

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE ROBOTLAR ÜZERİNE
BİR ARAŞTIRMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Ertuğrul DURAK

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
BOTANİK BİLİMİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18-01-1993

Tezin Savunulduğu Tarih : 01-02-1993

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Cahit KURBANOĞLU
Diğer Juri Üyeleri : Doç. Dr. Hüseyin ŞALVARLI
Yrd. Doç. Dr. Remzi VAROL
Yedek Juri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. A. Kemal YAKUT

OCAK 1993

ÖNSÖZ

içinde bulunduğumuz yıllarda endüstride mikroelektronik̄in kullanılması hızlı bir gelişme göstermektedir. Üretimde işçi verimi artmakta ve işin şekli önemli değişiklikler göstermektedir. Bu gelişmenin bir örneği de Endüstriyel Robotlardır. Robotlar pekçok ekonomik ve sosyal değişmelere sebep olmaktadır. Bunlar verimde artış, iş hayatının daha rahat ve refahlı olması, endüstriyel iş kazalarının azalması, ürün kalitesinin geliştirilmesi ve yatırım harcamalarının çabuk geri dönmesi vb. pekçok avantajları getirmiştir.

Bu ekonomik ve sosyal etkiler; endüstriyel robotların esnek olmasından, esnek ve geniş kapsamlı ve insan elleri ve kollarını, hareket serbestiyetinde de olduğu gibi robotların da geniş hareket serbestiyetine sahip olmasını gerekli kılmaktadır. Böylelikle orta seviyeli imalatta otomasyon mümkün olmaktadır. Robotlar üretim sisteminde insan-makina-sistem üçlüsünden insan-robot-makina-sistem dörtlüsüne yön değiştirmiştir. Bu değişme sonucu tehlikeli ve istenmeyen işleri yapmaktan insanlar kurtulmuşlardır.

Ülkelerin milletlerine daha iyi ve mutlu bir gelecek sağlamak ve savunma güçlerini artırmak gayesiyle sürdürdükleri bu yarışta sergilenen yatırımlar limitlere ulaşmaktadır. Bu yatırımlar sadece alet, cihaz, malzeme olmayıp eğitim, öğretim, örgütlenme, yatırım ve planlama gibi konularda da olmaktadır.

Uluslararası düzeyde görülen yoğun rekabet sonucu firmaların müşterilerini kaybetmemek ve yeni müşteriler kazanabilmek amacıyla ürünlerinde ve üretim hatlarında önemli değişiklikler yapmak zorunda kalmaktadırlar. Ürünlerindeki tip

çeşitliliği ve yüksek teknoloji artarken ürün teslim süreleri kısalmaktadır. Bu yapıya uyacak, müşteri ve pazar isteklerini karşılayabilecek üretim tarzı ise esnek olmak zorundadır. Diğer bir deyişle üretim sistemi kısa zamanda bir üründen diğer bir ürüne geçebilme özelliğini göstermelidir.

Endüstriyel robotlar ve bunların kullanıldığı üretim sistemleri, endüstride mevcut bulunan problemlere; hızlı, hassas ve doğru çözümler getirmeleri ve insanların sağlığı için zararlı olan ortamlardan robotların etkilenmemeleri nedeniyle günümüzde geniş araştırma ve inceleme konusu olmuştur.

Günümüzde gelişen ileri teknolojiler ve robotların işbirliğiyle günümüzde insansız fabrikalara doğru önemli adımlar atılmaktadır.

Bu tez çalışmasının konusunun tesbitinde ve çalışmanın yürütülmesinde bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Danışman Hocam Sayın Doç.Dr. Cahit KURBANOGU'na ve yardımlarını esirgemeyen bölümdeki bütün hocalarıma ve arkadaşlarıma içten duygularıyla teşekkür ederim.

Ocak 1993, ISPARTA

iÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
iÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII

BÖLÜM I. GENEL BİLGİLER

1.1	Robotun Tanımlanması	1
1.2	Literatür Taraması	2
1.3	Robotun Gelişmesi	3
1.3.1.	ilk Otomatlar	4
1.3.2.	Endüstriyel Robotlar	4
1.3.3.	Otomasyon	7
1.4.	Üretimde Robot Kullanımını Nedenleri	8
1.5.	Endüstriyel Robotları Sınıflandırıl- ması	13
1.5.1.	Tiplerine Göre Robotlar	13
1.5.1.1.	Servo Kontrollü Olmayan Robotlar	13
1.5.1.2.	Servo Kontrollü Robotlar	14
1.5.1.3.	Noktadan Noktaya Robotlar	14
1.5.1.4.	Sürekli Yörüngeli Robotlar	15
1.5.2.	Yeteneklerine Göre Robotlar	15
1.5.2.1.	Sıra Kontrollü Robotlar	15
1.5.2.2.	Öğrenebilir Robotlar	16
1.5.2.3.	Kontrollü Robotlar	17
1.5.2.4.	Adaptif Robotlar	17
1.5.2.5.	Akıllı Robotlar	17
1.5.3.	Koordinat Sistemlerine Göre Robotlar	18
1.5.3.1.	Kartezyen Koordinatlı Robotlar	18
1.5.3.2.	Silindirik Koordinatlı Robotlar	19
1.5.3.3.	Kutupsal Koordinatlı Robotlar	19
1.5.3.4.	Döner Koordinatlı Robotlar	20

1.5.4.	Kuşaklara Göre Robotlar	21
1.5.4.1.	Birinci Kuşak Robotlar	21
1.5.4.2.	ikinci Kuşak Robotlar	24
1.5.4.3.	çüncü Kuşak Robotlar	25
1.6.	Robot Hareketleri	26

BÖLÜM II ROBOT ELEMANLARI VE KULLANMA ALANLARI

2.1.	Robotların Parçalarını Tanıtılması	30
2.1.1.	Manipülatör	31
2.1.2.	Hareket Elemanları	33
2.1.3.	Kontrol ve Bilgi işlem Sistemleri	33
2.2.	Robot Sistemlerinde Kullanılan Kavrayıcılar, Takım ve Aparatlar	35
2.2.1.	Kavrayıcılar	35
2.2.2.	Takım ve Aparatlar	41
2.3.	Uç Elemanları ve Tutucu Sensörler	43
2.3.1.	Uç Elemanları	43
2.3.2.	Tutucular, Dokunma ve Sensörler	46
2.4.	Robotların Programlanması ve Yapay Zeka	47
2.5.	Robotlarda Tahrik Şekilleri ve Mekanizmaları	49
2.6.	Robot Kullanma Alanları	50
2.7.	Robotlardan Uygulama Şekline Göre Beklenen zellikler	51
2.8.	Robot Kullanma Alanları	53
2.8.1.	Makinaları Yükleme ve Boşaltılması	55
2.8.2.	Pres Döküm ve Döverek Şekillendirmede Robot Kullanımı	57
2.8.3.	istifleme	58
2.8.4.	Kaynak Tekniğinde Robot Kullanımı	59
2.8.5.	Montaj	62
2.8.6.	Boya Püskürtme işlemi	63
2.8.7.	Robotların Diğer Kullanım Alanları	64

2.8.7.1. Robotların insanlar için Tehlikeli ve Zararlı Olabilecek Ortamlarda Kullanımı	65
2.8.7.2. Yeni Uygulama Alanları	66

BÖLÜM III ROBOTUN GELECEĞİ VE EKONOMİYE KAZANDIRDIGI

3.1	Günümüzde ve Gelecekte Robotlar	67
3.2.	Ekonomik Açıdan Robotlar	71
3.3.	Bir Üretim Sisteminde Robot Uygulamasına Geçerken Gözönünde Tutulacak Hususlar	72
3.4.	Yatırımın Kendini Ödeme Zamanı	73

BÖLÜM IV ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN VERİMLİLİĞE ETKİSİ

VE ÜLKEMİZDE ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR

4.1.	Verimliliğin Tanımı	78
4.2.	Verimlilik, insan ve Makina	79
4.3.	Endüstriyel Robotlar ve Verimlilik	80
4.4.	Teknolojik Gelişmelerin Ülkemiz Üzerindeki Etkileri	86
4.5.	Türk Sanayiinde Endüstriyel Robotlar	88
4.6.	Türkiye'de Robot Teknolojisi	89
4.7.	Robotek Faaliyetleri	90
4.8.	Endüstriyel Robot Uygulama Projesi	92
4.9.	Endüstride Robotlaşma ve Verimlilik Açısından Türkiye'nin Durumu	93
4.10.	Türkiye'de Üretim Alanlarına Göre Robot Kullanımı	95

BÖLÜM V	SONUÇ VE ÖNERİLER	98
	KAYNAKLAR	101
	EKLER	104
	ÖZGEÇMİŞ	111

ÖZET

Teknolojideki insan faktörünün makinalaşmasını hedef alan robot uygulamaları, her gün yeniliklere sahne olmaktadır. Ülkemize ithal yoluyla kazandırılan robotların prototip imalatı üzerine, sınırlı kurumlarda bazı araştırmalar yapılmaktadır. İmalat safhasına geçmeye balangıç tekil edecek bu çalışmaların, bir an evvel endüstriye kazandırılması teknolojilerin en mühim hedeflerindedir. Böyle bir çalışmada bizim de katkımız olması düşüncesiyle, endüstriyel robotlar ve bunların verimliliğe etkisi bu tezde konu edinilmektedir.

Tez beş bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümde endüstriyel robotların tanıtımı ve tarihi gelişimi, literatür taraması, robot çeşitleri ve yapıları hakkında genel bilgiler verilmektedir. İkinci bölümde robotların konstrüksiyonu, programlanması ve endüstride dağılımı ele alınmaktadır. Üçüncü bölümde robotların günümüzde ve gelecekteki endüstri üzerine etkileri istatistikî değerlere dayandırılarak ortaya koyulmakta; ekonomikliği pratikten örneklerle belirtilmektedir. Dördüncü bölümde; insan robot ilişkisi, robotların verimliliği, sanayimizde kullanılan endüstriyel robotlar ve bu konuda hedeflenen projeler ortaya koyulmaktadır. Son bölümde robotların endüstrideki kullanım ve fonksiyonları üzerine kritikler yapılmaktadır.

Belirtilen bölümler dışında açıklığa kavuşturulması ve bu çalışmaya ışık tutacak bazı konulara da girilmiştir. Ayrıca Almanya'da bazı firmalarda üretimde robotların kullanılması ekler bölümünde verilmektedir.

SUMMARY

The main purpose of the robotic's applications is to replace humans and there has been an increasing developments in this field. Some research are carried out by some industries at a limited scale on the imported robots prototype. The most important aim of the technocrats is to make this studies to be benefited by the industry before, the beginning of the manufacturing phase. Industrial robots and their efficiency was the subject of this thesis with the opinion of our contribution.

The thesis is made of five chapters. In the first section, the industrial robots and their historical development, literature survey, robot types, and general knowledge on robot construction have been given. At the second section, the construction of robots, the programming of robots, and the information about their industrial usage have been given. At the third section, the robots influence on industries in our time and future, have been shown with statistical data. Its economy is given with practical applications. At the fourth section, the relationship between men and robot, the robots efficiency, the robots used in our industry at the present time and future projects on this subject are described. At the last section, the critical discussion has been carried out on the functions and usage of robots.

Also, more information is given which might enlighten the topic. Some robot samples from the manufacturing firms which are using robots in Germany are given for reference.

BÖLÜM I

GENEL BİLGİLER

1.1. ROBOTUN TANIMLANMASI

Robotlar, kimileri için yatırımcıların milyonlarca kişiyi işsiz bırakabilecek bir düşünce, kimileri için ise bilim ve teknolojinin insana yardımcı, sempatik bir harikasıdır. Bu düşünceler: Robotların, insanın yaptığı bazı işleri insan gibi yapabilmesinden, insan yerine kullanılabilmesinden, hatta bazı hallerde insandan üstün yeteneklerle (yorulmama, uzaktan algılama, karmaşık hesapları yapabilme vb.) donatılabilmesinden kaynaklanmaktadır.

"Mekanik insan" konusu çok eski zamanlardan beri çeşitli hikaye, masal, roman, tiyatro, opera, ve sinema filimlerinden fantezist yaklaşımlarla kullanılmıştır.

Robotlar, yaşantımızı kolaylaştıran sempatik yardımcılar mı, yoksa geleceğin kabusu mu olacağı düşüncesi, hayal ve korkularımızı bir tarafa bırakıp dünyadaki gerçek bilimsel, teknolojik gelişmelere bir göz atacak olursak; Robotlar teknoloji ve bilimin son yirmi yılda en hızlı gelişen alanlarından birini oluşturmaktadır.

Robotlar için genel anlamda bir tanımlama yapmak oldukça zordur. Robot, bu konuyla ilgili kurum, kişilerce tanımlanmış ve böylece birbirlerinden farklı tanımlar ortaya konulmuştur.

Amerikan Robot Enstitüsü (RIA);

Değişik türdeki işlerin yerine getirilmesinde programlanmış hareketler ile malzemeleri, parçaları, araçları ve özel aygıtları hareket ettirmek için tasarlanmış, yeniden programlanabilen ve çok amaçlı bir manipülatör olarak tanımlanmaktadır.

İngiliz Robot Birliği de şöyle tanımlamaktadır;" Robot, belirli imalat işlemlerinin yapılması için parça takım ve alet ya da özel imalat aygıtlarının programlanmış değişik hareketlerle taşınması, yerinin değiştirilmesi veya kullanılması için tasarlanmış programlanabilir bir aygıttır" [8]

Japonya Elektrik Makinaları Kanunu Robotu şöyle tanımlamaktadır;" Robot, bir hafıza ve tutucu birimiyle tamamlanmış, dönebilen ve hareketleri otomatik olarak yapabilen ve insan emeğinin yerini alan çok amaçlı makinadır"[13].

Japon Endüstriyel Robotlar Birliği (JIRA) ise sanayide kullanılan robotları, bilgi girdileri, eğitim açısından ele alarak sınıflandırmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre robot tanımına, el ile idare edilen manipülatör ve sabit işlem sıralı robotlar da dahil edilmektedir[13].

Yukarıdaki tanımlara bakıldığında, Amerikan Robot Enstitüsü; robotu, tekrar programlanan ve çok fonksiyonu olduğunu belirtirken, Japon tanımları robot kapsamına elle yönetilen manipülatörleri de içerdiği görülmektedir.

1.2. LİTERATÜR TARAMASI

Robot sözcüğünün uluslararası terimler arasına ilk defa Çekoslovak yazar Karl Capek tarafından 1921 yılında Paris'te sahneye konan " R.U.R., Rossum'un Evrensel Robotları " adlı tiyatro eseri ile girmiştir. Slav dillerinde "işçi" anlamına gelen "Robota" sözcüğü, bu eserde Rossum adlı bir teknisyenin oğlu ile birlikte imal ettikleri mekanik işçiler için kullanılmıştır [8].

Karl Capek'in R.U.R. oyunu insanın hızla gelişen teknoloji ve insanın kendisinin yaptığı benzerine karşı duyduğu ürküntü ve antipatiyi simgelemektedir. Otomatlara, Robotlara

ve insanı makinalaştıran endüstri gelişmelerine duyulan tepki II. Dünya Savaşı sonrasına kadar sürmüştür. Otomatik Sistemlere bakış, bu sistemlerin (Otomatik Pilotlar gibi) insana yardımcı, hatta insan hayatını korumak için ne kadar yararlı olduğu anlaşıldıktan sonra değişmiştir. Çağımızın ünlü bilim kurgu yazarlarından Dr. Isaac Asimov robotların insanoğluna benzerliğinden kurtularak robot, davranışlarını gerçekçi biçimde incelemiş, 1950'lerde yayınlanan eserlerinde, bu davranışları inceleyen bilim dalına "Robotik" ismini vermiştir. Asimov aynı zamanda insan-Robot ilişkilerini ve Robotları belli ölçüde tanımlayan "Robotiğin Temel Üç Kanunu" da ortaya koymuştur.

Birinci Kanun: Robot hiçbir zaman insana zarar verecek hareket yapmamalı, ancak insanın zarar görebileceği durumlarda da hareketsiz kalmamalıdır.

ikinci Kanun: Birinci kanunu çiğnememek şartıyla, robot insana her zaman itaat etmelidir.

Üçüncü Kanun: Birinci veya ikinci kanunu çiğnememek şartıyla robot kendini korumalıdır.

Bu kanunlardan birincisi insanı korumakta, ikincisi robotun insana bağımlılığının, sınırını belirlemede, nihayet üçüncüsü robotun kendini koruma özelliğinin, sınırını ortaya koymaktadır. Bu kanunlar günümüzdeki "Yapay Zeka" çalışmalarında da göz önünde tutulmaktadır [8].

Robotların gelişimini iki farklı kısımda incelersek, ilk otomatlar genel olarak oyuncaklardır. Bunların belirli bazı amaçlara uygun olarak geliştirilmeleri sonucu Endüstri Robotları doğmuştur [13].

1.3. Robotun Gelişimi

1.3.1.ilk Otomatlar

Tarihte ilk olarak rastlanılan kayda değer otomat, I.yy da yaşamış olan Yunanlı Alexandria tarafından yapılmış olan öten, kanat çırpan ve su içebilen bir kuştur. Bulunan belgeler, kuşu oldukça abartmalı bir şekilde tanımlamaktadırlar. Daha sonraki yüzyıllarda yapılan taklit oyuncaklar hakkında kesin bilgiler yoktur.

Ancak 18.yy'da Avrupalılar otomatlarla ilgilenmeğe başladılar. Viena Müzesi'nde teşhir edilen bir yazıcı (1774) yazma ve çizme yeteneğine sahiptir. Makina genel olarak küresel bir görünümde olup, elle kontrol edilmektedir. Yapımcıları olan Dierre Droz ve oğlu Henry Droz (1752) Fransa'da saat yapımcısıydılar. Daha sonra bu kişiler yazıp çizen, birçok Müzik enstrümanı çalabilen mekanik araçlar yaptılar.

Fransa bilim akademisi üyelerinden Jacques de Vaucaso mekanik olarak hayvanlaştırılmış bir ördek yapmıştır. Ördek kanatlarını çırpıp su içiyor, yem yeyip, hatta sindiriyordu.

Diğer ünlü bir mekanik hayvan ise kaplandır. Yapımcısı bilinmemektedir. Londra'da Victoria ve Albert Müze'sindedir. İnsan parçaları konumundaki kaplan, tahrik edildiğinde hırlayarak pençe atmaktadır ve aynı zamanda kurbanın kolu oynamaktadır.

1893 yılında Lawis Rygg tarafından mekanik at yapılmış ve patenti alınmıştır. Atın özengileri bir pedal gibi yapılmıştır ve binici tarafından tahrik edilmektedir. Fakat at dizayn edilmemiş, sadece resim olarak kalmıştır. Mekanizması günümüzdeki yürüyen oyuncakların bir benzeri olarak yorumlanabilir.[13].

1.3.2.Endüstriyel Robotlar

Günümüzdeki sanayi robotlarının ilk atası, belki de kum

saatinin sifon ilkesine dayalı olarak geliştirilmiş bir türü olan su saatiydi. Eski Yunanlı fizikçi ve mucit iskenderiyeli Ktesibios, M.ö.250 yılında bu tür bir saat yapmıştı. Ortaçağda ağırlıkla hareketlendirilen sarkaçlı saatler ortaya çıkmıştı. 18 yy'da ise zemberekli saatler yapılmaya başlayıp bu arada dokuma sanayisinde ilk otomatik makina türleri kullanıma girmiştir.

1205-1206 yıllarında Artuklu Türklerinin Diyarbakır'da hüküm sürdüğü yıllarda herkesi hayretlerde bırakan mekanik makinalar yapan, kendi kendine öten tavus kuşları, otomatik saatler, robot fiiller vs. bunlardan sadece birkaçıdır. Kendisinden 6-8 asır sonra yapılacak olan bazı mekanik araçlara buluşları ile öncülük ediyordu. Bu büyük başarıların sahibi 32 yıl Artukoğulları sarayında mühendislik yapan Ebul iz-Cezeri (Al Gazari) dir[14].

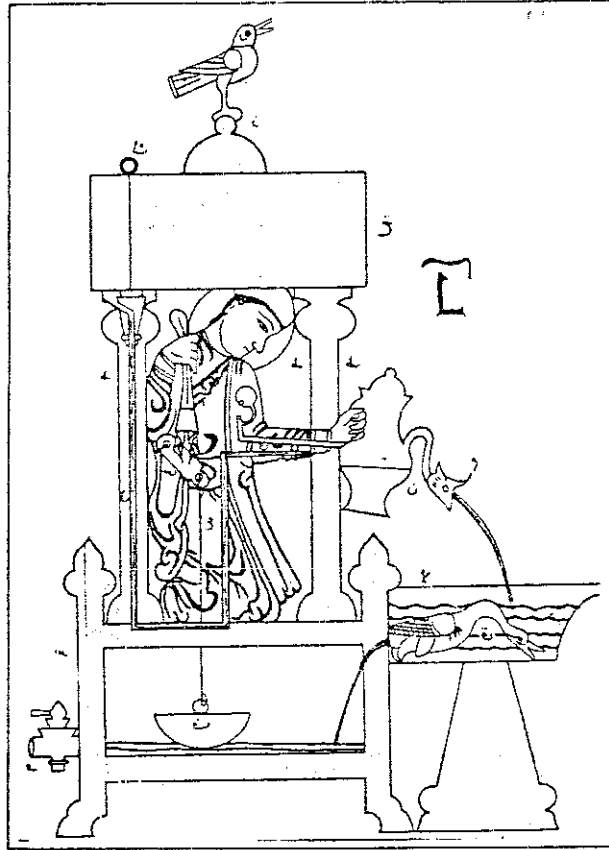
Cezeri'yi üne kavuşturan husus, sibernetik ve elektronik sistemle ilgili robotlar, makinalar yapması ve bunları eserinde tarif etmesidir. Cezeri'nin meşhur eserinin adı "Mekanik Hareketlerden Mühendislikte Faydalanma"yı içine alan kitaptır.

Eser o zaman ilim dili olan Arapça olarak yazılmış ve şu farklı 6 bölümden meydana getirilmiştir:

1. Su saatleri,
2. Çeşitli kap kacakların yapılışı hakkında şekil ve teknik bilgiler,
3. İbrikdarlık yapan ve kan almaya yarayan düzenekler,
4. Havuzlar ve fıskiyeler ile müzik otomatları hakkında teknik ve pratik bilgiler ve şekiller,
5. Kuyu veya akarsulardan su çıkaran tulumbalar ve kaldırma düzenleri,
6. Birbirleriyle ilişkisi bulunmayan düzenekler.

Beş ve altıncı bölümde beş, diğer bölümlerde on farklı

düzen olmak üzere toplam 50 kadar otomatik makina, pompa, fıskiye, su terazileri, musiki aletleri ve mühendislikle ilgili diğer birçok aletin detaylı çizimleri, teknik bilgileri mevcuttur(Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Fıskiye Düzenleri

Daha sonra robotların gelişimindeki dönüm noktaları da şöyle özetlenebilir:

1830'da Richard Roberts tarafından otomatik çıkırık,
 1893'de George Moore tarafından yürüyen ayaklı araç,
 1945'te Massachusetts Institute of Technology (MIT) de
 tasarlanmış radyoaktif malzemeleri tutmak için teleoperatör,
 1953'te MIT'te geliştirilmiş servo kontrollü freze
 tezgahı,
 1954'de George Devol tarafından ilk programlanabilir

endüstriyel robot,

1959'da Planet Corporation tarafından üretilen ilk ticari robot,

1974'de Cincinnati Milacron'dan Richard Hohn tarafından geliştirilen mini bilgisayar kullanan ilk ticari robot imal edilmiştir.

1.3.3. OTOMASYON

Tarih boyunca yapılmış olan bütün çalışmalar insanların ihtiyaçlarını karşılamaya, refah düzeylerini yükseltmeye ve mutluluklarını artırmaya yönelik olmuştur. Başlangıçta sadece emeğe dayanarak yapılan tarımsal üretim faaliyetlerini, şehirlerin kurulması, yolların yapılması ve turistik binaların inşaatları takip etmiştir. İnsanlar, kendileri için çok zor olan işlerde kullanmak üzere basit makineler yapmışlardır. M.Ö.2000'li yıllardan kalma, makara ve vinci kalıntıları bunlara örnek gösterilebilir.

Üretimde makinelerin kullanımı 18. yüzyıldaki sanayi devrimi ile başlamıştır. 1776 yılında James Watt tarafından buhar makinasının daha sonra elektrik motorunun gerçekleştirilmesi, çeşitli işlerin bu makineler tarafından tahrik edilen tezgahlara yaptırılmasını sağlamıştır. Üretimde kullanılan insan gücü, yerini bu makinalardan temin edilen güce bırakmıştır.

Bu tarihlere, yapılan çeşitli mamuller tek tek üretilirdi. Aynı işi yapan benzer iki makinanın belirli bir parçası tümüyle aynı olmayıp birbirine uymazdı. Her parça kendi makinasına alıştıırılarak montaj yapıldığından, parçaları birbiri yerine kullanmak mümkün olmazdı.

Amerika iç harbi sırasında tüfek imal eden Eli Whitney 1798 yılında, tarihte ilk defa, parçaları birbiriyle değiştirilebilen tüfekler üretmiştir. Aynı ayrı üretilen parça-

lar bir düzen içinde montaj yapılıp, hepsinin birbirine uyum gösterdiği ispatlanmıştır. Buradaki temel felsefe, parçaların değiştirilebilir olması prensibidir. Bu prensip seri üretimin ilk adımını teşkil etmiştir. Daha sonra bu prensip, çeşitli parçaların montajı ile gerçekleştirilen bütün mamürlere uygulanmıştır.

Seri üretimin yaygınlaşması, üretimde makinalaşmanın artmasına neden olmuştur. Üretimde bant sistemi 1870 yılında A.B.D'de Chicago'da bir et paketleme fabrikasında uygulanmıştı. Bant sistemi, makinalaşmanın ileri bir safhası olan otomasyonun başlangıcı olarak kabul edilmektedir. II. Dünya Savaşı sırasında da otomatik taşıma ve iletim sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler sayesinde oluşturulan taşıyıcı bantlarla, birbirlerine bağlanan makina grupları üretim hatlarını oluşturdu. Böylece tezgahlar veya makina grupları arasındaki taşıma işleride insansız olarak yapılmaya başlanmıştır. Böylece üretim miktarları artırılıp, verim yükselmiştir.

Ancak makinalaşma ile otomasyon kavramlarının karıştırılmaması gerekir. Her işin makinalara yaptırılması otomasyon değildir. Eğer bir isim bulmak gerekirse buna mekanizasyon denebilir. Otomasyon kelimesinin kökeni Latince Auto ekidir. Bu ekin anlamı kendi kendine demektir. Örneğin otomobil (Automobile) kendi kendine yürüyen anlamına gelir. Otomasyon geri besleme herhangi bir makinanın kendi kendini düzenleme yeteneğini ifade eder.

Otomasyon tanım olarak insan müdahalesiyle gerçekleştirilen işlemlerde, bu müdahalenin kısmen veya tamamen makinalar tarafından icra edilmesidir[17].

1.4. ÜRETİMDE ROBOT KULLANMASININ NEDENLERİ

Günümüzde artık robotlar oyuncak ve hatta özel amaçlı prototip niteliğini kaybederek, endüstri ve yatırım dünyasının dikkatle izlendiği anlama ve kullanım hedefleri arasına

girmiştir. Bu olayı birkaç sayısal değerle vurgulamak isterse;

-Endüstri Robotları pazarı, Amerika Birleşik Devletlerinde, 1984 yılında bir önceki yıla göre % 50 artış göstererek 300 milyon \$ hacmine ulaşmış, yalnızca 1984 yılında yaklaşık 4000 robot satılmıştır. Bu iş hacminin 1987 de 400 milyon, 1989 da 677 Milyon dolara ulaşması öngörülmekteydi.

-İngiltere'de 1990 yılına doğru yaklaşık 12000 robotun üretimde kullanılması düşünülmüştür. Bu rakam, İngiliz robot pazarının on yıl boyunca ortalama % 41'lik bir artışını gerektirmektedir.

-İtalya, robot endüstrisini yıllık % 20 artışlarla geliştirmeyi planlamıştır.

-En önemli yaklaşımı 100 milyon doların üzerinde yatırım planlaması ile Bulgaristan göstermiştir.

-Fransa, robot endüstrisine yaklaşık 2 Milyar dolarlık yatırım öngörmüştür.

Yukarıdaki örneklerle belirtilen gelişim, gerek teknolojik açıdan, gerekse sosyo ekonomik sonuçları bakımından bu konunun yakından izlenmesi, ileriye dönük politikaların geçirmeden belirlenip uygulamaya konulması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Robot uygulamalarının yoğunlaştığı alanların, robot teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak öncelikleri de değişmektedir. Japonya, A.B.D. ve Almanya da robot uygulama alanları ve robotların bu alanlara dağılımı Tablo.3.1., Tablo.3.2. ve Tablo 3.3. de gösterilmiştir[9].

TABLO 1. Japonya'da robotların uygulama alanlarına göre dağılımı (%)

	<u>1985</u>	<u>1990</u>
Nokta Kaynağı	10	8
Ark Kaynağı	11	10
Boyama	5	5
Yüzey işleme	1	1
işleme	14	13
Montaj	17	22
Kontrol	8	10
Plastik Döküm	4	3
Basınçlı Döküm	2	2
Döküm	2	1
Isıl işlemler	3	2
Plastik Şekil Verme	2	1
Metal Kesme, Preste Kesme	4	5
Diğer	17	17

TABLO 3.2. Almanya'da robotların uygulama alanlarına göre dağılımı (%)

	<u>1985</u>	<u>1990</u>
Nokta Kaynağı	20	11
Ark Kaynağı	3	2
Takım Tezgahları	23	26
Presler	21	21
Yüzey işleme	7	4
Taşlama-Delme	6	4
Montaj	10	21
Diğer	10	11

TABLO 3.3. A.B.D'de robotların uygulama alanlarına göre dağılımı (%)

	1979	1983	1990
Nokta Kaynağı	30	14	13
Ark Kaynağı	6	7	10
Tezgah Yükleme	22	26	15
Boyama	1	6	5
işleme	-	-	7
Montaj+Malzeme Yerleştirme	23	26	43
Diğer	18	19	19

Robotların endüstride benimsenme sebeplerini önceliklerine göre şöyle sıralayabiliriz:

1. Verimliliği arttırma,
2. Maliyetleri düşürme,
3. Kalifiye işçi sıkıntısını ortadan kaldırma,
4. Üretim operasyonlarında esneklik oluşturma,
5. Ürün kalitesini yükseltme,
6. Malzeme firesinin azalması
7. Üretim hızının artırılması
8. İnsanları sıkıcı, bıkkınlık verici ve yorucu işlerden kurtarma,
9. Sağlığa zararlı ve tehlikeli işlerin eliminasyonu[11].

