnömatik veya elektrik tahrikli olarak kullanılmaktadır. Silindirik robot kollar nemli, rutubetli ve tozlu ortamlarda, deniz altı, uzay gözlem

araçlarında ve nokta kaynağı işlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.3. Küresel (Spherical) manipülötör

Küresel geometri iki tane döner ve bir tane prizmatik eklem kullanılarak elde edilir. Robotun görevi küresel koordinatlarda tanımlandığında her eklem birer serbestlik derecesine karşılık gelmektedir. Bu yapılarıdaki manipülötörlerin mekanik sertliği yukarıda bahsedilen her iki manipülötörden de daha düşüktür. Bileğin pozisyon doğruluğu radyal harekete bağlı olarak değişir [3].

Hidrolik tahrik sistemine sahip olan küresel robot kollar eğme, bükme işlerinde, kameralı izleme işlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca sarkaç robot olarak da küçük bir moment ile hareketlerini devam ettiren bu robotlar kaynak ve yapıştırma işlemlerinde kullanılırlar [3].

4.4. SCARA manipülötör

SCARA (Selective compliance assembly robot arm) geometrisi iki tane döner ve bir tane prizmatik eklem kullanılarak elde edilir. Bu yapıda bütün eklemler birbirlerine paralel şekilde hareket ederler. Bileğin pozisyon doğruluğu, bilek birinci eklemden uzaklaştıkça azalır [3].

Hız ve konum performansı çok iyi olduğundan dolayı bu robot kol en çok elektronik sanayinde, elektronik kartlara malzemelerin montajını gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. Tutma ve taşıma işlerinde maliyetinin ucuz olmasından ve programlanmasının kolay olmasından dolayı çok kullanılmaktadır.

4.5. Mafsallı (Anthropomorphic) manipülötör

Mafsallı geometri üç tane döner eklem kullanarak elde edilir. Birinci eklem diğer iki ekleme dik olacak şekilde tasarlanmıştır, ikinci ve üçüncü eklem ise birbirlerine paraleldirler. İnsan koluna

benzerliğinden dolayı ikinci eklem omuz (shoulder), üçüncü eklem ise dirsek (elbow) olarak adlandırılır. Bu geometrideki robotların üç eklemi de döner yapıda olduğundan yukarıda bahsedilen robotlardan daha çok hareket kabiliyetine sahiptirler [3].

Yapılacak uygulamanın niteliğine göre robot kolun eksen sayısı tercihi yapılmalıdır. Daha basit işlemlerin uygulanmasında 3 eksenli robot kol yeterli gelmekte iken daha karmaşık ve çok fonksiyonlu bir uygulama işleminde 3 eksenli robot kol yeterli olmamaktadır. Uygulanan işlemler karmaşıktıkça mafsalsal sayısının artması gerekmektedir. Mafsalsal sayısının artması robotun hareket serbestliğini arttırmaktadır.

5. ROBOTLARIN KULLANILDIĞI ENDÜSTRİ KOLLARI

Robotların kullanım alanları ve kullanım alanlarındaki uygulamaları IFR (Uluslararası Robot Federasyonu) tarafından ISIC (International Standart Industrial Classification of all Economic Activities)'e göre sınıflandırılmıştır. Buna göre, robotların kullanıldığı endüstri kolları [5];

- Tarım, ormancılık, hayvancılık
- Maden işleme
- Gıda
- Tekstil, deri ve konfeksiyon
- Ağaç işleme, mobilyacılık
- Kâğıt, kâğıt ürünleri ve matbaa, basın sektörü
- Kimyasallar, petrol ve plastik ürünler imalatı
- Seramik ve metal olmayan mineral ürünler
- Temel metaller
 - o Metal ürün imalatı (makine imalatı hariç)
 - o Makine imalatı (elektrikli ürünler hariç)
- Elektrikli ürün imalatı
- Taşımacılık sektörü

- Motorlu imalat ve otomobil imalatı
- Uçak ve hava taşıtları imalatı
- Hassas ve optik aletler imalatı
- Diğer imalat sektörleri
- Elektrik, gaz ve su dağıtım sektörü
- Yapı ve inşaat sektörü
- Eğitim
- Temiz oda
- Tıp
- Araştırma ve geliştirme

