

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Y. Doç. Dr. Mesut ÖZGÜRLER

Prof. Dr. Turay Gökçen

Prof. Dr. Faris Keçe

ROBOTLARIN İNCELENMESİ

Makina Mühendisi Abdülvahid ERGAŞOV

**F.B.E. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mesut ÖZGÜRLER

İSTANBUL, 1997

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
2. ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Tanımlar.....	2
2.2. Endüstriyel Robotun Tarihçesi.....	3
2.3. Endüstriyel Robotların Bileşenleri.....	5
2.3.1. Manipülör.....	5
2.3.2. Hareket Elemanları ve Enerji Üniteleri.....	5
2.3.3. Kontrol Sistemleri.....	7
2.4. Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması.....	8
2.4.1. Koordinat Sistemine Göre Sınıflandırılma.....	8
2.4.2. Tahrik Sistemine Göre Sınıflandırma.....	10
2.4.3. Kontrol Mekanizmasına Göre Sınıflandırma.....	12
2.4.4. Programlama Metoduna Göre Sınıflandırma.....	13
2.4.5. Hafızasına Göre Sınıflandırma.....	13
2.5. Endüstriyel Robotların Fiziksel Özellikleri.....	14
2.6. Endüstriyel Robotlarda Kullanılan Sensörler, Kavrayıcılar, Takımlar ve Aparatlar.	18
2.6.1. Sensörler.....	18
2.6.2. Kavrayıcılar.....	20
2.6.3. Takım ve Aparatlar.....	25
2.7. Endüstriyel Robotları Programlama.....	26
2.7.1. Programlama Yöntemleri.....	27
2.7.2. Programlama Dilleri.....	28
2.7.3. Programlama Dillerinde Beklenen Gelişmeler.....	31
2.7.4. Değişik Programlama Dilleri.....	32
2.7.5. Endüstriyel Robotları Programlamaya Örnekler.....	33
2.7.5.1. Montaj Robotunu Programlama.....	33

2.7.5.2. Ark Kaynağı Robotunu Programlama.....	36
3. ROBOT UYGULAMALARI.....	42
3.1. Robot Uygulama Alanları.....	42
3.2. Endüstriyel Robot Uygulamaları.....	45
3.2.1. Montaj Uygulamaları.....	45
3.2.2. Kaynak Uygulamaları.....	56
3.2.3. Boyama ve Kaplama Uygulamaları.....	61
3.2.4. Endüstriyel Robotların Kalite Kontrol İşlerinde Kullanılması.....	65
3.2.5. Robotların Malzeme İletiminde Kullanılması.....	65
3.3. Otomotiv Sektöründe Çeşitli Robot Uygulama Örnekleri.....	68
3.3.1. Tavan Kaplaması Yapıştırma Robotu.....	69
3.3.2. Genel Gövde Birleştirme Robotu.....	71
3.3.3. Koltuk Yerleştirme Robotu.....	72
3.3.4. Motor Beşiği Punta Kaynak Robotu.....	73
3.3.5. Otomotiv Sektöründe Robot Uygulama Resimleri.....	75
3.4. Askeri ve Günlük Hayatta Kullanılan, Geliştirilmekte Olan Yeni Nesil Robotlar.....	77
3.4.1. Askeri Hayatta Kullanılan ve Geliştirilmekte Olan Robotlar.....	77
3.4.2. Günlük Hayatta Kullanılan ve Geliştirilmekte Olan Robotlar.....	81
3.5. Robot Uygulamasına Sistemetik Yaklaşım.....	86
4. ROBOT VE UZMAN SİSTEMLERİN ENTEGRASYONU.....	89
4.1. Günümüz Robotlarının Yetersizlikleri.....	89
4.2. Uzman Sistemlerin ve Robotların Potansiyel Entegrasyonu.....	90
4.3. Planlama ve Dizayn.....	90
4.4. Operasyonlar.....	91
4.5. Robot Planlama ve Programlama.....	96
4.6. Diğer Alanlar.....	99
4.7. Aktüel Uygulamalar.....	101
5. DÜNYADA ROBOTİK ÇALIŞMALARI.....	103
5.1. Robotlara Genel Bakış.....	103

5.2. Bazı Ülkelerde Robot Yoğunluğunun Gelişmesinin Analizi.....	107
5.2.1. Japonya'nın Robot Teknolojisinde Liderliğe Geçişi.....	108
5.2.2. Otomasyon, Robotlaşmadan Kaynaklanan Verimlilik Artışının Önemi ve Değeri.....	110
5.2.3. Bazı Şirketlerin Robotlu Üretime Geçmelerine Örnekler.....	113
5.3. Türkiye'de Robotik Çalışmaları.....	120
5.3.1. Türkiye'de Robor Üretimine Bir Örnek.....	123
6. ROBOTİK'TE EKONOMİK ANALİZ.....	128
6.1. Temel Yapı.....	128
6.1.1. Robotların Sağladığı Faydalar.....	128
6.1.2. Robotların Muhtemel Zararları.....	131
6.2. Ekonomik Faktörler.....	133
6.3. Ekonomik Analiz Metodları.....	135
6.4. Robot Doğrulama Analizi.....	136
6.5. Ark Kaynağı Robotunun Kısaca Ekonomik Analizi.....	149
7. SONUÇ.....	151
KAYNAKLAR	
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

№	Şekil Numarası ve Konusu	Sayfa №
1.	Şekil 2.1. Bir Robotun Temel Yapısı.....	6
2.	Şekil 2.2. Endüstriyel Robotun Ana Parçaları.....	6
3.	Şekil 2.3. Robot Kontrol Sisteminin Yapısı.....	8
4.	Şekil 2.4. Robotların Mekanik Yapılarına Göre Sınıflandırılması.....	9
5.	Şekil 2.5. İnsan Kolunda Serbestlik Dereceleri.....	15
6.	Şekil 2.6. Robotlarda Serbestlik Dereceleri.....	16
7.	Şekil 2.7. Robot Hassasiyet Ve Tekrarlanabilirliği.....	17
8.	Şekil 2.8. Mekanik Parmak Tipi Kavrayıcılar.....	23
9.	Şekil 2.9. Vakumlu Kavrayıcılar.....	24
10.	Şekil 2.10. Üniversal Kavrayıcılar.....	24
11.	Şekil 2.11. Robot Bileğine Monte Edilebilen Takım Ve Aparatlar.....	25
12.	Şekil 2.12. Montaj Robotlarının Programlama Teknikleri.....	33
13.	Şekil 2.13. BAPS Program Dili İle Bir Örnek.....	34
14.	Şekil 2.14. Off-Line Programlama Sistemin Robot Windowsun Yapısı.....	35
15.	Şekil 2.15. Robotwindows Ekran Görüntüsü.....	35
16.	Şekil 2.16. Off-Line Programlama Sistemi Technowindows Yapısı.....	36
17.	Şekil 2.17. Kaynaklama Örneği.....	38
18.	Şekil 3.1. Birleştirme İşlemlerinde Dın 8593'e Göre Sınıflandırılması	46
19.	Şekil 3.2. Montajın Üretim Sürecindeki Pozisyonu.....	46
20.	Şekil 3.3. Montaj Robot Tipleri.....	52
21.	Şekil 3.4. Dizme Robotun Aksamaları.....	53
22.	Şekil 3.5. Lehim Aletinin Komponentleri.....	53
23.	Şekil 3.6. Elektronik Kart Üzerine Elektronik Parçaların Lehimleme İşlemi.....	54
24.	Şekil 3.7. Yapıştırma Aleti Silikon Yapıştırıcıyı Gövdeye Sürmesi.....	54
25.	Şekil 3.8. Montaj Robotunun Vidalama İşlemi.....	55
26.	Şekil 3.9. Montaj İstasyonunda Far Montajında İki Silindirik Koord. Robotu...55	
27.	Şekil 3.9. Montaj İstasyonunda.....	56

28. Şekil 3.11. Kaynakta Parça Birleştirme.....	58
29. Şekil 3.12. Kaynak Nufuziyetinde Uygulanan Isının Etkileri.....	58
30. Şekil 3.13. Endüstriyel Robot Kaynak Sistemi.....	59
31. Şekil 3.14. Model Rw 252 Kaynak Robotu Kinematığı.....	60
32. Şekil 3.15. Dar Alanda Esnek Çalışma Örneği.....	60
33. Şekil 3.16. Sprey Kaplamacılığı Şematik Gösterimi.....	64
34. Şekil 3.17. Robotlarla Malzeme Taşınması, Şişelerin Paketlenmesi.....	67
35. Şekil 3.18. Tavan Kaplaması Yapıştırma Robotu Yerleşimi.....	70
36. Şekil 3.19. Eşit Zaman Diliminde 651 Araçlık Manuel, 428 Robotlu Üretimin Nihai Ürün Bazında Kalite Değerlendirilmesi.....	71
37. Şekil 3.20. Motor Beşiği Kaynak Kontrolleri Kıyaslaması.....	73
38. Şekil 3.21. Kaynak Atma Robotu.....	75
39. Şekil 3.22. Cam Kenarlarını Kaplama Robotu.....	76
40. Şekil 3.23. Montaj Robotu.....	76
41. Şekil 3.24. Karınca Robot.....	78
42. Şekil 3.25. Bomba İmha Eden Robot Tank.....	79
43. Şekil 3.26. Kendi Kendini Kontrol Edebilen Robot Araç.....	80
44. Şekil 3.27. Güvenlik Robotu.....	80
45. Şekil 3.28. Hizmetçi Robot.....	82
46. Şekil 3.29. Gaz Kontrol Robotu.....	82
47. Şekil 3.30. Nöbetçi Robot.....	82
48. Şekil 3.31. “Helpmate” Hemşire Robot.....	83
49. Şekil 3.32. Renkli Kutu Toplama Robotu.....	85
50. Şekil 4.1. Robotların Sistem Ömrü Döngüsü.....	92
51. Şekil 4.2. Uzman Sistemler Ve Robotlar.....	93
52. Şekil 4.3. Rıss’ın Genel Sistem Diyagramı.....	95
53. Şekil 6.1. Seneler Bazında Robot Ve İşçilik Maliyetleri.....	128
54. Şekil 6.2. Üretim Hacmi Ve Çeşidine Göre Robot Verimliliği.....	134
55. Şekil 6.3. Üretimde Çalışanların Saat Başına Direkt İşçilikleri.....	144
56. Şekil 6.4. Sprey Boyama Robotları Kullanılarak Maliyet Tasarrufu Yapılır.....	145

TABLÖLAR LİSTESİ

№ Tablo Numarası ve Konusu	Sayfa №
1. Tablo 5.1. Dünya Geneline Endüstriyel Robot Üreticileri.....	105
2. Tablo 5.2. En Yaygın Robot İsimleri ve Görevleri.....	106
3. Tablo 5.3. Alüminyum Izgara Montajı İçin Kaynak Parametreleri.....	119
4. Tablo 6.1. Sprey Boya Robotu Yatırım Raporu.....	141
5. Tablo 6.2. Sprey Boya Robotu Yatırımlar / Maliyetler Raporu.....	142
6. Tablo 6.3. Sprey Boya Robotu Yatırımdan Kazanç Raporu.....	147
7. Tablo 6.4. Sprey Boya Robotunda Tek ve Çift Vardiyalı Üretimlerde Robot Doğrulama Analizi Karşılaştırılması.....	148

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında beni sürekli olarak destekleyen ve çalışmalarımda yardımcı olan tez tanışmanım **Yar.Doç.Dr.Mesut ÖZGÜRLER**'e, yüksek lisans öğrenimim boyunca üzerimde emeği geçen tüm hocalarıma, Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine, teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca arkadaşım Arş. Gör. **Burak TALAY**'a ve Arş. Gör. **Elif KONGAR**'a manevi desteklerinden dolayı teşekkürlerimi borç bilirim.

Tezimin hazırlanmasında her türlü desteklerini esirgemeyen tez danışmanımı, diğer hocalarımı, arkadaşlarımı, Türkiye'yi her zaman saygıyla hatırlayacağım.

Abdulahid ERGAŞOV

ÖZET

Büyük gelişmelere sahne olan çağımızda sanayide ve günlük yaşamımızda teknolojinin önemi gün geçtikçe artmaktadır.

1950’li yıllardan sonra sanayide uygulamasına temeli atılan robotlar sanayinin otomatikleştirilmesine çok büyük katkıda bulunmuştur. Robotlarla ilgili bu tez çalışmamda robotları genel olarak incelemeye çalıştım. Tez yedi bölümden bölümden oluşmaktadır. Tezin ilk bölümü giriştir.

Tezin ikinci bölümünde Endüstriyel Robotlar hakkındaki temel bilgiler yani tanımlar, robotların tarihçesi, bileşenleri, robot sınıflandırılması, fiziksel özellikleri, programlama teknikleri hakkında genel bir bilgi toplanmıştır.

Üçüncü bölümde ise robotların uygulamalarına ait bilgiler sunulmuştur. Robotların günümüzdeki kullanım alanları, endüstrideki uygulamaları örnekleriyle verilmiştir. Ayrıca otomotiv sektöründeki bazı uygulama örnekleri, askeri ve günlük hayatta kullanılan robotlar hakkında da bilgi verilmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde günümüzdeki robotların yetersizlikleri ve bunları ortadan kaldırmaya yönelik olan uzman sistemlerin robotlara entegrasyonu ve bu entegrasyonun uygulaması mümkün olan alanlar ve avantajları ele alınmıştır.

Beşinci bölümde dünyada robotik çalışmaları incelenmiştir. Dünyada robot gelişmeleri analiz edilmeye çalışılmış, ülkeler bazında robotik çalışmaları, bazı şirketleri robotlu üretime geçmelerine zorlayan nedenler örneklerde sunulmuştur. Ayrıca Türkiye’de robotik çalışmaları ve robot üretimine ait bilgi verilmiştir.

Tezin altıncı bölümünde robotların sağladığı faydalar, muhtemel zararları, ekonomik faktörler, ekonomik analiz metodları, robot doğrulama analizi kısaca robotların ekonomik analizi yapılmıştır. Son kısımda ise bir ark kaynak robotunun kaba bir hesapla ekonomikliği incelenmiştir.

Son bölümde tezin kısa bir sonucu verilmiştir.

SUMMARY

In our age, a lot of great changes take place. In this respect, the importance of technology is increasing everyday in our daily life and in industry.

Since 1950, robotics has made a great deal of contribution to automation of industry. In this thesis, these machines are studied. There are seven chapters in the thesis.

In the first chapter, an introduction to robotics is given.

In the second chapter, initially, the description of industrial robotics is given. Then, the history of robotics, their components, the classification of robotics and all programming techniques are presented.

In the third chapter, some practical applications of robotics are given. The utilisation areas and some industrial implementations especially in the automotive industry are presented with examples. Finally, military and daily life robotics is examined.

In the fourth chapter, the integration of expert systems into various activities performed by robotics is examined. The importance of robotics is highlighted followed by some of their major limitations. Furthermore, the results of integration of expert systems into robotics, that can remove many of the limitations of today's robots, are given.

In the fifth chapter, some studies about robotics in the world are presented. The development on robotics has been analysed. Studies based on countries and reasons of production made by robots based on companies are given with examples. Then, robotics and robot productions in Turkey are examined.

In the sixth chapter, utilities of robotics, possible limitations of them, economical factors of them, economical analysis methods and correction analysis are analysed in short. Then, an economical analysis of an arc-welding robot is done.

In the last chapter, all research results are given.

1. GİRİŞ

Buhar gücüne dayalı sanayii, on sekizinci yüzyılın sonlarıyla on dokuzuncu yüzyılın başlarında İngiltere'nin kuzey ve orta kesimlerinde yayılmaya başladıktan sonra, doğal olarak çok sayıda kişilerin de ilgisini çekmiştir. Geçen iki yüzyıl boyunca sanayide çok büyük gelişmeler oldu. Günümüzde imalatla üstünlük sağlamak, rekabetçileri yarış dışı bırakmak için verimliliklerini ve ürün kalitelerini arttırmak zorundadırlar. Bunu yapmanın en önemli ümit verici yollarından biri, imalat sektörü tarafından birkaç yıl içerisinde keşfedilmiş olan robot kullanımıdır. Robotlar, malzeme taşıma, bakım, dizayn, mühendislik, montaj ve kalite kontrol işlemlerinin bilgisayar tarafından bütünleneceği ve kontrol edeceği "geleceğin fabrikası"nda bir anahtar rolü oynayacaktır.

Robotlar genelde, ürünlerin taşıma veya montajını, insan işçilerin yapabileceğinden daha fazla bir ahenkle ve yüksek bir kaliteyle yaparlar.

Çağımızda bilimadamları artık insansız fabrika oluşturmaya çalışıyorlar. Şu anda Japon uzmanlar buna bir adım atmış bulunuyorlar. Fuji dağlarındaki çalışmaları ile herkesin ilgi odağı halındalar. Dünyanın gelişmiş ülkelerindeki birçok bilimadamı bu tip çalışmalarını sürdürüyorlar.

Robotlarlar, sanayiden sonra günlük hayatta da yerlerini almaya başladılar. Artık hizmetçi, bekçi, asker robotlar da var. Hatta yalnız kişiler için arkadaşlık edecek robotlar da geliştirilmiştir.

Günümüz robotlarının büyük avantajlarına rağmen, robot endüstrisinin gelişmesini yavaşlatan birçok yetersizlikleri de vardır. Örneğin : robotlar üç yaşlı çocuğun yaptıkları bazı şeyleri yapamazlar, sadece programları sınırında çalışırlar. Bu yetersizlikleri çoğunu robotlara uzman sistemler entegre edilerek ortadan kaldırılabilir

Robot kurulmasında göz önüne alınması gereken çalışma ise ekonomik analizdir. Ekonomik analiz kararları maliyetten kaçma veya maliyet tasarruflarına dayanır.

2. ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1. Tanımlar

USA daki ilk robot üretici şirketlerinden biri olan Engelberger Unimation'un genel başkanı ve kurucusu Joseph F. Engelberger'e göre robot:

"Sayısal olarak programlanabilen bir manipulatördür."

"USA Robotic Industrial Association" ise robotları şöyle tanımlıyor:

" Programlanabilen, çok fonksiyonlu, değişik vazifeleri yerine getirebilmesi için çeşitli hareketler yapan, malzeme, takım, parça veya özel teçhizat taşımak için tasarlanmış bir manipulatördür."

"British Robot"a göre:

"Tekrar tekrar programlanabilen parça, alet ve özel üretim gereçlerini hem idare ve kontrol eden, hem de taşıma işlevini yapabilen, özel üretim görevleri için değişik hareketlere programlanabilen makinalara Robot denir".

Association Francaise de Robotique Industrielle:

"Bütün manipulatörler başlangıçta elle kontrol edilebilen kavrama düzenekleri, otomatik kavrama cihazlarını da içine alır. Bu tanıma göre robotlar otomatik kavrama cihazlarından servo kontrolleri ile farklılık gösterir".

Japan Industrial Robot Association'a göre:

"Nesneleri birkaç serbestlik derecesinde tutabilen, kavrayabilen ve hareket ettirebilen eklemlili veya kayma yapabilen bir seri parçadan oluşmuş mekanizmalara sahip makineye robot denir. Bir kullanıcıya (operatör), programlanabilen elektronik bir kontrolcüyle veya herhangi bir mantık sistemi ile kumanda edilebilir".

İşlem gerçekleştiren elemanlar ve sürücüleri, algılama sistemi ve bilgi işlem sistemi öğelerini içeren bir sistemin robot sıfatını taşıyabilmesi için aşağıdaki özellikleri taşıması gerekmektedir:

a-) Programlanabilirlik: Sistem bir işlemler kümesi içinde birden fazla işlem için programlanabilmelidir.

b-) Karar ve seçme yeteneği: Sistemin, dış ortamdan alınan bilgilere göre daha önceden programlanmış işlemlerden hangisi veya hangilerini gerçekleştireceğini belirleyen bir karar algoritması bulunmalıdır.

c-) Değerlendirme-yorum-karar zinciri: Sistemde, yine dış ortamdaki diğer birimlerle etkileşim içinde hangi işlemler zincirini hangi önceliklerle uygulayacağını belirlemek üzere bir üst yönetim algoritması bulunmalıdır. Bu algorithmada robot sisteminin kendi başarı ölçütleri yanında (minimum enerji yörüngeleri gibi) etkileşim içinde bulunduğu tüm değer birimleri de içeren genel bir başarı ölçütü esas alınır.

Robot tanımları kullanılırken genelde RIA tanımları tercih edilmekte. Çünkü tanım gerçek robot yapısını tanımlayabiliyor. Japonlara göre bir bulaşık makinası da programlanabilmektedir, sonuçta bir robottur. [1]

2.2. Endüstriyel Robotun Tarihçesi (Tarihsel Evrim)

İnsanoğlu tarih boyunca çeşitli sebeplerle mekanik araçlara ilgi duymuş, canlıların hareketlerini mekanik düzenlerle taklit etmeye çalışmıştır. İlk örnekler olarak MÖ. 2000 li yıllara ait eski Mısırda bulunan mekanik oyuncak köpek, Plato'nun arkadaşı Archytas (MÖ. 400-MÖ. 350) tarafından imal edilen kanat çırpan kuş gösterilebilir. Programlanabilen robotların ilk örnekleri olarak verilebilecek bu mekanik oyuncaklar "otomata" olarak adlandırılmışlardır. Yakın geçmişe ait otomatlar arasında Fransız mühendis Jacques de Vaucanson'un (1703-1782) çalan çoban ile Henri Maillart tarafından yapılan resim çizen bebek klasikleşmişlerdir. [2]

Türk dünyasında 1700'lerin ortalarında Diyarbakır'da yaşamış olan Cezeri (El-) müzik çalabilen insan boyunda oyuncaklar yapmıştır. [3]

Robot sözcüğü İngilizce'ye Çekoslovakya'lı yazar Karl Cabek tarafından kazandırılmıştır. Yazar, 1920'li yılların başlarında yazdığı "Rossum'un Evrensel robotları" adlı bir tiyatro eserinde, robot sözcüğünü ki Çek dilinde "robota" köle anlamına gelir, insana benzeyen fakat iki misli hızla çalışabilen makinalar için kullanmıştır. Daha sonra 1940'lar da Isaac Asimov robotlarla ilgili roman ve hikayeleriyle teknolojiye ışık tutmuştur. [2]

Robotların gelişmesindeki dönüm noktaları şöyle özetlenebilir.

<u>Tarih</u>	<u>Gelişme</u>
1801	Joseph Jaguard tarafından programlanabilir dokuma tezgahı icat edildi.
1830	Richard Roberts tarafından otomatik çıkırık icat edildi.
1870	Herman Hollerith ilk otomatik hesap makinesini mükemmelleştirdi.
1893	George Moore tarafından yürüyen ayaklı araç yapıldı.
1930	İlk kısmen programlanabilen spreyci boyama makinalarının kullanılması.
1942	Harvard Üniversitesinde ilk otomatik sıralı zaman kontrolcüsü geliştirildi.
1945	Massachusetts Institute of Technology'de (MIT) radyoaktif malzemeyi tutmak için tele operatör tasarlandı.
1946	Manyetik olarak sinyalleri kaydeden ve tekrar kullanarak çalışabilen makinalar geliştirildi.
1949	Cambridge Üniversitesi tarafından EDSAC (ilk program depolayabilen bilgisayar) geliştirildi.
1952	N.C. (Nümerik kontrollü) tezgah devreye girdi.
1953	MIT'de servo kontrollü freze tezgahı geliştirildi.
1954	İngiliz mucit C.W. Kenward ilk robot dizaynını gerçekleştirmiştir.
1954	George Davol tarafından ilk programlanabilir endüstriyel robot yapılmıştır.
1956	Kolombiya Üniversitesi fizik öğrencisi Joseph Engelberger Davol'un robotunun haklarını satın alarak Unimation Company'yi kurdu.
1961	İlk Unimate Robotu tanıtıldı.
1962	Ford Motor Fabrikalarında Unimate Robotu kuruldu.
1966	Tralfa adlı bir Norveç firması spreyci boyama yapabilen bir robot yaptı ve kurdu.
1968	"Shakey" adlı hareketli bir robot Stanford Araştırma Enstitüsü'nde geliştirildi.
1971	Stanford Üniversitesinde elektrikli robot kolu geliştirildi.
1973	Cincinnati Milacron'un Richard Hohn tarafından geliştirilen bilgisayar kontrollü ilk endüstriyel robotu piyasaya sürmesi.
1974	Kawasaki, Unimation lisansı altında motosiklet kaportalarına ark kaynağı işlemlerini yapan robotları kurdu.
1974	Avrupa'da ASEA, tamamıyla elektrikli tahrik kullanılan IRB6 robotunu geliştirdi.
1975	Olivetti firması Sigma robotu ile piyasaya girdi.
1978	Unimation PUMA robotunu geliştirdi ve General Electric'de yaygın olarak kullanmaya başladı.
1979	Japonya'da SCARA tipi robotlar geliştirilerek, 1981'de kullanıma sunuldu.
1980	Rhode Island Üniversitesinde makina görüşlü, rasgele yön ve pozisyonda konumlanmış malzemeleri seçip alabilen Bin-Picking robot sistemi geliştirildi.
1982	I.B.M. tarafından montaj için RS-1 robotu ve AML robot programlama dili tanıtıldı.
1983	Türkiye'de Robotik çalışmalar yoğunlaşmaya başladı.
1988	Dünya Robot Nüfusu 280.000'i aştı.
1992	Dünya Robotik Nüfusu 600.000'e yetti.
1994	TÜBİTAK MAM CAD/CAM Robotik bölümünde 6 serbestlik dereceli endüstriyel robot tamamlandı.

2.3 Endüstriyel Robotların Bileşenleri

2.3.1. Manipülatör

Manipülatör robotun gerçek işini yapan bilek ve koldan oluşan, mekanik kısımdır. Bir robotun iş parçalarına ve takımlara erişmesi gerektiği düşünülürse kol ve bilek kısımlarının birlik içinde hareket sağlamalıdır.

Robotu dışarıdan görünen hareketli kısmı

- a) Kol ve bilekten oluşan manipülatör
- b) Bir cismi veya takımı tutmaya yarayan el.

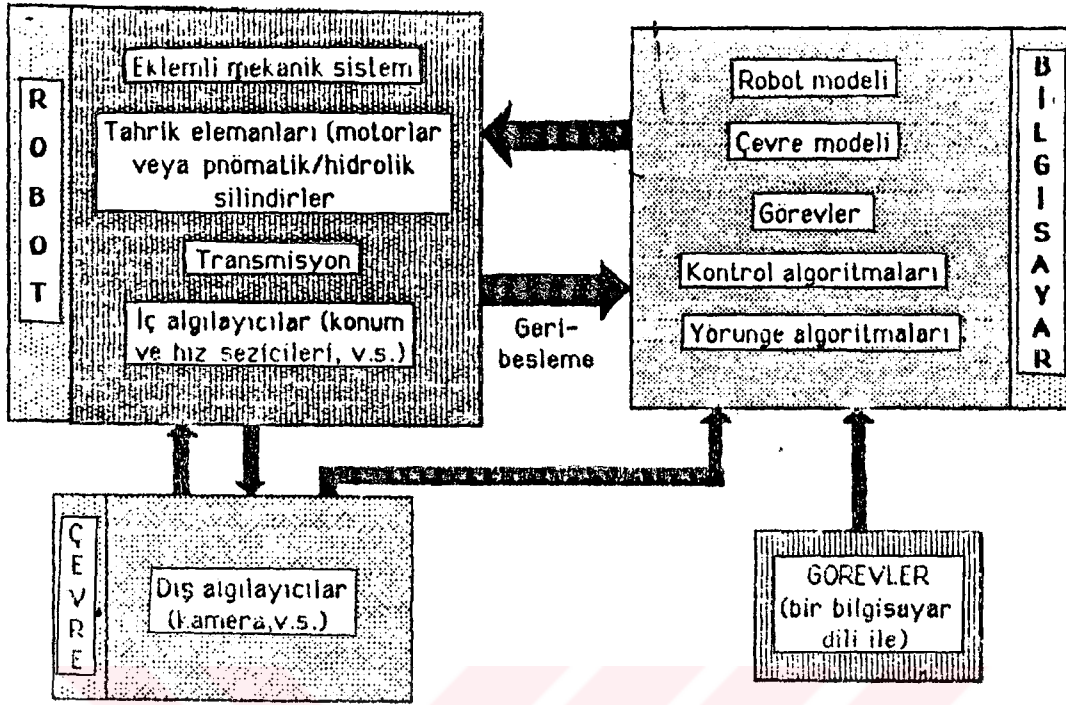
Robotun çalışma hacmi uzuvlarının uzunluğuna ve hareket elemanlarına bağlıdır. Çalışma hacmi içerisinde elin belirli bir noktaya ulaşabilmesi için üç serbestlik derecesi gerekmektedir. Bunu da kol, üç eklem kullanılarak yapmaktadır.

Kol, eli yönlendirmek için bir bilek taşımaktadır. Genellikle, elle istenilen yönü verebilmek için bilek de kol gibi 4 serbestlik derecesine sahip.

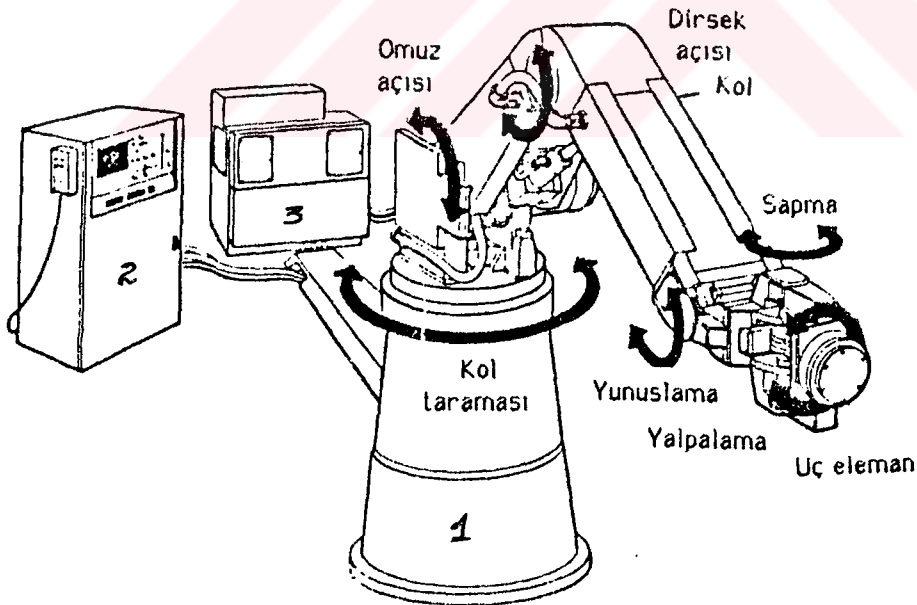
Robotun iş parçasını yakalayabilmesi için bileğe bir el bağlanmaktadır. El yakalayıcı, pençe, kaynak tabancası gibi bir alet olabilir. [4]

2.3.2. Hareket Elemanları ve Enerji Üniteleri

Endüstriyel Robotlar genellikle elektrik hidrolik veya pnömatik tahrikli olurlar. Robotlarda tahrik mekanizması: Kirişleri eklemler çevresinde hareket ettirebilmek için kullanılan elektrik motor, hidrolik ve pnömatik sistemlere denir. Tahrik hareketini istenilen yön ve hıza dönüştürmek için ise harmonik tahrik sistemleri, frenler, dişli kutuları, çeşitli bağlantı mekanizmaları, vs. kullanılır. Hareket elemanları ve Enerji ünitelerini Endüstriyel robotların sınıflandırılması kısmında daha detaylı açıklayacağız. [4]



Şekil 2.1. Bir robotun temel yapısı [4]



Şekil 2.2. Endüstriyel robotun ana parçaları 1)Manipülâtör, 2)Kontrol ünitesi, 3)Güç kaynağı [4]

2.3.3. Kontrol Sistemleri

Kontrol Sistemleri robotun beyni olan kısımdır. Manipülatörün hareketini belirler. Genellikle her bir eklem için, bir üst düzey mikrobilgisayarın kumandası altında çalışan, bir alt düzey mikroişlemci içerir. Bununla birlikte programlanabilen denetleyici kullanılan robotlar da vardır.

Robot kontrol sistemleri, modüler

- bir bilgisayar,
- bir güç ünitesi,
- ve bir ortamla iletişim sisteminden kurulmuştur.

Örneğin; BOSCH robot kontrol sistemi rho 2.8 eksen için düzenlenmiştir.

Mikroişlemcilerin görevi

- Konum kontrolü,
- Koordinat transformasyonu,
- Yön ve kontrollü hareketten ibarettir.

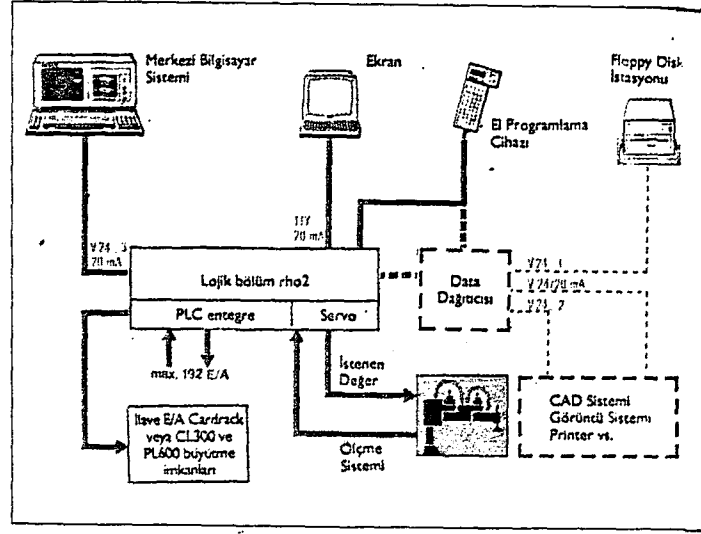
Robotun işletim ile özel makine verileri (Datalar) EPROM'da ve kullanıcı programları RAM hafızasında yüklüdür.

Bilgisayar ünitesinin ekrana, el programlama cihazına ve off-line programlama sistemine kesim noktasından bağlanma imkanları vardır.

Bilgisayar ünitesinin ilave proses kartları yardımıyla resim hazırlama sistemi "rhovision" ve merkezi bilgisayar sistemine bağlanabilme imkanı vardır.

Bilgisayar ünitesinin çıkış sinyalleri robot kontrol sisteminin güç ünitesinden servo güçlendiricilere ve oradan da robotun hareket motorların gönderilir.

Bosch robot kontrolünde elemanlarından alınan sinyaller ve değer kontrol elemanlarına gönderilecek sinyaller, robot kontrolüne entegre edilmiş PIC 200 ile kontrol edilir. Robot hareketlerine paralel 5 | 2 | 10 akışını kontrol edilmektedir. [5]



Şekil 2.3. Robot kontrol sisteminin yapısı [5]

2.4. Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması

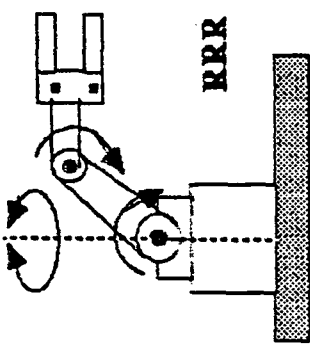
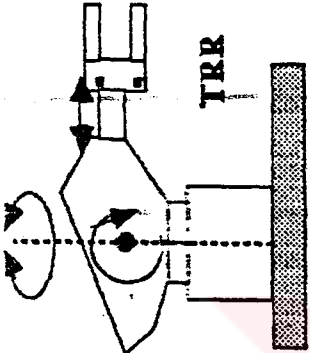
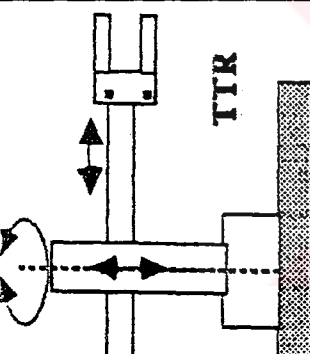
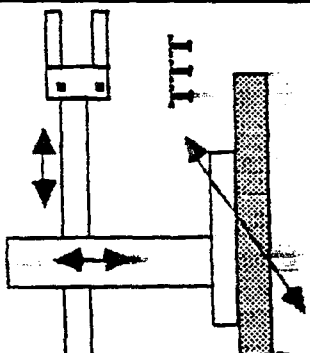
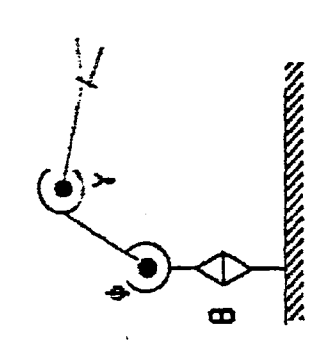
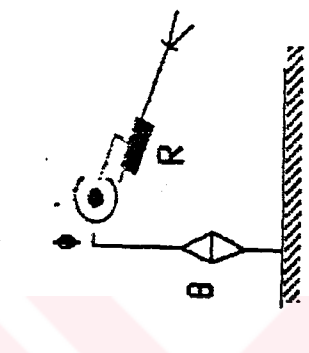
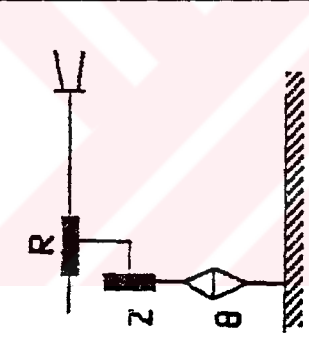
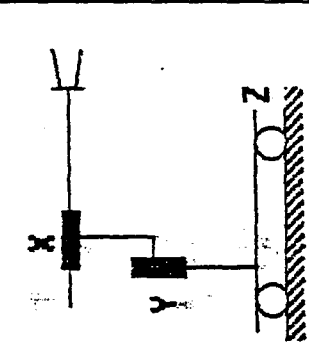
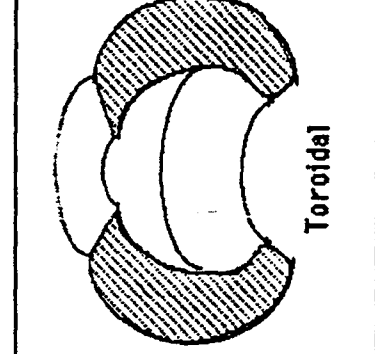
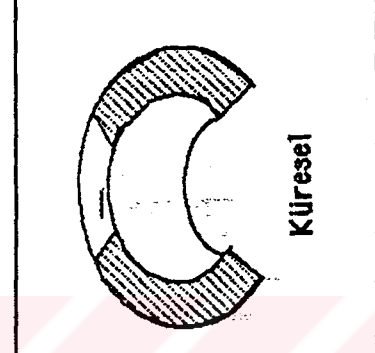
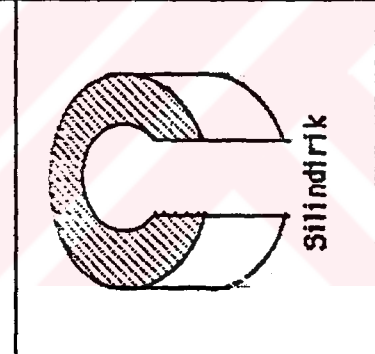
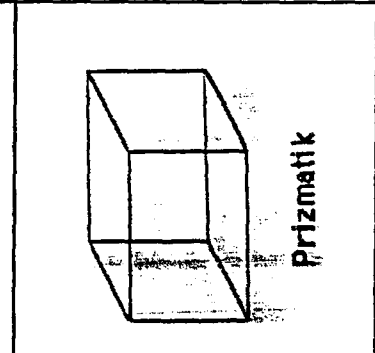
2.4.1. Koordinat Sistemine Göre Sınıflandırma:

Endüstriyel robotların çok değişik boyut, şekil ve fiziksel yapıda olabilmelerine rağmen kolun içinde hareket ettiği koordinat sistemi açısından aşağıda açıklanan 4 değişik sınıftan birine girerler.

a) Silindirik koordinatlılar: Şekil 2.4.b'de gösterildiği üzere bu tür bir robotta ilk üç eklem bir silindirik koordinat sistemine uygun bir şekilde hareket eder. Mekanik konfigürasyon, iki parçalı bir kolun bir ana taban etrafında dönmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

b) Kartezyen koordinatlılar: Bu tür bir robotta manipülatörün ilk üç ekleminin her parçası, Şekil 2.4.a'da gösterildiği gibi, bir önceki ile dik açı yapacak şekilde hareket eder. Dolayısıyla da kullanılan koordinatlar x, y ve z koordinatlarıdır.

c) Küresel koordinatlılar: Bu tür bir robotta bir bölümü, bu parçanın içe ve dışa doğru hareket edebilmesini sağlayacak şekilde iki ayrı parça tarafından desteklenir (Şekil 2.4.c). Bu parçalardan biri tabana dik bir eksen etrafında dönerken diğeri dönüşünü

Kolun mekanik yapısı				
Grafik gösterim ve koordinatlar				
İş hacmi				
	a.	b.	c.	d.

Şekil 2.4. Robotların mekanik yapılarına göre sınıflandırılması.

a. Kartezyen koordinatlılar, b. Silindirik koordinatlılar, c. Küresel koordinatlılar, d. Eklemler-küresel koordinatlılar.

tabana dik bir eksen etrafında yapar. Böylece iş hacmi biri dışta, diğeri içte iki yarım küre arasında kalan hacim olur.

d) Eklem-Küresel koordinatlılar: Şekil 2.4.d'de gösterildiği gibi kolda üç döner eklem bulunur. En alttaki parça taban etrafında döner ve bir menteşe gibi hareket eden iki ayrı parça taşır.

2.4.2. Tahrik Sistemine Göre Sınıflandırma

a) Hidrolik Tahrik: Bu tür tahrikin en önemli avantajı günümüzde 300 bar'a ($300 \times 10^5 \text{ N/m}^2$) yaklaşabilen yüksek çalışma basınçları ile çok yüksek kuvvetlerin elde edilebilmesidir. Bu yükseklikteki bir basınçta, 1 cm çapındaki bir pistonla 4700 N dolayında bir kuvvet üretebilmek mümkündür. Bu da bu tür tahrikte kuvvet/ağırlık oranının çok yüksek değerler alabileceğini gösterir. Diğer avantajları arasında sistemin katılığı (stiffness) yüksek olması ve patlayıcı gaz içeren ortamlarda (sprey boyama uygulamalarında olduğu gibi) kolaylıkla kullanılabilmesi sayılabilir. Bunlara karşın olası bir yağ sızıntısının tolere edilemeyeceği (üretim ortamının temiz olması gerektiği yiyecek endüstrisi gibi) durumlarda kullanılması sakıncalı olabilir. Sızıntı olasılığının azaltılabilmesi, hidrolik sistemin imalatında yüksek bir doğruluk gerektirir ki bu da maliyeti yükselten bir etkidir. Bir diğer sakıncası, denetimin ufak bir servo vana ile kolaylıkla yapılabilmesine karşın denetim hassasiyetinin fazla olmamasıdır.

Hidrolik tahrik doğrusal bir hareket sağladığından robot yapısının da olası olduğu kadar doğrusal hareketler içermesine dikkat edilmelidir. Döner hareket veren hidrolik sistemler de vardır fakat oldukça pahalıdırlar.

b) Pnömatik Tahrik: Tahrik sistemleri arasında maliyeti en düşük olanı olup bu nedenle endüstride oldukça yaygın olarak kullanılır. Çalışma basıncında sınır 7 bar dolayındadır ve çalışma gazı olarak genellikle hava kullanılır. Bununla birlikte sıcak gaz ve inert gaz kullanan uygulamalar son yıllarda yaygınlaşmıştır.

Pnömatik tahrikte silindir pistonunun hassas bir şekilde denetimi, basınçlı gazın elastik bir özellik taşıması (yüksek komplians) nedeni ile oldukça zordur. Pistonun diğer tarafına bir basınçlı hava uygulandığı durumlarda bile pistonun ve yükün ataleti, hareketin

bir süre daha sürmesine neden olur. Bu nedenle hareketin sona erdirilmesi genellikle mekanik sınır anahtarları ile gerçekleştirilir ve denetleyici olarak da bir programlanabilir denetleyici (programmable controller) kullanılır. Bu tür aygıtlarda, röle sistemlerine benzeyen bir denetim mantığını bir mikroişlemci ile kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla da mekanik sınır anahtarları içeren bir sistemin denetimine özellikle yatkındırlar.

Pnömatik sistemin avantajları arasında ucuzluk, yaygın tehlikesinin olmaması, yüksek sıcaklıklarda çalışabilmesi, sistemi oluşturan birimlerin güvenilirliklerinin yüksek olması ve bakımlarının kolaylıkla yapılabilmesi ve temiz bir çalışma ortamı sağlamaları sayılabilir. Bunlara karşın denetim hassasiyetlerinin yüksek olmaması, fazla bir güç sağlayamamaları ve basınçlı hava (veya gaz) üretiminin oldukça pahalı olmasının yanında yüksek düzeyde bir gürültü de ortaya çıkarması gibi dezavantajları taşırlar.

c) Elektriksel Tahrik: Endüstriyel robotlarda en yaygın olarak kullanılan tahrik türüdür. Sağladığı avantajlar arsında hızlı ve hassas hız ve konum denetimi sağlayabilmesi, pahalı olmamaları, temiz bir çalışma ortamı yaratmaları ve bağlantıların, hidrolik ve pnömatik sistemlerdeki boru düzenlerine kıyasla, tellerle, bir noktadan diğer noktaya kolaylıkla taşınabilmesi sayılabilir. Buna karşın güç/ağırlık ve moment/ağırlık oranlarının düşük olması, istenilen moment düzeylerine ulaşabilmek için gerekebilecek dişli kutularının boşluk, vs. gibi nedenlerle denetim sorunları ortaya çıkarabilmesi, komütatör-fırça düzenlerinde oluşabilecek arklar nedeni ile patlayıcı atmosferlerde kullanılamaması veya özel önlemler alınması gerekliliği gibi dezavantajları vardır.

Yakın geçmişe kadar elektriksel tahrik denilince akla d.a. motoru geliyordu. Fakat son yıllardaki gelişmeler, a.a. motorların da d.a. motorları kadar kolaylıkla ve aynı derecede yüksek bir hassasiyetle denetlenebilmesine olanak kıldığından a.a. motorlarına daha sık rastlanılmaya başlanmıştır.

Son yıllarda ortaya çıkan diğer bir gelişme de doğrudan (direct drive) tahriktir. Manyetik akı düzeyinin yüksek tutulabildiği "rare earth" materyaller kullanımı ile boyutları küçük fakat üretebildikleri momentler yüksek olan motorlar endüstriyel robotlarda gittikçe yaygınlaşmaktadır. Böylece dişli kutuları ve beraberlerinde taşıdıkları sorunlar ortadan kaldırılabilmekte ve motor doğrudan ekleme yerleştirilebilmektedir.

Adım motorları ise daha çok açık çevrim çalışan küçük robotlarda kullanılmaktadır. Basit al ve koy operasyonları için daha ucuza gerçekleştirilebilir, buna karşın aynı moment için boyutu d.a. motoruna kıyasla daha büyüktür. Denetim bir mil kodlayıcısı (shaft encoder) kullanımı ile kapalı çevrim olarak da gerçekleştirilebilir. Bu durumda hassasiyet, kodlayıcının ayırma duyarlılığına ve motorun adım sayısına bağlı olur.

2.4.3. Kontrol Mekanizmasına Göre Sınıflandırma

Kontrol mekanizmasına göre sınıflandırma, temelde servo ve açık çevrim (non-servo) olmak üzere ikiye ayrılır.

a) Açık çevrim denetimli robotlar: Endüstriyel robotlarda daha seyrek kullanılan bu tür bir denetimde tahrik genellikle adım motoru veya pnömatik silindir temellidir. Eklemlerin hareketi ya mekanik limit anahtarları veya adım motorunun hareket edeceği adım sayısı ile belirlenir.

b) Servo denetimli robotlar: Bu tür robotlar en yaygın olarak kullanılan robot türü olup bu tür bir robotta denetim sistemi robot eklemlerinin anlık durumları hakkında bir geri besleme bilgisine sahiptir. Böylelikle istenilen ve gerçekleşen yörünge arasındaki hata bir servo mekanizması ile azaltılabilir. Denetim iki türlü gerçekleştirilebilir.

Noktadan noktaya denetimli robotlar: Bu tür bir servo robotta izlenilen yörünge robota sınırlı sayıda noktalarla tarif edilir. Denetim sistemine verilecek tipik bir komut dizisi şöyle olabilir:

A noktasına git ve dur.

B noktasına git ve dur.

Yakalayıcıyı aç.

C noktasına git ve dur.

Yakalayıcıyı kapat.

İki nokta arasında, örneğin A ve B noktaları arasında, her bir eklemin izleyeceği yörünge ve hız üzerinde bir denetim yapılmaz. Bu nedenle de, örneğin 1. eklem 2. eklemden önce hareketini tamamlayabilir ve durabilir. Sonuçta uç manipülatörün

izleyeceği yol önceden tahmin edilemeyip tamamı ile belirsiz olur. Bu tür bir denetim ancak, robotun çalışma uzayının engeller içermediği ve iki nokta arasında izlenecek yörüngenin önemsiz olduğu (al ve koy operasyonlarında olduğu gibi) durumlarda kullanılabilir. Denetim sistemine girilebilecek nokta sayısı sistemin kapasitesi ile sınırlıdır.

Sürekli yörünge denetimli robotlar: Ark kaynağı ve sprej boyama gibi bazı uygulamalarda uç manipülatörün izleyeceği yörüngenin ve oriyantasyonunun sürekli olarak denetlenmesi gerekir. Denetim sistemi, kullanıcı tarafından belirlenen veya bir konveyör sistemine uyumlu olarak gerçekleştirilebilecek olan yörüngenin izlenmesini sağlar. Yörünge bazı durumlarda südo-sürekli de olabilir, yani bazı kısımları robot programı tarafından ara değerlendirme ile hesaplanır. Fakat ara değerlendirme kuralları kullanıcı tarafından belirlenir. Noktadan noktaya denetimli robotlara göreceli olarak daha düşük hızlarda çalışırlar.

2.4.4. Programlama Metoduna Göre Sınıflandırma

- a) Örnek vererek
 - b) Robot dili kullanılarak
- (Robotların programlanmasında daha detaylı açıklanacak).