TABLO 3.4. Robot kullanmanın uygulama alanlarına göre nedenleri (1:En önemli, 4:En önemsiz)

	Prodüktivite Artışı	işçi Maliyetinde Azalma	Tehlikeli iş	Üretim Kalitesi
Kaynak	2	1	4	3
Materyal transferi	3	1	2	4
Tezgah yükleme	1	2	3	4
Sprey boyama	4	3	1	2
Montaj	1	2	4	3
Talaşlı imalat	2	1	4	3
Kalite kontrol	2	3	4	1

Tablo 3.4 de görülebileceği üzere uygulama alanlarında produktivite artışı ve işçi maliyetindeki azalma başlıca etkendir.

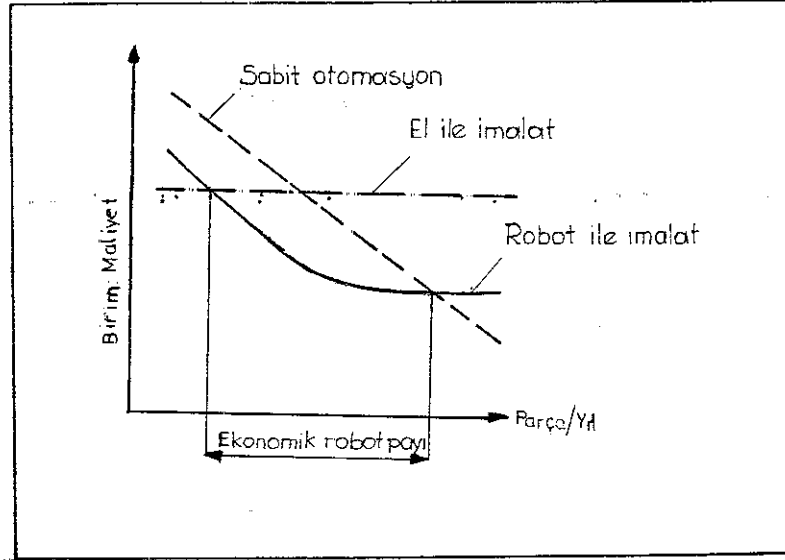
Almanya'da endüstri de robot kullanma sebepleri üzerine yapılan ankette de öncelik sırası şöyle olmuştur:

- Produktivite artışı,
- işçilik maliyetinde azalma,
- Yatırımın geri dönüşü,
- Kalite artışı,
- insana daha layık çalışma şartları.

Şunu da belirtmek gerekir ki, bir zamanlar robot istihdam eden fabrikalara "geleceğin fabrikaları" gözüyle bakılırken, bugün dünyada böyle fabrikalara "geleceği olan fabrikalar" denilmektedir. Bu bakımından otomasyon ve robotlaşmaya sıcak bakmak teknolojik ve ekonomik bir zorunluluk halini almıştır[11].

Açıklanan kullanım nedenleriyle robotların fabrikalara başarılı bir şekilde kurulması ve uygulanması, bir plan dahilinde olması gerekmektedir. Bu planın temel adımları yeni kurulacak bir otomasyon tipine benzemesine karşılık, robotların sahip olduğu bireysel yetenek ve sınırları, onların planlamasında ve uygulanmasında önemli özellikleridir[13].

Yaygın olarak robot kullanan üretici firmalar, Şekil.1.2 elle yapım ile sabit otomasyon arasındaki üretim hacminde faaliyet gösterirler[12].



Şekil 1.2. Farklı imalat metodlarıyla parça maliyetinin karşılaştırılması.

1.5. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN SINIFLANDIRILMASI

1.5.1. ROBOTLARIN TİPLERİNE GÖRE

1.5.1.1. Servo Kontrollü Olmayan Robotlar

Bu robotların ortak karakteristiklerini şöyle sıralayabiliriz:

-Küçük birimlerin 0.25 μ içinde işlem tekrarlama sağlanabilir,

-Bu robotların maliyeti daha düşük, işletilme programları ve bakımları daha kolaydır.

1.5.1.2. Servo Kontrollü Robotlar

Bu robotların ortak karakteristiklerini şöyle sıralayabiliriz:

-Yumuşak hareketleri, hız kontrolüne ve bazı hallerde ivmelendirme ve ivme azaltma kontrolüne sahip olarak gerçekleştirilebilir. Bu işlev ağır yüklerin kontrolüne imkan sağlar,

-Manipülatör eksenlerinin kendi hareket sınırları içindeki hareketinin programlanabilmesi maksimum esnekliği sağlar,

-Birçok denetçi ve bellek sistemi, birden fazla sayıda programın saklanıp icra edilmesine imkan tanır. Bu programlar dışarıdan gönderilen sinyallere göre bellek için de rastgele seçilmektedir,

-Mikroişlemci veya mini bilgisayara dayalı denetleyiciler, alt program ve dallanma fonksiyonlarına sahiptir. Bu fonksiyonlar sayesinde robotun program içinde farklı hareketleri komut verildiğinde yapabilmesi sağlanmaktadır,

-Kol ucunun konumlandırılması 1.5 mm'lik hassaslığa sahiptir. Hareketin tekrarlanabilirliği ise +1.5 mm dir. Duyarlılık ve tekrarlama yeteneği sadece mekanizmalarına değil, aynı zamanda geri besleme cihazlarına, servo valf karakteristiklerine, denetleyici duyarlılığına v.b. bağlıdır,

-Karmaşık oluşları nedeniyle, servo kontrollü robotlar daha pahalıdır. Servo olmayan robotlara göre işin daha büyük bir kısmını gerçekleştirir. Daha az bağımlıdır.

1.5.1.3. Noktadan Noktaya Robotlar

Servo kontrollü robotların b alt kümesini noktadan noktaya robotlar oluşturmaktadır. Bunlar hem parça tutma hem alet tutma konusunda geniş endüstriyel uygulamalara sahip tipik servo kontrollü robotların ortak karakteristikleri şunlardır:

-Büyük programlara, alt programlara, dallara sahip yüksek yetenekli kontrol sistemleri kullanıcıya büyük miktarda

esneklik sağlamaktadır,

Bu robotlar yük kapasitesi ile çalışma alanı bakımından ölgeğin (tablonun) en üst uçunda yer alır,

-Bazı robotlarda elektriksel tahrik sistemi kullanılmasına rağmen hidrolik tahrik sistemleri en yaygın olanlarıdır.

1.5.1.4. Sürekli Yörüngeli Robotlar

Servo kontrollü robotlara göre kontrol sistemleri ve bazı özel fiziksel özellikleri bakımından bazı temel farklılıklar göstermektedir. Bu robotların ortak karakteristiklerini şöyle sıralayabiliriz:

-Bu robotlar noktadan noktaya robotlara göre genellikle daha küçük ağırlığa sahiptirler,

-Noktadan noktaya robotlara göre daha yüksek bir kol ucu hızı elde edilir. Ancak yük kapasiteleri genellikle 10 kg daha düşüktür,

-Yaygın uygulama alanları arasında boya püskürtme, benzer boyama işleri, cilalama, öğütme ve ark kaynağı sayabiliriz.

1.5.2. YETENEKLERİNE GÖRE ROBOTLARIN SINIFLANDIRILMASI

1.5.2.1. Sıra Kontrollü Robotlar

Sıra kontrollü robotlar, başlangıç komutlarına bağlı olarak belirli bir işlem dizisini sırasıyla gerçekleştirmektedirler. Mesela otomatik çamaşır makinaları başlama komutu ile doldurma, yıkama, durulama ve kurutma işlemlerini sırasıyla gerçekleştirirler. Robotlar çeşitli zamanlarda farklı sıralarla işlem yapmak üzere ayarlanabilirler.

1.5.2.2. Öğrenebilir Robotlar (Play-Back Robotlar)

Bu robotlara bir seri hareketi icra etmesi öğretilirler. Manyetik disk, manyetik bant, Ram türü bir kayıt

aracı pozisyon sensörlerinden gelen koordinat bilgilerinin kaydedilmesi için kullanılabilir. Her noktada üç eksene ait koordinat bilgileri kaydedilir. Bütün yol aynı şekilde işlendikten sonra robotdan aynı yolu tekrarlaması istenebilir. Öğretme işlemi bir insan tarafından gerçekleştirilir ve yol boyunca izlenecek yörünge ve hareketler öğretici tarafından kontrol edilir.

1.5.2.3. Kontrollü Yörünge Robotlar

Bunlar öğrenen robotlarla adaptif robotlar arasında kalırlar. Bir derceye kadar nümerik kontrollü takım tezgahlarına benzediklerinden dolayı nümerik kontrollü robotlar olarak da adlandırılırlar.

1.5.2.4. Adaptif Robotlar

Adaptif robotlar, çevrelerine reaksiyon verecek şekilde bilgisayar kontrolüne ve sensör geri beslemesine sahiptirler. Bu robotların çoğu kontrollü yörünge özelliğine sahip olmakla birlikte, bir operasyonun gerçekleştirilmesi sırasında yörünge, hareketlerini değiştirebilme yeteneğine de sahiptirler. Örneğin bir kaynak robotu bir görme sensöründen alınan bilgiler aracılığı ile tanımlanan yörünge yanlış olsa bile doğru kaynak dikişini gerçekleştirebilir.

1.5.2.5. Akıllı Robotlar

Akıllı robotların bugün için var olup olmadıkları konusunda tartışmalar vardır. Çevrelerini sezme ve hareketlerini değiştirme yeteneklerinden başka çevrelerine ait modele ve bilgi bazına da sahip olmaları gerekir. Araştırmacılara göre yapay zekalı robotlarda zekilik, çeşitli amaçlı bir sensörler topluluğuna, büyük bir hafıza kapasitesine ve çevreyi modelleme yeteneğine sahip olması gerektirmektedir.

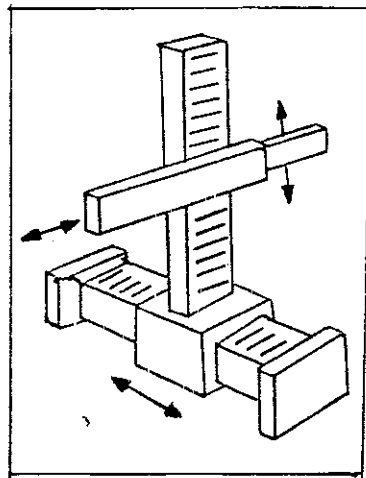
1.5.3. KOORDİNAT SİSTEMLERİNE GÖRE SINIFLAMA

Bir robot genel olarak, cisimleri uzayda otomatik olarak çeşitli şekillerde hareket ettirebilecek şekilde programlanabilen mekanik bir düzendir. Robotlar genel olarak kinematik bir zincir oluşturan bir dizi bağlı rijit gövde ya da linklerden oluşmaktadır.

Eğer ilk üç linkin hareketleri (eklemler) öteleme veya prizmatik ise, bu çeşit kinematik yapıya Kartezyen yapı denir. Eğer ilk link dönme, ikinci ve üçüncü link ise öteleme hareketi yapıyor ise buna silindirik adı verilir. Eğer ilk iki link dönmesel, üçüncüsü öteleme hareketi yapıyor ise bu çeşit yapıya küresel yapı adı verilir. Son olarak her üç linkte dönme hareketi yapıyorsa buna dönele yapı adı verilir.

1.5.3.1. Kartezyen Koordinatlı Robotlar

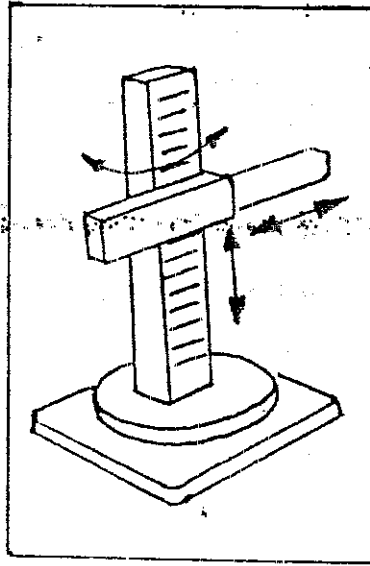
Kartezyen koordinat sisteminde çalışan bir kolun çeşitli uzuvları, birbirine dik kalmak üzere yer değiştirirler. Robot, farklı uzuvların boyutlarıyla sınırlanmış hacmin herhangi bir bölümüne rahatça ulaşabilir. Çalışma hacmi büyük, robot kolu modüler konstrüksiyona uygun bir yapı gösterir. Kartezyen koordinatlar büyük çalışma zeminleri sağlayan, arsız olarak çalışmaya uygun, köprülü krenler gibi kullanılabilirler.



Şekil 1.3. Kartezyen Koordinatlı Robot

1.5.3.2. Silindirik Koordinatlı Robotlar

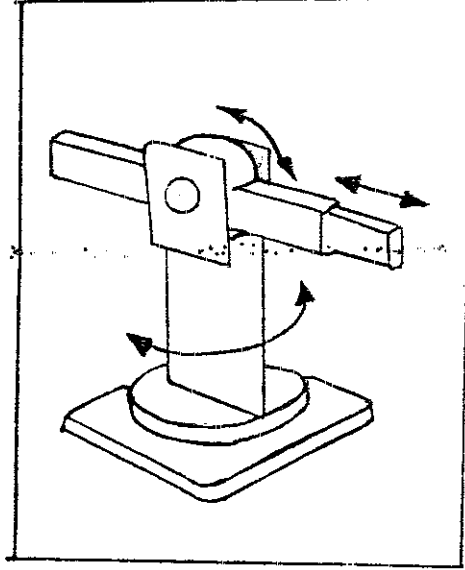
Silindirik koordinatlı robotlar bir temel yatağı etrafında dönebilen, diğer iki uzvu taşıyan ana bir desteğe sahiptirler. Bu uzuvlardan biri düşeyde, diğeri radyal doğrultuda hareket etmektedir. Ana destek dolayısıyla ulaşılmayan bir iç hacim söz konusudur. Bunun nedeni ise ana desteğin 360 derece dönememesidir.



Şekil 1.4. Silindirik Koordinatlı Robot

1.5.3.3. Kutupsal (Küresel) Koordinatlı Robotlar

Robot kolunun uzuvlarından biri doğrusal hareket yaparken bunu destekleyen diğer uzuvlardan biri temele dik olan eksen etrafında diğeri ise bu eksene dik ve temele paralel bir eksen etrafında döner. Bu koordinat sisteminde de ulaşılamayan hacimler söz konusudur.

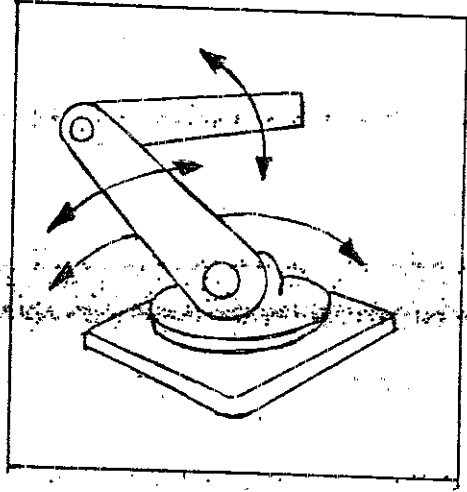


Şekil 1.5. Kutupsal Koordinatlı Robot

1.5.3.4. Döner Koordinatlı Robotlar

Bu koordinatlarda çalışan robotlar üç döner mafsala sahiptirler. Diğer iki uzvu taşıyan ana uzuv temele dik eksen etrafında dönebilirler. Temele bağlı iki uzuv taşıyan ana uzuv temele dik eksen etrafında dönebilir. Döner koordinatlı robotlarda ulaşılmayan hacimler minimum olmasına rağmen kontrol işlemindeki zorluklar nedeniyle, bu koordinat sistemi robot tekniginde geç uygulama alanı bulmuştur.

Döner koordinatlarda çalışan robotlarda ölü hacim olmasına rağmen, döner mafsallardaki mekanik kısıtlamalar nedeniyle her mafsalda 360° dönüş olanıksızdır. Bu da ulaşılmayan bölgeleri birlikte getirmektedir. Uygun konstrüksiyonlarla ulaşılmayan bu hacimler minimuma indirilmektedir.



Şekil 1.6. Döner Koordinatlı Robot

1.5.4. ROBOTLARIN KUŞAKLARA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Bilgisayarlar nasıl yazılım, donanımlarındaki teknolojik gelişmelere göre çeşitli kuşaklara ayrılmışlarsa, endüstriyel robotlarda becerikliklerine veya adapte olabilmeye yeteneğine göre üç kuşaga ayrılabilir[7]:

- Birinci kuşak robotlar
- ikinci kuşak robotlar
- Üçüncü kuşak robotlar

1.5.4.1. Birinci Kuşak Robotlar

Genel olarak kabul edilen anlamda birinci kuşak robotlar belirli işlemleri yapmak için programlanabilen manipülatörlerdir. Bu özelliklerine göre bu kuşaktaki robotları da dört gruba ayrılabilir:

- a) Sabit işlem sıralı robotlar,
- b) Değiştirilebilir işlem sıralı robotlar,
- c) Nümerik kontrollü (N.C.) robotlar,
- d) Öğretilebilir robotlar.

Bu tipler günümüzde A.B.D. ve Japonya başta olmak üzere gelişmiş ülke endüstrilerinde geniş kullanım alanına sahiptirler. Her tipteki robotlar belirli alanlarda teknolojik gelişimlerini sürdürmektedirler. İlk üç tip, bir bilgisayar beyin ile donatılmadığı taktirde " düşük teknoloji robotu ", dördüncü tip ise "yüksek teknoloji robotu" olarak da adlandırılabilir. Birinci kuşak robotların özellikleri Aşağıda kısaca açıklanmıştır.

a) Sabit İşlem Sıralı Robotlar

Sabit işlem sıralı robotlar verilen bir işlemin bütün adımlarını önceden belirlenmiş sıra, durum ve konumlarda yapabilen makina veya cihazlardır. Bu tip robotta ön bilgi belirlemeleri cihazın yapısında oluşturulur ve değiştirilmeleri pek kolay değildir. Bu nedenle sadece özel maksatlar ve özel işlemler için yapılırlar. Basit, doğrusal mekanizmalı bir istifleme robotu bu tipe en güzel örnektir.

b) Değişken İşlem Sıralı Robotlar

Konstrüktif olarak sabit işlem sıralı robotlarla aynı yapıya sahiptirler. Fakat bu tip robotlarda ön işlem bilgisi kolayca değiştirilebilmektedir. Ön programı, bir kontrol tablosu üzerindeki fişlerin belirli yerlere takılmasıyla yapılabilen bir istif robotu bu tipe örnek olarak gösterilebilir.

Bu tip robotların mekanik yapıları sabit işlem sıralı robotlardan biraz daha karmaşıktır. Birbirinden farklı programlara göre düzenleme imkanlarına sahiptirler. Günümüzde mikroişlemciler bu tip programlama sistemlerinin yerini almıştır.

c) Nümerik Kontrollü Robotlar

Bu tip robotlar nümerik kontrollü tezgahlarda aynı çalışma prensibine sahiptir. Sıra, durum, konum bilgileri ma-

kinaya nümerik veriler olarak verilir. Bu programlar kart veya bant üzerine veya tuşlarla doğrudan kontrol birimine yazılabilirler. Değiştirilebilir işlem sıralı robotlar kontrol birimine yazılabilirler. Değiştirilebilir işlem sıralı robotlar gibi farklı programlarla kullanılabilirler.

d) Öğretilebilir Robotlar

Bu tip robotlar istenen işlem sırası, durum ve konum özelliklerini öğrenebilir ve öğrendiği bilgileri hafıza biriminde saklayabilir. Kullanacağı zaman bunları geri çağırarak işlemleri tekrarlar. Bu tipte, operatörün robotu doğrudan kumanda edilen bir manipülatör gibi kullanması için bir kontrol ünitesi mevcuttur. Operatör robotu istenen ilk konuma getirerek durdurur. Bir düğmeye basarak konumu ifade eden bir sinyali hafıza birimine iletir. Daha sonra sırası ile istenen diğer konumlar için aynı işlemi tekrarlar. Bu işlemler bütün program hafızaya kayıtediline kadar devam eder (Lead -Through yöntemi).

Robotun programını öğrenmesi için gerekli zaman oldukça kısa olup bu program gerektiğinde değiştirilebilir. Hareketler her zaman belirli hız ve duyarlılık aralığında gerçekleşir. Operatör robotun çalışmasını izleyerek deneme yanılma ile programda gördüğü aksaklıkları saptayıp düzeltebilir. Bu şekilde geliştirilmiş programlara "Robot Kareogrası" denir.

Bunun yanında kontrol yapısı basit olduğundan programcıya esneklik sağlamaz. Bir değişiklik yapılması gerektiğinde bütün programı yeniden öğretmek gerekir. Robot başlangıç noktasından itibaren belirlenen konumlardaki işleri yapar, durma noktasına ulaşır ve tekrar başlangıca döner. Bu çalışma nokta kaynağı gibi işlemlere son derece uygundur. Her durmadan sonra küçük bir darbe ve titreşim olacağı kabul edilmelidir. Diğer taraftan spreay boyama gibi işlemler sürekli rotanın izlendiği düzgün hareket gerektirirler. Bu durumda robot daha gelişmiş kontrol, hafıza ünitesi ile do-

natılmış olmalıdır. Gelişmiş kontrol üniteleri noktalar arasındaki hız ve ivmeleri ayarlayarak düzgün bir hareket sağlarlar.

Birinci nesil robotların ideal verimle kullanıldığı alanları şöyle sıralayabiliriz:

- Düşük hassasiyetli eğri türü hareketlerde,
- Standart bir yüzeyin olduğu yerlerde,
- Açıkça tanımlanmış uzay-zaman ilişkilerinin olduğu işlerde,
- Gerekli hassasiyeti sağlamak için kullanılan teçhizatın olduğu yerlerde.

1.5.4.2. İkinci Kuşak Robotlar

Birinci kuşak robotlar başlangıçta adale kuvveti gerektiren işlerde başarılı olmuşlardır. Nokta kaynağı ile üretim hatlarında kendilerini kabul ettirdiler. Dövme ve döküm gibi zor şartlarda çalıştıkları gibi hassas temas gerektiren işlerde de kullanıldılar. Sürekli bir rotaya göre programlanarak boya ve kaynak dikişi yaptılar. Daha sonra robotlara duyu organları (Sensör) ekleme çalışmaları sonucu ikinci kuşak robotlar ortaya çıkmıştır.

Duyu organları olmayan robotlar geri beslemesiz olarak belirli bir rotada hareket ederler. Bu durum robotun kullanım amacında pek çok kısıtlamalar getirdiği gibi robotun ulaşması gereken cisimlerin hassas bir şekilde yerleştirilmelerini sağlayacak pahalı tertibatların yapımını da gerektirir. Bu nedenle robotların işlerindeki değişmelere uyum göstermelerini ve gerekirse anında müdahale etmelerini sağlayacak duyu organlarının geliştirilmesine başlanmıştır. Robotlar çevrelerindeki cisimleri duyu organları yardımı ile tanıyabilirler.

Robotlarda insanın beş duyusundan ikisinin, görme ve dokunmanın kullanılması amaca uygun olmaktadır. Günümüzdeki

robotlar için birkaç görme sistemi piyasada mevcuttur. Bunlarla robot ancak kontrast renkli şekiller gördüğü zaman güvenilir işlemler yapabilmekte, bazı durumlarda hata yapmakta, örneğin gölge ve köşeyi ayırt edememektedir.

Bugün, özellikle mikroelektronik endüstrisinde montaj işlemi ve devre oluşturulmasında görüntü geri beslemesi kullanılmaktadır. Güvenilir işlemler gerçekleştiren bu uygulamalarda çalışma alanı kolay kontrol edilebilir olmalı ve uygun aydınlatma sağlanmalıdır.

Basit yerleştirme robotlarını saymazsak birinci kuşak robotlar otomatik montaj işlemlerinde çok az kullanılmışlardır. Değiştirilebilir amaçlı imalat sistemlerine geçişi, robotların montaj işlemlerinde kullanılması sağlayacaktır. Bu da ancak montaj işleminin duyu kontroluyla desteklenmesi ile gerçekleşebilir. Robot konstrüksiyonundaki son gelişmelere rağmen programlanabilir robotlar güvenilir montaj sağlayabilecek konum hassasiyetine sahip değildir. İkinci kuşak robotların hedefi duyu kontrolü ile etkileşimli montaj işlemini gerçekleştirmektir.

Robotların mekanik yapıları üzerindeki çalışmalar hafif yapı, kendi kendine yer değiştirebilme, "EL" olarak isimlendirdiğimiz etkin uç elemanların çabuk değiştirebilme ve çok amaçlı olabilmeleri gibi konularda sürmektedir.

1.5.4.3. ÜÇÜNCÜ NESİL ROBOTLAR

Henüz araştırma aşamasında olan bu robotlar güçlü bilgisayar ve karmaşık makinalardan oluşan yapay zeka desteğine sahip olacaklardır. Bu robotlarda sensörler ve çevreyi tanıma yeteneği çok gelişmiş olması beklenmektedir.

Yapay zekanın en önemli özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

-Yapılacak harekete uygun ve gerekli bilgiyi sunma,

- Bilgiyi tedarik etme ve etkin olarak açıklama,
- Mantık yürütebilme, hafızadaki grafik, teknik resim vb. gibi değişik tipteki bilgileri değerlendirme, aralarında bağlantı kurma, karar verme,
- Alternatifleri değerlendirme ve seçim yapma v.b.

1.6. ROBOT HAREKETLERİ

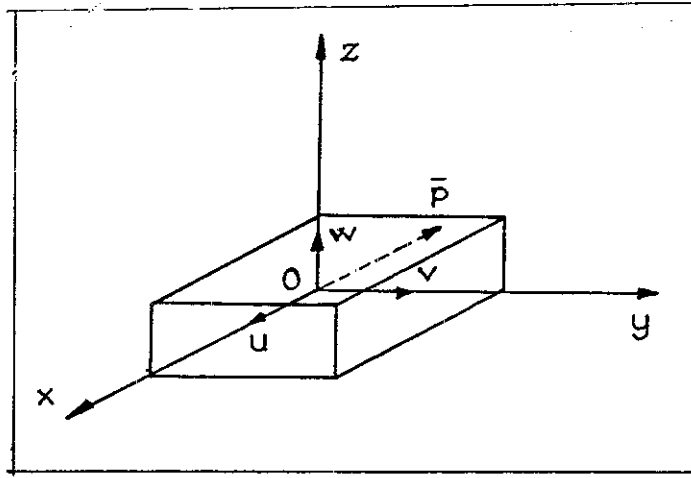
Robotlar çeşitli şekillerde hareket etmektedirler. Buna göre de farklı hesap ve projelendirmeye tabi tutulmaktadır. Robotlar olduğu yerde dönebilirler, cisimleri kavrarlar, kaldırırılar, taşıyıp yere veya tezgahlara yerleştirebilirler. Bu işleri yapabilmek için en azından üç boyutta hareket edebilmektedirler. Bu hareketler robot kolundaki eklemlerle yapılabilmektedir. En karmaşık robot ise sadece altı yönde hareket edebilmektedir. İnsan kolu ise yirmiiki yönde hareket etmektedir.

Endüstriyel bir robot, prizmatik veya döner mafsallarla bağlanmış olan çeşitli rijit elemanlardan oluşan genel amaçlı bir manipülatördür. Bu mafsal zincirinin bir ucu serbest ve cisimleri taşıma veya montaj işlemini yerine getirmek için bir takıma bağlanmış olup, diğer ucu ise serbest bir mesnete bağlanmaktadır. Elemanların hareketi mafsalların hareketi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bilgisayar kontrollü altı hareket serbestliği olan bir manipülatörün kinematik analizi incelenecek olursa; Kinematik problemin, hareketi sağlayan kuvvet ve momentleri göz önüne almadan, zamana bağlı eleman konfügrasyonu olarak tarif edilmektedir. Uzay, robot uç elemanlarının pozisyonu ile açısal kanumu arasındaki ilişki, değişken mafsal hareketlerine bağlı şekilde analitik olarak incelenmektedir.

Bir robot kolunun elemanları referans koordinat takımına göre dönebilir veya ötelenebilir olduğundan, her

bir eleman için mafsalsal koordinat takımı oluşturulmaktadır. Böylece düz kinematik sistem, referans koordinat transformasyon matrisinin bulunmasına indirgenmektedir. 3x3 boyutundaki bir dönüşüm matrisiyle mafsalsal koordinatlarının referans takımına göre dönme hareketleri gösterilmektedir. Daha sonra homojen koordinatlar, 3 boyutlu bir uzayda yer vektörlerini göstermede kullanılmaktadır. Böylece mafsalsal koordinat sistemlerinin öteleme hareketide hesaba katılırsa, dönüşüm matrisi 4x4 boyutunda bir matrise dönüşmektedir.

Bir 3x3 dönüşüm matrisi, 3 boyutlu Euclid uzayı pozisyon vektörlerine kullanan ve koordinatları OXYZ referans koordinat sistemine göre dönüştürülmüş durumdaki OUVW eklem koordinat sisteminde belirlenen bir transformasyon matrisi olarak tanımlanmaktadır. Şekil 1.7 de OX, OY ve OZ koordinat eksenleriyle verilen OXYZ koordinat sistemi ve OU, OV ve OW koordinat eksenleriyle verilen OUVW koordinat sistemi gösterilmektedir. Her iki koordinat sisteminin ortak orijini O noktasıdır. OXYZ koordinat sistemi 3 boyutlu uzayda sabitlenmiş olup referans olarak kabul edilmektedir. OUVW koordinat sistemi OXYZ referans koordinat sistemine göre dönmektedir. Fiziksel olarak, OUVW koordinat sistemi mafsalsal koordinat sistemi olarak kabul edilmektedir.