6. DÜNYA ROBOT MARKETİ İSTATİSTİKLERİ

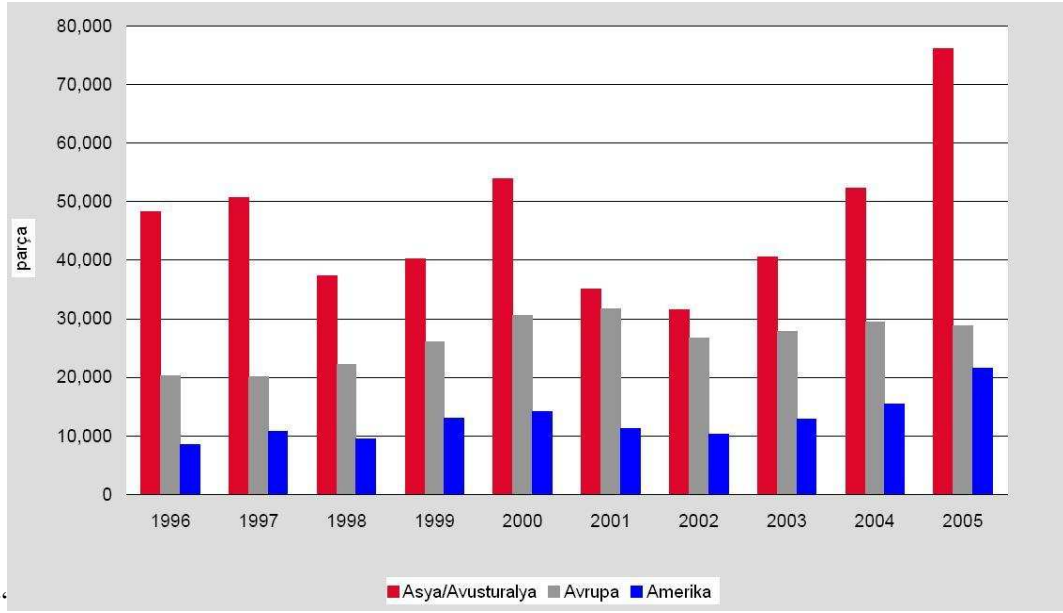
Dünya Robot Marketi (World Robotics 2006) raporuna göre yaklaşık 126,700 yeni endüstriyel robotun kurulmasıyla beraber 2005 senesinde robot satışları en yüksek değerine ulaşmıştır. Bu değer 2004 senesinde yapılan satışlardan %30 fazladır. 2005 senesi satış değerleri şimdiye kadar kayıt edilmiş en büyük yıllık satış değeridir. Bununla birlikte robot endüstrisindeki gelişmeler üç büyük endüstri bölgesinde Avrupa, Amerika ve Asya'da farklılıklar göstermektedir.

Asya ve Amerika'da robotik yatırımlarında hızlı bir artış yaşanırken aynı durum Avrupa için geçerli değildir. Otomotiv sektörü bu üç sanayi bölgesindeki sonuçları etkilemektedir. Asya'da otomotiv sektörüne ek olarak elektronik parça endüstrisi, haberleşme teçhizatı endüstrisi ve bilgisayar endüstrisi 2004 senesinde görülen ilerlemeyi desteklemektedir. Endüstriyel robotların yıllık kurulumu için tahmini değerler Şekil 1'de verilmiştir [6].