2.4.5.. Hafızasına Göre Sınıflandırma

- a) Mekanik adım zamanlayıcısı
- b) Mikroprosesör (mikrochip veya yonga)
- c) Manyetik teyp/disk
- d) Programlanabilir kontrolcüler
- e) Düzlemsel teller
- i) Yarı-iletkenler
- m) Mantık (Air Logic)
- n) Elektrikli Panel (Patch Board)

2.5. Endüstriyel Robotların Fiziksel Özellikleri

Bir robotun fiziksel özelliklerini belirleyen terimler arasında şunları sayabiliriz.

Serbestlik derecesi: Bir nesnenin 3 boyutlu bir uzayda birbirinden bağımsız olarak yapabildiği hareket sayısına serbestlik derecesi denir. Bir insan kolunun, Şekil X'de gösterildiği üzere, omuzda iki tane, dirsekte bir tane ve bilekte de üç tane olmak üzere altı serbestlik derecesi vardır. Endüstriyel robotlarda omuz ekleminin sadece bir serbestlik derecesi olduğundan omuzun bağımsız ikinci hareketini yapabilmek üzere bir bel eklemi (gövde) kullanılmıştır. Bileğin serbestlik derecesi iş aletine ve yapılacak işe bağlı olup iki veya üç olur. Böylece dirseğin serbestlik derecesi ile birlikte toplam serbestlik 5 veya 6 olabilir. 6 serbestlik dereceli bir robotun ilk üç serbestlik derecesi uç elemanın kartezyen uzayda istenilen bir konuma, diğer üçü ise istenilen oryantasyona getirilebilmesini sağlar. Eğer bir robotun altıdan fazla serbestlik derecesi varsa bu tür bir artık (redundant) robotlar sınıfına girer. Burada serbestlik derecesi ile hareket derecesinin ayrı şeyler olduğunu belirtmek gerekir. Mekanik bir yapıya eklenen her eklem yeni bir hareket derecesi verir, fakat bu mutlaka yeni bir serbestlik derecesi demek değildir. Bilek hareketleri için kullanılan terimler havacılık terimlerinden esinlenilmiş olup bunlar şunlardır:

(i) Yalpalanma (roll): Bilek mekanizmasının kol eksenine etrafında dönme hareketidir.

(ii) Yunuslanma (pitch): Bileğin yukarıya ve aşağıya doğru hareketidir.

(iii) Sapma (yaw): Bileğin sağa ve sola doğru hareketidir.

Bu hareketi daha iyi açıklayabilmek için kolumuzu yere paralel ve avuç içi aşağıya gelecek şekilde uzatalım. Bu bizim referans konumumuz (0°) olsun. Şimdi bileğimizi saat istikametinde ve saat istikametinin tersinde yapabildiğimiz kadar döndürelim. Bu yalpalanma hareketidir ve insan bileği için sınırları -180° ve $+90^\circ$ dir. Referans konumumuza geri dönüp elimizi, avuç içinin açık durumunu koruyarak, yapabildiğimiz kadar aşağıya ve yukarıya hareket ettirecek olursak yunuslama hareketi yapmış oluruz ve sınırlarının -90° ve $+50^\circ$ olduğunu görürüz. Sapma hareketi ise referans konumundan parmak uçlarını sağa ve sola hareket ettirme olup sınırları -45° ve 15° dir.

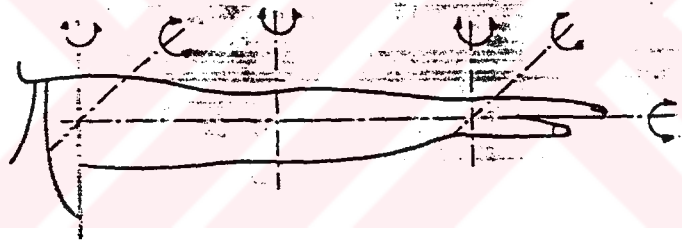
Kol ve gövde hareketleri için kullanılan terimler ise robotun yapısına bağlı olup ilerde açıklanacak olan ve temel yapısı Şekil 2.6,1'de gösterildiği gibi olan küresel koordinatlı bir robot için şunlardır:

(i) Düşey hareket (vertical traverse): İstenilen düşey konumu verecek şekilde yukarıya veya aşağıya doğru yapılan harekettir.

(ii) Radyal hareket (radial traverse): Kolun içe ve dışa doğru hareketidir.

(iii) Döner hareket (rotational traverse): Kolun düşey eksen etrafında dönme hareketidir.

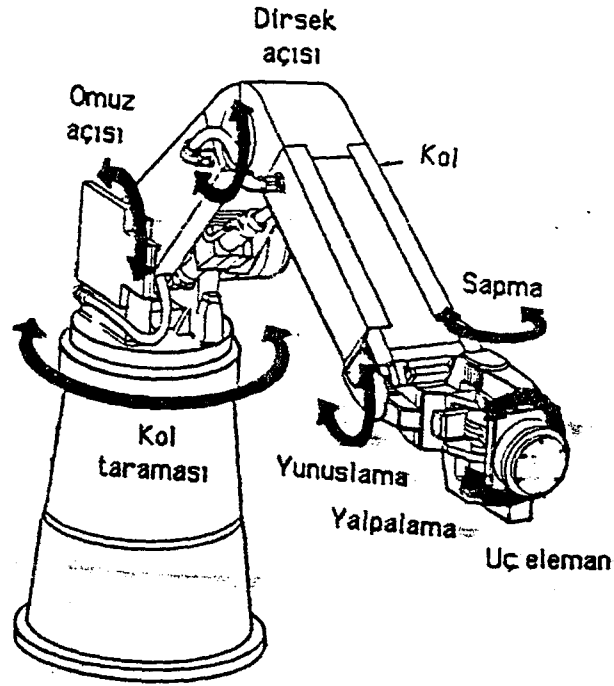
Robot yapısının döner koordinatlı olduğu durumlarda kol hareketleri için yukarıda açıklanan terimlerden daha çok, Şekil 2.6,2'de gösterildiği üzere, kol taraması, omuz açısı ve dirsek açısı terimleri kullanılır.



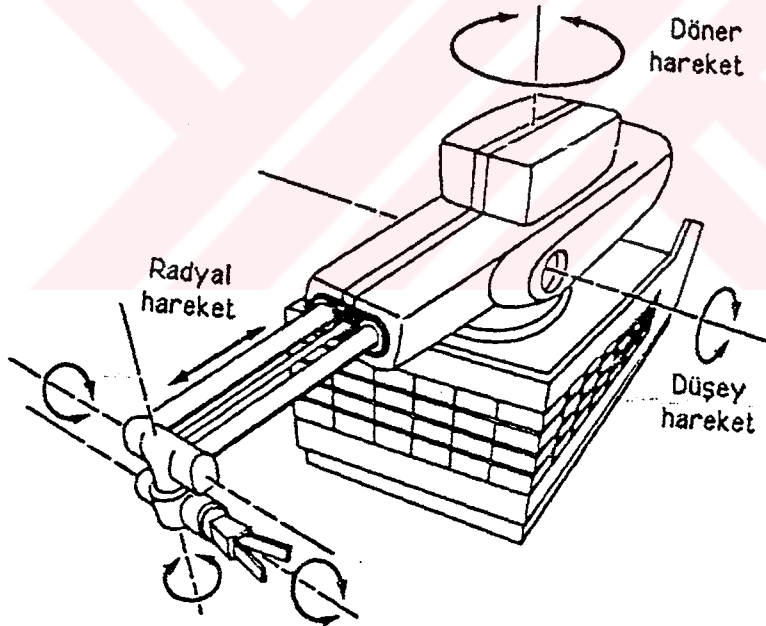
Şekil 2.5. İnsan kolunda serbestlik dereceleri

Yük (payload): Yakalayıcı ucunda taşınabilecek azami yük olup genellikle durağan durum için verilir. Dolayısıyla yakalayıcının uzanabileceği en uç noktada ve maksimum hız altında taşınabilecek yük bu değerin çok altında olabilir. 100-200 gramdan birkaç yüz kiloya kadar değişebilir.

1-)



2-)



Şekil 2.6. Robotlarda serbestlik dereceleri

1. Küresel koordinatlı bir UNIMATION robotu
2. Döner koordinatlı Cincinannati Milaccron T³ robotu

Hassasiyet (accuracy): Denetleyiciden gelen bir komutla yakalayıcının verilen bir noktaya ne kadar yaklaşabileceğini gösterir. Tipik değerler 0.02 mm ile 0.1 mm arasında değişir.

Tekrarlanabilirlik (repeatability): Yakalayıcının bir önceki görev çevrimindeki konumunu ne derecede tekrarlayabileceğini gösterir. Genel olarak bir robotun tekrarlanabilirliği hassasiyetinde daha iyidir. Şekil 2.7'de hassasiyet ve tekrarlanabilirlik arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Robot hassasiyet ve tekrarlanabilirliği.

Ayırma duyarlılığı: Denetim sisteminin belirleyebileceği en küçük uzunluğu gösterir. Hassasiyet ile yakından ilişkilidir. Örneğin bir robotun mekaniksel doğrusuzluğunun ihmal edilebileceğini, denetim sisteminin ayırma duyarlılığının ise 0.1 mm olduğunu varsayalım. Bu durumda hassasiyet 0.05 mm'den daha iyi olamaz.

Görev çevrimi: Robot kolunun belirli bir görevi yerine getirmesi için gerekli olan süreye denir.

Güvenilirlik: Robotun normal operasyonda olabileceği zaman yüzdesidir. "Up-time" olarak da bilinir. Tahrik sistemine bağlı olup genellikle %95'in üzerindedir.

Hız: Manipülatörün bir yörünge üzerindeki hareket hızıdır. Dolayısıyla da görev çevriminin süresini belirler. Uç elemandaki yüke ve kol uzunluğuna bağlı olup günümüzde 2 m/s'yi geçen hızlara ulaşabilmektedir. Özellikle doğrudan tahrikli robotlarda bu hız daha yüksektir.

Komplians: Manipülatöre bir kuvvet (veya moment) uygulandığı zaman ortaya çıkan ötelemedir. Kuvvet, manipülatörün uç elemanı bir cisme doğru itmesinden kaynaklanan kuvveti olabileceği gibi cismin uç elemanı itmesinden de kaynaklanabilir. Yüksek komplians bu durumda uç elemanın oldukça fazla hareket edeceğini, düşük komplians ise hareketin önemsiz olacağını yani robotun katı bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Bir robotun önemli bir özelliğidir, çünkü hassas bir hareketin yük altında ne derecede bir doğrulukla yapılabileceği kompliansa çok bağlıdır.

2.6. Endüstriyel Robotlarda Kullanılan Sensörler, Kavrayıcılar, Takımlar ve Aparatlar

2.6.1. Sensörler

İnsan tarafından yapılan bazı işlerin icra edilmesinde, robot kendi dahili durumunu ve çevresinin her ikisini de kontrol altında tutmalıdır. Bu nedenle robotlar, bir insanın sahip olduğu duyu organları ile donatılmaktadır. Bunlar tamamen insan örnek alınarak geliştirilmiş ve robotlara adapte edilmiş meziyetlerdir.

Duyu organı (sensör), bazı form karakteristiklerini sezebilen bir ölçü aleti olarak tanımlanabilir. Robot sensörü, verilen bir işin yapılmasında, fiziksel özellikleri sinyale ve sinyalleri bilgiye çeviren bir işlemci (processor), bir işletme sisteminden meydana gelir.

Sensörlerin Sınıflandırılması:

Sensörler basit olarak iki grupta sınıflanır:

1. Dokunan Sensörler
2. Dokunmayan Sensörler

Dokunmayan sensör, bir hedefin elektromanyetik dağılım formunun tepkisini ölçer. Örneğin ışık, ses, elektronik ve manyetik dalgalar. Dokunan sensör ise fiziksel temas şekillerinin tepkilerini ölçer. Örneğin temas, zorlama, baskı, sıcaklık gibi. Dokunan sensör grubu dokunma, zorlama, basınç ve sıcaklığı sezebilen cihazlardan meydana gelir.

a-) Menzil sensörleri

Menzil sensörü bir referans noktasından (bu nokta genellikle sensörün kendi üzerindedir), iş alanındaki noktalar kümesine olan mesafeyi ölçer.

b-) Yakınlık sensörleri

Bir yakınlık sensörü fiziksel bir temas olmaksızın sensörün yakınındaki belirli bir yerdeki nesnenin konumunu hisseder. Değişik uygulamalar için çeşitli yakınlık sensörleri vardır.

c-) İşitme sensörleri

İşitme sensörü, gaz karışımındaki (dokunmadan sezme), sıvıdaki veya katıdaki (dokunarak sezme) ses dalgalarını hisseder ve yorumlar. İşitme sensörleri yakın zamanda robotlara uygulanmıştır. Bu durum robotların uygulama alanlarının genişlemesine neden olacaktır.

d-) Temas sensörleri

Bir temas sensörü, sensörü taşıyan nesne ile diğer nesne arasındaki fiziksel değmeyi hisseder ve gösterir. Basit temas sensörlerinden biri minyatür devre anahtarıdır. Temas sensörleri genelde robotun tutucusu bir nesne ile fiziksel temasta bulunduğu anda robot hareketini durdurmak için kullanılırlar. Bu tip kontrol, aşağıda birkaçı verilmiş olan değişik işlerde kullanılır:

- * Bir hedefe ulaşma
- * Çarpışmayı önleme
- * Nesneleri tanıma

e-) Baskı sensörleri

Bu sensörler, iki nesne arasında rol oynayan momentin unsurlarıyla baskı kuvvetinin unsurlarını ölçer. Özellikle robot bileği baskı sensörü, robotun son uzantısı ile tutucusu arasındaki baskı kuvveti ve dönme momentini ölçer. [6]

f-) Dokunma sensörleri

İnsanlar yaygın olarak varlıkları ve bir nesnenin dış hatlarını dokunma yolu ile hissederler. Araştırmacılar da bu konuda, robotlar için yapay dokunma (elleme) sensörleri geliştirmişlerdir.

Dokunma sensörlerinin üç önemli özelliği vardır:

1. Dokunma sensörleri deri gibi olmalıdır. Yani ince ve düzenli bir şekilde esnek bir tabaka olarak dağıtılmalıdır. Tabaka yumuşak, girişteki yapı dayanıklı olmalıdır.
2. Bir el esnek ve parmakları becerikli olmalıdır.
3. Eller, sensör seviyesindeki bir ön işlemci yardımıyla zeki olmalıdır. Bu dağıtılmış mantıksal bir şebeke ile yapılabilir.

Dokunma sensörlerinin kullanıldığı klasik alanlar; montaj, hızlı kavrama (örnek, montaj hatlarındaki parçaları toplama), kutu toplama, taşlama, cilalama, kaynak, deniz altı çalışmaları ve uzay montajı. Diğer alanlar ise, karanlıkta tanıma, esnek malzemelerin tutulması, klasik bilek/kol sensörlerinin yerine geçmesi ve plaka-devre montajı.

k-) Sıcaklık sensörleri

Dokunarak veya dokunmadan sıcaklık hissi kısa zaman önce robotlara uygulanmaya başladı. Bu uygulamanın, robotların kendini idare edecek şekilde çalıştığı veya insan çalışmasının mümkün olmadığı yerlerdeki robotlarda kullanılması faydalıdır.

n-) Görme sensörleri

Görme sensörü robotun bir konumu saptaması, çevresini görüp kontrol etmesi ve çevresinden haberdar olması için geliştirilmiş bir ünedir.

Görme sensörleri bilgisayara bağlıdır, koyu ve açık noktaları toplar ve işlenecek forma çevirirler. Sensörler robot kollarına ve manipülatörlere tecrübe edilerek bağlanırlar ve gölgeler yoluyla bilgisayarın nesneleri tanımasını sağlarlar. [6]

2.6.2. Kavrayıcılar

Kavrayıcılar endüstriyel robotlarda iş parçası ile robot arasındaki bağlantıyı yapan kısımlardır. Kavrayıcılar parçayı yakalar, endüstriyel robotların kontrol sistemlerinde bilgileri depolanmış hareketleri iş parçasına yaptırır, işlem bittikten sonra iş parçasını

bırakırlar. Hidrolik veya pnömatik bir sistem ya da bir motor tarafından verilen hareketi kavrama hareketlerine çevirerek çalışırlar. Kavranacak malzemenin özelliklerine göre değişik kavrama yöntemleri ve kavrayıcılar gerekmektedir. Kullanılan kavrayıcılar ve taşıyıcılar aşağıda 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. Üniversal kavrayıcılar.

Mekanik parmak tipi kavrayıcılar kullanıldığında iş parçasının nasıl kavranacağına karar vermeden ve kavrayıcı seçmeden önce aşağıdaki faktörlerin göz önüne alınması gerekir.

1. Kavranacak yüzeyler erişilebilir olmalıdır.
2. Kavranacak yüzeylerin toleransı, parçanın hassas bir şekilde yerleştirilebilmesini sağlayacak şekilde seçilmelidir.
3. İş parçasının işlem öncesi ve sonrası boyutsal farklılıkları göz önüne alınmalıdır.
4. Hassas işlenmiş bir iş parçası yüzeyinin nasıl korunacağı düşünülmelidir.
5. İş parçasının kavranmasında mümkünse kolay yerleştirilebilme açısından büyük ölçülü taraf seçilmelidir.
6. Karmaşık parçaların en iyi şekilde kavranabilmesi için parmaklar üzerine papuçlar monte edilmeli, kendiliğinden hizalanan parmaklar kullanılmalıdır.

Firmalarca üretilmiş çok çeşitli parmak tipi kavrayıcılar vardır. Bunlar iki ya da üç parmaklı olabilirler, ancak çoğunluğunu iki parmaklı kavrayıcılar oluşturmaktadır. Bunları hareket ettirebilmek için kol, dişli, yürek mekanizması, vida veya makara-ip kullanılabilir.

Standart kavrayıcı ucuz ve çok amaçlı kavrayıcıdır. Kavranacak iş parçasının şekline göre değişik parmakların monte edilmesi mümkündür. Ancak orta ağırlıktaki parçaların kaldırılmasında kullanılabilir. Mekanizması, parmaklar kapandığı zaman iş parçasında en büyük kuvveti etki ettirecek şekilde tasarımılandırılmıştır. Şekil ...'de verilmiştir.

Kancalı kavrayıcılar, iş parçasının üzerindeki uygun kısımlara kancanın takılmasıyla çalışır.

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

Demir malzemenin manipülasyonu için manyetik kavrayıcılar oldukça önemlidir. Bu iş için elektromıknatıslar veya sabit mıknatıslar kullanılmalıdır. Manyetik kavrayıcılar kullanıldığında konumlandırmanın hassas olmasına gerek yoktur. Küçük vakum papuçların içinde havanın sıkıştırılıp dışarı bırakılması ile vakum elde edilebilmektedir. Büyük ve ağır parçaların kavranması için vantuzlar, borularla emme pompasına bağlanmakta, pompa içerisindeki havayı emerek vantuzun içinde gerekli vakumun oluşmasını sağlamaktadır.

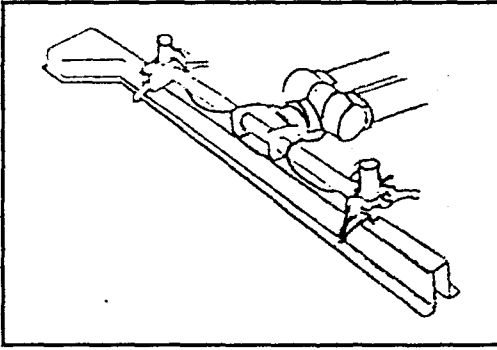
Montajda kullanılan robotların, değişik şekillerdeki parçaları kavrayabilmesi ve işlemleri yapabilmesi için genellikle insan elini örnek alan kavrayıcılar geliştirilmektedir. Bu tip kavrayıcılara Üiversal kavrayıcılar adı da verilir.

Üiversal Kavrayıcılar

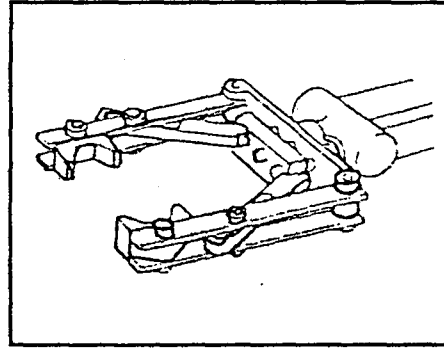
A. Şişirilebilen Kavrayıcı: Şekilsiz veya kırılğan cisimlerin konsantre yüklemeler yapılmadan yakalanmasında büyük kolaylık sağlanmaktadır.

B. Yumuşak Kavramalı Kavrayıcı: İç bükey olanlar dahil, her şekildeki parça için uygundur. Parçayı parmak boyunca sabit basınç uygulayarak kavrar. Cam ve benzeri malzeme için ve tarım alanında kullanılır.

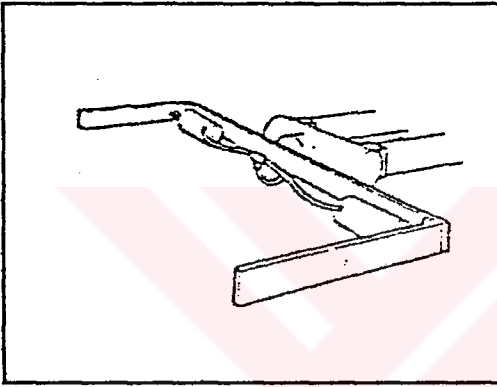
C. Üç Parmaklı Kavrayıcı: Parçayı yakalayıp, avuç içinde kavrayabildiği için, bu kavrayıcıyla moment uygulanabilmektedir. [7]



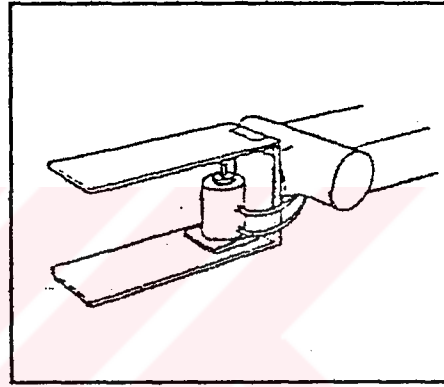
1. Uzun parçalar için
kavrayıcılar



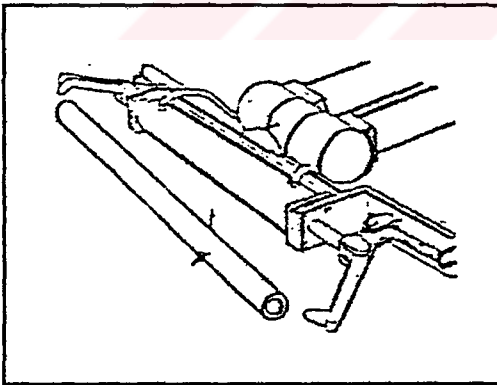
2. Ağır iş makinaları için
kullanılan kavrayıcılar



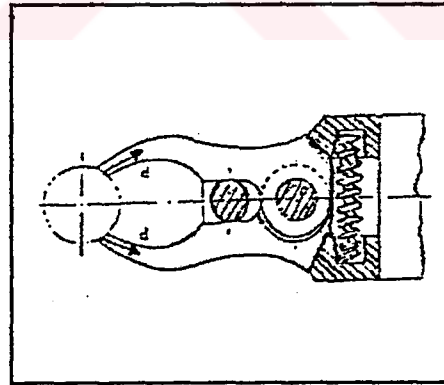
3. Hafif parçalar için iki çenesi
hareketli kavrayıcılar



4. Bir çenesi hareketli
özel kavrayıcı

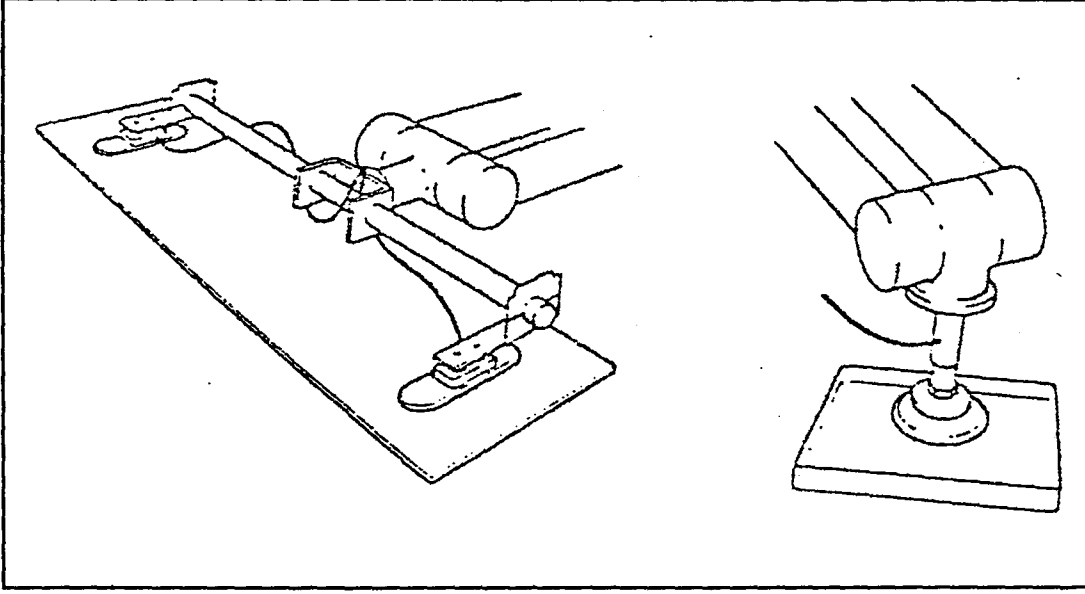


5. Cam tüpler için kavrayıcılar

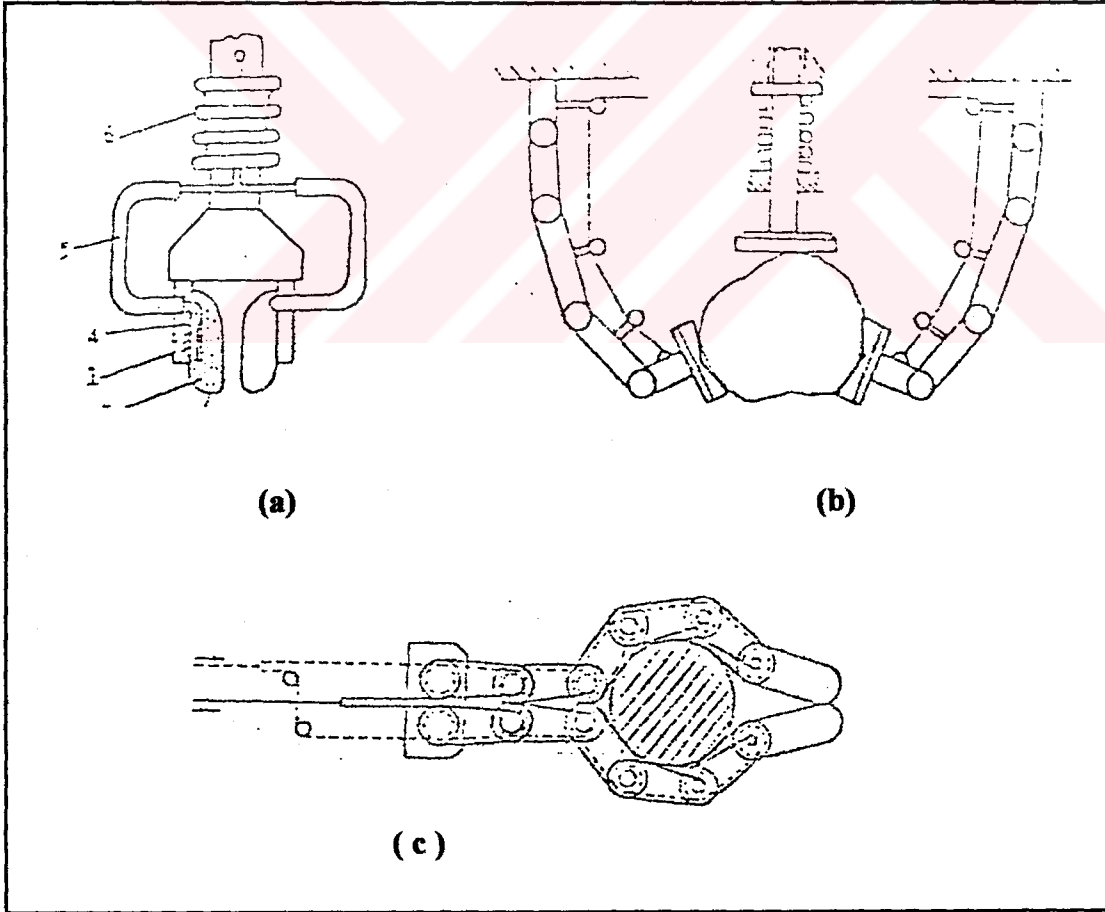


6. Yaylı kavrayıcılar

Şekil 2.8. Mekanik Parmak Tipi Kavrayıcılar [7]



Şekil 2.9. Vakumlu Kavrayıcılar



Şekil 2.10. Üniversal Kavrayıcılar.

2.6.3. Takım ve Aparatlar

Robotların takım ve aparat kullanabilmesini sağlamak için bunların robot bileğine montaj edilmesi gerekmektedir. Bu 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. Bu tür takım ve aparatlara Şekil ...'de örnek verilmiştir.

Günümüzde robotların yeni yeni uygulama alanları bulması ve değişik işlerde kullanılması ile yeni takım ve aparatlar geliştirilmektedir.



Şekil 2.11. Robot Bileğine Monte Edilebilen Takım ve Aparatlar. [7]

2.7. Endüstriyel Robotları Programlama

Robota herhangi bir işi gerçekleştirmek ve yapılacak hareketleri yaptırabilmek için bir program gereklidir. Programlama, izlenecek geometrik konumun, hareket akışının ve hareketin çevre ile eşzamanlaşmasının belirlenip, robota aktarılması anlamına gelir. Eklemlere yollanan referans hızı ve bekleme sürelerine ilişkin komutlar, çevre ve diğer robotlarla haberleşme sinyalleri, kıskaç açıp kapama, atlama, alet ya da kıskaç değiştirme komutları her denetim adımında gerekli olabilir.

Robot ve robotun kullanacağı alanın kumandası için 3 çeşit program kullanılır ve paralel olarak çalışırlar :

1. **Hücre programı** : Robot sahasının yönetimini gerçekleştirir. Endüstriyel giriş ve çıkışlara sahiptir, bunların kontrol ve yönetimiyle bir tür otomat görevi gerçekleştirir. Hücre programında robotun hareket yapması gereken koşullar gerçekleşince hücre programı içinden gerekli robot programını çağırır ve bu programda gerekli hareketler gerçekleştirilir.
2. **Robot programı** : Robotun ve yardımcı eksenlerin hareketlerinin yönetimini sağlar. Robot programları tek başına çalıştırılabilir veya hücre programından çağrılır. Robot programı çalıştırıldıktan sonra bir hareket bilgisi işletildiğinde, robota öğretimi yapılmış olan aynı isimdeki hareket bilgisi çağrılır ve çalıştırılır.
3. **Takım programı** : Robotun uçuna eklenen takımın iradesini sağlayan programdır. Robot kumanda dolabı enerjisi geldikten 20 saniye sonra takım programı kendi kendine çalıştırır ve devamlı çevrim yapar. Takımın manuel pilotajında veya yörünge üzerinde tanımlanan tedbirlerle takımla ilgili hareket bilgisi işletilince çevrimde olan takım programı çalıştırılır.

Robotun kumandası için bu tip programlama sistemi kullanılmasının avantajları ise şöyle sıralanabilir :

- a). Yörüngelerde yapılmak istenen değişiklikleri programlara müdahalede bulunmadan gerçekleştirebilmek.

- b). Kullanıcının sadece ihtiyacı olan bölgeye, diğer program birimlerine müdahale etmeden ulaşabilmesini sağlamak. [8]

2.7.1. Programlama Yöntemleri

Günümüzde endüstride kullanılan programlama yöntemleri iki bölüme ayrılabilir:

- 1. Örnek vererek programlama.**
- 2. Robot dili kullanarak programlama.**

1. Örnek vererek rogramlama

Örnek vererek programlama yönteminde programcı, robotu istenilen yol boyunca hareket ettirir ve bu yol robot denetim mekanizmasının belleğinde depolanır. Örnek vererek programlama üç yöntemle gerçekleştirilebilir : El yöntemi, prova yöntemi, yol gösterme yöntemi.

1.1. El yöntemi

Bu yöntem gerçek bir programlama değildir. Bu programlamadan daha çok makineyi ayarlamaktır. Yöntem, daha basit ve kontrol biriminde kamlar, düğmeler ve mekanik parçalar bulunan robotlarda kullanılan bir prosedürdür. Kısa iş çevrimlerinde kullanılan düşük teknoloji robotlar için el ile programlama yöntemi elverişlidir.

1.2. Prova yöntemi

Bu yöntemde programcı, robotun kolu ve elini iş çevrimindeki sıraya göre eliyle hareket ettirir. Her bir hareket, üretim esnasındaki çalışma için belleğin içine kaydedilir. Yapılan hareketlerin hızı bağımsızca kontrol edilir. Bu yüzden programcının prova esnasında, çevrim zamanı için meraklanmasına gerek yoktur. Önemli olan, konum sırasını doğru yapmaktır. Bu yöntem, boya püskürtme ve ark kaynağı robotları için kullanılır.

1.3 Yol gösterme yöntemi

Bu yöntem, yol gösterici bir araç kullanarak hareket sırasının başından sonuna kadar robota tahrik verir. Yol gösterici araç genellikle küçük, el ile tutulan ve robotun fiziksel hareketlerini kontrole yarayan düğmeler ve göstergelerin olduğu bir alettir. Her hareket, ilerideki iş çevriminin yapılması için kaydedilir. Yol gösterme yöntemi, kolay ve elverişli olması nedeniyle programlamada çok kullanılan bir yöntemdir.

2. Robot dili kullanarak programlama

Bu tür bir programlama, robotun dışında yapılan bir ön hazırlığı içerir. İstenilen hareket yolu, bir birine fonksiyon olarak verilebilir. Programın hazırlanmasından sonra, iş çevriminde kullanılması için robotun belleğine verilir. Ayrıca programlama dili aracılığıyla, durma ve kısıp açıp kapatma gibi komutlar da verilerek tüm bir hareket akışı ve bu akış boyunca yapılacak işlemler örnek gösterilmeksizin aktarılmış olur.

Robot dili kullanarak programlama yönteminin avantajı, robotun yeni görevini öğrenme zamanının çok az olmasıdır. Robot başka bir işte çalışırken, yeni işe program yapılır ve yeni işe hemen geçilebilir. Diğer bir avantajı, robotu CAD/CAM uygulamaları ve bilgileriyle birleştirilebilmesidir.

Yöntemin getirdiği en önemli zorluk, yolun ve bu yol boyunca yapılacak işlemlerin doğru bir zamanlamayla teorik olarak belirlenmesidir.

2.7.2. Programlama Dilleri

Bilgisayarla kontrol edilmeyen robotlar için bir programlama diline gerek yoktur. Robotlardan istenilen hareketlerin gittikçe karmaşıklaşması sonucu, 1970'li yılların sonuna doğru programlama dillerini programlama işlemini basitleştirerek ve programlama süresini kısaltacak şekilde geliştirme gerekliliği doğdu. Zaman içinde

geçirdiği gelişime göre programlama dillerini birinci ve ikinci kuşak dilleri olarak sınıflandırabiliriz.

1. Birinci kuşak programlama dilleri

Birinci kuşak programlama dilleri, değişik komutlar ve bir öğretme sisteminden oluşan bir kombinasyondur. Bu diller, hareket denetiminin metne yönelik bir programlama diliyle gerçekleştirilmesine öncülük etmişlerdir. Bu nedenle “ hareket düzeyinde programlama dilleri ” olarak da adlandırılırlar. “VAL”, birinci kuşak programlama dillerine örnek olarak gösterilebilir. “VAL”, Unimation Puma robotu için geliştirilmiştir.

Özellikleri

En belirgin özelliklerinden biri robot hareketinin tanımlanmasında, hareket adımları dizisinin komutlarla, geçilecek noktaların konumlarının ise öğretme sistemiyle belirlenmesidir.

Doğrusal hareketlerin ara değerlerinin alınması, dallanmalar ve temel sezici komutlar (iki değerli aç/kapa sinyalleri kullanarak) bu dillerin sağladığı olanaklar arasındadır.

Hareket dizisinin tanımlanması (MOVE) (= ilerle), girdi ve çıktılarının işlenmesi (WAIT, SIGNAL) (= bekle, sinyal) ve alt programların yazılmasında (BRANCH) (=dallanma) kullanabilirler.

Çok karmaşık olmayan hareketlerin tanımlanmasında, programcılık tecrübesi olanlar birinci kuşak dillerin kullanımını, üretim kökenli programcılar ise örnek vererek öğretmeyi daha kolay bulmaktadırlar.

Eksiklikleri

Birinci kuşak programlama dillerinin en önemli eksiklikleri şunlardır :

- * Programın gerçekleştirilmesi sırasında karmaşık aritmetik işlemlerin yapılamaması,
- * Karmaşık sezici ve sezici verilerinin kullanılamaması,
- * Diğer bilgisayarla iletişim yeteneğindeki kısıtlılıklar,

- * Dilin yeterli derecede gelişmeye açık olmaması.

2. İkinci kuşak programlama dilleri

İkinci kuşak programlama dillerinde birinci kuşağın sorunlarından çoğu çözümlenmiştir. Bilgisayar programlama dillerinde de kullanılan yapılanmış denetim komutları içerdikleri için, bu dillere “yapılanmış” programlama dilleri adı da verilir.

Bu programlama dillerine örnek olarak AML, RAIL, MCL, VAL II, gibi dilleri gösterebiliriz. Bu diller, çalışma alanında komutların tanımlanması için genellikle bir öğretme sistemi kullanırlar.

Özellikleri

İkinci kuşak programlama dillerinde ortak olan aşağıdaki özellikleri gösterebiliriz :

1. Hareket denetimi : Bu özellik, birinci kuşak dillerine benzer, fakat yetenekler daha gelişmiştir. Doğrusal ara değer bulma işleminden daha karmaşık geometrik problemlerin çözülmesi de mümkündür. Bazı dillerde doğru, daire, düzlem ve silindir gibi geometrik elemanlar tanımlanabilir.

2. Sezicilerin kullanımında geliştirilmiş özellikler : Birinci kuşakta olduğu gibi yalnızca iki değerli sezici verileri değil, analog sinyaller de işlenebilir, bu sinyallerle denetlenen bölümlerle iletişim kurulabilir. Örneğin, birinci kuşak dillerinde robot kısılcına ancak aç/kapa komutları verilebilirken, ikinci kuşak dilleriyle içine seziciler yerleştirilmiş kısıkaçları da denetlemek mümkündür. Kuvvet sezicili bir kısıkaçta bu diller yardımıyla yüke uygulanan kuvvet denetlenebilir.

3. Zeka : Sınırlı bir zeka yeteneği sayesinde robot çevresi hakkında aldığı verileri değerlendirerek programın olanakları içinde kalmak şartıyla davranışlarında değişiklikler yapabilir. Birinci kuşak dillerinden farklı olarak çalışma sırasında karşılaşılan beklenmedik olaylara az olsa da tepki gösterebilir. Bu davranış ise “zeka” görüntüsü vermektedir. Fakat denetim düzenini önceden programlamak gerektiğinde bu zeka sınırlıdır. Robot ancak önceden belirlenmiş alternatifler arasından bir seçim yapabilir.

Önceden programlamayı gerektiren zekaya örnek olarak “ hata tanıma ” özelliği gösterilebilir. Kıskaçı tam kapanmayan bir robotu ele alalım; Göstermesi beklenen tepki kıskaçı açması, bozuk kısmı çıkarması, sağlam bir parça takması ve bu işlem bittikten sonra bir tamam sinyali vermesidir.

4. İletişim ve veri işlem : İkinci kuşak programlama dillerde bilgisayarlar ve veri bankalarıyla iletişim kurmak, verileri yenilemek, üretim ve kalite gibi konularda rapor vermek ve çalışma çevresini denetlemek mümkündür.

Ayrıca, bazı dillerde gelişme yeteneği de vardır, yani ileride teknolojinin üreteceği sezici ve robotların gereklerine uyarlanabilirler. Bu dillerde gerektiğinde ana komut deposunda bulunmayan komutlar tanımlanabilir.

2.7.3. Programlama Dillerinde Beklenen Gelişmeler

İleride programlama dillerinde robot üç boyutlu uzay konusunda bilgiye sahip olmalı ve bunu kullanarak kendisine verilen ödev doğrultusunda kendi hareket akışını kendisi tanımlayabilir. Bu program dili iki ana koşulu sağlamalı :

1. Çalışma ortamının 3 boyutlu bir modelinin robot belleğinde bulunması. Bu modele robotun kendi yapısı, çalışma masası, araçlar, parçalar v.s. dahildir. Bu model, 3 boyutlu geometrik veriler aracılığıyla ya da, eğer varsa robotun “ görme ” ve yorumlama yeteneği kullanılarak bellekte oluşturulur.
2. Otomatik kendi programlama yeteneği. Bu yetenek bulunduğu takdirde, programcının robota yalnızca amacı bildirilmesi yeterli olacaktır. Buna en aşırı bir örnek, robota “ Daktiloyu monte et ” gibi bir komutun verilmesi ve robotun bu amaca uygun olarak gerekli aktivite ve hareketleri kendisinin programlamasıdır. Robotların bu düzeyde bir zekaya ulaşması günümüzdeki gelişmelerden görüldüğü kadarıyla olabilir.

2.7.4. Değişik Programlama Dilleri

1. **ALFA** (A Language for Automation) - montaj alanında.
2. **AML** (A Manufacturing Language) - montaj alanında.
3. **ML** (Manipulator Language) - montaj alanında.
4. **PASRO** (PASCAL for Robots) - Pascal sisteminde çalışan robotlar için.
5. **ROBOT BASIC** (Basic + 136) - robot komutu.
6. **ROBOTLAN** (Robot Language) - değişken montaj sistemlerinde.
7. **ROLF** (Robot Oriented Language Formalism).
8. **SIGLA** (Sigma Language) - basit montaj işlerinde.
9. **SCRL** (Siemens - Control - Robot - Language) - montaj ve işleme alanında.
10. **SRI** (Structured Robot Language).
11. **URI** (University of Rhode Island).
12. **VAL 1, VAL 2** (Variable Language) - montaj, montaj hattı ve işleme alanlarında.

2.7.5. Robot Programlamaya Örnekler

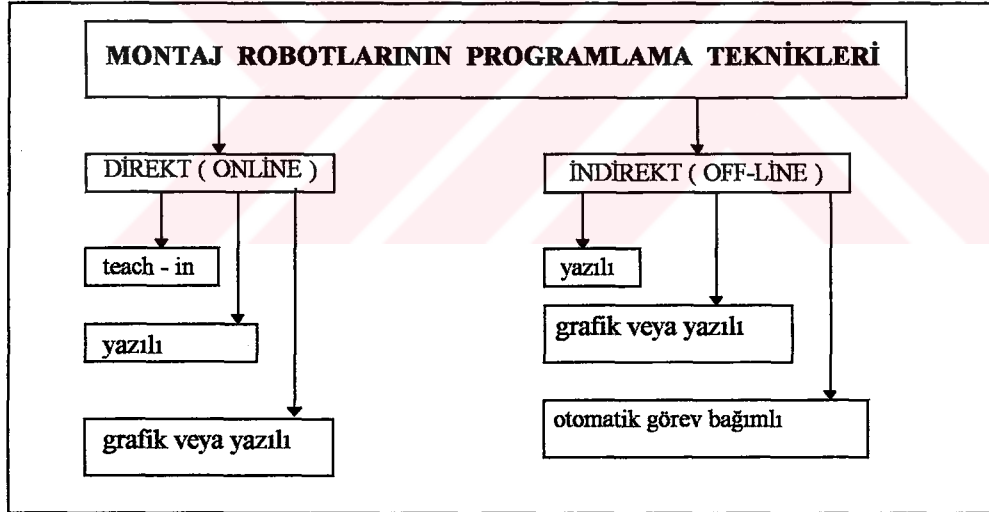
2.7.5.1. Montaj Robotunu Programlama

Montaj robotunun programlanması iki grupta incelenebilir :

- on-line (direkt)
- off-line (indirekt)

Montajda genelde kullanılan yöntem adım adım ulaşım ve bilgi yükleme ve yazılı programlama (Şekil 2.12)

Bilgi yükleme programlama sisteminde hareket programı bir bire ardı sıra gelen komutlardan oluşmaktadır. Adımlar el cihazında bilgi olarak yüklenir. Yazılı programlarda program klavye ve ekrandan bir program dili yardımıyla hazırlanmaktadır.



Şekil 2.12. Montaj robotlarının programlama teknikleri.

Kompleks programlarda ekran desteği ile bilgi giriş işlemleri kolaylaştırılmaktadır. Yazılı programlamada örnek olarak BAPS (Hareket ve akış) program dilini ele alacağız. BAPS her lisanda kullanılmakta ve basit komutlarla çalışmaktadır. [5]

Hareket komutu : Doğrusal git...
 Koordinat : Nokta 1 = (10,0,23,62)
 Azalma komutu : Atla
 Bekleme dönüşümü : Bekle
 Lojik operasyonları : ve, veya, değil
 Tekrarlama komutu : Wdh x (kaç kere)

Yukarıda bahsedilen komutlar kısa sürede hareket ve akış programını gerçekleştirmektedir. (Şekil 2.13)

Meydana gelen hatalar rahatlıkla tespit edilebilir ve düzeltilebilir.

Direkt program sistemlerinde robotun çalışması sırasında, programa müdahale edilemez. Programlama esnasındaki duruş zamanını minimuma indirmek için off-line programlama yöntemi kullanılmaktadır. Aynı bir off-line program sisteminde robot programları hazırlanıp deneylenmektedir. Program bilgileri robota yüklendikten sonra program optimize edilir.

PROGRAM BİRLEŞTİRME

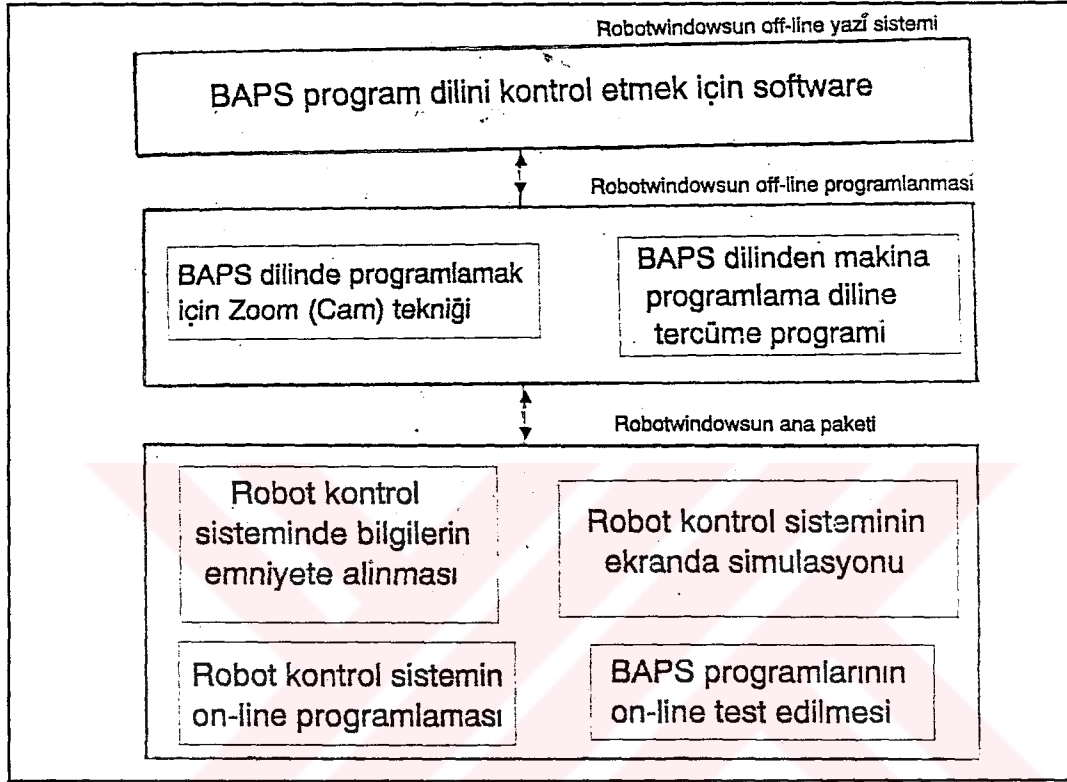
Çıkış : 1 = Tutucu
WDH 10 kere
Git Pos 1 e
Bekle 0.2
Tutucu = 1
Doğrusal git Pos.2'den Pos.3'e
Tutucu = 0
WDH Son

Şekil 2.13. BAPS program dili ile bir örnek.