Şekil 1.7. Referans Ve Gövdeye Bağlı Koordinat Sistemi

Yani bu eksen takımı uygun bir şekilde ve kalıcı olarak rijit bir elemana bağlanmaktadır. Dolayısıyla onunla beraber hareket etmektedir. OXYZ ve OUUV koordinat takımlarında (i_x, j_y, k_z) ve (i_u, j_v, k_w) birim vektörler olarak tanımlanmaktadır. Uzaydaki bir P noktası her iki koordinat sistemi içinde koordinat noktalarıyla belirlenmektedir. P noktası OUUV koordinat sisteminde sabit bir nokta olduğundan, bu noktanın OUUV ve OXYZ koordinat sistemlerinde gösterimi:

$$\begin{aligned} P_{uvw} &= (P_u, P_v, P_w) \\ P_{xyz} &= (P_x, P_y, P_z) \end{aligned} \quad (1.1)$$

şeklindedir.

P_{uvw} koordinatlarını, OUUV koordinat sistemi döndürüldükten sonra OXYZ koordinat sistemine göre 3x3 boyutunda istenilen koordinatlara çeviren transformasyon matrisini A_{xyz} elde etmek için yukarıdaki eşitlikten faydalanırsa:

$$P_{xyz} = A_{xyz} \cdot P_{uvw} \quad (1.2)$$

elde edilir.

Fiziksel olarak P_{uvw} noktası OUUV koordinat sistemiyle birlikte döndürülürse vektör bileşenleri:

$$P_{uvw} = P_u \cdot i_u + P_v \cdot j_v + P_w \cdot k_w \quad (1.3)$$

ve P_x, P_y, P_z in OX, OY, OZ eksenlerindeki bileşenleridir.

Böylece skaler çarparak (1.3) denklemini kullanılarak;

$$P = i_x \cdot P_x \quad P = j_y \cdot P_y \quad P = k_z \cdot P_z \quad (1.4)$$

elde edilir. Bu ifade matris formunda ise :

$$\begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_x i_u & i_x j_v & i_x k_w \\ j_y i_u & j_y j_v & j_y k_w \\ k_z i_u & k_z j_v & k_z k_w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_u \\ P_v \\ P_w \end{bmatrix} \quad (1.5)$$

ve

$$A_{xyz} = \begin{bmatrix} i_x i_u & i_x j_v & i_x k_w \\ j_y i_u & j_y j_v & j_y k_w \\ k_z i_u & k_z j_v & k_z k_w \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

şeklinde gösterilmektedir. Benzer şekilde P_{uvw} nin P_{xyz}

cinsinden koordinatları;

$$P_{uvw} = B \cdot P_{xyz} \quad (1.7)$$

$$\begin{bmatrix} P_u \\ P_v \\ P_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} iuix & iujy & iukz \\ jvix & jvjy & jvkz \\ kvix & kvjy & kvkz \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix} \quad (1.8)$$

Şeklindedir.

$$B = A_{xyz} = A_{xyz}^{-1} \quad (1.9)$$

$$B \cdot A = A^{-1} \cdot A = I \quad (1.10)$$

elde edilir.

Bu transformasyon matrisinin genelleştirilmesindeki temel amaç, ana koordinat sistemi OXYZ nin 3 eksenine göre, OUVW koordinat sisteminin dönmesini temsil eden dönüşüm matrisini elde etmektir.

BÖLÜM II

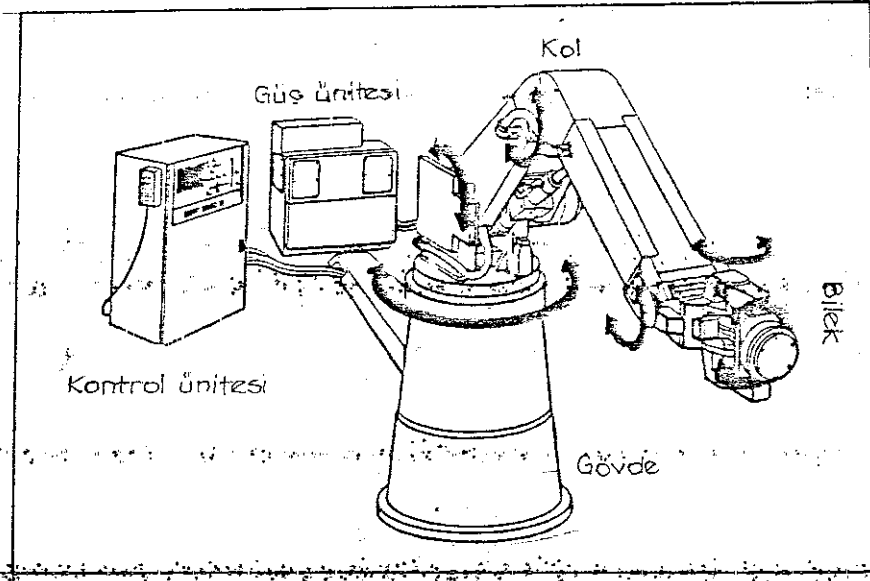
ROBOT ELEMANLARI VE KULLANMA ALANLARI

2.1. ROBOTLARIN PARÇALARININ TANITILMASI

Robotların elemanları, yeteneklerine ve kullanma alanlarına göre değişmektedir. Buna göre hareketler, basit noktadan noktaya hareket, bilgisayarla bütünleşik imalat sistemlerindeki karmaşık hareketler olabilmektedir. Bundan dolayı robot kullanımında robot özellikleri iyi bilinmelidir. Kol tipi, eksen sayısı, yük taşıma kapasitesi, hareket hızı, çalışma hacmi, güvenilirlik, tekrarlanabilirlik, bellek, programlama metodu, hareket elemanları, kontrol sistemleri ve koordinat sistemi gözönüne alınması gereken önemli noktalardır.

Robotları üç ana kısma ayırmak mümkündür (Şekil 2.1):

1. Robotun dışardan görünen hareketli kısmı,
 - a) Kol ve bilekten oluşan manipülatör,
 - b) Bir cismi veya takımı tutmaya yarayan el,
2. Hareket elemanları ve güç üniteleri,
3. Manipülatör hareketlerini denetleyen kontrol ve bilgi işlem sistemi.



Şekil 2.1. Robotun Ana Kısımları

2.1.1. Manipülâtör (Mekanik Sistem)

Robotun konstrüksiyonu, boyutları yapacağı işe göre tasarlanmakta, belirli bir çalışma hacmi içinde her noktada yapacağı işin gerektirdiği hareketi yapan bir koldur. Bu kolda ilaveten kullanma şekline göre tasarlanmış bir tutucu (el) ile sisteme hareket veren motor ve hareket iletme mekanizmalarından oluşmaktadır.

Manipülâtör, robotun hareketini sağlayan bilek ve koldan oluşan, mekanik kısımdır. Bir robotun iş parçalarına ve takımlara erişmesi gerektiği düşünülürse kol ve bilek kısımlarının birlik içinde hareketi sağlanmalıdır. Aynı zamanda, robotun çalışma hacmi de bu uzuvların uzunluğuna ve hareket elemanlarına bağlıdır. Çalışma hacmi içerisinde elin belirli bir noktaya ulaşabilmesi için üç serbestlik derecesi gerekmektedir. Bunun için de üç eklem kullanmak zorunludur. Bu, kol ile sağlanmaktadır. Bu durumda karşımıza çeşitli

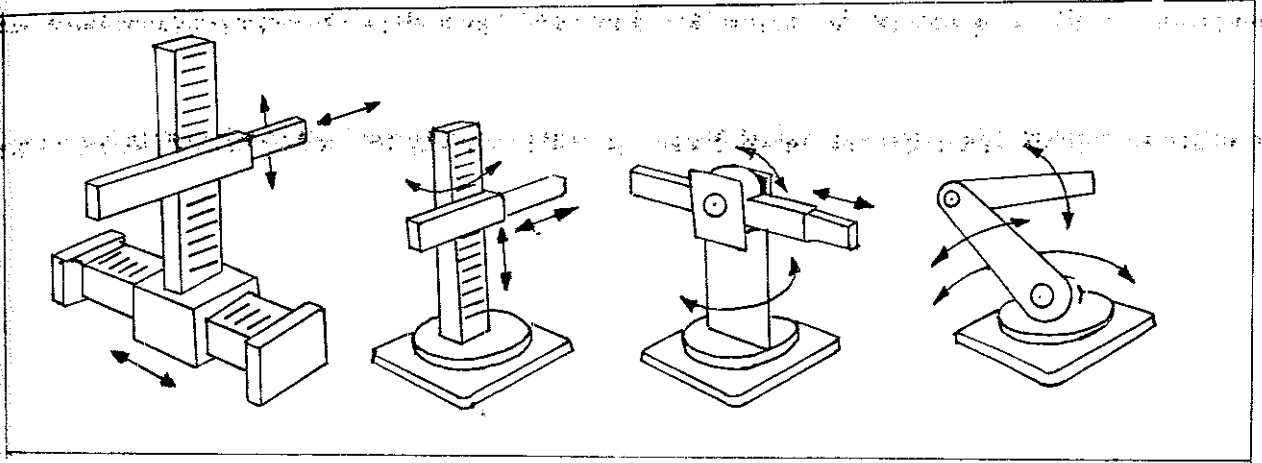
kol geometrileri ve bunların kinematik özellikleri çıkmaktadır. Robot imalatçılarının kullandığı kol geometrileri Şekil 2.2. de verilmektedir.

1-Kartézyen

2-Silindirik

3-Küresel

4-Dönel



Şekil 2.2. Robot Kol Geometrileri

Bütün bu kol geometrilerinde kol eli yönlendirmek için bir bilek taşımaktadır. Genellikle ele istenilen yönü verebilmek için bilek de kol gibi üç serbestlik derecesine sahiptir. Yani genelde bir robot toplam olarak altı serbestlik derecesine sahiptir.

Bir manipülatörün temel üç özelliği mevcuttur. Bu özellikleri şöylece sıralayabiliriz [8]

1. Kendi hareket ve işlemlerini kontrol edebilme,
2. Yeniden programlanabilme, değişik işleri yapabilme,
3. Değişken çalışma ve çevre şartlarına uyabilmedir.

2.1.2. Hareket Elemanları

Robotun her eklemi için bir hareket elemanı gerekmektedir. Kolu ve bileği hareket ettiren elemanlara ek olarak çeşitli kavrayıcılar için de hareket elemanlarına ihtiyaç vardır. Robot hareket elemanları elektrik, pnömatik, hidrolik kumanda sistemlerdir. Çoğunlukla da bu sistemler beraber lanılmaktadır.

Günümüz endüstriyel robotlarının yaklaşık % 30 pnömatik, % 20'sinde elektromekanik kumandalı hareket elemanları mevcuttur. En çok rağbet görenler ise hidrolik sistemlerdir. Çünkü hidrolik silindir ve motorlar daha basit ve derli toplu olup, hassas bir denetimle yüksek kuvvet ve güçler uygulayabilmektedirler. Ayrıca, boya püskürtme gibi patlama tehlikesi olabilecek ortamlarda mutlaka hidrolik sistemler tercih edilmelidir.

Elektromekanik sistemler arasında servomotorlar, adımli motorlar, doğrusal ve döner selonoidler sayılabilir.

Pnömatik sistemler ucuz, az bakımlı fakat hafif hizmetler için kullanılmaktadır. Konum ve hız kontrolü zordur.

2.1.3. Kontrol Ve Bilgi İşlem Sistemleri

Robotları kontrol tipi açısından iki gruba ayırmak mümkündür. Birinci grupta kolun ve elin hareketlerini denetleyen mekanik durdurucu ve nihayet şalterleri bulunmaktadır. Bu grupta sadece uzuvların başlangıç ve son konumları önemlidir. Bu tip robotlar, genellikle bir malzemeyi veya takımı bir yerden alıp diğer bir yere götürmekte kullanılmaktadır. Uygulama alanları arasında pres döküm, pres yükleme ve plastik enjeksiyon sayılmaktadır. Bu sistemlerde robot çevresinden habersiz olduğu için, çoğu zaman da ek algılayıcı sistemlere gerek duyulmaktadır.

ikinci grupta öğretilen robotlar yer almaktadır.

Robota istenilen hareketin yaptırılması için gerekli bilgi, daha önce robotun kompütör belleğine aktarılmaktadır. Bazen de bu bilgi başka şekillerde elde edilip, sayısal olarak bilgisayara verilir. Çalışma sırasında robot bilgisayarından bu bilgiyi kullanır.

Öğretilebilen robotlarda, noktadan noktaya ve sürekli yol kontrolü olarak iki tip kontrol uygulanmaktadır. Noktadan noktaya kontrolde başlangıç ve bitiş konumlarına ait bilgiler önemli olup, diğerinde ise tüm yola ait bilgiler veri olarak sistemi denetleyen bilgisayara verilmektedir.

Kontrol sistemleri açık çevrim ve kapalı çevrim denetleyiciler olarak da ikiye ayrılır. Kapalı çevrim sistemlerinde görüntü, kuvvet algılayıcıları gibi çeşitli geri besleme elemanları vardır. Açık çevrim sistemleri ise en basit denetim metodu olup, çalışma anındaki verileri kullanmamaktadır. Adım motorları ile çalışan robotlar bu tip kontrolü kullanmaktadır.

Algılama Sistemi: iç ve dış algılama sistemlerinden oluşmaktadır. iç algılama sistemi, mekanik sistemin istenen hareketleri nasıl gerçekleştirdiğini, hedeflenen noktaya ne kadar yaklaşıldığını, hareket sırasında izlenmek istenen yö-rünge'nin ne kadar hata ile izlendiğini genellikle mekanik yapı üzerine yerleştirilmiş ölçme elemanları ile belirler.

Dış algılama sistemi ise, robotun çalışmasını etkileyen çevre şartlarını, iş parçası ile ilgili bilgileri, Robotla uyumlu biçimde çalışan diğer makina ve robotun genel çalışmasını algılamak, ölçmek, değerlendirmek için kullanılan duyar elemanlardan oluşmaktadır.

insan yapısında iç ve dış algılama sistemleri beş duyu-da (dokunma, duyma, koku alma, görme, tat alma) ve sinir sisteminin ağrı-sancı-acı gibi tepkilerinde toplanmıştır. Robotlarda, iç algılama sisteminin robot yapısı üzerine yer-

leştirilmesi gerekirken, dış algılama sistemi için böyle bir zorunluluk yoktur. Genellikle bilgiler, robot yapısı dışın-
da, bilginin oluştuğu yerde algılanır. Parçaları tanımak,
parça konumu ve hareketlerini izlemek, kolun hareketi sıra-
sında izleyeceği yörüngeyi, yörünge üzerindeki engelleri be-
lirlemek için işe "görme" işlemini gerçekleştiren video ka-
meralar ve ses üstü dalga verici ve alıcıları, laser verici
ve alıcıları kullanılmaktadır. Örneğin bir iş parçasının iş-
leme hazır olduğunu başlangıç yerine yerleştirilen bu küçük
anahtar veya yakınlık detektörü ile, parçanın biçimini ve
hangi parça olduğunu bir "görme" sistemi ile (kamera) tanımak,
parçaya uygulanan kuvveti bilek üzerine yerleştirilen bir
"kuvvet ölçer" ile algılamak mümkündür. Bu bilgiler Ro-
bot Bilgi İşlem ve Kontrol sisteminde değerlendirilerek ya-
pılacak hareket türü belirlenmektedir.

2.2. ROBOT SİSTEMLERİNDE KULLANILAN KAVRAYICILAR, TAKIM VE APARATLAR

Çeşitli işleri yapabilmek için robot bileğine değişik
parçalar bağlanabilmekte, bu şekilde kavrama, kaldırma ve
manipülasyon işleri yapılabilmektedir. Bileğin ucuna takım
ve aparatları bağlayarak, robotla iş parçası üzerinde deği-
şik işlemler sağlamak da mümkündür.

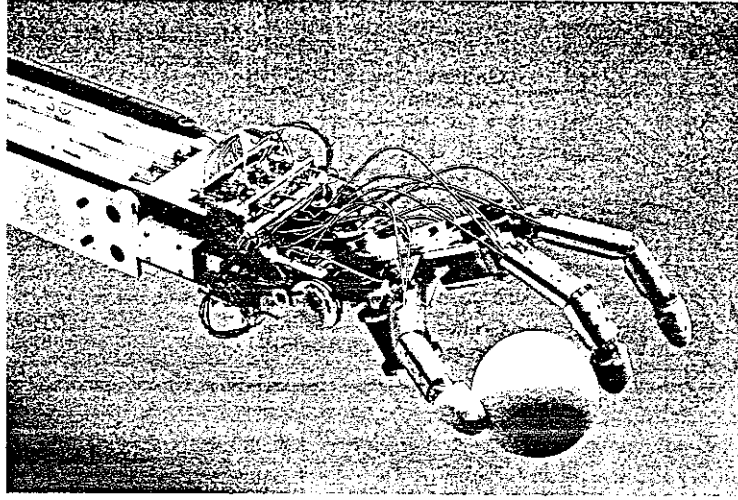
2.2.1. KAVRAYICILAR (TUTUCULAR)

Kavrayıcılar bir işlem için kullanılacak parçayı yaka-
lamak, işlem bittikten sonra da bırakmak için robot bileğine
bağlanmış mekanizmalardır. Hidrolik veya pnömatik kumandalı
bir sistem ya da bir motor tarafından verilen hareketi, kav-
rama hareketine çevirerek çalışırlar. Kavranacak malzemenin
özelliklerine göre değişik kavrama yöntemleri ve kavrayıcı-
lar gerekmektedir. Kullanılan kavrayıcı ve taşıyıcılar aşa-
ğıda verilmiştir.

1. Mekanik parmak tipi kavrayıcılar,
2. Kancalı kavrayıcılar,
3. Taşıma platformları,
4. Kepçe ve potalar,
5. Manyetik kavrayıcılar,
6. Vakumlu kavrayıcılar,
7. Yapışkan parmaklı kavrayıcılar,
8. Universal kavrayıcılar.

Mekanik parmak tipi kavrayıcılar kullanıldığında iş parçasının nasıl kavranacağına karar vermeden ve kavrayıcıyı seçmeden önce aşağıdaki faktörler göz önüne alınması gerekmektedir.

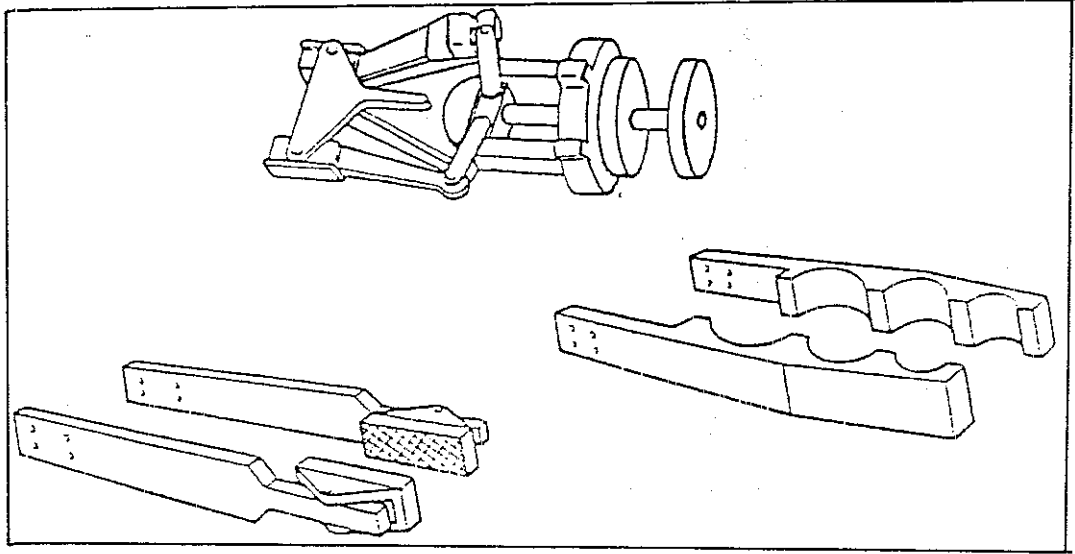
1. Kavranacak yüzeyler erişilebilir olmalıdır,
2. Kavranacak yüzeylerin toleransı, parçanın hassas bir şekilde yerleştirilebilmesini sağlayacak şekilde seçilmelidir,
3. İş parçasının işlem öncesi ve sonrası boyut farklılıkları göz önüne alınmalıdır,
4. Hassas işlenmiş bir iş parçası yüzeylerinin nasıl korunacağı düşünülmelidir,
5. İş parçasının iki değişik ölçüm kısmından kavranabilmesi mümkünse, parçanın kolay yerleştirilebilmesi için büyük ölçüye sahip kısmı seçilmelidir,
6. Karmaşık parçaların en iyi şekilde kavranabilmesi için parmaklar üzerine pabuçlar monte edilmekte kendiliğinden sıralanan parmaklar kullanılmaktadır.



Şekil 2.3.Yapay elden uç elemanı [12].

imalatta kullanılan, değişik firmalarca üretilmiş çok çeşitli parmak tipi kavrayıcılar vardır. Bunlar iki yada üç parmaklı olabilirler. Ancak çoğunluğu iki parmaklı kavrayıcılar oluşturmaktadır. Bunları hareket ettirmek için kol, dişli, yürek mekanizması, vida veya makara-ip kullanılabilir.

Standart kavrayıcılar ucuz ve çok amaçlı kavrayıcıdır. Kavranacak iş parçasının şekline göre değişik parmakların monte edilmesi mümkündür. Ancak orta ağırlıkta parçaların kaldırılmasında kullanılabilir. Mekanizması, parmaklar kapandığı zaman iş parçasına en büyük kuvveti etki ettirecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 2.4.). Düz yüzeyli parçaların kavranmasında kendiliginden seviyelen parmaklar yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.4.). Parmak değiştirmeden, değişik ölçülerdeki iş parçalarını yakalamak için üzerinde birden fazla oyuk olan parmaklar kullanılmaktadır (Şekil.2.4.).



Şekil 2.4. Standart Kavrayıcılar ve Parmaklar

Diğer mekanik parmak tipi kavrayıcılar Şekil 2.5.'de verilmektedir.

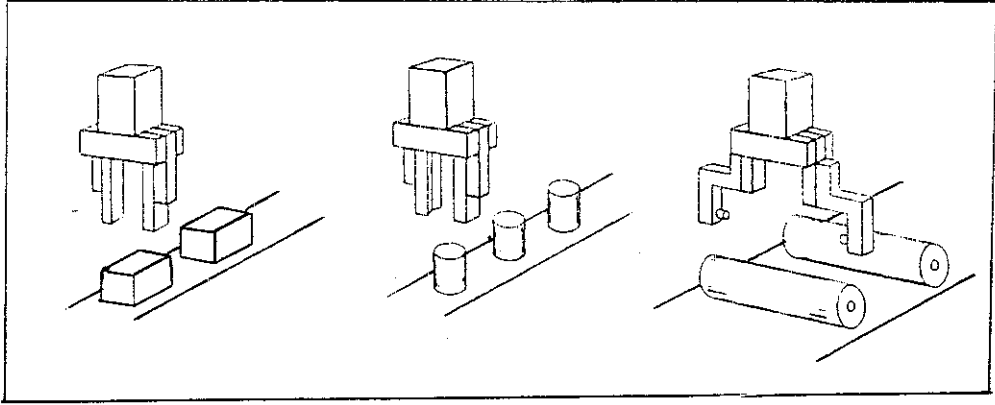
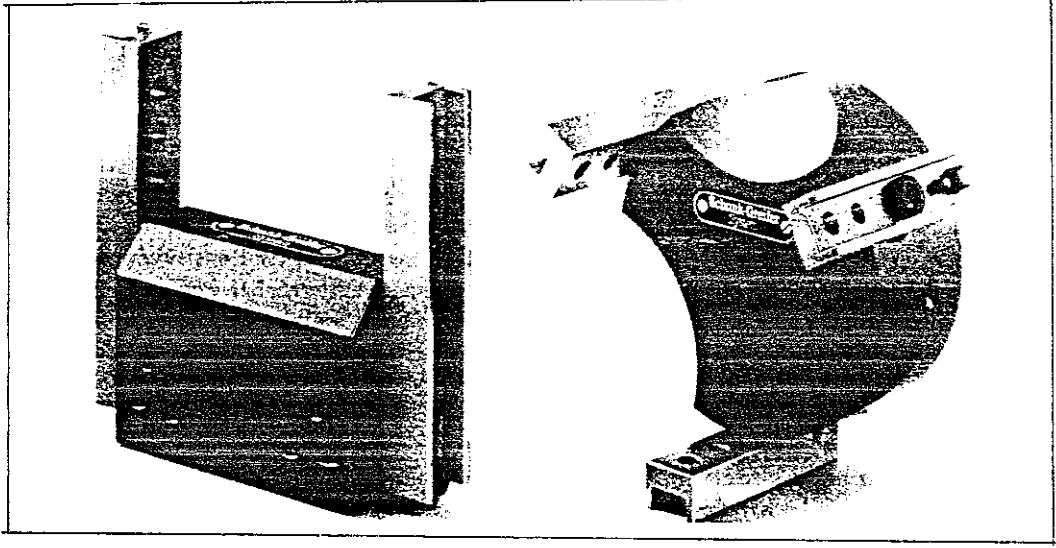
Kancalı kavrayıcılar, iş parçası üzerindeki uygun kısımlara kancanın takılmasıyla çalışırlar.

Tozlar, küçük taneli malzemeler, sıvılar ve ergimiş metal taşımak için kepçe ve potalar kullanılmaktadır.

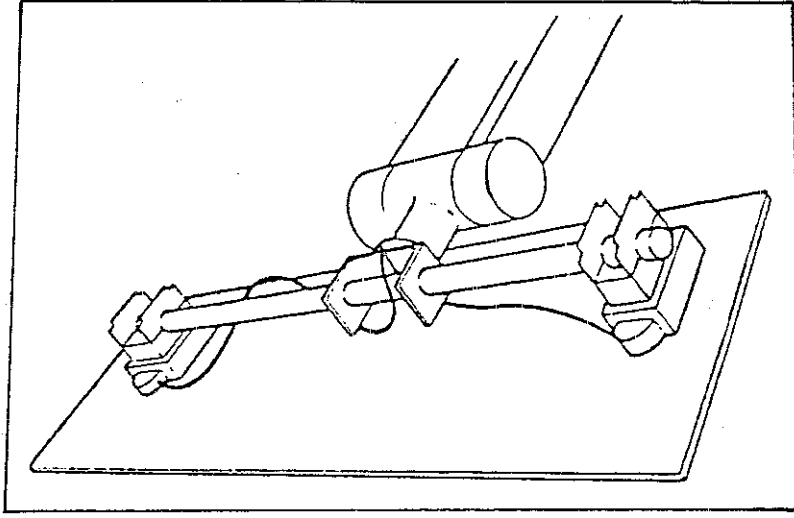
Demir malzemenin manipülasyonu için manyetik kavrayıcılar oldukça önemlidir. Bu iş için elektromıknatıslar veya sabit mıknatıslar kullanılmaktadır. Patlama tehlikesi olan işlerde sabit mıknatıslar kullanılmaktadır. Manyetik kavrayıcılar kullanıldığında konumlandırmanın hassas olmasına gerek yoktur. Kavrama işlemi de bir anda olduğundan oldukça fazla zaman kazanılmaktadır (Şekil 2.5.).

Düz yüzeyli ve manyetik kavrayıcılarla yakalanamıyan parçalar için vakumlu kavrayıcılar kullanılmaktadır. Küçük ve hafif parçalar için vakum pompası kullanılmasına gerek yoktur. Küçük vakum pabuçlarının içinde havanın sıkıştırılıp, dışarı bırakılması ile vakum elde edilebilmektedir. Büyük ve ağır parçaların kavranması için vantuzlar, borular-

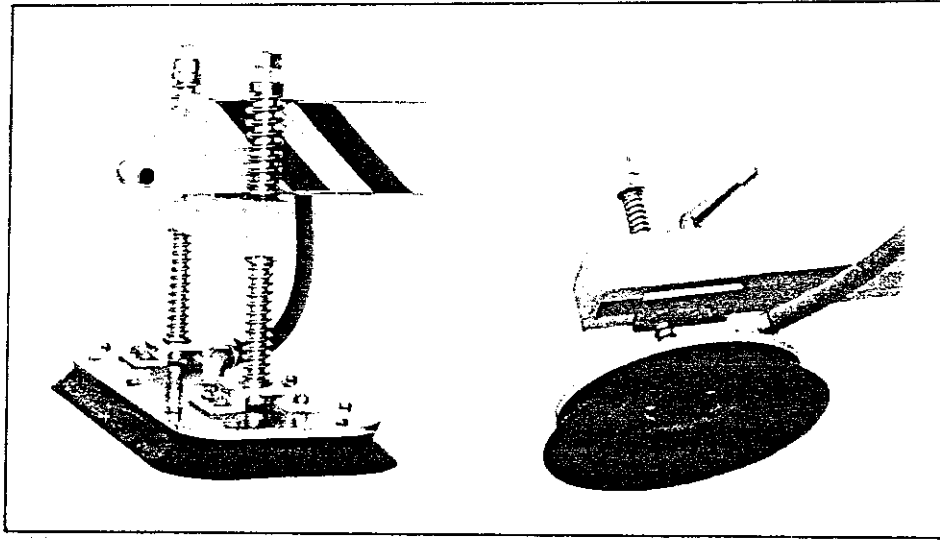
la emme pompasına bağlanmakta, pompa içerdeki havayı emerek vantuzun içinde gerekli vakumun oluşmasını sağlamaktadır (şekil 2.6.).