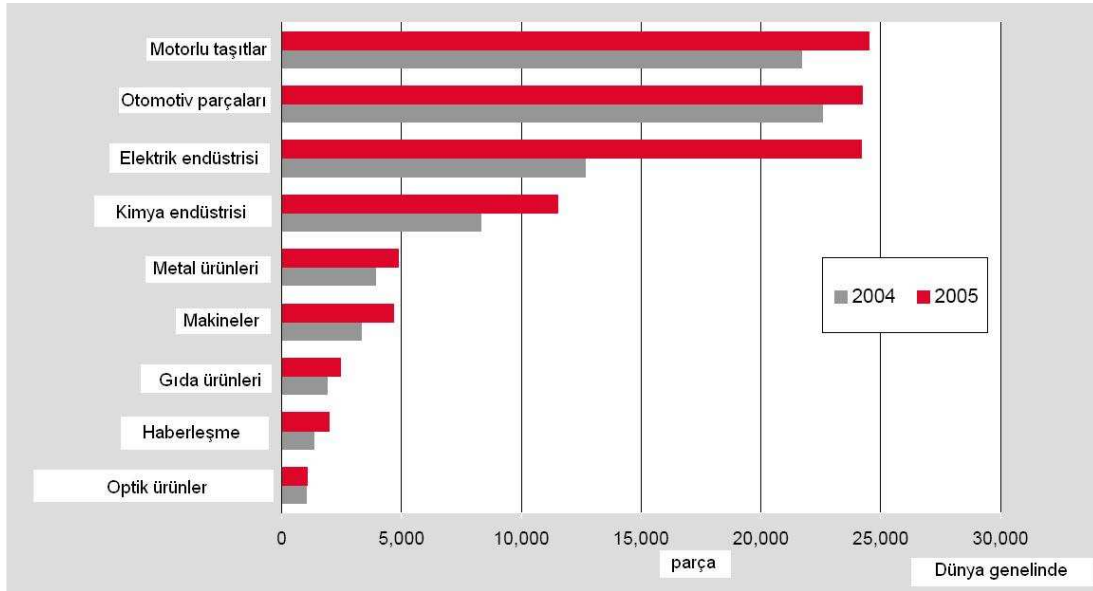
Otomotiv sektörünün haricinde diğer sektörlerde endüstriyel robotlara olan talep sürekli artmaktadır: Plastik ve kauçuk, gıda ve paketlenme, ev eşyaları, ahşap ve mobilya, cam ve seramik üretimlerindeki robot kullanımındaki artış devam etmektedir. Endüstriyel robotların 2004–2005 yıllarındaki ana endüstri kollarındaki kurulumu için tahmini değerler Şekil 2'de verilmiştir.

Dünya genelindeki endüstride hâlihazırda kullanılan endüstriyel robotların 2005 yılı sonundaki tahmini sayısı minimum 923,000 adet ve maksimum ise 1,120,000 adettir.

Endüstriyel robotların 2004–2005 yılı için kurulum ve mevcut kullanılma sayıları ve 2006–2009 yılları için tahmin değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Endüstriyel robotların yıllık kurulumu [6].



Şekil 2. Robotların ana endüstri kollarındaki kurulumu (2004–2005) [6].

Çizelge 1. Endüstriyel robotların kurulum ve mevcut kullanılma değerleri (2009 yılı için verilen değerler tahmindir) [6].

Ülke	Yıllık Kurulum				Yıl Sonunda Mevcut Kullanılan			
	2004	2005	2006	2009	2004	2005	2006	2009
Amerika	15400	21555	17200	20100	126961	143203	153500	182500
Brezilya	208	320			2352	2672		
Kuzey Amerika	15170	21136	16500	19100	123663	139553	149400	176000
Amerika (Diğer)	22	99			946	978		
Asya/Avustralya	52311	76047	65000	76000	443193	481664	502000	583000
Çin	3493	4461			7096	11557		
Hindistan	369	450			619	1069		
Endonezya	74	193			121	314		
Japonya	37086	50501	40000	46000	356483	373481	372000	388500
Malezya	250	243			1452	1695		
Filipinler	65	80			93	173		
Kore Cumhuriyeti	5457	13005			51302	61576		
Singapur	244	424			5443	5463		
Tayvan	3680	4096			11881	15464		
Tayland	757	1458			1014	2472		
Vietnam	14	99			14	113		
Asya (Diğer)	170	124			3505	3349		
Avustralya/Yeni Zelanda	652	913			4170	4938		
Avrupa	29409	28863	28200	33800	279019	297374	307700	345400
Avusturya	545	485			3907	4148		
Belçika/Hollanda/Lüksemburg	536	1097			8749	9362		
Danimarka	296	354			2342	2661		
Finlandiya	401	556			3712	4159		
Fransa	3009	3275	3000	3700	28133	30434	32200	37900
Almanya	13401	10506	10700	13000	120544	126725	132300	142700
İtalya	5679	5425	5100	6200	53244	56198	58900	66400
Norveç	61	115			724	811		
Portekiz	211	144			1488	1542		
İspanya	2826	2649			21893	24081		
İsveç	833	939			7341	8028		
İsviçre	310	442			3539	3732		
Türkiye	24	207			196	403		
İngiltere	785	1363	800	1200	14176	14948	14700	14300
Merkezi/Batı Avrupa	419	1149			8372	9337		
Avrupa (Diğer)	73	157			659	805		
Afrika	87	204	220	250	430	634	900	1600
Toplam	97207	126669	110620	130150	849603	922875	964100	1112500