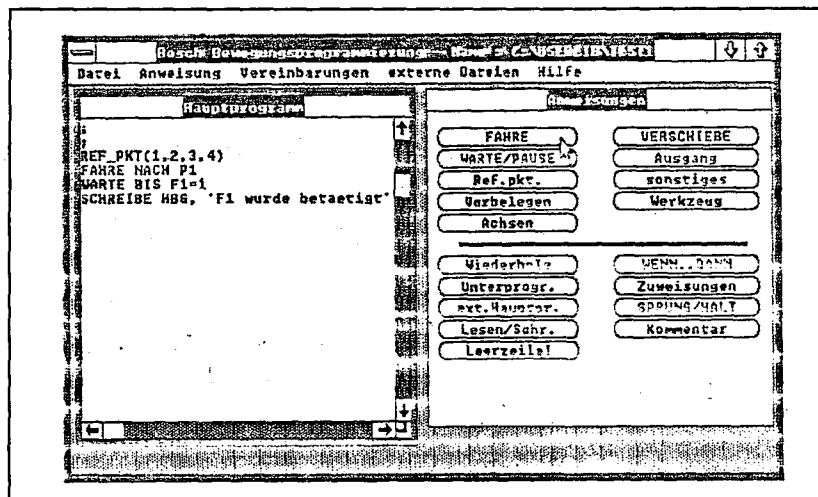
Off-line programlamada BOSCH firması program paketi Robot windows kullanmaktadır. (Şekil 2.14)

Tüm PC'lerde kullanım imkanına sahip Robot windows ekranda windows tekniği ile programlanmaktadır. Böylece program kolay ve çabuk olmaktadır.(Şekil 2.15)

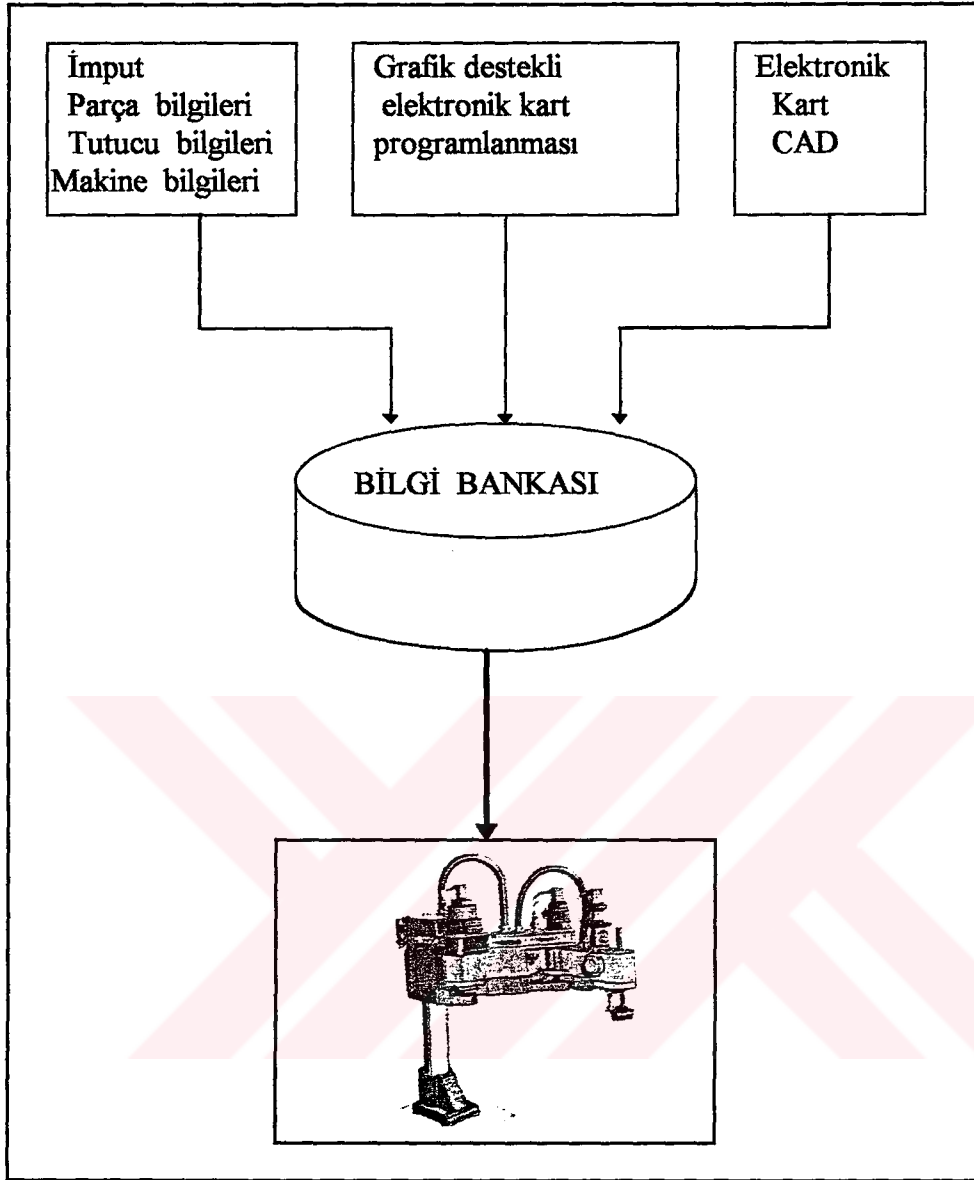
Özel teknik robot programları paketleri hazırlanmıştır. Bu programlara Teachwindows adı verilmekte. Örneğin : Robot ile levha dizimi. Levhanın tanımlanması ile program, otomatik BAPS diline tercüme edilmektedir. (Şekil 2.16) [5]



Şekil 2.14. Off-line programlama sisteminin robot windowsun yapısı. [5]



Şekil 2.15. Robotwindows ekran görüntüsü. [5]



Şekil 2.16. Off-line programlama sistemi Technowindows yapısı. [5]

2.7.5.2. Ark Kaynağı Robotunu Programlama

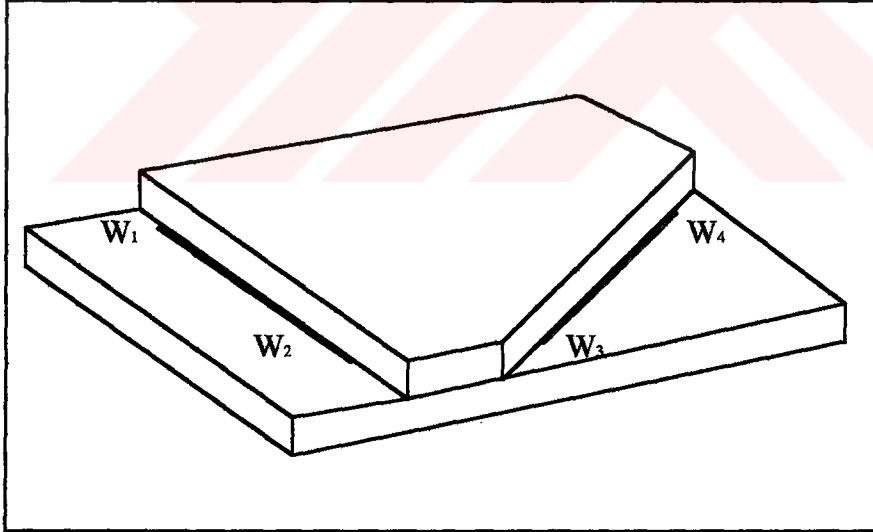
Ark kaynağı robotlarında WIL, VAL gibi program dilleri kullanılır. Biz bu örnekte VAL program dilini inceleyeceğiz.

VAL, sezgisel basit İngilizce komutları kullanarak ne yapılması gerektiğini söyler. Temel komut "MOVE" olur. Bir yer ismi ile kullanıldığında robot o konuma gider. Sıklıkla kullanılan varyant bir komut olan "MOVES" komutu ile robot spesifik bir

noktaya gider. VAL'ın aletin uç noktasının konumunu tanıtması özelliği vardır. Bu özellikle alet birleştirme kenarına uygun olan bir pozisyona yönelir. Bilincil önemi olan bu faktörle, alet konumlandığında, program alet ucunu referans kabul ederek çalışmaya başlar.

Ark kaynağı için hareket hızı önemle düşünülmesi gereken bir olgudur. Değişik robot modellerinin alet ucunun hızını ayarlamak için değişik metodları vardır. Alet ucunu referans noktası olarak almayan robotlarda, kaynaklamayı gerçekleştirirken sabit bir hızla sahip olmaları için bir çok ayarlamalara gerek vardır. VAL sayesinde uç hızı sabit tutulur. Hareket hızı düzenleme hızının, adım hızı ile çarpımının fonksiyonudur. Bu iyi çalışır fakat basit değildir. Kaynaklama softwore'i ile hareket hızı, her kaynak sırasında dakikada inch cinsinden direk olarak girilir. Konu başından itibaren VAL ve VAL kaynaklama softwore'inin basit sezgisel bir programlama olduğu söylendi. Şimdi bunu basit bir örnek üzerinde inceleyelim.

Programın adı "WELD"dır. Şekil 2.17'de basit bir kaynaklama olayı gösteriliyor. Bu program ile W_1 'den W_2 'ye ve W_3 'den W_4 'e kaynak yapılmaktadır.



Şekil 2.17. Kaynaklama örneği

W_1 , W_2 , W_3 , W_4 noktaları, robota aşağıdakiler yazılarak öğretilir :

TOOL TORCH (RETURN)

TEACH, W_1 (RETURN)

VAL "TEACH" moduna getirilen öğreti, klavye her basılışta , VAL alet ucunun konumunu ve aletin yöneldiği doğrultuyu kaydedecek ve bunları datasına sırasıyla etiketleyecektir. İlk konum W_1 olarak etiketlenecek, sonraki $W_2...$ vs. Bir final noktasında "SAFE" noktası, aşağıdakiler yazılır. SAFE noktası robotun işe başladığı ve işi bitirdiği noktalardır.

HERE SAFE (RETURN)

Noktalar programlama başlamadan önce, program esnasında veya program bitince robota öğretilir.

WELD isimli programa şunları yazarak başlarız :

EDIT WELD (RETURN)

VAL cevap verir :

PROGRAM WELD

1. ?

İlk adım kaynaklama durumlarını hatırlamaktır. Bunu yapmak için "WELD SET" talimatı kullanılır. Tasvir amacıyla, burada her kaynak için farklı bir parametre kullanılmıştır. W_1 'den W_2 'ye kadar olan kaynak için tel besleme hızı 425 inch (10.8 m/dak) ve 29.4 V voltajı parametre olarak kullanılır. W_3 'den W_4 'e kadar ise tel hızı 575 inch (14.6 m/dak) ve 30 V voltaj kullanılır. Bu iki durum ilk iki program adımında şunlar yazılarak girilir :

WELDSET 1 = 425, 29.4 (RETURN)

WELDSET 2 = 575, 30.0 (RETURN)

VAL kaynaklama softwore'yi programda 16 adet kaynak listesine kadar liste kabul edebilir. Bunlar kullanıcı tarafından girildikçe numaralandırılırlar. 1'den 16'ya kadar olan sayılar sistem tarafından rakamlamada kullanılmak amacıyla kabul edilirler.

Daha sonra VAL'ın uygun aleti kullanıldığı belirlenmelidir. Bu durumda torch için şu yazılır :

TOOL TORCH (RETURN)

Hareketler ve kaynaklama sırası programlanabilir. İlk önce robota SAFE noktasına gitmesi talimatı verilir.

MOVE SAFE (RETURN)

SAFE noktasından sonra robotun W₁ noktasına gitmesi istenir. Bunun bütünüyle doğru yapılabilmesi için ; aletin doğrusal ekseninden (alet Z ekseninde) 40mm uzakta yapılacaktır.

APPRO W1 , 40 (RETURN)

MOVES W1 (RETURN)

Şimdi W₁'den W₂'ye kaynağın başlama zamanıdır. Burada kaynak için parametre kullanılacaktır. Hareket hızı 18 in/ dak (7.8 mm/sn) dır.

WELDSTART 1.18 (RETURN)

MOVES W2 (RETURN)

Sonunda W₁'den W₂'ye kaynak programı aşağıdaki gibi olur :

PROGRAM WELD

1. WELDSET 1 = 425, 29.4
2. WELDSET 2 = 575, 30.0
3. TOOL TORCH 1
4. MOVE SAFE
5. APPRO W1, 40
6. MOVES W1
7. WELDSTART 1, 18
8. MOVES W2
9. WELDEND
10. DEPARTS , 30

Daha sonra alet "Z" eksenini boyunca W₃ noktasına doğrusal bir şekilde 30mm (1.2 inch) yaklaşmalıdır. Talimatları şunlardır :

APPROS W₃ , 30 (RETURN)

MOVES W₃ (RETURN)

Şimdi W₃'den W₄'e kaynağın başlama zamanıdır. Burada WELDSET 2 için verilen parametreler kullanılacaktır. Hareket hızı 22 inch/ dak (9.3 mm/sn) dır.

WELDSTART 2,22 (RETURN)

MOVES W4 (RETURN)

W₄'de kaynaklama bitmeden önce kaynak krateri bütünüyle doldurulması gerekir. Eğer tecrübeden kaynaklanan bir bilgiyle, uygun bir ağız doldurma seviyenin dörtte üçünü aldığı söylenirse aşağıdaki yazılır :

CRATERFILL 0.75 (RETURN)

WELDEND (RETURN)

DEPARTS , 30 (RETURN)

CRATERFILL komutu farklı bir kaynak listesinde, arzu edildiği takdirde kullanılabilir. Eğer ağız doldurma parametreleri WELDSET 3'de hatırlatılmış ise komut şöyle olacaktır :

CRATERFILL 0.75, 3

Geriye kalan tek şey başla / bitir noktaları ile program sonlamadır. Bunlar da şunlar yazılarak yapılır :

MOVE SAFE (RETURN)

E (RETURN)

Bütün bu açıklamalardan sonra tüm program şöyledir :

1. WELDSET 1 = 425, 29.4
2. WELDSET 2 = 575, 30.0
3. TOOL TORCH 1
4. MOVE SAFE
5. APPRO W1, 40
6. MOVES W1
7. WELDSTART 1, 18
8. MOVES W2
9. WELDEND
10. DEPARTS , 30
11. APPRO W3, 30
12. MOVES W3
13. WELDSTART 2, 22
14. MOVES W4
15. CRATERFILL 0.75

16. WELDEND

17. DEPARTS, 30

18. MOVE SAFE

END

Yapılacakların tümü yukarıdakilerdir. Programlama basit ve sezgiseldir.
Komutlar, talimatnameler personele yatkındır. [9]



3. ROBOT UYGULAMALARI

Belirli bir alanda robot kullanımının düşünülmesi ve benimsenmesi şu temel faktörlere bağlıdır :

- İnsan hayatı için tehlikeli olan alanlar ve çalışma koşulları.
- İş güvenliği ve çalışan sağlığının zorlanması durumunda.
- İş gücünün pahalı olması veya zor bulunması, insanların yapmak istemediği işlerde.
- Üretimde düzensizlik, firelerin azaltılması, malzeme ekonomisi.
- Üretim hızının ve üretkenliğin artırılması, işletme optimizasyonu (fabrika düzeyinde).
- Sağlık, hizmet, eğitim, eğlence alanlarında yeni olanaklar oluşturulması.

Yeni yeni buluşlara sahne olan günümüzde robot teknolojisi ve uygulama alanlarında her geçen zaman gelişmeler oluyor. Yeni uygulama alanlarına giriliyor. Bu uygulama alanlarını bazılarını örnekleriyle inceleyeceğiz.

3.1. Robot Uygulama Alanları

A-). Endüstride robot uygulamaları

- a). Parça seçme, sıralama, yerleştirme, bir makineye bağlama,
- b). Montaj hatlarında, montaj işlemlerinde,
- c). Takım tezgahlarına iş parçası bağlama, takım değiştirme,
- d). Çok sayıda, değişik boyut ve yönlerde delik delme,
- e). Döküm, sıcak dövme, pres tezgahlarının yüklenmesi, boşaltılması,
- i). Çapak temizleme, yüzey temizleme, parlatma,
- n). Nokta kaynağı, sürekli kaynak (ark veya alev),
- m). Boyama, kaplama,
- f). Kalite kontrol,
- o). Parça ve malzemelerin transferi, dizilmesi, paketlenmesi, paletlere dizilmesi, yüklenmesi veya boşaltılması işlerinde.

B-). Uzay ve derin deniz araştırmalarında kullanılması

- a). Uzay mekiğinde uyduları yörüngeye yerleştirmek ve toplamak,
- b). Güneř sistemi içinde gezegenler arası yolculuk koşullarını belirlemek,
- c). Gezegenler ve aylarından örnek toplamak için,
- d). Derin deniz gibi araştırmalar için gözlem yapmak, akıntı ve sıcaklık koşullarını belirlemek için,
- e). Derin deniz yataklarında mineral örnekleri toplamak için,
- i) Kurtarma işlerinde kullanılması için (Titanic projesinde olduğu gibi).

C-). Nükleer santral ve radyoaktif malzeme laboratuvarlarında kullanılması

- a). Nükleer yakıt yükleme-boşaltma,
- b). Nükleer santral hasar ve güvenlik kontrolü,
- c). Ölçme aletleri için radyoaktif kaynak imalı,
- d). Radyoizotop ilaç imalı alanlarında.

D-). Yeni uygulama alanları

Robotlarla ilgili deneyim artıkça yeni uygulama alanları da belirlenmektedir. Son yıllarda uygulamaya konulan alanlar şunlardır :

a)- Avustralya yün kırpma robotları : Çok sayıda koyunun yünlerinin kırılması için tasarlanan bu robot, hayvanın nefes alıp verme, hatta ani sıçramalarına bile uyum göstermekte. Bir robot kırpma hücresinde kısmen hareketsiz tutulan koyunları hep aynı derecede kırabilmektedir.

b)- Sağlık hizmetlerinde robotlar : Robot teknolojisinden önemli ölçüde yararlanılan el, kol, bacak protezlerinin imalı dışında aşağıdaki alanlarda 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,

- Yatalak hastalar için meşgale ve eğlence robotları,
- Ameliyat sırasında kol titreşimsiz dikişler atabilen, doktora asistanlık yapabilen robotlardır.

c)- Büyük alanlar için hizmet robotları : Bunlar öncelikle büyük alanların (fabrika, okul, hastane, büyük işyerleri vs..) temizliği için düşünülen temizlik robotları ile bekçi robotlardır. Yer değiştirebilen bu robotlar, kullandıkları alanın haritasını hafızalarında da tutabilmekte, temizlik veya güvenlik kontrolü işlemini önceden programlandıkları zamanlarda bu haritaya göre yapılabilmektedirler. Bekçi robotlar, kapıların açık ya da kapalı olduğunu kontrol edebildikleri gibi, ışık, sıcaklık, koku veya sese duyarlı algılama ve tarama sistemleri ile o alana giren yabancıları ya da duman, yangın gibi tehlikeli durumları belirleyebilmekte ve anında alarm verebilmektedirler.

d)- Maden robotları : Avrupa Teknolojik İşbirliği Projesi'nde öncelik verilmiş alanlardan biri. Derin yeraltı madenlerinde (kömür gibi) insanların çok zor koşullar içinde çalıştıkları dehliz ucu kazı ve boşaltma işlerinde kullanılabilecek robotlar.

e)- Tarım hasat-toplama robotları : Tarımda büyük alanların sürülmesi, ekimi hasat ya da ürün toplama robotlarıdır. Operatör kontrolünde çalışan gelişmiş biçerdöver, üzüm, elma, patates toplama makineleri zaten kullanılmaktadır. Bu projenin amacı, kendi yer değiştirebilen, tarım alanının boyutları ve özelliklerine göre programlanabilen ve tarım işlemlerini insansız gerçekleştirebilen robotların geliştirilmesidir.

i)- Eğitim-eğlence robotları : Öncelikle kreşlerde ve ana okullarda çocukları meşgul edebilecek ve onlara zeka geliştirici oyunlar sunabilecek robotlardır. Bu robotlar da ses-ışık çıkarabilme (şarkı, ninni gibi) ve ses algılama sistemleri ile donatılmakta, olağan dışı durumlarda (ağlama sesi gibi) alarm verebilmekte, sorumluları çağırabilmektedir. Bu tip robotlar sayesinde çocukların zekası daha da gelişmektedir ve yeni teknolojinin çocuk yaştan en azdan göz alışkanlığı ile öğrenmesi, büyüdüğünde bu tür makineleri kolay kavramasına da ışık tutmuş olur. [10]

E-). Diğer uygulaması mümkün olan alanlar

- * Deri ile ilgili işlemler,

- * Ayakkabı imalatı,
- * Kauçuk ile ilgili işlemler,
- * Gıda maddeleri ile ilgili işlemler,
- * Kıl ve çimento kullanılarak yapılan imalatlar,
- * Cam endüstrisi,
- * Giyim endüstrisi,
- * Ağaç endüstrisi,
- * Askeri programlar ve çalışmalarında kullanılması mümkündür ve araştırılmakta.(Şu anda da bazı işlerde kullanılmaktadır) [10]

3.2. Endüstriyel Robot Uygulamaları

3.2.1. Montaj Uygulamaları

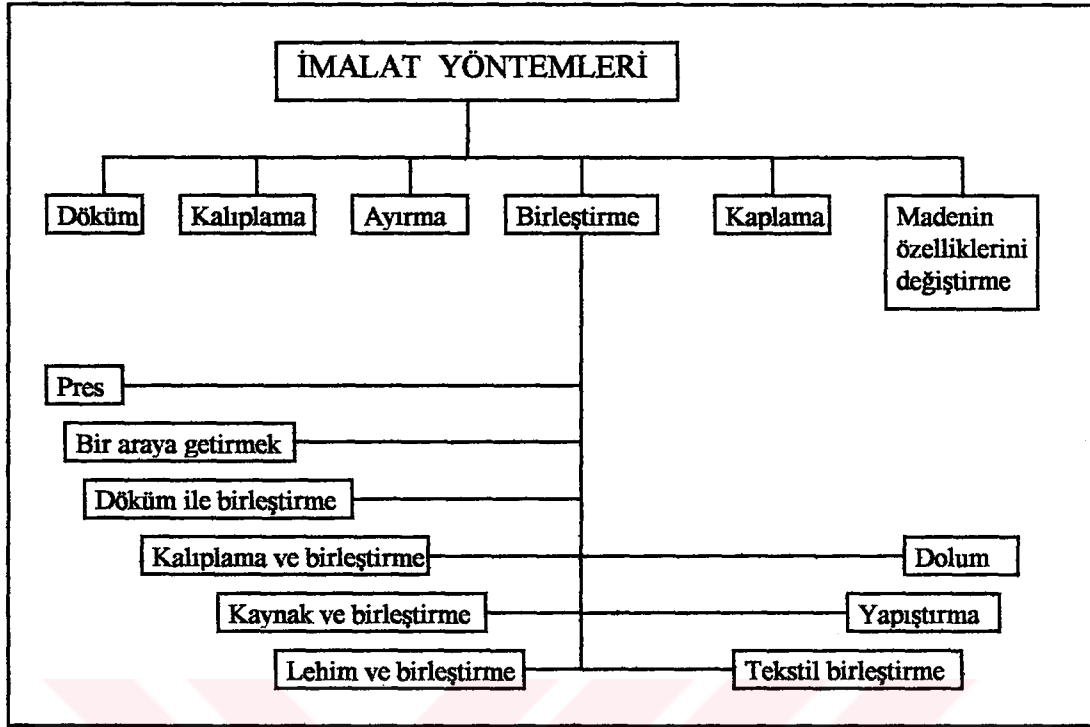
Geometrik ölçülere sahip parçaların birleştirilmesi için yapılan her türlü işleme montaj denir. Montajda şu fonksiyonları belirtmek gerekir :

- Hanolling işlemleri (taşıma, dizme, hazırlama),
- Birleştirme operasyonları,
- Ayarlama,
- Test işlemleri (ölçüm ve deneyler).

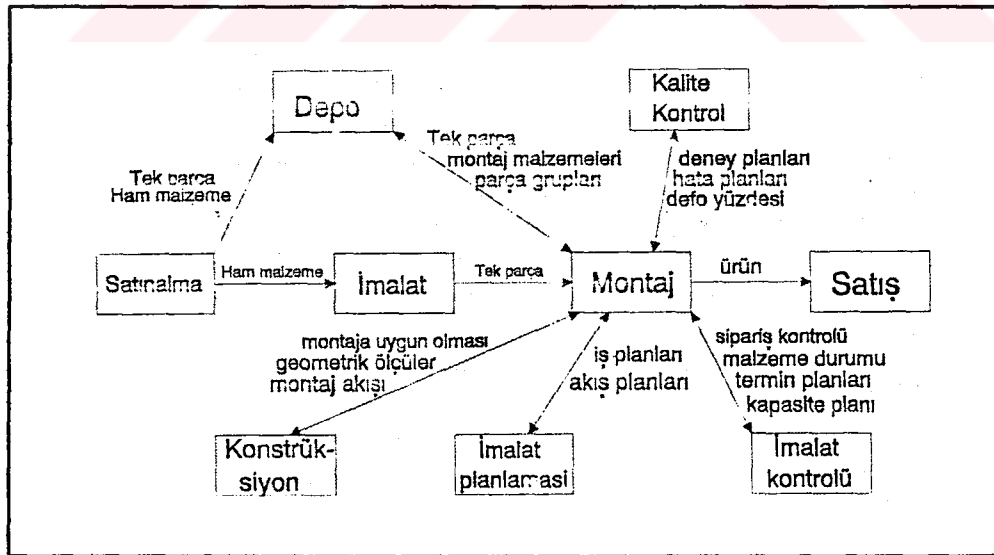
Birleştirme işlemleri, DIN 8593'e göre dokuz grup altında toplanabilmekte, (Şekil 3.1) fakat bugünkü teknik imkanlarla, montaj robotlarıyla sadece beşinin otomasyonu olabilmektedir :

- Bir araya koyma,
- Doldurma,
- Lehimleme,
- Yapıştırma,
- Kaynak.

Montaj üretimde son adımdır. Bir önceki üretim adımındaki değişiklikler direkt olarak montaja yansır. Bu sebeple montaj esnek olmalıdır. (Şekil 3.2) [5]



Şekil 3.1. Birleştirme işlemlerinin DIN 8593'e göre sınıflandırılması.



Şekil 3.2. Montajın üretim sürecindeki pozisyonu

Montaj işleminin gerçekleşmesi için robotun çalışma yüksekliğinde bir robot masasına yerleştirilmesi ve yapacağı işleve göre aksamlarla donatılması gerekir. Örneğin, tutma işlemleri için tutucular, birleştirme işlemleri için iş aletleri yerleştirilir. (Lehim aleti veya yapıştırma tabancası gibi). Yapılacak işlem için birden fazla tutucu veya iş aletine gerek varsa o zaman robota iş aleti değiştirme sistemi takılır. Böylece robot sıra ile veya gerekli olan iş aletini otomatik olarak iş alet magazininden alabilir.

İş parçalarını ve konumlarını tanıması için montaj robotlarına algılayıcılar takılabilir.

Monte edilecek parçaların, montaj robotunun tutabileceği şekilde hazırlanması gerekir. Bu görevi otomatik düzeltici ve diziciler yaparlar. Örneğin : Titreşimli diziciler.

İş aletinin otomatik olarak robotun çalışma alanına taşınması için transfer sistemleri kullanılmaktadır.

Yukarıda bahsedilen aksamaları sahip bir robot sistemine montaj kabini denir

Montaj kabininde bir veya birden fazla montaj işlemi çeşitli ürünler veya ürün tipleri için tam otomatik olarak yapılabilir.

Montaj robotları operasyonun niteliğine de bağlı olarak genellikle 0.9 s ile 90 s arasındaki iş periyotlarında kullanılmaktadır. Kısa periyotlu uygulamalarda robotlar, taşıma-yerleştirme ve birleştirme görevlerini tek bir yapı elemanı üzerinde çalışarak gerçekleştirmektedir.

Örneğin : Elektronik karta parça dizme operasyonunda tek bir parça 1,5...2 saniyede elektronik kart üzerine yerleştirilmektedir.

Montaj robotları uzun periyotlu montaj görevlerinde de kullanılmaktadır. Mekanik ve elektronik yapısından dolayı montaj robotları 0,9 s çevrim zamanının altında kullanılmamaktadır. Çok ender olarak 90 s'nin üzerindeki operasyonlarda da robot kullanımı mümkün olabilmektedir. Ancak değer donanım masrafları da oransal olarak artmakta ve sistem, ağır bir yatırım halini almaktadır.

Montaj robotlarının mekanik tasarımı, ancak 10 kg'a kadar yapı elemanlarının taşıma-yerleştirme işlemlerine izin vermektedir. Montaj robotu iş parçasının maksimal boyutlarına ve ağırlığına da bağlı olmak üzere 500 mm'ye kadar olan uzunluğa erişebiliyor. [5]

Robotik montajda tolerans problemleri de büyük önem taşımaktadır. Monte edilmesi gereken yapı elemanlarının ve robotun mekanik-elektronik toleranslarından dolayı, montaj işlemi sırasında pozisyon sapmaları olabilmektedir :

- Birbiriyle birleştirilecek parçaların imalat toleransları,
- Robotun konumlama doğruluğu,
- Tutucu ve tutma toleransı,
- Temel parçanın taşıma plakası üzerine esneklik toleransı,
- Parça taşıyıcıların konumlama toleransı.

Bu belirtilen tolerans problemleri, robotik montaja yönelik ürün ve imalat teknolojisindeki gelişmelerle çözümlenebilir. [5]

3.2.1.1. Montaj Robotlarının Kullanım Örnekleri

1. Dizi operasyonu :

Elektronik kartlara dizilen elektronik parçalar 3 gruba ayrılmaktadır.

- (i) Standart elektronik parçalar (aksial ve radial elektronik parçalar, IC elektronik parçalar ve tel köprüler) normal dizi otomatları ile yerleştirilebilir.
- (ii) Özel elektronik parçaların (güç dirençleri, relais, hibrit şalter, küçük trafolar) dizme operasyonları yapılmaktadır.
- (iii) Satıha monte edilebilen elektronik parçalar.

Birçok firmada elektronik kart imalatı çok çeşitli olmakla beraber, üretim az ya da orta miktardadır.

Konvensiyonel dizim otomatları yeterince esnek olmadığından ekonomik değillerdir. Bu durumda dizim robotları devreye girmektedir.

Dizim robotlarında elektronik parçaların tümüyle işlem yapılabilir.

Dizim robotlarının aksamaları :

- Dört eksen montaj robotu BOSCH Sr 800, entegre edilmiş güç dağıtıcı ve operasyon gereçleri değiştirme sistemleri.
- Çok sayıda tutucu : çeşitli elektronik parçaların handlingi için (taşıma, dizme).
- Tutucu magazini.

- Çeşitli elektronik parçalar için gerekli olan besleme donanımı.
- Elektronik kartların dizme pozisyonuna getirilip hazırlanması için gereken band sistemi.
- Dizme operasyonundan sonra elektronik parçaların ayaklarını büküp kesmeye yarayan programlanabilir iki eksenli donanım.
- Robot ve ek donanımın kontrolü için (büküp-kesme) kontrol-sistemi. (Şekil 3.4).

Standart ve özel elektronik parçaların dizilmesinde pnömatik tutucular görev almaktadır. Tutucular dikey eksenle sensörler ile donatılmıştır. Sensör kontrolü, elektronik kartlara diziminde devreye girmektedirler.

Tutucu değiştirme süresini azaltabilmek için çok başlıklı tutucu kafası kullanılmaktadır.

Tutucu kafasının her bir tutucusu sırayla bir elektronik parça alır ve elektronik karta dizer. Serinin ortalama dizilme süresi 4 saniyedir (tutucu değiştirme, bükme-kesme süreleri gözönünde tutularak).

Yukarıda bildirilen sürenin 0,9-1,2 saniyesi sadece dizme robotunun hareket süresidir.

Böylelikle dizme robotları saatte 900 elektronik parça dizerek, saatte 600-700 parça dizen konvansiyonel dizme otomatlarının çok üstünde olduğunu ispatlamaktadırlar

[11]

2. Lehimleme.

BOSCH firmasının konvansiyonel lehim robotları dört yatay eksenle oluşmaktadırlar. Lehim aleti robotun dördüncü eksenine takılıdır. Ayrıca robotla lehim aletinin ucunu temizleme cihazı ve lehim alet kontrol sistemi mevcuttur.

Lehim robotunda önemli fonksiyonlar ve lehim parametreleri otomatik olarak programlanabilmektedirler (Şekil 3.5).

- Lehim derecesi (üç kademe),
- Lehim teli besleme hareket uzunluğu,
- Lehim teli besleme hareket hızı,
- Ön ısıtma, lehim, son ısıtma süreleri,

- Lehim ucunun baskı basıncı yatay ve dikey (üç kademeli)

Robotta lehim işlemini kontrol eden lehim kontrol sistemi aşağıdaki verileri algılamaktadır.

- Lehim derecesi,
- Lehim ucunun baskı basıncı,
- Lehim telinin olup olmadığı,
- Lehim telinin besleme hareket hızı.

Lehim kontrol sistemi ile robot kontrol sistemi arasında, lehim kontrol sistemindeki standart birleşim noktaları aracılığıyla montaj robot akış programı üzerinden iletişim, sağlanmaktadır. Böylece her lehim işlemi, gereken optimal lehim parametreleri ile gerçekleşmektedir.

Lehim aletinin ucunun düzenli aralıklarla temizlenmesi lehim kalitesini yükseltmektedir. Temizleme sırasında lehim tel beslemesi, bir pnömatik silindir vasıtasıyla otomatik olarak yana itilir ve lehim aletinin ucu temizleme cihazı ile temizlenir (Şekil3.6).

Lehim robotunun bir lehim yerinde işlem süresi 1,6-6 saniye arasında gerçekleşmektedir. Bu süre lehim yerinin ısı aktarım özelliğine ve lehim telinin cinsine bağlıdır.

Lehim robotunun işlem süresi aşağı yukarı elle yapılan lehim süresine eşittir. Lehim robotunun avantajı her noktayı eşit olarak lehimlemesidir. [11]

3. Yapıştırma :

Yapıştırma teknolojisi her geçen gün öbür birleştirme işlemlerinin yerini almaktadır (örneğin kaynak ile birleştirme, vidalama).

Bir yapıştırma işlevini robot ile gerçekleştirebilmek için iş aletinin ucunun hızının sabit olması gerekir. Böylelikle aynı oranda yapıştırıcı dağılımı sağlanmaktadır. Kullanım alanına göre yapışkan akışı programlanabilir dozaj uyarısı ile yapılır (Şekil 3.7). [11]

4.Vidalama :

Vidalama halen en çok kullanılan birleştirme sistemidir. Montaj robotuna bağlı (flanşlı) otomatik vidalama cihazları ile değişik ürünler üzerinde farklı vidalama pozisyonlarında vidalama gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.8).

Şekil 3.8’de bir gövdenin vidalama işlemi gösterilmektedir. Vidalama robotu ile vidalama esnasındaki işlemler :

- 1) Vidayı almak,
- 2) Vidayı yerleştirmek,
- 3) Vidayı sıkmak,
- 4) Sıkma değerlerini kontrol etmek.

Otomatik operasyon gereçleri değiştirme sistemlerinin kullanımları ile çeşitli vidalama aletleri her çeşit montaj istasyonunda işlem görebilmektedir. Vidaların düzenlemesi bir titreşimli dizici tarafından yapılmaktadır. Vidalama cihazının beslenmesi pnömatik olarak yapılır veya robot vidaları tanımlanmış bir noktadan alır.

Robot kontrol sisteminde, ölçülen değerlerin kontrolü montaj robotu ile sıkılan her vidanın yüksek kalitede olduğunu garantiler. Vidalama esnasında devamlı ölçülen değerler :

- Sıkılan vidaların momenti,
- Sıkılan vidaların derinliği,

Bunlar kaliteyi sağlarlar. Vidalama esnasında bir müdahale gerekiyorsa, robot kontrol sistemi gereken bilgilerle müdahale edebilmektedir. [11]

5. Tipik Montaj Kullanım Alanları :

Montaj robotunun ana kullanım alanı klasik montajdır. Yani birden fazla parça, parça grubuna veya son halini almış ürüne monte edilir.

Montajda iş aleti olarak tutucular görev almaktadır. Tutucuların yanakları monte edilecek parçaların geometrik ölçülerine uygun olarak tasarlanmıştır.

Aşağıda kısaca iki montaj anlatılmaktadır :

1. Montaj istasyonunda far montajı (Şekil 3.9) : Far lambalarının olduğu grup bir taşıma plakası ile montaj istasyonuna getirilmekte ve bu lamba grubunca far camı takılmaktadır. Lamba grubunun uygun pozisyona getirilmesi kartezyen robotu ile gerçekleştirilir. Far camlarının lamba grubuna montajı iki silindirik koordinat robotu aracılığıyla yapılmaktadır.

Far camlarının lamba grubu ile bağlantısı çelik kelepçelerle sağlanır. Çelik kelepçelerin düzenlenmesi ve beslenmesi titreşimli dizicilerle yapılmaktadır.

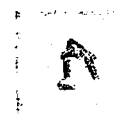
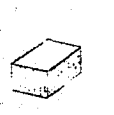
Yukarıdaki montaj istasyonu tam 32 far tipi için düzenlenmiştir. Her far için gereken montaj akış programı taşıma plakasındaki kodlama cihazı ile seçilmektedir.

2. Montaj istasyonunda motorlu testerenin şanzıman montajı : Otomatik şanzıman montajında montaj robotuna 9 çeşit parça, üç titreşimli dizici, üç istifleme magazini ve transfer sistemi ile beslenmektedir.

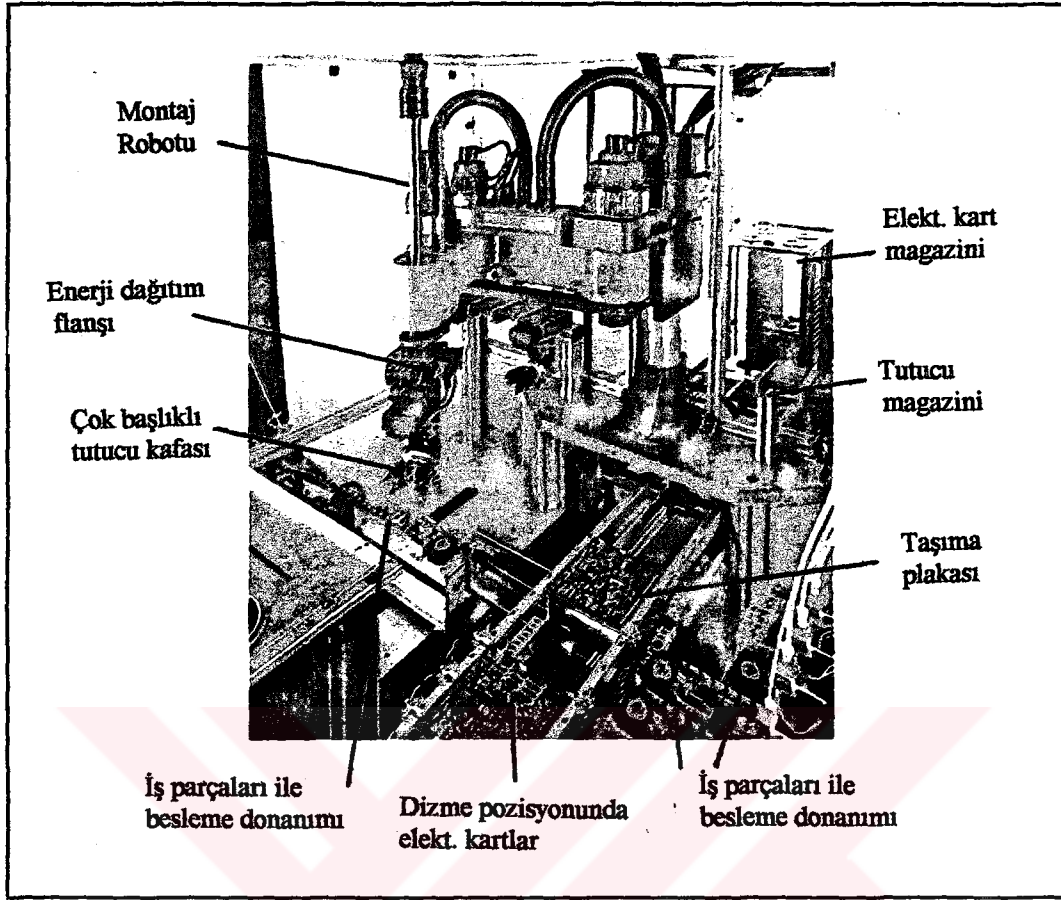
Montaj robotu, şanzıman tüm parçalarını üç istasyonda 75 saniyede monte etmektedir. Montaj süresini kısaltmak için istasyon sayısı 5'e kadar çıkartılabilir. (Şekil 3.10)

Montajda kullanılan robotların sayısında son yıllarda gözlemlenen artışa rağmen yine de beklenen rakamın altında kalmıştır. Bu halen birçok ürünün otomatik montaja uygun olmadığını ve bu ürünlerin otomatik montaja uygun hale getirmenin ekonomik olmadığını gösterir.

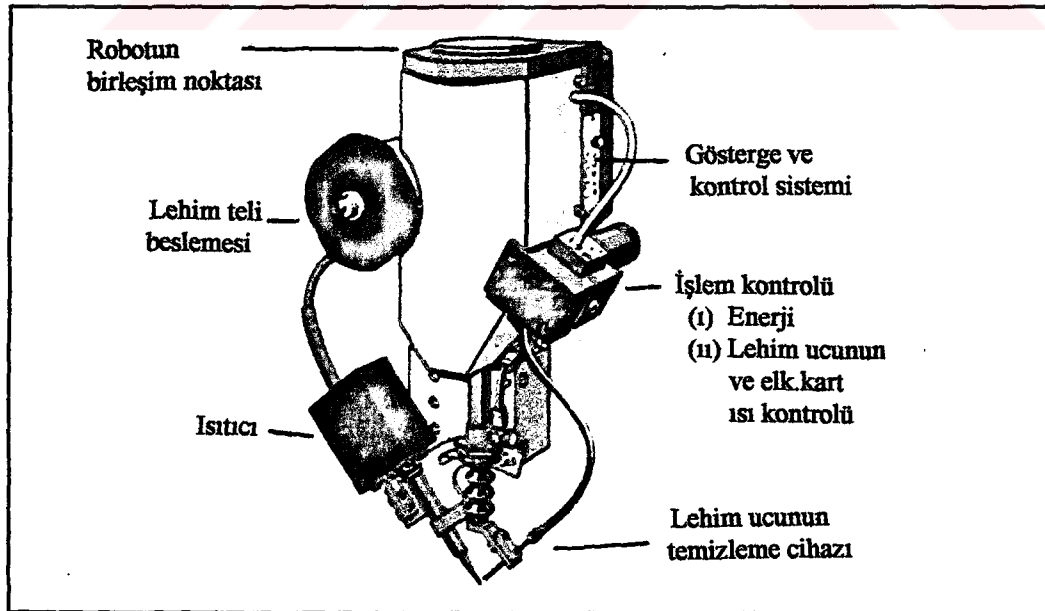
Montaj robotlarının az kullanılmasının nedenlerinden biri de her montaj işlemi için ayrı bir montaj robotuna gereksinim duyulmasıdır. Diğer nedeni ise çok amaçlı kavrayıcıların bulunmamasıdır. [11]

Montaj robotları			
Robot çeşitleri	Silindirik koordinat robotları (SCARA)	Kartezyen koordinat robotları	Küresel koordinat robotları
Mekanik konfigürasyon			
Çalışma geometrisi			
Hareketli eksen sayısı	2-5	2-6	5-6

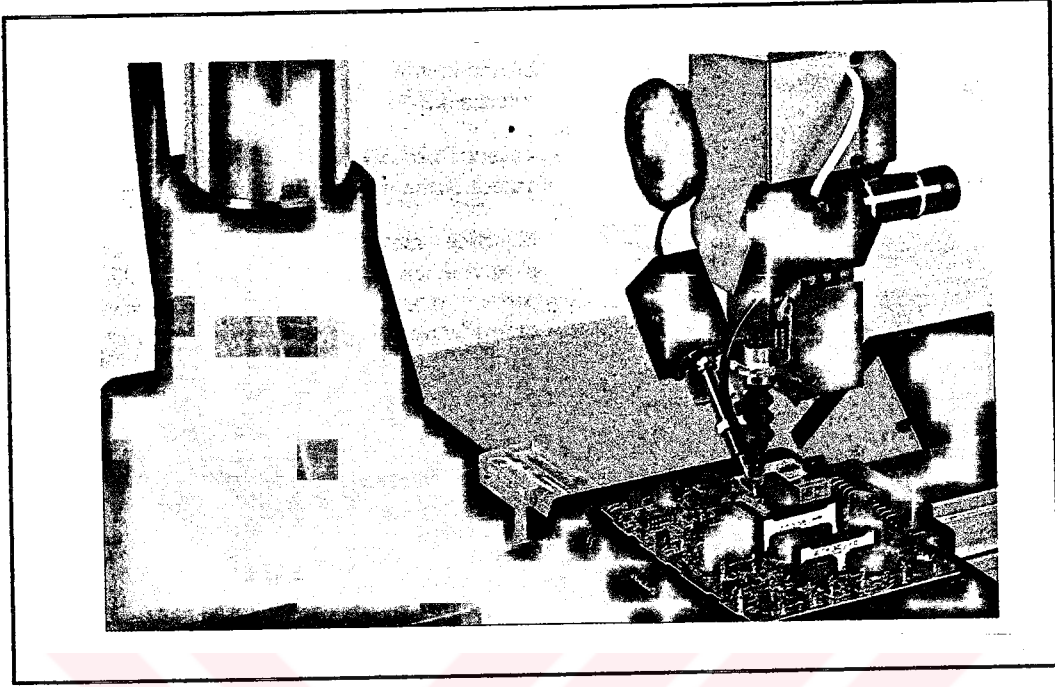
Şekil 3.3. Montaj robot tipleri. [5]



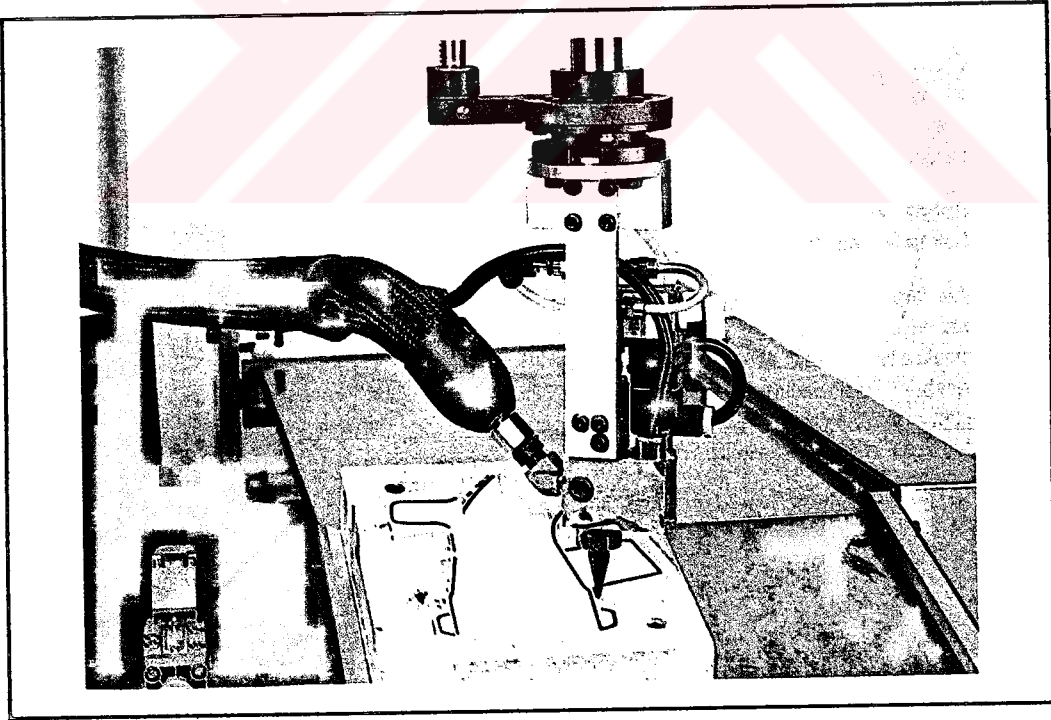
Şekil 3.4. Dizme robotun aksamaları



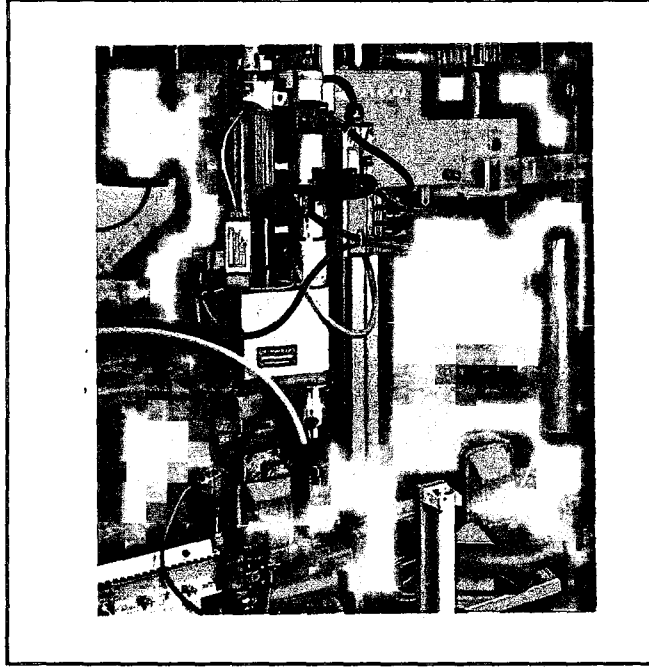
Şekil 3.5. Lehim aletinin komponentleri.



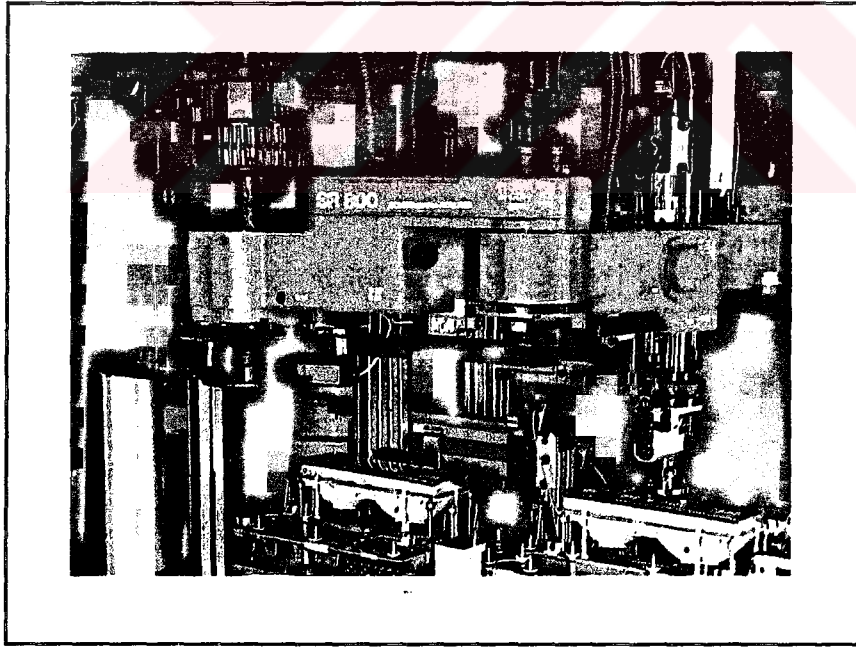
Şekil 3.6. Elektronik kart üzerine elektronik parçaların lehimlenme işlemi.