şekil 2.5. Mekanik Parmak Tipi Kavrayıcılar

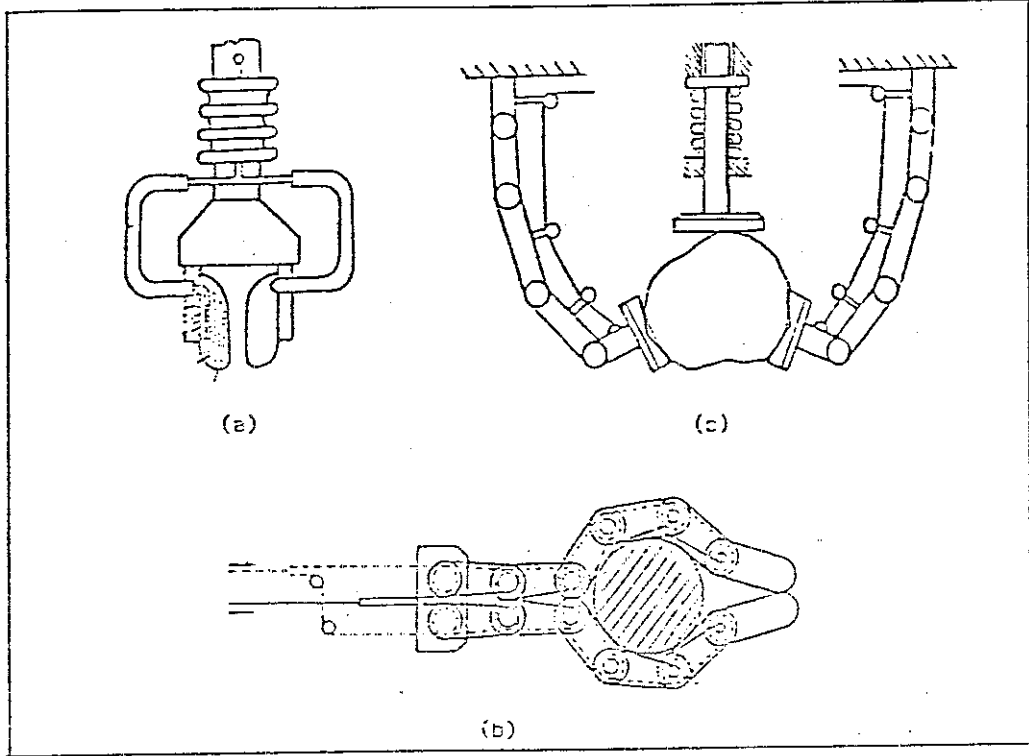


Şekil 2.6. Manyetik Kavrayıcı



Şekil 2.7. Vakumlu Kavrayıcı

Montajda kullanılan robotların, değişik şekillerdeki parçaları kavrayabilmeleri ve işlemleri yapabilmeleri oldukça zordur. Genellikle insan elini örnek alan kavrayıcılar geliştirilmektedir. Universal kavrayıcı adı verilen bu tip kavrayıcılara örnek Şekil 2.7.'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Universal Kavrıyıcılar

a-Şişirilebilen Kavrıyıcılar: Şekilsiz veya kırılğan cisimlerin konsantre yüklemeler yapılmadan yakalanmasında büyük kolaylık sağlamaktadır.

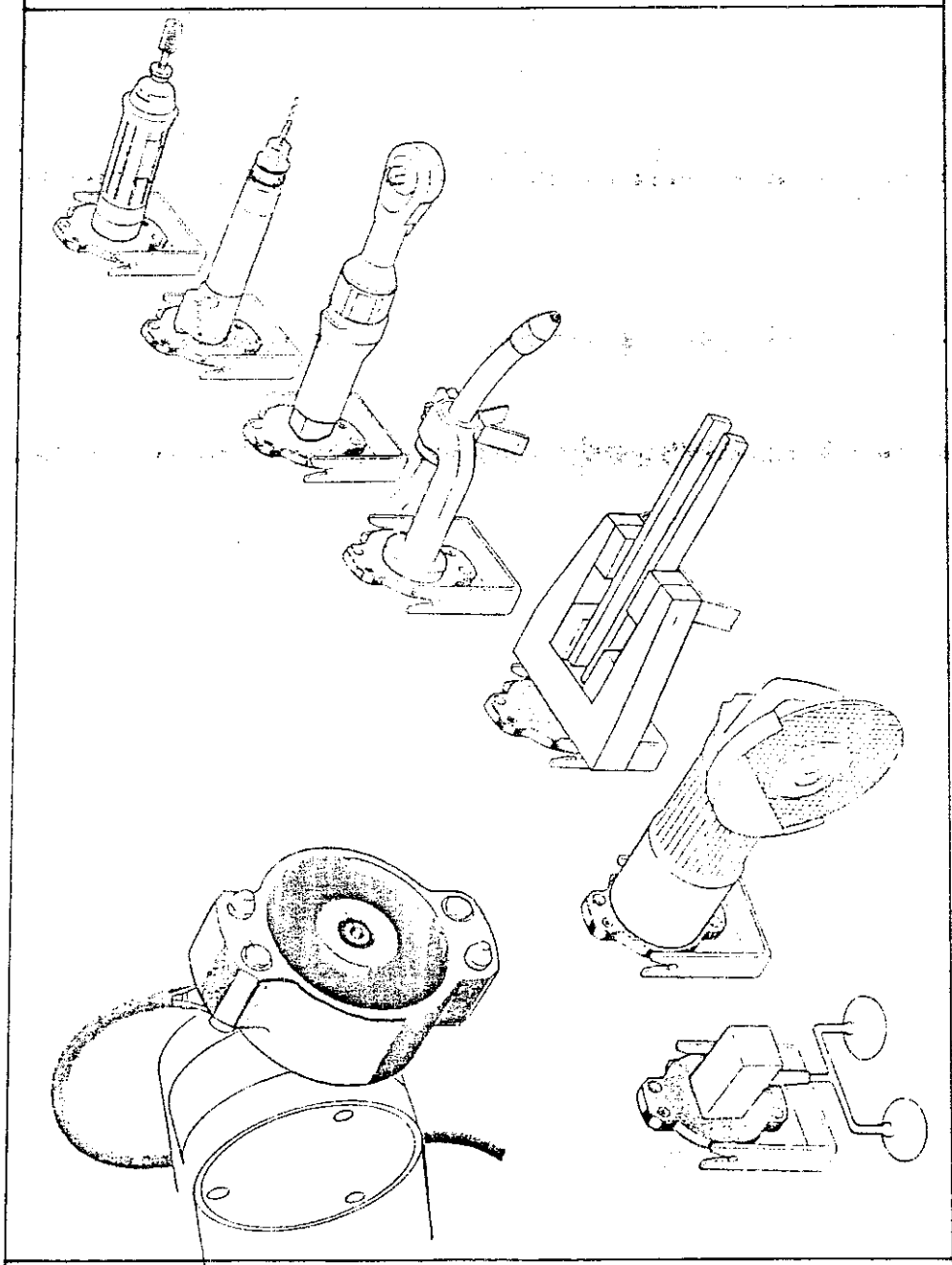
b-Yumuşak Temaslı Kavrıyıcılar: iç bükey olanlar dahil, her şekildeki parça için uygundur. Parçayı parmak boyunca sabit basınç uygulayarak kavrar. Cam ve benzeri malzeme için ve tarım alanında kullanılır.

c-Üç Parmaklı Kavrıyıcı: Parçayı yakalayıp, avuç içinde kavrayabildiği için, bu kavrıyıcıyla parçaya moment uygulanabilmektedir.

2.2.2. TAKIM VE APARATLAR

Robotların takım ve aparat kullanabilmesini sağlamak için bunların robot bileğine monte edilmesi gerekmektedir.

Bir işlem için kullanılacak birden fazla takım varsa, çabuk değiştirilebilen bağlantılar kullanılmalıdır. Bu durumda robot gereken işleme göre seçimi yapmakta ve uygun takım veya aparatı bileğine bağlamaktadır (Şekil 2.9.).



Şekil 2.9. Robot Bileğinde Kullanılan Takım ve Aparatlar

2.3. UÇ ELEMANLAR VE TUTUCU SENSÖRLER

Uç elemanları yapısal açıdan ençok farklılık gösteren bölümdür. Uç elemanları robot sisteminin iş parçalarıdır. İstenildiği kadar basit veya karmaşık imal edilebilir. Genellikle uç elemanları yapılacak işe özel parçalardır. Üretimin amacına uygun olarak tasarımılandırılırlar. Bu yüzden çok farklı mekanik özelliklere sahip olabilişler.

Uç elemanlarında kullanılan sensörler de çok farklı şekil ve özelliklerde olabilir. Çok basit yapıli sensörlerin yanışıra üretimi yüksek teknoloji gerektiren sensörler de mevcuttur. Basit sensörlere örnek olarak pasif algılama sağlayan yaylar, potansiyometreler ve sınır anahtarları gösterilebilir. Üretimi gelişmiş teknoloji gerektiren sensörler ise optik ve manyetik kodlayıcılar, ultrasonik ve manyetik basınç algılayıcılar, v.b.'dir.

2.3.1. UÇ ELEMANLARI

Uç elemanları yapılacak işin şekline göre pekçok yolla tasarlanmaktadır. Uç elemanı, doğrudan iş makinesi olabilir, örneğın; boya spreyleri, fırçalar, kaynak aparatı, v.b.

Uç elemanlarının ilk örnekleri, Yunanca "Uzaktaki Eller" anlamına gelen telechir'lerdir. Bunlar gerçek anlamda robot değildirler. Doğrudan insanlar tarafından kontrol edilmektedir. Bir dizi hareketi öğrenme ve tekrar etme yetenekleri yoktu. Ancak, endüstriyel robot kolları ile telechir sistemleri arasında konstrüksiyon açısından bir fark olmaması nedeniyle bu ikisi aynı sınıfta ele alınmaktadır.

İlk telechir sistemleri, insanların ulaşamadığı veya tehlikeli alanlarda, insan hareketlerini kopya ediyorlardı. Telechirler ikinci Dünya Savaşı sırasında radyoaktif maddelerle yapılan çalışmalarda çokca kullanılmaktadır.

Daha sonra, tıbbi uygulamalarda ve askeri alanlarda kullanılmak üzere daha karmaşık sistemler geliştirilmiştir.

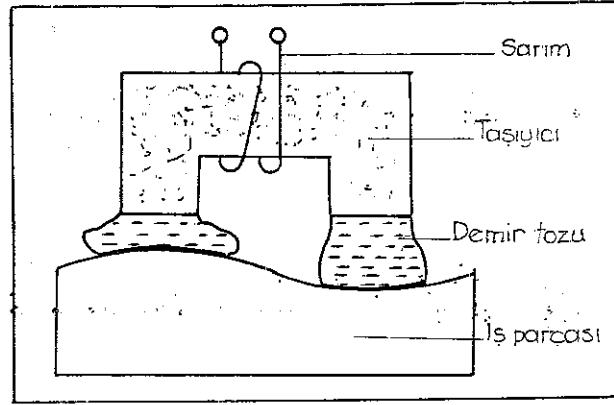
Robot kollarında kullanılan uç elemanları genellikle aşağıdaki şekillerden biridir:

1. Genel amaçlı tutucu (gripper),
2. Belirli bir parçayı tutmak üzere tasarlanmış tutucu,
3. İş aleti.

Endüstriyel robotların çoğu parçaları yerleştirme sırasında kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda ve montaj robotlarında uç elemanın tutucu çeşidi kullanılır. Sprey boyama veya nokta kaynağı gibi işlerde kullanılan robotlar doğrudan manipülatöre bağlanan iş aletine sahiptirler.

Genel amaçlı tutucular, çoğunlukla, iki parmaklı çeşitlerdir. Genellikle tutucular küresel ve prizmatik parçaları kavrayacak parmaklara sahiptirler. Üç parmaklı tipler iki veya iki eş parmanın karşısına yerleştirilen farklı yapılı veya iki eş parmanın karşısına yerleştirilen farklı yapılı bir başparmak. ikiden çok parmağa sahip tutucularda, her rijit parmak, tutulan parçanın şekli ne olursa olsun, eşit baskı uygulayacak şekilde tasarlanmalıdır. Dört veya beş parmaklı tutucuların tasarımında atılımlar yapılmış olmasına rağmen bunların hiçbiri üretim sistemlerinde yer alamamıştır.

Bazı genel amaçlı tutucular çok değişik şekillerde tasarlanmıştır. Geliştirilen bir tutucu çeşidinde bir torba dolusu demir parçacıkları kullanılmıştır. Torba parçanın üzerine indirilmekte ve bir elektromıknatıs devresi kapatılarak torbanın, parçanın şeklini alması sağlanmaktadır. Elektromıknatısın akımı kesildiğinde ise parça serbest kalmaktadır[3].



Şekil 2.10. Demir parçacıkları dolu bir torba kullanılarak şekil uyumluluğu sağlanmış bir tutucu örneği

Günümüz teknolojisi ile insan elinin gücüne, hafifliğine, hareket serbestliğine ve kontrol kolaylığına ulaşmak mümkün olamamaktadır. Fakat, bu durum bir dezavantaj olarak düşünülmemelidir. Örneğin, yiyecek kutularını tutmak üzere tasarlanmış bir sistem insan elinden çok daha verimli çalışmaktadır. Robotların hiçbirini insan elinin duyarlığına erişememekle birlikte hız, güvenilirlik ve sürekli çalışabilmek açısından çok büyük üstünlükler gösterirler. Ayrıca uç elemanlarının değiştirilebilme gibi bir özelliği vardır. Bu işlem yeni işin programlanması ve hatta uygulanması aşamasında gerçekleştirilebilir. Montaj uygulamaları, insan elinin performansına ulaşılmayan bir alandır. Burada geri beslemenin önemi ve el becerisi robot sistemlerinin önündeki engellerdir. Örneğin, bir pimin deliğe sokulması işlemi bir insan için hiçbir önem taşımaz iken bu işlemin bir robota yaptırılması tasarımcıları uzun süre uğraştırmıştır.

Robotlar mekanik işleme görevlerini, dayanımları ve güvenilirlikleri nedeniyle, çok verimli yaparlar. Bazı matkap ve taşlama aparatları insanların uzun süre taşımaları için

çok ağırdır. Oysa robot sistemleri bu aletleri yorulmadan ve işleme hassasiyetlerini yitirmeden sürekli taşıyabilirler. Robotlar hafif işlerde de oldukça kullanışlıdır. Sprey boyama ve nokta kaynağı bu işlere örnek olarak gösterilebilir.

2.3.2. Tutucular, Dokunma ve Sensörler

Uç elemanlarının en yaygın türlerinden biri tutuculardır. Tut-yerleştir sanayinin toplam robot pazarının % 25-35 ini işgal ettiği hesaplandığından beri tutuculara verilen önem belirgin şekilde artmıştır. Tutucuların çoğu kavrama işlemi sırasında pasif uyum gösterirler.

Tutucular genellikle adım motorları ile veya pnömatik tahrikli olarak sürülürler. Havanın sıkışabilir olması nedeniyle, pnömatik sistemler belirli bir pasif uyum gösterirler. Kavrama kuvvetini kontrol etmek için bu tutucularda ucuz ve basit basınç transdüktörler kullanılır. Bunlar çoğu sistemlerde yeterli olsalar da, her parmağa bir kuvvet algılayıcısı konulması gereken durumlara da sıkça rastlanır. Bu yolla eğer bir parmak hedefe diğerinden önce dokunursa elin konumu ayarlanabilir.

Normal mekanik özelliklerin yanı sıra çoğunlukla tutucular çok ağır şartlarda çalışmak üzere tasarımlanır. Yakıcı eriyiklerin, fırınların ve benzer ortamların içine parça yerleştirip çıkarmak işlemleri, robotlar tarafından, insanlara göre, çok daha verimli ve emniyetli yapılır. Kolektif veya diferansiyel kavrama kuvvetinin ölçülmesi genelde yeterli olsa da biçimsiz parçaların tutulması için daha fazla duyarlılık, kavrama yüzeylerinde kullanılan basınca duyarlı malzemeler ile sağlanır.

Ancak dokunma ile ilgili bazı sorunlar vardır. Örneğin algılayıcılarla donatılmış bir tutucunun hasar görme olasılığı oldukça yüksektir. Bundan başka basınca duyarlı malzemeler histerizis ve günlük kullanımda sorun oluşturan hafıza

etkileri gösterirler.

Robotlarda kullanılan sensörler dört ana grupta toplanırlar:

- Pasif ve aktif kuvvet sensörleri,
- Temaslı (tactile) dizi sensörler,
- Temaslı (tactile) transdüktörler,
- Ultrasonik sensörler.

2.4. ROBOTLARIN PROGRAMLANMASI VE YAPAY ZEKA

Robotların kumanda, kontrol ve işletim programları oldukça karmaşık matematik işlemleri içerirler. Ancak kullanıcının bu işlemleri ve programların ayrıntılarını bilmeleri gerekmemektedir. Robot teknolojisinin gerektirdiği konum belirleme, yörünge hesabı, iç ve dış algılama sistemlerinden gelen bilgilerin değerlendirilmesi, motor komutlarının üretilmesi hep otomatik biçimde devreye giren alt programlarla gerçekleştirilir. Bu alt programlar işlemi basit ve konuşulan dile uygun biçimde tanımlayan komutlara bağlı olarak çalışırlar. İşlemleri tanımlamak için kullanılan komutlar dizisi "Robot Kullanım Dili" ni oluşturur. Bu türden birçok robot kullanım dili geliştirilmiştir. Örneğin çalışma hacmi içindeki bir bardaga, yine bu hacim içindeki bir sürahiden su koyma işlemi aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

iŞLEM	KOMUT
1. Başla	1. DURUM 0, KONUM 0
2. Bardağı tanı, konumunu belirle	2. ARA (BARDAK, KONUM 1)
3. Sürahiye tanı, konumunu belirle	3. Ara (SURAHi, KONUM 2)
4. Sürahiye git	4. GiT (KONUM 2, YÖRUNGE)
5. Tut	5. TUT
6. Kaldır	6. KALDIR (Z)
7. Sürahiye Bardağın yanına getir	7. GiT (KONUM1, YÖRUNGE)
8. Sürahiye çevir	8. ÇEVİR (θ)
9. Suyun akışını sezgileme, tart	9. TART (SU)
10. istenen miktar akmamışsa 8'e git	10. SU (MIKTAR : DÖN 8
11. Sürahiye geri çevir	11. ÇEVİR (-θ)
12. Sürahiye eski yerine götür	12. GiT (KONUM 1, YÖRUNGE)
13. indir	13. İNDİR (Z)
14. Bırak	14. BIRAK
15. Başlangıç konumuna git	15. GiT (KONUM 0)
16. Başlangıç şartlarına dön	16. DURUM 0
17. Son	17. SON

Bu komutlarla oluşturulan programa bir ad verilerek (DOLDUR (N1, N2, MIKTAR) gibi), N1 nesnesinden N2 nesnesine, MIKTAR kadar doldurulması işlemi genel olarak tanımlanabilir. Yukarıdaki örnekte N1=SURAHi, N2=BARDAK iken, aynı program, N1=ŞİŞE, N2=TÜP ve başka bir MIKTAR tanımlanarak tehlikeli sıvılarla bir karışım oluşturulmasında kullanılabilir. Elbette sürahi ve bardak gibi şişe ve tüpün daha önce Bilgi İşlem Hafızasında kaydedilmiş olması gerekir.

Değişken dış etkilerin algılanması ve robotun bu şartları öğrenerek kendini bu şartlara uydurması yine programlama yolu ile sağlanmaktadır. Ancak bu kez şartların nasıl değişebileceği, ortaya çıkabilecek durumlar önceden tahmin edilmeli ve çeşitli durumlarda hangi program dizisinin uygulanabileceği belirlenmelidir. Böyle bir karar mekanizmasının oluşturulması "Yapay Zeka" Bilim dalının yardımıyla gerçekleştirilebilir. Robotlar, bu bilim dalının gelişmesine de

katkıda bulunmaktadırlar. Robotlarla ilgili çalışmaların bir bölümü, cisim tanıma engel sezme, engel aşma, komut değerlendirme, tehlike belirleme gibi "Yapay Zeka" nın oluşturulmasına yardımcı konularda yoğunlaşmıştır.

Bilinen robot programalarını şöyle sıralayabiliriz:

- 1-El yöntemi,
- 2-Programlama yöntemi,
- 3-Yol gösterme yöntemi,
- 4-Off Line Programlama yöntemi.

2.5. ROBOTLARDA TAHRIK ŞEKİLLERİ VE MEKANİZMALARI

Robotların önemli bir ayırt edici özelliği de kullanılan tahrik metodudur. Tahrik kaynağı robota ait bir uzvu, arzu edilen pozisyona getiren gücü sağlamaktadır. Tahrik gücü ya doğrudan doğruya yada kablo, zincir, dişli kayış vb. mekanizmalarla, dolaylı olarak mafsallara uygulanır.

Bugün son yıllarda endüstriyel robotlarda uygulanan tahrik kaynakları hidrolik, pnömatik ve elektrik motorlarıdır. Elektrik motorları da doğru akım, alternatif akım ve adım motorları diye sınıflandırılmaktadır.

Tahrik sistemlerinden elde edilen momenti iletmek için çeşitli mekanizmalar geliştirilmiştir. Bu mekanizmalarını şöyle sınıflandırılmaktadır:

- 1- Doğrusal (lineer) Tahrik Mekanizmaları
 - A-Kremayer Mekanizmaları
 - B-Vida Mekanizmaları
 - C-Bilyalı Vidalar
 - D-Hidrolik Silindirler
 - E-Pnömatik Silindirler
- 2- Döner Tahrik Mekanizmaları
 - A-Dişli Mekanizmaları
 - Düz alın dişli

- iç alın dişli
- Helisel alın dişli
- Konik düz dişli

B-Harmonik Tahrik Elemanı

C-Döner Hidrolik Tahrik Elemanı

D-Dogrudan Tahrik Moment Motorları

3-Diger Tahrik Mekanizmaları

A-Çelik Kablolar

B-Dişli Kayışlar

C-Zincirler

D-Çubuk Mekanizmaları

E-Moment Tüpleri (iççe miller)

2.6. ROBOT KULLANMA ALANLARI

Belli bir alanda Robot kullanımının düşünülmesi ve benimsenmesi aşağıdaki temel faktörlere bağlanabilmektedir:

- insan için hayati tehlike gösteren alanlar ve çalışma şartları,
- iş güvenliği ve çalışanın sağlığının zorlanması,
- iş gücünün pahalı olması veya zor bulunması,
- insanların yapmak istemediği işler,
- Üretimde düzgünlük, firelerin azaltılması, malzeme ekonomikliği,
- Üretim hızının ve üretkenliğinin artırılması, işletme optimizasyonu,
- Sağlık, hizmet, eğitim, eğlence alanlarında yeni imkanlar oluşturması.

insanoğlunun hayatı boyunca yaptığı her tehlikeli, zor veya sıkıcı iş için bir robot tasarlamak mümkündür. Fakat, yukarıda sıralanan faktörlere göre bazı alanlarda Robot kullanımı ya kaçınılmaz olmuş veya öncelikle tercih edilmiştir. Zamanımız teknolojinin ve piyasa şartlarının gelişmesi, insanların ilgi alanlarının değişmesi yeni uygulama alanlarında doğmasına neden olmuştur.

2.7. ROBOTLARDAN UYGULAMA ŞEKLİNE GÖRE BEKLENEN ÖZELLİKLER

Endüstriyel robotların özelliklerini şöylece sınıflandırmak mümkündür:

1-Robot türü

- A) Açık Çevrim (non-servo)
- B) Kapalı Çevrim
 - Nokta etrafında kontrollu
 - Yörünge etrafında kontrollu

2-Yapısal özellikler

- A) Koordinat sistemi
- B) Serbestlik derecesi sayısı

3-Uygulama özellikleri

- A) Yük kapasitesi
- B) Hız
- C) Güç sistemi
 - Elektrik
 - Hidrolik
 - Pnömatik
- D) Programlanabilme
 - Doğrudan
 - öğretme yoluyla
 - Kendi kendine
- E) Konumlandırma hassasiyeti
- F) Tekrarlanabilirlik
- G) Güvenilirlik (Üretim içi zaman yüzdesi)
- H) Uygulama alanları

Endüstriyel robotlardaki bu özelliklerin uygulama alanlarına göre dağılımını Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

TABLO 2.1. Endüstriyel Robotların Karakteristikleri

	Robot Türü		
	Açık Çevrim	Nokta Denetimli	Yörünge Denetimli
Fiyatı	5000-40.000\$	30-90.000\$	50-130.000\$
Serbestlik derecesi	2-5	5-6	5-6
Koordinat sistemi:			
Kartezyen	x	-	-
Silindirik	x	x	x
Küresel	-	x	x
Eklemlili kol	-	x	x
Yük kapasitesi (N)	10-500	1000	50-150
Hız (m/s)	1-1.25	0.75-1	1-1.25
Güç sistemi:			
Pnömatik	x	-	-
Elektrik	x	x	x
Hidrolik	-	x	x
Programlama:			
Doğrudan	x	-	x
Öğretme	-	x	x
Kendi kendine	-	x	x
Konum hassasiyeti (mm)	0.025	0.1	1
Tekrarlanabilirlik (mm)	0.025	0.1	1
Güvenirlilik (%)	97	96	95
Uygulama alanları:			
Malzeme yerleştirme	x	x	-
Tezgah yükleme	-	x	-
Boyama	-	x	x
Kaynak	-	x (Nokta)	x (Ark)
İşleme	-	x	x
Montaj	x	x	-
Kontrol	x	x	-

2.8. ROBOTLARIN KULLANMA ALANLARI

Robotlar günümüzde çok değişik alanlarda kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarının önemlileri şöyle sıralanabilmektedir [2]:

I- Yalnız yer değiştirmenin gerektiği uygulamalar

1- Makinaların yükleme ve boşaltılması

- a) Takım tezgahları
- b) Plastik parça imalatı
- c) Pres döküm
- d) Hassas döküm
- e) Dövme
- f) Fırınlara doldurup boşaltılması
- g) Isıl işlem
- h) Dökümhane işleri
- i) Pres işleri

2- Malzeme manipülasyonu

3- istifleme

II- Yer değiştirmenin ve işlem yapmanın gerektiği uygulamalar

1- Punta kaynağı

2- Ark kaynağı

3- Mekanik ve elektrik ile ilgili parçaların montajı

4- Elektronik ile ilgili parçaların montajı

5- Boya püskürtme

6- Kesme

7- El aletleriyle yapılan diğer işlemler

Robotların, bunların yanısıra aşağıdaki uygulamalar için de kullanılabilirmeleri mümkündür.

1- Deri ile ilgili işlemler,

2- Ayakkabı imalatı,

3- Kauçuk ile ilgili işlemler,

4- Asbest ile ilgili işlemler,

5- Gıda maddeleri ile ilgili işlemler,

- 6-Kil ve çimento kullanılarak yapılan imalatlar,
- 7-Cam endüstrisi,
- 8-Giyim endüstrisi,
- 9-Ağaç endüstrisi.

Robotlar, insanlar için tehlikeli ve zararlı olabilecek şartlara sahip ortamlarda da kullanılmaktadır. Bu uygulama alanları ise şunlardır:

- 1-Kömür madenleri,
- 2-Uzay çalışmaları
- 3-Su altı çalışmaları,
- 4-Radyoaktif malzeme manipülasyonu.

Bütün bunların yanısıra robotların ülke savunmasında kullanılması da mümkündür.

Yukarıda verilen uygulama alanları arasında, robotlar, en fazla kaynak işlerinde kullanılmaktadır. Bunu makina yükleme ve boşaltılması, dökümhane işleri ve boya püskürtme işleri izlemektedir. Amerika Birleşik Devletlerinde, Japonya, Almanya'da kullanılan robotların dağılım alanları Tablo 2.2. Tablo 2.3. ve Tablo 2.4.de verilmiştir.

TABLO 2.2. A.B.D. Robotların Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı

Uygulama Alanı	Kullanma Oranı (%)
Nokta kaynağı	35-40
Ark kaynağı	5-8
Transport tekniği	25-30
Montaj	10
Boya sanayi	8-12
Diğer alanlar	8-10

TABLO 2.3. Japonya'da robotların uygulama alanlarına göre dağılımı (%)

	<u>1985</u>	<u>1990</u>
Nokta Kaynağı	10	8
Ark Kaynağı	11	10
Boyama	5	5
Yüzey işleme	1	1
işleme	14	13
Montaj	17	22
Kontrol	8	10
Plastik Döküm	4	3
Basıncılı Döküm	2	2
Döküm	2	1
Isıl işlemler	3	2
Plastik Şekil Verme	2	1
Metal Kesme, Preste Kesme	4	5
Diğer	17	17

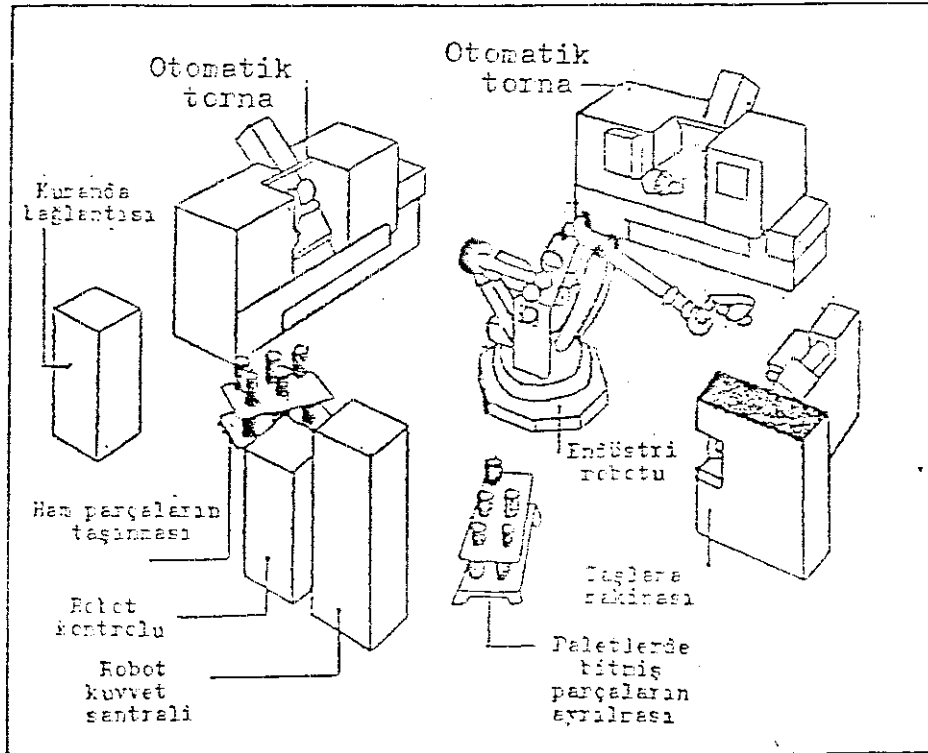
TABLO 2.4. Almanya'da robotların uygulama alanlarına göre dağılımı (%)

	<u>1985</u>	<u>1990</u>
Nokta Kaynağı	20	11
Ark Kaynağı	3	2
Takım Tezgahları	23	26
Presler	21	21
Yüzey işleme	7	4
Taşılama-Delme	6	4
Montaj	10	21
Diğer	10	11

2.8.1. Makinaların Yükleme ve Boşaltılması

Takım tezgahlarının yükleme ve boşaltılması işlerinde robotlar, iki değişik şekilde kullanılmaktadır. İlk uygulama sabit bir robotun çevresine gerekli takım tezgahları konul-

makta ve iş parçası robot tarafından operasyon sırasına göre tezgahlar yüklenmektedir (Şekil 2.11). Parçaların işlem süresi uzun ise robot uzun süre boş kalmakta, bu da işi ekonomik olmaktan çıkarmaktadır. Böyle durumlarda, robotun daha fazla tezgaha ulaşabilmesi ve gerekli yükleme boşaltma işlerini yapabilmesi için hareketli hale getirilmesi gerekmektedir. Bunun için robot raylar üzerinde monte edilmekte ve ray boyunca gerekli tezgahlar sıralanmaktadır.