7. ROBOT TEKNOLOJİSİNİN TÜRKİYE İÇİN ÖNEMİ

Dünyada toplumlar 10 yıl öncesine kadar sanayileşmiş, geri kalmış; ya da az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler olarak sınıflandırılırken, bundan sonra “bilgi toplumu” olmuş ve “bilgi toplumu” olmamış ülkeler sınıflaması

yapılacaktır. 2020’li yıllarda, çalışanların büyük bir kısmının bugün halen tanımlanmamış birçok mesleklerde çalışacakları veya mevcut çalışma konuları dışında çalışabilecekleri tahmin edilmektedir.

Kişi başına üretkenlik son 130 yılda yaklaşık 25 kat artmıştır. Bu üretkenlik artışının yarısı yani 13 kat kadarı fiziki

ürün artışından, diğer yarısı da insanların çalışma sürelerinin yaklaşık yarıya düşmesinden kaynaklanmıştır [5]. Fiziki ürün artışı ancak robotik ve otomasyon teknolojileri ile anında ve esnek üretim ile gerçekleştirilebilmektedir.

Bugün yarı yarıya çalışıp 13 kat daha yüksek bir refah seviyesinde yaşamak, sadece sanayi devriminin getirdiği makineleşme ile değil, robot ve otomasyon teknolojilerinin günden güne artan kullanımı ve bilgi teknolojisine hâkimiyet sayesinde gerçekleşmiştir.

İç ve dış pazarda rekabet günden güne artmakta, ürün ve hizmetlerden yüksek kalite ve standartlara uyum beklenmektedir. Gerek Avrupa Birliği düzenlemelerinin, gerekse ISO-9000 ve diğer kalite yönetim sistemlerinin, kaliteli ve standart ürünlerin esnek üretim hatlarından çıkması konusunda ısrarcı olması, ulusal endüstrimizin robot teknolojisi ile kurulan karmaşık, çok yönlü ve esnek üretim yapıları bütünleşik montaj tesisleri kullanımını zorunlu hale getirmiştir [5].

Türkiye, Otomotiv endüstrisinin artan ihracat potansiyeli ile imalat endüstrisinde yakalanan “Avrupa’nın üretim üssü Türkiye” tarihi fırsatını, gelecek 20 yılda ancak, ülkemiz için son derece önem taşıyacak olan robotik ve mekatronik

teknolojisine ulusal yatırım vizyonu ile yakalayabilir.

Ulusal değerlerimizin dünya pazarlarında yarışabilmeleri için stratejimiz, kısa vadede ihtiyaç duyulacak, robotik-mekatronik ve ileri teknolojileri geliştirmek; uzun vadede ise, bu ileri teknolojileri üreterek ülkeyi bilgi toplumu haline dönüştürecek alt yapıyı kurmak olmalıdır [5].

KAYNAKLAR

- [1] “ISO Standardı”, *ISO 8373* (1994).
- [2] “Robot Güvenlik Standardı”, *ANSI/RIA R15.06* (1999).
- [3] Sciavicco, L., Siciliano, B., “Modeling and control of robot manipulators”, *The McGraw-Hill Companies, Inc.* New York, 11-26, (1996).
- [4] Internet: Elektronik Wikipedia Ansiklopedisi, “Industrial Robot” http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_robot (2007).
- [5] “Vizyon 2023 Projesi, Mekatronik Strateji Grubu”, *Mekatronik Strateji Raporu*, Ankara, 20-21, 2004.
- [6] “World Robotics 2006” Raporu, *World Robotics*, 30-40 (2006).