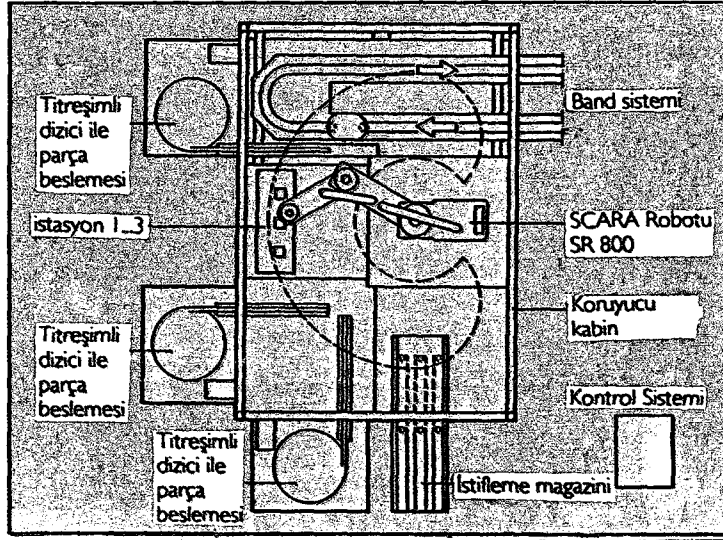
Şekil 3.7. Yapıştırma aleti silikon yapıştırıcıyı gövdeye sürerken görülüyor.



Şekil 3.8. Montaj robotunun vidalama işlemi.



Şekil 3.9. Montaj istasyonunda far montajında iki silindirik koordinat robotu (SCARA ve bir kartezyen koordinat robotu görev almaktadır)



Şekil 3.10. Montaj istasyonunda.

3.2.2. Kaynak Uygulamaları

Punta kaynağının, robotlara ilk kez yaptırılması otomotiv endüstrisinde olmuştur. General Motors'da 1969 yılından , Daimler Benz'de 1970 yılından bu yana gövde kaynakları robotlar tarafından yapılmaktadır. Her iki şirket de Unimate marka robotlar kullanmaktadırlar. Volkswagen ve Renault şirketleri kendi robotlarını geliştirmiş ve imal etmişlerdir.

Otomotiv gövdesinin oldukça karmaşık yapıya 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 güvenli olmalıdır. ASEA, Cincinnati, Kuka, Coman, Kawasaki ve Unimation firmaları bu robotlar üretmektedirler. [12]

Ark kaynağı, punta kaynağından daha karmaşık bir işlemdir. Tecrübeli bir kaynakçı en iyi kaynatma açısını, kaynatma süresini ve geri besleme gerilimini kolaylıkla ayarlayabilir. Bir robotun da bu işleri en iyi biçimde yapabilmesi için kaynakçının hareketlerini aynen takip etmesi lazım. Bunun için sürekli yol kontrol sistemine sahip robotlar tercih edilmelidir. Noktadan noktaya kontrol sistemine sahip robotlar

kullanıldığında noktalar arasında interpolasyon yapabilen programlar gerekmektedir. Algılama tekniklerinin gelişmesiyle ark kaynağı robotları, kaynak yolu ve parametrelerini ayarlayarak kaynak koşullarını çeşitlendirirler. Bu yetenek pahalı ve hassas birleştirme mekanizmalar için ihtiyacı azaltmış, hatta yok etmiştir.

Ark kaynağındaki operasyonları kısaca şöyle sıralayabiliriz :

- a-) kaynak olunacak parçalar bir hızaya getirilir.
- b-) kaynak elektrodu ve parçalar arasında ark oluşturacak parçalar ısıtılır.
- c-) yeteri kadar dolu malzemesi tatbik edilir.
- d-) damla kalınlığı, damla derinliği , ek yeri doldurma kontrol edilir.

Nokta kaynağındaki operasyonlar da kısaca şöyle sıralanabilir :

- a-) birleşecek parçalar bir hızaya getirilir.
- b-) kaynak elektrodları arasında parçalar sıkıştırılır.
- c-) kaynak elektrodları arasında parçalar akım geçirilerek kaynak noktasında parçalar ısıtılır.

Her iki tip kaynak için de parça birleştirme performansı başarı için çok önemlidir. Parça birleştirme iki ana görünüm altında şekillendirilebilir :

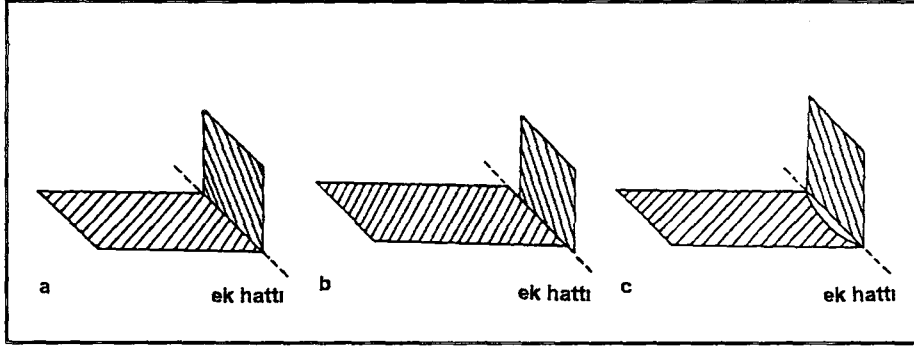
- a-) Ayarlama : parçaların birbirine göre nasıl yaklaştırılacağını gösterir.
- b-) Ek yeri hizalama : yüzey veya köşelerin nasıl bir hızaya getirileceğini gösterir (Şekil 3.11).

Başarılı bir kaynak için, iş parçalarının birbirine göre doğru şekilde pozisyonlanmasının yanı sıra kaynak aletinin iyi pozisyonlanması da gerekmektedir. Nokta kaynağında, iş parçalarının her tarafında elektrodlar birlikte tutulmalıdır.

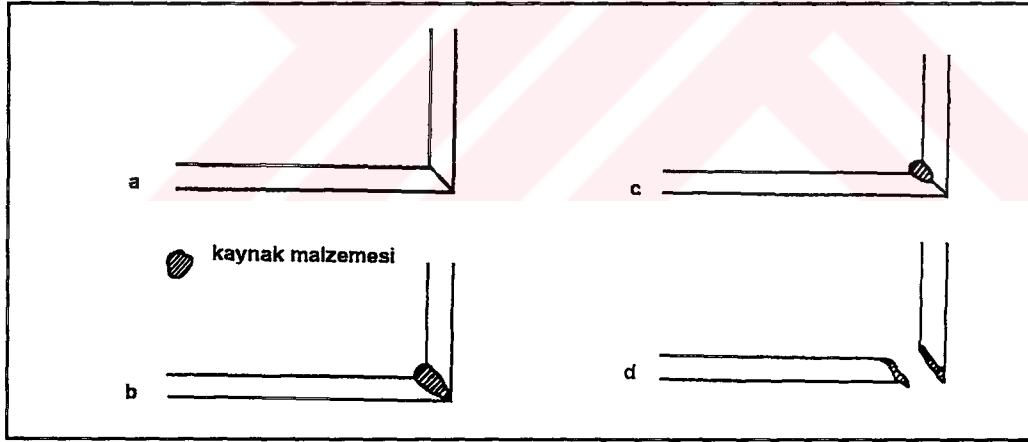
Bazı hacimsel ve tek boyutlu ark kaynaklarında proses ek olarak geometrik ve kinematik karmaşıklıkları da getirir. Çalışma parçalarına elektrodun geometrik teması ile ark oluştuğundan ek yeri boyunca kaynak alevi kontrol edilmelidir. İş parçası için uygun ısıtma organını elde etmede gerekli hız ; kenarı takip eden, alevdeki rotasyonu da içeren elektrod ucunun hızıdır.

Diğer kritik faktör ise, parçaların kaynak noktasındaki sıcaklığın kontrolüdür. Bu kontrol, nokta kaynağında elektriksel parametrelerin kontrolüdür. Özel kalınlıktaki özel malzemeler ile parça yüzeyini birlikte eritmek için yeterli zaman diliminde kaynak

noktasından kontrol edilen akım geçirilir. Ark kaynağı için ısıtmayı etkileyen ek bir parametre ise hızdır. Ek yeri sınır tabakalarında, yetersiz sıcaklık kontrolü kötü kaynaklara yol açar ; sıcaklık yeterli kadar artmazsa, kaynak nüfuziyeti yetersiz olacaktır. Bu arada da hızlı sıcaklık artışlarında alev almalar ve ek yeri boşluklarına sebebiyet verecektir (Şekil 3.12). [13]



Şekil 3.11. Kaynakta parça birleştirmeleri : (a) ideal birleştirme, (b) kötü ayarlama, iyi birleştirme, (c) iyi ayar, kötü birleştirme.



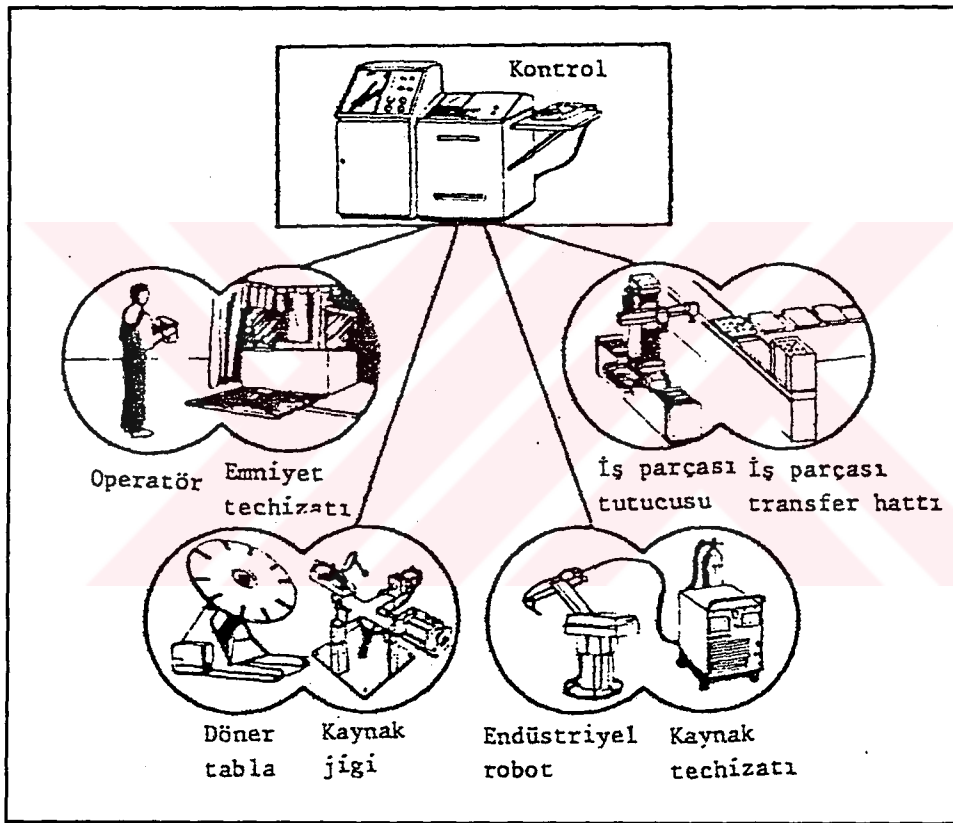
Şekil 3.12. Kaynak nüfuziyetinde uygulanan ısıtmanın etkileri : (a) kaynak öncesi, (b) ideal nüfuziyet, (c) yetersiz ısıtma ve nüfuziyet, (d) fazla ısıtma, alev almalar.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.13) bir endüstriyel robot kaynak sisteminin anahtar parçalarını göstermektedir.

Burada ana eleman endüstriyel robottur ki, piyasada değişik tiplerde dizayn edilmiş olarak bulunabilir. Bunlar sürekli dikiş kaynağı için sabit olarak yerleştirilmiş,

kolları düşey mafsallı robottur. Yüksek manevra kabiliyeti ile birlikte, hareketlerini yüksek hızla ve en az 5-6 eksen etrafında yapabilir, aynı zamanda ardışık, kompleks, üç boyutlu kaynak dikişi de özel tarclarla düzgün bir şekilde yapılabilir. [13]

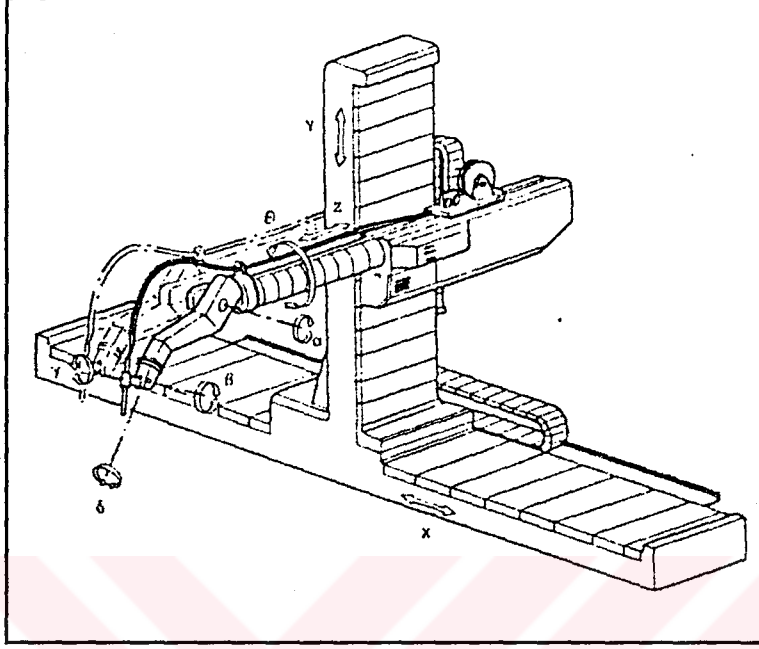
Kaynakta robotların uyumu, insan kaynağına oranla temel avantajdır. Nokta kaynağında birleştirme 20 nokta kaynağı gerektiriyorsa robot her zaman 20 nokta kaynağı yapacaktır. Eğer robot iyi şekilde ayarlanmışsa, her bir kaynak aynı kalitede atılmış olacaktır. Aynı durum ark kaynağı içinde söz konusudur.



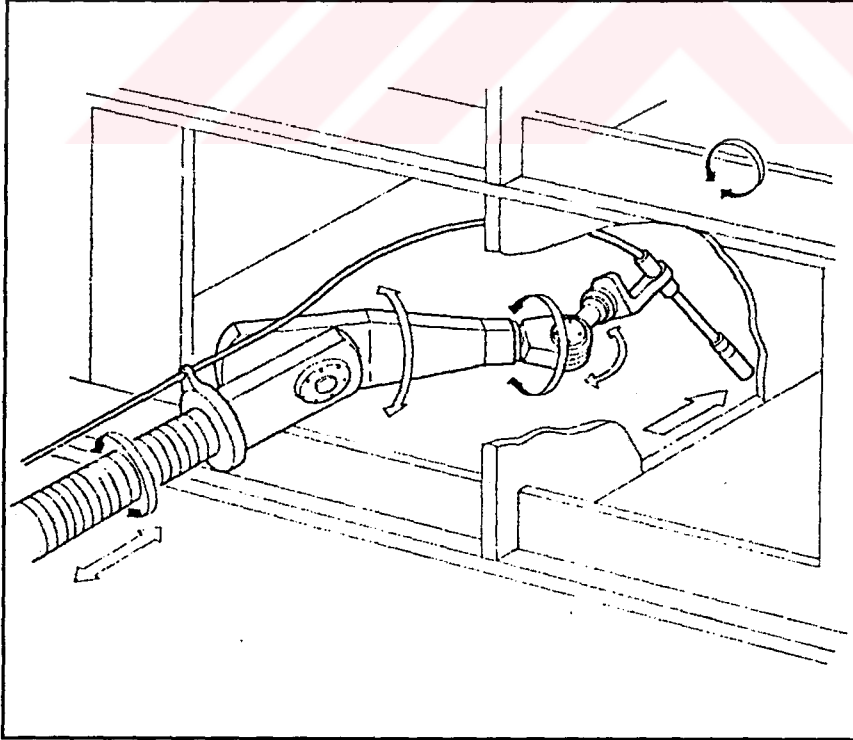
Şekil 3.13. Endüstriyel Robot Kaynak Sistemi. [12]

Kaynakta çevre faktörlerinin insan veriminde ters bir etkisi vardır. Kaynak operasyonları yakınındaki ısı bunaltıcı olabilir, iç akılı kaynak telleri kullanıldığında çıkan dumanlar ise tehlikeli olabilir. Eldiven ve kaynak maskesini içeren iş giysileri ağır ve rahatsız edicidir. Ark hissedilir derecede morötesi ışık yaymaya başlayınca derideki hassas

bölgeler kısa sürede yanığa dönüşebilir. Bu durumlar kısa zaman içinde önemsiz gibi gözükse de uzun vadede tehlikelidir. [13]



Şekil 3.14. Model RW 252 Kaynak Robotu Kinematığı. [12]



Şekil 3.15. Dar alanda esnek çalışma örneği. [12]

Robotların ark kaynağındaki diğer bir avantajı da yeterli sayıda ehliyetli kaynakçının olmayışından ötürüdür. İşin negatif yönleri bu konudaki tecrübeli kişi sayısını azaltmıştır, neticede kaynakçı bulmak da sorun ve yüksek maliyetli olmuştur.

Sonuç olarak robot uygulamalar sayesinde kalite gelişip, maliyetler düşmüştür. Her ne kadar robot, artan çıktılar karşısında kendini uzun vadede amorti etse de robotik kaynağı kalitesi her zaman için insan kaynağından daha yüksektir. [13]

3.2.3. Boyama ve Kaplama Uygulamaları

Genelde robotik boyama ve kaplama operasyonları çok karmaşık değildir. Örneğin algılayıcılar fazla miktarda kullanılmaz. Boyama için gerekli robot teknolojisinin en kritik noktası kontrollü yörüngedir. Yakın geçmişteki boya operasyonlarında, sadece robot yörüngesinin yönetilmediği, boyama aparatlarının da kontrol edildiği robot kontrolünün yanı sıra boyamayı birleştirme hattının hareketiyle ve diğer ilgili operasyonlarla bağdaştırma da vardır.

Robotik boyama ve kaplama operasyonlarının minimum teknoloji gerektirmelerinden dolayı robotlar özellikle otomotiv sektöründeki spreyci boya uygulamalarında yer almaktadır.

Günümüzde birçok tüketici satın aldığı endüstriyel ürünlerde boyanın bir formunun kullanılmış olmasını istemektedir. Bu tür imalatlarda işçilere spreyci boyacılığı alanında önemli görevler düşmektedir. Fakat bu yöntem insan sağlığı açısından çeşitli tehlikeler içermektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir :

1. Püskürtme işlemi esnasında meydana gelen kötü koku ve duman, kimi zaman rahatsız edici kimi zaman da zehirli bir atmosfer doğurmaktadır.
2. Püskürtme işlemi sırasında kompresörden gelen gürültü insanı oldukça fazla etkilemektedir.
3. Boyama işleminin yapıldığı yerdeki atmosfer ani alevlenme özelliğine sahiptir.
4. Boyama işlemi sırasında meydana gelen gazların kanserojen maddeleri içermesi ve operatörü kanser tehlikesiyle karşı karşıya bırakması.

Boyama robotlarının büyük çoğunluğu daha düşük hacimli parçalarla ilgili olup, insan çalışanlara oranla daha maliyetlidir. Buna ek olarak, boyama operasyonunda robot kullanımındaki seçimlerde dikkat edilmesi gereken birkaç nokta vardır. İlk nokta kalitedir. Eğer tatmin edici boyama yörünge programı robota girilmiş ise yörünge tam tamına çevrimden çevrime, günden güne takip edilecektir. Bu yüksek kalite de dayanıklı boya ile sonuçlanacaktır.

Malzemeleri kaplamada da birçok uygulama şekli vardır. Boyama, sıralayıp elektrostatik spreye daldırma teknikleriyle yapılabilir. Boya ile ilgili olmamasına rağmen metalik yüzey üreten termal spre yay kaplama buna dahildir. Çünkü tortu bırakma metodu spre yay boyamaya çok benzemektedir. Bu metotların içinden spre yay boyama imalatda en çok bilinen metodudur. Ana elemanları ise aşağıdaki gibidir :

1. Daldırarak kaplama :

- 1.1. İş parçasını kaplayıcı malzeme olan depoya indirmek.
- 1.2. Dışarı çıkarmak.
- 1.3. Sızmaya izin vermek.

2. Sıvı kaplama :

- 2.1. İş parçası üzerine fakir boya tatbik etmek.
- 2.2. Sızmaya izin vermek.

3. Spre yay boyama :

3.1. Atomize boyamak :

- a). Hava spre yay : yüksek basınçlı hava, boya karışımı içerir.
- b). Havasız spre yay : memenin ucundan direkt olarak boya uygulanır.

3.2. Direkt boyamak :

- a). Atomize boyamadaki tortu momenti kullanılarak havalı, havasız boyama.
- b). Yüklü boya damlacıkları ve zıt yüklü parça arasındaki elektrik geçişi ile elektrostatik spre yay.

4. Termal spre yay kaplama :

- 4.1. Metal kaplayan malzeme.
- 4.2. Basınçlı hava jeti ile yumuşak kaplama malzemesi atomizasyonu.

4.3. Parçaya direkt kaplama. [13]

Boyama ve kaplama operasyonlarının amacı, parça üzerinde genel olarak kontrollü kaplama kalınlığı elde etmektir. Çok kalın kaplama israf olup, aşırı sıcak ortamlarda problem çıkartabilir. Aşırı ince kaplama ise prosesin amaçları karşısında yetersiz kalabilir. Doldurmalı kaplamada kaplama prosesinin kontrolü, kaplama malzemesinin viskozitesinin ve sızdırma esnasında nesnenin manipülasyonunun kontrolü kullanılır. Sprey operasyonlarında kaplama homojenliği ve kalınlığı, nesneye spreyl tabancasının hızı ve yörüngesiyle tanımlanır. Başarılı bir kaplamada nesneye oranla spreyl tabancası, yörüngesi boyunca tatlı şekilde ilerlemeli, bu ilerlemede sabit mesafeyi ve hızı korumalıdır.

Boya tabancası kaynak işleminde olduğu gibi manipülatöre bir uç etkileyicisi olarak monte edilir. Robota işlemleri öğretmek için ise düzgün yürüme metodundan faydalanılır. Bunun için bir işlem programlayıcısı robotu işlem yolunu takip ettirerek son nokta sınırlayıcısına kadar götürür. Bu esnada hareket sayısı ve işlem için nispi hız tespit edilmiş olur. Daha sonra robot boyama işlemini tamamlamak için öğretilen bu yolu öğretilen zamanda kat eder.

Büyük birleşimlerin boyanması, boyacının hareketliliğini isteyerek elde edilmesi gereken boya homojenliğini veren mesafe koruma problemlerini artırır.

Sprey boyama gerçekleştiren çevre, Prosesdeki solvent buharları ve boya tozları dolayısıyla çok iticidir. Personelin boyama operasyonunda koruyucu giysi giymesi, maske takması gerekli olup, çalışanı yorup rahatsız eder. Çevre sadece sıcaklık olmayıp, boya tozu birikmesi görüşü engelleyecek, dolayısıyla kullanılan ekipman da periyodik temizlemeye gerektirmektedir.

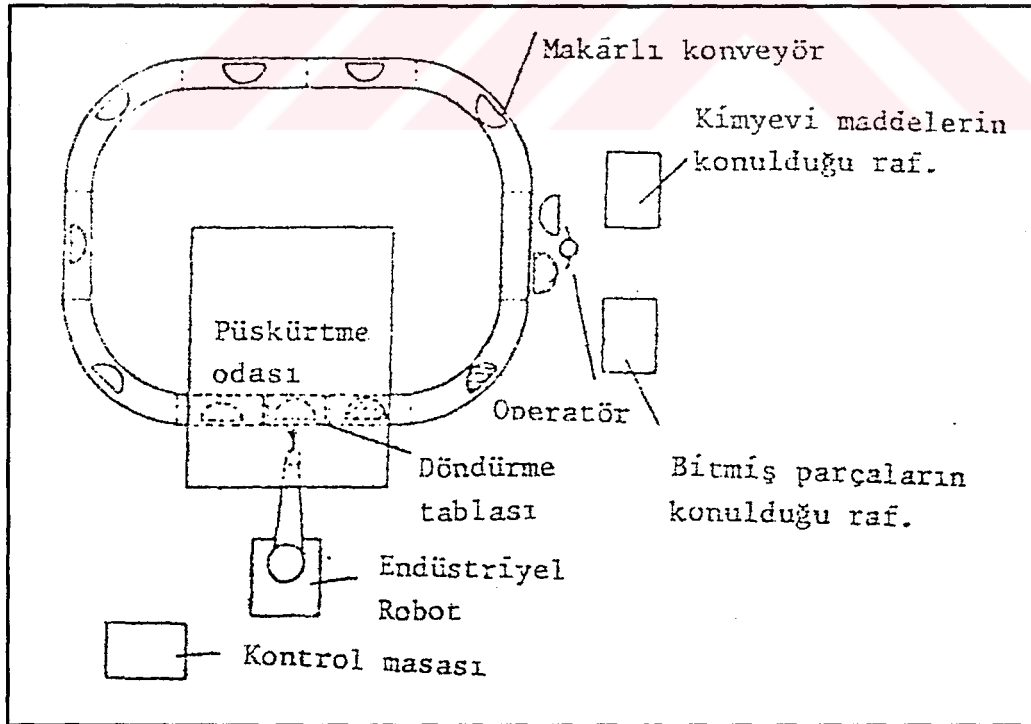
Boyama ve kaplamada aranılan ustalıktır. Uсталık, robot manipülatörü kolu sayesinde elde edilir : birçok durumda 5 serbestlik dereceli robotlar 3 boyutlu yüzeyleri boyamada yeterli olmasına rağmen ilave bir veya birden fazla serbestlik derecesi, iç alanlara robotun ulaşımını kolaylaştırmaktadır. Hareketli bölümler, yanabilir atmosferden dolayı patlama çıkartıcı olmayıp, hidrolik türden olanları kullanılmalıdır.

Genelde başarılı sonuçlar iyi yörünge kontrolü, iyi programlama ve güvenilir boya ekipmanları ile elde edilebilir. İyi programlanmış robot, kendisini yorgunluktan,

boya dumanlarından ve sıcaklıktan uzak olarak temiz boyama ve kaplama ile amorti edecektir. Yörüngenin hassaslığı, spreyn doğru ayarlı durma ve çalışmalarıyla çöp boya malzeme miktarı azalır proses kalitesi bu uyumlu çalışma ile artacaktır.

Sonuç olarak spreyl boyacılığı ve kaplamacılığı işlemlerinde robot kullanımının faydalarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

1. Emniyet : İnsanları tehlikeli olarak çalışmasını önler.
2. Kaplama sağlamlığı : İşlem, bir program dahilinde yapıldığı için istenilen maksimum verime ulaşabilir ve bunun sonucunda yapılan kaplama sağlamlığı arzu edilen seviyede çıkar.
3. Malzeme kullanımı : Robotun işlemi aynı şekilde tekrarlama yeteneğinden dolayı malzeme israfı önlenmiş olur.
4. Enerji tasarrufu : Havalandırma gereksiniminden dolayı meydana gelen enerji ihtiyacı robotların kullanılmasıyla ortadan kalkar.
5. Yüksek üretim : Sprey boyacılığında kullanılan robot, işlemi bir insandan daha hızlı olarak yapar ve aynı hızla bir günde üç iş çevriminde kullanılabilir.



Şekil 3.16. Sprey kaplamacılığı şematik gösterimi. [12]

3.2.4. Endüstriyel Robotların Kalite Kontrol İşlerinde Kullanılması

Endüstriyel robotların kalite kontrol işlemlerinde kullanılması yeni bir uygulamadır. Kalite kontrol özverili çalışma gerektiren bir iş koludur. Bunun sebebi ise işlemin yavaş, bıktıran, sıkıcı ve monoton olmasıdır. Günümüzde bu işlemlerin oldukça büyük bir kısmının insanlar tarafından yapılmasına rağmen endüstriyel robotlar da işlemlerde uygulama alanı bulmaktadırlar. İnsanlar tarafından yapılan muayenelerin büyük bir çoğunluğu örnekleme esasına dayanmaktadır. Yani üretilen bir grup malzeme içerisinde rasgele seçilen örnekler incelenerek malzemelerin kalitesi hakkında bir fikir sahibi olunmaktadır. İmalatta sağlanabilecek maksimum verimlilik için üretilen bütün parçaların aynı özellikte olup olmadığını kontrol edilmesi istenmektedir. Bu yüzden de bu tip işlemlerde parçaların örneklendirilerek kontrol edilmesi yerine yüzde yüzünün muayene edilmesini sağlamak amacıyla otomatikleşmeye gitme çabaları görülmektedir. Bu işlemlerin otomatikleşmeye geçmelerindeki en büyük yardımcıları ise endüstriyel robotlardır.

Robotlar, mekanik gruplarla, optik hassasiyetli elemanlarla, kontrol işlemlerinin diğer usullerini ve ölçüsel muayeneyi sağlamak için programlanabilen ölçüm aletleriyle donatılmıştır. [12]

3.2.5. Robotların Malzeme İletiminde Kullanılması

Güncel malzeme iletimi uygulamaları en basit olanlardan en karmaşık olana kadar sıralanabilir. Basit durumlarda toplama ve yerleştirme prosesinde, robot belirli bölgeye hareket edip, nesneyi kavrayıp, diğer belirli bölgeye ilerleyip nesneyi bırakacaktır. Daha gelişmiş durumlarda robot özel geliştirilmiş tutucular (manyetik veya vakumlu) sayesinde, yörünge kontrolü ile çeşitli çalışma alanını hassas olarak doğrulayan algılayıcılar eşliğinde çalışmaktadır. Karışık olma derecesi her bireysel uygulamanın ihtiyaçlarından ileridir.

Malzeme iletimi uygulamasının robotizasyonunda ana faktör büyük oranda çalışma hacmine dayanmaktadır. Eğer malzeme yığın boyutları büyükse yüksek otomasyon, robotlardan daha ekonomiktir. Eğer yığın boyutları küçükse insan emeği, robotlardan daha ekonomiktir. Fakat yine de robotların kullanılmasının avantajlı olacağı noktalar olabilir; örnek olarak nahoş ve tehlikeli alanlar, yorucu ve tehlikeli işler verilebilir.

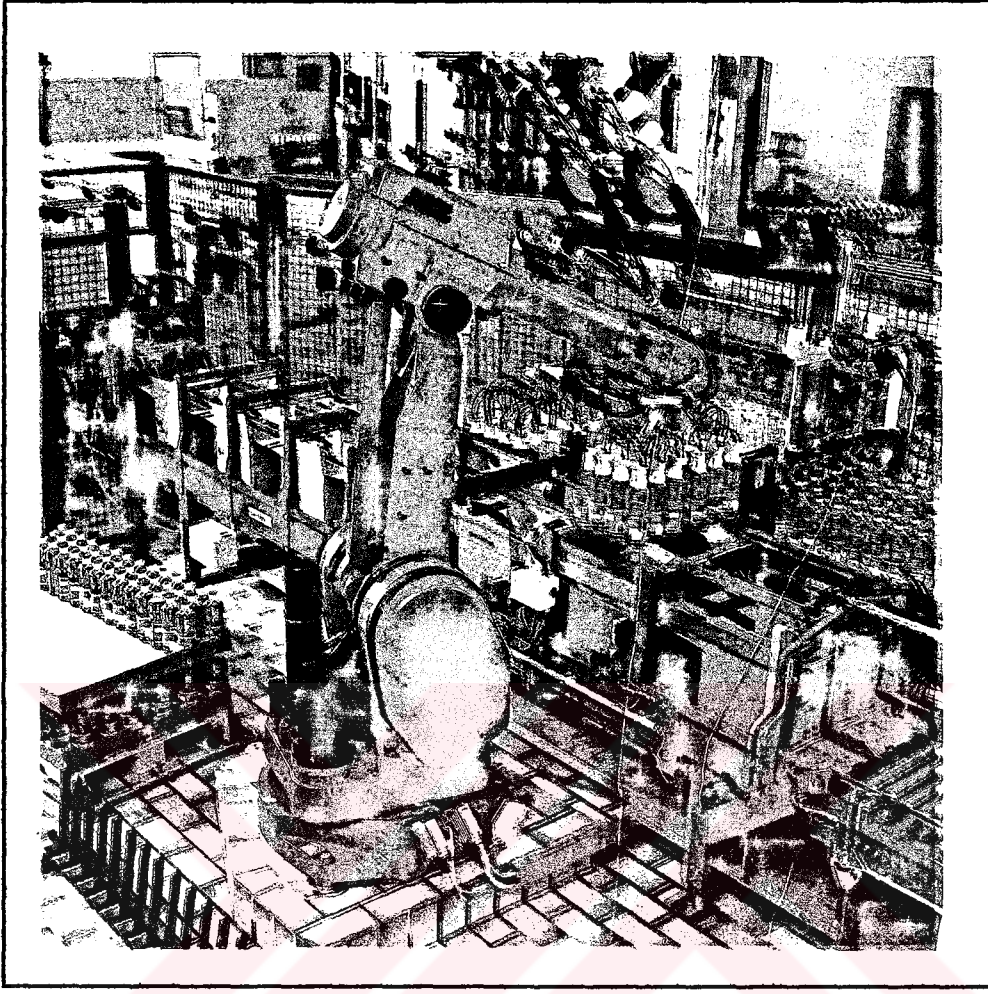
Malzeme iletimi ne şekilde olursa olsun, robot uygulamaları için temel teşkil etmektedir. Robotun esas fonksiyonu nesneyi hareket ettirmek, araç almak, uzayda bir noktadan diğer noktaya iletimi sağlamaktır. Her ne kadar iletim, nesneleri hareket ettirmek gibi görünse de robot yine de merkezleme, paletleme ya da basit olarak toplama ve yerleştirme vazifelerini görebilir. Malzeme iletiminin ana proses elemanları şöyle sıralanabilir :

1. Hareket ettirecek nesneyi bulmak.
2. Nesneyi kavramak.
3. Belirli yörüngede nesneyi taşımak.
4. Nesneyi merkezlemek.
5. Belirlenmiş alana nesneyi bırakmak.

Malzeme iletimi her ne kadar basit görevlerin karmaşık serisi gibi görünüyorsa da bazı kısıtlamalara maruz kalabilir. Örneğin, iş parçasını bulmak kolay bir iş değildir. İletim adımı ne tip üretim prosesine bağlı olursa olsun, çalışma parçası bulma ve yerleştirme ile tanımlanmış olmayabilir. Nesneyi hareket ettirirken, nesnenin ağırlığı, momenti, alet momenti, istenen yörünge, hızlanma ve yavaşlama hızları göz önüne alınmalıdır. Malzeme iletiminde üçüncü olarak da parça geometrisi dikkate alınmalıdır. Küçük hassas nesneler, büyük nesnelerle aynı metotla taşınmamalıdır.

Malzeme taşıma otomotiv dışındaki endüstrilerin robotlara büyük yatırım yaptığı alanlardan biridir. Tipik örnekleri şunlardır :

- * Tekstil endüstrisi : makaraların taşınması.
- * Kimya endüstrisi : şişelerin taşınması, torba ve kutuların paletlenmesi.
- * Gıda endüstrisi : ambalajların paletlenmesi.



Şekil 3.17. Robotlarla malzeme taşınması , şişelerin paketlenmesi [11]

İmalatçılarda yoğun olarak kullanılan robot türü ise blok tiplerini paletleme ve paletten çıkarmadır. Bu örnek robotik sistemden elde edilen kazançlar ise aşağıdaki gibidir :

- Emek tasarrufu : robot ilavesi ile vardiya başına bir işçi azalmıştır.
- Verim artışı : bir az işçiye rağmen verim iki misli olmuştur.
- Kalite gelişimi : özel geliştirilen tutucular ve hassas robot sayesinde imha yüzdesi azalmıştır.
- Güvenlik ve çevre : ağır yükler, toz, sıcaklık ve iş yeri tehlikeleri aşırı miktarda iş kazasına neden olacak iken robot ilavesiyle iş güvenliği artmıştır.

3.3. Otomotiv Sektöründe Çeşitli Robot Uygulama Örnekleri

Bütün dünyada, otomotiv endüstrisi robot kullanımında öncü durumdadır. Otomobil ve kamyon imalatçıları da prodüktivite ve kalitelerini arttırmak için kendi firmalarını zorlamaktadırlar. 2 ve 3 tekerlekli araçlar da dahil olmak üzere bu sanayi kolundaki uygulamaların per çok örneği vardır :

◆ **Boyasız gövde (karoser) :**

- nokta ve ark kaynağı,
- yapıştırma,

◆ **Boya atölyesi :**

- karoserin dış ve iç kısmının boyanması,
- sızdırmazlık,
- karoser altının kaplanması,
- kalıp (zımba) presinin çalıştırılması,

◆ **Kenarların düzeltilmesi ve son montaj :**

- temizleme, astar boyanın atılması, yapıştırma ve ön camların takılması,
- gösterge paneli ultrasonik kaynağı,

◆ **Motor ve transmisyon :**

- blok, conta ve silindir kafası montajı,
- su ve yağ pompası montajı,
- krank mili çapaklarının temizlenmesi,
- motor elemanlarına sıvı contalarının uygulanması,
- makinelerin yüklenmesi/boşaltılması, paletleme,

◆ **Otomobil parçaları imalatı :**

- yakıt tankı, egzoz borusu, koltuk, vs. ark kaynağı,
- tampon, vs.'nin boyanması,
- tekerlek ve plastik parçaların çapaklarının temizlenmesi,
- otomobil iç parçaları için dokuma ve lastik parçalarının su jetiyle kesilmesi,

- gösterge paneli, tampon, tavan penceresi, vs.'nin mekanik kesimi,
- tampona ısıtma işlemi uygulama, poliüretan köpükleme ve boyama,
- camların (ön camlar vs.) taşınması,
- kalıp presinin boşaltılması, temizlenmesi ve ayrıcı (serbest bırakma maddesi) püskürtme,
- far montajı,
- plastik elemanların yapıştırılması.

3.3.1. Tavan Kaplaması Yapıştırma Robotu.

Oyak Renault'nun Bursa'daki otomobil fabrikasında Renault Automation tarafından geliştirilmiş olan tavan kaplaması yapıştırma robotu 1994 yılından itibaren kullanılıyor. Tavan kaplaması yapıştırma robotu; robot kasanın robot eksenine göre pozisyonunu ve araç tipini belirleyen ölçme sistemi, yapıştırıcı uygulama grubu ve 4 ayrı tip tavan kaplamasının asılabildiği turnikeden oluşuyor.

Robotun işlevi, tavan garnitürünü almak, istenen yörüngede yapıştırıcı tatbikini gerçekleştirmek ve kasaya yapıştırmaktır.

Robotun temel çalışma prensipleri şöyledir :

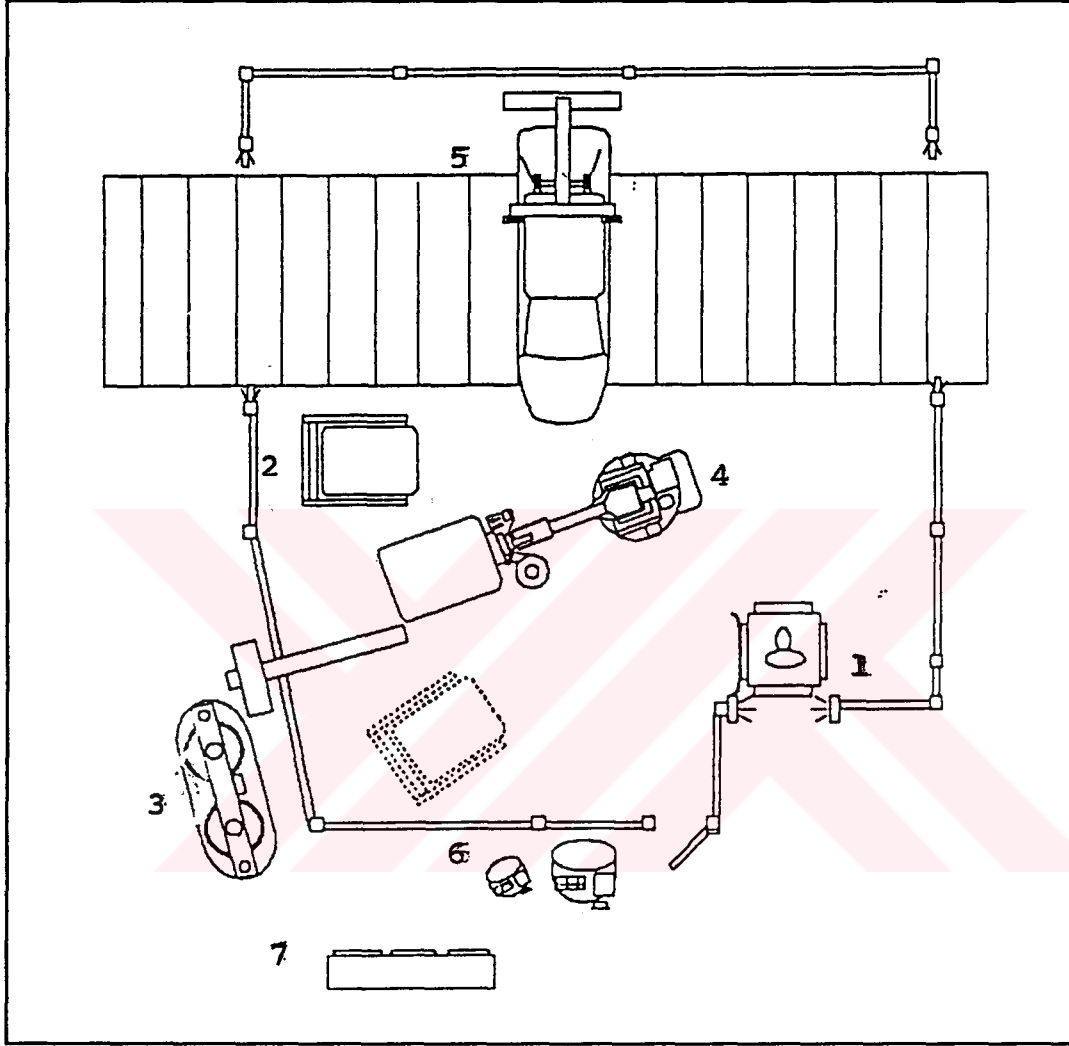
- operatörün sıradaki araca uygun kaplamayı seçip, turnikeye yerleştirilmesi
- tavan kaplamasının uygun süpürge ile aspirasyon sayesinde alınması
- araç tipine göre öngörülen yörüngedeki yapıştırıcının tatbiki
- önceki operasyonlar esnasında belirlenen pozisyon kaçıklığını telafi eden bir yörünge çizerek aracın içine ön cam boşluğundan robotun girmesi
- robotun tavan kaplamasının yapışması için belirli süre kuvvet uygulaması

Bölgede çalışan personelin iş güvenliği robotun çevresine kurulan paravanlarla sağlanmış olup; robot çalışma alanına girişler optik algılayıcılar

Şekil 3.18'de robot yerleşimi görülmektedir.

Tavan kaplaması yapıştırma robotunun kalite açısından getirdikleri ise : estetik özelliği olan kaplamanın temiz ve hasarsız yapıştırılması, insan gücü ile sağlanamayacak yapıştırma kuvvetini sağlayabilmesi, insan ergonomisine uygun olmayan montaj şeklini

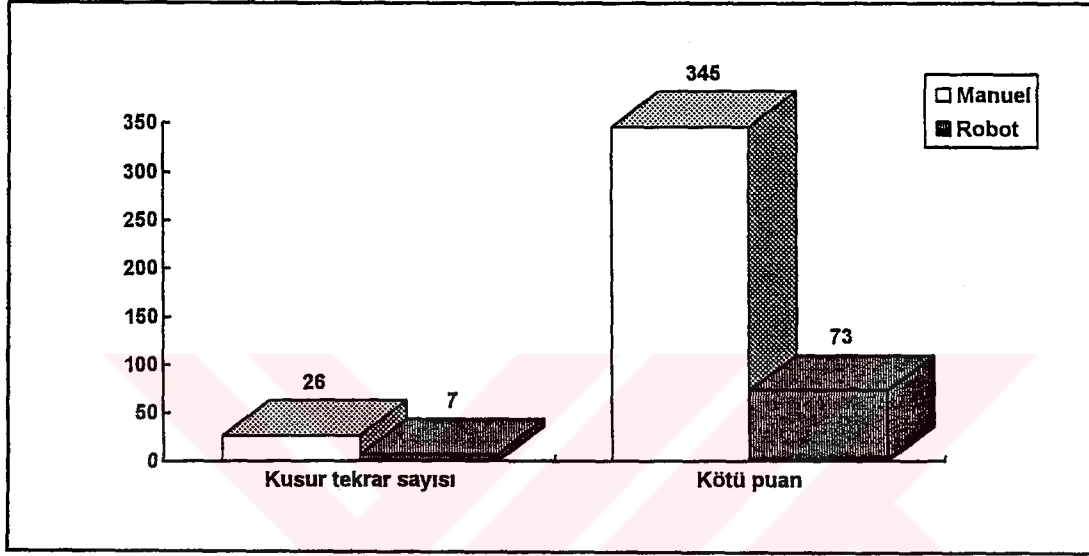
üstlenmesi, karşılanan problemlerin hızlı şekilde tespiti, analizi ve çözüm uygulamasının kolaylaştırılması, esnek üretime uygunluğu olarak sayılabilir.



Şekil 3.18. Tavan kaplaması yapıştırma robotu yerleşimi. [15]

- 1- tavan kaplamasının asılacağı turnike,
- 2- tavan kaplamasının aspirasyon ile alacak süport,
- 3- yapıştırıcı pompaları ve tatbik cihazı,
- 4- robot,
- 5- araç,
- 6- kumanda panosu,
- 7- ana kumanda merkezi.

Tavan kaplamasının manuel ve robotlu çalışma koşullarında yapıştırılması kalite yönünden de kıyaslanabilir. Şekil 3.19’de böyle bir karşılaştırma verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi kusur tekrar sayısı ve kötü puanlama açısından robot daha üstündür.[15]



Şekil 3.19. Eşit zaman diliminde 651 araçlık manuel, 428 robotlu üretimin nihai ürün bazında kalite değerlendirilmesi. [15]

3.3.2. Genel Gövde Birleştirme Robotu

Birçok otomotiv üreticilerinin kullandığı gövde birleştirme robotları kalite açısından çok önemlidir. Kasa kenarlarındaki ve tavandaki kaynak birleştirmeleri tek bir makinada gerçekleştirilebilir. Altı robot, bir dakikadan daha az bir sürede 100 kaynak noktasında işlem görerek çalışmaktadır. Böylece ana kasadaki geometrik boyut farklılıkları minimuma indirilmiş olur. Kasa birleşimi 250 adet kaporta parçasının tümünde gerçekleştirilmektedir. Sonuçta 600 ile 800 arasında kot, birleştirme esasını oluşturmakta.

Olası sapmaları en aza indirgemedede 5 etap tanımlanabilir :

1.etap : Geometrik kalite tanımlayıcıları olan kotların makine tarafından tanınması. Buradaki amaç, birleştirilecek parçalardaki olası kaymaları belirlemek ve 0.8 ile 1.3 mm toleranslar arasında kalmalarını sağlamaktır. [16]

2.etap : Çalışmalar genel birleştirmedeki tüm hatları analiz ederek sistem kapasitesinin bu toleranslara uyup uymadığını kontrol eder. Belirli veri tabanından itibaren tüm parçasal sapmaların tamamının belirlenen hedefi geçip geçmediği kontrol edilir. Hata belirlediği anda kot sayısını azaltmak gereklidir. Sistem ikili bir prensibe dayanmaktadır : bir yandan tüm üç tezgah (ön, arka, iç) fiziksel olarak makinadan bağımsızdır. Çevreden kaynaklanan sapmalardan da kaçınılmaktadır. Diğer yandan ise 3 tezgah kendi aralarında da ilgilidir.

3.etap : Makine parçalarının seçimi yapılmaktadır. En hassas ekipmanlar seçilmiş olup, minimum boşluk oluşumu sağlanmıştır.

4.etap : Sistemin montajı yapıldıktan sonra test yapılır. Referansların ayarı parçanın dayandığı tüm pozisyonlara milimetrenin onda ikisi hassasiyetini sağlayacak şekilde yapılır. Son etapta ise kilitlerin ayarı, hareketlerin hızı ve parçaların tezgahlara iyi şekilde taşınmasının kontrolü yapılmaktadır.

Geometrik kalite ve kasa kaynağının yapılması gibi performansların yanı sıra sistem, yatırımları azaltmayı da sağlar.

Bu sistem Renault, Saab, General Motors, Chrysler ve Ford gibi büyük otomobil üreticilerinde yer almaktadır. [16]

3.3.3. Koltuk Yerleştirme Robotu

48 saniyelik çevrim içerisinde 30-35 kg'lık koltukların montajını yapabilen robot, Renault Automation tarafından geliştirilmiş olup, her tip araba için kullanılabilir.

Aracın iki tarafından yerleşik iki robot ön koltukları yerleştirmektedir. Robot, koltuğun altlığını ve sırtlığını kasarak almaktadır. Her biri birer türbine bağlı olan robot parçaları koltuğun nihai pozisyonunu almasını sağlar. Ardından robot, koltuk tespitlemelerinin geometrik olarak bulunduğu ölçme masasına koltuğu yerleştirir. Robot 0 noktasındaki koordinatlarına göre yörüngesini kontrol eder. Son hamlede direksiyon kolonundan sıkılarak konsolun altından geçerek aracın içine girilir. İlk önce sağ ön, ardından sol ön koltuk yerleştirilmiş olur.

Bu montaj tipinde yatırımların azaltılması söz konusudur. Öncelikle tek bir robot kullanılmakta olup, her araç tipi için işlem görebilmek büyük bir avantajdır. [15]

3.3.4. Motor beşiği punta kaynak robotu

Oyak - Renault, Renault 19 motor beşiği kaynak ve delme hattı Serra Soldadura S.A. Barcelona tarafından yapılmıştır.

Tesis bir PC tarafından izlenen ve bir April 5000 otomat tarafından kumanda edilen üç çalışma bölgesinden oluşur.

Bölge 1.

Robotize punta kaynak postası, 66 kaynak puntası atılır. Bölge şu bölümlerden oluşur :

- motor beşiğini tutmak için pnömatik serajlı bir adet tutuculu ACMA BR 2210 robotu.
- yere sabit elektrod serajlı bir adet elektrik pense, güç kolonuyla donatılmış hava ve su tesisatı.
- 10 parça kapasiteli iki farklı bant girişte manuel yüklenir ve robot tarafından boşaltılır.

Bölge 2.