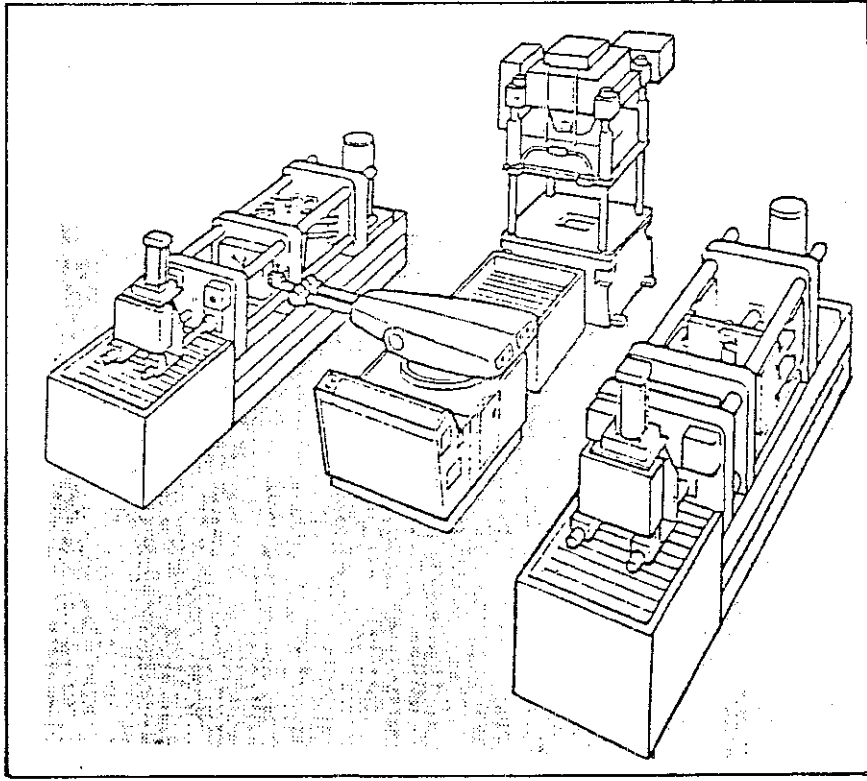
Şekil 2.11. Robotun Takım Tezgahlarını Yükleme ve Boşaltmada Kullanılması

Plastik parça imalatında kullanılan enjeksiyon makinaları robot tarafından kolaylıkla işletilmektedir. Robotlar bu tip bir imalat esnasında aşağıdaki işleri de yapabilmektedir.

- 1-Bir makina veya makinalardan parça alınması,
- 2-Çapak temizlenmesi,
- 3-Parça istiflenmesi, paketlenmesi.

2.8.2. Pres Döküm Ve Döverek Şekillendirmede Robot Kullanımı

Pres dökümde ergimiş metal malzemenin, basınç altında kalıp içerisine gönderilmekte ve metal katılaşınca kadar basınç altında tutulmaktadır. Daha sonra parça kalıptan alınıp gerektiğinde su banyosuna atılmaktadır. Sonra kesme ve çapak temizleme işlemleri gerekirse yapılmaktadır. Kalıbın uzun ömürlü olması için her dökümden sonra soğutulması, temizlenmesi ve yağlanması gerekmektedir. Bu işlemler için parçanın değişik yerlere taşınması robotlar tarafından yapılabilmektedir. Gerektiğinde robotlar kalıbın temizlenip yağlanması işlerini de yapabilmektedir(Şekil 2.12.)



Şekil 2.12. Robotun Pres Döküm işlerinde Kullanılması

Dövme işleminde, malzeme genellikle ısıtılmakta ve üzerine değişik metodlarla kuvvetler uygulanarak şekli değiştir-

ılmaktadır. Bu işlemden robotlar sıcak parçaların taşınması için kullanılmaktadır. Parçanın fırından alınıp prese getirilmesi, biten parçanın alınması, robotlar tarafından yapılabilmektedir. İmalat için birden fazla istasyonu olan kalıp kullanılıyor ise iş parçasının önce ilk istasyona yerleştirilmesi, işlem bitinceye kadar beklenmesi ve parçanın sonraki istasyonlara taşınması da robotlar tarafından yapılabilmektedir. Dövme esnasında parçanın şekil ve boyutları devamlı değiştiğinden özel kavrayıcılar gerekmektedir.

Isıl işlem ve diğer fırın kullanılan işlemlerde robotlar kolaylıkla kullanılabilirlerdir. Kavrayıcılar yüksek sıcaklıktan etkilenmedikleri için fırından çıkan sıcak malzemeyi kolaylıkla tutup taşıyabilmektedirler.

Döküm işlemi dört ana basamaktan oluşmuştur. Metalin eritilmesi, kalıba dökülmesi, soğuyan parçanın kalıptan çıkarılması, döküm parçanın temizlenmesi. Bunların arasında robotlar en çok temizleme işlerinde kullanılmaktadır. Ergimiş metalin potaya alınıp, kalıba dökülmesi işlemi için robotların kullanıldığı işletmeler de vardır.

Robotlar pres işlerinde yine iş parçalarının taşınması işinde kullanılmaktadır. İşlemin uzun sürdüğü durumlarda ise iki veya daha fazla prese iş parçası yüklenmesi ve alınması işleri aynı robot tarafından yapılabilirlerdir. Pres işlerinde robot kullanılması ile işlemler daha hızlı yapılmakta, birtakım nedenlerle meydana gelen iş kazaları da önlenebilmektedir.

2.8.3. istifleme

Üretilmiş parçaları stoklamak için depolara tek tek taşımak yerine önce bir palet üzerine yerleştirmek, sonra bu paleti taşımak daha uygun olmaktadır. Parçalar robot tarafından palet üzerine belli bir sıraya göre dizilebilirlerdir. Ayrıca imalatın çeşitli aşamalarında parçaların taşınması için de paletlerin kullanılması kolaylık sağlamakta-

dir. Bazen de, bir depoda bulunan değişik parçaların toplanıp aynı palet üzerine istiflenmesi gerekmektedir. Böyle durumlarda gelişmiş bir robot depoda dolaşarak gerekli parçaları seçip palet üzerine istifleyebilmektedir.

Robota değişik bir istifleme yaptırmak için yapılacak tek şey programın değiştirilmesidir. Bu şekilde robot yeni işine çok kolay intibak debilmektedir.

2.B.4. Kaynak Tekniğinde Robot Kullanımı

Punta kaynağının robotlara yaptırılmasına ilk önce otomotiv endüstrisinde başlanmıştır. General Motors'da 1969 yılından Daimler Benz'de 1970 yılından bu yana gövde kaynakları robotlar tarafından yapılmaktadır. Her iki firma da Unimate marka robotları kullanmaktadır. Volkswagen ve Renault firmaları kendi robotlarını geliştirmiş ve imal etmiştir.

Otomobil gövdesinin oldukça karmaşık bir geometriye sahip olması nedeniyle kaynatılması oldukça güçtür. Bunun için, değişik modellere göre gerekli işlemlerin robot hafızasına depolanması gerekmektedir. Bileğine punta kaynağı aparatı bağlanmış robot veya robotlar, kaynatılacak modele uygun programları kullanarak gövdeyi kaynatırlar. Bu işlem hızlı, hassas ve güvenilir olmalıdır. ASEA, Cincinnati, Kuka, Comau, Kawasaki ve Unimation firmalarının robotları bu işlerde kullanılmaktadır.

Ark kaynağı, punta kaynağından daha karmaşık bir işlemdir. Tecrübeli bir kaynakçı en iyi kaynatma açısını, kaynatma süresini ve besleme gerilimini kolaylıkla ayarlayabilir. Bir robotun da bu işleri en iyi şekilde yapabilmesi için kaynakçının hareketlerini aynen takip etmesi gerekmektedir. Robotun hafızasına bu hareketler ve gerekli bilgiler bir kaynakçı tarafından kaydedilmektedir. Bu iş için sürekli yol kontrol sistemine sahip robotlar tercih edilmelidir. Noktadan

noktaya kontrol sistemine sahip robotlar kullanıldığında noktalar arasında interpolasyon yapabilen programlar gerekmektedir. Ark kaynağı için uygun robotlar Unimation, Kawasaki, ASEA, Cincinnati, Coat-A-Matic ve Trallfa tarafından imal edilmektedir.

2.8.4.1. Kaynakta Robot Kullanılmanın Faydaları

Kaynak robotlarının kullanılmasıyla aşağıdaki faydalar sağlanmaktadır[1]:

a- Kaynak robotu ile yüksek kaynak hızları elde edilmektedir. Parça kalınlığına göre imal edilen parça sayısı büyük değerlere ulaşmaktadır. Robotlu kaynağın verimi el ile yapılan kaynağa göre üç misli, bazı hallerde daha da fazla olduğu Tablo 2.5.de görülmektedir.

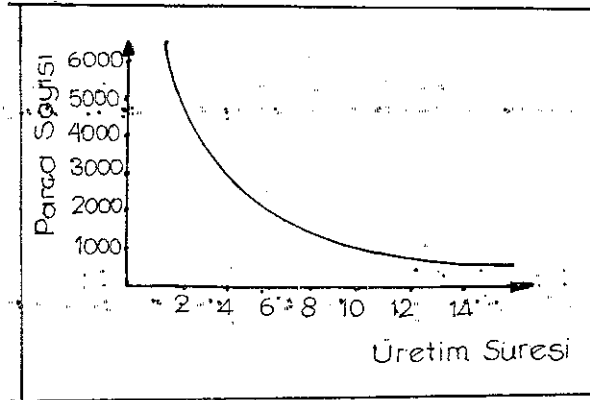
TABLO 2.5. Parça Kalınlığına Göre Robotlu Kaynağın Kullanılma Oranları

<u>Parça kalınlığı (mm)</u>	<u>Kullanılma Oranı (%)</u>
0-4	70-80
4-9	20-25
10 ve yukarısı	10-20

b- Kaynak robotları hassas toleranslarda çalıştığından, daha kaliteli kaynak dikişleri elde edilmektedir.

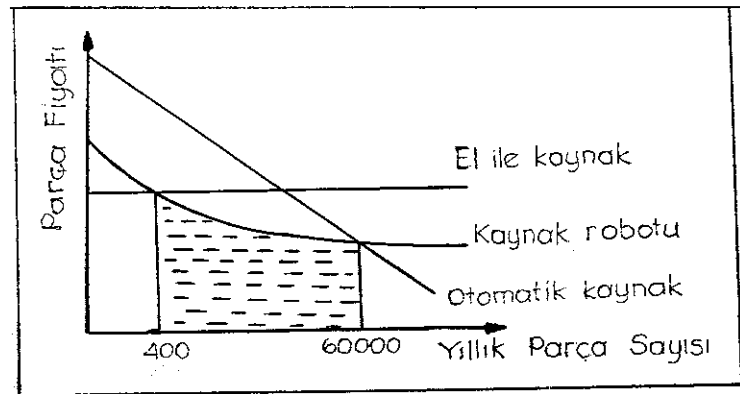
c- Kaynak robotları ile daha güvenilir bir çalışma ortamı sağlanır. Kaynak sırasında ortaya çıkan duman ve ark ışınları çevredeki makinalara zararsız olmasına karşılık, kaynak operatörünün mutlaka kendini koruması gerekmektedir.

d- El ile yapılması gereken bir kaynak işleminde, az sayıda parça imal etmek için bir kaç kaynakçı bulunabilir; fakat çok sayıdaki parçaların imali için birçok kaynakçının aynı anda bulunması mümkün değildir. Bu durumda robot ile kaynak yapmak en doğru karardır. Şekil 2.13.de kaynak robotu kullanarak bir iş parçasının imalinde, üretim zamanının minimuma indiği görülmektedir.



Şekil 2.13. Yıllık Üretimde Parça Sayısına Göre Bir Parçanın Üretim Süresi

Farklı kaynak yöntemlerinin kullanılması durumunda, parça başına maliyetin durumu da Şekil 2.14.'de verilmektedir. Yılda 400 adet parça imalinde el ile yapılan kaynak daha ekonomik olmasına rağmen, yılda 60.000 adet parça için kaynak robotu kullanmak daha doğrudur.



Şekil.2.14. Yıllık Parça Üretiminde Parça Başına düşen Maliyetler

2.8.4.2. Kaynakta robot ile insan Gücünün Karşılaştırması

Bir kaynak robotu ile bir insan gücünün çeşitli fonksiyonları yerine getirmedeki performansları, şöyle kıyaslanabilmektedir.

1-Birim mamüle düşen maliyet

Genel olarak robot grup verimi tek kaynakçı veriminden 2-3 kat daha yüksektir. Dolayısıyla robotun yüksek maliyetteki ilk yatırımına rağmen birim imalat ve robot operatör maliyeti daha düşüktür. Elverişli çalışma artan imalat hızı hesaba katılınca, maliyet daha da azalmaktadır.

2-Elverişli çalışma ortamı

Robot için hiçbir iş monoton ve sıkıcı değildir. Robot kaynak dumanı v.s.den etkilenmez ve zor pozisyonlarda sırtı ağrımaz. Dolayısıyla çalışma ortamı daha güvenli ve problemsizdir.

3-Yüksek ve tek düzey kaynak kalitesi

Kaynakçının el mahareti yaptığı iş için önemlidir ve birkaç kaynağı ard arda ancak robot kadar yapabilir. Ancak daha fazla kaynağı aynı kalitede yapamaz. Robot yorulmaz, dikkati dağılmaz, bir kere programlanır ve aynı işi devamlı yapar. Böylelikle hatalı imalat çok azalır, sıkı denetime ihtiyaç azalmaktadır.

4- Kapasite

Çabuk teslimat gerektiren fazla sayıda titiz imalatı gerçekleştirmektedir. Aynı işi aynı kalitede yapabilecek çok sayıda kaynakçı bulunamaz. insanın mekanik alternatifi olan robot gerekirse saatlerce iş yapmaktadır.

2.8.5. Montaj

Montaj, önceden imal edilmiş, hazırlanmış parçaların birleştirilmesi işlemidir. Bu işlem genellikle sabit istasyonlarda yapılmaktadır. Gerekli parçalar belli yerlerden, belli bir sıraya göre alınıp birleştirilmektedir." Günümüzde robotların montajda kullanım alanları oldukça sınırlıdır. Bunun başlıca iki nedeni vardır:

Birincisi, robotların bir yerde karışık olarak bulunan parçaları tanınması ve alması oldukça güç olmaktadır.

ikincisi, çok amaçlı kavrayıcıların bulunamamasıdır. Çeşitli algılayıcıların ve yazılımların da geliştirilmesi ve piyasaya sürülmesiyle robotların bu alanda kullanımı daha da yaygınlaşacaktır. Montaj işlerinde genellikle Unimate-Puma robotları kullanılmaktadır. Bu isim "Programmable Universal Manipulator for Assembly" kelimelerinin baş harfleri birleştirilerek elde edilmiştir.

2.8.6. Boya Püskürtme

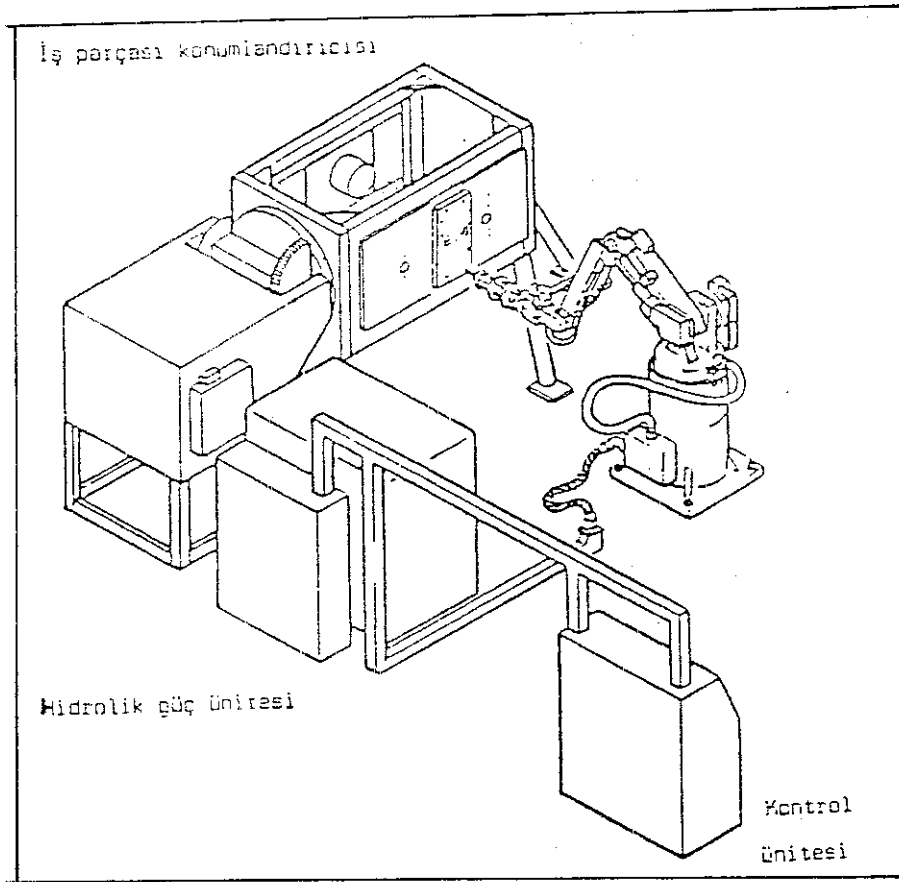
Boya püskürtme, bugün robotların yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biridir. Özellikle, otomotiv endüstrisinde olmak üzere iyi sonuç istenen birçok alanda boya püskürtme işlemi robotlarca yapılmaktadır. Robotların bu alanda kullanılmasının diğer bir nedeni de boyahanelerde çalışma şartlarının ağır ve havanın kirli olmasıdır.

Boya püskürtme işleminde takip edilecek yol, başlangıç ve bitiş noktalarından çok daha önemlidir. Bu yüzden sürekli yol kontrolü uygulanmaktadır. Robota, takip edilecek yol tecrübeli bir boyacı tarafından programlandıktan sonra, boyama işlemi defalarca hassas olarak tekrarlanabilmektedir. Boya püskürtme işleminde robot kullanılmasıyla birlikte, boyahanelerdeki temiz hava ve enerji ihtiyacı azalmakta, temiz, kaliteli bir boya elde edilmekte, böylece malzeme ve işçilik

maliyetleri düşmektedir.

2.8.7. Robotların Diğer Kullanım Alanları

Yukarıda anlatılanların yanısıra, robotlar bileklerine kesici takımlar bağlanarak, kesme, taşlama, çapak temizleme gibi işlerde de kullanılabilir (Şekil 2.15.).



Şekil 2.15. Robotun Delik Delme işlerinde Kullanılması

Robotlar deri ve ayakkabı işlerinde makina yükleme ve boşaltma için kullanılabilir, ancak bu iş için özel kavrayıcılar gerekmektedir.

Otomobil lastiği üretiminde de robotların kullanılması

düşünülebilir.

Asbest parçalarının taşınması ve özellikle taşlanması için robotlar uygundur.

Gıda maddelerinin taşınması, paketlenmesi ve kontrolü robotlara yaptırılabilir.

Tuğla, porselen ve benzeri parçaların imalat ve istifleme aşamalarında robotlar kullanılabilir.

imal edilmiş cam eşyanın emniyetli bir şekilde taşınması yine robotlar için uygun bir iştir.

Giyim endüstrisinde robotlar, dikiş makinalarının yüklemesi ve boşaltılması için kullanılabilir. Bunun için gelişmiş görüntü sistemleri gerekmektedir.

Ağaç endüstrisinde kesme, şekillendirme ve montaj işlemleri, özel kayrayıcılara sahip robotlar tarafından yapılabilir. istifleme işleri de robotlar için uygundur.

2.8.7.1. Robotların insanlar için Tehlikeli ve Zararlı Olabilecek Ortamlarda Kullanımı

Kömür madenleri, patlama ihtimali, insan sağlığı açısından tehlikeli yerlerdir. Galeri açılması, tavan desteklerinin yerleştirilmesi, havalandırma, toz kontrolü ve kömürün taşınması işlerinde robotlar kullanılabilir.

Uzayda ise yerden kumandalı teleoperatörler veya programlanmış robotlar kullanılmaktadır. Örnek olarak uzaya uydu yerleştirilmesi, bunların bakım ve tamiri ile birtakım imalat işlemlerinin yapılması verilebilir.

Okyanuslar, çeşitli madenler, petrol ve doğalgaz açısından oldukça zengindir. Bunların çıkarılabilmesi için kıyıdan 70 mil açığa ve 100 m derinliğe kadar olan bölgede çalışmalar yapılabilir.

Teknolojik olarak 1500 m derinliğe kadar olan bölgede çalışmalar yapmak mümkün ise de, bu ekonomik olmamaktadır. Robot teknolojisinin gelişmesiyle 6000 m derinliğe kadar çalışabilen, bilgi toplayıp gönderme işleri yapabilen izleme robotlarıyla su altında malzeme manipülasyonu yapabilen u-

zaktan kontrollu robotlar yapılmıştır .

2.8.2. Yeni Uygulama Alanları

Robotlarla ilgili tecrübe arttıkça yeni uygulama alanları da belirlenmektedir. Son iki yılın en ilginç uygulama alanları şunlardır:

-Avustralya yün kırkma robotları, çok sayıda koyunun yününlerinin kırılması için tasarlanan, hayvanın nefes alıp vermesi, hatta ani sığramalarına bile uyum göstermektedir. Bir kırkma hücresinde kısmen hareketsiz tutulan koyunları, hep aynı ölçüde kırabilmektedir.

-Sağlık Hizmetlerinde el, kol, bacak protezlerinin imalinde kullanılan robotlar dışında üç alanda önemli projeler başlatılmıştır. Bunlar;

-Özürlülere destek robotları: Ses ve sınırlı sayıda sözcük ile kumanda edilebilen, yer değiştirebilen, kitap sayfası çevirebilen robotlar. Yatalak hastaların yerini değiştirebilen robotlar ve Yatalak hastalar için meşgale ve eğlence robotlarıdır.

-Avrupa Teknolojik İşbirliği Projesinde (EUREKA) maden robotları ile tarım hasat toplama robotlarına öncelik verilmiştir. Derin yeraltı madenlerinde (kömür gibi) insanların çok zor şartlarda çalıştıkları dehliz ucu kazı ve boşaltma işlerinde maden robotları kullanılmaktadır. Tarımda büyük alanların sürülmesi, ekimi hasat ya da ürün toplama da tarım hasat toplama robotları kullanılmaktadır. Günümüzde operatör kontrolünde çalışan gelişmiş hasat makinaları zaten kullanılmaktadır. Bu projenin amacı kendi yer değiştirebilen, tarım alanının boyutları ve özelliklerine göre programlanabilen, ve tarım işlerini insansız gerçekleştirebilen robotlar geliştirilmektedir.

insanların radyoaktif malzemelerle doğrudan uğraşmaları tehlikelidir. Bu işlerde robotlar oldukça yararlı olmaktadır. Yapılan işlere örnek olarak nükleer reaktör bakımı ile radyoaktif artıkların depolanması verilmektedir.

BÖLÜM III

ROBOTUN GELECEĞİ VE EKONOMİYE KAZANDIRDIĞI

3.1. GÜNÜMÜZDE VE GELECEKTE ROBOTLAR

Günümüzde Robotlar, özel amaçlı prototip niteliğini kaybetmiş, endüstri ve yatırım dünyasının dikkatle izlemesi ve anlaşılması gereken bir kolu haline gelmiştir. Bu olayı rakamlarla sergilemek gerekirse:

Endüstri Robotları pazarı Amerika Birleşik Devletlerinde 1984 yılında, bir önceki yıla göre yaklaşık % 50'lik bir artışla 300 milyon \$ hacmine ulaşmıştır. Yalnızca 1984 yılının 4000 civarında robot satılmıştır. Bu pazar hacmi 1987'de 400 milyon \$, 1989'da 680 milyon \$ ulaşmıştır.

İngiltere'de 1995 yılına doğru yaklaşık 12 000 robotun üretimde kullanılması düşünülmektedir. Bu hedef İngiliz robot pazarının on yıl boyunca ortalama % 41'lik bir büyüme göstermesini gerektirmektedir.

İtalya robot endüstrisine yaptığı yatırımları yıllık % 20 artışlarla geliştirmeyi planlamıştır. Fransa, Robot Endüstrisi ve üretim otomasyonu konularına, on yıllık bir vadede yaklaşık 2 milyar \$ yatırım yapmayı planlamaktadır. Nihayet komşumuz Bulgaristan'ın bu konuya 100 milyon \$'lık bir bütçe ayırmıştır.

1992'de dünyada, tarafsız araştırmacılara göre 325.000, kararlı olanlarına göre de 400 000 robotun endüstride çalışacağı tahmin edilmektedir. Bu alandaki teknolojik gelişmelerin bir sonucu robot maliyetleri düşmesi olacaktır. 1992 yılında robot fiyatının genelde yarısından az olacağı görülmüştür. Özellikle montaj robotlarının %70'inin 10000\$'dan daha ucuz olacağı öngörülmektedir.

Robot Teknolojisine hakim olan ülkelerde, en geç beş yıllık bir gelecek içinde insan sağlığına zararlı işlerin çoğunluğu robotlara yaptırılacaktır. Bu ülkeler daha şimdiden biteviye işlerde harcanmakta olan iş gücünü eğiterek, insan zekasının daha etkin kullanıldığı işlere yönelmelerini planlamaktadırlar. Ayrıca üretimde robot kullanımı, bu ülkelerde refah artışı ile birlikte artan iş gücü maliyetini önemli ölçüde düşürecek, bu ülke mallarının dünya pazarlarındaki hakimiyetlerini sürdürmelerini sağlayacaktır. Ürün kalite standartları giderek daha sıkılaşacaktır. Bu şartlarda iş gücü maliyetlerinin şu anda daha düşük olmasından yararlanarak insan gücü ile üretim yapan, özellikle gelişmekte olan ülkelerin uluslararası pazarlarda rekabet imkanı ortadan kalkacaktır.

Kişisel robotlar (Personal Robots), Montaj robotları ve yer değiştirebilen hizmet robotları önümüzdeki yıllarda üzerinde en çok araştırma yapılacak ve en hızla gelişecek alanlar olarak görülmektedir. Bu robotlar, günlük hayatımızda konfor ve refah düzeyinin artışına yardımcı olması beklenmektedir.

Japonya'da kendi imal ettikleri robotlarla donatılmış bir robot fabrikası üretim hızını artırırken maliyetleri önemli ölçüde düşürmektedir. Enerji ve malzeme de rantabil biçimde kullanılmaktadır. insanoglunun bu gelişmeye ayak uydurması ancak düşünce yeteneklerinin, zekasının ve bilgi düzeyinin bu gelişmelere hakim olacak düzeye çıkartılması ile, kısaca eğitim ile mümkün olabilecektir.

TABLO 3.1. Kullanılan Endüstriyel Robot Sayısı[18]

Ülke	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Avustralya	181	-	-	528	-	800	925	1200
Avusturya	40	55	80	115	170	250	305	446
Belçika	242	361	514	775	975	1035	1117	1231
Cekoslavakya	-	-	-	-	-	-	-	5961
Danimarka	51	62	76	114	164	210	287	349
Finlandiya	35	72	109	180	247	336	424	545
Fransa	790	1385	1920	2750	4150	5270	6577	8026
Almanya	2300	3500	4800	6600	8800	12400	14900	17700
Macaristan	-	-	-	-	-	-	-	89
İtalya	450	1000	1510	2600	4000	5000	6600	8300
Japonya	21000	32000	47000	67000	93000	116000	141000	176000
Hollanda	-	-	120	213	350	630	747	845
Y. Zelandiya	-	-	-	14	31	42	65	-
Norveç	-	150	200	250	323	396	431	524
Polonya	-	-	-	-	-	380	410	471
Singapur	3	3	6	6	8	33	70	80
İspanya	-	-	433	525	688	859	1149	1382
İsviçre	1125	1273	1452	1745	2046	2383	2750	3042
İsviçre	-	73	110	191	290	382	500	783
Tayvan	1	20	78	148	227	292	457	682
U.S.S.R.	-	-	-	-	34068	44071	53115	59218
İngiltere	713	1152	1753	2623	3208	3683	4303	5034
A.B.D.	6000	7000	8000	13000	20000	25000	29000	32600

Toplam 32931 48041 68161 99377 172745 219452 265132 324508

Ayrıca imalat dışı endüstrilerdeki robot ihtiyacının tahmini Tablo 3.3.'de, bu alanlardaki tahmini robot sayısı Tablo 3.4. de gösterilmiştir.