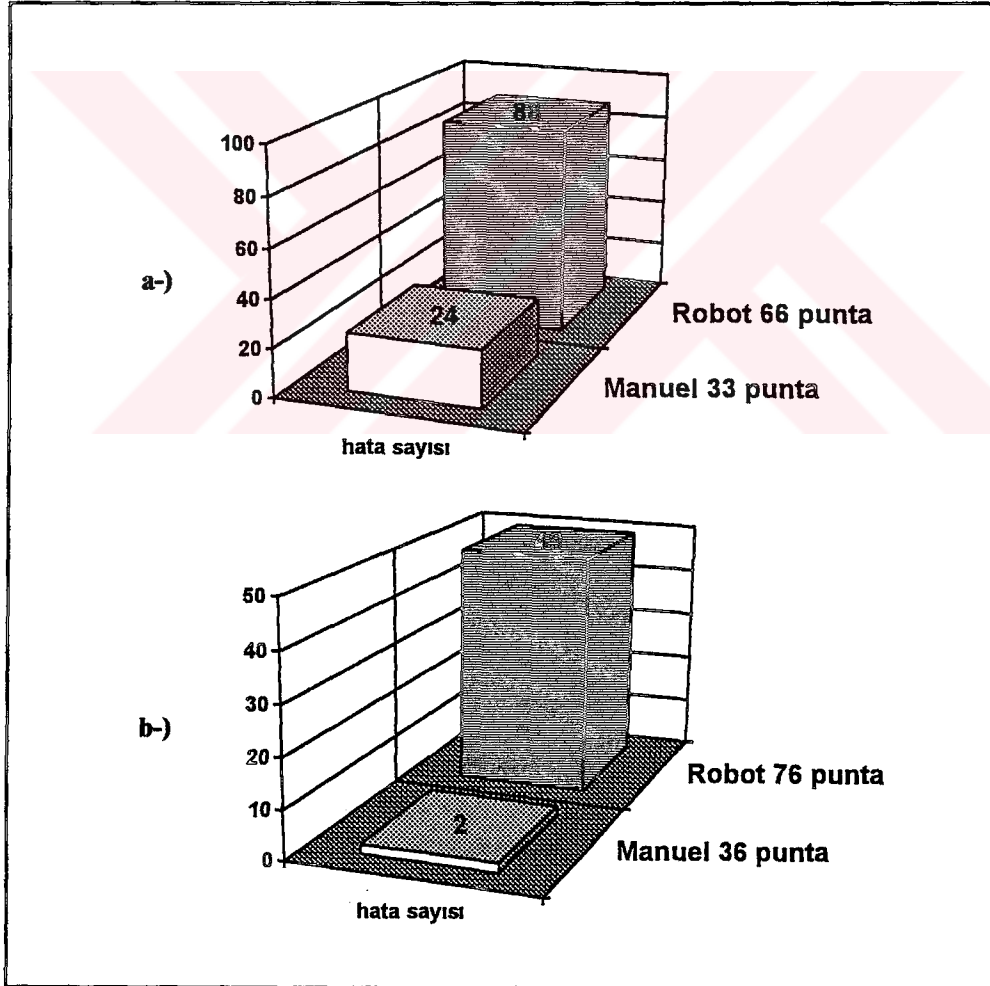
Robotize punta kaynak postası, 76 kaynak puntası atılır. Bölge şu bölümlerden oluşur :

- motor beşiğini tutmak için pnömatik serajlı bir adet tutuculu ACMA BR 2210 robotu.

- yere sabit elektrod serajlı bir adet elektrik pense, güç kolonuyla donatılmış hava ve su tesisatı.
- yere sabit pnömatik pense, kaynak kontrolü, güç kolonu, hava ve su tesisatı.
- 10 parça kapasiteli iki farklı bant girişte manuel yüklenir ve robot tarafından boşaltılır.
- doluluk kontrolü olan arıza hali çalışmasında parça boşaltmak için bir rampa.

Bölge 3.

Üç bağımsız bölümden oluşur : iki delme postası ve taşıma, boşaltma postası, ayrıca 100-140 bar basınç sağlayan hidrolik bir pompa. Toplamda 22 delik atılır.

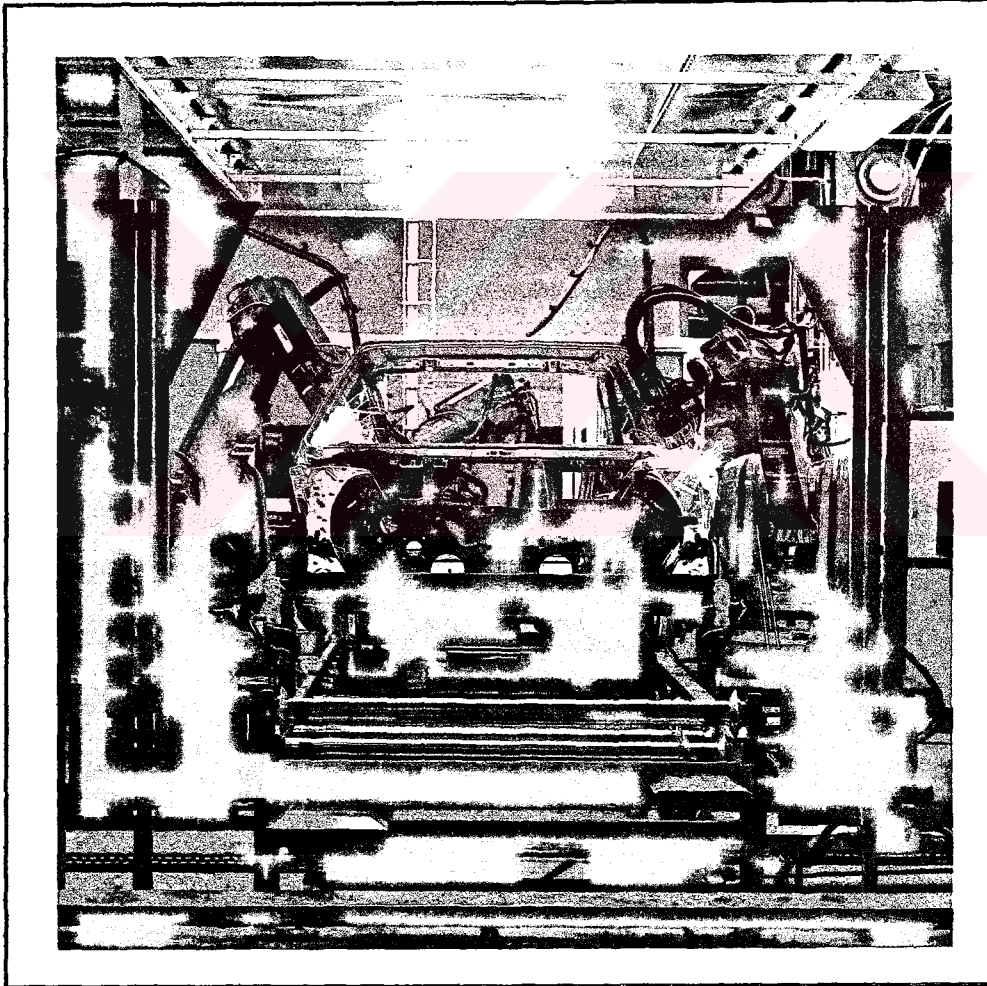


Şekil 3.20. Motor beşiği 1 (a), 2 (b) no'lu bölge kaynak kontrolleri kıyaslaması.

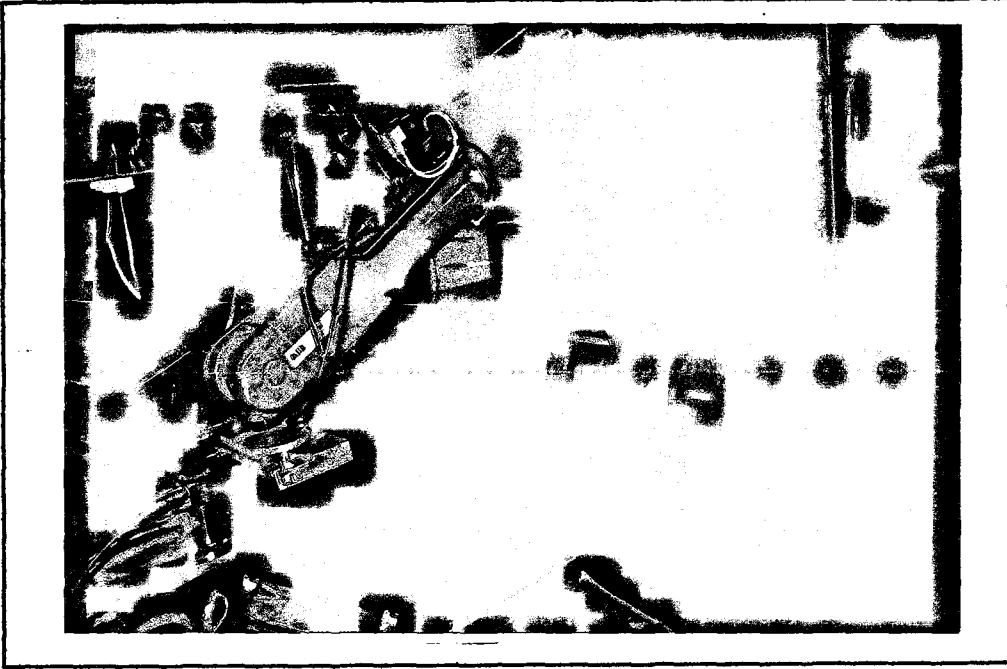
Motor beşiğinin 1 no'lu punta kaynak bölgesi için 3 ay boyunca yapılan kaynak kontrolünde kaynak kopuklukları, çap küçüklüğü, çapaklılık, deformasyon, pozisyon, kaynak eksikliği kontrol edilmiş olup; manuel ve robotize çalışmaları için kıyaslama aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.20.a.)

Aynı zaman diliminde 2 no'lu bölge için yapılan kaynak kontrollerinin kıyaslaması ise Şekil 3.20.b'de gösterilmektedir. [15]

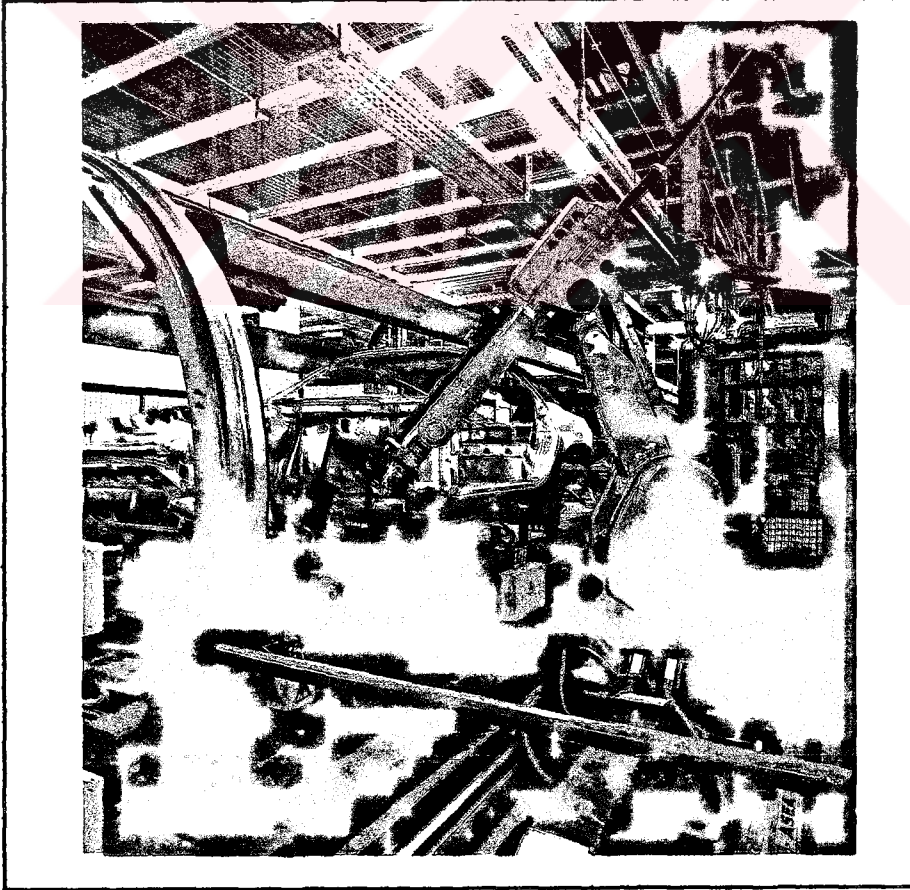
3.3.5. Otomotiv sektöründe robot uygulama resimleri



Şekil 3.21. Kaynak atma robotu [11]



Şekil 3.22. Cam kenarlarını kaplama robotu. [11]



Şekil3.23. Montaj robotu. [11]

3.4. Askeri ve Günlük Hayatta Kullanılan, Geliştirilmekte Olan Yeni Nesil Robotlar

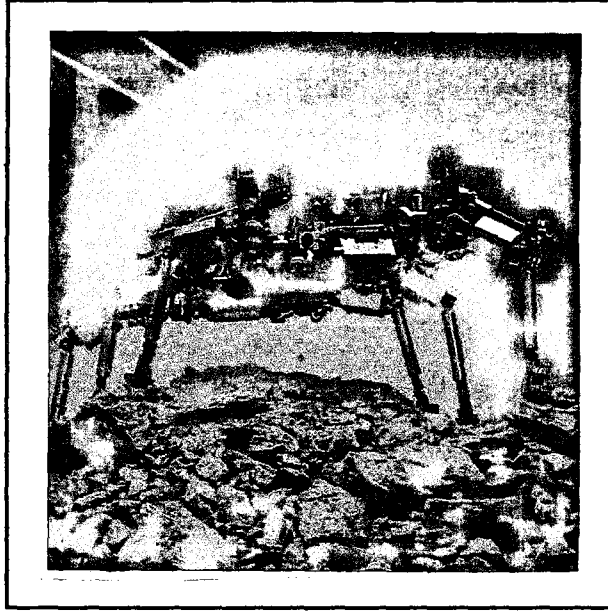
Günümüzde askeri ve günlük hayatta kullanılan ve kullanılması planlanan, geliştirilmekte olan robotların çoğu, eski insana benzeme ilkesiyle beraber biyoloji dünyasından esinlenerek yapılmaya başlandı. Karınca, böcekler, solucan gibi hayvanların yaşamı, çalışma stili, hareket organları incelenerek, onları taklit eden robotlar üretiliyor.

Japon bilim adamları ise hem fiziki hem de kafa yapısı açısından insana benzeyen ve kendiliğinden hareket edebilen bir robot üretebilmek için çaba harcıyorlar

3.4.1. Askeri Hayatta Kullanılan ve Geliştirilmekte Olan Robotlar

Bilgisayar uzmanları karıncalardaki kolektif davranışı (Örneğin : Karınca kolonisinde yiyecek sıkıntısı başgösterdiğinde, işçi karıncalar hemen “besleyici” karıncalara dönüşüyorlar ve yedek midelerindeki besin maddeleriyle diğerlerini beslemeye başlıyorlar. Sorun giderildikten sonra hemen işçi karıncalara dönüşüyorlar. Her karınca çevresindeki koşullarda meydana gelen değişikliklere anında uyum gösteriyor, ama problemin bütünü konusunda küçük bir bilgiye bile sahip değildir.) laboratuvarlarda robotlarla üretmeye çalışıyorlar. Çok gelişmiş, ileri programlar yerine, kendi aralarında işbirliği yapan, “basit” enformatik unsurlardan oluşan robotlar üzerinde yoğunlaşıyorlar. Bu çalışmalarda temel ilke aynı : çok gelişmiş bir robot oluşturmak yerine, daha az “zeki” bir sürü robot geliştirmek, ama bunlardan tıpkı karınca kolonisinde olduğu gibi en “karmaşık” görevleri üstlenmelerini beklemek. Bu robotlar tek tek ele alındığında zeka açısından çok gelişmiş olmayacaklar, ama ortak hareket dürtüsüyle işbölümü gerçekleştirecekler. Çünkü, en basit enformatik bilgileri bir-biriyle değiş tokuş etme yeteneğine sahip olacaklar.

NASA Mars gezegenindeki araştırmalar için gelişmiş bir tek robot göndermek yerine, birçok karınca robot göndermeyi planlıyor. Böylece birkaç tanesi tahrip olsa bile, ekibin ayakta kalanları görevlerini tamamlayabilecekler. (Şekil 3.24) [17]

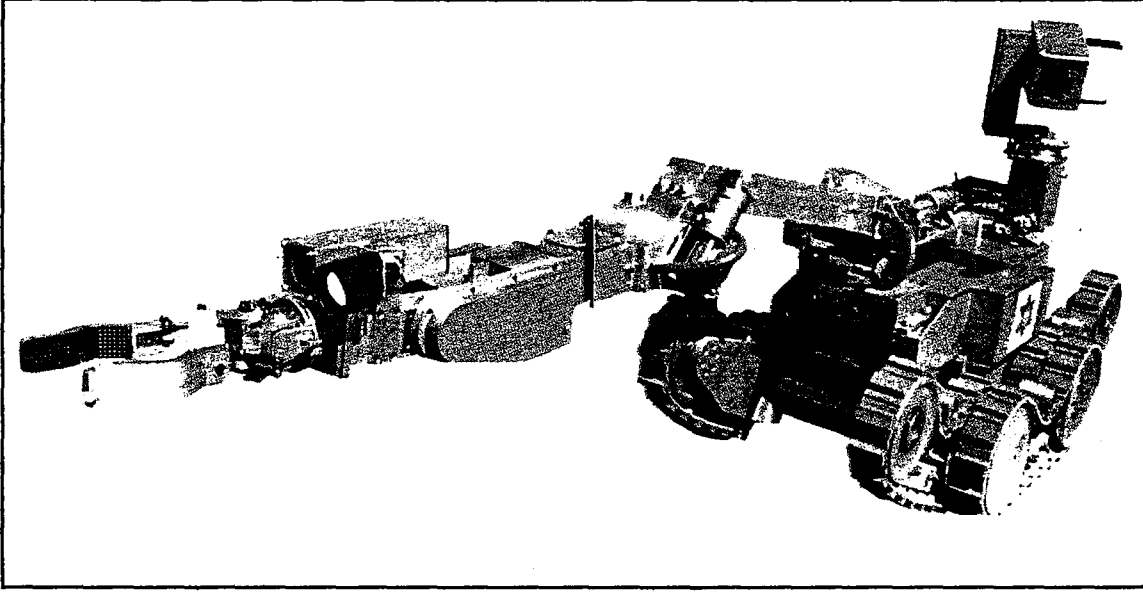


Şekil 3.24. Karınca robot

Boston Üniversitesinden Johannes Smits, boyu milimetrelerle ölçülen “karınca” robotlar yapmak için mikro elektronik sistemler ve pizoelektrik kullanıyor. Bazıları büyük beyinli, bazıları geniş çeneli, bazıları güçlü gözlere sahip, bazıları da kanatlı olan bu robotlar birleştikçe çok karmaşık işleri başarıyla sonuçlandırabiliyorlar. Amerikan ordusunun desteğiyle çalışmakta olan Smith projesini hala tamamlamadı. Projede çatışma sırasında egzozları tıkeyıp düşman araçlarının sabote edecek, bombalanacak hedefleri için keşif yapacak vs... askeri karıncalar geliştirmek de var.

Amerikan ordusu diğer robot teknolojilerini de devreye sokmaya çalışıyor. 1991 yılındaki Körfez Savaşı’nda, “Pioneers” adlı prototip robot hava araçları bilgi toplama görevine üstlendirilmişlerdi. Bu savaşın sonuna doğru bir grup Irak askeri kendilerini çevirmiş olan “Pioneer”lara teslim olmuşlardı.

Amerikan Kuvvetleri Bosna’da da robotları kullandılar. 7.500 m yükseklikte uçan “Predator” robot uçağı, savaşın yakıp yıktığı yerlerdeki hareketleri inceleyip, yerel üstlere ve Cambridgeshire’daki NATO Haber Merkezi’ne bilgi aktarıyordu. Ayrıca, yine Bosna’da kod adları “Panter” ve “Porsuk” olan robot tank ve kamyonlar, yaklaşık iki milyon mayının temizlenmesinde kullanılmıştı.(Şekil 3.25) [18]

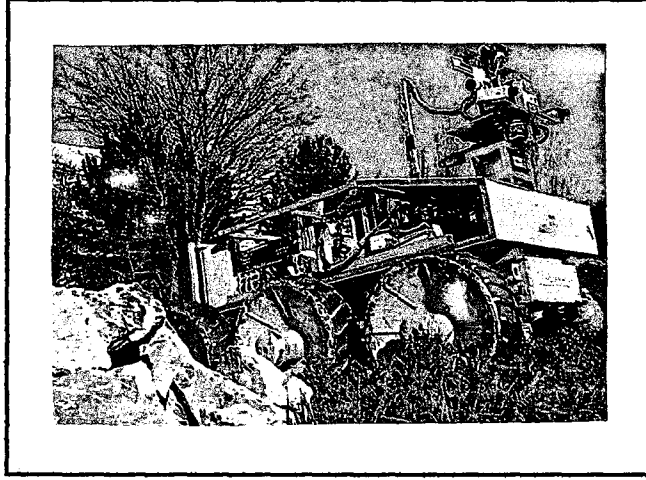


Şekil 3.25. Bomba imha eden robot tank [18]

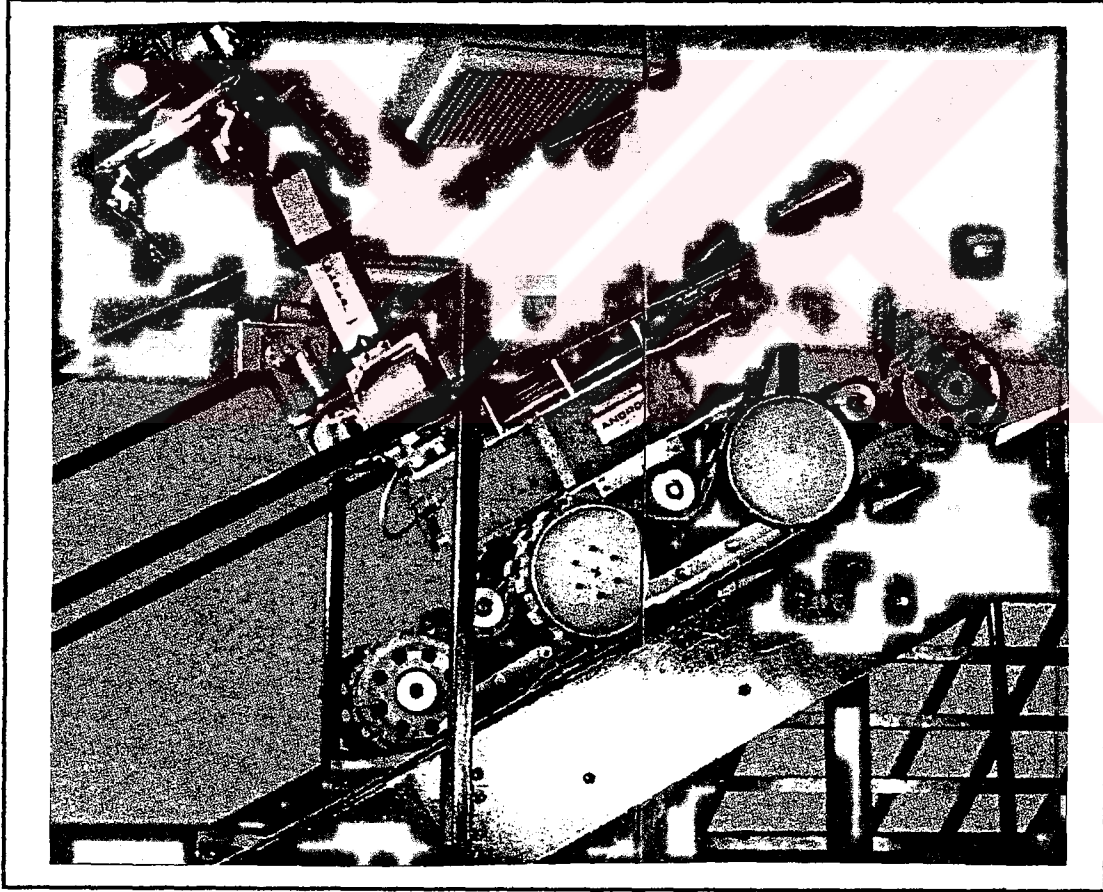
Amerika’da orduya bağlı “Hareketli Keşif Değerlendirme Cevap Sistemi” (Mobile Detection Assessment Response System -MDARS) projesi, askeri üstlerde devriye gezmek için robot bekçi üretiyor. Hareketli alıcılarla donatılmış bu kendi kendini idare eden hareketli platformlar, hem içeride hem de dışarıda iş görüyor. Her ne kadar bir işgal anında insanlar devreye girecek olsalar da, sayı olarak azalan bir orduda bekçilik görevinin otomatik hale gelmesi son derece mantıklı.

Bir sonraki adım, silahlı robot askerler geliştirmek. Üstelik, ordudaki uzmanlar bile böyle bir girişimin yapılması gerektiğinden söz ediyorlar. Maryland’deki “Robot Teknolojisi” şirketinden Robert Finkelstein, Amerikalıların savaştaki ölümlere katlanma güçlerinin kalmadığından söz ediyor. Önerilen iki çözüm var; ya Fransızların lejyonerleri gibi kiralık yabancı askerler kullanılacak ya da robot askerler geliştirilecek.

Uzmanlar en mantıklı çözümün robot asker olduğu görüşündeler. Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı’nda çalışan bilimadamlarının geliştirdikleri “Cankurtaran” isimli robot, pusuya yatmış olanları arıyor ve bir merminin geliş yolunun haritasını çıkararak atıldığı yeri buluyor. Bu teknolojiyle donatılmış bir robotun, ateşi doğrudan saldırganlara yöneltebilen, etkili bir asker olacağına şüphe yok. Ancak askeri komutanlar,



Şekil 3.26. Kendi kendini kontrol edebilen Robot araç. [18]



Şekil 3.27. Güvenlik robotu. [18]

bilerek başına buyruk otomatik öldürme makineleri yapma konusunda sessiz kalmayı tercih ediyorlar. Pentagon, silahlı robotlar üretmeyi düşünüyor ama, bunların kesinlikle bir insan tarafından kontrol edilmesi gerektiğini vurguluyor; kendi kendini yönetebilen bir ateş gücü kesinlikle istenmiyor.

ABD haricinde Rusya, gelişmiş Avrupa ülkeleri, Japonya, Çin'de robotların orduya yansıtılması için araştırmalarını sürdürüyorlar. [18]

Şekil 3.26'de Rusya'da geliştirilen, kendi kendini kontrol edebilen robot araç gösteriliyor. Bu robot Savunma Bakanlığında, engeli alanlarda araştırma yapmak için geliştirilmiş. Şekil 3.27'de gösterilen güvenlik robotu, merdivenleri rahatlıkla kullanabiliyor, nükleer çalışma alanlarında hassas taşıma gerektiren durumlarda devreye giriyor.

3.4.2. Günlük Hayatta Kullanılan ve Geliştirilmekte Olan Robotlar

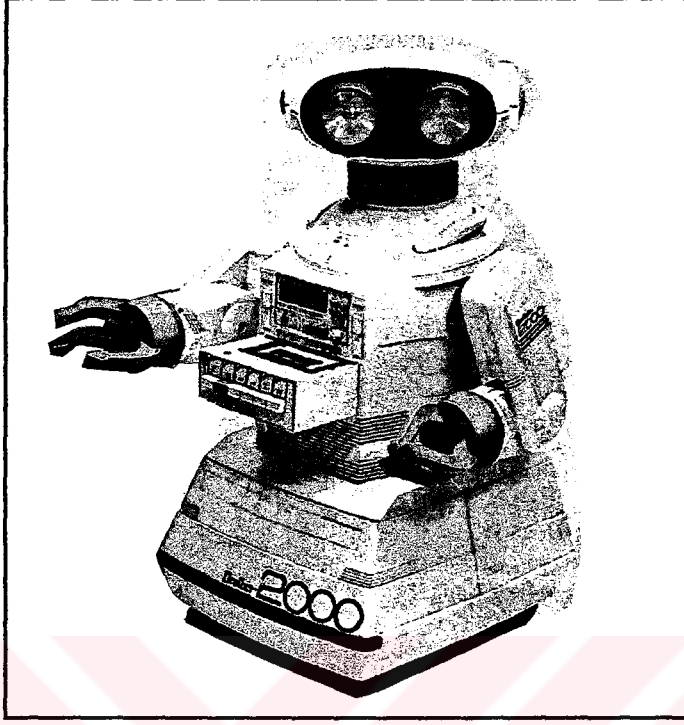
Çağımızda bili madamları ev işleri yapabilen, yalnız kişilere arkadaşlık eden, çöp toplayabilen, bekçilik yapabilen kısacası insanların günlük yaşamlarını kolaylaştıracak robotlar geliştirme çabası içindeler.

Tokyo'daki Waseda Üniversitesinde 1973 yılında insana benzeyen, ayaklı robot "Wobot-1" geliştirildi. Bu robot geçenlerde bir uluslararası konferansta evsahipliği yaptı. Bir süre sonra aynı üniversitede geliştirilen robot "Wobot-2", suni zekasını kullanarak müzik yapabiliyor, piyana çalabiliyordu.

Tokyo Üniversitesindeki bilimadamları insan yüzü ve sese duyarlı bir robot yaptılar. Bu robot, mutluluktan iğrenmeye kadar 6 duygusunu ifade edebiliyor. Şu anda imkan kadar insana benzeyen, yalnız erkek ve bayanlara arkadaşlık eden robotlar üzerinde çalışıyorlar. [18]

Şekil 3.28'te gösterilen hizmetçi robot "OMNIBOT 2000" kahvaltı servisi yapıyor, not tutuyor, kahve hazırlıyor ve bekçilik de yapabiliyor.

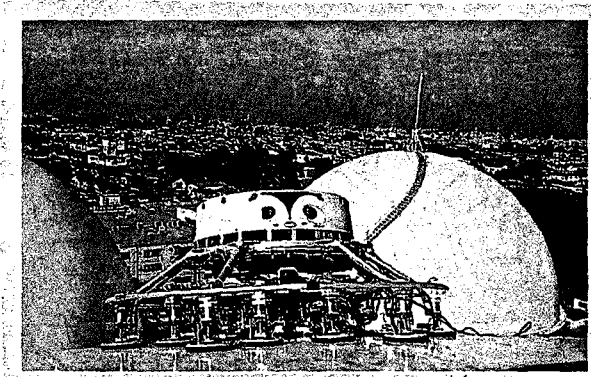
Yine Japon bilimadamlarının ürettiği robotlardan birisi, daire şeklindeki "Disk Rover" modeli robot, mıknatıslı disk tekerlekler kullanarak gemilerin kuyu tekne kısımlarında gezip, onları kontrol ediyor.



Şekil 3.28. Hizmetçi robot “OMNIBOT 2000”

Bir Japon şirketinin geliştirip piyasaya sürdüğü robot, gaz kulesinde sızıntı olup olmadığını araştırıyor, yakıt tankerlerini kontrol edebiliyor. (Şekil 3.29)

Amerika’da geliştirilen ve şu anda hapishanelerde kullanılmaya başlayan nöbetçi robot, saatte 9 km. hızla dolaşarak, video ve radar görüntüleriyle 360 derecelik bir açı ile 4 kişinin yapacağı işi yapıyor. (Şekil 3.30)



Şekil 3.29. Gaz kontrol robotu

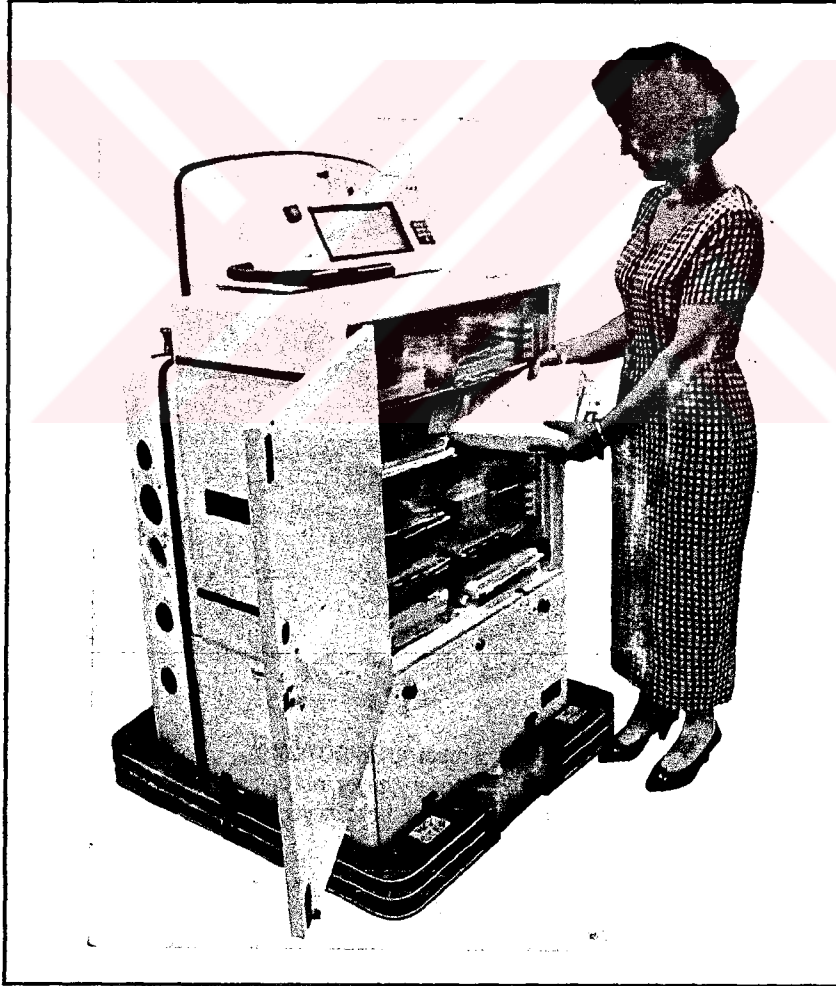


Şekil 3.30. Nöbetçi robot

Illinois Üniversitesinde 55 cm. uzunluğunda ve 6 ayaklı , her bacağına böceksi tepkiler verecek bir sinir merkezi konulan, düz bir araziden engebeli bir araziye geçerken hızında ve duruşunda bir değişiklik olmayan, yüksek duvarları bile zorlanmadan aşabilen böcek tipi, çok amaçlı robot geliştirildi.

Bir Amerikan şirketinin geliştirdiği solucan şeklindeki robot, şişirilen lastik sistemiyle solucan gibi hareket edip, içine yerleştirilen kamera ile incelemesi zor boru ve hava kanalların araştırılmasında kullanılıyor. 30 cm. uzunluğundaki bu robot dakikada 9metre yol alabiliyor.

Partsmouth Üniversitesi'nin sekiz bacaklı prototip kurtarma robotu "Robing III" örümcekten esinlenerek yapılmış. Şişirilmiş vantuzları duvara tırmanmasını sağlıyor, çevik kol ve bacakları da insanları tehlike yerinden uzaklaştırmada işe yarıyor.



Şekil 3.31. "Helpmate" hemşire robot.

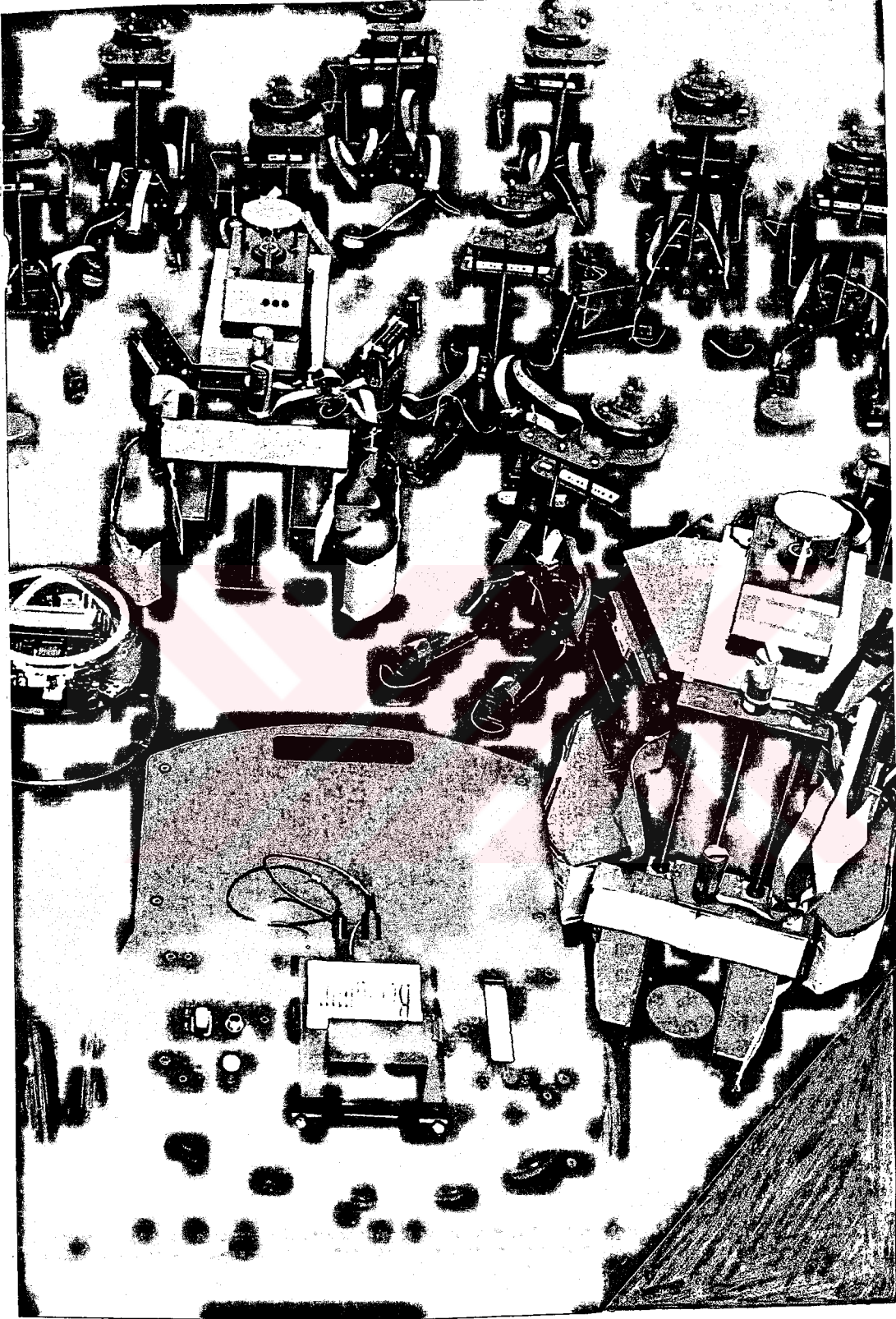
ABD, Japonya ve Avrupa'nın gelişmiş hastanelerinde 100 kilo ilaç ve yiyecek taşıyabilen robotlar kullanılıyor. Sonar, enfrazuj ve 1500 bilgisayar algoritması kullanarak kalabalık bir hastanenin karmaşık ortamında dolaşan "Helpmate" adlı bu robotlar engelleri aşabiliyor, insanları yoldan çekilmelerini söylüyor, ilaç ve yiyecek taşıyor, rapor ve kayıtları yerlerine ulaştırıyor, asansörleri uzaktan kumanda edip, kullanabiliyor.(Şekil3.31)

Şekil 3.32'de gösterilen, ekip çalışması yapacak, kızılötesi alıcılar ve radyo bağlantıları kullanılan bir dizine sessiz robot, renkli kutuları toplamada, sokakların temizlik işlerinde süper bir yardımcı oluyor.

California Teknoloji Enstitüsünde tıpta kullanılması için mini robot geliştirildi ve domuza yutturuldu. Robotun kısa sürede hayvanın bağırsaklarına ulaşması sağlanmış. Bu hastayı kesmeden, içten ameliyat yapmakta ilk adım olarak sayılıyor. Bunların haricinde ameliyat yapabilen (hassas bölgelerde el titreşimsiz ameliyat yapabilen) robotlar üzerinde de duruluyor.

Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki astronotlara yardımcı olacak doktor robot ve sürekli olarak gemideki mikrometeorik hasarları kontrol edecek robot üzerinde çalışmalar sürüyor.

İngiltere Savunma Araştırma Bürosu tarafından geliştirilen robot Ulaştırma Bakanlığında, yollar üzerine koni yerleştirmede kullanılması başlamak üzere. [18]



Şekil 3.32. Renkli kutu toplama robotları

3.5. ROBOT UYGULAMASINA SİSTEMATİK YAKLAŞIM

1-) Uygulamaların gelişmesini incelemek :

- 1.1-) Mevcut robotların ana yeterlilikleri ve sınırlamalarını takip etmek.
- 1.2-) Potansiyel uygulamaların araştırılmasını yapmak. Aşağıda teminli kriterler için çözümleri incelemek :
 - A-) robot yeterlilikli operasyon,
 - B-) robot tarafından yargılama gerektiren operasyon,
 - C-) robot kullanımını doğrulayan operasyon.
- 1.3-) İlk çalışma sadece potansiyel uygulama listesini içerir : daha detaylı çalışmak.
- 1.4-) İlk uygulamayı seçmek :
 - A-) öneri : ilk uygulama için listedeki en basit çözümü seçmek,
 - B-) çözüm üzerine çalışma : yapılması gerekli olan her şeyin bilindiğinden emin olma,
 - C-) robot hariç diğer alternatifleri seçme,
 - D-) robot kurmanın olası avantajlarını inceleme,
 - E-) çözümle ilgili olası her türlü yanlış çıkarma,
 - F-) robot için imkanları seçme,
 - G-) çevreyi seçme,
 - H-) ekipman tedarikini ve imkanlarını seçme,
 - I-) alan ihtiyaçlarını belirleme,
 - İ-) gelecek ihtiyaçlarını belirleme. [13]

2-) Uygulama mühendisliği :

- 2.1-) Yeterli hız, hafıza ve program hafızasına sahip robotu seçmek. Mümkün ise fazla kapasite tedarik etmek.
- 2.2-) Çevre kirlenmesine (toz, boya, metal parçaları, fazla ısı) karşı robot korumasını seçmek.
- 2.3-) Yerleşimi tanımlamak.

- 2.4-) Robot ve diğer ekipmanlar arasında gerekebilecek bağları tanımlamak :
bilgisayar simülasyonları yapmak.
- 2.5-) Diğer ekipmanlar için gerekli değişiklikleri yapmak.
- 2.6-) Önemli bölgedeki personeli korumak için yeterli sistemi kurmak.
- 2.7-) Kol ucuna takılacak aletleri sağlamak : parçayı tutmak için alternatif yolları aramak.
- 2.8-) Ray hattı gerekiyorsa, yerleşim ve bağlantılar için gerekli aletleri sağlamak.
- 2.10-) Dirsek ekipmanı tedarik etmek ya da robot devre dışındayken üretimi koruyacak sistemi planlamak.

3-) Tanımlayıcı prosedürler :

- 3.1-) Yerleşim için zaman karşılığında yeterli çalışma yapmak :
 - A-) servis duruşları.
 - B-) zemin hazırlama.
 - C-) bağlantıları tanımlama.
 - D-) ekipman yerleşimleri.
 - E-) ekipman bakımları.
 - F-) kol ucuna takılacak aletlerin gelişimi.
 - G-) güvenlik sistemi gelişimi.
 - H-) programın bakımı.
 - I-) insan ilişkileri : personeli robota hazırlama.
- 3.2-) Kurma ve işletme :
 - A-) genelde robot üreticisi destek sağlamalı.
 - B-) bazı işletim problemlerinin çözülmesi.
- 3.3-) Operasyonu takip etmek :
 - A-) çalışma süresi boyunca robot problemlerini takip etmek.
 - B-) gelecek referans için mevcut ve arzu edilen maliyet, tasarruf, performansların karşılaştırılmasını yapmak.
 - C-) devamlı operasyon takibe gelişme için öneriler getirebilir. [13]

3.4-) Bakım ve servis :

A-) bakım planlaması yapmak.

a-) tüm vardiyalara yetişmek.

b-) tüm vardiyaların yeterli alet, test ekipmanı ve işlerini yapmak için yeterli alana sahip olduğundan emin olmak.

c-) düzenli eğitimler sağlamak.

B-) mümkün ve pratikse boş veya kullanılmayan makina tedarik etmek.

C-) robot performansı için bakımcılara tüm sorumluluğu vermek.

4-) Güvenlik :

4.1-) Güvenliği düşünmek

A-) robotu insanlardan uzak tutmak, robot çevresine koruma telleri germek.

B-) robot dışında acil durdurmayı sağlamak.

C-) şirket standartları ve yerel kanunlar arasında bağ kurmak.

D-) bakımcıları yeterli derecede eğitmek.

E-) geniş güvenlik planı geliştirmek. [13]

4. ROBOT VE UZMAN SİSTEMLERİN ENTEGRASYONU

Günümüz robotlarının bir çok yetersizlikleri Uzman Sistem teknolojisi kullanılarak ortadan kaldırılabilir. Robot uygulamalarına Uzman Sistemlerin entegrasyonu en az operasyonel alandaki kadar planlama ve dizayn alanları için de yapılabilir. Hızda, kabiliyetlerde, kalitede, bakım kolaylığında ve çalışma emniyetindeki gelişmeler entegrasyonun en önemli hedefleridir.

4.1. Günümüz Robotlarının Yetersizlikleri.

Günümüz robotlarının bir çoğu tembel, yavaş ve aptal olarak nitelendirilebilir. Tamamen kontrol altındaki şartlarda çok özel görevleri yapabilmek için düzenlenmişlerdir. Hiçbir robot örneğin bir ayakkabının bağcığını bağlayamaz veya iki yaşındaki bir çocuğun anlayabileceği kadar bir dili anlayamaz. Bir insanın yapabileceği en basit işlerin yapılışını bile bir robota öğretmek inanılmayacak derecede zordur. Nitzen'e göre bu yetersizlikleri için en önemli sebepler şunlardır:

1. Yetersiz malzeme taşıma kabiliyeti: İş parçaları ve diğer nesneler sadece eğer robot manipülatörünün doğruluk toleranslarına uyacak şekilde ayarlı iseler tutulabilirler. Günümüz robotları bu hususta çok sınırlı yeteneklere ve esnekliğe sahiptirler.
2. Açık döndü kontrolü: Yerel hataları düzeltmek için kapalı döndü sırası kontrolü gerektiren görevler günümüz robotlarının bir çoğu tarafından yapılamamaktadır.
3. Hataları tespit edip düzeltmeme: Beklenmeyen hataların tespiti ve bunların ortadan kaldırılması günümüz robotlarının bir çoğu tarafından başarılamamaktadır. Bir robot sistemi çoğunlukla robotun bütün hareketlerinin planlandığı gibi yapıldığının doğrulamasını yapamaz.
4. Sınırlı hareketlilik: Günümüz robotlarının hareket olanakları yol bulma ile sınırlanmıştır, robotlara hareket olanağı veren iki tekerlekli arabalar (robotu taşıyan) bağımsızca hareket edemez, önlerine çıkan engellerden kurtulamaz veya tanımlanmamış bir ortamda hedeflerini bulamazlar. [19]

4.2. Uzman Sistemlerin Ve Robotların Potansiyel Entegrasyonu

Robot uygulamaları sahası, Yapay Zeka uygulamaları ile oldukça yakın şekilde ilişkilidir. Bazı insanlar robotları, Yapay Zeka'nın bir uygulama alanı olarak görmektedirler. Ayrıca, Uzman Sistemler de Yapay Zeka uygulamalarının bir türü olarak değerlendirilmektedir. Bu sebepten, bu iki alan arasında bir çok potansiyel etkileşim vardır.

Robotların Uzman Sistemlere entegrasyonlarına aday potansiyel alanları tanımlamak için sistem ömrü döngüsü yaklaşımı kullanılmıştır. Şekil.1, robotların bir tipik sistem ömrü döngüsünün şematik bir gösterimidir.

Eğer Uzman Sistemlerin en başarılı olduğu 10 genel alan analiz edilecek olursa (kontrol, dizayn, teşhis, izleme, bilgi verme, yorum, planlama, tahmin ve onarım gibi) robotların bir çok hayat döngüsü davranışı ile ilgili doğal bir uygunluk görülecektir.

Geniş araştırma çalışmalarının yürütüldüğü ve birkaç Uzman Sistemi birden kullanan çok çeşitli robotsal operasyonlarla ilgili çok sayıda başarılı Uzman Sistem çalışması bulunmaktadır. Bundan sonraki kısımda bu başarılı çalışmaların detayları hakkında bilgi verilecektir.

4.3. Planlama ve Dizayn

Burada, Uzman Sistemlerin kullanılmasıyla iyileştirilmiş, robot planlaması ve dizaynı alanındaki faaliyetlere ilişkin bir kaç örnek verilmiştir.

A. Hareket bilgisi ve dizayn : Hareket kabiliyeti bakımından yeni olan her robot kendine özel benzersiz kol çözümünü gerektirir. Bu tip çözümleri üretmek hem yorucu hem de hata yapmaya sevk eder. Bununla birlikte mevcut çözümler, ilgili denkliklerin bir setinin araştırılmasında sadece bir kaç basit sezgisel yöntem kullanarak elde edilebilmektedirler. Muhtemelen bir Uzman Sistem, bu zor görevde uzman bir insanın yerine uygulanmış olabilir. Ayrıca böyle bir program, iş alanının şekli ve ölçüsü

gibi girdi kriterlerini tatmin eden dizaynları aramak için mümkün olan robot şekilleri sahalarını keşfetmek amacıyla dizayn edilmiş olabilir. [19]

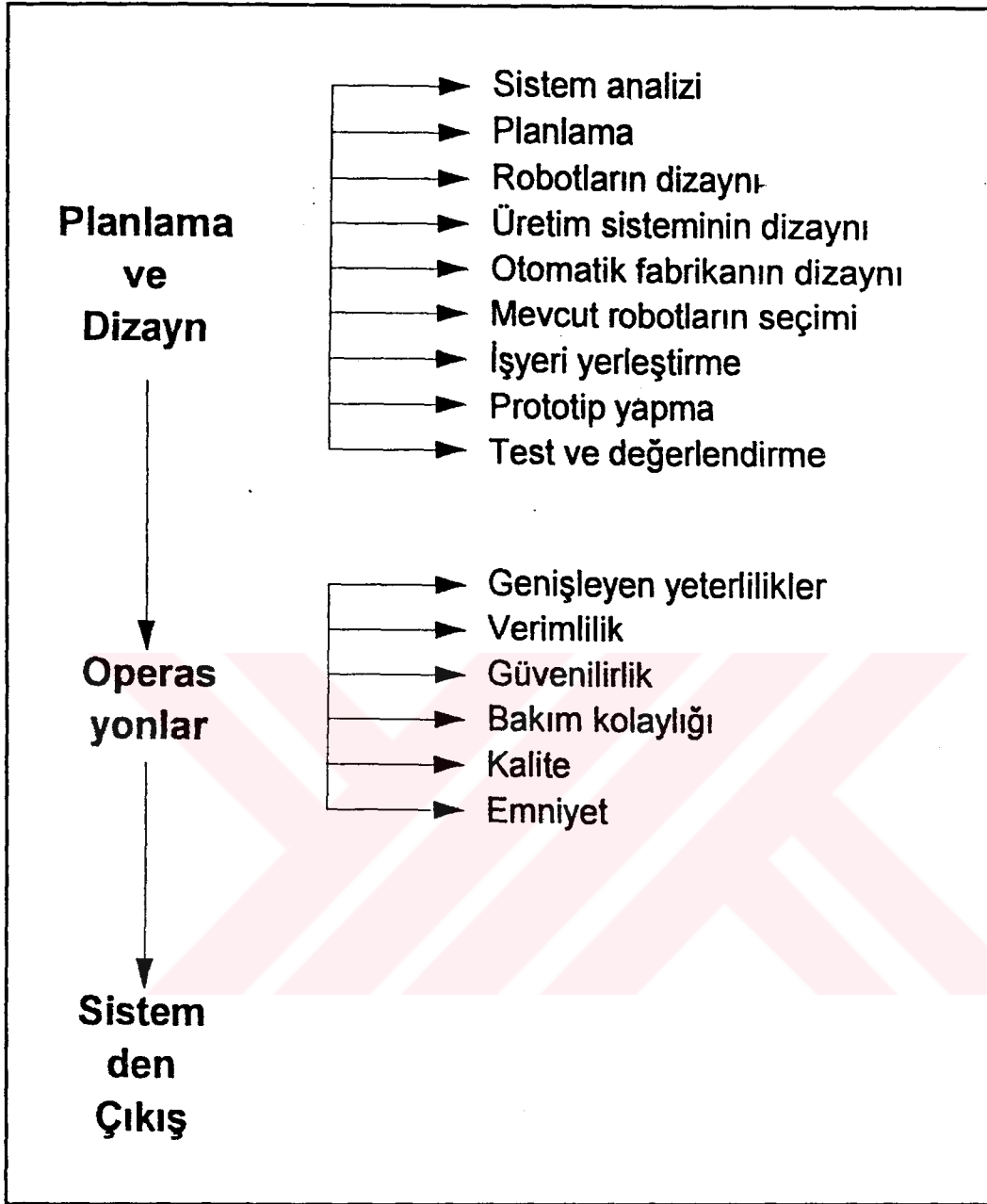
B. Robot seçimi : Bir çok robot uygulaması, bir insan operatörün bir robotla değiştirilmesi şeklindedir. Bir ön çalışmayı alıp onu ideal bir robot halinde dizayn etmek yerine mevcut uygulamaya uyan bir robot bulmak genelde daha mümkündür. Bir uzman sistem bu prosese yardımcı olabilir.

Program, bir robotta olması gereken ulaşma, hız, program adımlarını sayısı, taşıma kapasitesi, tekrarlanabilirlik ve doğruluk gibi önemli parametreler için kullanıcıya anında karar verme şansı sağlar. Buna ek olarak mümkün maksimum alan gibi başka kısıtlar da tanımlanabilir. Bir robotun seçimi sırasında uzman kişi (uygulama mühendisi) tüm bu faktörleri maliyetlerin hesaplanmasında, geri ödeme ve yatırımın geri dönüşü için göz önüne alır. Tecrübeli uygulama mühendisleri günümüzde bu konuyla ilgili çok az kaynağa sahiptirler. Bir uzman sistem, robot uygulamalarında yaşanan problemlerin daha geniş bir perspektiften değerlendirilmesinde oldukça faydalı olabilir.

C. Çalışma yeri yerleşimi : Açıkça uygulama mühendisleri, robot hatlarının düzenlenmesinde mümkün olan tüm makina yerleştirme düzenlerini deneyemezler. Bu bilimle ilgili çok az bir literatür var olmasına kullanışlı fabrika yerleştirmeleriyle ilgili araştırmalara rehberlik edecek bir Uzman Sistem için sezgisel kaidelere dönüştürülebilecek bazı ana kuralların plancılar tarafından kullanıldığı tahmin olunabilir. Muhtemelen Uzman Sistemler en uygun iş yeri yerleştirmesini yapmaya ve imalat için en önemli yerleştirme kurallarını bulmaya muktedir olabileceklerdir (Prototip bir uygulama için Kumara et al.'a bakınız). [19]

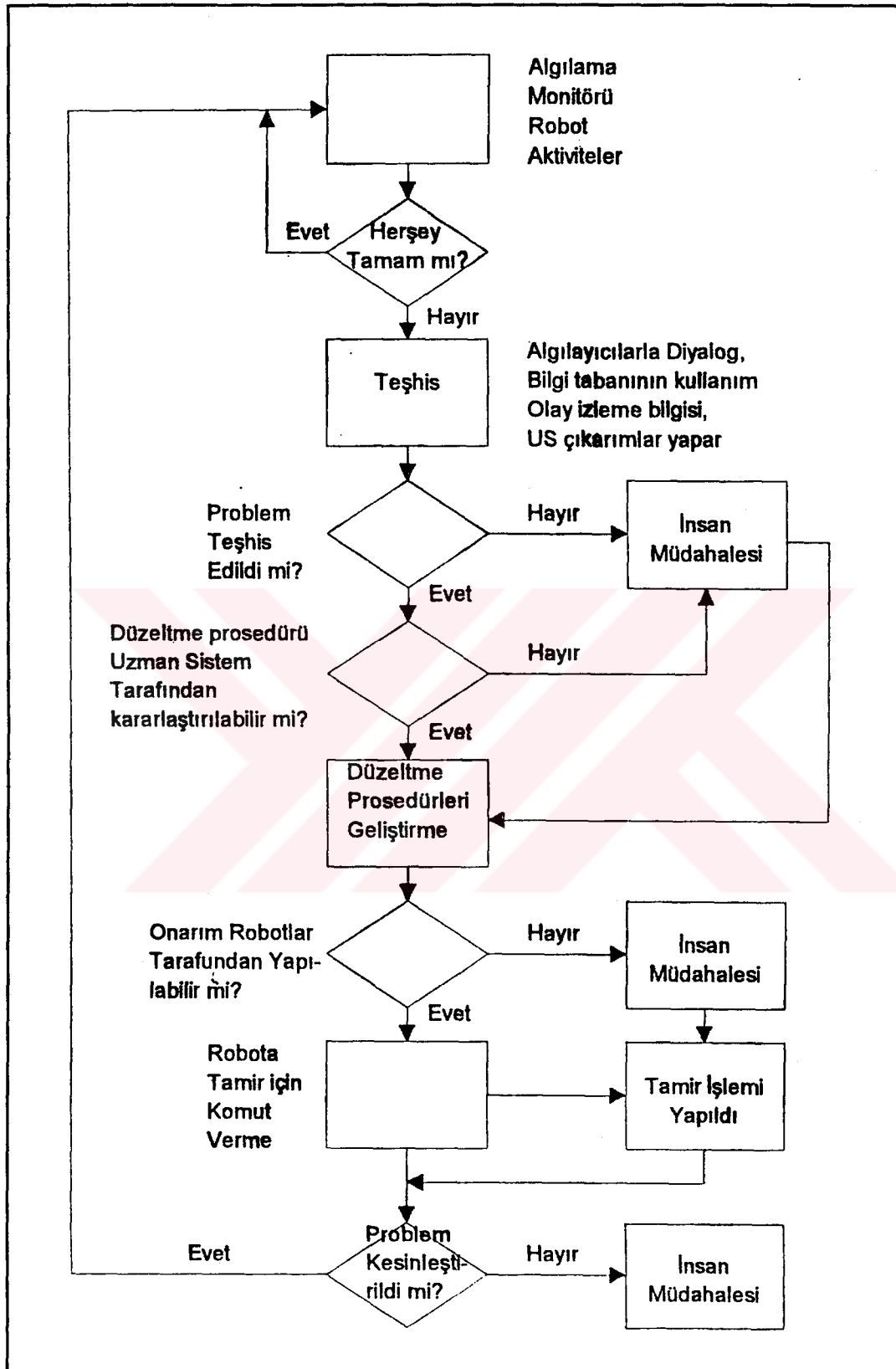
4.4. Operasyonlar

Robot uygulamalarının iyileştirilmesinde kullanılan robotlarla entegre edilmiş uzman sistemlerin çeşitli kullanım alanları Şekil 4.1'de verilmiştir. Ancak bunlardan sadece güvenilirlik ve emniyet burada açıklanacaktır.



Şekil 4.1. Robotların Sistem Ömrü Döngüsü

1. İyileştirilmiş güvenilirlik : Robotların güvenilirliği, robot uygulamalarının büyümesini sınırlayan önemli bir faktördür. Hatalar, robotun kendi içerisinde veya faaliyet gösterdiği ortamda ortaya çıkabilir. Örneğin, IBM' in Austin Texas'taki otomatik PC montaj tesisinde, montaj robotuna vida getiren besleyicilerin,



Şekil 4.2. Uzman Sistemler ve Robotlar.

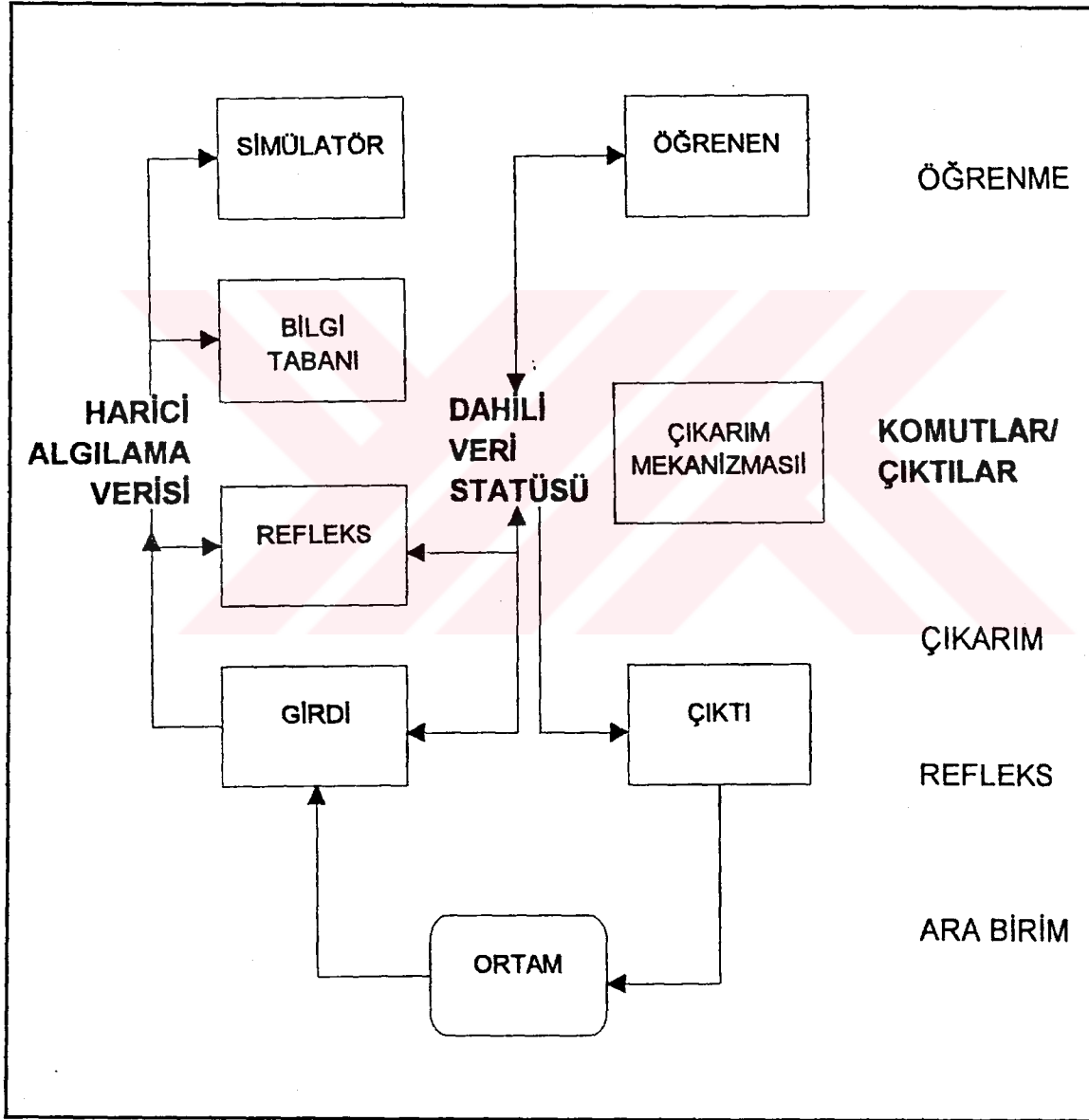
vidaları sık sık yanlış pozisyonlarda vermeleri önemli bir problem oluşturmuyordu. Sonuç olarak parçalar, ya yanlış sıkıştırılıyor ya da yanlış monte ediliyordu. Böyle olunca, ortaya çıkan düşük kalitedeki ürünlerin düzeltilmesi için büyük bir elden geçirme gerekiyordu. Bu şekildeki durumların ele alınması hatanın ortadan kaldırılması olarak adlandırılıyordu. Bu, hatanın tespitini ve düzeltici çalışmaların yapılmasını içeriyordu. Gerçek zamanlı sistemlerle düzeltici faaliyetlerin yapılması uygulamalarda zor olabiliyordu. Proses, robotun operasyonlarının izlenmesini, hataların tespitini, hata sebeplerinin bulunmasını ve bir operatöre yapılması gereken düzeltici faaliyetin tavsiye edilmesini içerir. Bu proses, bir Uzman Sistem kullanılmasıyla Şekil 4.2’de gösterildiği gibi tamamen veya kısmen otomatikleştirilebilir. Ancak burada teknik bir zorluk mevcuttur: Bir çok Uzman Sistem gerçek zamanlı ortamlarda çalışmak için dizayn edilmemiştir.

FORD Motor Şirketi Sistemi : Uzman Sistemler Şekil 4.1’de gösterildiği gibi proseslerin otomasyonunda da kısmi bir rol oynayabilir. Böyle bir çalışma Ford Motor Şirketi’ne yapılmıştır.

Robotlar, otomotiv endüstrisinde önemli bir rol oynarlar. Günümüzün en mükemmel teknolojisi uzman bir insanın müdahalesini kapsamaktadır. Ancak, işler yanlış giderken her zaman uzman bir insanın varlığı mümkün olmayabilir. Ford Motor Şirketi, tecrübesiz teknisyenler tarafından bir PC yardımıyla kullanılabilen bir Uzman Sistem geliştirmiştir. Teknisyen, Uzman Sistem tarafından üretilen bir seri soruya cevap verir. Sistem, teşhisi yapar ve ne gibi bir düzeltici faaliyetin yapılması gerektiğini belirtir. Daha fazla bilgi için Ford Motor Şirketi’nin Essex ve Sterling Heights fabrikalarına ve Amerikan Metal Pazarı Dergisi’nin 21 Nisan 1986 tarihli sayısına başvurulabilir. [19]

2. İyileştirilmiş emniyet : Emniyet problemleri zaman içerisinde oluşurlar. Kazalar insan hayatı kayıplarını da kapsayan büyük hasarlara sebep olabilir (Japonya’da ve Amerika’da olduğu gibi). Kazaların meydana gelmesi bir kaç sebebe bağlı olabilir. Örneğin, robotlarla çalışma için bir emniyet düzenlemesi insan işçilerin robotun çalışma ortamına girişini yasaklanarak yapılabilir. Ancak, işçiler bu çalışma zarfına girmektedirler. Bu insanlar hem emniyet düzenlemelerine uymazlar hem de onları gözardı ederler.

Çalışanların robota operasyonu durdurması için komut vermeleri de kazaların oluşmasında diğer bir olası sebep olabilir. Ancak sistem kilitlenebilir ve robot çalışmaya devam eder. Robotlar için Zeki Emniyet Sistemi (RISS) gibi bir Uzman Sistemin entegrasyonu ile bu tip kazalar önlenir.



Şekil 4.3. RISS'in Genel Sistem Diyagramı.

RISS aşağıdaki kurallardan oluşmaktadır ;

Eğer : Robota görev dışı kalması için komut verilmiş ise ve o anda çalışma zarfı içerisinde bir insan varsa robot aktif olmaya devam eder.

İse : Ana güç ünitesini kapar.

RISS, ortamı hatalar veya normal dışı durumlar için sürekli izler. Eğer herhangi bir şey tespit edilirse, tespit edilen şey tanımlanır ve düzeltici faaliyet hemen uygulamaya geçirilir. Bilgiler, robotun bileşenleri, algılayıcıları, diğer makina ve bilgisayarlar ile operatör insan gibi ortamdaki bir kaç kaynağın etrafında toplanmıştır. Olası tehlikeli durumlar için düzeltici faaliyetler robot kontrolcüsüne, diğer makinaların kontrollerine veya bir ekrana yansıtılır. Ayrıca, düzeltici faaliyetler hoparlörlere yansıtılır veya alarm şeklinde verilir. Ondan sonra, robotun bir sonraki programlanmış faaliyeti düzeltilebilir.

RISS'in bilgi tabanı, robotların elemanlarını, fonksiyonlarını, karşılıklı etkileşimlerini ve kontrol edilen faaliyetleriyle ilgili kuralları içeren Robotların Dünyası üzerine kurulmuştur (Şekil 4.3).

RISS, NASA'nın uzay mekikleri için Martin Marietta Uzay ve Havacılık Şirketi tarafından geliştirilmiştir. [19]

4.5. Robot Planlama ve Programlama

Robot planlama, programlama ve yeniden programlama, planlama ve dizaynın her ikisi esnasında da en az robotun çalışması esnasındaki kadar önemlidir. Aşağıda Uzman Sistemlerin entegrasyonunun olası alanları verilmiştir :

1. Robot planlayan uzman sistemler : Robot planlama, değişiklikler için sorumlu bir robot tarafından gerçekleştirilen otomatik karar verme ve planlamayı kapsar. Robot planlama çok çeşitli seviyelerde yapılabilir. Örneğin, bir robotun ortamındaki değişken şartlardan elde edilen sinyalleri temel alan bir durum en açık seviyedir. Bu

sinyaller, bir televizyon kamerasından alınan görsel bilgi girdileri gibi gerçekten de çok kompleks olabilir. Bu seviye içerisinde dört tane alt planlama seviyesi vardır :

- 1- Tahrik mekanizması (en alt seviyede)
- 2- Sonuç verici
- 3- Nesne
- 4- Görev (en üst seviye)

Diğer bir seviyede otomatik planlama, en az diğer tipteki otomatik teçhizat kadar çok sayıda robot bulunduran bir fabrikanın, bütün bir iş çevriminin programlanmasını gerektirebilir.

Robot planlama faaliyetleri oldukça karmaşıktır. Bu sebepten uzman bir mühendislik gerektirirler ve oldukça fazla bir zamanda sonuçlanırlar. Prosesi, Yapay Zeka teknolojilerini kullanarak otomatikleştirmek için yapılan anlamsal ağlar ve araştırma höristikleri gibi çalışmalar sınırlı bir başarı ile sonuçlanmıştır. Örneğin, benzeşmeyi, öğrenme yeterliliklerini tanıtmak için bir yaklaşım olarak kullanılan PULP-1 hala yavaştır. Diğer programlar da sadece az sayıdaki bağımsız görevleri yapan küçük robot sistemleri için etkilidirler.

Uzman Sistemler, son zamanlarda robot planlama ve programlama için kullanılmaktadırlar. Bu sistemlerin büyük bir kısmı hala araştırma safhasındadırlar ancak sonuçlar cesaret vericidir. Böyle bir deneysel sisteme örnek Cai ve King-Sun tarafından bildirilmiştir. ROPES adındaki deneysel sistemleri planlama performansının iyileştirilmesinde ve planlama hızının artırılmasında başarılı olmuştur. Bundan başka, herhangi bir görev için ek mümkün çözümler üretebilmekte ve bunların değerlendirilmesine yardımcı olabilmektedir. Bu sistem için mimari yapı Şekil-3'te gösterilmiştir. ROPES için temel kontrol stratejileri araştırma, kıyaslama ve geriye dönüş yapmaktadır.

Robot planlamayı içeren diğer bir Yapay Zeka tabanlı robot da **Freddy 3**'tür. Yaratıcılarının, yaratmak istedikleri esnek ve etkili bir robot programlama ortamının özellikleri şunlardır :

- Otomatik robot planlama
- Uzman sistem için tümevarımsal programlama yeterlilikleri

- Yapay zeka tabanlı duyuşal bilginin işlenmesi
- Robotların dünyasının, görevlerinin ve bilgisinin farklı sunumlarının arasındaki esnek kullanım ve dönüşüm
- Robotlar arasında insanlarca kolay anlaşılır iletişim

Bu sistem, řu ana kadar yapılmış Uzman Sistem tabanlı robot uygulamalarının en komplikelerinden birisidir. Sistem, birkaç robot, mini bilgisayarlar, yerel alan network'ü ve algılayıcıları içermektedir. Tümevarımsal öğrenim yeterliliğı sağılayan Rule Master kabuğunu barındıran birkaç Uzman Sistem bina aleti kullanılarak kurulmuştur.

Bir otomatik fabrikanın bir parçası olarak robot planlamada yardımcı olan bir Uzman Sistem örneğı ISIS II'dir. Sistem ani bir kesilme durumunda işi yeniden programlamaktadır.

2. Robot programlama : Robot teknolojisindeki en önemli zorluklardan birisi bir görev tanımlanmasını o görevi yerine getiren bir robotun programına çeviriminde yaşanmaktadır. Özel olarak hazırlanmış robot dilleri kullanılır. Bu diller ayarlanmış özel bazı hususları içermektedirler (Örneğın bir robotun manipölatörünün kinematik kontrolü için). Bir robot programcısı olabilmek için olağanüstü bir çalışma ve uzmanlık gerekmektedir.

Bu sebepten ve diğeri bazı zorluklardan dolayı, programlama dilleri tahmin edilmektedir. Programlama dillerinin halihazırda fabrikalarda yerleştirilmiş bulunan robotların sadece % 10'u kullanılabileceğı tahmin edilmektedir. Robotların büyük bir kısmı, arzulanan görevleri tamamlamaları için gerekli hareketleri boyunca manuel olarak idare edilirler. Robot, hareketleri sonradan "hatırlar" ve yerine getirir. Bu metod oldukça uzun bir zaman gerektirir ve oldukça da külfetlidir.

KARMA, manuel olarak yönlendirmeye olan ihtiyacı ortadan kaldırma konusunu araştıran, geliştirilmekte olan bir bilgi tabanı sistemidir. Örneğın, bir montaj robotuyla beraber kullanıldığında KARMA, ürünün özelliklerini, parçalarını ve "bu ürünün montajını yap" şeklinde amaç durumunu alabilecektir. Sonuç tam ve hatasız bir program olacaktır.

KARMA, grafikler, göstergeler ve klavyesiz girdi aygıtları ile donatılmış bir iletişim ara birimi içermektedir. Bu arabirim, hata şartlarını bildirerek, ek seçenekler sunarak, ek bilgi isteyerek ve tavsiyelerde bulunarak kullanıcıya geriye doğru haberleşir. KARMA ayrıca kullanıcıya kendi faaliyetlerini açıklayan bir doğrulayıcı da içermektedir.

Bilgi tabanı, robotun çalışma ortamına özel gerçekleri (Örneğin; “şişeler camdan yapılmıştır”) ve genel olarak montaj işlerine uygulanan kuralları (Örneğin; “parçaları düşürme”) da içermektedir.

Hala geliştirilme aşamasında olmasına rağmen KARMA, bir robotu verimli yapmak için geçen zaman miktarını azaltma potansiyeline sahiptir.

Robot programlamayı geliştirmek için diğer bir çalışma da Cai tarafından yapılmıştır. Proje, Purdue Üniversitesi’nde geliştirilmiş ve C programlama dilinin bir versiyonu üzerine dayandırılmıştır. [19]

4.6. Diğer Alanlar :

Entegrasyonun diğer bazı muhtemel uygulama alanları literatürde yer almıştır. Bunlardan bazıları şöyledir :

1. Robot takımları : Günümüz robotlarının önemli bir kısmı özel görevler için ayrı ayrı programlanırlar. Bu yaklaşım yeterince iyi çalışır ancak robotlar, görevleri değiştirildiğinde mutlaka özenli bir şekilde yeniden programlanmalı veya konumlandırılmalıdır. Bilgisayarla bütünleşik imalat (CIM), robotlar takımlar halinde organize edilebilir veya çok sayıda işi yapmak için gerekli olabilirler. Örneğin, IBM’in diz üstü bilgisayarının montajı, her biri montajın farklı bir kısmını gerçekleştiren üç tane robottan oluşan bir takım tarafından yapılmaktadır. Buna ilaveten, malzeme taşımayı gerçekleştiren ve testleri yapan iki robot daha mevcuttur. Uzman Sistemler, robotları birbirleriyle iletişim ve müzakere konularında yönlendirebilir. Böyle bir çalışma son zamanlarda Güney Kaliforniya Üniversitesi Zeki Sistemler ve Robotlar Enstitüsü’nde bir montaj hattında çalışan ve yüksek bir karar verme yeteneğine sahip robot takımlarının donanımı araştırmaları sırasında yapılmıştır. Örnek olarak robotlar, özel bir görevin en iyi

şekilde nasıl barışılabilceğinin kararını kendi aralarında verebileceklerdi. Böylece, eğer parçaların temininde bir gecikme olursa birden fazla sayıdaki robot, durumun kontrolü ve parçaların hazırlanması için ayrılabilir. Böylece iş timinin çalışması programlandığı gibi yürütülebilir.

2. Kontrol : Robotun kontrol aygıtlarının daha da zeki yapılabilmesi çalışmaları sırasında gerçekten de büyük miktarda paralar harcanmıştır. Bu yöndeki bir çalışma, bilgi tabanı, kontrol edilen sistemleri göz önüne alan bilgilerden oluşan bir Uzman Sistem kullanmaktadır. Örneğin, eğer robot bir montaj hattı üzerinde çalışıyorsa, bilgi tabanı robotlara ve onların dış ortamlarına arzulanan cevapları elde etmek için gereken daha önceden saptanmış kontrol sinyallerini içerir. Tasarlanmış kontrol metodolojisi, bir robottaki bir, tek eksenli elektrik modülünün hareket kontrolünü sağlamak için kullanılmıştır.

3. Uzman sistemler yardımıyla bakım : Mekanik sistemlerin bakımı ve onarımı insanlar tarafından yapıldığında yüksek düzeyde bir uzmanlık ve kalifiye işçilik gerektirmektedir. Otomotiv endüstrisinin bu tipteki bakım işlerini gerçekleştirmek için robot kullanımını tercih edebilecekleri konusunda bazı işaretler vardır. Örneğin, bir kaç yıl önce Wolkswagen, bazı modelleri için özel dizayn edilmiş ve arabanın içerisine yapılmış bir konvektöre takılan bir otomatik tanımlayıcı elektronik modeli tanıtmıştır. Uzman Sistemlerin yetenekleriyle, otomatik tanımlayıcı bir insana veya bir robota gerekli onarımlar ve düzeltmeler sırasında uzman işçiliğe olan ihtiyacı azaltarak adım adım rehberlik yapabilir.

Genelde yeniden yapılan otomobil parçalarının sayısı göz önüne alındığında otomotiv bakımında robot uygulamaları konusundaki hırs ve arzu önceden görülebilir. Bu saha karbüratör ve alternatörlerden viteslere kadar uzanmaktadır.

4. Bilgisayar görüşü : Bilgisayar görüşünü arttırmak için geliştirilmiş Uzman Sistemler en az diğer duyuşal aygıtlar tarafından toplanmış bilgilerin yorumlanması kadar iyidirler. [19]

4.7. AKTÜEL UYGULAMALAR

Bilinmeyen ortamlarda başa çıkabilecek geleceğin zeki robotları için Uzman Sistemlerin gerekli teknolojiyi sağlayabilecekleri düşüncesi hakimken ve araştırma enstitülerinde yürütülen geniş araştırmalar varken, halihazırda oldukça az sayıda ticari Robot/Uzman Sistem sistemi kullanılmaktadır. Bununla beraber aşağıda özetlenmiş örneklerden de görülebileceği gibi bu tip ticari sistemler için olağanüstü bir potansiyel söz konusudur.

1. IBM' in montaj fabrikası : IBM' in diz üstü PC Convertible'ı montajı tamamen zeki robotlar tarafından gerçekleştirilmiş ilk bilgisayarlardır. Fabrika, çok çeşitli görevleri yerine getirmek için programlanmış modüler iş istasyonlarının kullanımını yapan Esnek Otomasyon adında bir proses kullanmaktadır. PC, geliş havuzundan yükleme havuzuna kadar robotlar tarafından montajlanır, test edilir, paketlenir ve yüklenir. Robotlar görevlerini yapabilmek için hataları fark edebilecek kadar iyi olağanüstü algılama sistemleri kullanırlar. Hatalar veya herhangi bir duraklama saptandığında bilgi, söz konusu yeri teşhis eden ve bir insan nezaretçiye (bütün bir tesiste sadece bir kişi vardır) bildiren bir Uzman Sisteme aktarılır. Aynı anda Uzman Sistem tarafından tavsiye edilen düzeltici faaliyetler insanlar tarafından uygulanır.

Fabrikada yılda 100.000'in üzerinde PC'nin montajını gerçekleştirmekte ve daha fazla üretim ve düşük maliyet için iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır.

2. Bilgi tabanlı uzman kaynakçılık : Sacramento California'daki Adaptive Technologies Inc. tarafından Uyumlu Kaynak Sistemleri (Adaptiweld Systems) ilk ticari olarak kullanılan zeki robot kaynak sistemlerinden birisidir. Usta kaynakçıların bilgilerini bir araya toplamıştır. Bu bilgi, kaynak yapılacak olan dikiş yerinin karakteristikleri bir 3 boyutlu görüş sistemi tarafından toplanır toplanmaz robotu planlamak için kullanılır. Bu karakteristikler üzerine kurulan Uzman Sistem, direkt bir

insan nezareti olmadan gerçekleştirilecek kaynak işini planlar. Bilgi tabanındaki kurallar sisteme çeşitli kaynak şartlarına en iyi karşılığı vermeye müsaade eder.

3. DEC' in otomatik malzeme iletim sistemi : DEC, kendisine ait iki tesiste bir malzeme taşıma sistemi kurmuştur. Bu sistemler fabrika stoğunu kontrol eder, iş geliştirme ve kalite hakkında tam doğru ve dakik raporlar üretirler. Bu sistemlerin anahtar elemanları, montaj parçalarını taşıyan bir çift robot ve parçaların ne zaman-nereye gönderilmeleri gerektiğini saptayan iki Uzman Sistemdir.

Dispatcher ve Mover adlı bu Uzman Sistemler, bütün malzeme taşıma sisteminin software'ını kontrol etmektedirler. Dispatcher, gönderimi yapılacak montaj parçalarının sırasını ve hangi iş istasyonlarına gönderileceklerini saptar. Mover ise, üretim hattındaki parçaları, robot kollar ve konveyörler vasıtasıyla hareket ettirir (sürer).

Dispatcher, bir iş istasyonuna gönderilecek en iyi iş parçalarının seçimini, mevcut iş durumu ve fabrikanın siparişlerine bağlı olarak yapmak için bilgi tabanındaki verileri kullanır. Bilgi tabanı ilk olarak sistemin parçası olan karşılıklı etkileşimli kullanımlar ile beraber yaratılmıştır. Yeni gelen iş sisteme girilir.

Dispatcher'in bilgi tabanı, kendisine karar verme imkanı veren şu 4 ayrı bileşen hakkında bilgi içerir; iş istasyonları, rota listesi, yüklenen ünite ve üretim hattındaki iş parçası. Bu elemanlar, geçerli iş istasyonlarını, operasyonları, aileleri ve sınıfları onaylayan tablosu boyunca fabrika siparişlerinin son durumunu sunarlar. DEC'in Malborough, Massachusetts'teki tesisinde 1985 yılında kullanılmaya başlanmasından beri malzeme taşıma sistemi günde üç vardiya olmak üzere haftanın altı günü çalışmaktadır. İlk ay boyunca stoğu % 50 oranında düşürmüş, stok hesaplarının doğruluğunu da %99.9'a çıkarmıştır. DEC, bu sistemin yılda 25 milyon dolar tasarruf sağlayacağını tahmin etmektedir. [19]

5. DÜNYADA ROBOTİK ÇALIŞMALARI

5.1. Robotlara Genel Bakış

Dünyada yukarıda belirttiğimiz gibi ilk robot 1954 yılında tasarlanmış ve 1957 yılında da patenti alınmıştır. Bu tarihten sonra özellikle soğuk savaşın etkisi ve ekonomideki amansız rekabet sayesinde çok büyük ivme kazanan robot ve robotik çalışmaları yine dönemin teknoloji devi ABD’de sağlıklı bir gelişme ortamı bulmuştur. İlk endüstriyel robotlardan UNIMATION Ford Motor fabrikalarında kurulmuştur. Bu tarihten sonra özellikle robot teknolojisinin fabrikalarda uygulanması yani pratiğe dökülmesi ABD’de işsizlik yaratır endişesi ve gelecekteki belirsizlik sebebi ile gizli bir frenlemeyle karşılaşmış. Buna karşın Japonlar UNIMATION ile anlaşmaya giderek (1968) robot kullanımı ve otomasyonda hızlı bir başlangıç yapmışlardır. Sonraki senelerde robot kullanımı ve diğer otomasyon tekniklerinin üretim ve kaliteye katkıları satışlara da belirgin bir şekilde yansınca dünyada robot teknolojisi laboratuarlardan fabrikalara hızlı bir geçiş yapmıştır. [2]

ABD’de özellikle üniversitelerde lisans üstü programlarda robot ve robotik önemli bir yere sahiptir. Colombiya Üniversitesi Fizik bölümü öğrencisi Joseph Engelberger’den sonra, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT), Standford, Rhode Island ve Carnegie-Mellon Üniversiteleri yaptıkları çalışmalarla adlarını duyurdular. Özellikle Carnegie-Mellon Robot Enstitüsü bu konuda önemli çalışmalar yapmaktadır. Bunların dışında özel şirketler General Motors, IBM, Concinati Milacron, ABB ve Westinghouse Corp.kendi robot çalışmalarını yürütmektedir. Askeri ve uzay amaçlı çalışmalarda her ne kadar gizlilik içinde yapılsa da zaman zaman kendinden söz ettirmektedir.

Japonya’da özellikle şirket bazında önemli ve hatırı sayılır çalışmalar yapmışlardır ve yapıyorlar. Motorlu araçlar üretim teknolojisini en üst düzeye çıkaran Japonlar daha çok ekonomik alanda ve rekabetin söz konusu olduğu üretimlerde robot kullanımını gündemde tutmaktadırlar. Çeşitli üniversitelerde akademik çalışmalar yapmaktadırlar. Yumanashi Üniversitesi de özellikle montaj yapabilen SCARA tipi robotların

geliştirilmesinde önemli bir rol oynamıştır. Bunun dışında KAWASAKİ önemli bir robot üreticisi konumundadır.

Mühendislik konusunda önemli bir yere sahip olan Almanya robot konusunda da varlığını hissettirmektedir. Akademik çalışmaların yanı sıra şirket bazında üretim de önemlidir. KUKA, BOSCH robotları bu alanda kendini duyurmuştur. Avrupa'da robot kullanımı açısından özellikle Almanya diğer rakiplerine göre fark atmışsa da robot üretimi ve nüfus oranına göre sahip bulunan robot sayısı bakımından İsveç birinciliği elinde tutmaktadır. İsveç'te 1000 endüstri işçisi başına düşen robot nüfusu yaklaşık 8 adettir. Bu rakam endüstrileşmiş diğer batı ülkelerinin ortalamasının yaklaşık iki mislidir. Sadece ABB Robotics'in (ABB-Asea Brown Boweri) yaklaşık 40000 endüstri robotu dünyanın dört bir tarafında endüstrinin her dalında hizmet vermektedir. ABB Robotics 1993 yılında 3750 adet endüstri robotu satışıyla dünyanın en büyük robot üreticileri arasındaydı. Bu demek ki İsveç hem robot kullanımında hem de robot üretiminde Avrupa'nın önde gelenlerindendir. Diğer bir Avrupa ülkesi Norveç'in Tralfa firması 1966 yılında ilk spreyci boyama robotlarından birini geliştirerek kullanıma sokmuştur. İngiltere ve Fransa'da da bu konuda önemli çalışmalar sürdürülüyor. İngiltere'de 1995 yılında yaklaşık 12000 adet robot üretimde kullanılmıştır, araştırma geliştirme işlerine önem vermektedir. Fransa geçen on yılda Robot endüstrisi ve Üretim Otomasyonu konularına yaklaşık 2 milyar dolar yatırım yaparak büyük atılım yaptı. Avrupa'nın diğer bir ülkesi İtalya'da otomotiv sektöründen tekstil sektörüne kadar robotlaşmaya devam ediyor. Tüm bu ülkelerdeki üniversitelerde akademik çalışmalara verilen önem gün geçtikçe artmaktadır.

Eski doğu bloğu ülkelerinde ise bilgisayar teknolojisinin gelişmemiş olması sebebi ile robot teknolojisi de ilerleyiş kaydedememiştir. Bulgaristan 1980'lerde bilgisayar konusunda 100 milyon dolarlık atılımı robot teknolojisine de yansıtmayı başarmış fakat bu atılım Sovyetler Birliğinin parçalanmasıyla kopan ekonomik krizden sönükleşmiştir. Günümüzde Polonya, Çek, Macaristan ekonomik krizden toparlanmaya çalışırken, üretimde yenilenmeye, ileri teknoloji kullanmaya özen gösteriyorlar. [20]

Sovyetler Birliğinden ayrılan Baltık Boyu Cumhuriyetlerinde de otomasyon ve robotlu üretimde göze çarpar gelişmeler oluyor. Bu arada Sovyetler Birliğinden ayrılan Türk Cumhuriyetlerinden bahis etmek istiyorum. Özbekistan geçen altı senelik bir zaman

içinde diğer cumhuriyetlere kıyasla büyük atılım yaptı. Günümüzde kalite ve maliyet açısından vazgeçilmez olan robotlaşmaya çalışıyor. Çkalov uçak fabrikası ABD'li meslektaşlarıyla anlaşma yaparak yeni, ileri teknolojiye geçmekte. UZ-DAEWOO ortak fabrikasında yine robotlar sayesinde günde 600 araba üretilmektedir. Almanya'nın büyük otomobil üreticisi Mercedes-Benz ile 1994 yılında kurulan ortak ağır taşıtlar fabrikasında da robotlu üretim var. Koç Holding ile ortak kurulmakta olan SAMKOÇAUTO'da da kaynak, spreyci boya, montaj işlerinde robot kullanılması planlanmıştır.

Tablo 5.1. Dünya Geneline Endüstriyel Robot Üreticileri.

Şirket	Ülke
Asea	İsveç
Auta-Place	A.B.D.
Binks	A.B.D.
Cincinnati Milacron	A.B.D.
De Vilbiss	A.B.D.
Erwin Junker Macines	Almanya
BOSCH	Almanya
Hall Automation LTD	İngiltere
Industrial Systems	İsveç
Kawasaki-Unimate	Japonya
Nachi	Japonya
Olivetti	İtalya
Prab / Versaton	A.B.D.
Seiksha Co.	Japonya
Unimation	A.B.D.
Yaskawa	Japonya

Artık robot üreticileri kişisel robotlar üzerinde durmaktadırlar. Bu robotlar sayesinde günlük yaşamda da konfor ve refah düzeyi artacaktır.

İnsanoğlunun bu gelişmelere ayak uydurması ancak düşünce yeteneklerinin, zekasının ve bilgi düzeyinin bu gelişmelere hakim olacak düzeye çıkartılması ile, kısaca güçlü eğitim ile mümkün olabilecektir.

Tablo 5.2. En Yaygın Robot İsimleri ve Görevleri

Tedarikçi, Robot İsmi Modeli	Görevleri
Unimate (2 eksenli)	Döküm, kaynak, pres ve makine yükleme, boşaltma
Cincinnati Milacron	Parça tutma, kaynak
Trallfa	Püskürtme, boyama
Nordson	Boyama
Seiko	Parça tutma
Fanuc	Parça tutma
ASEA IRB6	Çapak alma, delme, alevle kesme
Binks MK II-90	Püskürme, boyama
Cybotech H-80	Ark kaynağı, örtülü döküm
Cybotech V-30	Kalıp döküm, püskürtme kalıplama, nokta kaynağı
Kuka IR 601/60	Makina yükleme, boşaltma
Unimation 1000	Nokta kaynağı, püskürtme boya püskürtme kalıplama, parça tutma
Puma 500	Montaj, ark kaynağı

5.2. Bazı Ülkelerde Robot Yoğunluğunun Gelişmesinin Analizi

Bundan tam iki yüz yıl önce İngiltere’de bir Sanayi Devrimi gerçekleşmekte idi. Bu Sanayi Devriminin gerçek anlamı ve önemi gözlemcilerin ona karşı bu kadar saygıyla karışık korku duymalarının da sebebi-buhar gücüne dayalı bu makinaları ve onların başındaki insanları bir fabrika sistemi içine yerleştirmiş olmasıydı.

O zaman da yabancı gözlemciler yeni imalat sanayini endişelenerek hem de hayranlık duyarak karşılamışlardı. Çünkü Sanayi Devrimi, özellikle ihtilal savaşları ve Napolyon savaşları sırasında, koalisyon kuvvetlerinin Fransa’ya karşı sürdürdükleri mücadelede, ihracatın patlama göstererek, bu kuvvetlere destek sağladığı bir dönemde, İngiltere’nin gücünü açıkça artırmıştır. Şu halde, İngiliz sistemini taklit etmeyi becerebilen bir ülke hem verimliliğin hem de milli gücün görelî olarak artmasından yararlanabilecek, sanayileşemeyen ülkeler ise zararlı çıkacaktı. Sanayileşme böylece Büyük Güçler arasındaki asırlık rekabete yeni bir ivme kazandırmış oldu. [21]

İnsanların endişelenmesine yol açan ikinci ve daha da önemli bir neden, kişilerin kendi toplumları üzerinde sanayileşmenin yapacağı etkilerden kaynaklanan kaygılarıydı. İngilizlerin usullerine uymamak başlı başına bir problemdi, onları taklit etmek ise insanın yaşama, çalışma ve geçimini sağlama tarzını hemen hemen tamamen değiştirmesi demek olacaktı.

Bunların hatırdâ tutulması önem arz etmektedir, çünkü aradan geçen iki yüzyıldan sonra, şimdi belki biz de sanayi mallarının nasıl yapılması gerektiği konusunda devrim boyutlarına varan başka bir değişimin kapısında bulunuyoruz - bu seferki değişimin öncülüğünü İngiltere değil Japonya yapmakta ve söz konusu robotlar ve diğer otomasyon ekipmanları. İki yüz yıl boyunca, imalat ve montajda her türlü değişiklikler uygulanmıştır. Taylor ve Ford’un yeni yeni buluşları ya da “ just-in-time “ (tam zamanında) üretimi de olsa ana unsur hep insanların bir işyerinde bir araya gelmesi olmuştur. Şimdi şahit olduğumuz devrim ise teknolojinin yönlendirdiği bir devrim olarak insan yerine otomat, robotların almasını öngörüyor. [20]

5.2.1. Japonya'nın Robot Teknolojisinde Liderliğe Geçiş

(Japonya ve ABD'nin karşılaştırılması)

Bazı ülkelerde teknolojinin özellikle robotların yoğunluğunu analiz ederken önce niçin sanayileşmiş toplumlardan bazılarının yeni makinaları benimsediğini, değerlerinin ise benimsemediğini anlamamız gereklidir. Neden, özellikle Japonya robot teknolojisinde dünyada liderliği ele geçirmiş, buna karşılık Amerika Birleşik Devletleri orijinal teknolojinin büyük kısmını yaratmasına ve bilim adamları da hala robot teknolojisinin geleceği için yeni fikirler üretmesine rağmen - robot sanayisindeki payının azalmasına göz yumuyor? Japonya'nın robot teknolojisinde de Amerika'ya üstünlüğü daha önce de mikroişlemciler, bilgisayar ve elektrikli aletler gibi bununla ilgili sanayilerde üstünlüğünün bir örneğidir.

Japonya'nın birçok güçlü yanları vardır:

- Yüksek düzeyde eğitilmiş bir işgücü,
- Uzun vadeli bir kararlılıkla kilit sanayileri geliştirme azmi,
- Kolayca sağlanabilen düşük faizli sermaye,
- Yüksek düzeyde AR-GE yatırımları,
- Çok sayıda yetişkin mühendis,
- En üst kalite tasarım ve etkin üretime inançla bağlılık.

Japonya'da otomobil ve elektrikli aletler sanayilerinde faaliyet gösteren firmalar, aralarındaki kıran kırana rekabet yüzünden verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek amacıyla yeni makinelere yatırım yapmak zorunda kalmışlardır; hükümetten teşvik gören "leasing" şirketi (JAROL) piyasaya ucuza tesviye desteği ve makine arz etmiş, robotlar da "just-in time" üretim tekniklerini zaten uygulamakta olan bir fabrika kültürüne dikkat ve titizlikle entegre edilmiştir. [20]

Amerika Birleşik Devletlerindeki şartlar, Unimation ve Cincinnati Milacron gibi şirketlerin daha önceki tarihlerde gerçekleştirdiği hamlelere rağmen hiç Japonya kadar müsait olmamıştı. Hükümetin iş alemine burnunu sokmamak gibi bir politika takip etmesinin anlamı bu kaynaktan hiç bir destek gelmemesi demektir. JAROL'un yaptığı kiralama, tanıtma ve robot kullanımı hakkında tesviye desteği sağlama işini yapabilecek

ona benzer hiç bir kuruluş mevcut değildi. ABD’de sermaye temin etmenin maliyeti Japonya’dan da Almanya’dan da yüksekti, Amerikan şirketleri de Wall Street (Maliye Bakanlığı ve Borsanın yerleştiği sokak) in baskısı altında karlarını yüksek tutmak (hatta daha az yatırım yapmak pahasına olsa da) zorundaydı. Büyük otomobil şirketleri, montajda otomasyona geçmenin coşku dolu ilk heyecanını atlattıktan sonra, imalat sanayindeki yeni yatırımlar 1980’li yılların ortalarında sektörün tamamında muazzam bir düşüş kaydetti. Bunun sonucu olarak robot sanayi de şiddetli bir çalkantı ile sarsıldı, 1985’te robot yapımı işinde olan elli kadar şirketin yarısından fazlası 1990’a kadar piyasadan yok olup gitti. Geri kalanları da ya yabancı şirketler satın aldı ya da birleşmek zorunda kaldılar. 1991 yılına geldiğinde ABD’de robot sanayinde artık bağımsız tek bir robot imalatçısı bile kalmamıştı.

Amerika’daki diğer sanayiler hakkında da buna benzer hikayeler söylemek mümkünse de Japonya ve ABD’nin robot sanayi konusundaki tutumlarının bir birinden farklı olması, büyük ölçüde özel bir faktörün etkisinden kaynaklanmıştır: bu faktör demografidir. Japonya’nın otomasyon konusundaki azım ve kararlılığının asıl nedeni ciddi boyutlara varan bir işgücü yetersizliğidir; bu yetersizlik 1960’lı yılların ortalarından beri devam ede geliyor ve Japonya’nın ihracata dayalı patlamasının boyutlarını daraltma tehlikesi yaratıyordu. Demografik değişimler, o zamandan beri imalat işlerinde çalışabilecek Japonların sayısını önemli ölçüde etkilemektedir. Sanayi robotları kullanmanın sağladığı ekonomik üstünlükler şimdi artık tamamen ortalığı sarmıştır, çünkü iş gücü maliyeti artarken, robot maliyeti muazzam oranlarda düşmüş ve yatırımın karlılığı için gereken süre de aynı oranda kısalmıştır. [20]

Oysa, Japon sanayisinin özel yapısı ve yönetim-çalışanlar durumu iyi olmasa üretimde otomasyona bu kadar kolayca geçilemezdi. Japonya’daki büyük şirketlerin çoğu ömür boyu istihdam politikası uygulamakta olduğuna göre, bir işçinin yerini robot aldığı zaman o işçi işten atılmayacak, eğitime tabi tutularak başka işe yerleştirilecektir. Son olarak da Japon sendikalarının gelenekleri arasında, kaliteni artırmak ve kendi şirketlerinin rakiplerinden daha ileride olmasını sağlamak için yönetimle birlikte çalışmak da vardır.

Japon sanayisi, sosyal barışı zedelemekten işgücü açığına karşı bulmakla kalmamış, Alman, Amerikan şirketleri gibi yabancı işçi ithal etmekten de kaçınmıştır. Bununla gelişmiş ülkelere yönelen göçten en az etkilenmeye çalışıyor.

Bu durum ile Amerika'nın yaşadığı tecrübe arasındaki tezat bundan daha açık ve seçik olarak konamaz. İşçi maliyetlerinin yükselmesi yüzünden, ABD otomobil şirketleri 1980'li yılların başlarında robotlara yatırım yapmaya yönelmekle birlikte, Amerika'nın genelde işgücü açığı yoktur; buna ilaveten, ortalama ücretler şimdi Japonya'daki ortalama ücretlerden çok daha düşüktür. Üstelik, robotlar çoğu zaman hayal kırıklığı yaratmıştır. Robotların etkin bir şekilde çalıştırmak için fabrikanın genel yerleşim planlarında önemli sayılacak değişiklikler yapmak ve ürünleri, robotların daha kolay işleyebileceği şekilde yeniden tasarlamak gerekmektedir. Robotlar mükemmelleştikçe, daha fazla tasarım gerekmektedir, öyle ki Amerikan firmalarından birçoğu sonunda eski yöntemleri ve işçileri muhafaza etmeyi ve yeni makinaları elden çıkarmayı tercih etmektedir. Başka bir ifadeyle, sonuçta ABD'deki prodüktivite artışı Japonya'dakinden daha az da olsa şirketlerin robot teknolojisini benimsemesini gerektirecek ölçüde bir demografik neden mevcut olmamıştır.