TABLO 3.2. Endüstriyel Robot Stoklarındaki % Değişim

Ülke	1986/1985	1987/1986	1988/1987
Avustralya	-	15.6	29.7
Avusturya	47.1	22.0	46.2
Belçika	6.2	7.9	10.2
Cekoslavakya	-	-	36.5
Danimarka	28.0	36.7	21.6
Finlandiya	36.0	26.2	28.5
Fransa	27.0	24.8	22.0
Almanya	40.9	20.2	18.8
Macaristan	-	-	-
İtalya	25.0	32.0	25.8
Japonya	24.7	21.6	24.8
Hollanda	80.0	18.6	13.1
Yeni Zelanda	35.5	54.8	-
Norveç	22.6	8.8	21.6
Polonya	-	7.9	14.9
Singapur	312.5	112.1	15.0
İspanya	24.9	31.7	20.3
İsveç	16.5	15.4	10.6
İsviçre	31.7	-	74.0
Tayvan	28.6	56.5	49.2
U.S.S.R.	29.4	20.5	11.5
İngiltere	14.8	16.8	17.0
A.B.D.	25.0	16.0	12.4

TABLO 3.3. Endüstriyel Robot Fiyatları (Japonya 10⁶ Yen)

Endüstriler	1995			2000		
	Min.	Max.	Ortalama	Min.	Max.	Ortalama
Ziraat	39	78	59	167	203	185
Ormancılık	16	76	46	28	84	56
Balıkçılık	122	187	154	369	415	392
İnşaat	175	448	311	596	847	721
Maden	23	44	34	45	60	53
Taşıma	61	311	186	235	478	357
Dağıtım	8	89	48	20	100	60
Gaz	2	26	14	16	39	28
Su	10	30	20	27	45	36
Elektrik	27	36	32	61	65	63
Nükleer Güç	103	136	119	148	157	152
Haberleşme	4	11	8	14	21	17
Uzay	50	100	75	70	150	110
Tıp	32	44	38	117	125	121
Temizleme	13	29	21	81	97	89
İtfaiye	34	58	46	445	481	463
Eğitim	17	27	22	42	49	46
A+B	5	54	30	13	61	37
Diğerleri	21	82	52	79	138	108
Toplam	763	1866	1315	2573	3616	3094

TABLO 3.4. Endüstriyel Robot Sayısı

Endüstriler	1995		2000	
	Min.	Max.	Min.	Max
Ziraat	472	2053	3781	5362
Ormancılık	207	1010	392	1195
Balıkçılık	787	1008	2772	2993
inşaat	31	851	126	946
Maden	75	90	115	129
Taşıma	857	957	3416	3516
Dagıtım	57	1219	148	1310
Gaz	12	227	90	305
Su	68	166	184	282
Elektrik	206	220	468	482
Nükleer Güç	60	69	87	96
Haberleşme	71	113	224	266
Uzay	20	44	59	83
Tıp	1134	1184	3254	3304
Temizleme	210	404	1713	1907
itfaiye	179	642	2429	2892
Eğitim	828	941	2087	2200
A+B	287	1011	686	1410
Diğerleri	714	1506	2644	3436
Toplam	6276	13715	24676	32115

Yirmibirinci yüzyıla adım atarken, Endüstriyel robotların yeni uygulama alanları ile birlikte sanayinde ve diğer alanlarda tablolardan anlaşılacağı üzere tamamen yayılacağından şüphe yoktur.[16]

3.2. EKONOMİK AÇIDAN ROBOTLAR

insanın çalışamayacağı ya da insan sağlığı için tehlikeli olabilecek ortamlarda yapılması gerekli işlemler için robot kullanılması kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bu gibi durumlarda, yapılacak işin önemine göre yatırım yapılır ve ekonomik faktörler ikinci planda kalır. Ancak, Endüstride robot kullanılması konusunda ekonomik faktörler öncelikle gözönünde tutulmalıdır. Robotlarla ilgili gerçekler, robot kullanımının getireceği ek sorunlar, düzenlemeler ve maliyetleri incelenmeli, yapılacak yatırımlar, robot kullanımının üretkenlik ve karlılıkta meydana getireceği artış ve yatırımların ne zaman veya hangi yıllık oranla geri kazanılacağı titizlikle hesaplanmalıdır. Endüstride Robot kullanımı, ancak kullanım şartları tam yerleştiği ve amortisman oranı uygulama ile gerçekçi biçimde belirlendiği zaman hedefine ulaşan bir proje olarak düşünülmelidir.

Günümüze kadar yapılan uygulamalardan Robot kullanımının aşağıdaki konularda ekonomik yarar sağladığı belirlenmiştir:

- iş güvenliği ve çalışan sağlığı bakımından primler ve sigorta maliyetlerinde ekonomi,
- insan iş gücünün daha etkin kullanılması,
- iş gücü maliyetinde ekonomi,
- Robot kullanılan imalat bölgesinin daha hızlı çalışması,
- Fire ve yeniden işlem sayısının azalması,
- Genelde yüksek üretkenlik,
- Malzeme ve enerji ekonomisi,
- Üretimde kalite homojenliğinin sağlanması,
- Kalite kontrol maliyetinin azalması,
- Üretim kontrolü ve yönetiminin iyileştirilmesi,
- Taşıma-Yer değiştirme işlemlerinin azalması, maliyetinin düşmesi,
- Envanter ve ara stok işlemlerinin azalması, maliyetinin düşmesi.

Uygulamanın türüne ve özelliklerine göre bu konuların bazılarında daha çok yarar sağlanacak, bazıları ise önceliklerini kaybedeceklerdir. Robotların bir üretim sisteminin bütün sorunlarını çözeceğini düşünmek yanlış olur.

3.3. Bir Üretim Sisteminde Robot Uygulamasına Geçerken Gözönünde Tutulacak Hususlar

Bir üretim sisteminde robot uygulamasına geçerken, tecrübeye dayalı şu kuralları gözönünde tutmakta yarar vardır:

-Uygulama, iş güvenliği ve çalışan sağlığı için tehlikeli alanlarda başlamalıdır. Yöneticinin, tehlikeli ya da ağır olarak gördüğü işler, çalışanlarca aynı değerde görülmemelidir. En iyisi İş Güvenliği Yönetmenlikleri veya Toplu İş Sözleşmelerinde özel tedbirler, özel prim, daha az çalışma saati gibi şartlar belirlenmiş alanlarda ilk uygulamayı başlatmalıdır.

-Uygulama, verimliliğin yetersiz olduğu bölümler için düşünülmelidir: Robot uygulamalarının çoğu, önemli üretim artışları (% 20) sağlamışlardır. Bu artış özellikle insan aklının etkin biçimde kullanılmadığı, tekrarlanan, biteviye işlerde gözlenmektedir.

-Robot uygulamasının gerektireceği uzun vadeli ihtiyaçlar değerlendirilmeli, üretim sahası içinde yalnızca bir tek uygulama için değil, ileride diğer işlerde Robot kullanılabilen uzun vadeli yatırımlar öngörülmektedir.

-Yerleştirme, Üretim, Satın Alma harcamaları, Robot maliyeti ile orantılı değildir. Genellikle ileri seviyede imkanlanaklarla donatılmış, gelişmiş bir robotun birim fiyatı yüksek olsa bile, üretim sırasında yapılacak adaptasyon ve düzenlemeler için giderler daha az olmaktadır.

-Robot kullanılmasında ekonomik açıdan cazip ancak basit bir uygulama seçilmelidir. Burada amaç uygulamanın başarılı

olmasını temin etmektir.

-Akla gelen bütün problemler önceden halledilmelidir. Üretim sırasında parça sıkışması, kolun tezgah ya da çalışanlara çarparak zarar vermesi gibi aksaklıklar gözardı edilmemelidir. Bu problemlerin çoğu dış algılama sistemine ek duyar elemanları da katmak yoluyla çözülebilir. Özellikle bir iş kazasında insana verilen zararın parayla karşılanamayacağı görüşünden yola çıkılmalı, iş güvenliği için yatırımdan kaçınılmamalıdır. Muhtemel maddi hasarlar için ise, ek duyar eleman maliyeti, muhtemel hasar maliyeti ile karşılaştırılarak gerekli yatırım yapılmalıdır. Alınan Robotun satıcıları ve teknik personeli bu robotun beraber çalışacağı tesisler hakkında kullanıcı kadar tecrübeli olamamaktadır. Robotun geliştirilmesi ve imalatı, robot konstrüktörleri ile programlayıcılar arasında iyi bir yardımlaşma sonucu başarılabılır. Robotların bakımı da gereklidir. Bakımcıların, yaptıkları her işlemin robotun tüm özelliklerini etkilediğinin bilincinde olması gerekir. Aynı biçimde programlayıcı da küçük program hatasının Robotun kendisine, çevresindeki insan ve donanıma büyük zararlar verebileceğini bilmelidir. Sadece operatörün değil, bütün atölye personelinin de eğitilmesi gerekmektedir.

Bu kurallar, Robot Uygulamasına geçerken, kullanım alanı, uzun vadeli planlama ve robotun işletmeye alınması ile ilgili en önemli konuları özetlemekte, ekonomik analiz sırasında gözönünde tutulması gereken noktaları belirtmektedir.

3.4. Yatırımın Kendini Ödeme, Amorte Etmesi Zamanı

Bir yatırımın karlı olup olmadığını anlamak için robotlar için de geçerli iki önemli gösterge vardır. Bunlar yatırımın amortisman süresi (Pay back period) ve yatırımın tasarruf yüzdesidir (Return on investment=ROI). Bu göstergelerin her ikisi de iki faktörden hesaplanır. Bunlar yatırımın

maliyeti ve yıllık tasarruf miktarıdır. Yatırımın amortisman zamanı, yatırım maliyetinin ne sürede geri alınacağıнын bir göstergesidir.

ilk yatırım maliyeti M, Yıllık toplam tasarruf YE, Yıllık işletme masrafları YiM olmak üzere, yatırımın kendini amorte etme süresi A, en basit yaklaşımla

$$A = \frac{M}{YE - YiM}$$

şeklinde hesaplanabilir.

Amerika'da uygulanmış ark kaynağı için bu hesap şöyle yapılmıştır.

örnek 1. Ark kaynak robotu için 1984'te A.B.D. dolar bazında yapılan ilk Yatırım Maliyeti hesaplanmasında:

Robot Maliyeti, nakliye, sigorta vb. harcamalar	70.000
işlemler için takım, aparat konumlandırıcı vb.	20.000
iki operatör-bakımcı için eğitim	5.000
iş güvenliği ve diğer birimlerle iletişim donanımı	2.500
Montaj ve işletmeye alma (saati 25\$ dan 100 saat)	2.500
işletmeye alma için programlama, mühendislik, tasarım	<u>10.000</u>
Toplam ilk yatırım maliyeti	M=110.000\$

Bunun yanında ark kaynağı robotunun getireceği ekonomik faydaların başlıcaları üretim hızı ve miktarındaki artış, kusurlu parça ve fire oranındaki azalma ile cüruf ve çapak temizleme gibi ek işlemlerdeki azalma olarak sayılmaktadır. Ark kaynağı robotunun genel olarak bir günde üç vardiya çalıştırılan üç kaynakçı kadar üretim yaptığı belirtilmektedir.

-iş gücü maliyetinden ekonomi 90.000

(3 kaynakçı * 2000 saat * 15 \$)

-Malzeme ekonomisi (küçük) ihmal edilebilir

-Ek işlemler zamanında % 10 azalma 200 * 15 \$ 3.000

Toplam Yıllık Ekonomi YE =93.000\$

bulunmaktadır.

işletme Maliyeti:

-Ayar, öğretim, programlama işlemleri için yarı zamanlı bir operatör (1000 saat * 20 \$)	20.000
-Bakım maliyeti (200 saat * 20 \$)	4.000
-Donanım ve takımların yıllık değer kaybı	3.000
-Yedek parça ve aksam maliyeti	2.000
-Enerji maliyeti=Kontrollü ark kaynağı enerji ekonomisi	0.000
-Yıllık sigorta primi	1.000
Toplam Yıllık İşletme Maliyeti YiM =	30.000\$

Yukarıdaki ekonomik analize göre, bir ark kaynağı robotuna yapılan yatırımın geri kazanılma zamanı:

$$A = \frac{M}{YE - YiM} = \frac{110.000}{93.000 - 30.000} = 1.75 \text{ yıl} = 21 \text{ aydır.}$$

Örnek 2. Boya Robotuyla yapılan boya püskürtme işleminin, üzerinde daha önce yapılan inceleme araştırma çalışmaları sonucu, % 15 daha tesirli olduğu varsayılmıştır. Boya işlemi ile ilgili bulgular şöyledir:

	Elle Boyama	Robotla Boyama
Malzeme üzerine konan boya	181 g/dak	249 g/dak
Fazla püskürtme	272g/dak	204 g/dak
Yıllık fazla püskürtme	81.501 lt	61.126 lt
Yıllık fazla püskürtme maliyeti	89.500 \$	67.200 \$
Fazla püskürtmeden yapılacak yıllık ekonomi:	22.300 \$	

ilk Yatırım Maliyeti:

Bütün ek harcamalar ve mühendislik-programlama maliyeti;

M=80.000 \$

Yıllık Ekonomi:

iş gücü maliyetinden (1 işçi)	22.000
Amortisman (% 50 vergi, 8 yıllık amortisman)	5.000
Fazla Püskürtme Ekonomisi	<u>22.300</u>
Toplam Yıllık ekonomi	YE= 49.300 \$

işletme Maliyeti:

Yıllık Bakım harcamaları	3.000
işletme masrafları (Enerji dahil)	<u>5.000</u>
Toplam Yıllık işletme Maliyeti	YiM=8.000 \$

Bu püskürtme boya robotuna yapılan yatırımın geri kazanılma süresi;

$$A = \frac{M}{YE - YiM} = \frac{80.000}{49.300 - 8.000} = 2 \text{ yıl} = 24 \text{ aydır.}$$

Ekonomik analizde önemli bir diğer gösterge de, özellikle ilk yatırım kredi kullanılarak yapılacaksa, yatırım geri dönüş oranıdır. Bu oranın hesabında donanımın yıllık değer kaybı yıllık işletme masraflarına, amortisman vergi indirimi ise yıllık ekonomiye eklenerek yıllık net tasarruf (NE) bulunur. Geri kazanılma oranı NE/M ile bulunur. Teknolojinin hızlı ilerlemesi ve donanım güncelliğini kaybetmesi de göz önünde tutularak Robot ömrünün iyi bir bakımla 8 yıl olacağı varsayılarak ve % 50 vergi oranı düşünülmektedir;

Ark kaynağı robotu için:

$$NE = (93.000 + 0.5 * 110.000 / 8) - (30.000 + 110.000 / 8) = 56.000 \$$$

ve geri dönüş yüzdesi $56.000 / 110.000 = 0.51$ % 51

Boya robotu için: Amortisman kazancı hesaba katıldığı için
 $NE = 49.300 - (8.000 + 80.000 / 8) = 31.300 \$$
 ve geri dönüş yüzdesi, $31.300 / 80.000 = 0.39$ % 39
 olarak bulunur.

Eğer robot uygulamasında % 20 lik geri dönüş beklenirse, örneğin Ark kaynağı uygulamasında yıllık maliyeti % 31'e varan krediler kullanılabilir.

Türkiye şartlarında bu hesaplarda enflasyon oranı, teşvik imkanlarının gözetilmesi de gerektiği için biraz daha karmaşık olmaktadır. Robot uygulaması gibi projelerin ekonomik açıdan ilginç ve başarılı olabilmesi için, üç yıla kadar geri kazanma ve % 30'un üzerinde geri dönüş oranı istenmektedir.

Endüstride kullanılan robotların işletmeye alınmalarına kadar toplam maliyetleri ve uygulama alanları Tablo 3.5.'de verilmektedir [8].

TABLO 3.5. Maliyetlerin yüzde olarak dağıtımı

Uygulama Alanı	Toplam Robot Maliyet (\$)	Robot %	Aksesuarlar %	Yerleş- tirme %
Kaynak	160.000	55	30	15
Malzeme Yerleştirme	75.000	67	22	11
Tezgah yükleme boşaltma	100.000	55	20	25
Boyama	110.000	70	24	6
Montaj	130.000	40	35	25
Mekanik işleme	130.000	45	35	20
Ortalama	110.000	56	28	16

Görülebileceği gibi, toplam maliyetin yarısına yakın bir kısmı, takım, aparat, yan üniteler gibi aksesuarlara ve robotun üretim sistemi içine yerleştirilmesi ve uyum içinde çalıştırılabilmesi için yapılan değişiklik harcamalarına gitmektedir.

BÖLÜM IV

ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN VERİMLİLİĞE ETKİSİ VE ÜLKEMİZDE ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR

4.1. Verimliliğin Tanımı

Bir üretim sürecinde elde edilen ürünle (Output-çktı), bu ürünü üretmek için kullanılan (tüketilen) kaynaklar (input-girdi) arasındaki oran olarak tanımlanan verimlilik, günümüzde artık klasik tanımlamaların dışına çıkmıştır. Bunun sebebi son 20 yılda kalitenin yükseltilmesi ve verimin artırılması için dünyada çok hızlı gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmelerin sağlanmasında en büyük etkiyi, üretimde yeni teknolojilerin oluşturulması ve dünya pazarlarında rekabetin geliştirilmesinde en etkin araç Araştırma + Geliştirme (A+G) faaliyetlerinde görülmüştür[6].

Basit olarak verimlilik, bir kaynağın en çok ürün sağlayacak şekilde kullanılması veya belirli bir ürün en az kaynak kullanarak elde edilmesi demektir. Bu tanım, genel olarak geçerlidir. Ancak üretimde verimlilik kavramı, elde edilen çıktılar ile kullanılan kaynaklar arasındaki oranı ifade etmektedir. Bu tanım ise, sanayi, tarım ve hizmetler sektörü olarak sayabileceğimiz tüm üretim alanları için doğrudur. En düşük gider ile en çok mal veya hizmet üretebilmek için çeşitli kaynakların daha etkin olarak kullanılması suretiyle verimliliği arttırmak mümkündür. Verimlilik, girdiler ile çıktılar arasındaki oran olduğuna göre, girdi miktarındaki artışa paralel olarak çıktı miktarı da artıyorsa, verimlilik seviyesi değişmemektedir. Üretim faaliyetinde emek, sermaye, toprak, malzeme, hammadde gibi girdilerin en aza; mal veya hizmet gibi çıktılarının en çoğa ulaştırılması durumunda artan bir verimlilikten söz edilebilir[15].

Hükümetler, işverenler, işçiler, tüketiciler ve bütün toplum açısından daha yüksek verimlilik düzeyi, daha yüksek yaşama standartı ve refah ölçüsü demektir. Ekonomilerini dış ekonomilere açmak isteyen ülkeler, verimlilik düzeylerini yükseltmek durumundadırlar. Çünkü bir ülkede verimlilik arttıkça, yatırımlar artar ve dolayısıyla sanayi gelişir. Sanayi sektörünün gelişimi, tarım potansiyelinin kullanılmasını sağlar ve hizmetler sektörünü de harekete geçirir. Tüm sektörlerde artan verimlilik, ekonomiye canlılık getirir.

Ekonomi içindeki çeşitli kesimler açısından verimlilik değişik anlamlar ifade eder. Yatırımcılar için daha çok karlı yeni yatırım imkanları sağlayan verimlilik, işçiler için ise daha yüksek ücret, daha kısa çalışma süresi, daha çok tatmin duyma demektir. Tüketiciler ve tüm toplum açısından verimlilik, daha kaliteli ve ucuz mal veya hizmet; ihtiyaçların daha etkin karşılanması anlamına gelir. Kısaca bütün toplum kesimleri açısından verimlilik, ekonomik refah ve sosyal huzur için güvenilir bir yoldur[15].

4.2. VERİMLİLİK, İNSAN VE MAKİNA

Uzun yıllardır bireysel düzeyde zanaatçı üretimi biçiminde gerçekleştirilen sanayi üretimi, 18.yüzyılda manüfaktür üretim sistemine geçti. Sanayi devriminde sonra ise, üretimde egemen olan sistem fabrika üretimidir. Manifaktür sisteminde iş bölümüne dayalı, fakat farklı mekanlarda yapılan üretim; fabrika sisteminde bütün üretim sürecini kapsayacak şekilde fabrika dediğimiz tek bir mekanda toplandı. Fabrika sistemi, insan ve makina ilişkisi üzerine kurulu bir kitlesel üretim sistemidir. Düşük maliyetlerle yığın üretimde bulunmayı amaç edinen böyle bir sistemde; çalışanlarla makinaların, üretim artışını bozmayacak şekilde hızlı ve uyumlu hareket etmeleri gerekir. Geniş pazarlar için üretim yapan ve ölçek ekonomilerinden yararlanan fabrika sistemi,

bugün kullandığımız verimlilik kavramının ortaya çıktığı dönemin egemen üretim sistemidir. Taylorculuk bunu en iyi simgeleyen bir kavramdır. Burada hedeflenen, belli bir zaman dilimi içinde, sahip olunan üretim etmenlerinden en çok üretimi gerçekleştirmektir. Taylor'la başlayan ve üretimi usallaştırmayı amaçlayan çalışmalar, işletmecilik ve endüstri mühendisliği tekniklerinde gelişmelere yol açtı. Sözü edilen süreç içinde, üretimde kullanılan araç ve makinalarda önemli ilerlemeler kaydedildi. Robotlarla üretim gündeme geldi. Robotlar şimdilik, işçi düzeyindeki işgücünün yerine geçen makinalardır. Ancak bazı ülkelerde, tasarımda bulunan ve çizim yapan robotlar da üretimde yer almaya başladı. Bu gelişmeler, günümüzde esnek üretim sistemi denilen üretim sistemini ortaya çıkarmıştır.

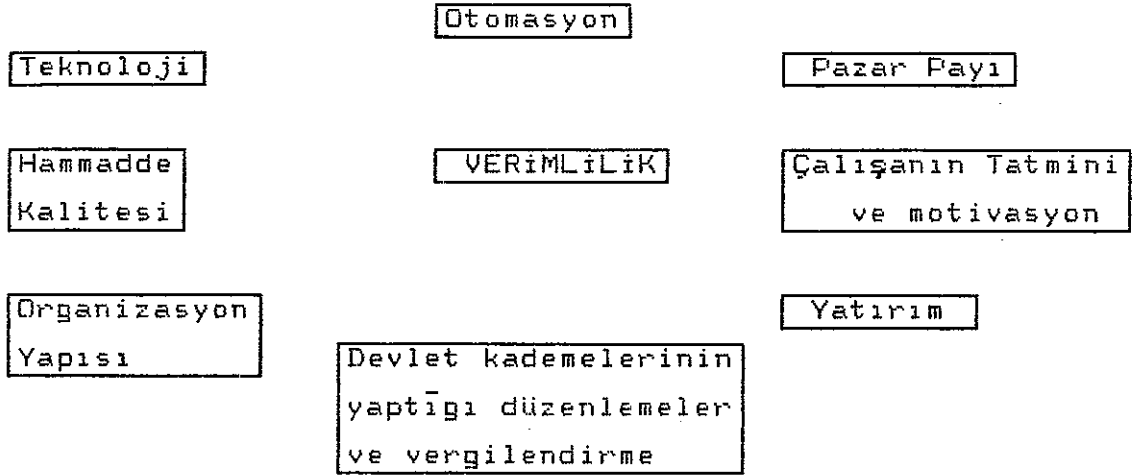
Verimliliğin işgücü ve sermayedeki fiziksel artışlarla açıklanmayan üretim artışları olduğunu söyledik. Artışın nedeni fiziksel girdiler olmadığına göre "bilgi irdileri"dir; kabaca bir ifadeyle teknolojik gelişmelerdir. Yani üretim etmenleri bilgi üretmektedirler.

Sonuç olarak, verimliliğin artırılması için, bir yandan insana yatırım yapmak ve onu eğitmek gereklidir. Öte yandan kullanılan makinaların yatırımlar yoluyla çağdaşlaştırılması da "olmazsa olmaz" niteliğinde bir şarttır[18].

4.3. ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR VE VERİMLİLİK

Verimlilik, çalışan kişi veya organın birim çalışma süresi başına çıktısı şeklinde tanımlanabilir. Bu çıktı da, genelleme yapılacak olursa, çalışanın birim süresi başına üretilen mal miktarı olarak ifade edilebilir.

Üretimde verimliliğin artırılmasına global olarak bakıldığında, verimlilik artışı sağlayan en önemli faktörler Şekil 4.1.'deki gibi özetlenebilir.



Şekil 4.1. Üretimde verimlilik artışı sağlayan ana faktörler.

Yeni teknolojilerin kullanımı, yüksek yüzdeli otomasyon, büyük pazar payı, çalışanın maddi ve manevi hoşnutluğu, doğru ve ileriye dönük yatırımlar, doğru yönde alınmış hükümet düzenlemeleri ve gerçekçi vergilendirme, etkin organizasyon ve hammadde kalitesi, üretimde verimliliği arttıran asıl faktörlerdir.

Verimlilik artışında yeni teknolojilerin benimsenmesi diğer faktörler yanında ağır basmaktadır. Ayrıca bu faktörün yatırım ile bir bütün oluşturduğu da belirtilmelidir. Çünkü, yatırım asıl olarak yeni teknolojilere yapılır. Bu noktadan hareketle, örneğin verimlilikte önder ülkelerden Japonya'da yatırım hızı, gayri safi milli hasılanın (GSMH) yaklaşık üç katıdır. Bu etkileyici oran karşısında, diğer bir endüstri devi olan A.B.D.'de ise her yıl GSMH'nin ortalama % 15'i kadar yeni yatırım yapılmaktadır. Amerikalı uzmanlar bunu özellikle verimliliğe ket vurması ve büyümeye

olumsuz etkisi açısından çok büyük bir problem olarak görmekte ve kendi bünyelerindeki hastalığı, teknolojik yenileşmedeki yavaşlık değil, teknolojik yenileşmenin "benimsenmesindeki" yavaşlık olarak teşhis etmektedirler. Durum, A.B.D. gibi gelişmiş ancak verimlilik oranları Japonya ve bazı uzakdoğu ülkelerine göre düşük ülkelerde bu şekilde iken, Türkiye gibi büyük bir ivmeyle gelişmesi gereken ülkelerin mutlaka hem teknolojik yenilenmeyihızlı hale getirme gayreti içinde olması, hem de bunları benimseme ve hayata geçirmede atak olması gerekmektedir. Verimliliğin artırılmasına yalnız bu açıdan bakıldığında dahi, düşük verimlilikten yakınan bir ülke veya müessese için, milli yenileşmenin yayılma hızının artılmasını teşvik, çalışan eleman veya organ başına düşen yatırımın arttırılması ve üretim kalitesinin yükseltilmeye çalışılması yönünde olmak durumundadır.

Endüstrideki teknolojik yenileşmenin, yani özelde müesseselerin genelde de ülkelerin üretim mekanizmalarında yeni alet, organ ve tekniklerin kullanılmasının verimlilik açısından önemini vurgulayan yukarıdaki satırlardan sonra, Prof. J. Albüs'ün ikinci Endüstriyel Devrim olacağını kaydettiği robotların kullanımı günümüz için en şanslı ve karlı seçenek olarak ortaya çıkmaktadır. Robot kullanımının, yoğun tartışmalara neden olan sosyal etkileri bir tarafa bırakılırsa, sağladığı ve vadettiği yararlar günümüzde hiçbir endüstri organınca vaadedilmemektedir. Algılayıcı sistemlerine ilaveten konunun içine yapay zeka ve sinir ağları da katıldığında karar alabilme yeteneği kazanan robotların kullanımı, insan-öğlunu gerçekten bir endüstriyel devrimle karşı karşıya bırakmaktadır.

Daha önceki bölümlerde yer alan robot kullanımının sağladığı fayarlardan yalnız bir tanesi ama en önemlisi olan verimlilik artışı, verimlilikle içiçe olan diğer faktörlerden soyutlanarak irdelenecek olursa:

-Endüstride hemen tüm işlemlerde robot kullanımı, insana göre daha hızlı üretim sağlar. Hız, daha az zamanda daha fazla ürün yani verimlilik demektir. Yalnız bu nokta bile robotizasyon için çok geçerli bir sebeptir. Ayrıca, robot kullanımı çalışma hızının yüksekliği nedeniyle, hammadde kalitesi iyi olmasa dahi bu verimsizlik oluşturan faktörlerden kaynaklanan açığı büyük ölçüde kapatır.

-Verimliliği etkileyen en önemli parametrelerden biri olan çalışanın tatmin ve motivasyonu, endüstride robotlaşma ile ortadan kalmaktadır. Ortalama bir robotun ömrünün 6-9 yıl olduğu gözönüne alınırsa, bu süre boyunca devemli olarak maksimum verimle çalışan bir organdan yararlanma imkanı sözkonusu olmaktadır. Robotların arıza güvenilirliği % 80-97 olduğu dikkate alındığında, küçük boyutlu tek handicap olarak nadiren ortaya çıkan arızaların çözümü problemi ortadan kalmaktadır. Eğitilmiş ve uzman insan gücü ile bu problemin çözümü zor olmamaktadır. Sonuç olarak, hislere, yorulmaya ve dikkatsizliklere maruz olan insanın yerine robot kullanımı verimlilikte çok önemli artışlar getirmektedir.

-Endüstride robotlaşma, hemen her endüstri kolunda daha düşük işçilik maliyeti getirmektedir. Bu da, elde edilen / verilen oranını önemli ölçüde yükseltmekte, yani yüksek verimlilik getirmektedir.

-Robotlar yüksek hassasiyet mertebeleri nedeniyle istenen ölçü ve özelliklere tam olarak uygun mal üretirle. Dolayısıyla mal kalitesi yükseltmekte, fire azalmakta, böylece birim çalışma zamanı başına üretilen mal miktarı yani verimlilik artmaktadır.

-Günümüzde, bir endüstriyel faaliyette aranan en önemli özelliklerden biri, o faaliyetin minimum gecikmeyle yeni bir teknolojinin adaptasyonuna yatkınlığı veya yeni bir ürünün üretimine elverecek yapıya dönüştürebilme özelliği taşıması-

dır. Bu ise, dönüşüm maliyetinin ve zamanın çok fazla oluşu nedeniyle klasik mekanizasyon veya ağır (hard) otomasyonla genelde gerçekleştirilmez. Özellikle geniş bir ürün yelpazesinin söz konusu olduğu işletmelerde klasik mekanizasyon ve ağır otomasyon bu konuda çok "katı" kalmaktadır. Zaman kaybı ve maliyet artışının verimlilik üzerindeki son derece olumsuz etkisi gözönüne alındığında her yönüyle sürekli yenilenen teknoloji ve günümüzde son derece dinamik olan talep karşısında büyük bir önem kazanmış olan bu özelliğe en kapsamlı cevabı verebilecek sistem, bugün de, büyük bir gelecekte de, "esnek"lik ve çok (multi) fonksiyonluluk özelliklerine sahip robot sistemleridir. Günümüzde tamamen robotların kullanıldığı imalat hatlarına "Esnek Üretim Sistemi (FMS)" ile üretim yapılan hatlar denmekte ve bu sistemle hedeflenen ana gaye yukarıda ifade edilen özelliğe erişmektir.

-Yeniden programlanabilme özelliği sayesinde, yapılan işte değişiklik olduğunda bu yeni işe adaptasyon, birçok işçinin tekrar eğitiminden daha kısa sürede olmakta, ölü zaman azalır, verimlilik artmaktadır.