Son olarak, Amerikan sendikaları robotları istihdama karşı bir tehdit olarak görürler. Çünkü Amerikan sanayi, yerini robota kaptıran işçileri alan değiştirmek için tekrar eğitmez ve gereksiz görerek işten çıkartırlar.

Japonya 1988'den bu yana otomasyona diğer bütün ülkelerden daha fazla para harcadığı için, bu alanda artık tamamen başta olmaya gürüşmektedir. Dünyadaki toprak alanının %0.3'üne ve nüfuzun da %2.5'ine sahip olan Japonya dünyadaki robotların %65.7 kadarına sahiptir. [20]

5.2.2. Otomasyon, Robotlaşmadan Kaynaklanan Verimlilik

Artışının Önemi Ve Değeri

(Ülkeler bazında)

Bir kaç yıl önce, Nissan Tokyo bölgesindeki otomobil üretim tesislerinin kalitesini epeyi ileri bir montaj yöntemiyle, robotlar kullanarak yükseltmiştir. Önceleri,

Nissan'da yeni bir araba modeli için şasi montajı tesisini yeniden donatmanın süresi on bir ayı bulur ve maliyeti 4 milyar yene (yaklaşık 40 milyon dolar) ulaşırdı; şimdi bu sürenin dörtte birine inmiş, maliyeti de üçte birine düşmüştür. Bu da Japon oto sanayisindeki prodüktivite artışının devam etmesinin altında yatan asıl sebeptir. Fuji Dağı yakınlarındaki meşhur FANUS imalat tesisi "geleceğin fabrikası"nı en iyi temsil eden örnek olarak gösterilebilir. 1982'den önce, 108 kişi ve 32 adet robottan oluşan bir işgücü her ay yaklaşık altı bin kadar milli motor ve servo motor üretmekteydi. Fabrika tasarımının tamamen yeniden elden geçmesi ve daha da ileri düzeyde otomasyon sağlanması sonucu, şimdi sadece 60 kişi ve 101 adet robotla bir ayda on bin motor üretmektedir ki, böylece prodüktivitede, başta yapılan yatırımı rahatça çıkaran üç misli bir iyileşme sağlanmış demektir. Oysa, FANUS'un yöneticilerine göre bu dahi tam otomasyona geçişte sadece bir ara kademedir ibarettir. Prodüktivitedeki artışlar yavaş- yavaş yükselen bir seyir takip etmesi Japon robot sanayisinde istikrarlı bir sipariş akışı sağlamakta.

Gelişmiş ülkelerde robot teknolojisi güçlü bir mühendislik kültürünün bulunduğu, fert başına ortalama yaşam standartlarının yüksek olduğu ve kalifiye işçi stokunun az olduğu yerlerde çok daha fazla gelişme eğilimi göstermektedir.[20]

Prodüktiviteyi artıran ülkelerin nispi gücü de artmaktadır. Kuzey Amerika, Avrupa ve Doğu Asya gibi üç büyük ekonomik bölgede piyasa paylarını ele geçirmek için süren çekişmede, robot teknolojisi bir tarafta Nissan, Toyota, Daewoo', diğer tarafta da Ford, Chrysler, o bir tarafta Mercedes, BMW, Fiat gibi şirketler arasında prodüktivite bakımından derin uçurumlar oluşturuyor.

Avrupa ve Amerika, robot teknolojisi karşısında dağınık, düzensiz ve kararsız bir tutum sergilemekle birlikte, bu konuda gelişme yolundaki toplumlara kıyasla hiç olmazsa fizik ve fikir altyapıları itibarıyla - çok daha iyi rekabet edebilecek durumda. Global finans, biyoteknoloji ve çokuluslu şirketler nazarı itibara aldığımızda, gene karşımıza teknolojinin yönlendirdiği bir devrim çıkmaktadır ki, bunun, fakir ülkeleri ya kümenin altında tutmaya devam etmesi ya da bunları daha da zayıflatması ihtimal dahilindedir. Güney Kore, Tayvan, Singapur, Hong Kong, Malezya çok hızlı bir gelişme kaydetmektedir. Bu ülkelerde bir kaç yıl içinde olan iş gücü maliyetindeki patlama otomasyona geçmeye de bir sebep olmuştur.

Az gelişmiş ülkelerde zaten olan işsizleri otomasyona geçerek yinede artırmak anlamsız. Bu ülkeler otomasyon ve robotlara geçişi isteseler bile alt yapı izin vermiyor: güçlü sistem elemanı, yetişmiş bakım elemanı olmayışı, enerji, telekomünikasyon ağı, su, yol yetersizlikleri. Zaten büyük şirketler az gelişmiş ülkelere ucuz iş gücünden yararlanmak için giriyorlar, oralarda robotlara ağırlık vermesi anlamsızdır.

Zaman geçtikçe iş gücündeki ucuzluk robotları gelişmesine etki gösteremez hale gelir. Emekten tasarruf sağlayan teknoloji yoğun biçimde kullanıldığı takdirde yine rekabet gücü kazandırabilir.[20]

Kısaca robotların kullanılmasında elde edilecek gelişmeyi aşağıdaki faktörler etkilemektedir:

1.Hükümet ve Politik etkileri: Çıkarılan kanun ve yasalar, yapılan düzenlemeler, araştırma-geliştirme (AR-GE) için parasal kaynak bulma, pazar koruma politikaları, patent kanunları robotların gelişmesine, endüstride kullanılmasına etki etmektedir.

2.Teknolojik faktörler: Bunlar robotun endüstride kullanılması ve AR-GE için bilinmesi gerekken temel faktörlerdir.

3.Ekonomik faktörler: Robotlarla üretime başlamak için en önemli faktördür. İmalatçılar arasında rekabet, sermaye riski, pazar karakersizliği, ekonomik gösterge ve işçi ücretleri ekonomik faktörlerin başlıcalarıdır.

4.Kültürel faktörler: Bu faktörler coğrafya, tarih ve hükümetin idare şekline, işçilerin yaşama tarzına, alıcı satıcı ilişkilerine bağlıdır.

Gelişmekte olan ülkelerde robotların etkili kullanımında aşağıdaki sosyoekonomik problemler de dikkate alınmalıdır:

1.Endüstri,hükümetin idare şekli ve toplumlar ekonomi ve iş planlamasını uzun vadede beraber yapmalı, ani değişimlerden kaçınmalı ve işsizliğe, işgücüne etkisi azaltılmalı, yani işsizliğe sebep olmamalıdır.

2.En çok etkilenen şirketler ve sanayiciler, işsizliğe zarar verecek kararları almadan önce dikkatli etüt yapmalıdır.

3.İşçileri iş yerinde verimi azaltmadan eğitmek için gerekli eğitim kurumları bulunmalıdır.

4.İşinden çıkartılan için başka istihdam kaynağı şirketler organize edilmeli, işsizlik sigortasına ek olarak başka ilave kaynaklar yürürlüğe konmalıdır. [22]

5.2.3. Bazı Şirketlerin Robotlu Üretime Geçmelerine Örnekler

1.İsveç'ten Bir Örnek.

Güney İsveç'te kırsal kesimde yer alan bir özel fitting fabrikası bu ülkede ilk kez 1974 senesinde bir sanayi robotu kullanan fabrikadır. Çeşitli çaplarda (30-100 mm) ve boylarda (100-300mm) özel çelikten imal edilen ve özellikle gıda, petro-kimya, ilaç sanayi gibi alanlarda kullanılan boru parçaları ve dirseklerin dış yüzeyleri taşlanmakta ve parafinlenerek parlatılmaktadır. Burada amaç paslanmaz çelikten imal edilen boruların kullanıldıkları ortamlarda görünüş estetiğın sağlanmasıdır. Özellikle dirseklerin kıvrım yerlerinin dönen zımpara bandı üzerinde taşlanarak parlatılması vasıflı ve deneyimli personele gereksinim duymaktadır. Kırsal kesimde bulunan fabrikanın aranan niteliklerde personel bulamaması sonucu bir sanayi robotunun temin edilmesine tek çıkar yol olarak karar verilmiştir. Dünyada sanayi robotlarının kullanılmasının henüz başlangıç safhasında olmasına ve bu konuda belirtilen fabrikanın hiçbir deneyiminin bulunmamasına ve bilgi alınabilecek herhangi bir fabrika olmamasına rağmen belirtilen fabrikanın yöneticisi büyük bir cesaret ile daha denenme aşamasında bulunan bir ASEA robotunu 1974 senesinde satın almıştır. Kağıt üzerinde de herhangi bir yerleştirme ve işletim planlaması yapılmaksızın robot fabrika içinde uygun görülen bir yere yerleştirilmiş ve çevre birimleri de robotun etrafında yerlerini almışlardır. Robot kolunun uzanarak içinden kavradığı dirsekleri içeren bir iş parçası magazini, taşlama bandının bulunduğu bir tezgah, robot kolunun taşlanan dirseği diğer ucundan da kavranmasını sağlayan bir düzen, temizleme ve parafinleme banyoları ile işi bitmiş dirseklerin konulduğu kutular robotun çevre [23] birimleridir. Taşlanacak dirsek tip ve boyutlarına göre programlanan robot periyodik bakım ve onarım süreleri dahil olmak üzere günde 24 saat, haftada 7 gün çalışmaktadır. Diğer personelin normalde bir vardiyalık çalışma süresinde oluşturduğu iş hacmi robot tarafından ancak üç vardiyalık çalışma temposu ile tamamlanabilmektedir. Robotun

devreye girmesiyle daha önce aynı işi yapan ve kısmen yapmaya devam eden personelde zamanla kendilerine hiç gereksinim duyulmayacağı ve birkaç robotun daha alınmasıyla tümüyle işsiz kalabilecekleri endişesi belirmeye başlamış, ancak bu endişelerin zamanla yersiz olduğu ortaya çıkmıştır. Robotun yaptığı taşlama işini daha önce yapan bir taşıyıcı ile karşılaştırmada, deneyim kazanmış bir kimsenin robota göre zaman biriminde 1/3 oranında daha fazla iş bitirdiği belirlenmiştir. Ancak robotun üç vardiya ve hafta sonları da çalışabilmesi ile sürekli aynı kaliteyi vermesi yanında sayısal olarak da daha üretken olduğu görülmüştür. Belli bir dirsek tipinin büyük partiler halinde taşlanması robotun, küçük partilerde ve sık sık değişen iş parçalarında ise taşıyıcı personelin daha verimli ve ekonomik olduğu ortaya çıkmıştır.

Taşıyıcı personel, robotun kendilerine göre daha yavaş olması ve rutin, bıkırtıcı büyük parti işlemlerini üstlenmesi nedeniyle bu cihaza karşı giderek olumlu düşünmeye başlamışlar ve kendilerine daha rahat bir iş ortamı sağladığı için minnettar olmaya başlamışlardır. Fabrikanın ise genelde robot sayesinde iş hacmi büyümüş ve yeni pazarlara açılabilme olanağı ortaya çıkmıştır. 1989 senesine gelindiğinde büyük partili dirsek taşlama işlerini yeni model iki robotun, özel dirseklerin ve küçük partilerin işlemlerinin ise yine deneyimli personel tarafından yürütüldüğü gözlenmektedir.

Bu örnek genel olarak değerlendirildiğinde vasıflı personel bulamama sonucu başlatılan robot kullanımı ile aşağıdaki olumlu sonuçlar elde edilmiştir:

- Artan iş hacmi ile yeni pazarlara açılabilme,
- Kaliteyi yükselten ve erişilen kaliteyi sürekli tutabilen bir üretim yapısı,
- Rutin ve yorucu işlerden rahatlatılmış personel. [23]

2. Amerika Birleşik Devletlerinden Bir Örnek

Amerika Birleşik Devletleri'nin güney doğusunda Louisville şehrinde bulunan General Electric şirketine bağlı bulaşık makinası fabrikası 1980'li senelerin ortalarına yaklaştığında bir kriz ile karşı karşıya gelmektedir. 20'nin üzerinde farklı tiplerde üretilen bulaşık makineleri özellikle Japonya ve Avrupa'dan gelen rakipleri karşısında pazarda giderek gerilemektedir. Klasik montaj bandı ve yoğun el işçiliği ile üretilen

makinelerin maliyetleri rakiplerine göre yüksek olmakta ve bu nedenle pazar kaybı doğmaktadır. Şirket yönetimi bu durum karşısında üç seçenek üzerinde durmaktadır:

- 1.Fabrikanın tamamen kapatılması;
- 2.Üretimin özellikle işçilik maliyetlerinin çok düşük olduğu Güney Doğu Asya ülkelerine kaydırılması;
- 3.Fabrikanın yeniden düzenlenmesi, bu arada yeni teknolojilere ve özellikle CIM'e ve otomasyona olabildiğince yer verilmesi.

Bu seçeneklerin üçü de personel açısından iş yeri kaybı olarak değerlendirildiğinden sendika tarafından karşı çıkmakta ve üretimin mevcut şartlarda sürdürülmesi istenilmektedir. Şirket yönetimi ise üçüncü seçeneğe sıcak bakmakta ve personelin bu seçenek için kazanılabilmesi halinde tümüyle esnek otomasyona geçmek istemektedir. İşçi ve işveren temsilcilerinin uzun süren görüşmeleri sonucunda, yeni yapıya geçildiğinde hiçbir işçinin işine son verilmeyeceği sözü verildikten sonra fabrikanın tümüyle otomasyona geçmesi için çalışmalara başlanmıştır.

Üretim zincirinin tamamen değiştirilmesi çalışmaları ürün üzerinde yapılan iyileştirme çalışmaları paralelinde sürdürülmüştür. Klasik yaklaşım olan, önce ürünün yeni şeklinin belirlenmesi ve daha sonra onu üretecek hatların tasarımı yerine her iki işlem paralel yürütülerek büyük ölçüde zaman kazanılmıştır. Yeni tasarlanan bulaşık makinasının en önemli özelliklerinden biri, üzerinde birçok işlemi bulunan paslanmaz çelik saç kazan yerine tümüyle plastik olan ve üzerinde çok az işleme gereksinimi duyulan yeni bir kazanın öngörülmüş olmasıdır. Kendine bu konuda güvenen firma normalde 1, en fazla 2 sene olan garanti süresini bu plastik kazan için 5 seneye çıkarmış ve rakip firmaların bu konuda yapabilecekleri anti propagandaya daha başlangıçta önlem almıştır. Üretilecek bulaşık makinası tip sayısı da 4'e indirilmiş ve bu sayede üretim hatlarının tasarımında otomasyon verimliliği en üst düzeye çıkarılabilmektedir. Yeni montaj hatlarının tasarımında ise benzetim tekniğinden önemli ölçüde faydalanılmıştır. Düşünülen üretim hattının modellenerek bilgisayarda incelenmesi ve adım adım iyileştirilmesi ile gerçekte kurulacak sistem belirlenmiş ve davranışları bilgisayar ekranında önceden görülerek incelenmiştir. [23]

Yeni sistemde montaj hatlarında hiçbir insan bulunmamakta, işlemler otomatlar ve robotlar tarafından yapılmaktadır. Otomatlar herhangi bir değişikliğe uğramayacak, sürekli aynı hareketlerin yapılması gerekli iş istasyonlarında kullanılmıştır. Robotlar ise programlanabilme özelliklerinden dolayı büyük esnekliğe sahip olduklarından, zaman zaman farklı işlemlerin yapılmasının zorunlu olduğu iş istasyonlarında yer almışlardır. “Just In Time”(Tam Zamanında Üretim) felsefesi ise bazı saç parçaların elde edilmesi ve montajında uygulanmıştır. Rulo saçtan kesme, zimba makinasında delme ve preste kıvrırma gibi işlemler yine otomatik olarak montaj hattının hemen yanında yapılmaktadır. Elde edilen saç parçalar bu şekilde bir depoya gitmeden hemen montaja girmektedir. Boya püskürtme gibi insan sağlığına zarar verebilen birçok çalışma yerinde robotlar kullanılarak personel rahatlatılmıştır.

Yeni sistem tümüyle bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Merkezi bir bilgisayar sistemi üretim hattındaki bölgesel bilgisayar sistemine bağlıdır. Montaj hattının her iş istasyonundaki işlemler kendi bölgesel bilgisayarları ile kontrol edilirken, merkezi bilgisayar tüm sistemle ilgili bilgileri toplamakta, bakım ve onarım faaliyetlerini yönlendirmekte ve raporlamaktadır. Örneğin plastik kazanın üzerine çeşitli cihazların montajına başlanıldığında, otomatik olarak montajı yapan makineler bir uyumsuzluk tespit ettiğinde (kazanda montaj sırasında yapılacak bir bağlantı için bir civata deliğinin açılmamış olması gibi) bunu bölgesel bilgisayara bildirmekte, bu bilgisayar yakındaki bir robota komut vererek bu kazanın montaj hattından alınmasını ve durumun merkezi bilgisayara bildirilmesini sağlamaktadır. Merkezi bilgisayar ise hatta oluşan bu durumu, kontrol panelleri önünde üretim sistemini izleyen personele bildirmektedir. Bölgeye gönderilen bir kişi kazandaki uyumsuzluğu gidererek (el matkabı ile gereken deliğin açılması gibi) bunu merkezi bilgisayara bildirdiğinde bu bilgisayar, robotu kontrol eden bölgesel bilgisayara gerekenin yapıldığını haber vererek kazanın robot tarafından tekrar montaj hattına konulmasını sağlamaktadır.

Fabrikada eski montaj hattında çalışan personelin tamamı ise yeni sistemlerin işletilmeleri, bakım ve onarımları ile zaman zaman gerekli kontrollerin yapılması konusunda eğitim görerek yepyeni bir hüviyet kazanmışlardır. Bunun sonucunda da personel daha rahat bir çalışma ortamına kavuşmuştur. Herhangi bir çalışanın işine son

verilmesi gibi durumla karşılaşılmanın, aksine yeni yapının getirdiği kaliteli, seri ve ekonomik üretim sayesinde yeni pazarlar kazanılmış ve artan iş hacmi nedeniyle çeşitli şubelere yeni personel alınması gerekli olmuştur. [23]

3. Japonya'dan Bir Örnek

1985 senesinde Japonya'da Sendai'deki tek bir radyo-kaset fabrikasında çok ağır bir ekonomik durum meydana çıktı. Fabrika belli sayıda robot da kullanıyordu, fakat yenin değerinin artışından, ülkede had safhadaki işgücü yetmezliğinden ve Güneydoğu Asya'da emeği ucuza kullanan rakiplerinin sıkı rekabetinden bunalmış olan şirket büyük bir sıkıntı içine düşmüştü. Üretimi daha ucuz işgücü bulunan ülkelere taşıma fikrini reddeden şirket yönetimi büyük ölçekli bir otomasyona geçmeyi tercih etmiştir. Fabrikanın üretim hatları gözden geçirilerek, fabrikaya 850 adet sanayi robotu yerleştirmeye karar verildi. Kısa bir süre sonra, montaj hattında tam kapasite ile üretim yapmak için sadece on altı işçiye gerek kalmıştı. Oysa bu değişmeden önce bu işçi sayısı 340'ı buluyordu. Şirket böylece, bir defa büyük bir yatırım yapmayla, Japonya'da bir işçiye ödeyeceği ücreti hesaba alarak, büyük avantaj sağladı. Bunun sayesinde maliyetler düştü, şirket ucuz mamul üreten Güneydoğu Asya'lı rakipleri karşısında bile rekabet edebilecek hale gelmişti. Emeğin ucuz olduğu dış ülkelerdeki montaj fabrikalarının işçilerini, işgücü maliyeti yüksek olan ülkelerdeki teknoloji devre dışı bırakıyordu.

Sonuçta işgücü maliyeti yüksek olan ülkelerde bile otomasyon ve robotlar doğru ve yeterli derecede kullanılırsa, ucuz işgücü karşısında bile rekabet edebileceği, yüksek kaliteli ve düşük maliyetli mamul üretilebileceği kanıtına varılmıştır. [20]

4. Ohio'dan bir örnek

Son yıllarda endüstriyel ark robotları kaynağı küçük şirketlerde fazlaca kullanılmaya başlamıştır. Böyle bir şirkette 1984 yılında Ohio'da Dayton'un hemen kuzeyinde kurulan Link Corporation'dur. Bu şirket alüminyum yakıt hücreleri, askeri araçlar için parçalar ve çok çeşitli metal üretimi yapar. Link Corporation Temmuz, 1984'de ilk robotlu ark kaynağı sistemini ortaya çıkarmıştır. Burada bir uygulama olarak alüminyum ızgaralarının ark kaynağı robotlarıyla kaynaklanmasını inceleyeceğiz.

Bu fabrikanın robotlu kaynağa geçmesinde üç temel neden vardı. İlki fabrikanın üretimini iyileştirmeye ortam sağlamak, ikincisi diğer imalatçı şirketlerle rekabet edebilmek, üçüncüsü kaynakçının iyiliği ve güvenliğidir.

Sistemin alınmasından sonra kurulması başlanmıştır. Lojistik ve planlama Ağustos 1984'ün ortalarında tamamlandı. Robot sisteminin alınmasından yaklaşık 5 gün sonra, sistemin test edilmesi için ilk kaynaklar yapılmış. Teslimattan sadece on gün sonra gerçek kaynaklara başlandı. Kurma, deneme ve sistemin programlanması görevleri Hobart'ın fabrikalarında iki Link işçisinin eğitilmesiyle yerine getirildi. Bir haftalık eğitim bütün alanları kurma, bakım, güvenlik, robot ve durum belirleyicisinin programlanmasını kapsar.

Bir ızgara montaj ölçümü 584x409,6x101,6 mm ve ağırlığı 19,5 kg ızgara 22 parçadan oluşur. Montaj tamamen alüminyumdur. Bir ızgara montajında toplam kaynak uzunluğu 4191mm'dir. Robotlu sistemin kurulmasından evvel ızgara montajları elle gaz tungsten ark kaynağı ile kaynaklanırdı. Bu metodla toplam kaynak zamanı 75 dakikadır. Robot kullanarak bu zaman 9 dakikaya indirilmiştir. Bu devir zamanda %88'lik bir azalmadır. Üretim hızının azalmasının yanında kalite artışı da gözlenmektedir. Bu iki şekilde gözlenir. Birincisi düzgün veya yeterli olmayan kaynakları düzeltme çalışmalarının miktarıdır. Yani reddedilen parça sayısıdır. Bu işlemde 1850 bitmiş montaj'dan 25'i reddedildi. Bu % 98,6 kabul demektirdi. İkincisi bitmiş ızgaralardaki boyutsal değişikliklerdir. Bu ısınmadan dolayı meydana gelen çarpılmalardan olurdu. Boyutsal toleranslar aşağıdaki şekildedir. İlk önce parça 90 derece eğilecek ızgara çubuklarının düz pozisyona gelmesi sağlanır. Kaynak işlemi adım adım merkezden dışarı doğru sistematik bir şekilde kaynaklanır. Izgara 180 derece döndürülerek çerçevenin bitiş bölümleri düz pozisyondayken kaynaklanır. 180 derece tekrar döndürülür. Zıt tarafta kaynaklanır. Bütün kaynak devri için ark verimliliği % 81'dir. Robotlu ark kaynaklarda bu verimlilik ortalama % 70-80 arasındadır. Bu bazen % 98'lere kadar çıkabilmektedir. Bu 12 dak. yerden- yere zamanla katlandığında, üretim yerinin kullanılabilirliğinin iyileştirildiği görülür. Bu program koşulsuz iş çağrılarının ve koçullu iş çağrılarının bir kombinasyonunu kullanır. Düzenleme ve yerleşme için kullanılan iş çağrılarının parametreleri aşağıda (Tablo 5.3) verilmiştir. [24]

Tablo 5.3. Aliminyum ızgara montajı için kaynak parametreleri

Voltaj 2 VCEP	Amper : 175 A
Tel besleme hızı : 338 cm/dak	Tel çapı : 1,2 mm
Tel yüzey mesafesi : 15,9 mm	Kaynak hızı : 64,8 cm/dak
Gaz 40 cfh % 100 Ar.	Tel tipi : 5356 AL
Açı 10	Torch açısı 90
Temel malzeme : Aliminyum, 6061-Tb ve 7039	

Durumun her iki tarafı için gereken adım sayısı toplamı, 564 tamamlanmış ızgara montajıdır. İki tarafı programlamak için geçen zaman 16 s.dır. Kaynak devir zamanındaki düşüş ve kalitedeki iyileştirmeye ilave olarak, kaynakçıyı direkt etkileyen alanlarda da iyileştirmeler yapılmıştır. İlk olarak, robot sistemi, işi öncelikle kolaylaştırmıştır. İlk kullanılan elle GTAW operasyonu ile 1985 üretimi olan 882 parça 1100 adım/ saat olacaktı. Yaklaşık 7 kaynakçı işi yapmak için gerekli iken, şimdi bir işlemci ve robotlu sistemle 200 adım/saat'de yapılmaktadır. İkinci olarak işlemcinin güvenliği önemli ölçüde artmıştır. Robotun kaynağı yapmasına imkan tanımakla, işlemci artık ısı, duman, ışık gibi olaylara maruz kalmayacak, yanık ve spektrumun ultraviyolesinden korunacaktır. İşlemci daha sağlıklı ve mutlu olduğu için en iyi derecede iş çıkaracaktır. Robotlu kaynak sisteminin maliyet tasarrufuna diğer bir örnek bir grenada (yangın söndürmeye mahsus malzeme dolu cam kap) kutusudur. Montaj bir kapak ve bir kutudan oluşur. Kaynakların hepsi yatay veya düşey pozisyonlarda 3,2 mm'lik kaynaklardır. Toplam kaynak uzunluğu 1181 mm (kapakta) , 2278 mm (kutudadır). Yarı otomatik GMAW işlemi kullanılan, ön üretim sadece 7 kapak ve 7 kutuyu 9,25 saatte kaynaklamıştır. İki işlemci gerekir. Bu her montajında 2,6 saate düşmedir. Robotlu kaynakta bu 30 dakikaya düşmektedir. Sadece 1 işlemci gerekir. Devir zamanı % 81 azalmış, üretkenlik kalite ve reddedilen parçalardaki azalmada 5 kat artmıştır. Link Co. aliminyum ızgara montajlarındaki kaynak tecrübelerini diğer imalatlara da yansıtmayı düşünmektedir. [24]

Link Corporation robotlu ark kaynağı sisteminin alınmasına dair ilk hedeflerini yerine getirmiştir. Zaman %84 azalmış, reddedilen parçalar hemen hemen ortadan kaldırılmıştır. Boyutsal bozulmalar en aza indirilmiştir. Üretim artmıştır. Daha geniş bir kaynak şekil, boyut, daha geniş esnekliğe daha az zamanda daha iyi parçalar yapılmaktadır. Bunlara ilave olarak kaynakçının yorgunluğunda azalma, artan güvenlik, işleminin yaralılığını iyileştirme de söz konusudur. Bunlar birleştiğinde ortaya daha etkili ve üretken bir fabrika çıkar. Gelecek işler ve montajlar robotlu sistemde kolayca yerleştirilebilir. Yeni kaynak malzemeleri icat edildikçe, Link'in devir zamanını azaltıp, üretim tabanını artırma çalışmaları da kullanılacaktır. Link, küçük imalatçılara bir örnekti ve küçük imalatçılar ark kaynağı robotları alanına ödeme yapmaktadırlar. [24]

5.3. Türkiye’de Robotik Çalışmaları

Türkiye’de bilgisayar kullanılması ve yaygınlaşması hemen hemen dünya ile paralel bir seyir izlemiştir. Bu çerçevede otomasyona yönelik çalışmalar ve robot kullanımı da yeterli, tatmin edici olmasa bile 1980’lerin ortalarından itibaren yaygınlaşmıştır. İlk NC ve CNC makinalar 1970’li yılların ortalarında devreye girmiştir. Torna, freze gibi klasik makina ve takım imalat tezgahlarının yanı sıra tekstilde elektronik jakar ve bilgisayarla desen tasarımı gibi uygulamalar hızla yaygınlaşmıştır.

Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretimin Türk sanayisine girişi 1980’li yılların sonu ile 1990’lı yılların başını bulmaktadır. Bu dönemde Türkiye’nin ileri gelen büyük ölçekli sanayi kuruluşları gerek kendi bünyesinde gerekse yan kuruluşlarda bu amaca yönelik hizmet veren laboratuvarlar ve merkezler kurmuşlardır.

Türkiye’de endüstriyel alanda hiçbir kuruluş henüz “Bilgisayarla Tümüleşik Üretim (BTÜ-CIM)”e ulaşmamışsa da özellikle büyük sanayi kuruluşlarında “Bilgisayar Destekli Üretim” (BDÜ) uygulamaları yaygın hale gelmiştir. Kurulu BDÜ yapan kuruluşlar anahtar teslimi fabrika alımları ile üretim birimlerini oluşturmuşlardır. Bu sebeple otomasyon konusunda mühendislik birikimi pek fazla gelişmemiştir.

Robotik ve BDÜ uygulamaları ve projeleri TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu) bünyesinde başlatılmıştır. Boğaziçi Üniversitesi Makina ve Elektrik Mühendisliği Bölümlerinde, İstanbul Teknik Üniversitesi Makina ve Elektrik-Elektronik Fakültelerinde, Orta doğu Teknik Üniversitesi Makina ve Elektrik Fakültelerinde lisansüstü ders ve projeler verilmeye başlamıştır. 1986 yılında İTÜ Rektörlüğünce “Robotik Araştırma Komisyonu” kurulmuş, Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi “Robotlar ve Endüstriyel Otomasyon” konulu bir seminer düzenlenmiştir. 1987 yılında ise TÜBİTAK’ın desteklediği “Robotlar Teknolojisi Araştırma Ünitesi” kurulmuştur. Bu üniteye üç yıllık bir çalışma dönemi içinde iki robot prototipi ve robot kontrolü için bir kontrol bilgisayarı geliştirmeyi planlamıştı. İTÜ teknoparkında KOSGEB’de 5+1 serbestlik dereceli, 6 kg taşıma kapasiteli hafif sanayi robotu Altınay HSR 60 tamamlanmıştır. 1993’de bu robot geliştirilerek Altınay HSR 4 isminde Altınay-İkbal Robotik ve Otomasyon Sanayi ve Ticaret A.Ş tarafından yapımı tamamlandı. 1994 yılında TÜBİTAK MAM CAD/CAM Robotik bölümünde 6 serbestlik dereceli 15kg taşıma kapasiteli endüstriyel robot (MAM ROB/ER/15) tamamlanmıştır. Bu robot elektronik, kontrol, yazılım, mekanik, elektrik bölümlerinin sıfırdan tasarlanarak yapılmıştır. Bu çalışmaların satın alınan bir endüstriyel robotun taklit edilmesiyle başladığı gözardı edilmezse ulaşılan sonuç küçümsenemez. Zira Türkiye’de bu çalışmalar devlet desteği ve kısıtlı imkanlar altında gerçekleşmektedir, özel kuruluşlardan otomasyon, BDÜ ve robot konusunda üniversitelere ve TÜBİTAK’a herhangi bir talep ya da destek gelmemektedir. TÜBİTAK’da yapılan çalışmaların bir kısmı Eskişehir’deki TULOMSAŞ lokomotif fabrikalarında yapılmaktadır.

İTÜ bünyesinde yetişen mühendislerin Robotik Otomasyon A.Ş’ yi kurmasının ardından az da olsa ivme kazanan Türkiye’deki robotik çalışmaları sonucunda ülkemizde ilk ASR (Ağır Sanayi Robotu) tamamlanarak, Arçelik’te kullanılmaktadır. Ayrıca, Vitra’ya da robot tipinde manipülatörler üretilmiştir.

Türkiye’de bu çalışmaların yanı sıra özellikle yabancı sermayeli yeni kurulan fabrikalarda robot kullanımı yaygınlaşmaktadır. Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de otomotiv endüstrisi robot kullanıcılarının lokomotifidir. [4]

1995 yılına kadar Otosan fabrikaları en çok robot bulunduran, kullanan kuruluş olarak bilinirdi. 1995'te Toyotasa fabrikası en çok robot kullanan fabrika konumuna geçti. Şu anda Türkiye ABD, Japonya, Almanya gibi ülkelerle karşılaştırıldığında robot kullanımı ve robotik çalışmalarında çok geride. Sadece ABD'nin büyük motor ve otomobil üreticisi General Motors 1990 yılı itibariyle 14000 endüstriyel robota sahiptir.

Robot teknolojisinin Türkiye için yeni bir konu olmasına rağmen iyi gelişmeler olmuştur. Bu konuda yapılacak çok çalışmalar var ve bu çalışmalar sonucu büyük yararlar sağlanabilir. Bunların en önemlilerini şöyle sıralayabiliriz:

- Robot teknolojisi ile ilgili çalışmalar, robotlar için olduğu kadar, nümerik kontrollü takım tezgahları, endüstriyel otomasyonu, üretim organizasyonu ve optimizasyonu konularında da güncel teknolojinin izlenmesini ve bilgi birikiminin oluşmasını sağlayacak, bu konularda gerek uygulama ve kullanma, gerekse araştırma- geliştirme ve imalat deneyimini artıracaktır.
- Türkiye'de robot kullanımı öncelikle çalışan sağlığının tehlikede olduğu alanlarda başlayacak, ek yatırım gerektirmesine rağmen çalışma koşullarının iyileştirilmesine katkıda bulunacaktır. Yapılan ek yatırım en geç üç yılda kendini ödemekte ve karlılığa geçmektedir.
- Robot teknolojisi yeni istihdam alanları yaratacaktır. 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 çalışmakta olan üretim sistemlerinin üretkenliği, kaliteyi ve karlılığın artmasına katkıda bulunacağı gibi özellikle kapasite artımı ve genişletme projelerinde daha hızlı ve daha verimli çalışan atölyelerin oluşmasını sağlayacaktır.
- Türkiye'de de robot geliştirilmesi ve imalatı, 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.

Günümüzde Türkiye’de iş gücü maliyeti gelişmiş teknoloji ülkelerine kıyasla çok düşük. İş gücü maliyetindeki görülen yavaş yavaş artış ileri teknolojiyi zorunlu hale getirecek. O zaman şu andaki çalışmaların çok büyük yararı olacak. Çağımızın baş döndürücü bir hızla ilerleyen teknolojisini izleyebilmek için robot teknolojisi ve diğer ileri teknoloji alanlarında yapılan çalışmaların her zaman gerekse devlet, gerekse milletini, yurdunu seven her kişi ve kuruluş tarafından bilinç altında desteklenmesi gerekiyor. [4]

5.3.1. Türkiye’de Robot Üretimi Bir Örnek

1990 yılı sonunda Altınay - İkbāl Şirketi robotlar üzerinde akademik araştırmalarını başlamış. Bununla şirket ülkeye gerçekten yeni bir teknolojik ürün ve ona bağlı olarak sanayisini kazandırmıştır. Araştırma-geliştirme faaliyetlerinin ancak bu yoldan bir ürüne dönüştürülmesi ve teknolojik bilgi transferi ve tecrübe gerçekten kazandırmış olacaktır.

Altınay HSR-4 robotunun tasarım ve üretimi, birbirine girift iki daldaki çalışmaların ortaklaşa yürütülmesi ile gerçekleştirilmiştir. Elektronik ve mekanik dallarının birleşmesi ile oluşan “Mekatronik” günümüzde artık tek başına bir disiplin olarak kabul edilmektedir.

Robotun Mekanik Yapısı

Böyle kapsamlı ve karmaşık bir mekanizmanın tasarımında bilgisayarın kullanılması tabii ki kaçınılmazdır. Bu çalışmalar kapsamında:

- Robot geometrisinin katı modellemesi,
- Oluşturulan geometride kritik görülen bölgelerde “Sonlu Elemanlar Metodu” ile yapılacak analiz,
- Parçaların teknik imalat resimleri,
- Eksenlerin ve sistemin montaj resimleri,
- Döküm sonrası gerekli parçaların CNC tezgahlarda işlenebilmesi için G kodları olmak üzere 5 başlıkta toplayabileceğimiz bütün çalışmalar, bilgisayar

ortamında gerçekleştirilmiş olup, çalışma platformu olarak iş istasyonu, program olarak da SDRC firmasının I-DEAS paket programı kullanılmıştır.

Mekanik yapı hakkında bilgi vermeden önce kısaca bu bilgisayarlı tasarım aşaması hakkında bilgi vermekte yarar vardır. Çünkü böyle bir programın kullanılması ile tasarım sırasında yapılabilecek hatalar minimize edilmekte, montaj kolaylıkları incelenmekte, tolerans analizleri ve değerlendirmeleri yapılabilmekte ve tasarım süresi kısalmaktadır. Her biri yüksek teknoloji ürünü olan robotlara baktığımızda o kadar hassas ve detaylı çalışmamız gerektiği kolaylıkla anlaşılmaktadır.

A. Katı modellime: Robot geometrisi için önceden oluşturulan eskiz resimler ve tasarımcının bilgisayar ile etkileşimli çalışmaları sayesinde bütün eksenlerdeki elemanlar tek tek oluşturulmuş, oluşturulan her bir elemanın diğerleri ile tolerans analizleri gerçekleştirilmiştir. Robot geometrisindeki her bir eksenin montajı ve bu eksenlerin içinden geçecek kabloların konumu titizlikle incelenmiştir. Bu tür incelemeler tasarımcıya tasarımını hem gerçek hali ile görebilme imkanını hem de daha parça üretilmeden müdahale edebilme imkanını vermektedir.

B. Sonlu Elemanlar Analizi: Oluşturulan elemanlardan tasarımcı tarafından kritik bulunanlar ve gerek görülenler, katı modelleme işlemleri bitirildikten sonra Sonlu Elemanlar Analizi'ne tabii tutulmak için üzerine tek tek düğüm noktaları (nodlar) ve elemanlardan oluşan ağ yapısı oturtulmaktadır. Maruz kalacağı kuvvet ve momentlerle mesnet yerleri belirtilerek elemanın analiz öncesi modeli oluşturulmaktadır. Parça üzerinde statik, dinamik, ısı transferi analizleri yapılabilmekte, eğer istenirse analiz sonrası kritik diğerlerin lokasyonuna göre ağ yapısı adaptif olarak değişmekte ve parçayı tekrar analize tabi tutmaktadır. Analiz sonrası parçanın geometrisinde bir değişikliğe gidilecekse bu gerek kullanıcı tarafından gerekse optimizasyon modülü yardımı ile yazılım tarafından da yapılabilmektedir.

C. Teknik Resim Çizimi: Oluşturulan ve katı model olarak son halini alan parçalar teknik resim çizim modülü yardımı ile detaylı olarak kağıda aktarılmakta, pafta üzerine

istenen işleme toleransları, kesit resimleri ve gerekirse üç boyutlu açıklama amaçla parça resimleri de eklenebilmektedir.

Bu tasarım bilgisinin ışığında mekanik yapıyı inceleyecek olursak, altı hareket serbestlik derecesini sahip olduğu için mekanik yapıyı da altı eksene ayırmak mümkündür. Her eksene kendi doğrultusunda hareket ettiren motorlar ya direkt sürücülü ya da kayış-kasnak mekanizması ile hareket ettirici bir pozisyonda yataklanmıştır.

Teflon malzeme ile her ekseninde ilave sızdırmazlık elemanları kullanılmıştır. Bu sızdırmazlık ve motorların mekanik yapının içinde yer alışı, HSR-4 robotunun kaynak ve boya gibi işlemlerde emniyetle kullanılmasını sağlamaktadır. Kullanılan fırçasız AC servomotorlar ark yapmayacağı için bu tür uygulamalarda ek güvenlik önlemleri alınmasına gerek duyulmadan kullanılabilir.

Mekanik yapının kontaklığı sayesinde uygulamanın ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayabilmek için her eğiimde monte edilebilir. Önkol'un mekanik yapısı sayesinde gereken uygulamalar için Önkol'a 100, 200, 300 mm.lik ara kol ekleyebilmek mümkündür. Bu da HSR-4 robotuna değişik uygulamaları adaptasyon imkanı vermektedir.

Robotun Denetim Yapısı.

Robot denetim yapısı 3 ana döngüden oluşmaktadır. En içteki akım döngüsü, motora uygulanan akımı ölçmekte, bunun istenen akıma olan farkı üzerinde orantı-integral denetimi uygulanmakta ve motoru darbe genişlik modülasyonu (pwm) ile sürmektedir. Akım döngüsü analogtur. Bu döngünün dışında hız döngüsü bulunmaktadır. Hız döngüsünde, motor üzerinde bulunan çözümleyiciden (resolver) elde edilen analog hız bilgisi sayısallaştırılmakta ve sayısal bir orantı-integral denetim süzgeçinden geçirilerek analog hale dönüştürülmektedir. Hız döngüsünün çıkışı akım döngüsüne uygulanır. Sayısal olan hız döngüsü 2.5 Khz'de gerçekleşmektedir. En dıştaki konum döngüsünde ise, çözümleyici çıkışı, donanım olarak artırımlı kodlayıcı (incremental encoder) bilgisi şekline dönüştürülür.

Artırımlı kodlayıcı bilgisinden elde edilen konum ve konum bilgisinden gözlemlenen hız değerleri, konum geri besleme işaretinin elde edilmesinde kullanılır. Konum döngüsü iki serbest dereceli yapı şeklindedir. Burada geri besleme kuralı kutupsız yerleştirilerek bulunmuştur. Konum geri beslemesinde elde edilen denetim büyüklüğü analog hale çevrilerek hız döngüsünün girişine uygulanır. Konum döngüsü 1 Khz'de oluşmaktadır. Konum döngüsünün girişi olan konu, hız ve ivme değerleri iki farklı yöntem ile elde edilmektedir. Sürekli hareket sırasında üçüncü derece spline (cubic spline) eğri denklemi kullanılmaktadır. Noktadan noktaya hareket sırasında ise sikloid eğrisi kullanılır.

Her eksenin ayrı bir motor sürücü kartı vardır. Bu kartlar üzerinde bulunan 16 bitlik bir 80186 mikroişlemcisi ile hız geri beslemesi, yine aynı kart üzerinde akım geri beslemesi de tamamlanmaktadır. Motoru süren güç kartı da bu kart üzerinde yer almaktadır. Robotun yörünge hesabı, kullanıcı ara birimi, çevre elemanları ile haberleşme ve altı eksenin konum geri beslemesi ise 32 bitlik bir 80486 mikroişlemcisi ile gerçekleştirilmektedir.

Kullanıcı arabirimi olarak denetim panosu üzerinde bulunan altı tuşlu klavye ve dokuz inç boyutundaki renkli monitör veya seri haberleşme ile bağlanmak yolu ile harici bir bilgisayar kullanabilir. Denetim panosu üzerindeki altı tuşlu klavyenin 4 tuşu yukarıya, aşağıya, sağa ve sola harekete, 1 tuşu kabulü, diğer tuşu ise çıkışı ifade etmektedir. Kullanıcı, bu tuşlar ile, menüler arasında dolaşarak, robotun tüm fonksiyonların ulaşabilir, program yazabilir ve değiştirebilir. Programlama Robot Denetim Dili (RDD) ile yapılmaktadır. Bu dil, 2000 nokta, 600 program satırı ve 200'e kadar nokta üzerinde sürekli yörünge planlayabilme kapasitesine sahiptir. RDD içinde çevre birimleri ile sayısal ve analog olarak haberleşme amaçlı komutlar mevcuttur. İki harici eksen denetlenebilir. Yazılmış programların robot çalıştırılmadan üç boyutlu animasyonu yapılabilir.

Altınay HSR-4 Robotunun imalatı ülkemizin en büyük takım tezgahları üreticisi olan MKE Taksan A.Ş. firmasının Kayseri'de bulunan fabrikasında gerçekleştirilmiş olup, 30 Ağustos 1993 tarihinde montajı tamamlanmıştır. Bu tarihi takip eden üç ay zarfında da robotun kontrol programları adapte edilmiş, robota ilk hareket programları öğretilmiş ve ilk test çalışmaları gerçekleştirilmiştir. [25]

Sonuçta Türk Sanayisinin otomotiv, makine-imalat, beyaz ve kahverengi eşya, savunma sanayii, döküm, cam, ağaç, elektronik, kimya, ilaç ve nükleer tıp sahalarında parça transferi, montaj, parça besleme, malzeme yükleme-boşaltma, kaynak, boya, püskürtme, yüzey işleme, yapıştırma, lazer ve su jeti ile kesme, denetleme gibi uygulamalarda kullanılabilen genel amaçlı hafif sanayi robotu ülkeye kazandırılmıştır.

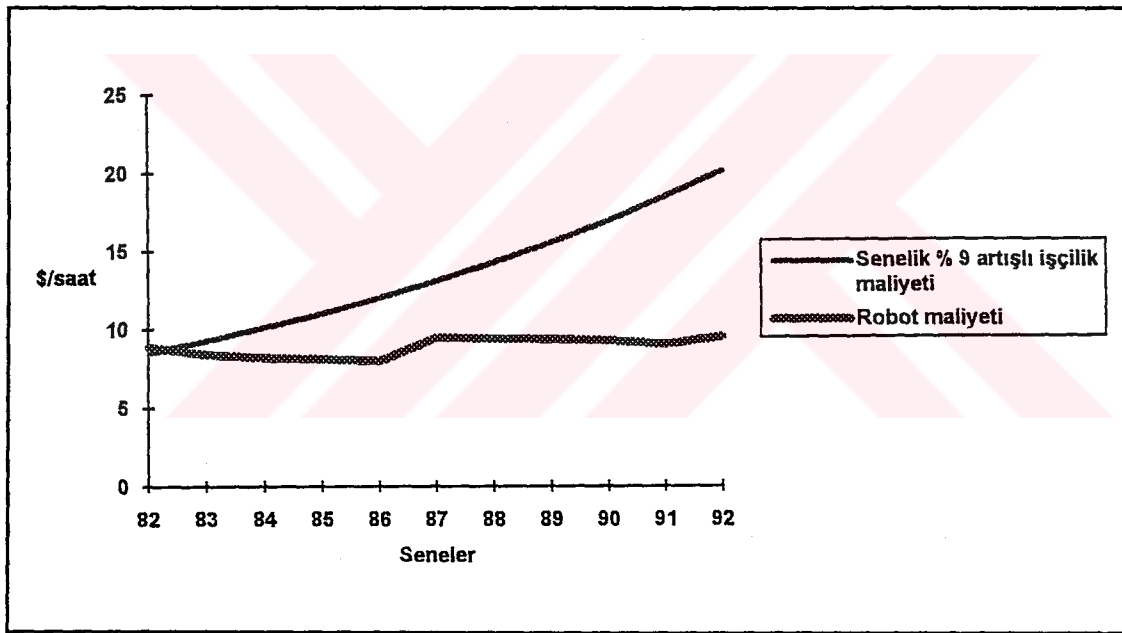


6. ROBOTİK'TE EKONOMİK ANALİZ

6.1. Temel Yapı

Ekonomik analiz işletmeler açısından mühendislik problemlerinin temelini oluşturur ve birçok şirketler yeni bir girişimde bulunacakları zaman en başta girişimin şirkete getireceği avantajlarını incelerken, ekonomik yönden yaklaşırlar.

Robot kullanılmasıyla Şekil 6.1'da görüldüğü gibi işçilik maliyetleri azalır kar artmaktadır.



Şekil 6.1. Seneler bazında robot ve işçilik maliyetleri. [13]

6.1.1. Robotların Sağladığı Faydalar

Robotların faydalarını yedi anabaşlık altında toplayabiliriz. Bunlardan ilki robotların işgücüne etkisidir:

a) Robot sonuç itibariyle makinedir ve insan çalışabileceği şartların üstünde çalışabilirler.

b) Robotlar çok işlevlidir. Birkaç işçinin işini aynı robot yapabilir (boya, kaynak, montaj vs.. gibi).

c) Günümüzün robotları ağır yükleri bile kaldırabilir. Yani insanın kaldıramayacağı ağırlığa sahip herhangi bir iş makinası veya araç ve gereç ile çalışabilir.

d) Yükleme robotları çok büyük yükleri insana göre çok daha hızlı ve hassas taşıyabilirler.

e) Robotlar çalışırken yorulmazlar. Önemli bir verim düşüklüğü göstermezler.

f) Günde 24 saat çalışabilirler.

g) Mola istemezler.

h) İzne çıkmazlar, tatil yapmazlar.

i) Grev yapmazlar.

j) Çalışırken iş ortamında huzursuzluk gibi problemler çıkartmazlar.

Bir işletme için en önemli sermayelerden biri zamandır. Robotların **üretim zamanına etkileri** küçümsenmeyecek kadar büyüktür.

a) Robotlar günde 3 vardiya çalışabilirler.

b) İş yavaşlatmazlar ve işten kaytarmazlar.

c) İnsana göre daha hızlı çalışırlar.

d) Belli bir üretim bandında insan yerine robot kullanımı üretim bandının daha hızlanmasını sağlayabilir.

e) Robot kullanımı için belli bir üretim kademesi elenebilir.

f) İnsanların refleks ile veya düşünerek aldıkları bazı rutin kararları daha hızlı olarak uygulamaya geçirebilirler.

Robotların üretim zamanına etkisini böylece deşindikten sonra işletme için önemli konulardan biri olan **kaliteye etkisini** de şöyle sıralayabiliriz:

a) Robotlar cansız oldukları için çevre şartlarından psikolojik olarak etkilenmezler. Bu tür sebeplerden dolayı hatalı üretim gerçekleştirmezler.

b) Uygun bir programlama ile yaptıkları işi kendileri kontrol edebilir.

c) Günümüzün modern robotlarının algılayıcıları insan duyu organlarına göre daha hassas çalışabilirler.

d) İnsanın fizyolojik yapısı her işe uygun değildir. Ama her türlü iş için uygun bir robot dizaynı yapılabilir. Bu da o üretim dalı için tolerans aralıklarının daralmasına ve daha kaliteli üretime sebep olur.

e) İnsan elinin titremesi, insan gözünün anlık olarak fonksiyonunu yerine getirememesi ve benzeri durumlarda bir malzeme deforme olabilir ve ıskartaya ayrılabilir. Bu oran robotlarda insana göre çok düşüktür.

Robotlar çok değişik yapı ve boyutlarda olabilirler. Değişik işlevlere yönelik farklı işlerde dizayn edilir ve üretilir. Bu onlara kullanımda esneklik sağlar. Dev yükleme ve taşıma robotları olduğu gibi boyutları bir santimden küçük robotlar da yapılmış ve özellikle tıp, elektronik ve saat sanayisi gibi alanlarda kullanımı planlanmıştır.