-Robotların kullanımı ile, iş istasyonları ve adımları arasındaki koordinasyon ve bütünleşme son derece mükemmel hale getirilebilir. Koordinasyon mükemmelliği ise verimliliğe doğrudan etkisi olan bir faktördür.

-Robotlar parçaların tezgahlara yüklenip boşaltılmasında da özellikle hatasızlık ve hassasiyet sağlandığından geçitli hata, arıza ve kazaları önler. Bunun bir sonucuda verimlilik artışıdır.

-Yüksek ürün kalitesi ve tutarlılığı her ne kadar yüksek verimliliğin bir sonucu ise de, aynı zamanda pazar payını arttırıcı bir etken olduğundan, dolaylı olarak verimliliği arttıran bir faktör durumundadır. Robot kullanımı ile artması kaçınılmaz olan ürün kalitesi verimliliği de olumlu

yönde etkileyecektir.

-Endüstride robotizasyon ile işçi sağlığı probleminin ortadan kalkmasına ek olarak iş güvenliği problemi de ortadan kalkmaktadır. Bu da verimlilik artışına bir diğer katkı durumundadır.

Bir örnek vermek gerekirse, İngiltere'de 1986'da yapılan bir araştırma sonucuna göre, robot kullanıcılarının %80'i robotların kârlılıklarını önemli oranlarda artırdığını belirtmişlerdir. Bu araştırmada ortaya çıkan ilginç bir sonuç da, işçi sendikalarından gelen muhalefetin % 5 dolayında olmasıdır. Robotun kullanım alanlarına göre gelecek olan sosyal tepkinin önceden tahmini zor olmakla beraber, robotların insana cazip gelmeyen, üreticilik gerektirmeyen işlere kayması mümkün olacaktır.

Özetle, daha az harcayarak daha fazla üretmek robotlaşma ile diğer bir ifade ile endüstrideki "rönesans" ile en optimum ve etken şekilde mümkün durumdadır. Pekçok araştırmadan elde edilen sonuçların bir ortalaması alındığında, imalat endüstrisi gözönüne alınırsa, bir üretim hattında gruplar halinde robotların kullanıyla verimliliğin birkaç kat gibi gerçekten çok etkileyici bir oranda arttığı ortaya çıkmaktadır.

4.4. TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN ÜLKEMİZ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gelişmiş ülkelerde makina yapım sanayi sektöründe son 35-40 yılda gerçekleşen büyük teknolojik atılımlar sonucu, bu ülkeler ile kalkınma çabası içinde bulunan ülkeler arasındaki seviye farkı iyice büyümüştür. Zamanla meydana gelecek gelişmelerin, bu farkı birçok ülkede artık kapatılamıyacak uçurumlar haline dönüştürmesi kaçınılmazdır.

Bu nedenle sanayileşmekte olan ülkelerin bu teknoloji farkını kapatmalarının, ancak özel çabalarla makina yapım sanayii sektörünün hızla güçlendirilmesinden geçtiği, bugün için kabul edilmiş bir gerçektir. G. Kore, Taiwan, Hindistan, Brezilya v.s. ülkeler makina imalatını son 20 yıldır birinci derecede öncelikli sektör olarak tanımlamaktadırlar. Bunun sonucunda daha çok genel amaçlı (birçok sanayi dalında kullanılabilen) makina ve aksesuarının yurtiçi üretimini gerçekleştirme yolundadırlar. Bu ülkeler üretimlerinin % 7-32 arasında bir kısmını A.B.D. ve Avrupa dahil değişik pazarlara ihraç başarısını da göstermişlerdir. İleri sanayi ülkeleri yeni teknolojilere geçtikçe, sözkonusu ülkeler eski teknolojilerde daha çok imalat imkanı bulmaktadırlar.

Ürün tasarımından pazarlamaya kadar üretimin her aşamasında mevcut teknoloji farkını, son yıllarda en fazla etkileyecek olan sanayi, mikroelektronik bilim dalıdır. Ürün konstrüksiyonu ve imalatında önemli produktivite sağlayabilen bilgisayarla tasarım (CAD) ve bilgisayarla üretim (CAM), bu ülkelerde henüz yeterince uygulanmamaktadır. Üretimde CNC tezgah kullanımı ve robot uygulaması sanayileşmiş ülkelerin çok gerisindedir.

Türkiye ise, makina yapım sanayiinde teknolojik düzey açısından, G.Kore, Brezilya, Hindistan, Singapur ve Meksika'nın gerisinde bulunmaktadır ve ileri sanayi ülkeleri ile

arasındaki fark onlara kıyasla daha da büyüktür.

Makina yapım sanayiinde üretim yapan belli başlı 131 firma ile yapılan anket sonuçlarında;

-24 firma CNC tezgah kullanmaktadır. 25 firma ise kullanmayı planlamaktadır.

-CAD ve CAM uygulaması yalnızca 18 firma için sözkonusudur.

-Araştırma ve geliştirme (A+G) çalışmaları yapan 64 firma mevcuttur.

Görüldüğü gibi makina yapım sanayiinde henüz mikroelektronik teknolojisi başlangıç aşamasındadır. Giderek artan bu teknolojik farkın Türkiye üzerinde meydana getireceği ekonomik ve sosyal etkiler, aşağıda kısaca özetlenebilir.

-Türkiye sektöre vereceği önem ölçüsünde makina yapım sanayiinde dış ticaret açığını kapayacaktır. Bu sektörde çok başarılı bir gelişme çizgisi izleyebilse dahi 2000'li yıllarda yine de sanayileşmiş ülkelerden yüksek kapasitede, presizyonlu ve özel amaçlı makinaları ve sistemleri ithal edecek, dolayısıyla önemli döviz harcamalarında bulunacaktır.

-Döviz sıkıntısı çekilen dönemlerde yatırımların finansmanında güçlüklerle karşılaşılacaktır.

-Sanayileşmiş ülkelerde kullanılan yeni teknolojilerin çoğu toplam üretkenliği artırmaya yöneliktir. Dolayısıyla Türkiye'de tüm sektörler, makina yapım sanayinin az gelişmişliği ölçüsünde, teknolojik nedenlerden kaynaklanan düşük rekabet girdi ve üretkenlik sorunlarını taşıyacaklardır.

-Otomasyon sadece maliyetler içinde işgücünün payını azaltmakta kalmayıp, produktivite ve vardiya artışlarıyla mevcut sabit yatırımdan en üst ölçüde yararlanmayı sağlamaktadır. Bunun sonucunda Türkiye gibi ülkelerin düşük işçi ücreti avantajları birçok üründe azalacaktır.

-ileri sanayi ülkelerinde yeni üretim teknolojileri sonucunda artan produktivitenin, işsizliği artırmayıp tersine yeni istihdam imkanları ortaya çıkardığı görülmektedir[19].

4.5. TÜRK SANAYİNDE ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR

Dünya yeni bir endüstri çağının eşiğinde bulunmaktadır. Bu çağ itici gücünü çok hızlı ve dinamik bir bilimsel gelişmeden ve ona bağlı olarak ortaya çıkan ileri teknolojilerden almaktadır. Üçüncü Endüstri devriminin yapıtaşlarını oluşturmakta olan bu ileri teknolojiler arasında mikroelektronik, bilgisayar, biyoteknoloji, laser, hibrid teknolojiler olarak da bilgisayar yardımıyla tasarım (CAD) ve varyasyonları, bilgisayar yardımıyla imalat (CAM) ve varyasyonları, robotek, fiber optik, fotonik bulunmaktadır.

Robot teknolojisi, bilgisayarla kontrolün çok sofistiğe bir uygulama alanı olması yanında yeni bir üretim felsefesini getirmesi ile büyük teknolojik değişmelere ve gelişmelere yol açacak niteliktedir. Esnek üretim (flexible manufacturing, flexible automation) bundan sonra endüstriyel gelişmelerde çok önemli ağırlık kazanacak ve üretim sistemlerinde yeni çığırılar açacaktır.

Son yıllarda dünyada robot teknolojisindeki gelişmeler ve endüstride kullanılan robotların sayılarındaki artışlar ve beklentiler gözönünde tutulduğu takdirde, ülkemizde de bu alandaki gelişmelerin gerek akademik kuruluşlarımızda ve gerekse endüstriyel uygulamalar açısından yakından izlenmelerinin ve gerekli bilgi birikimi oluşturularak vakit geçirmeden uygulamalara geçilmesinin zorunlu hale geldiği

anlaşılmaktadır.

Bugün sınırlı da olsa, ülkemizde mevcut harp sanayii, boya sanayii, radyasyon etkisinin bulunduğu iş alanları ve benzeri tehlikeli veya kötü şartlara haiz işyerlerinde robot uygulamaları fevkaledede uygun olacaktır.

4.6. TÜRKİYE'DE ROBOT TEKNOLOJİSİ

Çağdaş teknolojideki gelişmeleri yakından izlemek, kullanabilmek ve kendi imkanlarımızla ülke şartlarına en uygun biçimde geliştirmek, "Endüstri Ülkesi" olma gayesinde olan ülkemiz için çok önemlidir. Robot teknolojisinde çağımızın ve geleceğin endüstri ve ekonomi ortamını en çok etkileyebilecek alanlardan biridir.

Türkiye'de robotlar alanında; bilimsel çalışma ve yayınlar 1970'lerden beri yapılmaktadır. 1983'te bu çalışmalar daha da yoğunlaşmıştır. Boğaziçi Üniversitesi, Makina ve Elektrik Mühendisliği Bölümlerinde, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina ve Elektrik Fakültelerinde, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina ve Elektrik-Elektronik Fakültelerinde, Yıldız Üniversitesi, Anadolu Üniversitesi; lisans, yüksek lisans, doktora programlarında; ders, araştırma ve inceleme projeleri vermeye başlanmıştır. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) 1985'te bu konu ile ilgilenmeye başlamış, 1986'da i.T.Ü. Rektörlüğünce "Robotik Araştırma Komisyonu" kurulmuş, Boğaziçi Üniversitesinde "robotlar ve Endüstriyel Otamasyon" konulu bir seminer verilmiştir.

TUBİTAK Mühendislik Araştırma Grubuna bağlı olarak 1987'de i.T.Ü. ile kurulan "Robot Teknolojisi Desteklenen araştırma Ünitesinin" (ROBOTEK) faaliyetleri somut sonuç ve ürünler vermiş, endüstriyel uygulama düzeyine erişmiştir.

Bu üniteye üç yıllık bir çalışma dönemi içinde iki robot prototipi ve robot kontrolü için bir kontrol bilgisayarı

rı geliştirilerek, Robotlarla ilgili bilgi toplama ve standart çalışmaları yapılacak, yurt içindeki diğer araştırmacılarla ilişki kurularak bireysel çalışmalar biraraya getirilecektir.

i.T.Ü. Otomatik Kontrol Birimi, bu konudaki ön çalışmalar kapsamında, eğitim amaçlı bir kol prototipini çalıştırmıştır. Dört eklemlili bu kol, bu tür çalışmaların yapılabilmesi için gerekli bilgi birikiminin ülkemizde olduğunu ve yurt dışından oldukça pahalıya ithal edilen eğitim robotlarının yerel imkanlarla çok ucuza imal edilebileceğini göstermek amacı ile geliştirilmiştir. Mikro bilgisayarlarla kontrol edilmekte, noktadan noktaya transfer işlemlerini gerçekleştirmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar endüstri çevrelerinin de ilgisini çekmeye başlamıştır.

4.7. ROBOTEK FAALİYETLERİ

TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubuna bağlı olarak 1987'de i.T.Ü.Rekylörlüğünün de desteği ile kurulan ROBOTEK faaliyetleri olumlu somut sonuçlar ve ürünler vermiş, endüstriyel uygulama düzeyine erişmiştir.

ROBOTEK ünitesi tarafından birçok projeler gerçekleştirilmiştir. Bunlar hakkında ve bazı üniversitelerde yapılan projeler aşağıda verilmiştir.

1.Proje M1:Boya Robotu Prototipi Tasarımı ve imali
Proje Yürütücüsü:Prof.Dr.Ahmet KUZUCU
Projenin Konusu: Otomotiv, beyaz eşya, mobilya ve diğer sanayi sektörlerinde kullanılabilecek bir boya robotunun tasarlanması, imali, programlanması ve endüstriyel çalışma ortamında denenerek bitmiş bir ürün haline getirilmesidir.

Uygulama Alanı Gerekçesi: Çalışma imkanlarının çalışan sağlığı açısından tehlikeli olması, yüksek konumlandırma hassasiyetinin gerekmemesi ve robot teknolojisinin tüm bi-

limsel yönlerini (öğretilme, sürekli yörünge kontrolu, yörünge tespiti ve planlaması, boya proses kontrolu, esnek programlama, iş parçasının tanımlanması vb.) kapsaması.

Projenin Amacı: Sistem tasarımı, bileşen seçimi, imalat, bilgisayarla kontrol, mekanik imalat konularında tecrübenin oluşturulması, kullanıcılara TÜBİTAK kanalı ile ulaşabilecekleri uygulamaya hazır bir projenin sunulması, robot teknolojisi ile ilgili bütün konuların deneysel olarak incelenmesini sağlayacak bir prototip gerçekleştirilmesi.

Projenin tahmini bedeli 140.000.000.TL.'dir. Yurt dışı fabrika çıkışı fiyatı 350.000.000 TL. (1992).

2. Eğitim Robotu ER-1:

Proje yürütücüleri: Ali SONDAL (ÖLÇSAN), Ahmet KUZUCU, Atilla BİR.

Proje Konusu: Üniversiteler, Teknik eğitim kuruluşları ve sanayii de Robot Teknolojisi konusunda eğitim vermek üzere kullanılacak bir robotun tasarımı, imali, programlanması ve geliştirilmesidir.

Ölçsan firması bu proje kapsamında bir adet PCXT bilgisayar çalışmaları için tahsis etmiş, bir elemanın incelemeler için yurt dışına seyahatini karşılamış, ilaveten malzeme, teçhizat ve genel giderler olarak yaklaşık 2 000.000.TL. destekte bulunmuştur. Ölçsan firması Eğitim Robotu ER-1'in seri üretime hazır ilk prototipini gerçekleştirmiş bulunmaktadır.

3. ROBOTEK E-1 Projesi:

Proje yürütücüsü: Eşref ADALI

i. T. Ü. Robotek Ünitesi içinde yer alan iki projeden biri olan E-1 projesinin amacı, robot için özel bilgisayar tasarımlarının geliştirilmesi, arabirimlerin tasarlanması ve uygun yazılımların geliştirilmesidir.

ROBOTEK Ünitesi, projeler yanında, Robot Teknolojisinin temel konularında bilgi derleme ve üretme çalışmalarını yü-

rüten aşağıdaki "Çalışma Grupları"nı içermektedir:

- ölçme ve algılama sistemleri gurubu,
- Tasarım ve konstrüksiyon gurubu,
- informatik gurubu,
- Robot teorisi ve kontrol gurubudur.

4.8. Endüstriyel Robot Uygulamaları Projesi

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Endüstriyel Robot Uygulamaları Konulu Avrupa Bölgesel DP/RER/87/018 sayılı projedir. Projenin icra temsilcisi B.M. Sınai Kalkınma teşkilatı (UNIDO)dur.

Projenin amacı; Avrupa ülkeleri içinde ve arasında imalat teknolojisi alt yapısını oluşturmak suretiyle:

-Üretim maliyetini ve üretim zamanını azaltarak ve ürün kalitesini iyileştirerek imalat sektöründeki milli üretimi arttırmak.

Dünya pazarında istenilen hassasiyet ve güvenilirliğe sahip ürün üretmek ulusal döviz durumunu iyileştirmek.

-Mevcut makina teçhizatı ve imkanlarını daha üretken yapılarak uzun vadede makina teçhizatı yatırım ihtiyacını azaltmak.

-işyerlerinin emniyet ve çevre şartlarını iyileştirmektir.

Kısa vadede ise her ülkenin mevcut endüstriyel alt yapısı içinde, bir lider merkezin genel koordinasyonu altında bir işbirliği ağı oluşturarak:

-Robot teknolojisiyle ilgili software, hardware, eğitim ve uygulama gibi alanlarda müşavirlik hizmetleri sağlamak.

-Bu işbirliği ağı içerisinde projeye katılan ülkeler arasında robotlarla ilgili fikir, tecrübe ve yazılım paketleri alışverişi için bir mekanizma kurmak.

-Robotlarla ilgili eğitim malzemesinin elde edilmesini ve projeye katılan ülkelere dağıtılmasını sağlamak, hedeflenmektedir.

Projeye Türkiye ile beraber 9 ülke katılmış bulunmaktadır. Bu ülkeler; Türkiye, Portekiz, Bulgaristan, Çekoslovakya, Macaristan, Polonya, Romanya, Yugoslavya, G.Kıbrıs'dır.

Projenin gelecekte beklenenleri ise; özellikle 2. faz kabul edilen 1993 yılı sonuna kadar robot teknolojisi alanında önemli faydalar sağlanacağı anlaşılmaktadır. Türkiye içinde 4 Aralık 1990 günü yapılan toplantı sonuçlarının da ışığı altında yeni hedeflerin ortaya çıkacağı ve bu hedeflere erişmekte oluşturulacak kuvvetli bir yurtiçi ağı ile bu projenin de önemli katkıları olacağı muhakkaktır [16].

4.9. ENDÜSTRİDE ROBOTLAŞMA VE VERİMLİLİK AÇISINDAN TÜRKİYE'NİN DURUMU

Daha önce belirtildiği gibi ABD gibi ülkelerin dahi verimsizlikten had safhada yakınmaları, bunun en önemli nedenini teknolojik yeniliklerin yavaş benimsenmesine bağlamaları, bize mutlaka bazı uyarılar vermelidir. İnsanlık tarihinin ikinci Endüstriyel Devrimi olan robotların verimliliğe çok olumlu etkisi olduğu tartışılmazdır. Bugün sanayimizin robota hazır olduğu iddia edildiğine göre, ülkemiz için önemli olan nokta, verimlilik ve sağladığı diğer faydalardan dolayı endüstride bir an evvel robotlaşmaya gitmektir. Ülkemizdeki insan gücü potansiyelini de dikkate alarak, insan gücü ve robotekte bir kaynak optimizasyonu yapılmalıdır.

Ülkemiz endüstrisinde verimliliğe set vuran darboğazlar global olarak teknoloji hakimiyeti, iş güvenliği, çalışan sağlığı, kalite, %100 kontrol, firenin azaltılması, ara eleman açığı, işgücü maliyeti ve üretim yavaşlığı noktalarında yoğunlaşmaktadır. Robotlaşmanın, endüstrimizdeki bu darboğazların hemen hepsini gözeceği rahatlıkla ifade edilebilir. O halde ortaya çıkan soru, verimlilik artışında mutlak bir anahtar olan robotun eldesi ve hayata geçirilmesidir. İthalat imkannının yanı sıra bu noktada memnuniyetle belirtilebilirki, Üniversitelerimizde son yıllarda gerçek endüstriyel

robotlar üretilmeye başlanmıştır. Üretilen robot ve robotlar konusunda uzman kişi sayısında, konunun önemi, cazibesi ve sanayinin konuya ilgisi nedeniyle bir artış süresine girilmiştir. Yerli robot kullanımı, ithalata oranla birkaç kat ucuza geldiğinden, bu yola başvurmak verimlilikte ek bir artış getirecektir.

Ülkemizin verimlilik programı teknik bilgi, yenileşmeyi yaymak, eğitilmiş insan sayısını arttırmak, üretim kalitesini yükseltmek yönünde olması gerektiğinden, ülkemiz endüstride robotlaşmaya sıcak bakmak, verimlilik konusunda böyle önemli bir silahtan mahrum kalmamak zorundadır[11].

Robot teknolojisinin endüstriyel uygulamaları son on yılda çok büyük gelişme gösterilmektedir. Bu gelişme üretim teknolojilerini etkilemiştir. Türk sanayiinde robotların sayısı ve kullanım alanları Tablo 7.1.'de gösterilmektedir[13].

Tablo 4.1. Robot Kullanan Firmaların Sanayi Dallarına Göre Dağılımı

Sanayi Dalları	incelenen Firma Sayısı	Robot Kullanan Firma
Elektrik	6	3
Elektronik	6	5
Otomotiv	14	-
Kimya	7	-
Tekstil	12	3
Beyaz Eşya	2	2
ilaç	3	1
Gıda	5	2
Makina Üretimi	7	-
Demir Çelik	5	-
Seramik	4	-
Kağıt	3	1
Toplam	74	17

Dünyadaki endüstri robotlarının kullanıldığı en büyük alanlardan biri otomotiv sanayi iken ve bu alanda özellikle

de punta kaynağında robotların kullanılması yaygın bir halde gelişirken buna paralel olarak montaj robotlarının sayısı da artış büyük olmuştur. Dünyada böyle olmasına rağmen Türkiye'de endüstri robotu kullanımındaki gecikmenin en büyük nedeni yıllık otomobil üretim kapasitemizin robotlu üretim için yeterli olmasından kaynaklanmaktadır. Otomobil üretimde robot kullanımına geçilmesine diğer bir sebebide, işçilik maliyetinin robot kullanımını zorlayacak etkide olmamasıdır.

4.10. TÜRKİYE'DE ÜRETİM ALANLARINA GÖRE ROBOT KULLANIMI

ileri teknolojiye sahip ülkelerde robot kullanma alanları 22-25 farklı alan olduğu halde ülkemizde maalesef bu sayı 8-10 arasındadır. Tablo 4.2.'de Türkiye'de kullanılan robotların uygulama alanlarına göre dağılımı gösterilmiştir.

Tablo.4.2. Türkiye'de Kullanılan Robotların Üretim Alanlarına Göre Dağılımı

<u>Üretim Alanı</u>	<u>Robot Sayısı</u>	<u>%</u>
Montaj	30	33
Malzeme taşıma	28	30
El işleri	12	13
Punta kaynağı	8	9
Pres besleme	5	6
Paketleme	3	3
Makina yükleme	3	3
Boya püskürtme	1	1
Araştırma ve geliştirme	<u>2</u>	<u>2</u>
	92	100

Üniversitelerde robot teknolojisi ile ilgili lisans, yüksek lisans ve doktora öğrenimlerde verilen dersler haricinde, araştırma projeleri ve deneysel çalışmalar ve yüzlerce bilimsel yayın yapılmıştır. Tablo 4.3.'de belli başlı üniversiteler robot teknoloji üzerinde yaklaşık yüksek lisans ve doktora yapılan çalışma sayısı verilmiştir.

Tablo 4.3. Robot ile ilgili Yüksek Lisans ve Doktora Çalışmalar

<u>Üniversiteler</u>	<u>Yüksek lisans</u>	<u>Doktora</u>
D. D. T. Ü.	29	5
i. T. Ü.	11	2
Boğaziçi	6	-
Yıldız	2	-
Anadolu	1	1
Akdeniz	1	-

Robot Teknolojisinin Türkiye için yeni bir konu olmasına rağmen bu konuda yapılacak çalışmalar büyük yararlar sağlayabilir. Bunların en önemlilerini şöylece sıralamak mümkündür:

-Robot teknolojisi ile ilgili çalışmalar, Robotlar için olduğu kadar, nümerik kontrollü takım tezgahları, endüstri otomasyonu, üretim organizasyonu, optimizasyonu konularında da güncel teknolojinin izlenmesini ve bilgi birikimi oluşmasını sağlayacak, bu konularda gerek uygulama ve kullanma, gerekse araştırma-geliştirme ve imalat deneyimini artıracaktır.

-Türkiye'de robot kullanımı öncelikle çalışan sağlığının tehlikede olduğu uygulama alanlarında başlayacak, ek yatırım gerektirmesine rağmen çalışma şartlarının iyileştirilmesine katkıda bulunacaktır. Yapılan ek yatırım en geç üç yılda kendini ödemekte ve karlılığa geçmektedir.

-Robot teknolojisi yeni istihdam alanları sağlanmıştır. Robot edinen her kullanıcı, elemanlarını bu konuda eğitecektir. Robot teknolojisi konusunda eğitilen elemanlar, üretim sistemindeki diğer mekanik, elektrik, elektronik sorunlarını kolayca çözebilecekler, genel olarak bakım kalitesini yükselteceklerdir.

-Robot teknolojisi, halen çalışmaya olan üretim sistem-

lerinin üretkenliği, karlılığın artmasına katkıda bulunacağı gibi, özellikle kapasite artırımı ve genişletme projelerinde daha hızlı ve daha verimli çalışan fabrikaların oluşmasını sağlayacaktır.

Türkiye'de robot geliştirilmesi ve imali, yurt dışından ithal maliyetine kıyasla en az % 40 daha ucuza mal olmaktadır. Diğer taraftan bu konuda bilgi birikiminin oluşturulması, yurt dışından ithal edilen Robotların da daha etkin biçimde kullanılmasını sağlayacaktır.

Robotlar alanındaki çalışmalar, makina konstrüksiyonu, kinematik-dinamik analiz, mekanizmalar, bilgisayarla kumanda, üretim organizasyonu, planlanması konularındaki en yeni gelişmeleri içermektedir. Bu yeni alanda endüstrisi gelişmiş ülkelere kıyasla çok büyük bir gecikmemiz olmadığı gibi, aynı düzeyde araştırma-geliştirme, uygulama çalışmalarının yapılabilmesi için gerekli bilgi birikimi de ülkemizde mevcuttur. Çağımızın baş döndürücü bir hızla ilerleyen teknolojisini izleyebilmemiz için Robot Teknolojisi ve diğer ileri teknoloji alanlarında yapılan çalışmaların desteklenmesi gerekmektedir.

Başta verimlilik olmak üzere pekçok endüstri problem ve darboğazına çok etkin ve kesin bir çözüm olan robotlaşma, birçok ülkenin ekonomisine çok büyük katkılar sağlamaktadır. Gücün ve refahın anahtarı olan ekonominin sağlıklı ve güçlü bir yapıya ulaşmasında verimliliğin önemi, verimlilik artışında da robotlaşmanın yeri önemli deneyimler sonucu ortada iken, verimlilik artışında en kalıcı çözümlerden birinin endüstride robotlaşma olduğu sonucuna kesin olarak varılmaktadır.

BÖLÜM V

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sanayi yönünden ilerlemiş ülkelerde, bilim ve teknoloji-
deki gelişmelerin hızlanması, ülkeyi bilgi toplumuna dönüştürmekte ve yoğun bilgi, üretim ve maliyeti etkileyen en önemli faktör olmaktadır. Daha fazla üretimi daha az maliyet ile elde etme gayesi, çalışmalarını teknolojik yeniliklere yönlendirmektedir. Bu da bilgi, beceri ve tecrübe düzeylerini yükseltmekle gerçekleşmektedir.

Endüstride robot kullanmanın getirdiği faydalar geçmiş bölümlerde geniş bir şekilde açıklanmıştır. Başta produktivite olmak üzere birçok endüstri problemleri ve sıkıntılarınına çok net ve kesin bir çözüm olan üretimde robot kullanma, kullanan ülkelerin ekonomisine çok büyük katkılar sağlamaktadır.

Ekonominin sağlıklı ve güçlü bir yapıya ulaşmasında verimliliğin önemi ve bunun artışında da otomasyonun ve robotlaşmanın yeri önemli tecrübeler sonucu ortaya koyulmaktadır. Buna bağlı olarak, verimlilik artışında en kalıcı çözümlerden birinin endüstride robotlaşma olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Son yıllarda dünyada robot teknolojisindeki gelişmeler ve endüstride kullanılan robotların sayılarındaki büyük artışlar, ülkemizin de gerek eğitim-öğretim kuruluşlarımızda ve gerekse endüstriyel uygulamalar alanında bu gelişmeyi dikkate alması gerektiğini göstermektedir. Bunun için gerekli bilgi birikimi oluşturularak vakit geçirmeden uygulamalara geçilmesi zorunlu hale geldiği anlaşılmaktadır.

Robot teknolojisinin endüstriyel uygulamaları son on yılda çok büyük bir gelişme göstermekte ve üretim teknoloji-

lerini etkilemektedir.

Zor ve tehlikeli çalışma alanlarından, zekasının kullanılmadığı monoton işlerden insanı kurtarmak amacı yanında, "kalitede homojenlik", "% 100 kalite kontrolü" ve nihayet "çalışanların ücretlerindeki artış karşısında maliyet enflasyonunu kontrol edebilmek" gibi faktörler robot kullanımını önemli bir rekabet unsuru haline getirmektedir.

Hızla gelişen ileri teknoloji ülkelerinde olduğu gibi robot teknolojisi birçok mühendislik disiplinleri (Makina, Elektrik, elektronik, bilgisayar, endüstri, fizik mühendisleri, vb.) ile yakından ilgili olduğu, buna karşılık robot teknolojisi ve ilgili alanlarda araştırmacı-geliştirici uygulayıcı eleman sayısı, ülkemiz ihtiyaç ve problemlerine göre yetersiz kalmaktadır.

Hızlı sanayileşme ve dış pazarlara açılma hedeflerini milli politika olarak benimsemiş olan Türkiye bu çok yeni teknolojiye uzak kalmamalıdır. Özellikle robot teknolojisi alanında hızla net sonuçlar alabilmek için kısıtlı uzman ve yatırım imkanlarını ülke önceliklerine göre belirli hedefler üzerinde odaklaştırmak gerekmektedir.

Ülkemize dışarıdan ithal yoluyla giren Endüstriyel Robotlardan, teknolojik bilgi ve uygulama tecrübelerinin artırılması, inceleme, staj ve yeni uygulamalar için yararlanmalıdır. Aynı zamanda robot kullanan kuruluşlara genel bilgi, yazılım, yeni manipülör tasarımı, robot konstrüksiyonları vb. gibi konularda yurt içinde destek sağlanmalıdır. Bu hizmetler için yurdumuza ithal yoluyla giren robotların izlenmesi ve envanterinin tutulması gerekir. Uygulayıcı kuruluşlarla araştırmacı kuruluşlar arasında bilgi alışverişinin sağlanacağı bu organizasyona ihtiyaç vardır.

Ekonomik ve sosyal etkiler endüstriyel robotların çok hareketli serbestlikli olmasını, insandaki kol ve hareket serbestiyetine robotların da sahip olması gerekmektedir.

Böyle seviyeli makinalaşmada otomasyon mümkün olmaktadır. Robotlar üretim sistemine İNSAN-MAKİNA-SİSTEM üçlüsünden İNSAN-ROBOT-MAKİNA-SİSTEM dörtlüsüne yön değiştirmektedir. Bu değişme sonucu tehlikeli ve istenmeyen işlerden insanların korunması hedeflenmektedir.

Üretim değişiminde robot adaptasyonu yeni teknolojileri almak için hazır olmalı ve yeni iş metodlarına adapte olmayı kabul etmeye bağlıdır.

Kullanılan robotun değişik üretimlere kolay adapte olması yatırım maliyetlerinin azalması yanında daha geniş teknolojik alana nüfuz edebilme imkanını doğurmaktadır.

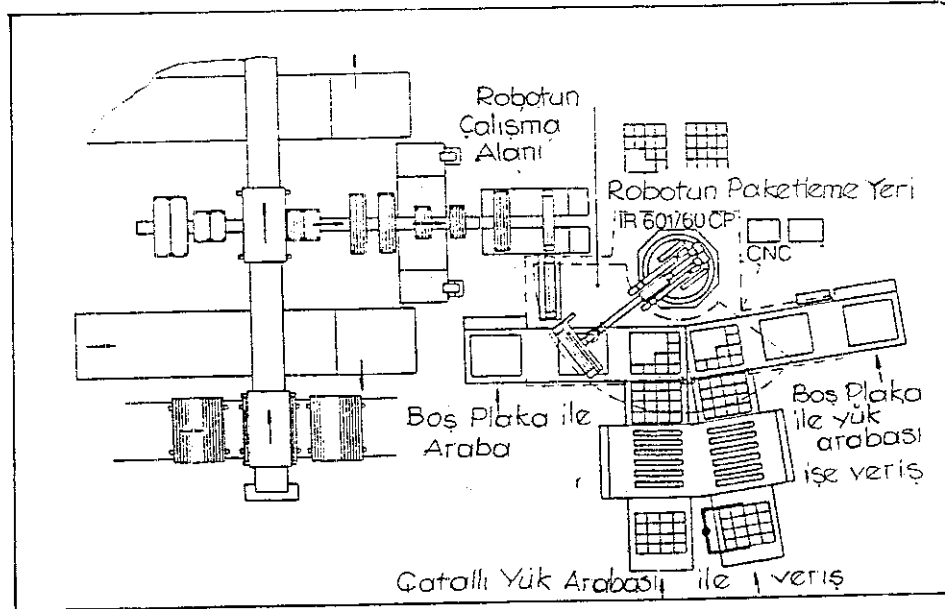
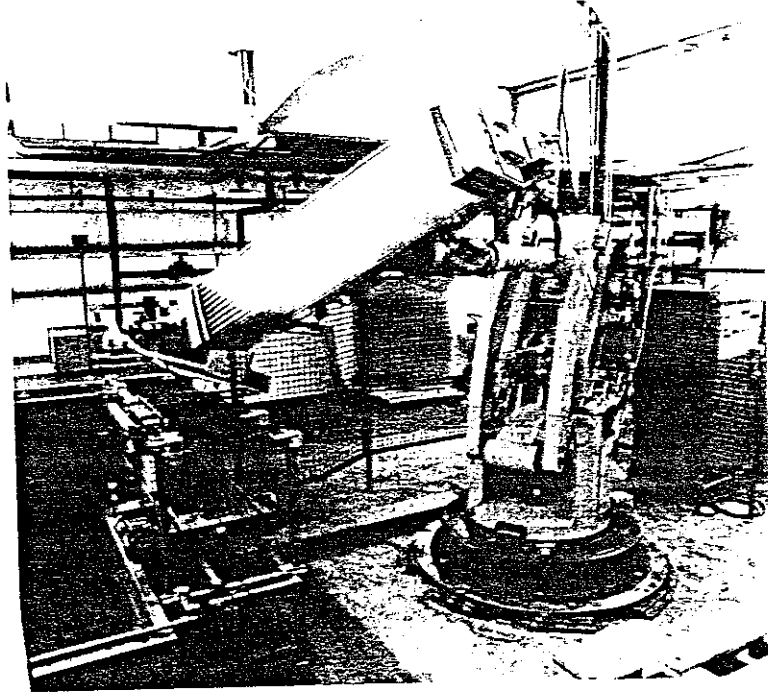
KAYNAKLAR

1. ANIK, S., 1992, Otomatizasyon Ve Kaynak Tekniği, Mühendis Ve Makina Dergisi, Sayı 387, Sayfa 7-13, Ersa Matbaacılık, Ankara.
2. ARIKAN, M.A.S., BALHAN, T., KAFTANOGLU, B., 1986, Robotların imalatta Kullanımı, Teknoloji 2. Milli Kongresi Yatırım Malları Semineri, Sayfa 274-293 Büro Aşama Matbaası, Ankara.
3. BULCA, F., 1990, Robot Sistemlerinde Kullanılan Uç Elemanları ve Tutucu Sensörler, Mühendis ve Makina Dergisi, SAYı 367, Sayfa 5-11, Erk Yayıncılık, Ankara.
4. ÇELTEKLİGİL, U., 1991, Türkiye'de Otomasyon Tekniği Sanayiinin Geçmişi, Yapılan Aşamalar, Bugün Durumu, Sanayide Bilgisayar Kullanımı Ve Otomasyon 1990-1991 Semineri, Sayfa 212-219, istanbul.
5. GÖKSU, N., 1991, Bilgisayar Destekli imalat Üzerine Bir Araştırma, Yüksek lisans Tezi, Danışman Doç.Dr.C. KURBANOGLU, Sayfa 21-22, Isparta.
6. GÜLEÇ, K., 1991, Verimliliğın Artırılmasında Yeni Gelişen Teknolojilerin Etkileri, M.P.M. Verimlilik Dergisi, Sayı 1991/2, Sayfa 161-169, Yücel Ofset Matbaacılık Sanayi, Ankara.
7. İBANOGLU, F.E., 1989, Robotların Endüstride Uygulamaları, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri, Kayseri.

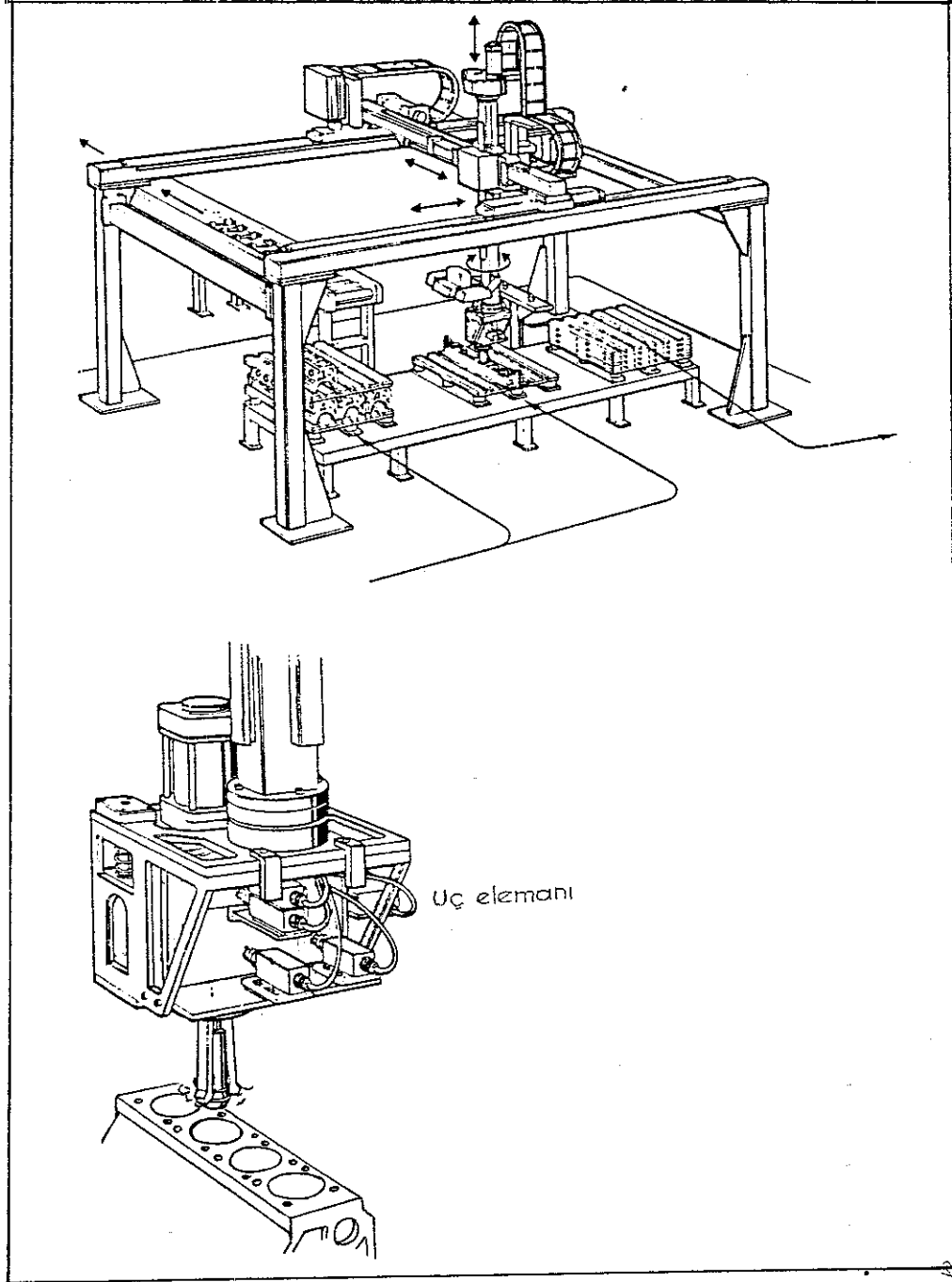
8. KUZUCU, A., 1988, Robotlar, i.T.Ü., Otomatik Kontrol Birimi, Sayfa 3-25, istanbul.
9. KUZUCU, A., 1989, Robot Uygulamaları ve Denetim Yaklaşımları, i.T.Ü. Mak. Fak. Otomatik Kontrol Birimi, Sayfa 2-9, istanbul.
10. KUZUCU, A., 1990, Robotlar Hakkında Genel Bilgiler, i.T.Ü. Mak. Fak. Otomatik Kontrol Birimi, Sayfa 1-4, istanbul.
11. KUÇUKOĞLU, M., 1991, Endüstride Robotlaşma ve Verimlilik, M.P.M. Verimlilik Dergisi, Sayı 1991/3, Sayfa 181-190, Yücel Ofset Matbaacılık Sanayi Ankara.
12. NAVAL, M., 1989, Roboter-Praxis, Sayfa 85, 217, 227-252, Vogel Verlag, Almanya
13. OKÇULAR, i., 1988, Endüstriyel Robotlar ve Türkiye'deki Kullanımı, Yıldız Üniversitesi, Yüksek Lisans tezi, istanbul.
14. DRUÇ, Ş., GULTEKİN, K., 1991, Robotek, Bitirme ödevi Danışman Doç.Dr.C. KURBANOĞLU, Sayfa 15, 20-30, 80-84, Isparta.
15. ÖZDEMİR, M., 1991, Verimlilik Üzerine Düşünceler ve Verimlilik Dergisi, Sayı 1991/2, Sayfa 169-175, Yücel Ofset Matbaacılık Sanayi, Ankara.
16. Robot Teknolojisi Toplantısı, 1990, i.T.Ü. Otomatik Kontrol Birimi, i.T.Ü. Matbaası, istanbul.

17. SOYSAL, A., 1991, Türkiye'de Bilgisayar Kullanımının Gelişimi ve Fabrikalardaki Uygulamalar, Sanayi-
de Bilgisayar Kullanımı ve Otomasyon 1990-1991
Semineri, Sayfa 211-219, istanbul.
18. ŞENEL, D., 1992, Verimlilik, insan ve Makina, M.P.M.
Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi, Sayı 38,
Sayfa 11, Yücel Ofset Matbaacılık Sanayi, Ankara.
19. Teknoloji, 1991 Sanayi Kongresi, Makina Yapım Sanayi
Sektör Raporu, T.M.M.O.B., Makina Mühendisleri
Odası, istanbul Şubesi, Çiftay Matbaacılık, is-
tanbul.

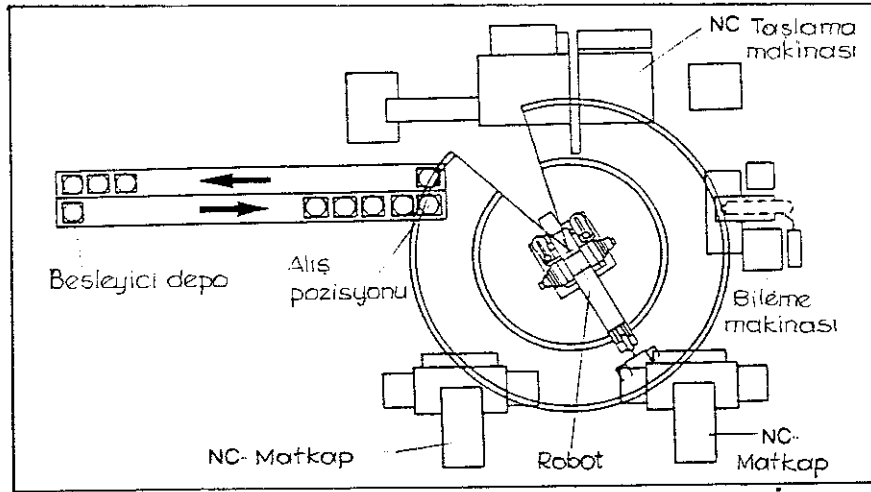
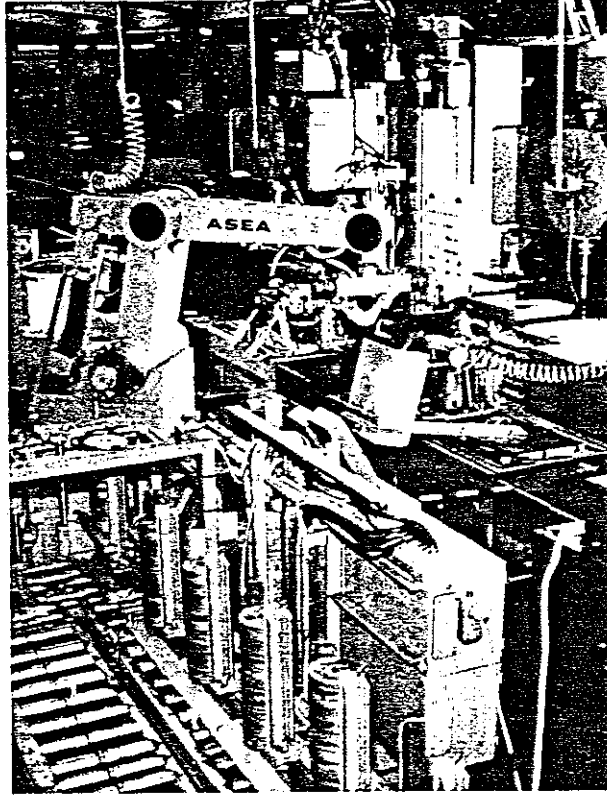
ROBOT UYGULAMA ALANLARINDAN ÖRNEKLER [12]



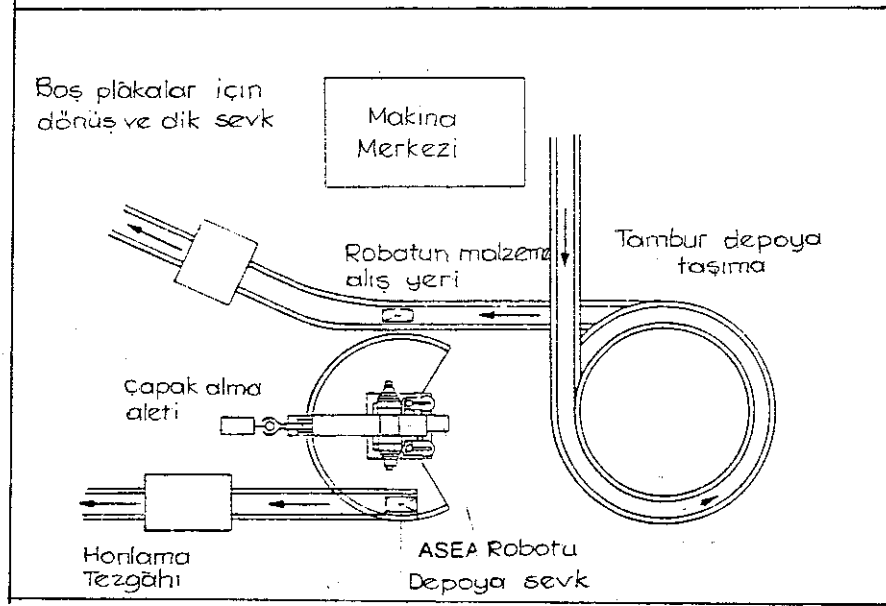
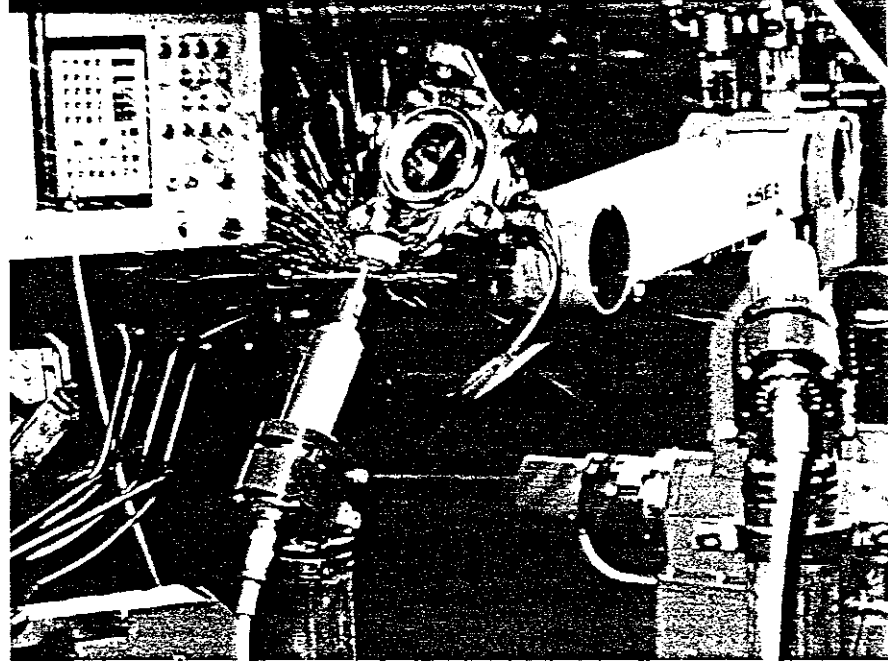
Şekil 1. Robotun cam boru paketleme hattında kullanılması



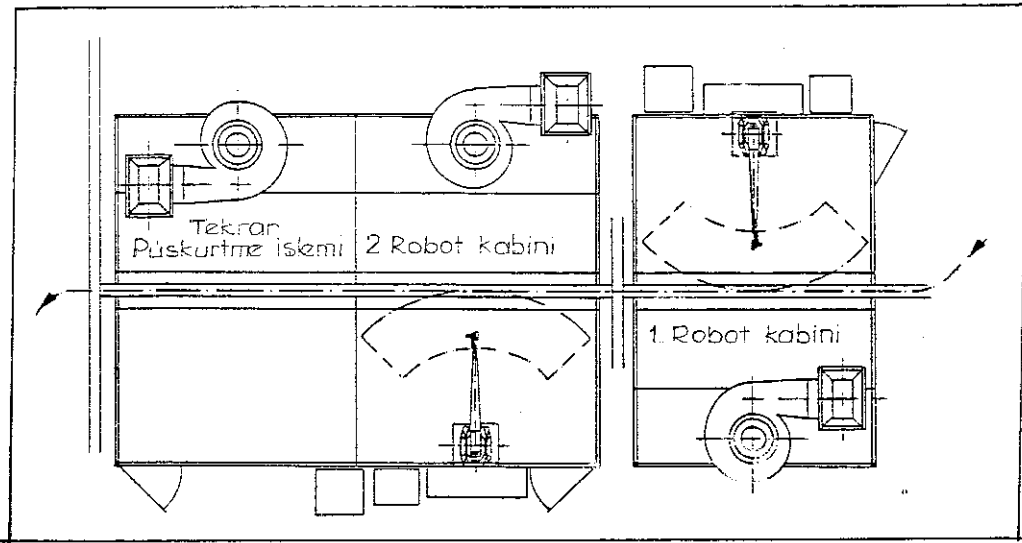
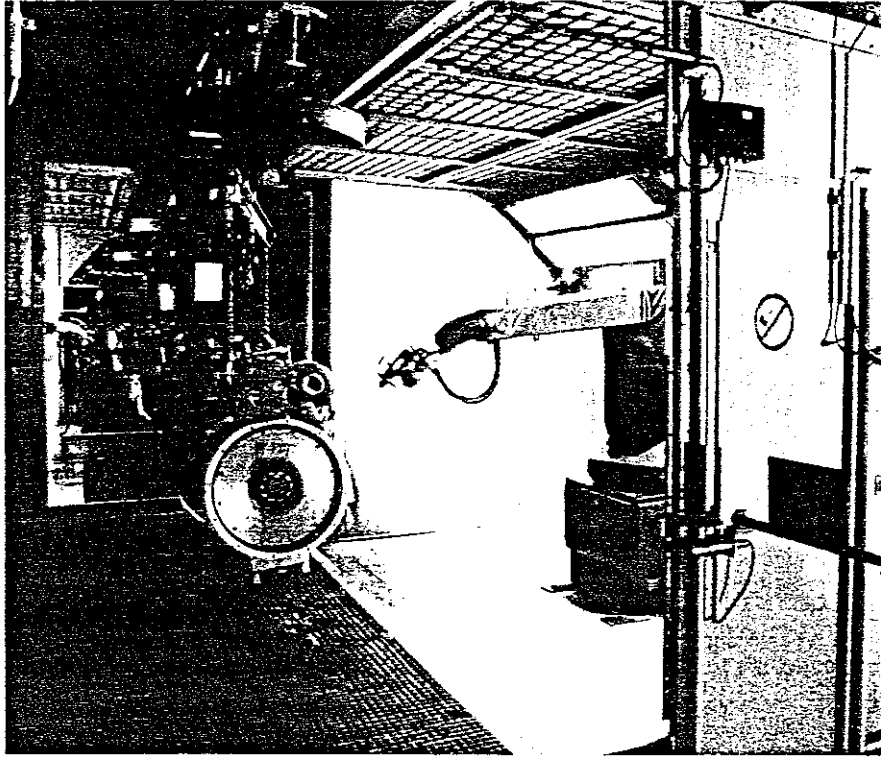
Şekil 2. Motor bloğunun istiflenmesinde robotun kullanması.



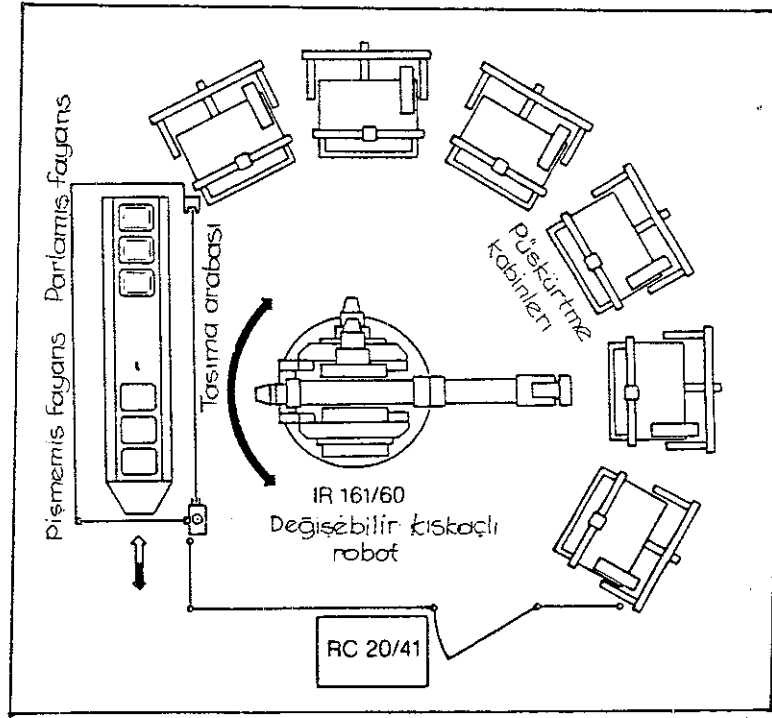
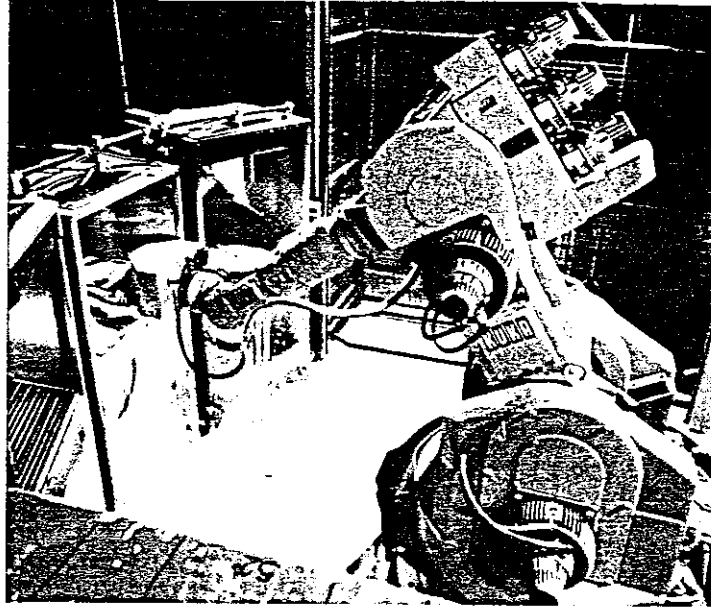
Şekil 3. Mafsallı bir robot ile makina yükleme.



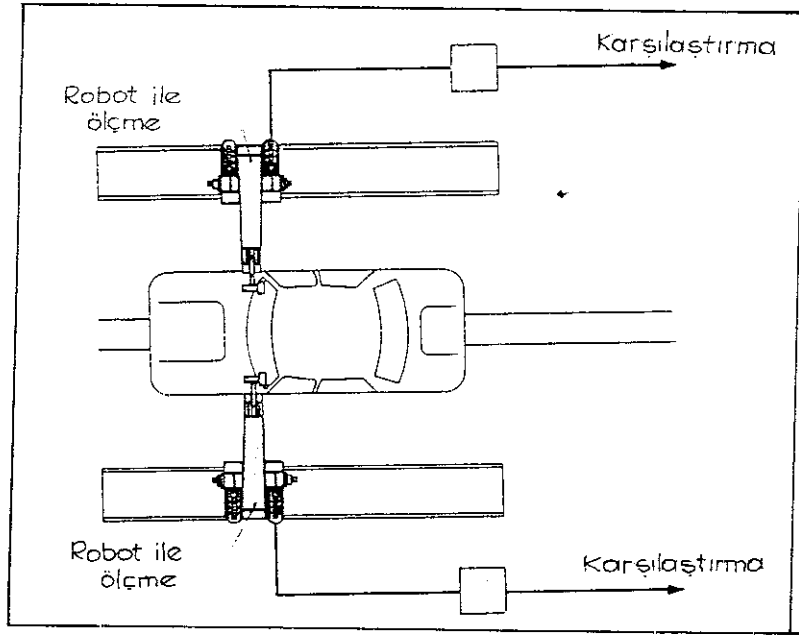
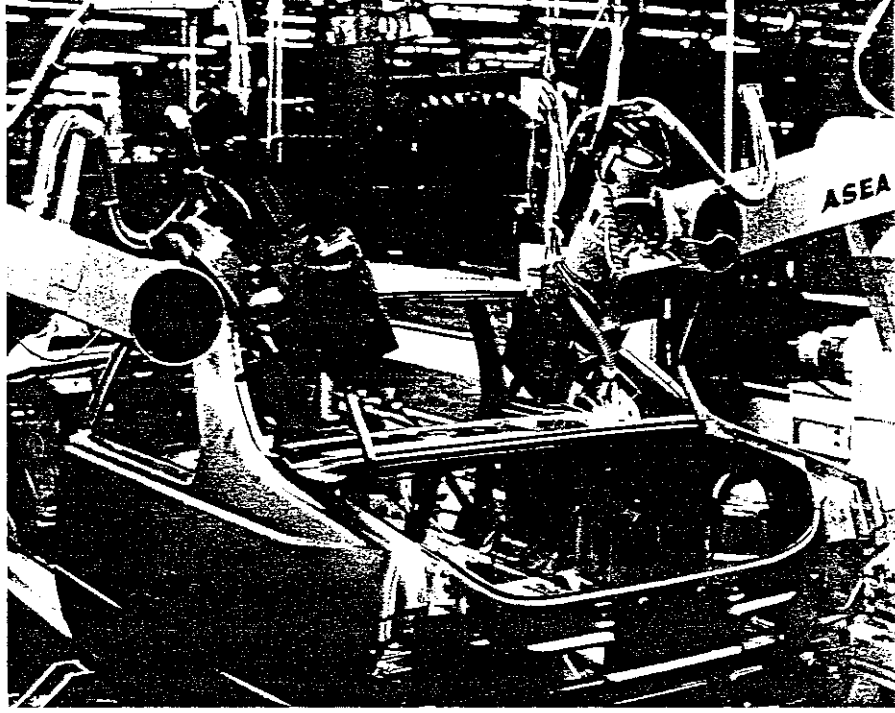
Şekil 4. Metal parçalarda çapak alma işleminde robotun kullanılması.



Şekil 5. iki robot ile hücreli (kabineli) boyama işlemi



Şekil 6. Seramiğin pişirilip parlatılması.



Şekil 7. Otomobil karöserlerinin kalite kontrolü.

ÖZGEÇMİŞ

- Doğum yeri : Erzincan
Doğum Tarihi : 06.12.1968
1975-1980 : 13 Şubat ilkokulunda ilk öğrenim
1980-1983 : Atatürk Orta Okulunda Orta öğrenim
1983-1986 : Erzincan lisesi lise öğrenimi
1986-1990 : Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik
Fakültesi Makina Bölümünde Lisans öğrenimi
1990-1991 : Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsünde Araştırma Görevlisi Olarak çalış-
tırma
1991- : Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik
Fakültesi Makina Bölümü Konstrüksiyon Ve
imalat Ana Bilim Dalına Araştırma Görevli-
si olarak atanma
1990-1992 : A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans
öğrenimi.