Robot faydalarının en önemlilerinden biri de **insan sağlığı için tehlikeli veya olumsuz ortamlarda** kullanılabilmelerindedir. Mesela,

- a) Sualtı çalışmalarında
- b) Madenlerde
- c) Zehirli ortamlarda (katı, sıvı, gaz)
- d) İnsan üzerinde psikolojik sorunlar oluşturan veya monoton işlerde
- e) İş kazası riski yüksek olan her alanda
- f) İnsan için tehlikeli askeri konularda
- g) Uzay çalışmalarında
- h) Nükleer santral ve reaktör gibi ortamlarda
- i) X-ışını ve benzeri zararlı ortamlarda.
- j) Ağır işlerde.
- k) Çok soğuk veya çok sıcak ortamlarda.

Robotlar çok yönlüdürler. Her ne kadar robotlar günümüzde belli üretimler için hatta bir üretimin belli bir modeli için dizayn ediliyorsa da bir robot kol boyama, kaynak, kalite kontrol ve benzeri işlevler için üstlenebilir.

Robotların ürün maliyeti üzerine etkisi de şu şekildedir:

- a) Robotlar insana göre çok hassas ve hatasız olarak çalışırlar. Daha az malzeme ıskartaya ayrılır, bu da maliyeti düşürücü bir etkidir.
- b) Modern robotlar yerini aldıkları demode makinalara göre daha az enerji harcarlar.
- c) Hız bakımından insanla kıyaslanmayacak bir artış sağlarlar.
- d) Kaliteyi artırırılar.
- e) Zam, ikramiye, sigorta, yan ödeme ve mesai ücreti almazlar.
- f) Grev yapmazlar.

6.1.2. Robotların Muhtemel Zararları

Robotlar rutin ve monotondurlar.

- a) Çoğunlukla gelişmeye açık değildir. Yapılış amaçları dışında nadiren çalışabilirler.
- b) Fonksiyon değişikliği yapmak masraflıdır, hatta imkansızdır.
- c) Aynı tür işler yapmak zorundadır. Bir üretim modeli durdurulduğunda yeni bir iş yüklenmeleri zor ve masraflıdır.
- d) Belli sınırlar içinde çalışabilirler. Programlarının dışına çıkamazlar. Yeniden programlama masraflı olabilir. Mevcut programlar içinde kısıtlı bir esnekliğe sahiptir.

Robotlar iş kazalarına sebebiyet verebilirler.

- a) Değerlendirme ve karar almaları programları çerçevesindedir. Belirlenmiş kaza ve hata durumlarını fark edemezler ve ciddi kazalara sebep olabilirler.
- b) Belli bir acil durum karşısında insan faktörü her zaman daha güvenilir olacaktır. Her ne kadar modern robotlar sesli ve gürültülü uyarıcılara, kaza ve benzeri durumlar karşısında acil durma gibi komutlara sahipse de bir kaza sonrası inisiyatife sahip değildirler. Makinaya takılmış bir elbiseyi kurtarmak için motorun ters yönde çalışması gerektiğini bu şekilde detaylı ve karmaşık programlanmışlarsa ve hassas algılayıcılara

sahip değillerse bilemezler. Ayrıca kaza sonrası yardım çağırma, ilk yardım, küçük yangınlara anında müdahale ve önce can, sonra mal kurtarma gibi işlevleri yerine getiremezler.

Robotlar bilgili ve becerili işçilere ihtiyaç duyarlar.

- a) Robotlar pahalı makinalardır ve basit makinalara nazaran kullanımları daha karmaşık olabilir.
- b) Robot kullanımı için daha bilgili ve tecrübeli kalifiye eleman gereklidir.
- c) Yeni iş olanağı sağlamak için işçileri yeni işe eğitmek gerekiyor.

Robotlar çok kısa zamanda demode olabilirler.

Teknolojideki hızlı ilerleyiş ve AR-GE çalışmalarına verilen önem ve özellikle bilgisayar yazılımı ve donanımındaki ilerleyiş sebebi ile demode olabilirler. Ama günümüz robotlarının esnekliğinin artması sayesinde robot ömrü artmıştır.

Robotlar çok maliyetlidirler.

- a) Robotların fiyatları günümüzde rekabet ve yüksek teknolojinin kullanılması sebebi ile düştü ise de yine de oldukça yüksektir. Ve düşünülüp yapılması gereken bir yatırımdır. Özellikle belli bir üretim modeli için dizayn edilmiş bir robot veya bir üretim bandı herhangi bir sebeple o modelin üretimi durdurulursa atıl duruma düşer ve bir hurda değeri veya satış değeri de çok düşük olur.
- b) Bakım ve onarım masraflıdır. Çok karmaşık ve gelişmiş teknolojiler kullanıldığı için bakım ve onarım, yedek parça bulma gibi sorunlar olabilir.
- c) Yeniden programlanması veya yeni komutlar eklenmesi masraflı olabilir.
- d) Belli sınırlar dışında geliştirilmesi, yenilenmesi zor ve masraflıdır.
- e) Uygun dinamik ve statik şartlar dışında kullanılırlarsa çok ciddi hasarlara uğrayabilirler.

Robotikte ekonomik analiz yapılırken bunların da dikkate alınması gerekiyor.

6.2. Ekonomik faktörler

Tüm çalışma vardiyalarında robotun üretim verimi kişinin verimine oranla daha yüksektir. Bazı durumlarda ise insan robot performansını geçebilmektedir ; özellikle de bileşik manipülasyon durumlarında buna rastlanmaktadır. Yine de insan yorgunluk yüzünden tüm performansını vardiya boyunca koruyamamaktadır. Genelde robot teknolojisi genişletilmiş zaman periyotlarında sabit üretimde zahmetsiz çalışma ve artan verim elde edilmektedir. Parçaların ortalama çevrim zamanı robotlar için daha düşük olup, vardiya başına daha çok parça üretilerek ekonomik kazanç elde edilecektir.

Bu avantajlar robotun uyumlu operasyonları sayesinde gerçekleşmektedir. Bir kere robota özel bir problem için optimum prosedür tanımlanıp programlama yapılırsa, problem her zaman optimum şekilde çözülecektir. Sonuçta çöpe atılacak daha az kötü parça üreterek ekonomik kazançlar elde etmektir. Robotu birden fazla vardiyada çalıştırarak, gerçekte birkaç sene zarfında normal operasyona göre üretim maliyetlerinde tasarrufa geçirme maksadıyla yatırım gerçekleştirilmelidir.

Bazı uygulamalarda, bir veya sınırlı sayıda robotlar gelişme amacıyla kurulabilir. Programlanabilir olsun veya olmasın; birçok robot yatırımlarda, potansiyel katkılarını ve kullanılabilirliklerini artırmak amacıyla farklı durumlar için yerlerini değiştirebilecek uygunluk serbestisine sahiptir. Yine de birçok yönetici robotun diğer olası uygulamaları olmaksızın planlamaları kabul etmektedir. Farklı operasyonlara uygunluk olasılık olabilir fakat yine de göz önüne alınmalıdır.

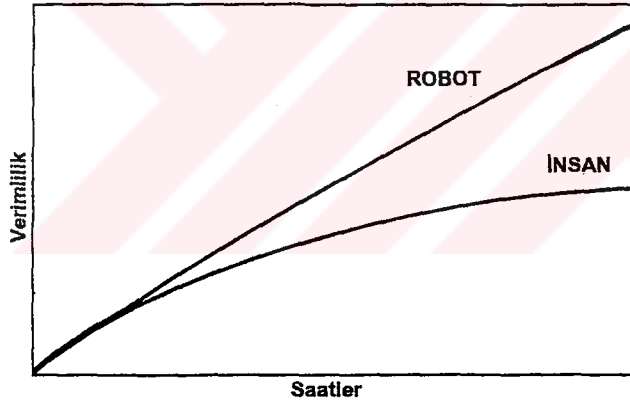
Şirketin rekabet yelpazesinin durumunun ekonomik hesaplara dolaylı veya dolaysız etkisi vardır. Dolaysız kazançlar gözle görünür. Robotların kullanımıyla oluşan düşük üretim maliyetleri, imalatçıya rakipleri karşısında fiyat biçme avantajı getirecektir. Pazar talepleri, çalışma kuvvetinin boyutunu değiştirmeksizin farklı ürünlerdeki artan ve azalan üretim oranlarıyla kolayca karşılanabilir. Üretimde minimum değişiklik yaparak yeni ürünler kolaylıkla üretilir. [13]

Robotlar çoğunlukla insanlara potansiyel tehlike teşkil eden operasyonlarda kullanılırlar. Bu tehlikeli operasyonlar pres yükleme, boşaltma ve yüksek sıcaklıklarda ve zehirleyici atmosferlerde çalışma gibi olabilir. Gelişmiş iş emniyeti hastalıkları azalıp,

hastane masraflarını ve operasyon maliyetlerini azaltarak ekonomik analizde de rol teşkil eder. Yine de güvenlik problemlerine robot çözümleri her zaman ekonomik olmayabilir ve gelişmiş güvenlik prosedürleri araştırılması gerekir.

Yukarıda bahsedilen faktörler robot kurulmasında önemli rol oynamasına karşın son alınacak karar ekonomik analizdir. Ekonomik analiz kararları 2 kategoride sınıflandırılabilir : maliyetten kaçınma ve maliyet tasarrufları.

Sermaye yatırımı için birçok ekonomik analiz metodu vardır. Metodun seçimi yatırımın büyüklüğüne, karşılaşılan risk derecesine, yatırımın öngörülen yaşamına, şirketin finansal durumuna, yatırımın yeni veya eski ekipmanlar için olup olmayacağına, şirket politikasına bağlıdır. Ekonomik analiz, sermaye yatırımı hakkında karar vermede yardımcı olacak karmaşık çalışmaların sistematik incelemesidir. Eğer analiz çoktan alınmış bir kararı doğrulamak için yapılıyorsa analizin amacı sapmış olacaktır. [13]



Şekil 6.2. Üretim hacmi ve çeşidine göre robot verimliliği.

Genelde ekonomik analizin kullanılacağı 2 durum vardır. Birinci çözüm mevcut üretim metodunun yerine konulacak ekipmanları içeren yatırım durumudur. Bu durumda analizin amacı üretim problemini çözecek en ucuz metodu tanımlamaktır. İkinci çözüm ise bir veya birden fazla yeni üretim metodlarıyla mevcut üretim metodunu kıyaslamaktır. İkinci durum için analiz doğrulaması güçtür, çünkü mevcut üretim metodunun

maliyetindeki tasarruflar yatırım maliyetleri ile karşılaştırılmaktadır. Tasarruflar mevcut metoda göre tanımlandığından dolayı kar edilebilirliğin salt bir ölçüsü yoktur.

Sermaye yatırımının yaşam çevrimi Şekil 6.2'deki gibi değişecektir. İlk olarak, proje gerçekleşene kadar para akışı olacaktır. Bu andan itibaren de tasarruflar yatırımı telafi edecek ve net kazancı üretecektir. Proje başta iyi gitmese de sonradan baştaki negatif nakit akışı net kazanç üreterek telafi edecektir.

6.3. Ekonomik Analiz Metodları

En popüler olarak görünen maliyet - kar analizi için 3 ana metod vardır. İlki geri ödeme metodu, ikincisi yatırımdan gelir metodu (ROI) dır. Bu iki analizde vazgeçilmez yatırımda değişiklikleri, maliyetlere belirli zaman dilimindeki kazançları hesaba katar. Bu metodlar daha karışık, fakat gerçekçi olup; yatırımı, tasarruf veya kazançları ve yatırımın yaşam sürecinde paranın değerini katan başka bir metod karşısında popülerliklerini kaybetmektedir. Bu üçüncü metod ise iskonto net akışlı yatırımdan gelir metodudur.

a-) Geri ödeme metodu :

Seneler halinde geri ödeme periyodu = Toplam senelik yatırım tasarrufu

Bu formül vergiler, vergi kredileri ve amortisman göz önüne alınarak genişletilebilir. Bu durumda formül aşağıdaki gibi olacaktır :

$$\begin{aligned} \text{Geri ödeme periyodu} = & \text{Toplam yatırım} - \text{Vergi kredisi} / \\ & \text{Tasarruf} - (\text{Tasarruf} * \text{Vergi oranı}) \\ & + (\text{Amortisman} * \text{Vergi oranı}) \end{aligned}$$

Fakat bu arada ilk yatırım ve maliyetlerde karların hala artırılması gereklidir. Bu ihtiyaç sadece ilk sene için yapılmalıdır. Bu faktörlerin robot hayatı boyunca sabit kaldığı düşünülmektedir. [13]

b-) Yatırımdan gelir metodu (ROI) :

$$\text{ROI} = [\text{Senelik Tasarruflar} - (\text{Senelik Tasarruflar} * \text{Vergi oranı}) + (\text{Amortisman} * \text{Vergi oranı})] / (\text{Toplam yatırım} - \text{Vergi kredisi})$$

c-) İskonto net akışı göz önüne alan yatırımdan gelir metodu :

Bu metodda paranın değeri gelecekte faiz göz önüne alınarak daha fazla değer kazanacaktır. Buna bağlı olarakta belirli faiz oranına bağlı olarak gelecekteki para da şu andaki paradan daha az değerde olacaktır.

Böylece n senelik robot yatırımı aşağıdaki formülle tanımlanabilir :

$$\text{Robot yatırımı} = [\text{Tasarruf} - (\text{Tasarruf} * \text{Senelik vergi oranı}) + (\text{Senelik amortisman} * \text{senelik vergi})] * (1 + \text{enflasyon oranı})^n / (1 + \text{faiz oranı})^n$$

d-) Yatırımdan gelir (ROI) hesabı :

ROI dikkate alınan seneler temelinde yatırımdan geliri temsil etmektedir. Bazı şirketler ROI için bazı limitler koymuşlardır. Örneğin % 30'un üstü kabul edilebilir bir değerdir. Bir robotu analiz ederken ROI yalnız başına değerlendirilmeyip ekonomik olmayan kazançlarla da bağdaştırılmalıdır. [13]

6.4. Robot Doğrulama Analizi (Sprey Boya Robotu Örneğinde)

Bu analizde maliyet doğrulama 3 ayrı kategoride gösterilmektedir. Birincisi toplam yatırımın tamamlanmasıdır. İkincisi operasyonlar, harcamalar ve kar edilebilirlik üzerinde yatırımın etkisini göstermektedir. Üçüncüsü ise gerekli yatırım ile ilgili olan gelir analizidir.

1-) Yatırım detay raporu :

Tablo 6.1’de spreyl boyama robotu için görülen rapor, maliyetleri, vergi kredilerini ve robot yatırımıyla ilgili toplam amortismanı belirtmektedir. Her satırdaki şıklar satın alıcının robot yerleşimi için kaçınılmaz olan maliyetleri belirtmesi açısından gereklidir. Eğitim maliyetleri, bakım giderleri, ekipman, mekanik ve elektrik yerleşimlerin maliyetleri bu özel robot kurumu için çok ilgili değilse belirtilmeyebilir.

Şirketlerin bu maliyetleri sermayeleştirmeye yönelik farklı yaklaşımları vardır. Sermayeleştirilememiş yatırım maliyetleri genellikle genişletmede geçerlidir. Bu genişletilen kalemler amorti edilemez, fakat gelir vergisini düşürebilir.

Genişletmeden doğacak vergi avantajları operasyonun ilk yıllarında görülecektir.

2-) Robot maliyeti :

2.1-) Robot : Standart robotun direkt veya endirekt maliyetidir. Seçimleri ve değişiklikleri kapsamaz.

2.2-) Değişiklikler : Robot satıcısı tarafından makinada gerçekleştirilen tüm özel değişiklikleri kapsar. Makinaya yapılan normal dışı değişikliklerin, makina özelliklerindeki değişikliklerin, standart dışı ilavelerin maliyetleri buraya ilave edilebilir.

2.3-) Seçimler : Birçok robot ve makina aletleri çok geniş ihtiyaç listesi bulundurur. İhtiyaç seçenekleri operasyon için öngörülmeyp makinanın ana fiyatına dahil değildir. Birçok durumda makinanın kalan % 10’u minimum maliyette özel ihtiyaca göre en iyi sonucu sağlayan standart seçim ile tanımlanacak. Bu değişken seçimler ilgili maliyetlerle listelenmelidir.

2.4-) Eğitim maliyetleri : Eğer hem program eğitimi hem bakım eğitimi makine maliyetine dahil edilmemişse burada ilave edilmelidir. Eğitim maliyetleri satıcı

sorumluluğunda olan direkt maliyetler değildir, fakat taşıma ve yükleme harcamaları satıcı sorumluluğundadır. Bazı satıcılar robot bazına operatörler için ücretsiz eğitim verirken taşıma ve yükleme harcamalarını karşılamaz.

2.5-) Bakım maliyetleri : Robot maliyetinde göz önüne alınması gereken diğer bir yatırım, bakım giderleri ve destek bileşenleridir. Birçok robot imalatçısı önerilen parça listesine sahip olup, bu liste bakım giderleri için gerekli yatırım rehberi olacaktır.

2.6-) Test ekipmanları : Bazı yerleşimler çeşitli test parçaları veya kontrol ekipmanları gerektirebilir. Dijital voltmetre veya süreklilik test cihazı herhangi bir robot yerleşimi için yer almalıdır. Bu nesnelerin maliyetleri göreceli olarak çok ise endüstriyel robot kurumu maliyetine dahil edilmelidir.

2.7-) Toplam robot maliyetleri : Yukarıda bahsedilen tüm maliyetlerin toplamı olarak tanımlanabilir. Bu maliyetler robot sistemi için değişmez maliyetleri temsil eder.

2.8-) Teçhizat maliyetleri :

A-) El veya kavrayıcı : Robotun fonksiyonunu yerine getirmesi için bir el, kavrayıcı, manipülatör, teçhizat, yığın kaldırıcı gerekli olacaktır. Herhangi özel bir teçhizatın maliyeti de robot analize dahil edilmelidir.

B-) Demirbaşlar : Birçok uygulamalarda, robot hariç bazı özel demirbaşlar da gerekli olabilir. Sprey boya uygulamasındaki özel kaldırıcı demirbaşlar veya kaynak uygulamasındaki tutucu demirbaşlar bunlara örnek olabilir. Bir yerleşim için ne kadar gerekli olursa olsun maliyetleri dikkate alınmalıdır.

C-) Malzeme iletim ekipmanları : Birçok yerleşimlerde, parçalar robotun uygun şekilde çalışması için uzanabilen bir noktaya iletilmelidir. Bunlar her çeşit konveyör, kayıcı rulo, parça besleme ekipmanlarını ve transfer aletlerini kapsayabilir.

D-) Toplam teçhizat maliyetleri : Bu harcama yerleşimden yerleşime büyük oranda değişebilir.

2.9-) Yerleşim maliyetleri :

Yerleşim maliyetleri güncel robot yerleşimi ile ilgili tüm maliyetleri içermektedir. Bunlar alan hazırlama maliyeti, herhangi özel çalışma maliyeti, kullanma duruşları ve birleştirme maliyetleri, endüstriyel robotu besleyici veya konveyörlere bağlayan her türlü teçhizat maliyetleri, yeniden ayarlama maliyetleri ve üretim ekipmanlarının tüm standart parça değişiklikleri maliyetini içermektedir. Ayrıca gerekli güvenlik teçhizatları, koruma rayları maliyeti de göz önüne alınmalıdır.

A-) Mekanik yerleşim : Tüm direkt, endirekt mekanik işçilik, mekanik bileşenler ve mekanik makina değişiklikleri yer alır. Çeşitli makinaların yerleştirilmesi, gerekli emniyet raylarının imalat maliyetleri de göz önüne alınmalıdır.

B-) Satıcı firma yardımı : Bazı robot satıcıları, devreye alma sırasında teknisyen maliyetini, makina maliyetlerine katarken bazıları katmaz. Yerleşimin devreye alınmasından satıcı firma yardımı gerekiyorsa, bu maliyet de göz önüne alınmalıdır.

C-) Toplam yerleşim maliyetleri : Bu toplam özel uygulama için endüstriyel bir robotu kurma ve devreye alma için gerekli güç ve işçilik miktarını tanımlamaktadır.

2.10-) Mühendislik maliyetleri :

Mühendislik desteği 2 kategoride ayrılabilir. Birincisi tasarım fonksiyonudur. Tasarım fonksiyonu hassas olarak robotun istenen özelliklerini nasıl gerçekleştireceğini tanımlar. Hangi kabloların birbirine bağlanacağını, seçimini, hangi güvenlik kilitlerinin gerekli olduğunu tespiti de buraya dahil edilmelidir. İkinci tip mühendislik ise, endüstriyel bir robotu kurmada program geliştirilmesinde yer alır.

A-) Masa başı tasarım (özel) : Kurulacak endüstriyel robot için harcanan masa başı mühendislik çalışmalarının saat olarak toplamından yeni bir maliyet doğar. Saat başına olan bu maliyet, yan karları, işsizlik sigortası vergilerini ve yaklaşık indirekt kişi başına harcamaları kapsayan istihdam maliyetine eşittir.

B-) Masa başı tasarım (araştırma) : Endüstriyel robotun kullanımında araştırma çalışmalarına harcanan fakat robotta direkt olarak yer almayan toplam saat miktarı burada yer alır. Bu tasarım farklı vergi tasarruflarını yansıtmamasından dolayı diğerlerinden farklıdır. Bu çaba yaklaşık mühendislik maliyeti ile çarpılmalıdır.

C-) Dış mühendislik tasarımı : Robotik programların hazırlanması ve yüklenmesi amacıyla dışarıdan alınan yardım harcamaları burada toplanabilmektedir.

D-) Programlama : Robot programının uygun şekilde geliştirilmesi ve kopyalanması için harcanan mühendislik ve programlama çalışmaları burada geçmektedir.

E-) Toplam mühendislik maliyetleri : Tüm anlatılan mühendislik maliyetlerinin toplamıyla oluşmaktadır.

Net yatırım ise toplam yatırımdan vergi kredisi çıkarılarak bulunabilmektedir.

Tablo 6.1. Sprey Boya Robotu Yatırım Raporu

<u>Tanım</u>	<u>Maliyet (\$)</u>	<u>Statü</u>	<u>% 10 vergi kredisi (\$)</u>	<u>5 senelik amorti edilecek miktar (\$)</u>	<u>Genişletilen miktar (\$)</u>
1. Robot maliyeti					
Robot	50000	C	5000	50000	0
Değişiklikler	15000	C	1500	15000	0
Seçim 1:özel çalışma	5600	C	560	5600	0
Seçim 2:bilgisayar kaydı	3400	C	340	3400	0
Seçim 3:sistem koruma	400	C	40	400	0
Seçim 4:montaj	90	C	9	90	0
Seçim 5:	0	C	0	0	0
Seçim 6:	0	C	0	0	0
Eğitim maliyetleri	2000	C	200	2000	0
Bakım maliyetleri	2000	C	200	2000	0
Test ekipmanları	400	E	0	0	400
Toplam robot maliyeti	78890				
2. Teçhizat maliyetleri					
El veya kavrayıcı	4000	C	400	4000	0
Demirbaşlar	0	C	0	0	0
Malzeme iletim ekipmanları	2700	C	270	2700	0
Toplam teçhizat maliyetleri	6700				
3. Yerleşim maliyetleri					
Mekanik yerleşim	17000	C	1700	17000	0
Elektrik yerleşim	2800	C	280	2800	0
Satıcı firma yardımı	0	C	0	0	0
Toplam yerleşim maliyetleri	19800				
4. Mühendislik maliyetleri					
Masa başı tasarım(özel)	30000	C	3000	30000	0
Masa başı tasarım(araştırma)	10000	N	0	0	0
Dış mühendislik	10000	C	1000	10000	0
Programlama	2000	C	200	2000	0
Toplam mühendislik maliyetleri	52000				
Toplamlar	157390		14699	146990	400
Toplam yatırım	157390				
Yatırım vergi kredisi	14699				
Net yatırım	142691				
Toplam amorti edilebilir 5 sene	146990				
Amorti edilecek kısım	% 95				
Net amortisman	139641				
Toplam harcama	400				

C = Kapital
E = Genişletme
N = Hiçbiri

3-) Senelik tasarruflar ve maliyetler :

Bu tasarruf ve maliyetler için Tablo 6.2 örnek olarak gösterilebilir

Tablo 6.2. Sprey Boya Robotu Senelik Yatırımlar / Maliyetler Raporu.

<u>Tanım</u>	<u>Maliyet \$</u>
1. Senelik işletim maliyetleri	
Endirekt işçilik	5000
Bakım işçiliği	4700
Programlama	800
Destekler	800
Maliyet olarak amortisman	17836
Diğer 1	0
Diğer 2	0
Diğer 3	0
Diğer 4	0
Diğer 5	0
Diğer 6	0
Toplam işletim maliyetleri	29136
2. Senelik tasarruflar	
Direkt işçilik	96000
Endirekt işçilik	1000
Malzemeler	7500
Azalan kusurlu parçalar	0
Azalan fazla çalışmalar	1000
Diğer 1 azalan havalandırma	700
Diğer 2 daha az emniyet malzemesi	300
Diğer 3	0
Diğer 4	0
Diğer 5	0
Diğer 6	0
Toplam senelik tasarruflar	106500
3. Üretim kapasite etkileri	
Satış değeri	100-
Direkt malzeme	30*
Artan kapasite	500=
Toplam kapasite etkileri	35000
Senelik toplam gelir	112364

3.1-) Senelik işletim maliyetleri :

Endüstriyel robot yerleşimi için tüm maliyetler ve tasarruflar senelik olarak hesaplanmaktadır. Her ikisi de saat bazında ya da başka bir çerçevede göz önüne

alınabilir. Fakat tüm harcamalar ve tasarruflar aynı bazda hesaplanmalıdır.

A-) Endirekt işçilik : Endüstriyel robotun günlük, haftalık operasyonlarında destekleyici toplam endüstriyel işçilik olarak tanımlanabilir. Örnek olarak : yükleme, boşaltma, malzeme iletim servislerini gerçekleştirmek, bölge temizliği yapmak, alet değişimleri ve ayarlamalar verilebilir.

B-) Bakım işçiliği : Beklenen senelik bakım ve onarım maliyeti buraya dahil edilmektedir. Maliyet, bakım personeli tarafından gerçekleştirilen toplam bakım saatlerinin ücretiyle çarpımından oluşur.

C-) Programlama işçiliği : Programların geliştirilmesi ve bakımı olarak tanımlanan bu maliyet, her sene programcının (mühendis, ekip şefi veya sistem analisti) çalıştığı toplam saat miktarının saat ücretiyle çarpımından oluşur.

D-) Destekler : Öngörülen sistemi çalıştırmak için her sene ihtiyaç duyulan servis, malzeme kullanımları sayılabilir.

E-) Maliyet olarak amortisman : Robot seneler geçtikçe kendini amorti eder. Senelik Tasarruf ve Maliyetler raporunda endüstriyel robotun değerini her 8 senede 1/8'lik oranda kaybettiği görülmektedir. Bu, raporla her sene maliyet olarak gösterilebilir. Bu amortisman göstergesi, 5 senelik hızlandırılmış amortisman vergisi göstergesinden, yatırımdan gelir bazından farklılık gösterir.

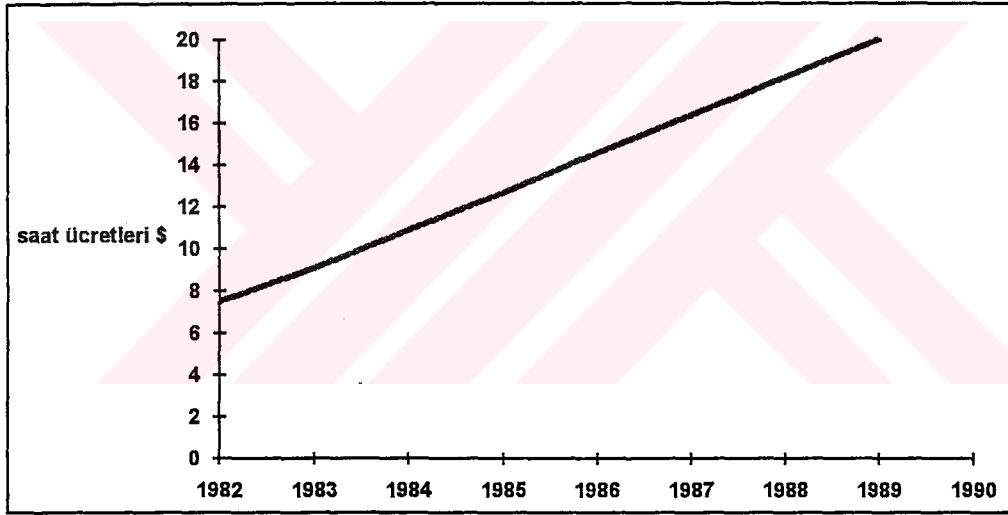
F-) Diğer maliyetler : Yerleşimle ilgili olan fakat göz önüne alınmamış operasyon maliyetleri burada incelenmektedir.

3.2-) Senelik tasarruflar :

Senelik tasarruflar üretimle ilgili normal maliyetlerdeki değişiklik veya tasarrufları

tanımlamaktadır.

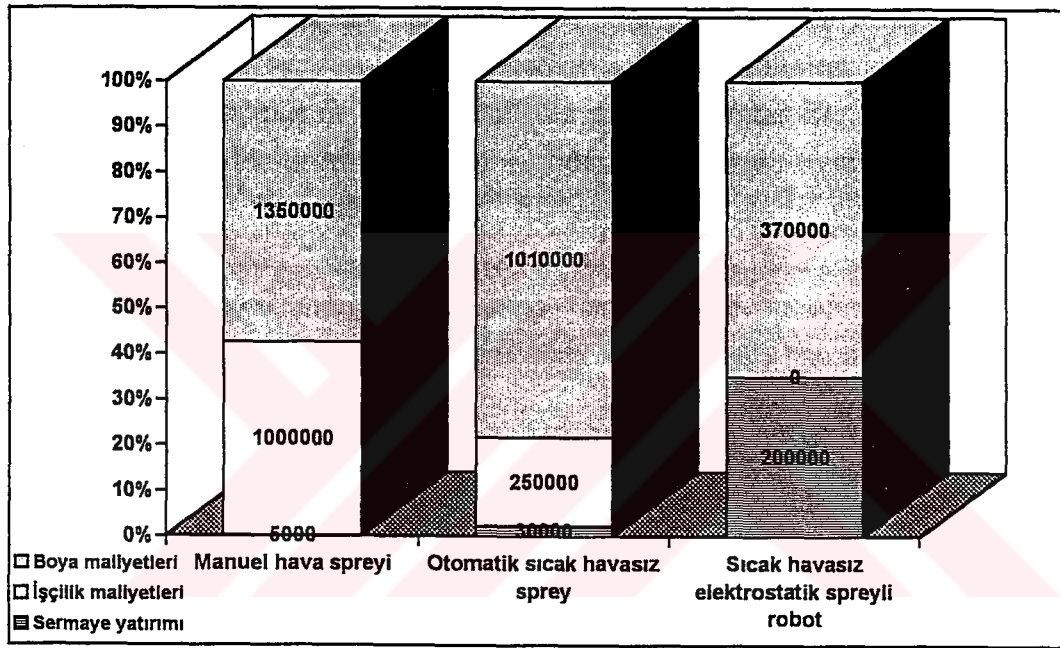
A-) Direkt işçilik : Senelik direkt işçilik tasarruflarını geliştirmek amacıyla kişi başına harcamaları ve tasarrufları saat ücretli işçilik çalışma saatleri toplamıyla çarpılmalıdır. Şekil 6.3’de son yirmi yıl içinde üretimde çalışanların ortalama saat ücretinin 2 katı olduğu gösterilmektedir. Fakat burada % 50-130 arasında ilave olarak gözükebilecek fazla mesailer ortalama ücrete dahil edilmemiştir. Bir kere işletme, robotların pozitif uygulamasıyla üretimde kazanç ve kalitede gelişme olacağına inanırsa, saatlik çalışma ücretlerindeki artış oranına kıyasla robot sisteminin maliyet olarak doğrulanması gerekliliği aydınlanmış olur.



Şekil 6.3. Üretimde çalışanların saat başına direkt işçilikleri.

B-) Endirekt işçilik : Robot yerleşimi dolayısıyla gerçekleşen endirekt işçilikteki tasarruflar buraya dahil edilir. Örnek olarak spreylere boyama uygulamasındaki azalan temizlik ihtiyaçları, bazı plastik operasyonlarındaki azalan kalıp ve teçhizat bakımı verilebilir.

C-) Malzemeler : Direkt üretim malzemelerindeki her türlü tasarruf buraya kaydedilmektedir. Sprey boyama uygulamalarındaki azalan boya tüketimi, kalıp kalıplama operasyonlarındaki azalan kalıp yağlayıcısı tüketimi, otomatik tutkal operasyonundaki azalan tutkal tüketimi buraya örnek olarak verilebilir. Şekil6.4’da sprej boyama robotları uygulamasında gözde görülür bir malzeme tasarrufu belirtilmiştir.



Şekil 6.4. Sprej boyama robotları kullanılarak maliyet tasarrufu (\$) yapılıır.

D-) Azalan kusurlu parçalar : Kalite problemlerinden dolayı kullanılmayan parça sayılarındaki azalma burada göz önüne alınmaktadır. Bu parçaların değerleri ise satış değerlerinden çöpe atılmaktan kurtarılan parça sayısının direkt malzeme zamanları ve maliyetlerinin çarpılıp çıkartılması ile elde edilir.

E-) Azalan fazla çalışmalar : Azalan kusurlu parça sayısı ile doğru orantılı olarak fazla çalışmayı gerektiren malzeme ve işçilik de azalmaktadır. Her sene malzeme ve işçilik tasarrufları arzulanan kusurlu parça azalması ile hesaplanmalıdır.

F-) Diğer tasarruflar : Yerleşimde önceden öngörülmeleyen tasarruflar da burada belirtilmektedir. Örnek olarak yatırım için alınan kredi vergileri, kontrolleri, emniyet gözlüğü ve ayakkabısı, eldiven gibi malzemelerin sarsındaki azalmalar verilebilir.

4-) Üretim kapasitesi etkileri :

Belirli miktarda direkt işçiliğe sahip olunduğu düşünülerek toplam işçilik maliyetleri üretilen parça sayısına bölündüğünde parça başına işçilik maliyeti hesaplanır. İşçi sayısı sabit iken üretilen parça sayısı arttığında her bir parça ile ilgili işçi sayısı azalmış olacaktır. Yine de robotun kapasite artırımı durumunda parça başına fark karşılık bir durum yaratabilir. Başka bir örnek olarak 100 parçalık üretime uygun istihdam olduğunda aynı kapasite ile 120 parça üretilmek istendiğinde ek 20 parçalık üretim maliyeti kullanılan hammadde olacaktır. Tek vardiyada 100 parçalık üretime eş ücret ödendiğinde 20 parçalık artışın ücretlerdeki artışı yer almayıp, maliyetleri göz önüne alınmayacaktır. İlave 20 parçadan elde edilen kar, parça satış fiyatından maliyetin çıkartılması ile bulunur.

Endüstriyel robot uygulaması ile artan üretim kapasitesinin değerini hesaplamak için tek bir parçanın satış değeri alınıp, parça ile ilgili direkt malzemeler çıkarılır ve kalan kısım bir senelik periyotta üretililecek ek parça sayısı ile çarpılır. Bunun sonucu da üretim kapasitesinin etkisi olarak tanımlanmaktadır.

5-) Yatırımdan kazanç raporu :

Tablo 6.3’de bununla ilgili örnek bir rapor yer almaktadır. 1’den 8’e kadar olan seneler endüstriyel spreay boyama robotunun, planlanan 8 senelik yaşamını belirtmektedir. Birinci seneden sekizinci seneye kadar senelik gelirin, maliyet ve tasarrufların aynı olduğu farz edildiğinde sadece birinci sene için vergi karı sağlayan harcamalar görülecektir.

Toplam yatırım, % 10 vergi kredisi ve net yatırım direkt olarak yatırım raporundan gelerek yatırımdan kazanç metoduyla hesaplanmaktadır.

Tablo 6.3. Sprey Boyama Robotu Yatırımdan Kazanç Raporu.

Tanım	Sene 1	Sene 2	Sene 3	Sene 4	Sene 5	Sene 6	Sene 7	Sene 8
Senelik gelir	112364	112364	112364	112364	112364	112364	112364	112364
- Harcamalar	400	0	0	0	0	0	0	0
+ Amortisman (maliyet)	17836	17836	17836	17836	17836	17836	17836	17836
- Amortisman (vergi)	20946	30721	29325	29325	29325	0	0	0
= Vergilendirilecek matrah	108854	99479	100876	100876	100876	130200	130200	130200
x Vergi oranı	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
= Senelik vergiler	50073	45760	46403	46403	46403	59892	59892	59892
Vergi sonrası net	62291	66603	65961	65961	65961	52472	52472	52472
x İskonto oranı	0.807	0.526	0.343	0.224	0.146	0.095	0.062	0.04
= Net İskonto	50292	35052	22628	14750	9615	4986	3250	2118
Geri ödeme	\$ - 80400	\$ - 13797	\$ + 52164	\$ + 118125	\$ + 184086	\$ + 236557	\$ + 289029	\$ + 341501
Net yatırım		\$ 142691						
Vergiler sonrası toplam gelir		\$ 484192						
Yatırımdan kazanç		% 53.41						
Geri ödeme süresi		2.2.sene						

Raporun diğer bölümünde ise hesaplanan senelik vergiler yer almaktadır. Birinci seneden, sekizinci seneye kadar senelik toplam gelir senelik maliyetler, tasarruflar raporundan elde edilmiştir. Masraf yatırımsa yatırım raporundan alınmış ve sadece birinci sene için çıkartılmıştır. Senelik maliyetler ve tasarruflar raporundan alınan amortisman (maliyet olarak) değeri vergi amaçlı olmadığından ilave edilmiştir. Amortisman (vergi olarak) 5 senelik hızlandırılmış metoddan elde edilen senelik amortisman miktarıdır. Bu miktar, yatırım raporundan alınan net, amorti edilebilir miktarın vergi kanunca öngörülen senelik faktör ile (Birleşik Devletlerde 1.sene için 0.15 , 2.sene için 0.22 , 3.sene için 0.21 , 4.sene için 0.21 , 5.sene için 0.21) çarpımından elde edilir.

Bu durumda vergilendirilecek gelir de :

Toplam gelir / Sene - Masraf maliyetleri (sadece 1.sene için) + Amortisman (maliyet olarak) - Amortisman (gelir olarak)'şeklinde olacaktır.

Bu diğer sonradan katılım vergi oranı (örneğin % 46) ile çarpılarak vergilendirilir.

Sonraki adımda ise vergi sonrası net hesaplanır :

Net yatırım (senelik bazda) + Toplam senelik gelir (1.seneden 8.seneye kadar) - Vergiler

Yatırımdan kazanç oranı ise bir sonraki adımı oluşturmaktadır. Raporda gelecekteki paranın azalan değeri ve her sene için iskonto oranı da görülmektedir. Bu iskonto oranı vergi sonrası net ile çarpıldığında her sene için vergi sonrası iskonto edilen net miktarı bulunacaktır.

Tablo 6.3'deki analiz kullanılarak birinci ve ikinci vardiyadaki operasyonlar için karşılaştırma yapılabilir. Tek vardiyalık uygulamada robot doğrulama analizi %23'lük yatırımdan kazancı ve 4 senelik geri ödeme periyodu tanımlamaktadır. Aynı yatırım bilgisi 2 vardiyalı ortamda çalışan geri ödeme periyodu elde edilmektedir.

Bu karşılaştırma Tablo 6.4'de gösterilmiştir.

Tablo 6.4. Sprey Boyama Robotunda tek ve çift vardiyalı üretimlerde robot doğrulama analizi karşılaştırılması.

Uygulama	Net Yatırım	Vergi sonrası net gelir	Yatırımdan kazanç (ROI)	Geri ödeme
Tek vardiya	\$ 142.621	\$ 35.000	% 23	4.0 sene
Çift vardiya	\$ 142.621	\$ 60.000	% 53	2.4 sene

Beklendiği gibi, iki vardiyalı çalışma daha yüksek kar getirip daha kısa sürede yatırım geri ödeme yapacaktır. Çeşitli faktörlerin ayarlanması ve her seçimin karşılaştırılması sadece prosesin ekonomik analizi süresince olmayıp, optimum kar planlamasında da olmalıdır.

Yatırımın işleyebilirliğini etkileyecek bazı faktörler burada yer almayabilir; örneğin: artan işçilik maliyetleri veya azalan oranları projenin analizinde göz önüne alınmayabilir.

Çeşitli nedenlerle robotların kullanımı doğrulansa da, durumun ekonomikliği daha fazla motivasyonla desteklenmelidir. Başarılı bir doğrulama direkt işçilik yerleştirme faktörlerinin dışında tüm potansiyel maliyetlerin niceliklendirilmesi ve seçilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Sonuçta orijinal beklentilerin yeterince hassas olması gerekmektedir. [13]

6.5. Ark kaynak robotunun kısaca ekonomik analizi

1-) İlk Yatırım Maliyetleri :

Robot maliyeti, nakliye, sigorta vs. harcamaları	70000 \$
İşletmeler için takım, aparat, konumlandırıcı	20000 \$
İki operatör - bakımçı eğitimi	5000 \$
İş güvenliği ve diğer birimlerle iletişim donanımı	2500 \$
Montaj ve işletmeye alma (saati 25\$'dan 100 saat)	2500 \$
İşletmeye alma için programlama, müh, tasarım	10000 \$
<u>Toplam ilk yatırım maliyeti</u>	<u>M = 110000 \$</u>

2-) Yıllık Ekonomi :

Ark kaynağı robotunun getireceği ekonomik yararın öncelikle üretim hızı ve miktarındaki artış, fire oranındaki azalma ve cüruf, çapak temizleme gibi ek işlemlerdeki

azalma yolu ile olacağı düşünülmüştür. Ark kaynağı robotunun genel olarak bir günde üç vardiya çalışan üç kaynakçı kadar üretim yaptığı düşünülmüştür.

İş gücü maliyetlerinden ekonomi	90000 \$
(Üç kaynakçı x 2000 saat x 15 \$)	
Malzeme ekonomisi	ihmal edilebilir.
Ek işlemler zamanında % 10 azalma 200 x 15 \$	3000 \$
<u>Toplam yıllık ekonomi</u>	<u>YE = 93000 \$</u>

3-) İşletme Maliyetleri :

Ayar, öğretme, programlama için yarı zamanlı bir operatör	20000 \$
(1000 saat x 20 \$)	
Bakım maliyeti (200 saat x 20 \$)	4000 \$
Donanım ve takımların yıllık kaybı	3000 \$
Yedek parça ve aksam masrafları	2000 \$
<u>Yıllık sigorta primi</u>	<u>1000 \$</u>
<u>Toplam Yıllık İşletme Maliyeti</u>	<u>YİM = 30000 \$</u>

Yıllık Net Ekonomi	56000 \$
Yatırımı Geri Kazanma Süresi	21 Ay
Yatırımın Geri Dönüş Oranı	% 51 [22]

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN YAYINLARI

7. SONUÇ

Sanayide robot uygulamaları gerek çağın ihtiyaçları, gerek dünya ekonomisinin öngörülen dahilinde gelişen teknoloji sayesinde son çeyrek yüzyılda büyük bir aşama kat etmiştir.

Çağın gereksinimleri, küreselleşme, dünya pazarlarının kapılarının açılması sonucunda artık imalat yapan her rakip ülke kalite ve hizmette atılım yapmak zorunda kalmıştır. Ekonomik krizler zincirinde olan güncel dünyada israftan da kaçınmak şarttır. İşte tüm bu sorunlara cevap olarak robot kullanılması hangi endüstri kolunda olunursa olunsun zaruret doğurmuştur.

Artan verim, gelişen kalite, malzeme tasarrufu, güç tasarrufu, düşük taşıma ve kontrol maliyetleri, eskiye oranla daha az çalışma, esnek üretim robotların kazandırdıkları avantajlar olarak sıralanabilmektedir.

Tüm bunların yanı sıra robot kullanmayı düşünen her sanayici da harcamayı düşündükleri yatırımdan elde edecekleri geliri, geri ödeme süresini bilmek isteyeceklerdir. Bu bilgi ve rakamların eldesi ise detaylı olarak yapılan harcamaların, olası maliyet ve tasarrufların dökümünde yani ekonomik analiz sayesinde olacaktır.

Özellikle enflasyon oranlarının, faiz oranlarının nispeten yüksek olduğu ülkelerde robot kullanılması aşamasında robot ekonomik analizi kaçınılmazdır.

Gelişmiş sanayi ülkelerinde robot hemen hemen her dala girmiş bulunuyor. Peki, bundan sonra insanlar ne yapacaklardır? Bu soru günümüzde herkesi düşündürüyor. Ama gelişmiş ülkelerde özellikle özel sektör otomasyon uygulamalarını tüm hızıyla sürdürüyor. Günümüzün büyük sorunlarından biri olan işsizlik açısından düşünürsek, doğum oranları düşük olan gelişmiş ülkeler bundan daha da karlı çıkacaklardır. Gelişmekte ve az gelirli ülkelerde ise işgücü ucuz, işsizlik oranları yüksek olduğu için otomasyon ve robotlu üretime itici güç yoktur. Şu anda bile ülkeler arasında oluşan ekonomik uçurumlar daha da artacaktır. Gelişmiş ülkelerin insanları daha az çalışarak daha çok mamul üretirler. Boş zamanlarını mesleki eğitimlerine, eğlenceye, dinlenmeye harcarlar. Bunun tersine az gelirli ülke insanları daha çok çalışırlar ama mamul az, eğitime, dinlenmeye zamanı yok.

Günümüzde, genelde sanayide kullanılan robot askeri ve günlük yaşamımıza da girmiş bulunuyor. Robotlar askerlikten, ev hizmetçiliğine kadar olan alanlarda kullanılmaya başlandı. Bu, çağımızda robotların sanayideki ekonomikliğinden sonra insanların günlük yaşamını bile kolaylaştırmaya başlaması teknolojinin artık konfora da katkıda bulunacağı demektir. Bu da bazı bilimadamlarını çok tedirgin ediyor. Bazı uzmanlar, “süper akıllı” programlar ve robotlar arasındaki iletişimin insanlığı tehdit edebileceğini düşünüyorlar. Capek’in oyununda olduğu gibi, robotlardan bir şey yapmalarını istediğimizde “hayır” yanıtı alacağımız gün çok da uzakta olmayabilir.

Günümüzde sanayide gelişen robot, tarım alanlarında hiç sayılır derecededir. Bilimadamlarımızın bu alanda da projeler geliştirme zamanı geldi. Tarım robotları pek ekonomik olmayabilir, ama orada çalışan insanlara kolaylık sağlanmış olurdu.



KAYNAKLAR

- [1] Kuzucu, A., Eksin, I., Dinibütün, A. T., (Ed), 1992. “ Automatic Control For Quality ” Proceedings of the IFAC International Workshop İ.T.Ü.
- [2] Kaynak, O., 1989. “ Endüstriyel Robotlar ”, Robotlar ve Endüstriyel Otomasyon semineri. Boğaziçi Üniversitesi.
- [3] “ Tavus Kuşlu Otomatik Lavabolan ”, Temmuz.1995. Otomasyon dergisi, s.86-88
- [4] Gökçen, T., 1994. Otomasyon ve Robotlar., Y.Lisans ders notları.
- [5] Dinçoğlu, O., Kasım. 1994, “ Montaj Robotları ”, Otomasyon dergisi, sayfa. 72-76
- [6] Pugh Alan, 1986, Robot Sensors: Vision, IFS Publications, p.p. 120-123
- [7] Okçular, İ., 1988, “ Endüstriyel Robotlar ve Türkiye’deki Kullanımları ”, Y.Lisans tezi, Y.T.Ü.
- [8] Renault Automation, Decembre. 1992., Service for Robotique, Suuport de Cours Apprentissage.
- [9] Pavone, V.J., 1987, “ Roboting Welding ”, Unimation Inc, USA.
- [10] Cesur, B., Aralık.1992, Robotlar ve insan. Bilim ve Teknik dergisi. sayfa 23-27.
- [11] Dinçoğlu, O., Ocak.1995, “ Montaj Robotlarının Kullanım Örnekleri ”, Otomasyon dergisi : sayfa. 118-121.
- [12] Hindioğlu, H., 1989, “ Endüstriyel Robotlar ve Kaynak İşlemlerinde Kullanılması ” Y.Lisans tezi. Y.T.Ü.

- [13] Hunt, V.D., 1990, “ Understanding Robotics.
- [14] Groover, M.P., Zimmers, E.W., 1986, Robot Applications, CAD/ CAM Computer Aided Design and Manufacturing, p.p. 257-271.
- [15] Bayraklı, İ.H., 1995, “ Otomotiv Sektöründe Robot Uygulamaları ve Ekonomik Analizi ”, Y.Lisans tezi, İ.T.Ü.
- [16] Le magazine de Renault Automation, No: 12. Janvier. 1994.
- [17] “ Karınca Cumhuriyeti ”, Ekim.1996, Fokus dergisi, sayfa.20.
- [18] “ Yeni Nesil Robotlar ”, Şubat. 1997, Fokus dergisi, sayfa.36-40.
- [19] E. Turban, P.R.Watkins, 1988., Applied Expert Systems, Elsevier Science Publishers B.V., Kuzey Hollanda.
- [20] Kennedy, P., 1995, Yirmi Birinci Yüzyıla Hazırlanırken, Ankara, sayfa. 103-119.
- [21] Kennedy, P., 1994, Büyük Güçlerin Yükseliş ve Çöküşü, Ankara, sayfa.126-139.
- [22] “ Endüstriyel Robotların Verimliliğe Etkisi ”, Ekim.1991, Verimlilik dergisi.
- [23] Dinçmen, M., Şubat.1994, “ Üretimde Otomasyona Genel Bakış ”, Otomasyon dergisi, sayfa. 68-73.
- [24] Rogers, M.N., 1987, “ Roboting Welding ”, Hobart Brothers Com., USA
- [25] Bayar, K.C., Temmuz.1994, “ Altınay HSR-4 Robotunun Tasarım ve Üretimi” Otomasyon dergisi, sayfa. 60-63.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 16 Mayıs 1971

Doğum Yeri : Termiz, Özbekistan

Eğitim : 1978-1988 Lomonosov Devlet Okulu

1988-1992 Taşkent Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü

1990-1992 Üniversite bünyesindeki Harp Okulu

1992-1993 İzmir TÖMER

1993- Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enst. End. Müh. Yük. Lisans Programı

(Eğitimi devam etmektedir.)

